۲۰ نوشتار

درباره ی موضوعات مختلف علم و مهندسی مواد

گردآوری و تنظیم:

کامران خداپرستی

قالب پی دی اف

۳۴۳ صفحه

خواننده ی گرامی

در ۱۵سال گذشته، با هدف مکتوب نمودن و به اشتراک گذاردن آموخته ها و تجربه ها، نوشتارهایی در حوزه های مختلف علم و مهندسی مواد منتشر نموده ام (در رسانه های چاپی و نیز اینترنت). از آنها، ۲۰ تا را انتخاب و در مجموعه ی پیش رو در ۳۴۳ صفحه بصورت یکجا گردآوری کرده ام که به شما پیشکش می گردد.
از همه ی آنهایی که بر دانش و آگاهیم افزوده اند، سپاسگزارم.

کامران خداپرستی
بهار ۱۳۹۴

فهرست عناوین

نوشتار یکم	متالورژی، از سپیده دم تاریخ تا امروز
نوشتار دوم	مقدمه ای بر متالورژی آلیاژهای آهنی
نوشتار سوم	نامگذاری فولادها
نوشتار چهارم	چند پیوست مفید برای موضوع نامگذاری فولادها
نوشتار پنجم	چگونه از "کلید فولاد" استفاده کنیم؟
نوشتار ششم	علل شکست شفت ایرهیتر یک نیروگاه
نوشتار هفتم	اخلاق مهندسی؛ شعاری فریبنده یا ضرورتی انکارناپذیر؟
نوشتار هشتم	معیارهای انتخاب مواد برای مخازنی که در دمای محیط به کار می روند
نوشتار نهم	از سیر تا پیاز استاندارد
نوشتار دهم	اصول سختی سنجی مواد و کاربردهای آن
نوشتار یازدهم	آیا یک پدیده متالورژیکی باعث غرق شدن تایتانیک شد؟
نوشتار دوازدهم	تریبولوژی چیست؟
نوشتار سیزدهم	مجسمه اسکار؛ پیوند متالورژی و هنر هفتم
نوشتار چهاردهم	سمینار، کنفرانس، کنگره، و... یعنی چه؟
نوشتار پانزدهم	التراسونیک به جای رادیوگرافی؛ چرا و چگونه؟
نوشتار شانزدهم	آن روی سکه
نوشتار هفدهم	الکترود جوشکاری، جوشان یا آرام؟
نوشتار هجدهم	متالوگرافی غیر مخرب
نوشتار نوزدهم	دستورالعمل جوشکاری،گزارش تائید آن و تائید صلاحیت جوشکار
نوشتار بیستم	چند پرسش و پاسخ درباره ی WPS و PQR

متالورژی، از سپیده دم تاریخ تا امروز

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در " نشریه مشانیر، شماره ۲۶، سال ۱۳۸۵ " به چاپ رسیده است.

- ✓ Whoever controls the materials, controls the science and technology. (E. Plummer)
- ✓ Modern civilization is based on four foundations: materials, energy, technology and information. (unknown)
- ✓ Without materials there is no engineering. (unknown)

متالورژی، علم یا هنر؟

تعریف "متالورژی یکی از قدیمی ترین هنرها و یکی از جدیدترین علوم است" به خوبی تاریخچه طولانی و جالب رشتهٔ متالورژی را بیان می کند. از زمانی که بشر فلز را شناخت، متالورژی را به عنوان یک هنر فراگرفت. علم و فن شناخت و استخراج فلزات و هنر کار روی آنها را متالورژی می نامند. این شاخه از فناوری، فرآوری مواد معدنی از کانه های آنها (جداسازی از سنگ معدن)، ذوب، تصفیه و تولید شمش، بهبود خواص و تهیه آلیاژ ها و فن کار برروی فلزات و شکل دادن آنها را در بر می گیرد. متالورژی (metallurgy) از دو واژه یونانی metal به معنی "فلز" و ourgein به معنی "کار کردن" ترکیب شده است. در اینجا توجه به این نکته لازم است که حتی بسیاری از متخصصین نیز نام این رشته را "متالوژی" نوشته و تلفظ می کنند که با توجه به ریشهٔ کلمه، نادرست است. احتمالاً منشأ این خطا، قیاس نادرستی است که بعضی ها در ذهن خود می سازند. چون بیولوژی، فیزیولوژی، رادیولوژی و صدها رشتهٔ علمی دیگر به" لوژی" ختم می شوند، آنها تصور می کنند که این رشتهٔ علمی هم باید به همان قیاس متالوژی باشد.

متالورژی به عنوان یک علم، نسبتاً جوان است به طوری که هنوز صدسال نیست که فلزات را مورد مطالعهٔ علمی همه جانبه قرار داده اند. با همه ینها، متالورژی با اینکه یکی از جوانترین دانش ها است، یکی از قدیمی ترین فنون نیز هست. شواهد باستان شناسی نشان می دهد که ساکنین فلات ایران جزو اولین اقوامی بوده اند که به کشف

فلزات و استفاده از آنها نائل گردیده اند. با در نظر گرفتن این سابقه دیرینه، همچنین نقش روزافزون فلزات در زندگی بشر و وجود معادن غنی متعدد در کشورمان، لازم است که دست اندرکاران متالورژی در شناسائی هرچه بیشتر این رشته کوشا بوده و سطح اطلاعات علمی و فنی سایرین را در این زمینه بالا ببرند.

تاریخچهٔ متالورژی

کاربرد امروزی فلزات، نتیجهٔ تلاش طولانی و گسترده ای است که هزاران سال پیش آغاز شده است. دورهٔ فلزات پس از عصر سنگ بوده و از حدود هشت هزار سال پیش شروع گردیده است. به نظر می رسد مس نخستین فلزی است که به طور خالص و طبیعی و جدا از مواد معدنی، مورد استفاده بشر قرار گرفته است. با نگاهی به انواع سنگهای مس می بینیم که آنها کم و بیش از ظاهری فلزی و رنگهایی مانند نیلی، لاجوردی، سبز، طلایی و سرخ برخوردار هستند. این امر می تواند یکی از دلایل عمده توجه بشر اولیه به ترکیبات حاوی مس باشد. از طرفی چون مس به صورت خالص در طبیعت یافت می شود و قابلیت شکل پذیری مناسبی دارد، جزو اولین فلزاتی است که توجه بشر را جلب نموده است. برخی از پژوهشگران نیز معتقدند که اولین بار ذرات درخشان طلا که در ماسه های اطراف رودخانه ها پراکنده بود، توسط بشر شناسائی شده اند. مصریان و شاید هندیان بیش از سایر ملل در استخراج طلا از سنگهای آن، توفیق داشته اند. در ایران نیز از دورهٔ هخامنشیان آثار متعددی از طلا و نقره خصوصاً در کنار رود جیحون و در شهر همدان کشف شده است.

با گذشت زمان قلع، نقره، سرب و آنتیموان (سنگ سرمه) نیز کشف شدند. فلزکاران؛ سرخ کردن، ذوب فلزات و آمیختن آنها را تجربه کرده و به شناخت تجربی آلیاژها توفیق یافتند. پی بردن به اینکه فلزات را می توان ذوب کرد و در قالبهایی به شکل های مورد نظر ریخته گری کرد و شکل داد، یکی از اساسی ترین گام ها به سوی عصر فلز بوده است. پی بردن به امکان تهیهٔ فلزات از کانیهای حاوی فلز نیز گام مهم دیگری در این راستا بوده است. پیشرفت های متالورژی ارتباط تنگاتنگی با رشد تمدن بشری داشته است.

از آلیاژ کردن قلع و مس، مفرغ (برنز) پدید آمد و عصر مفرغ آغاز شد. تولید مفرغ به سالهای بین ۱۴۰۰ تا ۴۰۰۰ پیش از میلاد باز می گردد. مفرغ از نظر زیبایی با مس، طلا و نقره رقابت می کرده، سختی و دوامش از آنها بیشتربوده و نیاز بشر را برای ساخت ابزار مختلف تأمین می کرده است. با وجود این که هم مس و هم قلع بسیار نرم هستند، ولی با انحلال آنها در یکدیگر، خواسته بشر مبنی بر تولید مواد مستحکم تر برآورده شد. شواهد بارزی در دست است که انسان مزایای استفاده از مفرغ را خیلی زود دریافت. از جمله این شواهد خنجرها، سر نیزه ها، پیکانها، دهنه اسب و آلات و ابزار دیگری هستند که در نقاط مختلف دنیا، مربوط به عصر مفرغ، کشف شده اند.

آهن در طبیعت نه به حالت آزاد، بلکه به صورت سنگ معدن یافت می شود. انسان یقیناً در عصر حجر با آهن آشنا شده است. وجه مشخصه آهن شهاب سنگی، مقدار زیاد نیکل موجود در آن است. دانشمندان به کمک روشهای مختلف، با بررسی ترکیب شیمیایی قطعات آهنی کشف شده در نقاط مختلف جهان، پی برده اند که بسیاری از این قطعات از آهن شهاب سنگی ساخته شده اند. مصریان قدیم به آهن " فلز بهشتی " می گفتند. آشوریها، بابلیها، کلدانیها، و عبریها، به علت گرانبها بودن آهن از آن در ساختن زیور آلات استفاده می کردند. در عهد

حمورابی، یعنی حدود ۴۰۰۰ سال پیش، بهای آهن هشت برابر نقره و معادل سه ربع بهای طلا بوده است. نخستین مورد استخراج آهن به حدود سال ۱۳۰۰ پیش از میلاد باز می گردد.
در ایران باستان نیز در دوره هخامنشی به مرور مصالح آهنی جای مواد مفرغی را گرفت. به طوری که در اواخر این دوره اسلحه های آهنی جایگزین اسلحه های مفرغی شدند. پیشینیان، سنگ معدن آهن را با ذغال چوب مخلوط کرده و مشتعل می نمودند. ضمنا" برای دمش هوا از فوتک های بزرگ یا سیستم باد خور طبیعی بهره می بردند ولی چون قادر به ایجاد دماهای زیاد نبودند، آهن ناخالص و متخلخلی حاصل می شد که با چکش کاری بر روی آن، اسلحه، گاو آهن، چاقو و ابزار دیگری می ساختند. استخراج آهن در مقایسه با مس، تکنیک بسیار پیچیده تری دارد. از جمله این که احیای آهن به دمای بسیار زیادتری نیاز دارد و به همین نسبت پیشرفت آن کندتر بوده است.
در دوران باستان در ایران، بین النهرین، مصر، یونان و روم مجموعا" هفت فلز شناخته و به کار برده شده اند که شامل: طلا(زر)، نقره(سیم)، آهن، سرب(آبار)، قلع(ارزیز) و جیوه (سیماب) می باشند. برنج که آلیاژی از مس و روی است، طی دوره ۱۷۰۰ تا ۶۰۰ پیش از میلاد ظهور کرد. تا استقرار امپراطوری روم که از برنج برای ساختن سکه استفاده کردند، ارزش این آلیاژ به خوبی شناخته نشد. پیدایش صنعت برنج، یکی از گامهای مهم رومی ها در راه پیشرفت متالورژی بود.

نقش ایرانیان در پیشرفت متالورژی

آثار باستانی و مطالعه آثار ادبی ایران نشان می دهد که ایرانیان باستان از علوم و فنون متالورژی آگاهی داشته و در پیشرفت آن نقش به سزایی داشته اند. در زیر به چند مورد اشاره می گردد.

کشف مس و گداختن فلزات

ایرانیان اولین افرادی بودند که مس را کشف کردند و فلزات را ذوب دادند (در شهر سیلک در اطراف کاشان کنونی)

کارگاه های فلزگری در تپه معمورین

چندین سال پیش از تپه ناشناخته ای به نام معمورین –که اکنون در فرودگاه بین المللی امام قرار گرفته– کارگاه های فلزگری، قالب های خاص تولید محصولات فلزی، شمش های تهیه شده از قالب های ورز داده شده از نوعی گیاه مخصوص و حجم عظیمی کنستانتره (فلز تغلیظ شده) به اندازه نخود و کوره های استوانه ای با سوراخ های متعدد در بدنه آن، به دست آمد که به گفته سرپرست گروه کاوش این تپه تاریخی، بررسی آنها از غنای صنعت فلزگری و مرکز صدور محصولات به سایر نقاط ایران از جمله اریسمان نطنز در سه هزار سال پیش از میلاد خبر می دهد.(محوطه باستانی اریسمان یکی از بزرگترین مراکز صنعتی – فلزکاری باستانی کشور است که تاکنون در

کاوش های باستان شناسی شناسایی شده است. محوطه باستانی اریسمان که به شهر صنعتی مشهور است در استان اصفهان و در ۱۰ کیلومتری نطنز واقع شده است. این محوطه باستانی که از هزاره چهارم پیش از میلاد آثاری ارزشمند را در خود جای داده از غنی ترین محوطه های باستانی کشور و دنیا است به گونه ای که در تمامی ۴۰ هکتار مساحت آن آثاری از سرباره های ذوب فلزات دیده می شود). افزون بر قالب های یافت شده از تپه معمورین، قطعات شکسته شمش هایی یافت شد که در قالب های مخصوصی ساخته می شدند تا در صورت لزوم ذوب شده و با استفاده از قالب های دیگر، تبدیل به ابزار مورد نیاز شوند.

وجود قالب های تولید شمش در تپه معمورین که از نوعی گیاه ورزدان تهیه می شده نیز بسیار قابل تامل است زیرا پس از مرحله ذوب فلز در کوره‌های استوانه ای آنها را در قالب‌های یک شکل و یک اندازه ای قرار می دادند تا در صورت لزوم از آنها استفاده کنند بدین صورت که فلز سرد شده به صورت شمش را بار دیگر ذوب کرده و شکل بدهند.

این تخصص و مهارت بالا در دوره عصر آهن تنها از نخبگان و شمار خاصی از مردم بر می آمده است به طوری که این افراد اسرار کار خویش را به سختی بیان کرده و در این حیطه تنها شمار خاصی را برمی گزیدند. به همین لحاظ بود که آن زمان این صنعت ارزش خاصی نزد مردم داشته است.

کوره های ذوب فلز در اسپیدژ

اسپیدژ در ۲۵ کیلومتری شهرستان زابل قرار گرفته است. این محوطه بیش از سه هزار سال قدمت دارد و متشکل از دو قبرستان پیش از تاریخ است.

چندی پیش در جریان بررسی های کارشناسان استان سیستان و بلوچستان در محوطه «اسپیدژ»، دو کوره ذوب فلز در کنار تمامی ابزار و وسایل مخصوص به حرفه فلز کاری در اطراف این دو کوره کشف شد. ساکنان اسپیدژ با استفاده از این ابزار صناعت فلزکاری خود را رونق بخشیده و محصولات خود را به سایر نقاط نیز صادر می کردند. در کنار این کوره های ذوب فلز، سنگ های مس نیز دیده شده اند، که نشان می دهد، سنگ مس از نقاط دیگر به اسپیدژ آورده و کالای خاصی از آن ساخته می شده است. همچنین در نزدیکی این کوره ها دستگاه جوش کوره و ظرف مخصوص سرد کردن فلزهای ذوب شده، خنجر، تبر و دیگر ابزارهای مفرغی و مسی به دست آمده است.

باستان شناسان در بررسی ها به اشیای مفرغی برخورد کردند که طول و عرض آنها فقط ۳ سانتی متر بود و پیکره های حیوانی را نشان می دادند. این پیکره های بسیار کوچک، نشان می دهد که ابزار ساکنان اسپیدژ بسیار دقیق و ظریف بوده و آنان هنر مسگری و مفرغ‌کاری را به خوبی می دانستند.

ادامه بررسی ها در محوطه سه هزار ساله اسپیدژ، باستان شناسان را به قبری هدایت کرد که هنرمندی فلزکار با تمام وسایل کار خود در آن خفته بود. این ابزار عبارت بودند از: درفش ها، سنبله هایی که نقش چکش را داشتند با سرهای گرد و تخت، یک ملاقه مفرغی و سنگ چاقو تیزکن، همچنین ظروف آب برای منجمد کردن مس و مفرغ. این ابزار ها نشان می دهد که در اسپیدژ هنر فلزکاری در بهترین شکل خود ارایه می شده و مردم این

منطقه با این علم آشنایی کامل داشته اند. اشیای داخل این قبر تایید دیگری بر این ادعا است که سه هزار سال پیش در اسپیدژ، هنر فلزکاری در اوج پیشرفت خود به سایر نقاط عرضه می شده است.
در کنار این اشیا، پیکره مفرغی یک سگ دیده شده است که تنها یک سانتی متر طول دارد. وجود این پیکره مفرغی نیز بار دیگر تایید می کند که ابزار فلزکاری در بیش از سه هزار سال پیش بسیار دقیق و ظریف بوده و می توان با آنها ظروف و پیکره هایی بسیار ظریف و کوچک ساخت و شواهد نشان می دهد که این هنر و اشیای ساخته شده به سایر نقاط کشور و تمدن های باستانی دیگر عرضه می شده است.

محوطه های فلزکاری و معادن باستانی شمال جیرفت

۸۰ محوطه فلزکاری و ۱۵ معدن باستانی در شمال جیرفت و در کوه های لاله زار و هزار که در آنها فلزات مس، آهن و سرب استخراج می شده است، به عنوان یکی از مناطق مهم صنعتی و فلزکاری در ایران باستان شناسایی شده است. محوطه های باستانی جیرفت در استان کرمان جای گرفته اند.

کارگاه ذوب مس در دشت قزوین

در حفریات تپه «قبرستان» در هشت کیلومتری شمال روستای سگزآباد در دشت قزوین، دو کارگاه ذوب مس همراه با چندین نوع قالب باز، چند نمونه کوره مس و مقدار زیادی سنگ اکسید مس به دست آمده است.

ساکنان تپه قبرستان در تمامی طول دوره دوم (همزمان با لایه های چهارم و پنجم از دوران سوم سیلک) در خانه های یک، دو و یا سه اتاقی می زیستند. در میان خانه ها چند کارگاه سفالگری و فلزکاری نیز شناسایی شد. اما بزرگترین اثر معماری ساختمانی وسیعی است با دیوارهای ضخیم ویک حیاط مرکزی و ۹ اتاق که به احتمال زیاد نشان دهنده نوعی حکومت و یا نظام اداری در اواسط هزاره پنجم ق.م. در فلات مرکزی ایران است.

کشف کوره های استخراج و استحصال فلزات در یزد

کشف دو کوره استخراج و استحصال فلز معروف به چاله های شدادی در شهرستان صدوق از یافته های باستان شناسان در یزد است. آنان احتمال می دهند این دو کوره به هزاره نخست پیش از میلاد متعلق باشند. چاله های شدادی محل استخراج و ذوب فلزاتی چون مس و روی بوده و در استان یزد تعداد بسیار زیادی از این چاله ها وجود داشته است.

کوره ذوب فلز قلی درویش

اولین نشانه های کوره ذوب فلز مردمان عصر آهن در ایران، در محوطه تاریخی قلی درویش به دست آمد. محوطه تاریخی قلی درویش به عنوان تنها محل استقرار کشف شده از مردم عصر آهن (۱۸۰۰ تا ۵۵۰ پیش از میلاد) از اهمیت ویژه ای برخوردار است. تا پیش از این تنها اطلاعات به دست آمده از این مردم تنها منوط به

گورهای تاریخی ای بوده است که غالبا در فلات مرکزی ایران کشف شده اند و کاوش در قلی درویش باعث شد که این امکان برای باستان شناسان فراهم شود تا روی محوطه های استقراری مردم عصر آهن شامل معماری، صنعتگری و شرایط زیست اجتماعی آنها بررسی شود.

دومین فصل کاوش در محوطه قلی درویش منجر به کشف بقایای یک کوره ذوب فلز شد که به گفته باستان شناسان این اولین کوره ذوب فلز کشف شده در ایران است که از مردم عصر آهن به دست آمده است. کوره ها دارای آتشدان، مقادیری سرباره فلزات (ضایعات به جای مانده فلز در کوره)، مجرای دم، دریچه آتشخور، توپی تنظیم حرارت، درپوش کوره و دیگر اجزای یک کوره فلزگری بوده است .درون آتشدان مقادیری سرباره فلزات، همراه با سنگ فلز (آهن و مس) در اطراف کوره دیده شد. همچنین در این فصل بخشی از یک قالب سنگی مخصوص ساخت سر پیکان های برنزی به روش ریخته گری فلز مذاب و قطعاتی از بوته های سفالی ذوب فلز به دست آمد که مدارک موجود در رابطه با صنعت فلزکاری و تکنولوژی ذوب فلز مس و آهن را در فرهنگ استقراری عصر آهن قلی درویش کامل نمود که در نوع خود بی نظیر و منحصر به فرد است.

فلزات به کار رفته در تخت جمشید

با بررسی و کاوش های مختلفی که در تخت جمشید و محوطه های باستانی اطراف آن صورت گرفته است، کارشناسان توانسته اند وسایل فلزی مختلفی را شناسایی کنند. یافته‌های باستان شناسی فلزات در تخت جمشید نشان می دهد که ساکنان و صنعتگران این منطقه در ۲۵۰۰ سال پیش در مهندسی مواد فلزی از جایگاه بسیار والایی برخوردار بوده اند که شناسایی مهندسی و تفکری که در این مهندسی نهفته است از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

متالورژی از سال ۵۰۰ پیش از میلاد تا ۱۵۰۰ میلادی

تا سال ۵۰۰ پیش از میلاد پیشرفتهای فنی قابل ملاحظه ای در استخراج معادن و بازیابی سنگ معدن ها انجام شد، پیشرفتهایی که مشخصا" با آغاز بررسی های علمی در متالورژی پیوند داشت. تا این زمان معادن غنی نقره حاوی سرب در یونان استخراج شده بود که به عمق چند صد متر می رسید. به دست آوردن نقره و سرب از کانیهای این معادن که بیشتر از نوع سولفید بودند یکی از مهمترین پیشرفتهای متالورژی در یونان بود. تهیه طلا و نقره از آلیاژ طبیعی "الکتروم" از دیگر وقایع مهم این دوره بود. طی هزار سال بین ۵۰۰ پیش از میلاد تا ۱۵۰۰ میلادی، انسان کشفهای علمی زیادی کرد که اهمیت زیادی داشتند. برای مثال ارشمیدس مخترع و ریاضیدان یونانی نشان داد که می توان از راه اندازه گیری وزن طلا و وزن آب جابجا شده بر اثر فرو بردن آن در آب یعنی از راه تعیین چگالی آن، خلوص طلا را مشخص کرد. در نیمه اول این هزاره، نخستین تولید مهم فولاد، با استفاده از روشی که پیش از آن مصریان باستان آن را می شناختند، در هند آغاز شد، این روش، فرآیند "ووتس" نام دارد و محصول آن فولاد اسفنجی است. فولاد، آهنی است که تا ۲ درصد کربن دارد. آرسنیک، روی، آنتیموان و نیکل را (البته تنها به حالت آلیاژ) از زمانهای بسیار دور می شناختند. سرب نیز فلز شناخته شده ای بود و از آن ورق و لوله

می ساختند. از لوله های سربی در شبکه های آب رسانی استفاده می شد. قلع را رومیها برای پوشش دادن ظروف غذا به کار می برند.
طی سده های نخستین میلادی، دانشمندان زیادی به نام کیمیاگر معتقد بودند که می توان عنصری را به عنصر دیگر تبدیل کرد. گرچه آنها به هدفشان نرسیدند، اما تلاشهای کیمیاگران به شناخت بهتر فلزات و ترکیبات آنها کمک موثری کرد و اساس شیمی نوین را بنا نهاد. از حدود قرن ششم میلادی و در ۳۵۰۰ هزار سال پس از آن، مهم ترین ابداعات در علم متالورژی، در زمینه متالورژی آهن و فولاد بود. نخستین استفاده مفید از آهن به دست آمده از کوره های سده های میانه، نه برای فولادسازی، بلکه برای تولید قطعات چدنی بود. چدن آلیاژی از آهن است با حدود دو تا چهار درصد کربن. قابلیت ریخته گری چدن بسیار بهتر از فولاد است. چدن شکننده است و نمی توان آن را چکش کاری یا نورد کرد.

متالورژی پس از ۱۵۰۰ میلادی

طی قرن شانزدهم میلادی، با انتشار کتابهایی در زمینه های مختلف متالورژی، این علم توسعه چشمگیری یافت. در این بین، سه کتاب از اهمیت و اعتبار ویژه ای برخوردارند. نخستین کتاب در سال ۱۵۴۰ توسط " وانوچیو بیرینگوچیو" نوشته شد. او در کتابش درباره ذوب فلزات، تفکیک طلا از نقره و تولید لوله و گلوله توپ بحث کرده است. کتاب او نخستین کتابی بود که با اسلوب علمی درباره ریخته گری نوشته شد. دومین کتاب را " گئورگیس آگریکولا" دانشمند آلمانی نوشت. تخصص او، متالورژی استخراجی بود . او در کتابش درباره فرآیندهای خرد کردن و تغلیظ سنگ معدن، روشهای دقیق تعیین عیار سنگ معدن ها برای تصمیم گیری درباره ارزش اقتصادی استخراج آنها، ذوب فلزات و پالایش آنها بحث کرده است. سومین کتاب در سال ۱۷۵۴ به وسیله "لازاروس ارکر" به زبان آلمانی نوشته شد که در آن کانیها و سنگ معدنها، پالایش فلزات، تولید سولفید آهن و نیترات سدیم تشریح شده است. با انتشار این سه کتاب و پیشرفت روشهای پژوهش، برخورد با مسائل مربوط به متالورژی هر چه بیشتر جنبه علمی یافت. از حدود ۱۵۰۰ میلادی تا میانه سده نوزدهم، پیشرفت متالورژی بیشتر متوجه تکنولوژیهای تولید آهن و فولاد بود. در همین دوران بود که کک وارد صنایع متالورژی شد .کک را از حرارت دادن زغال سنگ یا چوب در غیاب هوا بدست می آورند. کک سوختی است که در مقایسه با ذغال، بازده بیشتری دارد. در واقع کشف امکان تبدیل زغال سنگ به کک در سال ۱۷۰۹ میلادی، انقلابی در صنایع متالورژی آهن و فولاد بوجود آورد. از دوران باستان تا کنون مجموعا" ۸۷ فلز کشف شده که به جز ۷ فلزکشف شده در دوران باستان، ۲ فلز در قرون وسطی، ۱۵ فلز در قرن هجدهم میلادی، ۴۳ فلز در قرن نوزدهم میلادی و ۲۰ در قرن بیستم کشف شده اند. البته بین تاریخ کشف و زمانی که تولید فلزات از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده است، زمانی طولانی وجود دارد. چون در بررسی مسائل متالورژی نه تنها تولید فلز مهم است، بلکه موارد کاربرد آن نیز باید قابل توجیه باشد. بعنوان مثال تولید صنعتی اورانیم حدود یک قرن پس از کشف آن، یعنی زمانی که پدیده شکافت اتمی فلزات هسته ای تحت استفاده مطلوب قرار گرفت، آغاز شد. غیر از فلزات مختلف، عوامل دیگری نیز متالورژی را گسترش دادند. ابداع روشهای نوین استخراج فلزات، تکمیل و ساخت کوره های تولید فلزات، تحقیقات واکتشافات گوناگون در رشته های زمین شناسی، معدن، بلورشناسی، شیمی، فیزیک، ترمودینامیک و دیگر علوم نظری و

عملی، ابداعات مختلف در زمینه بررسی فلزات از جملهروشهای الکترولیز، طیف سنجی، کشف پدیده رادیو اکتیویته، پی بردن به انرژی اتمی، پیشرفت صنایع هوا فضا که باعث توجه به فلز تیتانیوم شد، کشف نیمه رساناها، پیشرفت تکنولوژی ساخت مواد دیرگداز، روشهای نوین در متالورژی فیزیکی .... همه و همه در پیشرفت علم و مهندسی متالورژی نقش به سزایی داشته اند.

امروزه متالورژی را به دو بخش کلی شامل: متالورژی استخراجی و متالورژی صنعتی تقسیم می کنند تهیه فلزات از سنگ معدن آنها، در قلمرو متالوژی استخراجی و تهیه قطعات فلزی قابل مصرف مستقیم یا غیر مستقیم، از مواد اولیه فلزی مانند شمش، در قلمرو متالورژی صنعتی قرار می گیرد. به عنوان مثال ، آنچه در کارخانه ذوب آهن اصفهان تا مرحله تهیه شمش انجام می شود، عمدتا" مربوط به متالورژی استخراجی است. خرد کردن سنگ معدن با دستگاههایی به نام سنگ شکن، آماده سازی مواد گوناگون دیگری که در تهیه فلز مورد نیاز هستند نظیر کک و آهک در ذوب آهن، عملیات شیمیایی مختلف بر روی سنگ معدن و سرانجام عملیات ذوب و پالایش و تهیه شمش فلز همگی جزو مراحل مختلف عملیات متالورژی استخراجی می باشد. آنچه پس از این انجام می دهند و محصول فلزی قابل مصرف مستقیم یا غیر مستقیم تولید می کنند، در حیطه دانش نظری و عملی متالورژی صنعتی قرار دارد.

نورد برای تهیه میله، ورق، تیرآهن و پروفیل های مختلف آهنی و غیر آهنی، ریخته گری برای تهیه مصالح نیمه ساخته یا محصولات نهایی، عملیات حرارتی برای بدست آوردن خواص مطلوب در کاربردهای مختلف، جوشکاری، متالورژی پودر، ماشین کاری، آلیاژ سازی، مطالعه رفتار فلزات در شرایط کاربردی متفاوت و ... شاخه های مختلف متالورژی صنعتی را تشکیل می دهند.

هر یک از دو شاخه اصلی متالورژی را معمولا" به دو گروه آهنی و غیر آهنی تقسیم می کنند. متالورژی آهنی به آهن و فولاد و آلیاژهای آنها مربوط می شود و متالورژی غیر آهنی در برگیرنده بقیه فلزات است. فلزات غیرآهنی مانند: روی، مس، آلومینیوم، سرب، طلا، نقره، نیکل و غیره را فلزات رنگین نیز می نامند. در اینجا برای اینکه تفکیکی بین مهندسی مواد و مهندسی متالورژی قائل شویم باید بگوییم به طور کلی، مواد صنعتی را به سه گروه عمده فلزات، پلاستیکها و سرامیکها تقسیم بندی می کنند. که در این میان فلزات بزرگترین گروه را تشکیل می دهند. گستره مهندسی متالورژی در برگیرنده هر کاری است که روی فلزات، یا با فلزات و سنگ معدنهای آنها انجام می شود.

امروزه متالورژی از یک فن مبتنی بر آزمون و تجربه صرف، به ترکیبی از فن و علم تبدیل شده است که پیوندی نا گسستنی و تنگاتنگ با سایر علوم دارد و بخش بزرگی از صنایع تولیدی هر کشور، به ویژه صنایع مادر را، تشکیل می دهد.

روشهای تولید فلزات

انتخاب روش تولید عمدتا" به مسائل اقتصادی، خواص فلزات، زمان تولید، اندازه، شکل و تعداد قطعات مورد نیاز بستگی دارد. به عنوان مثال فلزاتی که خاصیت پلاستیک کمی داشته یا قطعاتی که دارای اشکال پیچیده هستند،

به روش ریخته گری شکل داده می شوند. به منظور آگاهی بیشتر از نحوه انتخاب روش تولید و شناخت مسائل فوق، روشهای تولید به اختصار تشریح می گردند.

ریخته گری

ریخته گری عبارت است از شکل دادن فلزات و آلیاژها از طریق ذوب، ریختن مذاب در محفظه ای به نام قالب و آنگاه سرد کردن و انجماد آن مطابق شکل محفظه قالب. این روش قدیمی ترین فرآیند شناخته شده برای بدست آوردن شکل مطلوب فلزات است.

اولین کوره های ریخته گری از خاک رس ساخته شده بود که لایه هایی از مس و چوب به تناوب در آن چیده می شد و برای هوا دادن از دم (فوتک) بزرگی استفاده می کردند. بسیاری از قالبهای اولیه نیز از خاک رس، خاک نسوز، ماسه و سنگ تهیه می شد. شواهدی در دست است که چینی ها در حدود ۷۰۰ سال قبل از میلاد به ریخته گری آهن مبادرت ورزیدند ولی یافتن قطعات ریختگی از خرابه های شهر حسن لو در آذربایجان شرقی نشان دهنده توسعه این فن در سال ۹۰۰ قبل از میلاد در ایران بوده است.

ریخته گری هم علم است و هم فن، هم هنر است و هم صنعت. به هر میزان که ریخته گری از حیث علمی پیشرفت می کند، ولی در عمل هنوز تجربه، سلیقه و هنر قالب ساز و ریخته گر است که تضمین کننده تهیه قطعه ای سالم و بدون عیب می باشد. این فن از اساسی ترین روشهای تولید است، زیرا حدود ۵۰ درصد وزنی کل قطعات ماشین آلات به این طریقه ساخته می شوند. برای ریخته گری، از فولاد و چدن (فلزات آهنی)، برنز، برنج ، آلیاژهای آلومینیم و منیزیم و آلیاژهای منیزیم و روی (فلزات غیر آهنی) استفاده می شود.

معمولا روشهای ریخته گری را به نام ماده سازنده قالب نام گذاری می کنند مانند ریخته گری در ماسه که جنس قالب آن ماسه است. مهمترین روشهای ریخته گری عبارتند از:

الف – ریخته گری در قالبهای موقت شامل ریخته گری در ماسه و در قالبهای پوسته ای

ب – ریخته گری در قالبهای دائمی شامل ریخته گری در قالبهای فلزی به روش گریز از مرکز یا تحت فشار.

متالورژی پودر

با آنکه از نظر تاریخی متالورژی پودر از قدیمی ترین روشهای شکل دادن فلزات می باشد، اما تولید در مقیاس تجارتی با این روش، از جدیدترین راههای تولید قطعات فلزی است. در دوران باستان از روشهای متالورژی پودر برای شکل دادن فلزاتی با نقطه ذوب بالاتر از آنچه در آن زمان می توانستند بوجود آورند، استفاده می کردند. اولین بار در اوایل قرن نوزدهم بود که پودر فلزات با روشی مشابه آنچه امروزه به کار می رود، با متراکم نمودن به صورت یکپارچه در آورده شد.

متالورژی پودر (متالورژی گرد)، فرآیند قالب گیری قطعات فلزی از پودر فلز (یا مخلوط پودر فلزات) توسط اعمال فشارهای بالا می باشد. پس از عمل فشردن و تراکم پودرهای فلزی، عمل تف جوشی (سینتر کردن) در دمای بالا در یک اتمسفر کنترل شده (گاز هیدروژن، ازت، هلیم) انجام پذیرفته که در آن فلز متراکم، جوش خورده و به صورت ساختار همگن محکمی پیوند می خورد.

امروزه موارد کاربرد اصلی متالوژی پودر را به پنج قسمت تقسیم می کنند:
الف – آلیاژ کردن فلزهای غیر قابل آلیاژ، مثلاساخت نقاط اتصال و جاروبک های موتور از پودرهای مس و گرافیت در صنعت برق
ب – ترکیب کردن فلزها و غیر فلزها ، نظیر مواد اصطکاکی ساخته شده از مس، آهن و آزبست
پ – ترکیب کردن فلزهای دارای نقطه ذوب بالا با یکدیگر برای ریخته گری، نظیر تنگستن، تانتالیم و مولیبدن
ت – ساخت قطعات فلزی با خواص عالی، نظیر یاتاقانهای خود روانکار که به علت وجود شبکه ای از خلل و فرج پیوسته (توسط روغن پر شده در آنها) به خودی خود روغن کاری می شوند.
ث – تولید قطعات ظریف و دقیق، نظیر بوش ها ، بادامک ها و چرخ دنده ها.

شکل دادن

در فرآیند شکل دادن روشهای مختلفی برای تهیه محصول به صورت شکل نهایی بکار برده می شوند. این روشها شامل نورد، آهنگری، اکستروژن، کشیدن، پرس کاری، چرخشی، چرخشی برشی، انفجاری، الکترومغناطیسی، الکترو هیدرولیکی و غیره می باشند که برخی از مهمترین این روشها در زیر بررسی می گردند.

نورد (غلتک کاری)

قسمت اعظم فولادی که در کارخانه های فولاد سازی به صورت شمش تهیه می گردد، توسط دستگاه های نورد به ورق، تیر آهن، تسمه های فولادی، ریل، انواع پروفیل، لوله و سیم تبدیل می شود. دستگاه نورد به طور ساده و ابتدایی از دو غلتک استوانه ای که روی هم قرار گرفته اند، تشکیل شده است. استوانه های مذکور بوسیله موتورها در جهت عکس یکدیگر حرکت دورانی نموده و بدین ترتیب اگر شمش بین انها هدایت گردد، استوانه ها آن را گرفته و از شکاف بین خود عبور می دهند. در اثر این عمل جسم پهن و طویل می شود. با انجام این عمل به دفعات و نزدیک تر کردن استوانه ها به یکدیگر؛ جسم پهن تر، نازک تر و طویل تر خواهد شد.
محصولات نورد شامل میل گرد، میل چهار گوش، تسمه باریک، نبشی، تیر آهن، ناودانی، ریل، ورق و صفحه های فولادی با ضخامت های متفاوت و لوله های بدون درز هستند.

آهنگری (فورجینگ-پتک کاری)

عملیات آهنگری توسط ضربه چکش یا دستگاه پرس انجام می پذیرد. این روش شامل کار روی فلز توسط چکش کاری یا پرس کاری تا حصول شکل نهایی با قالب یا بدون قالب است. چکش کاری به دو روش دستی و ماشینی قابل انجام است که امروزه اکثرا چکش های ماشینی بکار گرفته می شوند. این چکش ها با بخار یا هوای فشرده کار
می کنند و با اعمال ضربه های سنگین چکش کاری قطعات را انجام می دهند. برای ساخت قطعات سنگین نیز از دستگاه های پرس استفاده می شود. امروزه برای خم کردن و شکل دادن ورق نیز از پرس استفاده می شود.

اکستروژن (حدیده کاری)

اکستروژن فرآیندی است که بوسیله آن می توان قطعات و اشکالی را تولید نمود که تقریبا با هر روش ساخت دیگری غیر ممکن می باشد. در این روش فلز را تحت تاثیر نیروی زیاد وارد قالبی نموده و به شکل مورد نظر (لوله ، سیم و مقاطع مخصوص) بیرون می آورند. آلومینیم، سرب، روی ، قلع و برخی از فولادها از جمله موادی هستند که تحت فرآیند اکستروژن قرار می گیرند.

کشیدن

کشیدن عبارت است از امتداد دادن و کشیدن ورق برای تولید اشکال با سطوح مختلف. در این روش ورق فلزی حداقل در یک جهت کشیده شده و در جهات دیگر فشرده می شود. این فرآیند می تواند به صورت کشیدن قطعه از درون قالب نیز (برخلاف روش اکستروژن) انجام پذیرد. قطعاتی نظیر لوله های بدون درز، قطعات سقف اتومبیل، پوکه های فشنگ، سینک ظرفشویی و انواع قوطی نوشابه به این روش تهیه می شوند.

جوشکاری

به طور کلی جوشکاری عمل اتصال دادن قطعات فلزی به یکدیگر توسط گرم کردن محل های تماس تا حالت ذوب یا خمیری است که اتمهای هر دو قطعه فلز در منطقه جوش درهم نفوذ کرده و پس از سرد شدن اتصال محکمی ایجاد می نمایند.
برای ایجاد حالت ذوب یا خمیری انرژیهای الکتریکی و شیمیایی به عنوان منابع حرارتی بکار برده می شوند. بسته به نوع جوشکاری به ابزار دیگری نظیر الکترود، انبر جوشکاری، ماسک، مشعل، کپسول گاز، میز کار، پرده های حفاظتی و غیره نیاز می باشد. الکترود، مفتول فلزی می باشد که جنس آن به نوع فلز جوش دادنی بستگی دارد. اطراف این مفتول از ترکیبات شیمیایی مختلف پوشیده شده تا از نفوذ اکسیژن، ازت و هیدروژن به فلز مذاب جلوگیری کنند. فلزات مصرفی در الکترود ها و سیم جوشها عموما انواع فولادها، چدن ها و فلزات غیر آهنی مانند مس، برنج، برنز و آلومینیم می باشند. جوشکاری و لحیم کاری از هنرهای قدیمی محسوب شده و در زمانهای گذشته توسط رومیان برای اتصال ذرات طلا در زیور آلات بکار گرفته می شده است .
امروزه روشهای جوشکاری متعددی به کار برده می شوند که به چهار گروه جوشکاری فشاری، جوشکاری ذوبی، جوشکاری زرد و لحیم کاری تقسیم می شوند.

ماشین کاری

فرآیند ماشین کاری عبارت از شکل دادن مواد توسط تراش و برش می باشد. این عمل بوسیله ابزارها و ماشین های تراش و برش انجام می گیرد. در برش کاری (قیچی کردن) نیز برای برش و جدا کردن فلز از دو نیروی

متقابل استفاده می شود، این نیروها توسط دو تیغه (با فاصله از یکدیگر) اعمال شده که با نیروی کافی موجب از هم گسیختگی و شکست فلز می گردند. در ماشین کاری قطعات بر حسب نوع کار از ماشین های تراش، فرز، مته صفحه تراش، کله زنی، سنگ زنی، تیز کاری و سوراخ کن استفاده می شود که معمولا این قطعات خود محصول فرآیندهای ریخته گری، آهنگری، نورد و غیره می باشند. ماشین کاری فلز با وسایل تخلیه الکتریکی پر فرکانس نیز فرآیند نسبتا جدیدی است که به میزان وسیعی بکار گرفته می شود.

با جمع بندی مطالب ذکر شده می توان چنین نتیجه گرفت که تقریبا غیر ممکن است تصور کنیم، هر شیئی که در زندگی روزمره بکار می بریم، حاوی فلز نبوده یا نیازی به فلز برای ساخت و تولید آن نباشد. کلیه اشکال حمل و نقل، شامل اتومبیل، کشتی، هواپیما و قطار برای حرکت به فلزات یا اجزا فلزی نیازمند می باشند و تقریبا همه چیز از آسمان خراش ها، ابزارها، ماشین آلات و غیره تا توزیع الکتریسیته به فلزات وابسته است. به عبارتی دیگر امروزه متالورژی در کلیه صنایع نقش ایفا می کند. لذا، برای پیشرفت در تمامی صنایع، کسب دانش وسیع و عمیقی از مواد، فرآیندها و ابزارهای لازم برای تبدیل مواد به محصولات تمام شده، ضروری است.

مراجع

1- M.B.Bever, Encyclopedia of Materials Science and Engineering, Pergamon Press, 1986

۲- رضا اسلامی فارسانی، متالورژی، تاریخچه – شناخت، مجله دانشمند، آذر ماه ۱۳۷۴

۳-حبیب ناظری، آشنایی با علم متالورژی، فصلنامه معادن و فلزات

۴- مهدی فرشاد، تاریخ مهندسی در ایران، نشر بلخ،۱۳۶۲

مقدمه ای بر متالورژی آلیاژهای آهنی

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در نشریه ای به چاپ نرسیده است.

فولاد چیست؟

واژه ی آلیاژهای آهنی (ferrous alloys) برای بیان دامنه وسیعی از آلیاژهایی به کار می رود که عنصر اصلی تشکیل دهنده آنها آهن است یا به عبارت دیگر پایه آهنی (iron-based) هستند.

این آلیاژها به سه گروه اصلی تقسیم می شوند:

آهن کارشده (wrought iron)

چدن (cast iron)

فولاد (steel)

آهن کارشده که دیگر به صورت تجاری تولید نمی شود، آهن تقریبا" خالصی است که شامل ناخالصی های غیر فلزی به صورت سرباره است. امروزه آهن کارشده در حقیقت از فولاد کم کربن تولید می شود. کیفیت این نوع آلیاژ توسط درصد کربن و منگنز پایین مشخص می گردد. (کربن کمتر از ۰/۰۸ درصد و منگنز کمتر از ۰/۰۶ درصد)

چدن آلیاژی از آهن و کربن است که عموما ۳ تا ۵ درصد کربن و ۱ تا ۳ درصد سیلیسیم دارد.

فولاد را در گذشته به صورت آلیاژی از آهن و کربن توصیف می کردند اما امروزه با وجود برخی از مهم ترین انواع فولاد نظیر فولادهای(Interstitial- Free(IF و فولادهای زنگ نزن فریتی نوع ۴۰۹ که در آنها کربن یک ناخالصی است که مقدار آن در حد چند جزء در میلیون است، دیگر نمی توان از توصیف آلیاژ آهن و کربن برای فولاد استفاده کرد. طبق تعریف، فولاد باید شامل حداقل ۵۰ ٪ آهن و یک یا چند عنصر آلیاژی دیگر باشد. این عناصر معمولا شامل کربن، منگنز، سیلیسیم، نیکل ، کرم ، وانادیم، مولیبدن، تیتانیوم، نیوبیم و آلومینیوم هستند.

رایج ترین نوع فولاد، فولاد کربنی ساده (plain carbon steel) است که معرف فولادی شامل آهن و کربن به همراه مقادیر اندکی منگنز، سیلیسیم یا آلومینیوم است. یکی دیگر از انواع مهم فولادها، فولاد آلیاژی است که علاوه بر عناصر ذکر شده در بالا، مقادیر قابل توجهی از عناصری نظیر کرم، نیکل و مولیبدن آن را از فولاد کربنی ساده متمایز می کند. بخش خاصی از فولادهای آلیاژی، فولادهای زنگ نزن (stainless steel) هستند که حداقل ۱۱/۵ درصد کرم دارند. فولادهای ابزار (tool steels) فولادهایی هستند که برای ساخت ابزار مورد نیاز جهت برش، شکل دهی و سایر فرآیندهای مورد نیاز برای تبدیل مواد فلزی و غیر فلزی به اشکال مورد نظر به

کار می روند.
ذکر این نکته لازم است که برخی فولاد ها به شکل فولاد ریختگی (steel castings) مورد استفاده قرار می گیرند اما روی بیشتر قطعات فولادی کار مکانیکی انجام می گردد تا به شکل نهایی برسند و بدین جهت به محصولات کارشده یا کارپذیر (wrought products) موسوم هستند.

تولید آهن و فولاد

آهن یکی از فراوانترین عناصر پوسته زمین است جایی که به عنوان اصلی ترین جزء تشکیل دهنده کانی هایی شامل اکسیدها، سولفیدها، سیلیکاتها و کربنات ها شناخته می شود. کانیهایی که از لحاظ تجاری پایدار نامیده می شوند عمدتا اکسید و کربنات هستند که آهن فلزی از این کانی ها به سهولت توسط روش احیاء بدست می آید. قسمت اعظم آهن تولید شده مستقیما برای تولید فولاد و چدن استفاده می شود.
عملیات تولید اولیه نوعا شامل احیاء سنگ معدن آهن در کوره بلند به منظور تولید آهن خام مایع (liquid pig iron) است. آهن خام حدود ۴ ٪ کربن دارد. آهن خام سپس در کوره های فولاد سازی تحت عملیاتی قرار می گیرد که در حین آن و با اکسیداسیون ترجیحی (preferential oxidation) کربن و ناخالصی های غیر فلزی جدا می شوند. کوره اکسیژنی بازی فناوری است که در حال حاضر بیشترین کاربرد را برای این منظور دارد. برخی فولاد ها نیز توسط ذوب مجدد قراضه ها به تنهایی یا ترکیبی از قراضه و سنگ معدن (کلوخه های پیش عملیات شده) در کوره های قوس الکتریکی بدست می آیند.
تمام فولادها به حالت مذاب تولید می شوند و پیش از انجام فرآیندهای بیشتر باید جامد گردند. در روشهای صنعتی انجماد به دو روش مختلف انجام می گیرد. در روش اول فولاد مذاب داخل قالب های مستطیل شکل ریخته می شود تا بصورت شمش (ingot) جامد گردد. این شمش ها توسط فرآیندهای دیگری نظیر نورد گرم به محصولات نیمه نهایی (semi finished) دیگری به نام های شمشه (bloom) و شمشال (billet) یا تختال (slab) بر اساس ابعادشان تبدیل می شوند.
در روش دوم که رایج تر است، شمشه، شمشال یا تختال مستقیما از آهن مذاب و توسط روش ریخته گری مداوم (continuous casting) تولید می شوند. در این فرآیند فولاد مذاب در قسمت بالای قالبی که انتهای آن باز است و توسط جریان آب خنک می شود، ریخته می شود به طوری که فولاد جامد به طور پیوسته از انتهای قالب خارج می گردد. فولاد نیمه نهایی به محصولات کارشده (wrought) نهایی نظیر میله (bar)، ورق (sheet)، نوار (strip)، صفحه (plate)، مقاطع ساختمانی، سیم، ریل و لوله توسط روش هایی مانند نورد سرد و گرم، کشش، آهنگری (forging) و اکستروژن تبدیل می شوند. برای رسیدن به خواص مطلوب برای کاربردهای خاص مهندسی، بیشتر محصولات نهایی به ترکیبی از عملیات حرارتی و عملیات شکل دهی نیازمندند.

اکسیژن زدایی و گوگرد زدایی

فولاد مذابی که از کوره فولادسازی بدست می آید حاوی مقادی زیادی اکسیژن حل شده است که باید پیش از ریخته گری فولاد، چه بصورت پیوسته (مداوم) و چه به صورت شمش، حذف گردد. اکسیژن زداهایی که معمولا برای این منظور مورد استفاده قرار می گیرند آلومینیوم و سیلیسیم (به شکل فروسیلیکون) هستند. حذف اکسیژن از فولاد را آرام سازی (killing) می خوانند و عبارتهای آرام شده با سیلیسیم یا آلومینیوم از اینجا آمده اند.

فولاد کاملاآرام (fully killed) فولادی است که ترکیب شیمیایی و خواص نسبتا همگنی دارد. به فولاد نیمه آرام (semi-killed) اکسیژن زدای کمتری نسبت به فولاد کاملا آرام اضافه می شود و از این فرآیند برای فولاد های کم کربن و کربن متوسط برای مصارف سازه ای استفاده می گردد. فرآیند اکسیژن زدایی در مورد برخی فولادها انجام نمی گردد و اکسیژن باقی مانده در فولاد با کربن واکنش داده و ایجاد تخلخل (حفره های گازی) که در حقیقت گاز اکسید کربن (CO) است، می کند.

این فولادهای نا آرام یا جوشان (rimmed steel) دارای تغییرات زیادی در ترکیب شیمیایی هستند به گونه ای که پوسته خارجی آنها شامل آهن خالص، کربن اندک و فسفر و گوگرد است. این عناصر با مقادیری بیش از مقدار متوسط، در مرکز شمش یافت می شوند. لبه هایی با خلوص بالاتر باعث می شود این نوع فولاد برای تولید ورقهای فولادی کم کربن با سطح تمام شده مناسب ، به کار رود.

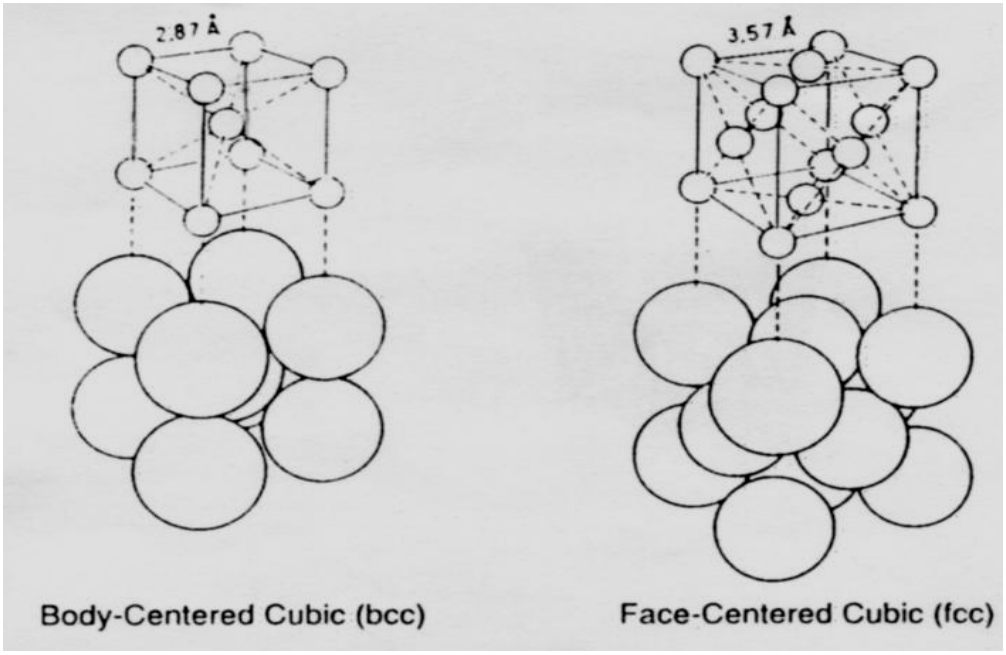
فولادهای سر دار (capped steel) بین فولادهای نا آرام و نیمه آرام قرار دارند و برای تولید ورق، نوار، سیم و .. با کربن بیش از ۰/۱۵ درصد مناسبند.

منشا گوگرد موجود در فولاد، زغال سنگ است که پس از تبدیل به کک بعنوان سوخت و احیاء کننده در کوره بلند کاربرد دارد. عموما منگنز به فولاد اضافه می شود تا سولفید منگنز بجای سولفید آهن(FeS) تشکیل گردد زیرا سولفید آهن در نورد گرم ذوب شده و باعث ترد شدن فولاد یا ایجاد شکنندگی داغ (hot shortness) می شود. چون ناخالصی های سولفید منگنز باعث کاهش چقرمگی شکست (fracture toughness) می شوند، در کوره های جدید از روشهای مختلفی برای گوگرد زدایی استفاده می گردد. به عنوان مثال تزریق موادی مانند کاربید کلسیم(CaC_2)یا سیلیسید کلسیم($CaSi_2$) به آهن مذاب یا فولاد به منظور حذف گوگرد. به همین دلیل است که بیشتر فولادهای مدرن مقادیر گوگرد کمتری نسبت به مقادیر مجاز چند دهه گذشته دارند.

آهن خالص و آلوتروپی های آن

آهن فلزی خالص کاربرد بسیار محدودی در مهندسی دارد چون دارای استحکام بسیار پائین و مقاومت اندک در برابر خوردگی است. چگالی آن (وزن مخصوص ۷/۸۷) کمی کمتر از مس است و دمای ذوب آن ۱۵۴۰ درجه سانتیگراد است که قدری بیشتر از نیکل و خیلی بیشتر از مس و آلومینیوم است. آهن خالص جامد بین دمای محیط و دمای ذوبش، دچار دو تغییر در ساختمان بلوری می شود که به آنها تغییر فازهای آلوتروپیک گفته می شود. پس آهن خالص دارای دو نوع ساختمان بلوری است، یکی در دماهای پایین و بالا و دیگری در دماهای

بینابین. زیر ۹۱۲ درجه سانتیگراد، آهن دارای ساختمان بلوری مکعب مرکز دار (bcc) است که ترتیب قرار گرفتن اتم ها در شکل ۱ آمده است. این ماده، آهن آلفا (α-iron) نامیده می شود.



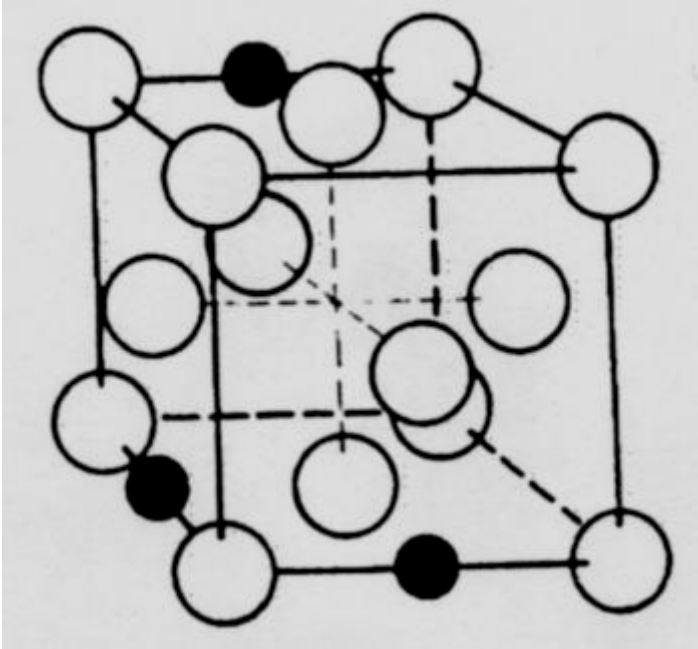
شکل۱- ساختمان بلوری آهن

در دماهای خیلی بالاتر از ۱۳۹۵ °C تا نقطه ذوب، آهن همچنان دارای ساختمان بلوری bcc است و در این دامنه دمایی به آن آهن دلتا (δ -iron) می گویند. در دماهای متوسط بین ۹۱۲ °C و ۱۳۹۵ °C ساختمان بلوری آهن، مکعب با وجوه مرکز دار (fcc) است که نحوه چیدمان اتمها در شکل ۱ قابل مشاهده است. این آهن گاما (γ – iron) نامیده می شود. بنابراین اگر آهن به آهستگی از دمای محیط تا بیش از نقطه ذوبش گرم شود چند تغییر فاز (دگرگونی فاز) رخ می دهد و در طی کردن این مسیر به صورت معکوس یعنی سرد کردن آهسته از بالای نقطه ذوب تا دمای محیط باز هم این اتفاق می افتد. ذکر این نکته لازم است که این تغییرات در سرد کردن آهسته اتفاق می افتد و اگر سرعت سرد کردن خیلی زیاد باشد ممکن است رفتار آهن به گونه ای دیگر باشد که بعدا در مورد آن بحث می شود.

آلیاژهای آهن – کربن

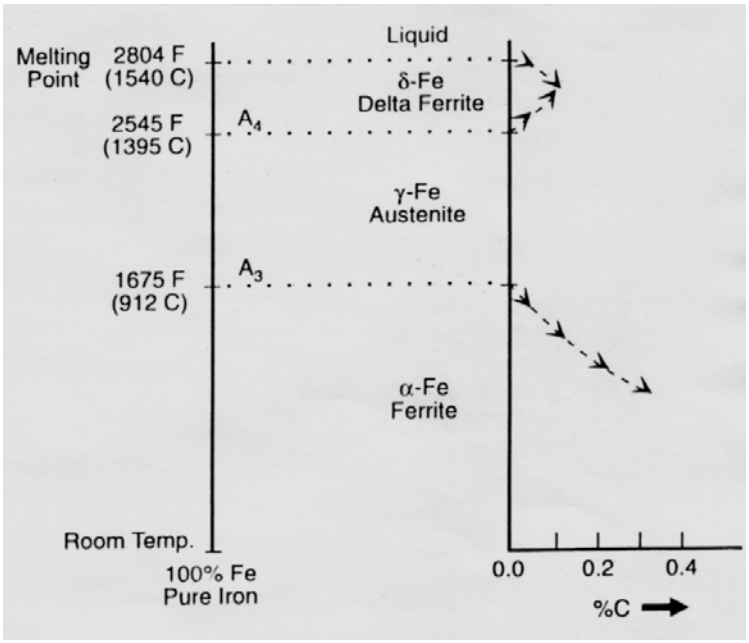
وجود کربن و عناصر آلیاژی رفتار آلوتروپی را پیچیده تر می کند و فرصت ایجاد دامنه گسترده ای از خواص و ریز ساختار را بوجود می آورد. در این فرآیند، تاثیرکربن از همه بیشتر است. کربن در آهن bcc حل شده و یک محلول جامد به نام فریت (ferrite) تشکیل می دهد. اما حل شوندگی کربن بسیار کم است و حداکثر به میزان ۰/۰۲۵ درصد کربن در دمای ۷۲۵ °C در فریت آلفا (α) و فقط ۰/۰۹ درصد کربن در ۱۴۹۵ °C در فریت δ (به صورت قرارداد عبارت فریت معادل با فریت α و عبارت فریت δ برای اشاره به فاز موجود در دمای بالا بکار می

رود). از سوی دیگر در آهن γ با ساختمان بلوری fcc قابلیت انحلال کربن اندکی بیشتر است و به حداکثر میزان ۲/۱ درصد کربن در دمای ۱۱۵۰°C می رسد. محلول جامد fcc کربن در آهن fcc آستنیت(austenite) خوانده می شود. هم فریت و هم آستنیت محلول جامد بین نشین هستند یعنی اتمهای کربن به این صورت در آهن حل می شوند که در مکانهای بین نشین (میان اتمهای آهن) در شبکه بلوری fcc یا bcc قرار می گیرند.
شکل ۲ ساختار fcc آستنیت را نشان می دهد که در آن برخی از مکان های بین نشینی شبکه به وسیله اتمهای کربن پر شده اند. فریت و آستنیت فاز هستند چون آنها از لحاظ فیزیکی همگن و از لحاظ ساختاری اجزاء مجزای ریز ساختار یک آلیاژ را تشکیل می دهند. فازهای دیگری که می توانند در آلیاژهای آهنی ایجاد شوند را در زیر مورد بحث قرار می دهیم.



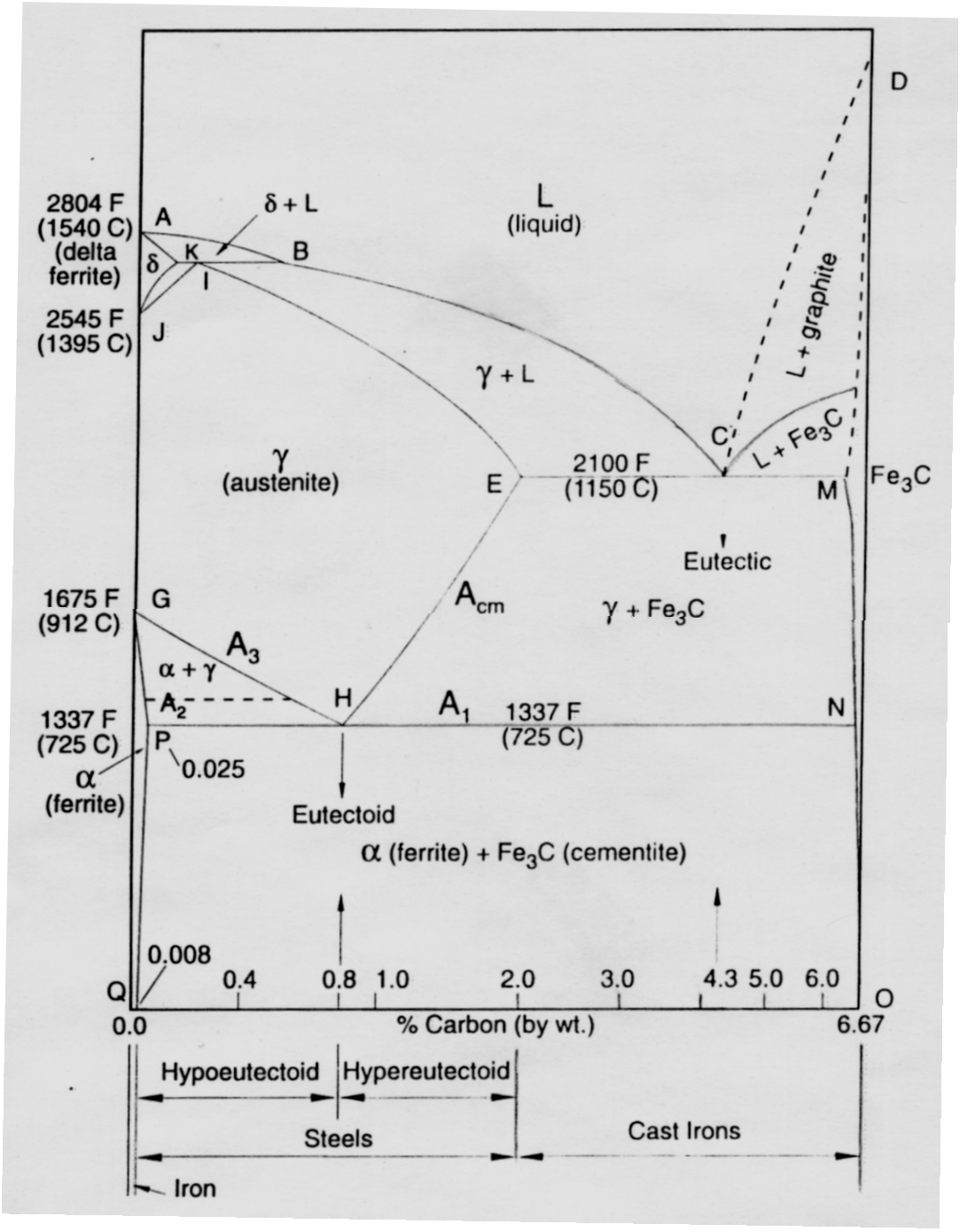
شکل۲ – کربن به صورت بین نشین در آستنیت fcc حل شده است. اتم های کربن با دایره های سیاه و اتمهای آهن با دایره های سفید مشخص شده اند.

دامنه دمایی بالایی که ساختمانهای بلوری fcc و bcc پایدار هستند توسط حضور کربن تاثیر می پذیرد. کربن حد پائین پایداری فاز fcc را از °C ۹۱۲ به پائینتر از °C ۷۲۵ کاهش داده و حد بالایی را از °C ۱۳۹۵ به بالای °C ۱۴۹۵ افزایش می دهد. این مطلب در شکل۳ نمایش داده شده است و در آن حدود دقیق به میزان کربن بستگی دارد.



شکل۳- تاثیرات اضافه شدن کربن به آهن خالص

این پیچیدگی در رفتار فازی و پایداری فازی را می توان بسیار ساده تر به وسیله دیاگرام فاز توضیح داد.
شکل۴ دیاگرام فاز تاثیر کربن را در آهن نشان می دهد. منتهی الیه سمت چپ این دیاگرام آهن خالص را مشخص می کند و افزایش میزان کربن به سمت راست است. افزایش دما از پائین به بالاست. پیش از بررسی جزئیات دیاگرام باید به این نکته توجه کنیم که دیاگرام های فاز در شرایط تعادلی کاربرد دارند که منظور حالت پایدار ترمودینامیکی است که پس از در اختیار گذاردن زمان کافی به اتم ها به منظور حرکت و سازمان دهی مجدد خودشان، فاز یا فازهای پایدار که توسط دیاگرام پیش بینی می شود، به وجود می آید. تعادل، زمان نسبتا زیادی می برد به ویژه در دماهای پائین چون فرآیند نفوذ (Diffusion) در دمای پائین به دلیل کم بودن انرژی حرارتی سیستم، کند است.



شکل ۴ - دیاگرام فاز آهن- کاربید آهن

اگر سیستم تحت تغییرات سریع دمایی قرارگیرد، اتمها ممکن است نتوانند به سرعت نفوذ انجام داده و به تغییرات فازی مورد انتظار دیاگرام فاز دست یابند. در نتیجه، حین تغییرات سریع دمایی، دیاگرام فاز نمی تواند رفتار فازی را دقیقا پیش بینی کند. در این موارد از نوع متفاوتی از دیاگرام استفاده می شود که در ادامه در مورد آن توضیح داده می شود.

درک تمامی این دیاگرامها از اهمیت به سزایی برخوردار است چون فولادها همیشه تحت عملیات حرارتی به منظور توسعه خواصشان قرار می گیرند و دیاگرام ها کمک می کنند تا مراحل عملیات حرارتی پیش بینی شده و درک شوند. اساسا دیاگرام فاز نقشه ای است که پیش بینی می کند کدام فاز برای هر آلیاژی در میزان کربن و دمای مشخص، پایدار است. و اینکار با مشخص شدن یک نقطه در دیاگرام انجام می شود. آن نقطه ممکن است در ناحیه یک فازی مثلا ناحیه آستنیت، یا در نواحی دو فازی که بین نواحی یک فازی وجود دارند، قرار گیرد.

محلول های جامد تک فاز در شکل ۴ به صورت فریت α در ناحیه GQPG و فریت δ در ناحیه AJKA مشخص شده اند. مرزهای این نواحی (مثلا خطهای QPG و JKA) نشان دهنده حدود حل شوندگی کربن هستند. همچنین این دیاگرام این واقعیت را بیان می کند که حل شوندگی کربن در آستنیت بیشتر از فریت است که حدود فاز آستنیت JIEHGJ با حداکثر ۲/۱ درصد کربن در نقطه E است.

دو فاز دیگر نیز در این دیاگرام نمایش داده شده اند. یکی از آنها محلول مایع کربن در آهن است که در دمای بالا ایجاد می شود و بالای دیاگرام را تشکیل می دهد. مرز پائینی این ناحیه نشان می دهد که چگونه دمای انجماد (یا به عبارت دقیقتر دمای لیکوئیدوس liquidus که پائین ترین دمایی است که در آن تمام ماده مایع است) آلیاژهای آهن – کربن با مقدار کربن تغییر می کند. به عنوان مثال دیاگرام نشان می دهد که چگونه در چدن (بین ۳ تا ۵ درصد کربن) دمای لیکوئیدوس پائین است و به $1150^{\circ}C$ در حدود ۴/۳ درصد کربن می رسد. نقطه انجماد پائین مهم ترین دلیل سهولت و هزینه اندک تولید محصولات چدنی است.

فاز دیگری که در منتهی الیه سمت راست دیاگرام فاز قرار دارد و در مرز ONMDO قرار می گیرد کاربید آهن یا سمنتیت (cementite) است که ترکیبی با فرمول شیمیایی Fe_3C معادل با ۶/۶۷ درصد کربن است (باید توجه کرد که درصدهای دیاگرام فاز به طور معمول برحسب درصد وزنی داده می شوند که Fe_3C شامل ۲۵ درصد اتمی کربن است که معادل ۶/۶۷ درصد وزنی کربن می باشد). ساختمان بلوری سمنتیت، ارترومبیک (Orthrohombic) است که باعث سختی، استحکام و شکنندگی زیادی برای سمنتیت در تقابل با فازهای فریت و آستنیت می گردد.

بین هر دو ناحیه یک فازی در یک خط افقی دیاگرام، نواحی دو فازی قرار دارند. به عنوان مثال فولاد با ۰/۴ درصد کربن در دمای $760^{\circ}C$ در ناحیه دو فازی فریت در سمت چپ و آستنیت در سمت راست قرار می گیرد. بنابراین دیاگرام پیش بینی می کند که این فولاد در این دما شامل ترکیبی از فریت و آستنیت خواهد بود.

توسط کشیدن یک خط فرضی افقی که ناحیه دو فازی را در دمای مورد نظر قطع کند، مقادیر نسبی فریت و آستنیت و درصد کربن هر کدام قابل پیش بینی است. پس برای فولاد ۰/۴ در صد کربن در دمای $760^{\circ}C$ انتهای چپ خط افقی، خط PG (حد حلالیت فریت) را در ۰/۰۱ درصد کربن قطع می کند که میزان کربن قابل پیش بینی در فریت است. به همین ترتیب، انتهای راست خط افقی فرضی، خط HE (حد حلالیت آستنیت) را در ۰/۷ درصد کربن قطع می کند که میزان کربن قابل پیش بینی برای آستنیت است. وضعیت قرار گرفتن ترکیب شیمیایی آلیاژ روی خط افقی نسبت به دو انتهای خط، مقادیر نسبی فریت و آستنیت را قابل محاسبه می سازد. در

این مثال مقدار بیشتری آستنیت نسبت به فریت وجود دارد چون ترکیب شیمیایی آلیاژ (۰/۴ درصد کربن) اندکی به ۰/۷ درصد نسبت به ۰/۰۱ درصد نزدیکتر است.

در مجموع، در این حالت دیاگرام فاز برای پیش بینی ساختار فاز تعادلی هر آلیاژ در هر دمایی، شامل نوع فاز، ترکیب شیمیایی آن (به عبارت دیگر مقدار کربن) و مقادیر نسبی فازها به کار می رود.

از دیاگرام فاز همچنین می توان برای پیش بینی تغییراتی (دگرگونی هایی) که هنگام گرم کردن و سرد کردن آهسته بوجود می آید، استفاده کرد. به عنوان مثال یکی از انواع عملیات حرارتی فولاد با ۰/۲ درصد کربن شامل سرمایش آهسته از دمای ناحیه آستنیت $900^{\circ}C$ است. در این وضعیت، دیاگرام فاز پیش بینی می کند زمانی که دمای آستنیت زیر خط GH قرار می گیرد (حدود $865^{\circ}C$) فریت در آستنیت شروع به تشکیل شدن می کند. با کاهش دما، فریتهای بیشتری تشکیل می شود و زمانی که دمای فولاد به دمایی درست بالای خط $725^{\circ}C$ (HP) می رسد، حدود ۷۵ درصد فولاد به فریت تغییر فاز داده است و بقیه آن آستنیت باقی مانده است. در سرمایش از $725^{\circ}C$ ، فریت بدون تغییر باقی می ماند و همزمان تمامی آستنیت باقیمانده به ترکیبی از فریت و سمنتیت تبدیل می شود. در ادامه سرمایش تا دمای محیط تغییر عمده ای رخ نمی دهد بنابراین ساختار نهایی فولاد شامل عمدتا فریت به همراه مقادیر اندکی سمنتیت خواهد بود. مورفولوژی این ساختار در ادامه مورد بحث قرار خواهد گرفت و مثالهای بیشتری نیز در مورد استفاده از دیاگرام های فاز ذکر خواهد شد.

دیاگرام فاز شکل۴ رفتار آلیاژ آهن – کربن با ترکیب شیمیایی تا ۶/۶۷ درصد کربن را نشان می دهد و به همین دلیل دیاگرام فاز آهن – کاربید آهن ($Fe-Fe_3C$) خوانده می شود. امکان رسم دیاگرام فازی برای پوشش دادن تمام دامنه کربن از آهن خالص تا کربن خالص وجود دارد اما مقادیر کربن بیش از ۶/۶۷ درصد، کاربردی در آلیاژهای آهنی صنعتی ندارند.

در واقع دیاگرام فاز $Fe-Fe_3C$ در شکل ۴ بجای یک دیاگرام فاز تعادلی، یک دیاگرام فاز نیمه پایدار است. چون گرافیت از نظر ترمودینامیکی پایدارتر از کاربید آهن است یک دیاگرام فاز تعادلی باید شامل آهن در یک سو و گرافیت در سوی دیگر باشد و نباید کاربید آهن در آن مشخص شود با وجود اینکه از لحاظ سینتیکی تشکیل کاربید آهن بر تشکیل گرافیت ارجحیت دارد و تبدیل کاربید آهن به گرافیت معمولا بسیار آهسته اتفاق می افتد. بعنوان مثال، کاربید آهن در فولادهایی با قدمت ۳۰۰۰ ساله مشاهده شده اند. به همین دلیل سیستم $Fe-Fe_3C$ برای بیشتر آلیاژهای آهنی بجای دیاگرام تعادلی به کار می رود. مرزهای فازهای اشباع از آهن ($\boldsymbol{\alpha}$ و$\boldsymbol{\delta}$ و$\boldsymbol{\gamma}$) تفاوت قابل توجهی در دیاگرام $Fe-Fe_3C$ و دیاگرام $Fe-C$ (گرافیت) ندارند. اما عناصر آلیاژی می توانند تاثیرات قابل توجهی بر تشکیل Fe_3C یا گرافیت داشته باشند که این امر بویژه در مورد چدن ها صادق است.

نقاط مهمی دیگری نیز روی دیاگرام فاز شکل ۴ وجود دارند. نقطه ۰/۸ درصد کربن و دمای $725^{\circ}C$ به نام نقطه یوتکتوید (eutectoid point) موسوم است. نقطه یوتکتیک نیز (eutectic point) در ۴/۳ درصد کربن و دمای $1150^{\circ}C$ قرار دارد. یوتکتیک اهیمت فراوانی در مورد چدن ها دارد همانطور که یوتکتوید نقش مهمی برای فولادها بازی می کند.

فولادهای ۰/۸ درصد کربن به فولادهای یوتکتوید معروف هستند . فولادهایی با کربن کمتر، hypoeutectoid هستند و فولادهای با کربن بیشتر hyperutectoid هستند. بیشتر فولادها از نوع اول

هستند. در حالت خاص فولادهای با درصد کربن کمتر از ۰/۱۵ به نام mild steel خوانده می شوند. در مورد عملیات حرارتی فولادها خط PN که دمای یوتکتوید خوانده می شود اهمیت فراوانی دارد و به دمای بحرانی پائینی یا دمای A_1 اشاره می کند. این خط اولین خط دگرگونی است که حین گرم کردن آهسته فولاد از دمای اتاق به آن می رسیم به بیان دیگر دمایی است که در آن در حین گرمایش آهسته، آستنیت شروع به تشکیل شدن می کند. خط GH دمایی را نشان می دهد که در آن آخرین فریت از فولاد hypoeutectoid در حین گرمایش ناپدید می شود و ساختار متشکل از آستنیت خواهد بود. این به دمای A_3 یا دمای بحرانی بالایی اشاره دارد. توجه داشته باشید که بر خلاف دمای A_1، دمای A_3 به میزان کربن فولاد بستگی دارد.

برای فولادهای hyperutectoid خط متناظر، خط HE است که دمای A_{cm} خوانده می شود و دمایی است که در آن در اثر گرم کردن، آخرین سمنتیت ناپدید می شود. دمای A_2 را دمای کوری (Curi temp.) فولاد می نامند.

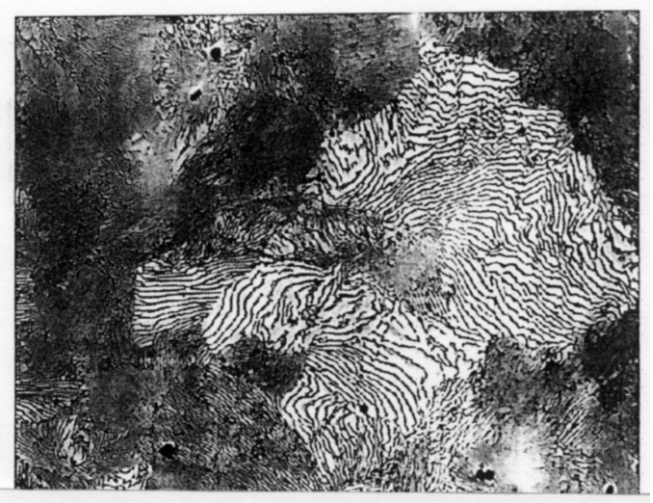
دمای داده شده توسط خط JI ، کمترین دمایی است که فریت δ پایدار است و دمای A_4 نامیده می گردد.

دماهای دگرگونی در گرم کردن بیش از سرد کردن است و مقادیر این تفاوت با افزایش سرعت سرد کردن و گرم کردن بیشتر می شود. به همین دلیل آنها با دماهای A_r و A_c متمایز می شوند که r و c برگرفته از واژه های فرانسوی chauffage refroidissement به معنای سرد کردن و گرم کردن هستند.

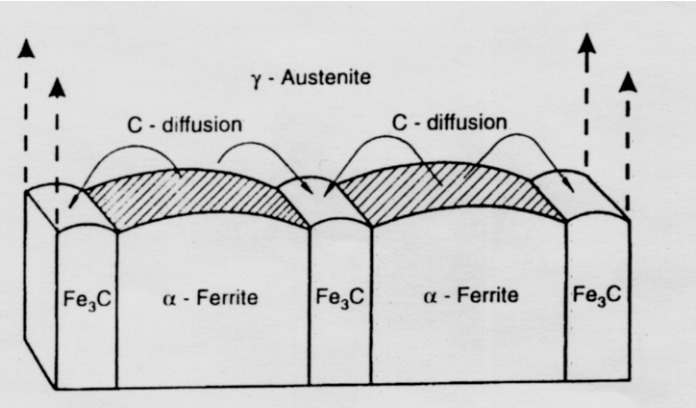
اگر فولاد، ترکیب یوتکتوید (۰/۸ درصد کربن) داشته باشد و در ناحیه دمایی آستنیت در زمان کافی گرم شود تا ۱۰۰ درصد آستنیت تشکیل شود (این عملیات حرارتی به آستنیته کردن موسوم است) و سپس به آن اجازه دهیم به آهستگی سرد شود، کاملا آستنیتی است تا دما به نقطه یوتکتوید (۷۲۵ $^{\circ}C$) می رسد. در این زمان تغییر فاز به مخلوطی دو فازی از فریت و سمنتیت صورت می پذیرد. اگر مقادیر کربن فازها محاسبه شوند، روی دیاگرام فاز قابل مشاهده است که این دگرگونی یوتکتویدی شامل تغییر آستنیت با درصد کربن یکنواخت ۰/۸ درصد به فریت با کربن بسیار کم (۰/۰۲۵ درصد) و سمنتیت با کربن بالا (۶/۶۷ درصد) است .

مورفولوژی واقعی فازهای فریت و سمنتیت در فولاد یوتکتویدی به صورت لایه ای است. این ساختار لایه ای که در شکل ۵ نشان داده شده است، پرلیت (pearlite) خوانده می شود. توجه نمایید که پرلیت فاز نیست بلکه از دو فاز فریت و سمنتیت تشکیل شده است.

نحوه تشکیل پرلیت در شکل ۶ نشان داده شده است. ضخامت صفحات فریت و سمنتیت در پرلیت خواص مکانیکی فولاد را تحت تاثیر قرار می دهند. وقتی پرلیت تحت شرایط سرد کردن خیلی آهسته تشکیل شده باشد لایه های فریت و سمنتیت ضخیم تر از حالتی هستند که عمل سرد کردن به سرعت صورت گیرد به همین دلیل پرلیت می تواند ظریف یا خشن باشد. با پرلیت ظریف (fine pearlite) می توان استحکام بالاتر و انعطاف پذیری (ductility) کمتری را انتظار داشت. این تنها یکی از مواردی است که سرعت سرد کردن روی ریز ساختار تاثیر می گذارد. در ادامه سعی خواهیم کرد جنبه های دیگری از عملیات حرارتی فولادها را بررسی کنیم.



شکل ۵- پرلیت در فولاد پر کربن (بزرگنمایی ۵۵۰ برابر)



شکل ۶- چگونگی تشکیل پرلیت

عملیات حرارتی فولاد، تاثیر مقدار کربن و سرعت سرد کردن

عملیات حرارتی فولاد معمولا با گرم کردن فولاد در ناحیه دمایی تشکیل آستنیت و اجازه دادن به ساختار موجود برای تبدیل کامل به آستنیت آغاز می گردد. این فرآیند آستنیته کردن در محیط های مختلفی نظیر هوا، گاز خنثی ، خلاء یا حمام نمک انجام می شود. فولاد آستنیتی داغ سپس سرد می شود. این سرد شدن می تواند با سرعت های سریع (چند هزار درجه سانتیگراد در ثانیه بوسیله کوئنچ کردن در آب نمک) یا آهسته (چند درجه سانتیگراد در ساعت بوسیله سرد کردن در کوره) صورت پذیرد.

یادآوری این مطلب مهم است که سرعت سرد کردن معمولا در سطح مقطع فولاد یکنواخت نیست بویژه در مورد سرد کردن سریع. درون مغز یک مقطع ضخیم فقط توسط مکانیسم انتقال حرارت به سطح خنک می شود که این مکانیسم بسیار آهسته صورت می گیرد.

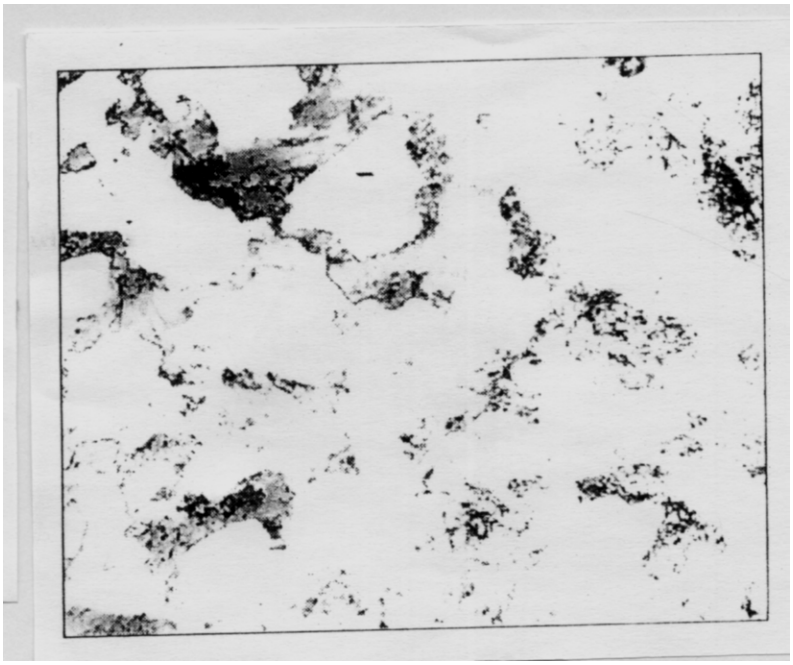
اگر یک فولاد با ضخامت زیاد کوئنچ گردد، سرعت سرد شدن بیشتری در سطح فولاد نسبت به مغز آن وجود دارد و به همین دلیل سطح و مغز فولاد دارای خواص متفاوت و ریز ساختارهای متفاوتی خواهند بود. علاوه بر این تنش باقیمانده نیز در فولاد وجود خواهد داشت. تاثیرات گفته شده ممکن است مفید یا مضر باشند. در ادامه سرد شدن یک مقطع نازک بررسی می گردد که فرض می شود سرعت سرد کردن در کل سطح مقطع ثابت است.

همانطور که در دیاگرام فاز پیش بینی می شود، در طول سرد کردن، آستنیت ناپایدار می شود و به ریز ساختار دیگری تبدیل می شود که ویژگی آن ساختار بستگی به شرایط آستنیته کردن، مقدار کربن و سرعت سرد کردن دارد. همچنین ممکن است به دلیل حضور سایر عناصر آلیاژی، تاثیراتی ایجاد شود که در زیر به آن می پردازیم.

یک فولاد هایپویوتکتوید (مثلا با ۰/۴ درصد کربن) را در نظر بگیرید که از دمایی که آستنیت پایدار است به صورت آهسته سرد می شود. باید به این نکته توجه داشت برای آستنیته کردن به زمان نیاز است که این زمان به ضخامت قطعه بستگی دارد و اکثرا به ازاء هر اینچ ضخامت، یک ساعت در نظر گرفته می شود.

هر چه دمای آستنیته کردن نسبت به دمای A_3 بیشتر باشد (برای فولاد با ۰/۴ درصد کربن دمای A_3 حدود $۸۲۰^{\circ}C$ است) و هر چه زمان نگهداری در دمای آستنیته کردن بیشتر باشد، اندازه دانه آستنیت بزرگتر خواهد بود . رشد دانه آستنیت اثر مخربی بر خواص مکانیکی دارد و به همین دلیل آستنیته کردن معمولا بیشتر از $۶۰^{\circ}C$ بالای A_3 انجام نمی شود. حین سرد کردن آهسته از دمای آستنیته کردن، هیچ تغییری تا دمای A_3 بوجود نمی آید. زمانی که به A_3 می رسیم آستنیت fcc شروع به تبدیل شدن به فریت bcc می کند. این تغییر با جوانه زنی و رشد دانه های فریت در مرز دانه های آستنیت آغاز می گردد. همینطور که سرد شدن از A_3 به سمت A_1 ادامه می یابد، دگرگونی آستنیت به فریت با جوانه زنی و رشد دانه های جدید فریت ادامه می یابد. این فریت که در دمای بالای اوتکتوید تشکیل شده است، فریت Proeutectoid نامیده می شود. از آنجا که فریت مقدار بسیار کمی کربن (حداکثر ۰/۰۲۵ درصد) دارد، میزان کربن آستنیت باقیمانده (که دچار دگرگونی نشده است) مرتبا با جایگزینی آستنیت توسط فریت، افزایش می یابد. در این زمان که دما درست بالای دمای A_1 رسیده است، آنقدر فریت تشکیل شده است که میزان کربن آستنیت باقیمانده به ۰/۸ درصد رسیده است که همان ترکیب یوتکتوید است .

با کاهش بیشتر دما تا زیر A_1، آستنیت تبدیل نشده ناپایدار گردیده و به پرلیت تبدیل می گردد. در این هنگام ریز ساختار مخلوطی از فریت و پرلیت است. این ریز ساختار در شکل۷ نمایش داده شده است که در آن نواحی سفید رنگ، فریت پرویوتکتوید و نواحی تیره، پرلیت است.



شکل ۷- ساختار فولاد هایپریوتکتوید متشکل از فریت پرویوتکتوید و پرلیت

ادامه سرد کردن از دمای A_1 تا دمای محیط تغییرات فازی بیشتری را ایجاد نخواهد کرد. مقادیر وزنی فریت و سمنتیت به طور نسبی در ساختار نهایی فولاد با ۰/۴ درصد کربن را می توان با توجه به پیش بینی دیاگرام فاز متشکل از ۹۴ بخش فریت و ۶ بخش سمنتیت دانست. مقادیر نسبی پرلیت و فریت پرویوتکتوید را می توان به شکل مشابه با در نظر گرفتن این نکته که آن مقادیر همان مقادیر نسبی آستنیت و فریت درست بالای دمای A_1هستند، تخمین زد (حدودا مقادیری یکسان دارند)

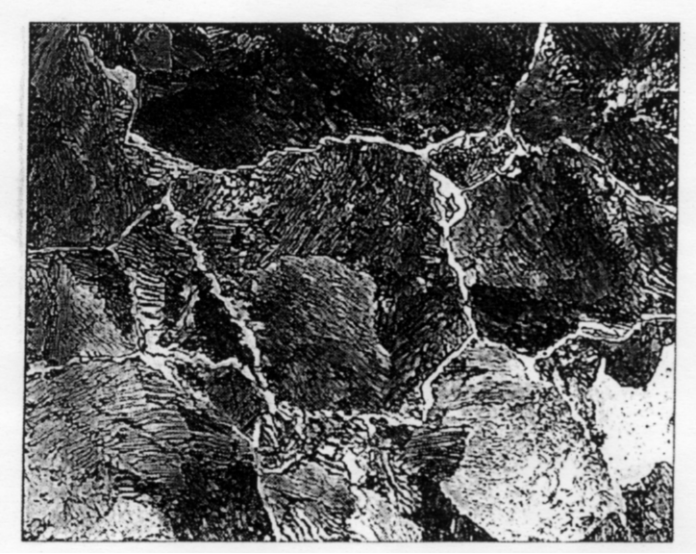
سرد کردن آهسته فولاد هایپویوتکتوید که درصد کربن آن کمتر از ۰/۴ است، ریز ساختاری شامل فریت پرویوتکتوید بیشتر و پرلیت کمتر نسبت به فولاد ۰/۴ درصد کربن خواهد داشت. به همین ترتیب، ریز ساختار فولادهایی که درصد کربن آنها بین ۰/۴ و ۰/۸ (ترکیب یوتکتوید) باشد، شامل پرلیت بیشتر از فریت پرویوتکتوید خواهد بود.

اگر سرعت سرد کردن سریعتر از مثالهای بالا باشد، به دلیل عدم وجود زمان کافی جهت فرآیند نفوذ برای رسیدن به تعادل کامل، نتایج متفاوتی خواهیم داشت. یکی از آنها این است که فریت پرویوتکتوید که بالای دمای A_1 تشکیل می شود در مرز دانه های آستنیت به صورت دانه های بزرگ رشد نمی کند. بجای آن پس از جوانه زنی روی مرز دانه های آستنیت، با شکل های مختلفی در داخل آستنیت رشد می کند . یکی از مورفولوژی های معمول فریت پرویوتکتوید شامل صفحات فریت است که به داخل دانه های آستنتیت در جهات مختلف رشد کرده اند. این مورفولوژی که نخستین بار در آهن شهاب سنگی مشاهده گردید، به فریت وید منشتاتن (Widmanstaten) موسوم است.

تاثیر دیگر سرد کردن سریع این است که پرلیت در دمای خیلی پائینتر از A_1 تشکیل می گردد که لایه های فریت وسمنتیت در آن نازکتر است و پرلیت ظریف می شود.

فولادهای هایپریوتکتوید در سرد کردن آهسته همان رفتار فولادهای هایپویوتکتوید را نشان می دهند اما با چند تفاوت. برای آستنیته کردن کامل لازم است عمل آستنیته کردن بالای دمای A_{cm} انجام شود. فاز پرویوتکتویدی که حین سرد کردن بین A_{cm} وA_1 تشکیل می شود، سمنتیت است که در مرز دانه های آستنیت رسوب کرده است، هنگامی که دما به A_1 می رسد، آنقدر سمنتیت پرویوتکتوید تشکیل شده است که میزان کربن آستنیت را به ۰/۸ درصد برساند.

بنابراین زمانی که دما به زیر A_1 می رسد، آستنیت باقیمانده به پرلیت تبدیل می گردد. از آنجایی که زیر دمای A_1 ، تغییر فازی نداریم، ریز ساختار نهایی در دمای محیط شامل پرلیت با شبکه ای از سمنتیت (پرویوتکتوید) در مرزدانه های اولیه آستنیت است. شکل ۸ این ساختار را نمایش می دهد. دیاگرام فاز نشان می دهد که برای نوعی از فولاد پر کربن که حدود ۱ درصد کربن دارد، مقدار کل سمنتیت پرویوتکتوید، اندک است (بعبارت دیگر بسیار کمتر از فریت پرویوتکتوید در یک فولاد هایپویوتکتوید)



شکل ۸- فولاد هایپویوتکتوید که ساختار آن شامل پرلیت و شبکه ای از سمنتیت (پرویوتکتوید) در مرزدانه های آستنیت اولیه است.

مثال های بالا اهمیت دیاگرام فاز آهن – کاربید آهن در پیش بینی تغییرات ریز ساختار و در نتیجه تغییر خواص فولادها را به هنگام عملیات حرارتی نشان می دهد. خاطر نشان می گردد که محدودیت هایی نیز در استفاده از دیاگرام وجود دارد. به عنوان مثال وجود عناصر آلیاژی باعث جابجا شدن (Shifting) موقعیت برخی از خطوط دیاگرام بسته به نوع و مقدار عنصر آلیاژی خواهد شد.

علاوه بر این، همانطور که پیشتر نیز ذکر شد، سریع گرم کردن یا سرد کردن سریع نظیر آنچه در جوشکاری یا کوئنچ کردن اتفاق می افتد باعث می شود دگرگونی فازها به تاخیر بیفتد، جابجا شود یا به دلیل عدم وجود زمان کافی، اتفاق نیفتد.

تاثیر سرعت سرد کردن بیشتر از نمونه های قبلی را در اینجا بررسی می کنیم. آهسته ترین سرعت سرد کردن، سرد کردن در کوره است که در دمای مورد نظر کوره خاموش شده و اجازه داده می شود تا کل سیستم به دمای محیط برسد. پس از این روش سرد کردن در هواست که اقتصادی تر است یعنی قطعه از کوره خارج شده و در هوا سرد می شود.

سرعت سرد کردن بیشتر با کوئنچ کردن فولاد بدست می آید یعنی قطعه از کوره خارج شده و بلافاصله در یک محیط سرد با ضریب انتقال حرارت خاص غوطه ور می شود.

این محیط ها به ترتیب قدرت سرد کنندگی عبارتند از : روغن ، آب و آب نمک. در ضمن دامنه وسیعی از مواد شیمیایی (بویژه پلیمرها) وجود دارند که به آب اضافه شده و سرعت سرد کردن را افزایش یا کاهش می دهند. محیط سرد کننده باید به هم زده شود (تلاطم) تا سرد شدن بصورت یکنواخت انجام شود. قدرت سرد کنندگی محیط های کوئنچ را بوسیله عدد H نشان می دهند که برای آب ساکن ۱ ، برای روغن ساکن ۰/۲۵ و برای آب نمک متلاطم ۵ است. معمولا ازکمترین سرعت سرد کردن در دامنه مورد نظر برای رسیدن به ریز ساختار مطلوب استفاده می گردد چون افزایش سرعت سرد کردن باعث افزایش میزان تنش باقیمانده و افزایش احتمال اعوجاج یا ترک خوردن قطعه خواهد شد.

برخی از تاثیرات افزایش سرعت سرد کردن بر تشکیل ساختار فریتی – پرلیتی پیش از این مورد بحث قرار گرفت که تحت نام مورفولوژی های مختلف فریت پرویوتکتوید و نیز ظریفتر شدن پرلیت به آنها اشاره شد. حال اگر سرعت سرد کردن باز هم افزایش یابد زمانی کافی برای نفوذ اتمها که شرط لازم برای تشکیل پرلیت است، وجود نخواهد داشت. در نتیجه، ریز ساختار بجای پرلیت شامل اجزاء دیگری خواهد بود که بینیت (bainite) و مارتنزیت (martensite) هستند. این دو اجزائی غیر تعادلی هستند و به همین دلیل است که شما آنها را در دیاگرام فاز (تعادلی) نمی بینید. در مورد بینیت بخشی از فرآیند تشکیل بر اساس نفوذ اتمی است و در مورد مارتنزیت نفوذ اتمی هیچ نقشی ندارد.

تشکیل بینیت

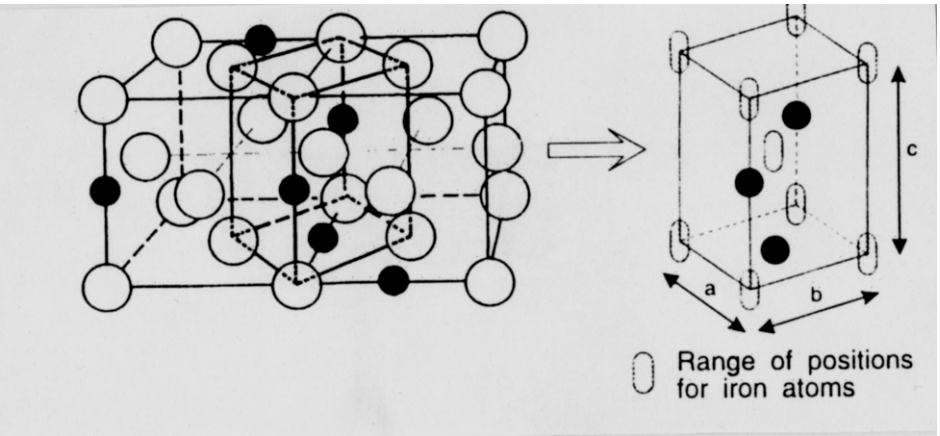
بینیت در دامنه دمایی زیر ۵۳۵ °C و بالای یک دمای بحرانی (که دمای M_s نامیده می شود) که بستگی به میزان کربن دارد و حدود ۲۷۵ °C برای فولاد یوتکتوید است از آستنیت شروع به تشکیل شدن می کند. بینیت شبیه پرلیت، مخلوطی از فریت و کاربید آهن است اما مورفولوژی آن با پرلیت متفاوت است چون تشکیل آن بوسیله نفوذ اتمی و نیز یک فرآیند غیر نفوذی (برش) است .

این ویژگی باعث می شود تا بینیت در سرعتهای سرد کردن سریع تر از مربوط به تشکیل پرلیت، بوجود آید. علاوه براین جزئیات فرآیند تشکیل بینیت قویا به دمای دگرگونی آستنیت بستگی دارد. در دماهای دگرگونی در بخش بالایی دامنه تشکیل بینیت، بینیت بالایی (upper bainite) تشکیل می گردد. این نوع، حالتی پر شکل دارد. بینیت پائینی (lower bainite) که در دماهای کمتر تشکیل می شود، سوزنی شکل است. این دو نوع بینیت در خواص مکانیکی با هم تفاوت دارند. در دماهای پائین، فولاد بینیتی ، سخت تر، مستحکم تر و قابل انعطاف تر از فولاد فریتی – پرلیتی یا پرلیتی است. متاسفانه تشخیص بینیت بالایی و پائینی، یا بینیت بالایی و پرلیت ظریف

یا تشخیص بینیت پائینی و مارتنزیت توسط میکروسکوپ نوری بسیار دشوار است. در این موارد بهره گرفتن از میکروسکوپ الکترونی راهگشا خواهد بود.

تشکیل مارتنزیت

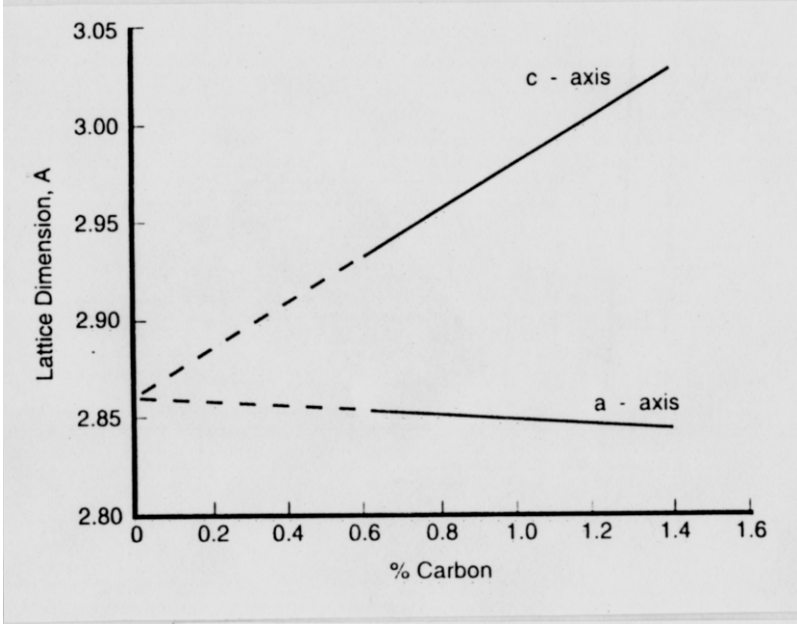
اگر سرعت سرد کردن بسیار زیاد باشد دگرگونی به وسیله نفوذ کنترل شده به منظور تبدیل آستنیت به فریت، پرلیت و یا حتی بینیت امکان پذیر نخواهد بود. بجای آن، آستنیت آنقدر ناپایدار خواهد شد که ساختمان بلوری آن توسط دگرگونی غیر نفوذی برشی تغییر می کند. در این دگرگونی مجموعه ای از اتمها به طور همزمان در یک فاصله کوتاه جابجا می شوند. محصول این دگرگونی، مارتنزیت است که فازی نیمه پایدار بوده و شبیه بینیت به دلیل عدم تشکیل در شرایط تعادلی، در دیاگرام فاز مشاهده نمی شود. ساختمان مارتنزیت اساسا نتیجه تغییر فولاد fcc (آستنیت) به bcc (فریت) است. فرآیندی که به دلیل وجود مقادیر زیادی کربن در آستنیت که بسیار بیشتر از حد انحلال بسیار کم کربن در فریت است، انجام نمی شود. این مقدار کربن فوق اشباع از تشکیل یک ساختار واقعی bcc جلوگیری می کند. ساختار مارتنزیت را می توان شبیه bcc دانست که بخاطر جبران وجود کربن اضافی که در موقعیت های بین نشین حبس شده است، این bcc به مقدار زیادی دچار اعوجاج (پیچش) شده است. در نتیجه، مارتنزیت ساختمان بلوری مرکز دار اما نه بصورت مکعبی دارد به عبارت دیگر شبیه شکل ۹ ، تتراگونال مرکز دار bct (body-centered tetragonal) است.



شکل ۹- دگرگونی آستنیت (fcc) به مارتنزیت (bct)

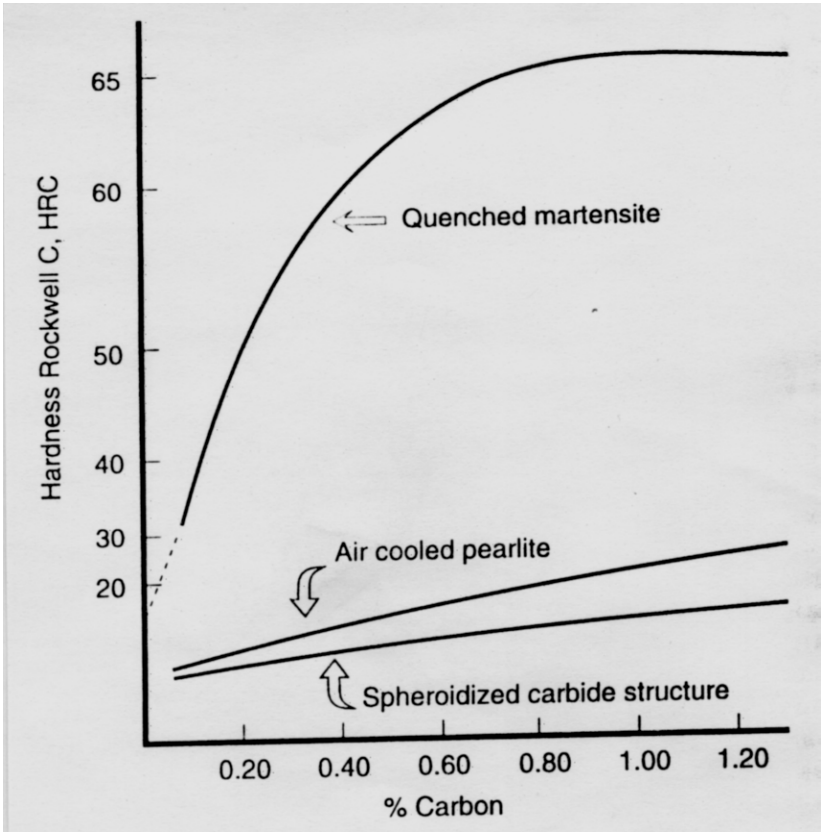
اعوجاج زیاد ساختار بلوری ونیز تنش باقیمانده حاصل از آن باعث سختی و استحکام بالای مارتنزیت و انعطاف پذیری و چقرمگی پائین آن می شود. همانطور که در شکل۱۰ نشان داده شده است، میزان اعوجاج بستگی به مقدار کربن دارد.

چون هر چه فولاد دارای کربن بالاتری باشد میزان کربن محبوس شده در مارتنزیت نیز بیشتر است.



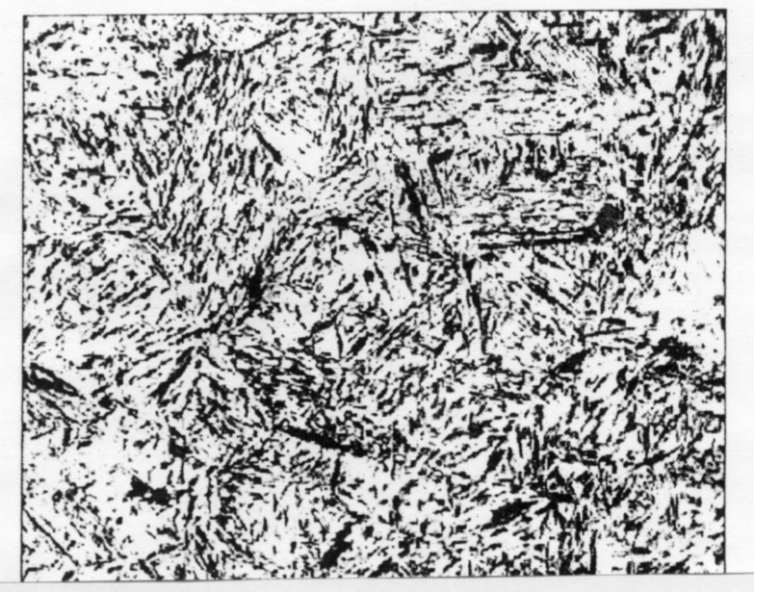
شکل ۱۰- تاثیر اعوجاج روی ساختار bct به دلیل میزان کربن

همین مسئله باعث می گردد تا سختی مارتنزیت مستقیما متناسب با میزان کربن باشد (در کربن ۰/۸ درصد این میزان به حداکثر خود می رسد). این مطلب در شکل ۱۱ نمایش داده شده است.



شکل۱۱-تاثیر کربن بر سختی مارتنزیت

به دلیل کرنشهای زیادی که در دگرگونی مارتنزیتی وجود دارد، مارتنزیت در صفحات یا لایه های کوچکی درون دانه های آستنیت تشکیل می شود. شکل ظاهری این ریز ساختار اغلب به صورت سوزنی (needle-like-acicular) توصیف می شود همانطور که این ریز ساختاردر شکل ۱۲ آمده است. بررسی های دقیق تر نشان داده است که شکل ظاهری مارتنزیت بستگی به میزان کربن دارد به طوری که مارتنزیت پر کربن بشقابی شکل و مارتنزیت کم کربن سوزنی شکل است . در مقادیر کربن متوسط هر دو شکل مشاهده می شوند.



شکل ۱۲- مارتنزیت سوزنی شکل (بزرگنمایی ۴۷۵ برابر)

همانطور که در بالا اشاره شد، به منظور تشکیل مارتنزیت، آستنیت باید به دمایی پائین با سرعت سرد کردن سریعی که مانع از تشکیل فریت، پرلیت و بینیت شود، آورده شود. بنابر این یک سرعت سرد کردن بحرانی وجود دارد که باید سرعت سرد کردن بیشتر از آن باشد تا مارتنزیت تشکیل شود. اگر سرعت سرد کردن اندکی کمتر از آن باشد مخلوطی از مارتنزیت و سایر محصولات تغییر فاز نیافته نظیر پرلیت، تشکیل می گردد. هر چه میزان کربن بیشتر باشد، نفوذ کربن بیشتری نیاز است تا با فرآیندهای نفوذی، فریت، پرلیت یا بینیت تشکیل شود به همین دلیل مارتنزیت در فولادهای با کربن بالاتر با سهولت بیشتری تشکیل می گردد به بیان ساده تر دمای بحرانی تشکیل مارتنزیت برای فولادهای با کربن بیشتر، کاهش می یابد.

در فولادهای کم کربن، حتی با سرعت های سرد کردن زیاد هم تشکیل مارتنزیت بسیار دشوار است. این موضوع به ویژه در مورد مقاطع ضخیم خود را بیشتر نشان می دهد چون در مغز مقاطع ضخیم، سرد شدن به اندازه کافی سریع نیست.

هنگام سرد کردن سریع آستنیت، مارتنزیت زمانی شروع به تشکیل شدن می کند که آستنیت به دمای پائین رسیده باشد که به آن دما، دمای شروع مارتنزیت یا دمای M_s اطلاق می شود.

دگرگونی آستنیت به مارتنزیت کامل نخواهد شد مگر دما باز هم کاهش یابد که به آن دمای پایان مارتنزیت یا M_f گفته می شود. از آنجایی که مارتنزیت های با کربن بیشتر به همان نسبت بیشتر دچار اعوجاج (پیچش) می شوند، آستنیت با کربن بالا باید تا دماهای بیشتری زیر دمای یوتکتوید سرد شود. به عبارت دیگر تا دمای پایین تری سرد شوند تا ناپایداری کافی ایجاد گردد و مارتنزیت تشکیل شود. به همین دلیل دماهای M_s و M_f با افزایش میزان کربن فولاد کاهش می یابند. عناصر آلیاژی به جز کبالت، دماهای M_s و M_f را کاهش می دهند. دمای M_f برای فولاد های کم کربن و کربن متوسط می تواند کمتر از دمای محیط باشد و به همین دلیل اگر این نوع فولاد ها آستنیته شده و تا دمای محیط کوئنچ شوند، ساختار نهایی آنها مخلوطی از مارتنزیت و آستنیت باقیمانده خواهد بود. این آستنیت باقیمانده می تواند باعث کاهش استحکام مکانیکی شود. آستنیت باقیمانده معمولا نا مطلوب تلقی می شود چون در حین عملیات حرارتی بعدی یا حتی حین سرویس ممکن است با تبدیل به مارتنزیت که ترد است، باعث بروز مشکلاتی گردد.

مارتنزیت تمپر شده

اگر چه مارتنزیت، بسیار مستحکم، سخت و مقاوم به سایش است اما به تبع آن چقرمگی و داکتیلیتی (چکش خواری) کمی دارد. به همین دلیل شکست ترد مارتنزیت به راحتی ممکن است اتفاق بیفتد. بنابر این فولادی که تمام مقطع آن به مارتنزیت تبدیل شده نمی تواند فولاد مناسبی برای کاربرد های مهندسی باشد.در حقیقت یک لایه سطحی مارتنزیت روی فلز پایه فریتی – پرلیتی خواص مناسبتری به ما می دهد. حتی می توان مارتنزیت را توسط تمپر کردن عملیات حرارتی کرد تا به ریز ساختار مارتنزیت تمپر شده با خواصی مناسب برای کاربرد های صنعتی دست یافت. تمپر کردن اجازه می دهد کربن نفوذ محدودی در ساختار bct مارتنزیت داشته باشد و تغییر ساختار اندکی رخ دهد (تشکیل کاربید بصورت محدود). این تغییر باعث کاهش اعوجاج (پیچش) و نیز کاهش تنش داخلی مارتنزیت شده و چقرمگی و انعطاف پذیری را افزایش می دهد. میزان تمپر شدن و تغییرات خواص مکانیکی با کنترل دما و زمان تمپر شدن، انجام می پذیرد؛ یعنی تعادلی بین استحکام و انعطاف پذیری ایجاد می گردد.

سختی پذیری

باید تفاوت بین سختی (hardness) و سختی پذیری (hardenability)روشن شود. سختی طبق تعریف مقاومت جسم در برابر فرو رفتن یک فرو رونده در شرایط استاندارد نظیر سختی سنجی به روش راکول یا ویکرز یا برینل است. سختی فولاد به وسیله ترکیب شیمیایی و ریز ساختارش تعیین می گردد. سختی پذیری، قابلیت فولاد را برای سخت شدن نشان می دهد. به عبارت دیگر تا چه عمقی مارتنزیت تشکیل می شود. فولاد هایی که سختی پذیری اندکی دارند آنهایی هستند که هنگام کوئنچ شدن آنها فقط یک لایه نازک مارتنزیت تشکیل می شود.

اطلاعاتی درباره عناصر آلیاژی و عناصر همراه

بین عناصر آلیاژی از این نظر که آیا آنها کاربیدساز، پایدار کننده آستنیت و یا پایدار کننده فریت هستند و یا هدف خاصی دیگری را برآورده می کنند، می توان تمایز قائل شد. هر عنصر آلیاژی، متناسب با مقدار اضافه شده، خواص ویژه ای را در فولاد ایجاد می کند. استفاده همزمان از چند نوع عنصر آلیاژی متفاوت، خواص ایجاد شده در فولاد را می تواند تشدید کند و یا ممکن است تاثیر تک تک آن عناصر به تنهایی تضعیف شده ویا حتی بی اثر گردد.
جدول زیر تاثیر عناصر آلیاژی را در فولادها نشان می دهد.

	سختی	استحکام کششی	تنش تسلیم	ازدیاد طول نسبی	کاهش سطح مقطع	انرژی ضربه	استحکام دمای بالا	مقاومت سایشی	قابلیت آهنگری	قابلیت ماشینکاری	مقاومت خوردگی
سیلیسیم (Si)	+	+	2+	–	≈	–	+	3-	–	-	?
منگنز(Mn) در فولادهای پرلیتی	+	+	+	≈	≈	≈	≈	2-	+	-	?
منگنز(Mn) در فولادهای آستنیتی	3-	+	–	3+	≈	?	?	?	3-	3-	?
کرم(Cr)	2+	2+	2+	–	–	–	+	+	-	?	3+
نیکل(Ni) در فولادهای پرلیتی	+	+	+	≈	≈	≈	+	2-	-	-	?
نیکل(Ni) در فولادهای آستنیتی	2-	+	–	3+	2+	3+	3+	?	3-	3-	2+
آلومینیوم(Al)	?	?	?	?	–	–	?	?	2-	?	?
تنگستن(W)	+	+	+	–	–	≈	3+	3+	2-	2-	?
وانادیم(V)	+	+	+	≈	≈	+	2+	2+	+	?	+
کبالت(Co)	+	+	+	–	–	–	2+	3+	-	≈	?
مولیبدن(Mo)	+	+	+	–	–	+	2+	2+	-	2+	?
مس(Cu)	+	+	2+	≈	≈	≈	+	?	≈	≈	+
گوگرد(S)	?	?	?	–	–	–	?	?	3+	?	-
فسفر(P)	+	+	+	–	–	3–	?	?	2+	?	?

≈ : تقریبا بدون تاثیر + : افزایش خواص – : کاهش خواص ? : تاثیر نامشخص اعداد : شدت افزایش و کاهش

جدول ۱- تاثیر عناصر آلیاژی در فولادها

مراجع

1-The Metals Black Book, Ferrous Metals, Vol. 1, 2nd ed., CASTI Publishing Inc., 1995
2- M.Kutz, Handbook of Materials Selection, John Wiley & Sons, New York, 2002

نامگذاری فولادها

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در " نشریه مشانیر، شماره های27،29،30،33، سالهای 1385 و1386 " به چاپ رسیده است.

پیشگفتار

بر اساس شواهدی که توسط تاریخ نگاران به دست آمده است، استفاده بشر از مواد به حدود 10000 سال پیش باز می گردد. انسان نخستین با بهره جستن از چوب و استخوان حیوانات، سلاح های شکاری و دفاعی می ساخته است. در دنیای امروز، انسان نه تنها از مواد موجود استفاده می کند بلکه توانسته است با تغییرات در ساختار آنها، دامنه این کاربرد را گسترده تر نماید. آلیاژهای پر مقاومت، پلیمرهای شکل پذیر و سرامیکهای دیر گداز از جمله نتایج این تغییراتند.

استفاده از مواد مختلف یکی از فعالیتهای اصلی مهندسان است. سیستمهای مختلف مهندسی را می توان با استفاده از مواد مناسب، طرح و تولید نمود یا بهبود بخشید و علم و مهندسی مواد (MSE) به این موضوعات می پردازد.

در سالهای اخیر روند تخصصی شدن علوم و فنون، بر علم و مهندسی مواد نیز تاثیر گذاشته و آن را به گرایشهای مختلفی تقسیم کرده است. در حال حاضر در کشورمان تعدادی از این گرایشها در دانشگاه ها تدریس می گردند که در مقطع کارشناسی عبارتند از: متالورژی صنعتی، متالورژی استخراجی و سرامیک. در مقطع کارشناسی ارشد نیز گرایشهای حفاظت از خوردگی و اکسیداسیون، شناسایی و انتخاب مواد مهندسی، جوشکاری، ریخته گری، استخراج فلزات، شکل دادن فلزات، سرامیک و مواد پزشکی (بیو مواد) وجود دارند. این علم و فن در مقطع دکتری نیز در کشور رو به گسترش روزافزونی است.

در بین مواد مهندسی، فولاد از اهمیت فراوانی برخوردار است و باید به یاد داشت فولاد، طلایه دار تحولات قرن بیستم بوده است اما نباید چنین پنداشت که عصر فولاد به پایان رسیده است. نود درصد تولید جهانی فلزات به فولاد اختصاص دارد و ویژگی منحصر به فردش درترکیب مشخصاتی مانند استحکام، چکش خواری، چقرمگی و قیمت ارزان، آن را بی جایگزین ساخته است. تولید جهانی 1414 میلیون تن (در سال 2010) که نسبت به سال پیش از آن 15 درصد افزایش یافته است، دلیلی است بر این مدعا.

فولاد در کشور ما اهمیتی راهبردی داشته و ایران با تولید 12 میلیون تن فولاد در سال 2010 در رتبه هفدهم کشورهای تولید کننده این فلز جای گرفته است.

با توجه به رو به رشد بودن صنایع کشور و افزایش ساخت و سازها در صنایع مختلف، امروزه شناخت و استفاده صحیح از استانداردهای مختلف فولادها به یک نیاز عمومی تبدیل شده است. ناگفته پیداست که تقریبا تمامی فعالان حوزه صنعت و نیز دانشجویان رشته های مختلف مهندسی، گاهی نیاز دارند تا درباره نحوه مقایسه فولادها در استانداردهای مختلف، کاربردهای انواع مختلف آن و خواص شیمیایی، مکانیکی و فیزیکی فولادها اطلاعاتی داشته باشند. در نوشتاری که پیش روی شماست با فراهم نمودن اطلاعات پایه تلاش گردیده است تا ضمن آشنایی با متالورژی فولادها، شناخت و استفاده بهتر از قواعد و چارچوبهای تعیین شده پیرامون نامگذاری فولادها امکان پذیر گردیده و آشنایی نسبی با انواع استانداردهای این فلز پر کاربرد بدست آید.

در گردآوری مطالب این کتاب سعی بر این بوده تا خواننده به آسانی و در کمترین زمان ممکن بتواند اطلاعات مورد نیاز را در مورد شیوه نامگذاری فولادها در استانداردهای مختلف آمریکایی، اروپایی و نیز استانداردهای کشورهای صنعتی مانند آلمان، فرانسه و روسیه بدست آورد. در ضمن موضوع مهم نحوه مقایسه فولادها در استانداردهای مختلف و به عبارت دیگر چگونگی تعیین استاندارد معادل فولادها نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

مخاطبان این نوشتاردانشجویان، مهندسان، کارشناسان و تمام افرادی هستند که به نحوی با محصولات مختلف فولادی سر و کار دارند و نیاز دارند تا درباره فولادها اطلاعاتی داشته باشند.

تقسیم بندی فولادها

فولادها به روشهای مختلفی تقسیم بندی می شوند که تقسیم بندی آنها می تواند بر اساس موارد زیر باشد:

- بر اساس ترکیب شیمیایی، مانند فولاد کربنی، فولاد کم آلیاژ ، فولاد زنگ نزن و ...
- بر اساس روش تولید، نظیر مانند **open hearth** ، روش کوره الکتریکی و ...
- بر اساس روش ساخت، مانند نورد گرم، نورد سرد و ...
- بر اساس شکل محصول مانند ورق، لوله، میله، صفحه و ...
- بر اساس روش اکسیژن زدایی مانند فولاد آرام، نیمه آرام، جوشان و ...
- بر اساس ریز ساختار مانند فریتی، پرلیتی، مارتنزیتی
- بر اساس استحکام مورد نیاز
- بر اساس عملیات حرارتی مانند بازپختی، کوئنچ و تمپر و...
- بر اساس کیفیت محصول مانند فولاد با کیفیت آهنگری، کیفیت تجاری و ...
- بر اساس کاربرد مانند فولاد فنر، فولاد ساختمانی، فولاد ابزار و ....

در حال حاضر استانداردهای ملی، منطقه ای و بین المللی بسیاری وجود دارند که سیستم نامگذاری مخصوص به خود جهت نامگذاری فولادها دارند. در ادامه سعی خواهد گردید برخی از رایج ترین این استانداردها که در سطح کشور ما نیز کاربرد بیشتری دارند مورد بررسی قرار گیرند. به این منظور روش های نامگذاری فولادها را در سه شاخه اصلی: استانداردهای آمریکایی ، استانداردهای اروپایی و استانداردهای برخی از کشورهای صنعتی مورد بررسی قرار می دهیم. البته در اینجا منظور از استانداردهای آمریکایی استانداردهای مربوط به کشورهای آمریکایی شمالی (ایالات متحده و کانادا) است.

سیستم نامگذاری فولادها در استانداردهای آمریکایی

در آمریکا سازمانهای مختلفی متولی امر استاندارد هستند که هر کدام از آنها سیستم ویژه ای جهت نامگذاری فولادها دارند. برخی از این سازمانها عبارتند از : انجمن آهن و فولاد آمریکا (**AISI**)، انجمن ملی استاندارد آمریکا (**ANSI**)، انجمن نفت آمریکا (**API**)، جامعه مهندسین مکانیک آمریکا (**ASME**)، موسسه آزمون و مواد آمریکا (**ASTM**)، انجمن جوشکاری آمریکا (**AWS**)، موسسه استاندارد کانادا (**CSA**) و جامعه مهندسین خودرو آمریکا (**SAE**) در زیر برخی از سیستم های نامگذاری رایج تر در بین استانداردهای آمریکایی مورد بحث قرار می گیرد.

استاندارد ASTM

ASTM یکی از مراجع معتبر تدوین استاندارد به شمار می رود که در سال 1898 میلادی تاسیس شده است. **ASTM** کوتاه شده عبارت **American Society for Testing and Materials** است. اولین کتاب کامل استانداردهای **ASTM** در سال 1915 چاپ شد. امروزه 77 کتاب استاندارد **ASTM** در 15 بخش وجود دارند. استانداردهای مرتبط با فلزات در بخش های زیر یافت می شوند:

بخش 1- محصولات آهنی و فولادی (8 جلد) بخش 2- محصولات فلزی غیر آهنی (5 جلد) بخش 3- روشهای آزمون فلزات و دستور العمل های تحلیلی (6 جلد)

تمامی این استانداردها به صورت سالانه مورد بازبینی(**REVISION**)قرار می گیرند به عنوان مثال از سال 1992 تا 1993 تعداد 256 استاندارد از مجموع 631 استاندارد بخش 1 مورد بازبینی قرار گرفته اند. برخی استانداردهای نیز ممکن است در طول یک سال چندین مرتبه دچار تغییر شوند. مطالب گفته شده نشان می دهد که استاندارد فلزات اسنادی هستند که مدام دچار تغییر و تحول می شوند. استاندارد **ASTM** در حالت کلی در برگیرنده 15 فصل و 77 بخش به قرار زیر است:

فصل اول	:	مشتمل بر هشت بخش پیرامون محصولات آهنی و فولادی
فصل دوم	:	مشتمل بر پنج بخش پیرامون محصولات فلزی غیر آهنی
فصل سوم	:	مشتمل بر شش بخش در حوزه روشهای آزمون فلزات و دستورالعمل های تحلیلی
فصل چهارم	:	مشتمل بر سیزده بخش درباره مصالح ساختمانی
فصل پنجم	:	مشتمل بر شش بخش شامل فرآورده های نفتی، روانکارها، سوختهای فسیلی
فصل ششم	:	مشتمل بر چهار بخش رنگها و پوشش ها
فصل هفتم	:	مشتمل بر دو بخش در برگیرنده اطلاعات منسوجات

فصل هشتم : مشتمل بر چهار بخش در برگیرنده اطلاعات پلاستیکها
فصل نهم : مشتمل بر دو بخش در مورد اطلاعات لاستیکها و انواع آنها
فصل دهم : مشتمل بر چهار بخش در برگیرنده اطلاعات عایقهای الکتریکی و مباحث الکترونیک
فصل یازدهم : مشتمل بر شش بخش اطلاعات تکنولوژی آبی و مسایل محیطی
فصل دوازدهم : مشتمل بر دو بخش پیرامون انرژی هسته ای، انرژی خورشیدی و انرژی زمین گرمایی
فصل سیزدهم : مشتمل بر دو بخش پیرامون ابزارهای پزشکی
فصل چهاردهم : مشتمل بر چهار بخش روشهای کلی و ابزارهای اندازه گیری
فصل پانزدهم : مشتمل بر نه بخش در حوزه ویژگیهای محصولات عمومی

در ضمن فصل **00** آن هم به نمایه **(Index)** اختصاص دارد.با توجه به این که استاندارد **ASTM** استانداردی رایج در صنعت است لازم است نگاهی کلی به این استاندارد داشته باشیم .

چند نکته درباره استاندارد ASTM

هریک از استانداردهای **ASTM** با ترکیبی از حروف و شماره‌ها معرفی می‌شوند که هر کدام از این حروف و شماره‌ها اطلاعاتی را درباره آن استاندارد در اختیار ما قرار می دهند. به عنوان مثال

Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products

به صورت زیر معرفی می شود:

ASTM A 370-03

گروه موضوعی ←
شماره استاندارد ←
سال تدوین یا اصلاح سند ←

ذکر این نکته لازم است که اگر از حرف **M** پس از شماره استاندارد استفاده شده باشد ، نشان دهنده تغییر سیستم استاندارد از سیستم اینچی به متریک است مانند: **ASTM F 606M-01** .در برخی موارد هم ممکن است حروف **d, c, b, a** دیده شوند که مربوط به ترتیب بازنگری‌ها و اصلاحات انجام شده برروی آن سند در همان سال می‌باشد مثلا **99a** نشان‌دهنده دومین بازنگری در سال **99**، **99b** سومین بازنگری در سال **1999** و الی آخر می‌باشد. برای استانداردهایی که در این بازنگری‌ها بدون هیچ تغییری به تصویب می‌رسند، سال این تصویب مجدد را در پرانتز نشان می‌دهند مثلا **(2004)**. اگر از اپسیلون به‌صورت **superscript** استفاده شده باشد نشانگر تغییرات **editorial** بر روی آخرین بازنگری یا تصویب مجدد آن سند است **ε1** برای اولین تغییر و الی آخر. بعنوان مثال:
A 144-90(2003)ε1 . برای کامل‌تر شدن نکات مربوط به شناسایی شماره استاندارد **ASTM**، گروه‌بندی موضوعات این استاندارد در زیر آورده شده است:

A ferrous metals; B nonferrous metals; C cementitious, ceramic, concrete, and masonry materials; D miscellaneous materials; E miscellaneous subjects; F materials for specific applications; G corrosion, deterioration, and degradation of materials; ES emergency standards; P proposals; PS provisional standards

سیستم نامگذاری استاندارد ASTM

در استاندارد **ASTM** همانطور که در بالا نیز اشاره شد فلزات با حرف **A** به همراه یک شماره مشخص می شوند. این روش نامگذاری اغلب برای مشخص کردن محصولی خاص بکار می رود مثلا **" A548** برای مفتول فولاد کربنی با کیفیت کله زنی سرد (**cold heading**) برای تولید پیچ به کار می رود.

تعریف فلزات آهنی

تا قبل از 1993 میلادی، **ASTM** تعریف فلزات آهنی را بر مبنای ترکیب شیمیایی نامی قرار داده بود که در آن آلیاژ آهنی به آلیاژی گفته می شد که میزان آهن آن بیشتر یا مساوی 50 درصد بود. در اینصورت آلیاژ با حرف **A** شروع می شد. اگر میزان آهن کمتر از 50 درصد بود آلیاژ غیر آهنی شده و با حرف **B** آغاز می گشت. در حال حاضر **ASTM** تعریف اروپایی فولاد را که در استاندارد **CEN EN 10020** تحت عنوان **"**تعریف و تقسیم بندی فولاد ها**"** آمده است، پذیرفته است. در این استاندارد فولاد به صورت زیر تعریف می شود:

ماده ای که مقدار وزنی آهن در آن از هر عنصر مجزای دیگر بیشتر است و عموما" میزان کربن آن کمتر از 2 درصد بوده ونیز شامل عناصر دیگری باشد. تعداد محدودی از فولادهای کرم دار ممکن است بیش از 2% کربن داشته باشند اما 2 % مرز بین فولاد و چدن است.
CEN همچنین پیشنهاد کرده است که عبارت وزنی (**by weight**) به جرمی (**by mass**) تغییر یابد تا هماهنگی با سیستم بین المللی واحدها (**SI**) ایجاد گردد.

فولادهای ASTM

مثالهای زیر کاربرد حروف و اعداد را در این استاندارد برای نامگذاری فولاد ها مشخص می کنند.

ASTM A 516/A 516M-01 Grade 70 – Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate- and Lower- Temperature Service

- حرف **A** نشان دهنده فلز آهنی است اما آنرا به زیر مجموعه های چدن، فولاد کربنی، فولاد آلیاژی یا فولاد زنگ نزن تقسیم نمی کند.
- عدد **516** یک شماره ترتیبی است که مستقیما" با خواص فلز ارتباطی ندارد.
- حرف **M** نشان می دهد که استاندارد بر مبنای واحدهای **SI** نوشته شده است (حرف **M** از واژه **Metric** آمده است) و **A 516/A 516M** یعنی واحد های **SI** و اینچ – پوند تواما" به کار رفته اند.
- عدد **01** نشان دهنده سال باز بینی یا انتشار است**(2001)**.
- **Grade 70** نشان می دهد که حداقل استحکام کششی (**Tensile Strength**) **70 ksi** است.

توجه به این نکته لازم است که در صنعت فولاد واژه های **Grade**، **Type** و **Class** معانی مشخصی دارند.
" Grade " برای مشخص کردن ترکیب شیمیایی، **" Type "** برای اشاره به روش اکسیژن زدایی و **" Class "** برای نشان دادن سایر ویژگی ها نظیر درجه استحکام یا درجه پرداخت سطحی به کار می روند. اگر چه در استاندارد **ASTM** این واژه ها برای مشخص کردن یک فلز خاص در استاندارد تطبیق داده شده اند و معمولا" بدون تعریف خاص بکار می روند اما اساسا" همان معانی ذکر شده برای آنها صادق است. مثالهای زیر موضوع را روشن می کنند.

ASTM A 106-99 Grade A, Grade B, Grade C - Seamless Carbon Steel Pipe for High-Tempe4rature Service

- ترتیب حروف از **A** به **C** نشان دهنده افزایش استحکام (کششی یا تسلیم) فولاد است و اگر فولاد از نوع غیر آلیاژی باشد نشانگر افزایش مقدار کربن است.

در این مثال :

Grade A - 0.25%C (max), 48 ksi Tensile Strength (min)
Grade B - 0.30% C (min), 60 ksi Tensile Strength (min)
Grade C - 0.35% C , 70 ksi Tensile Strength (min)

مثالی دیگر :

ASTM A 48 - Class No. 20A, 25A, 30A - Gray Iron Castings

- **Class No.20A** نشان می دهد که این چدن دارای حداقل استحکام کششی **20 ksi** است.
- به همین ترتیب **Class No.25A ,Class No.30A** بیانگر حداقل استحکام کششی **25ksi**و**30ksi** هستند.

مثالی دیگر :

ASTM A 276 Type 304,316,410 - Stainless and Heat-Resisting Steel Bars and Shapes

- **Type 304,316,410** و بقیه بر اساس نامگذاری **AISI** برای فولاد زنگ نزن هستند که بعدا در مورد آن بحث خواهد شد.

در برخی از استانداردهای **ASTM** چند واژه مختلف برای توصیف یک فلز در گروهی از فلزات یک استاندارد به کار می روند. مثال زیر این موضوع را نشان می دهد.

ASTM A 193/A 193M-01b - Alloy Steel and Stainless Steel Bolting Materials for High Temperature Service.

- عبارتهای **" type "** و **"identification symbol "** و **" grade "** و **" class "** برای توصیف مواد مورد استفاده در پیچ بکار رفته اند.
- به عنوان مثال :

Identification symbol: B8, type : austenitic steel Grade: unstabilized

18 chromium-8 nickel (AISI type 304)

در چهار **Class** مختلف وجود دارند : **1, 1A, 1D, 2**

سیستم نامگذاری **ASTM** برای فولادهای زنگ نزن ریختگی (**cast s.s.**) از انجمن ریخته گری آلیاژ (**Alloy Casting Institute**) با مخفف **ACI** گرفته شده است. بر اساس این سیستم، روش نامگذاری شامل 2 حرف است که به دنبال آنها عدد آمده و پس از آنها حروف پسوند انتخابی اضافه می شوند. در این سیستم، اگر آلیاژ برای کاربرد در محیط های خورنده مایع باشد حرف **" C"** و برای کار برد در دماهای بالا حرف **" H"** به عنوان حرف اول در نظر گرفته می شود. حرف دوم نشان دهنده میزان کرم و نیکل آلیاژ است که با افزایش درصد نیکل، ترتیب الفبایی آن نیز اضافه می شود. عدد بعدی اضافه شونده بیانگر میزان کربن بر حسب صدم درصد است و در برخی موارد پسوندی نیز برای نشان دادن سایر عناصر آلیاژی افزوده می گردد. ذکر این نکته لازم است که گریدهای مختلف ریختگی این فولادهای زنگ نزن سیستم نامگذاری منحصر به فردی دارند که با سیستم نامگذاری آلیاژهای کارشده (**wrought**) متفاوت است. به عنوان مثال، فولاد زنگ نزن **" cast 304"** مطابق سیستم نامگذاری **ASTM (ACI)** نیست و نام آن فولاد در سیستم مورد نظر **grade CF8** است. مثالهای دیگر در زیر آمده اند:

ASTM A 351 Grade CF8M, Grade HK40 - Castings, Austenitic, Austenitic- Ferritic (Duplex) for Pressure Containing Parts

- حرف **" C "** در **CF8M** نشان دهنده فولادی مقاوم به خوردگی است و حرف **" H "** در **HK40** نشان دهنده فولاد نسوز (**heat resistant**) است.
- قسمت عددی در فولاد مقاوم به خوردگی مشخص کننده حداکثر میزان کربن به صدم درصد است (**0.08% C**) و در مورد فولاد نسوز میزان کربن اسمی (**nominal**) بر حسب صدم درصد است . (میزان اسمی **0.40%C** و میزان واقعی **0.35-0.45%C**)
- حرف **" M "** پس از اعداد نشانگر اضافه شدن عنصر مولیبدن به آلیاژ است.

یکی از استفاده های مفید نامگذاری با روش **ASTM** ، کاربرد آن در لوله و تیوب و محصولات آهنگری شده است. در این موارد حرف **"P "** برای لوله ، حرف **"T "** برای تیوب و **"TP "** برای لوله یا تیوب و **"F "** برای آهنگری (**Forging**) به کار می رود.

مثالهای زیر این کاربرد ها را نمایش می دهند:

ASTM A 335/A 335M-01 Grade P22 - Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service.

ASTM A 213/A 213M-01a Grade T22 - Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater and Heat-Exchanger Tubes.

ASTM A 269-01 Grade TP304 - Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Tubing for General Service

ASTM A 312/A 312M-01a Grade TP304 - Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Pipes

ASTM A 336/A 336M-99 Class F22 - Alloy Steel Forgings for Pressure and High-Temperature Parts

سیستم نامگذاری استاندارد ASME

بخش از این استاندارد که شامل استاندارد مواد برای کاربرد آنهاست عبارتست از:

ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section II, Part A and B

در این بخش ها از تطبیق استاندارد **ASTM** با کد **ASME** استفاده شده است و حرف **" S"** جلو شماره استاندارد **ASTM** مربوطه اضافه می شود تا نشان دهد که این مربوط به کد **ASME** است.

Part A از **Section II** کد **ASME** مربوط به فلزات آهنی و **Part B** مربوط به فلزات غیر آهنی است. مثال زیر ارتباط بین سیستم های نامگذاری **ASME** و **ASTM** را نشان می دهد.

ASME SA 516/SA-516M-01 Grade 70 - Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate - and Lower – Temperature Service

این استاندارد همانند **ASTM A 516/516-01 Grade 70** است با این تفاوت که **" SA"** نشان می دهد این استاندارد با کد **ASME** منطبق شده است.

سیستم نامگذاری AISI/SAE

سیستم نامگذاری **AISI/SAE** از سیستم چهار رقمی برای مشخص کردن فولادهای کربنی و آلیاژی بر اساس ترکیب شیمیایی بهره می برد. بر اساس این سیستم، دو رقم آخر نشان دهنده میزان کربن برحسب صدم درصد است. رقم اول از سمت چپ مشخص کننده طبقه ای است که فولاد به آن تعلق دارد و مطابق است با :

عدد 1 برای فولادهای کربنی
عدد 2 برای فولادهای نیکل دار
عدد 3 برای فولادهای نیکل – کرم
عدد 4 برای فولادهای مولیبدن دار
عدد 5 برای فولادهای کرم دار
عدد 6 برای فولادهای کرم – وانادیم
عدد 7 برای فولادهای تنگستن دار
عدد 8 برای فولادهای سیلیسیم – منگنز

در این نشانه های رقم دوم عموما" مشخصه درصد متوسط عنصر مسلط است. در این سیستم اضافه شدن عنصر **B** (بر) به آلیاژ جهت افزایش سختی پذیری با حرف **"B"** و اضافه شدن**Pb** (سرب) جهت بهبود قابلیت ماشینکاری با حرف **"L "** نمایش داده می شود. پیشوند **"M "** برای فولاد با کیفیت تجاری و پیشوند **" E "** برای فولاد تولید شده با کوره الکتریکی و پسوند **"H "** جهت قابلیت سختی پذیری به کار می روند. جدول زیر به شناخت بهتر این سیستم کمک می کند.

Carbon Steels	Description
10XX	Nonreslfurized,1.00 manganese maximum
11XX	Resulfurized
12XX	Rephosphorized and reslfurized
15XX	Nonreslfurized, over 1.00 manganese maximum
Alloy Steels	Description
13XX	1.75 manganese
40XX	0.20 or 0.25 molybdenum or 0.25 molybdenum and 0.042 sulfur
41XX	0.50, 0.80, or 0.95 chromium and 0.12,0.20, or 0.30 molybdenum
43XX	1.83 nickel, 0.50 to 0.80 chromium and 0.25 molybdenum
46XX	0.85 or 1.83 nickel and 0.20 or 0.35 molybdenum
47XX	1.05 nickel, 0.45 chromium, 0.20 or 0.35 molybdenum
48XX	3.50 nickel and 0.25 molybdenum
51XX	0.80, 0.88, 0.93, 0.95, or 1.00 chromium
51XXX	1.03 chromium
52XXX	1.45 chromium
61XX	0.60 or 0.95 chromium and 0.13 or 0.15 vanadium minimum
86XX	0.55 nickel, 0.50 chromium and 0.20 molybdenum
87XX	0.55 nickel, 0.50 chromium and 0.25 molybdenum
88XX	0.55 nickel, 0.50 chromium and 0.35 molybdenum
92XX	2.00 silicon or 1.40 silicon and 0.70 chromium
50BXX	0.28 or 0.50 chromium
51BXX	0.80 chromium
81BXX	0.30 nickel, 0.45 chromium and 0.12 molybdenum
94BXX	0.45 nickel, 0.40 chromium and 0.12 molybdenum

فولادهای زنگ نزن

سیستم نامگذاری فولادهای زنگ نزن کارشده (**wrought s.s**)، که نخستین بار توسط **AISI** پیشنهاد شده و توسعه یافته است، از 3 عدد که در برخی موارد حروفی به دنبال آنها می آید، تشکیل شده است. نخستین رقم، کلاس آلیاژ را مشخص می کند. بدین صورت که **3xx ,2xx** سری فولادهای زنگ نزن آستنیتی هستند و مارتنزیتی ها و فریتی ها با **4xx** مشخص می شوند. متاسفانه در این سیستم نامگذاری ، رقمهای دوم و سوم ترکیب شیمیایی آلیاژ را به ما نمی دهند. همچنین در مورد سری **4xx** تمایز بین فولاد زنگ نزن فریتی با مارتنزیتی پیش بینی نشده است. مثلا" **430** و **446** فریتی هستند در حالیکه **431** و **440** مارتنزیتی می باشند. معانی حروف پسوند و نیز دو رقم آخر در سیستم نامگذاری **UNS** در جدول زیر نشان داده شده است. (در مورد سیستم نامگذاری **UNS** در قسمت بعدی صحبت خواهد شد) برخی انواع فولاد زنگ نزن در سیستم نامگذاری **AISI** وجود ندارند. این فولادهای زنگ نزن غیر استاندارد شامل فولادهای زنگ نزن رسوب سخت شده، بیشتر فولادهای زنگ نزن **DUPLEX** و فولادهای زنگ نزن آلیاژی هستند.

AISI Suffix Designator	UNS No.	Description
xxxL	xxx01	Low carbon (<0.03% as compared to the normal <0.08%) for improved resistance to intergranular corrosion as discussed below
xxxS	xxx08	Low carbon (<0.08% as compared to standard <0.2% or higher)
xxxN	xxx51	Added nitrogen for increased strength
xxxLN	xxx53	Low carbon (<0.03%) plus added nitrogen
xxxF	xxx20	higher sulfur and phosphorus for improved machinability
xxxSe	xxx23	Added selenium for better machined surfaces
xxxB	xxx15	Added silicon to increase scaling resistance
xxxH	xxx09	Wider allowable range of carbon content
xxxCu	xxx30	Added copper

سیستم نامگذاری شماره ای (UNS) برای فلزات و آلیاژها

متخصصان و کارشناسان **ASTM** و **SAE** در سال 1967 میلادی مطالعاتی را به منظور ایجاد سیستم شماره گذاری یکسان (**Unified Numbering System : UNS**) برای فلزات و آلیاژها آغاز نمودند. این برنامه سه وجه مختلف را دنبال می کرد.
1- ساده کردن سیستمهای نامگذاری متعددی که در طول سالهای گذشته به طور مستقل ایجاد شده بودند. 2- اختصاص دادن شماره ای مشابه برای نامهای تجاری بویژه در مواقعی که چند شرکت، یک آلیاژ را تحت نام های تجاری گوناگون تولید می کنند. 3- ایجاد یک سیستم جدید سازگار با رایانه توسط توسعه یک روش ثابت.
در سال 1969 میلادی ارتش آمریکا این پروژه را تحت حمایت قرار دارد. در سال 1975 میلادی نخستین چاپ **UNS** بطور مشترک توسط **ASTM** و **SAE** انجام شد. جزئیات نامگذاری به این روش در استاندارد زیر آمده است:
ASTM E 527-83(Reapproved 1997) : **Standard Practice for Numbering Metals and Alloys (UNS)**

سیستم نامگذاری به روش UNS

این روش سیستمی متشکل از یک حرف و 5 عدد است. این سیستم فقط ترکیب شیمیایی فلز یا آلیاژ را به تنهایی نشان می دهد و استاندارد یا مشخصه فلز محسوب نمی شود. در اکثر موارد سعی شده است تا سیستم **UNS** با سایر سیستم های نامگذاری موجود بویژه **AISI/SAE** تا حد امکان انطباق داشته باشد. بعنوان مثال ، حرف پیشوند **UNS** برای فولادهای کربنی و آلیاژی حرف **"G "** است و

چهار رقم اول پس از آن مطابق همان سیستم **AISI/SAE** در نظر گرفته شده است مثلا **G10400** . حروف **B** و **L** که کاربرد آنها پیش از این در سیستم **AISI/SAE** مورد بررسی قرار گرفت، در سیستم **UNS** با اعداد **" 1 "** و **" 4 "** به عنوان رقم پنجم جایگزین شده اند.بجای حرف **E** هم از عدد **" 6 "** استفاده می گردد. الزامات سختی پذیری فولاد که در **AISI/SAE** با **H** نشان داده می شد در **UNS** با **HXXXXX** نشان داده می شود. انواعی از فولادهای کربنی و آلیاژی که در سیستم نامگذاری **AISI/SAE** به آنها اشاره نمی شد، با پیشوند **"K "** در **UNS** مشخص می شوند. هر جا امکان داشته است، حرف اول در سیستم نامگذاری **UNS** به گونه ای انتخاب شده تا گروه فلز را مشخص نماید به عنوان مثال حرف **" S "** برای فولاد زنگ نزن . از 5 عدد مشخص کننده فولادهای زنگ نزن در این سیستم نامگذاری، سه رقم اول همانند نامگذاری آلیاژ به روش **AISI** است مثلا **"S304XX** . دو رقم باقیمانده معادل پسوند های سیستم **AISI** هستند که در جدول قبلی به آنها اشاره شده است. جزئیات سیستم نامگذاری **UNS** برای فلزات آهنی و آلیاژها در جدول زیر مشاهده می شود.

UNS Descriptor	Ferrous Metals
Dxxxxx	Specified mechanical properties steels
Fxxxxx	Cast irons
Gxxxxx	AISI and SAE carbon and alloy steels (except tool steels)
Hxxxxx	AISI H-steels
Jxxxxx	Cast steels
Kxxxxx	Miscellaneous steels and ferrous alloys
Sxxxxx	Heat and corrosion resistant(stainless) steels
Txxxxx	Tool steels
UNS Descriptor	Welding Filler Metals
Wxxxxx	Welding filler metals, covered and tubular electrodes classified by weld deposit composition

مراجع

1- Internet Document, www.key-to-steel.com
2-The Metals Black Book, Ferrous Metals, Vol. 1, 2nd ed., CASTI Publishing Inc., 1995

سیستم نامگذاری فولاد با استاندارد اروپا (CEN)

کمیته اروپایی استاندارد (**CEN**) تشکلی از موسسه های ملی استاندارد کشورهای عضو اتحادیه اروپا و جامعه تجارت آزاد اروپاست. وظیفه اصلی **CEN** تدوین و انتشار استانداردهای اروپا (**EN**) است که به مجموعه ای از مشخصات فنی اطلاق می شود که با مشارکت طرف های ذینفع کشورهای مختلف عضو **CEN** منتشر می گردد. این استانداردها بر اساس اجماع عمومی منتشر شده و با رای اکثریت تصویب می شوند. استانداردهای تصویب شده باید توسط هر کشور عضو ، به عنوان استانداردهای ملی تلقی شده و هر استاندارد ملی مغایر با آن باید ملغی شود. نام گذاری استاندارد اروپا (**EN**) در هر کشور به این صورت است که ابتدا حروف مشخصه استاندارد ملی آن کشور آمده (مثلا **"BS** برای انگلستان یا **DIN** برای آلمان) و سپس **EN** و پس از آن عددی 5 رقمی می آید.
مثلا **" BS EN 10025** یا **DIN EN 10025**. هر استاندارد **EN** می تواند شامل یک سند یا چندین بخش باشد که تحت نام **Part** می آیند مثلا **" EN 10028 Parts 1 to 8** که هر **Part** ویژگی خاصی از محصولات فولادی را مشخص می کند و بجای آوردن واژه **Part** در شماره استاندارد از یک خط تیره(**hyphen**) استفاده می شود مثلا **" EN 10028-1** یعنی **Part 1 .**
پیشوند **pr** نشان می دهد که این سند یک استاندارد پیش نویس (**draft standard**) است که هنوز تائید نهایی نشده است.
مثلا **" prEN 10088-1** (**pr**) از واژه انگلیسی **preliminary** اخذ شده است)
از جمله اسناد دیگر منتشره توسط **CEN** که اهمیت دارند اسناد هماهنگ سازی (**Harmonization Document**) و استانداردهای اولیه اروپایی (**European Prestandards**) هستند که اولی را اختصارا **" HD** و دومی را **ENV** می نامند. **HD** مراحل تدوین و تصویب مشابه سایر استاندارد های **EN** دارد اما کاربرد آن انعطاف بیشتری داشته به طوری که شرایط خاص فنی برخی کشورها می تواند در آن لحاظ گردد. در مورد این نوع سند فقط بجای **EN** از **HD** برای مشخص شدن آن استفاده می شود. **ENV** نوعی استاندارد آینده نگر است که بصورت موقت در حوزه هایی از فناوری که خیلی سریع دچار تغییر و تحول می شوند یا جایی که نیاز

اضطراری وجود دارد و جایی که ایمنی افراد و کالاها شامل نیست، تدوین می گردد. بدین ترتیب زمان لازم برای تدوین این استاندارد ها بسیار کاهش می یابد. **ENV** پس از تصویب، به مدت 3 سال به بوته آزمون گذارده می شود به این منظور که نهایتا" به **EN** یا **HD** تبدیل گردد. علامت شناسایی این گونه استاندارد ها همانند **EN** است فقط به جای حروف **EN** حروف **ENV** قرار می گیرند.
از سال 1995، قریب 40 درصد استانداردهای **EN** که هر ساله منتشر می شوند مستقیما" از استانداردهای **ISO** استفاده کرده اند. توافق وین بین **CEN** و **ISO** یک توافق رسمی بین این دو سازمان است که در حال حاضر 800 پروژه تدوین استاندارد تحت این همکاری در حال اجراست.

سیستم نامگذاری اروپایی فولادها – EN 10027

سیستم نامگذاری اروپایی فولادها در **EN 10027** استاندارد شده است و شامل دو بخش **Part 2-Steel Numbers** **Part 1- Steel Names** است. این استاندارد مرجعی جهت فولادها بر اساس نام آن و شماره آن است. این روش بدین منظور به کار رفته است تا از سردرگم شدن احتمالی کاربر در تشخیص فولادها کاسته شده و نیز از مشکلات احتمالی آینده برای تصحیح نام یا شماره فولاد ها جلوگیری گردد. لازم به ذکر است که شماره فولاد و نام فولاد لزوما" قابل تبدیل به یکدیگر نیستند.

نام فولاد (Steel Name)

نام فولاد ترکیبی از حروف و اعداد است که نحوه نام گذاری در **EN 10027-1** و در گزارش تکمیلی **CEN** با شماره **CR 10260** آمده است. مطابق این سیستم نامهای فولاد ها در دو گروه به شرحی که بعدا" خواهد آمد تقسیم بندی می شوند. این سیستم از بعضی جنبه ها شبیه (اما نه همانند) روش نام گذاری **ISO** در گزارش فنی **ISO TR 4949: 1989** با عنوان " نام های فولاد بر اساس حروف " است.

نام فولاد – گروه ۱

گروه 1 از استاندارد **EN 10027-1** به فولادهایی اشاره دارد که بر اساس کاربرد و خواص مکانیکی یا فیزیکیشان مشخص شده اند. این فولادها با یک یا چند حرف مرتبط با کاربرد و به دنبال آنها عددی مرتبط با خواص ، مشخص می شوند. بعنوان مثال، اسامی فولادهای ساختمانی با **S** که مخفف **Structural** است، آغاز می گردد. این حروف در زیر نمایش داده شده اند.

S Structural steels
P Pressure purpose steels
L Linepipe steels
E Engineering steels
B Steels for reinforcing concrete
Y Steels for prestressing concrete
R Rail steels or steels in the form of rails
H Cold rolled flat products of high strength steels for cold forming
D Flat products for cold forming
T Tinmill products (steel products for packaging)
M Electric steels

به دنبال این حروف عددی که مرتبط با ویژگی آن فولاد در ارتباط با کاربردش است ، می آید. به مثال زیر توجه کنید :

EN 10025 S 185 (structural steel with min. yield strength equal to 185 MPa.)

نام های فولادها – گروه ۲

این گروه برای مشخص کردن فولادها بر اساس ترکیب شیمیایی آنها در نظر گرفته شده است و به 4 زیر گروه بر اساس میزان عناصر آلیاژی تقسیم می شود. اولین زیر گروه شامل فولادهای غیر آلیاژی (به جز فولادهای تندبر) است که منگنز آنها به طور متوسط کمتر از 1 درصد است. این فولاد ها با حرف **C** که به دنبال آن میزان متوسط کربن برحسب صدم درصد می آید، مشخص می شوند. دومین زیرگروه شامل فولادهای غیر آلیاژی با منگنز مساوی یا بیشتر از 1 درصد، فولادهای خوش تراش غیر آلیاژی و فولادهای آلیاژی (به جز فولادهای تندبر) به صورتی که درصد وزنی هر عنصر آلیاژی کمتر از 5% باشد، است. برای این زیر گروه، نام فولاد شامل میزان متوسط کربن برحسب صدم درصد و به دنبال آن نشانه عناصر آلیاژی (البته به ترتیب مقدار درصد آن عنصر) می آید. بعد از این گروه علایم، اعدادی که نشان دهنده میزان عناصر آلیاژی است می آید (این اعداد به ترتیب نشان دهنده درصد متوسط عنصر آلیاژی نشان داده شده هستند که در ضریبی که بستگی به نوع عنصر دارد ضرب شده اند. این ضرائب در جدول زیر آمده اند)

Element	Factor
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
Ce, N, P, S	100
B	1000

اعدادی که به عناصر آلیاژی متفاوتی اشاره می کنند به نزدیکترین عدد صحیح، گرد شده و با خط تیره جدا می شوند. در زیر یک مثال آمده است.

EN 10028 Part 2, 13CrMo4-5 nominally contains 0.13%C, 1% Cr, and 0.5% Mo

سومین زیر گروه بر اساس ترکیب شیمیایی برای فولادهای آلیاژی است (به غیر از فولادهای تندبر) که درصد وزنی حداقل یکی از عناصر آلیاژی بیش از 5% باشد. برای این زیر گروه، نام مشخصه با حرف **X** شروع شده و پس از آن میزان کربن بر حسب صدم درصد و به دنبالش نشانه عناصر آلیاژی (به ترتیب نزولی مقادیر آنها) و پس از آن اعداد نشان دهنده مقادیر عناصر آلیاژی می آید. همانند زیر گروه قبلی گرد شدن به نزدیکترین عدد صحیح در اینجا نیز انجام می گردد. به مثال زیر توجه نمایید:

EN 10088 Part 1, X2CrNi18-9 nominally contains 0.02% C, 18% Cr, and 9%Ni

آخرین زیر گروه بر اساس ترکیب شیمیایی و برای فولادهای تند بر کاربرد دارد. در اینجا مشخصه فولاد شامل **HS** (که مخفف واژه **High Speed** می باشد) است که به دنبال آن عددی که نشان دهنده درصد عناصر آلیاژی که به ترتیب تنگستن، مولیبدن، وانادیم و کبالت هستند، می آید. هر عدد درصد متوسط عنصر مربوطه را مشخص می کند که به نزدیکترین عدد صحیح گرد شده و با سایر اعداد که نشانگر عناصر دیگر هستند توسط خط تیره فاصله ایجاد می گردد. برای هر دو سیستم نامگذاری گفته شده در گروه 1 (بر اساس کاربرد و خواص) و گروه 2 (بر اساس ترکیب) اگر نام با حرف **G** شروع شده باشد نشانگر این است که فولاد از نوع ریختگی است.

شماره های فولادها (Steel Numbers)

استاندارد **EN10027 Part 2** نام گذاری فولادها بر اساس شماره بیان می کند که می تواند تکمیل کننده نام گذاری با نام فولاد که در بالا به آن اشاره شد، باشد. در این روش تعداد ارقام ثابت بوده و برای داده پردازی مناسب است. عدد به صورت **1.XXXX** است که عدد **1** اشاره به فولاد دارد.دو عدد اول پس از **1** گروه فولاد را مشخص می کنند. این گروه ها در جدول زیر آمده اند.

Non alloy steel		
Base steel	1.00XX - base steels	
Quality steels	1.01XX - general structural steels with $R_m < 500$ N/mm^2	
Special steels	1.11XX - structural, pressure vessel and engineering steels with C < 0.50%	
Alloy steels		
Quality steels	1.08XX - steels with special physical properties	
Special steels		
	Tool steels	1.23XX - Cr-Mo, Cr-Mo-V or Mo-V steels
	Miscelaneous steels	1.35XX - bearing steels
	Stainless and heat resisting steels	1.46XX - chemical resistant and high temperature Ni alloys
	Structural, pressure vessel and engineering steels	1.51XX - Mn-Si or Mn-Cr steels

ارقام بعدی نشانگر ترتیب (شماره سریال) هستند. همانطور که در جدول بالا دیده می شود فولادها به انواع مختلفی تقسیم شده اند که تقسیم بندی آنها در **EN 10020** آمده است و در اینجا به آنها اشاره می کنیم.

فولادهای غیر آلیاژی (Non-alloy steels)

فولادهای پایه (**base steels**)، کیفی (**quality steels**) و ویژه (**special steels**) در این گروه قرار دارند که بدین منظور ارقام دوم و سوم شماره فولاد، رده کیفی فولاد را با توجه به کاربرد یا خواص مشخص می کنند. مطابق استاندارد **EN 10020** ، فولاد پایه غیر آلیاژی توسط روش های معمولی فولاد سازی تولید می شود و به عملیات حرارتی نیاز ندارد. این نوع فولاد الزامات کیفی خاصی (نظیر مطلوبیت جهت کشش سرد و ...) ندارد و عناصر آلیاژی دیگری به جز منگنز و سیلیسیم نیز ندارد.فولاد کیفی غیر آلیاژی الزامات کیفی بیشتری نسبت به فولاد پایه نظیر، استحکام شکست، اندازه دانه یا شکل پذیری دارد. در عین حال فولادهای کیفی الزامات خاصی برای عملیات حرارتی یا عاری بودن از آخال ها (**non-metalic inclusion**) ندارند. فولادهای ویژه غیر آلیاژی آخال کمتری نسبت به فولادها پایه دارند (تمیزترند) . آنها عموما" برای کوئنچ و تمپرشدن یا سخت کردن سطحی تولید می شوند. کنترل دقیق ترکیب شیمیایی و دقت در تولید و کنترل فرآیند تولید باعث می شود تا این دسته از فولادها خواص بهبود یافته ای (بعنوان مثال استحکام تسلیم، سختی پذیری) داشته باشند و به همین سبب دارای ویژگیهای ثابتی نظیر استحکام ضربه یا سختی معین (پس از عملیات حرارتی خاص) یا مقادیر کم فسفر و گوگرد و آخال باشند.

فولادهای آلیاژی (Alloy steels)

استاندارد **EN 10020** بین فولادهای کیفی آلیاژی و فولادهای ویژه آلیاژی تفاوت قائل شده است. فولاد کیفی آلیاژی برای عملیات حرارتی کوئنچ- تمپر یا سخت کاری سطحی طراحی نشده اند بلکه جاهایی به کار می روند که خواص خاص مورد نیاز است. این رده شامل برخی فولادهای ساختمانی دانه ریز برای جوشکاری، برخی از فولادهای الکتریکی و فولادهای آلیاژی برای کاربردهای شکل دادن سرد با کاهش سطح مقطع زیاد می باشند. رده فولادهای آلیاژی ویژه شامل فولادهای زنگ نزن، فولادهای نسوز، فولادهای مقاوم به خزش، فولادهای ابزار، فولادهای مهندسی، فولادهای ساختمانی ویژه و فولادهای با خواص فیزیکی خاص می باشند. مشخصه این رده کنترل دقیق ترکیب شیمیایی و فرآیندهای تولید است.

سایر استانداردهای اروپایی مرتبط با فولادها

همانطور که پیش از این نیز اشاره شد، فولادها را می توان بر مبنای روش تولید، شکل محصول و ... نیز تقسیم بندی کرد.**EN 10079** اشکال مختلف تولیدی فولادها را تقسیم بندی می کند. این تقسیم بندی شامل محصولات تخت (**Flat Products**) که پوشش دارند یا ندارند شامل ورق، نوار، فولادهای الکتریکی و ... محصولات طولی (**Long Products**) شامل سیم ، مفتول و ... و سایر محصولات نظیر محصولات آهنگری و محصولات تولید شده توسط متالورژی پودر را در بر می گیرد. در ضمن واژه ها و تعاریف مرتبط با عملیات حرارتی را می توان در **EN 10052** یافت.

مقدمه

پیش از این به استاندارد اروپا و استاندارد های آمریکایی در نامگذاری فولادها پرداخته شد. در این فصل سعی می گردد که استانداردهای رایج در کشور ما (استانداردهای **GOST** و **DIN**) با جزئیات بیشتر و سایر استانداردها (**AFNOR** و **JIS**) در حد اشاره مورد بررسی قرار گیرند.

سیستم نامگذاری فولادها طبق DIN

قبلا هر فولادی با نام شرکت تولید کننده آن فولاد نامگذاری می شد. به این ترتیب ناهماهنگی کلی در نامگذاری وجود داشت. کمیته استاندارد آلمان در اولین انتشار برنامه فولاد، در سال 1942، تصمیم گرفت که به هر نوع استاندارد شده یک نشانه کوتاه اختصاص داده شود تا اینکه به صورت واضح در مدارک قطعات، نقشه ها، سفارشها و مکاتبات مشخص گردد. در ابتدا نام کوتاه فولادها تا حد ممکن ساده بود اما از سیستم واحدی پیروی نمی شد. مدتی بعد در **DIN 17006** سیستمی متشکل از حروف و اعداد برقرار گردید که به سهولت بتوان به کمک نام کوتاه فولاد، خصوصیات مربوط را بدست آورد. علاوه بر این در **DIN 17006** یک سیستم عددی به عنوان شماره مواد وضع گردیده که نه فقط برای فولادها بلکه برای سایر آلیاژهای غیر آهنی نیز صادق است.

نام کوتاه

نام کوتاه فولادها بر اساس دو تقسیم بندی مختلف ساخته می شود: بسته به خواص کاربردی و بسته به ترکیب شیمیایی

نامگذاری بر اساس خواص کاربردی

در اینجا نام کوتاه به فولادهای عمومی ساختمانی اختصاص داشته که بعد از **St** به معنی فولاد، عددی که مشخص کننده حداقل استحکام کششی است، نوشته می شود. این عدد بر حسب واحد kg/mm^2 بیان شده که حدود **1/10** از مقدار آن بر حسب N/mm^2 بزرگتر می باشد. مثلا **St37** فولادی است با حداقل استحکام کششی $37\ kg/mm^2$ که معادل با $360\ N/mm^2$ است.

در صورت نیاز به توضیحات ضروری از حروف زیر قبل از **St** استفاده می شود:

Q فولادهای ویژه شکل دادن سرد (کله زنی) مثلا**Q St37-3**

R فولادهای آرام و نیمه آرام، مثلا **R St37-2**

U فولاد ناآرام (جوشان) مثلا **U St37-2**

در صورت نیاز درجه کیفیت فولادهای همانند را با عددی که در انتهای نام کوتاه فولاد نوشته می شود، مشخص می کنند.

نامگذاری فولادهای غیر آلیاژی

نام کوتاه عموما" از علامت شیمیایی **C** و عدد مشخصه مقدار کربن تشکیل شده است، مثلا" **C15** .

جهت تمایز فولادهای غیر آلیاژی یا مشخصه وابستگی آن به گروه معینی از فولادها، بعد از علامت **C** حروف زیر با معانی معینی می آیند:

f فولاد برای سخت کاری شعله ای و القایی، مثلا" **Cf 53** .

k فولاد نجیب با مقدار پایین فسفر و گوگرد، مثلا" **Ck 15** .

m فولاد نجیب با محدوده معینی از – نه فقط حد مجاز بالا- مقدار گوگرد، مثلا" **Cm 35** .

q فولادهای کربوره و بهسازی جهت کله زنی سرد، مثلا" **Cq 35**

گاهی بعد از عدد مشخصه مقدار کربن، حرف مشخصه زیر نیز می آیند:

W کیفیت فولاد ابزاری، مثلا" **C 110 W**

W1 فولاد ابزاری با کیفیت درجه اول مثلا" **C 80 W1**

W2 فولاد ابزاری با کیفیت درجه دوم ، مثلا" **C 80 W2**

نامگذاری فولادهای آلیاژی

فولادهای آلیاژی فقط بر حسب ترکیب شیمیایی نامگذاری می شوند. این روش، مشخصه دقیق فولاد را بیان می کند. به علاوه این روش نامگذاری فولاد را در حالت بلوک خام ریخته گری امکانپذیر می کند. البته نمی توان به نوع فرآیند و عملیات حرارتی که روی آن انجام می شود و یا خواص استحکامی آن که بعدا به دست می آید، مثلا بهسازی، پی برد. نامگذاری کامل یک فولاد آلیاژی به ترتیب زیر است:

حروف شناسایی نوع ذوب ریزی،

حروف شناسایی خواصی که مشروط به فرآیند ذوب ریزی و عمل آوری آن است،

عدد مشخصه کربن،

علامت شیمیایی عناصر آلیاژی،

عدد مشخصه افزوده های آلیاژی،

رقم مشخصه محدوده های تضمینی،

حروف مشخصه وضعیت عملیات حرارتی و

عدد مشخصه استحکام کششی تضمینی یا سایر خواص تعیین کننده

عدد مشخصه کربن

صد برابر مقدار کربن به عنوان عدد مشخصه کربن مطرح می شود، جهت تمایز نامهای تجاری خیلی مشابه، در صورت نیاز مقدار آن به اندازه 1 واحد کم و یا زیاد نشان داده می شود. در فولادهای آلیاژی- به منظور رعایت اختصار از **C** صرف نظر می شود**.C** فقط در فولادهای غیر آلیاژی قبل از عدد مشخصه قرار می گیرد.

نشانه عناصر آلیاژی

برای مشخص کردن عناصرآلیاژی، اصولا" نشانه به کار می رود. این نشانه ها بلافاصله بعد از عدد مشخص کننده میزان کربن قرار می گیرند، البته به ترتیب مقدار درصد. در صورت یکسان بودن درصد عناصر، نشانه ها به صورت الفبایی مرتب می شوند. بعد از این گروه نشانه ها اعداد مشخصه آلیاژ مانند ترتیب نشانه ها می آیند، در حقیقت گروه اعداد در کنار هم قرار می گیرند. به عنوان یک قاعده می توان گفت

که آن دسته از عناصر آلیاژی برای نامگذاری انتخاب می شود که برای مشخصه فولاد یا تمایز آن از سایر فولادهای مشابه لازم است. یعنی اعداد مشخصه مربوط به این آلیاژهاست .

اعداد مشخصه افزوده های آلیاژی و ضرایب

مفهوم و هدف از استفاده از ضرایب، کوچکتر کردن اعداد مشخصه تا حد ممکن می باشد (همچنین حذف اعشار) که به همراه نشانه های عناصر بسته به مقدار درصد آنها در گروههایی مشخص قرار می گیرند. بدین ترتیب هر فولاد را می توان بسته به نوع و مقدار عناصر آلیاژی آن مرتب کرد، به علاوه در این سیستم آینده نیز در نظر گرفته شده است زیرا فولادهای جدید را هم می توان در استاندارد فولادها جای داد. اعداد مشخصه آلیاژها با حاصلضرب مقدار میانگین عناصر آلیاژی (یا مقدار واقعی عناصر آلیاژی در مذاب) در ضرائب جدول صفحه بعد به دست می آیند. اگر مقدار عناصرآلیاژی زیاد باشد به منظور کوتاه شدن عدد مشخصه برای عناصرآلیاژی ضریب **1** به کار می رود، ولی برای کربن همان **100** استفاده می شود. برای تمایز فولادهای کم آلیاژ و پر آلیاژ حرف **X** در ابتدا می آید. سیستم نامگذاری بدین صورت می باشد:

حرف **X** (قبل از عدد مشخصه کربن)
عدد مشخصه کربن
نشانه عناصرآلیاژی تعیین کننده
نشانه عناصر آلیاژی

حذف حرف مشخصه X

اگر عدد مشخصه مقدار کربن به جهت عدم اهمیت حذف شود، به منظور هر چه کوتاه شدن مشخصه فولاد از نوشتن **X** نیز صرف نظر می شود. مثلا **NiCr20TiAl**

به چند مثال توجه کنید**:**

نوع آلیاژ : **C0.1,Cr 18, Ni 8 %** مشخصه این فولاد چنین است : **X10CrNi18 8**

نوع آلیاژ : **C0.20,Cr 13%** مشخصه فولاد فوق چنین است : **X20Cr13**

سیستم نامگذاری فولادهای ریختگی

نامگذاری فولادهای ریختگی، چدنهای خاکستری و چدنهای چکش خوار با حرف **G** شروع می شود و بعد از علامت خط تیره (-) مشخصه فولاد ذکر می شود.

نوع آلیاژ : **C0.07,Cr18,Ni9%+Nb** مشخصه فولاد فوق چنین است : **G-X7CrNiNb 18 9**

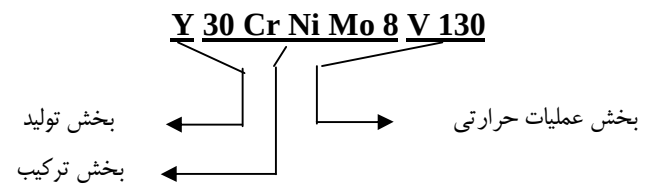
علامت کوتاه فولادهای تندبر

علامت کوتاه فولادهای تندبر بدین ترتیب نوشته می شود که بعد از علامت **S** (مخفف **Schnellarbeitsstahl**) اعدادی نوشته می شود که به ترتیب مقادیر عناصر آلیاژی تنگستن، مولیبدن، وانادیم و کبالت را بیان می کند، مثلا **" S 6-5-2-5** اگرفولاد تندبری کبالت نداشته باشد چهارمین عدد حذف می شود، مثلا فولاد **S 6-5-2** علامت کرم در مشخصه فولاد نمی آید، زیرا همه فولادها ی تندبر تقریبا **" 4%** کرم دارند.

در فولادهایی که برخلاف معمول حاوی مقدار بالایی کربن ضمن داشتن ترکیب شیمیایی یکسان هستند، مانند فولادهای پایه، جهت مشخصه آن بعد از حرف **S** حرف **C** قرار می گیرد، که دلالت بر مقدار غیر معمول کربن دارد، مثلا **" SC 6-5-2**

مشخصه کامل فولاد طبق DIN 17006

در بخشهای قبلی مطالبی به اختصار در خصوص نامگذاری فولادها طبق **DIN 17006** آورده شد. نامگذاری فولادها طبق این استاندارد با توجه به مثال زیر از سه بخش مشخص تشکیل شده است:



با توجه به اینکه فولادها از نظر تولید، ترکیب و عملیات حرارتی انواع مختلفی دارند بدین جهت علایم مشخصه فولادها کـه در نامگـذاری ذکر می شود به صورت جدول زیر بیان می شود:

معنی حروف و اعداد مشخصه فولاد طبق DIN 17 006							
بخش تولید فولاد		بخش ترکیب فولاد				بخش عملیات حرارتی فولاد	
وضعیت عملیات حرارتی		قابل سختکاری-شعله ای و یا-القایی	f	ضریب	نشانه عنصر	علایم ریختگی	
برگشت شده	A	محتوی کم-گوگرد ویا فسفر	k	10	Al	ریخته گری عمومی	G
پیر سختی شده	AH	محتوی تضمینی گوگرد در فولاد غیر آلیاژی	m	10	B	چدن خاکستری	GG
رسوب سازی گرم شده	AL	دامنه تضمینی محتوی گوگرد در فولاد	S	10	Be	چدن چاپیده	GH
قابلیت ماشینکاری خوب	B	فولاد (بدون ذکر ترکیب)	St	100	C	فولاد ریختگی	GS
عملیات حرارتی شده جهت دستیابی به استحکام معین	BF	ضریب	نشانه عنصر	100	Ce	چدن چکش خوار، چدن قیچی	GT
سختکاری کربوره شده	E	10	Al	4	Co	چدن چکش خوار مغز سفید	GTS
بازپخت نرم شده	G	10	B	4	Cr	چدن چکش خوار مغز سیاه	GTW
براق	g	10	Be	10	Cu	چدن خاکستری آستنیتی-گرافیت ورقه ای	GGL
بازپخت شده سمنتیت کروی (در DIN 17 006 نیست)	GKZ	100	C	10	Fe	چدن گرافیت کروی	GGG
سختکاری شده	H	100	Ce	10	Mg	ریخته گری در قالب فلزی	GK
سختکاری سطحی شعله ای شده	HF	4	Co	4	Mn	ریخته گری گریز از مرکز	GZ
سختکاری سطحی القایی شده	HJ	4	Cr	10	Mo	فرآیند ذوب ریزی	
شکل دهی سرد شده	K	10	Cu	100	N	فولاد بسمر	B
کشش براق	KBK	-	Fe	10	Nb	بازی، مثلا" MB	B…
بازپخت انحلال	L	-	Mg	10	Ni	فولاد الکترو	E
مات	m	4	Mn	100	P	ذوب ریزی کوره شعله ای	F
بازپخت نرمال شده	N	10	Mo	10	Pb	فولاد الکترو(در کوره القایی)	J
نیتروره شده	NT	100	N	4	S	فولاد زیمنس-مارتین	M
وبر	r	10	Nb	10	Si	فولاد پودلاژ	PP
بازپخت تنش گیری شده	S	4	Ni	100	SH	فولاد جوشکاری	SS
پوسته گیری شده	SH	100	P	10	Ta	فولاد توماس	T
بدون عملیات حرارتی	U	10	Pb	10	Ti	فولاد بوته ای	TI
بهسازی شده	V	100	S	10	V	فولاد خلاء	V
فولاد ابزاری غیر آلیاژی	W	4	Si	4	W	فولاد هوای تازه	W
گروه کیفی فولاد ابزاری = 1,2,3	W	-	Sn	-	Zn	فولاد دمش اکسیژن	Y
کارسختی سرد- گرم	WK	10	Ta	10	Zr	اکسیدی، مثلا" MY	Y…
رقم مشخصه محدوده تضمینی		10	Ti			نوع ریخته گری	
تنش تسلیم	.1	10	V			نیمه آرام ریخته شده	H
آزمایش تا و سرکوبی	.2	4	W			ناآرام ریخته شده	U
چقرمگی ضربه	.3	-	Zn			آرام ریخته شده	R
.1+.2	.4	10	Zr			آرام ویژه ریخته شده	RR
.2+.3	.5					خواص ویژه	
.1+.3	.6					پایدار به پیر سازی	A
						محتوی–P یا –S زیاد	G
.1+.2+.3	.7					محتوی–P و /یا –S کم	K
مقاومت دمای بالا و-خستگی	.8					پایدار به قلیا	L
خواص الکتریکی یا مغناطیسی	.9					قابل کله زنی	Q,q
						قابلیت جوشکاری ذوبی	S
						پر آلیاژ (ضریب 1)	X
						قابل کشش	Z

به برخی مثالها توجه فرمایید:

مشخصه فولاد	بخش تولید	بخش ترکیب	بخش عملیات حرارتی
Ck 15		دارای0/15 درصد کربن و فسفر و گوگرد کم	
16 Mn Cr5 K		دارای0/16 درصد کربن و 1/25درصد منگنز ، مقدار کرم ذکر نشده	شکل دهی سرد شده
EB 13 CrV5 3,8 E	فولاد الکترو، بازی	دارای0/13 درصد کربن و 0/3درصد وانادیم و 1/25درصد کرم	سختکاری کربوره شده
X 75 WCrV 18 4		فولاد ابزاری آلیاژی دارای4درصد کرم و18 درصد تنگستن و 0/75درصد کربن، مقدار وانادیم ذکر نشده	
RSt37-2	آرام ریخته شده	فولاد ساختمانی با استحکام کششی 37 کیلوگرم بر میلیمتر مربع	

سیستم شماره گذاری مواد برای فولادها و فولادهای ریختگی طبق DIN 17 007

شماره مواد یک عدد هفت رقمی به قرار زیر است:

X.XXXX.X

X گروه اصلی مواد
XXXX شماره نوع
X ارقام پیوست

گروه اصلی مواد

برای گروه اصلی مواد می توان نوشت:
0 چدنها و آلیاژهای فررو **1** فولادها **2** فلزات سنگین غیر از **Fe 3** فلزات سبک **4** تا **8** فلزات غیر آهنی **9** آزاد برای کاربردهای داخلی
گروه اصلی **0**و**1** مربوط به همه موادی است که در آن آهن (**Fe**) بیشترین مقدار را دارد.

شماره نوع

دو رقم اول شماره نوع فولاد و دو رقم بعدی ارقام شمارنده می باشند.
نوع فولاد به گروههای زیر تقسیم بندی می شود:
فولادهای پایه و کیفی و فولادهای نجیب
این گروهها بر حسب ترکیب شیمیایی و نیز ویژگیهای قابل توجه که از شرایط فنی کاربردی و تولیدی حاصل می شود، به زیر مجموعه های کوچکتر تقسیم بندی می شوند. از ارقام شمارنده نمی توان در مورد میزان کربن و عناصر آلیاژی اظهار نظر کرد.

ارقام پیوست

ارقام پیوست فقط وقتی به کار می روند که برای مشخصه واضح مواد لازم است.اولین رقم پیوست جهت مشخصه فرآیند تولید فولاد به کار می رود، بدین ترتیب که :
0 نامعین یا اهمیت نامشخص **1** فولاد توماس ناآرام **2** فولاد توماس آرام **3** فولاد نا آرام سایر انواع ذوب ریزیها، مثلا" فولاد ویژه – هوا دمش **4** فولاد آرام سایر انواع ذوب ریزیها، مثلا" فولاد ویژه – هوا دمش **5** فولاد زیمنس – مارتین ناآرام **6** فولاد زیمنس – مارتین آرام **7** فولاد اکسیژن دمش ناآرام **8** فولاد اکسیژن دمش آرام **9** فولاد الکترو
دومین رقم پیوست جهت مشخصه وضعیت عملیات حرارتی به کار می رود:
0 بدون عملیات حرارتی یا عملیات حرارتی دلخواه (بعد از شکل دادن هیچگونه عملیات حرارتی معینی نه درخواست می شود و نه انجام می گیرد، معمولا" در وضعیت نورد گرم محصولات به همان صورت تحویل داده می شود.) **1** بازپخت نرمال **2** بازپخت نرم **3** عملیات حرارتی جهت ماشینکاری آسان **4** بهسازی چقرمه **5** بهسازی **6** بهسازی سخت **7** تغییر شکل سرد**8** تغییر شکل سرد سختی فنری **9** عملیات حرارتی بر حسب داده های مشخص

مثال برای شماره مواد

از شماره مواد **1.2713** می توان نتیجه گرفت :

1 شماره اصلی = فولاد

27 کلاس نوع = فولاد ابزاری، دارای نیکل

13 ارقام شمارنده = مخصوص فولاد **: 0.55% C, 0.7%Cr, 1.7%Ni, 0.3%Mo +V**

استاندارد روسی نامگذاری فولادها (GOST)

Russian	Transiliteration	element
А	**A**	-
Б	**B**	نیوبیم
В	**V(W)**	تنگستن
Г	**G**	منگنز
Д	**D**	مس
Е	**E**	-
Ж	**Zh**	-
З	**Z**	سلنیم
и	**I**	-
й	**Y**	-
К	**K**	کبالت
л	**L**	-
М	**M**	مولیبدن
Н	**N**	نیکل
О	**O**	-
п	**P**	-
Р	**R**	بر
С	**S**	سیلیسیوم
Т	**T**	تیتانیم
У	**U**	کربن
Ф	**F**	وانادیم
Х	**Kh**	کرم
ц	**Ts**	-
ч	**Ch**	-
Ш	**Sch**	پیشوند
щ	**Shch**	-
ы	**Y**	-
э	**E**	
Ю	**Ju**	آلومینیوم
я	**Ya**	-

طبق این استاندارد، مشخصه فولادها از نشانه عنصر آلیاژی و عدد بعد از آن که مقدار میانگین عناصر مربوطه را بـه درصـد بیـان مـی کنـد تشکیل شده است. از عناصری که مقدار آن جزئی است صرف نظر می شود. در آن صورت مقدار آلیاژ حدود 1 % است.

برای گروههای مشخص فولادها این پیشوندها به کار می روند:

R - برای فولاد های تندبر

U – برای فولادهای ابزاری غیر آلیاژی
Sch – برای فولادهای یاتاقانهای غلتشی (بلبرینگها)

فولادهای ابزار

عدد اول مقدار میانگین **C** را به صدم درصد بیان می کند. اگر مقدار آن حدود 1% و یا بیشتر از 1% شود حذف می شود.
فولادهای غیر آلیاژی:

U8A **Mn 0.25 Si 0.25 C 0.80**(معادل **1.1525**) **A** فولاد نجیب
U8GA **Mn 0.50 Si 0.25 C 0.85** **G** فولاد منگنز بالا

فولادهای آلیاژی:

4Ch5MF1S **V 1 Cr 5 Si 1 Mo 1.3 C 0.40**(معادل **1.2344**)
Ch12WM **V 0.2 Cr 12 W 0.7 Mo 0.8 C 2.00**

فولادهای تندبر**:**
اولین عدد بعد از حرف **R** مقدار تنگستن را بیان می کند.

R 18 **W18%** (معادل **1.3355**)
R10K5F5 **W10;** **Co 5;** **V 5%**

فولادهای ساختمانی

فولادهای کربنی ساختمانی با کیفیت معمولی:
این فولادها با **ST** شروع شده و پس از آن اعداد 0 تا 6 می آید که چه این عدد بزرگتر باشد مقدار کربن موجود در فولاد بیشتر بوده و در نتیجه استحکام آن بیشتر و شکل پذیری کمتری دارد.
فولادهای کربنی ساختمانی با کیفیت:
اولین عدد مقدار میانگین **C** را به صدم درصد بیان می کند. حرف **A** علاوه بر مشخصه نیتروژن **(** اگر در آخر مشخصه قرار گیرد**)** بیان کننده درجه خلوص بالا، کاهش مقدار **P** و **S** و نیز تنگ بودن محدوده آنالیز می باشد.

30Ch3MF **C0.3;Cr 2.7;Mo0.3;V0.1;P Max.0.035;S Max.0.035%**
30ChN3A **C0.3;Cr 0.8;Ni3;P Max.0.025;S Max.0.025%**

فولادهای زنگ نزن و نسوز

اولین عدد، مقدار میانگین و یا حداکثر **C** (در موارد معدودحد پایین) را به صدم درصد بیان می کند. حرف **A** (نیتروژن) نباید در آخر مشخصه قرار گیرد.

08Ch 17N13M2T **CMax.0.08;Cr 17; Ni 13;Mo2;Ti 0.5%**
55Ch20G9AN4 **C0.55;Cr20;Mn9;N 0.5;Ni 4%**(معادل **1.4871**)

فولادهای یاتاقانهای غلتشی (بلبیرینگها)

عدد بعد از نشانه عنصرکرم مقدار ده برابر کرم را بیان می کند.

SchCh6 **C 1.1;Cr 0.6 %**
SchCh15SG **C 1.1;Cr 1.5;Si 0.6;Mn %**

استاندارد فرانسوی نامگذاری فولادها

علامتهای قراردادی که توسط **AFNOR** در فرانسه معمول است، به قرار زیر می باشد:
طبقه بندی فولادها ابتدا در چهار گروه زیر صورت می گیرد:

1 فولادهای غیرآلیاژی معمولی
2 فولادهای غیر آلیاژی قابل عملیات حرارتی
3 فولادهای کم آلیاژی، که در آنها مقدار هیچ عنصری از 5 درصد بیشتر نیست
4 فولادهای پرآلیاژ، که در آنها حداقل یکی از عناصر بیش از 5 درصد است

الف) گروه اول یا به صورت **Adx** نشان داده می شوند، (فولادهای معمولی تجاری که هیچ گونه مشخصه ای برای آنها داده نشده است)، و یا به صورت دیگری که با حرف **A** شروع می شود و سپس دو عدد دیگر به دنبال آن می آید. از این دو عدد، رقم اول مشخصه استحکام مکانیکی فولاد و رقم دوم شامل یکی از اعداد از 1 تا 5 می باشد که مشخص کننده درجه خلوص فولاد است(مانند **A30-2**) .

ب) گروه دوم شامل فولادهای غیر آلیاژی برای عملیات حرارتی است که با دو حرف مشخص شده است. عددی که پس از این دو حرف می آید، صد برابر درصد کربن فولاد را نشان می دهد(مانند **CC40** یعنی فولاد با 0/4 درصد کربن) .

اگر مقدار گوگرد و فسفر فولاد کم باشد، فولاد را با **XC** مشخص می کنند. در این حالت نیزدو عددی که پس از حروف مشخصه می آید، درصد کربن را نشان می دهد. چنانچه دنبال این دو حرف **TS** باشد، مقصود فولادی است که برای عملیات سختکاری سطحی به کار می رود و در صورتی که **S** به تنهایی باشد، برای فولادهائی است که از نظر جوشکاری تضمین شده اند.

	XC 10	**XC 38 TS**	**XC185**
معادل استانداردهای	**1010**	**1038**	**1017**
SAE, AISI			

ج) در گروه سوم، علامت قراردادی با عددی شروع می شود که صد برابر درصد کربن را مشخص می کند. به دنبال این عدد، حروفی که مشخصه عناصر اضافه شده به فولاد می باشند، به ترتیب مقدار درصد آنها نوشته می شوند. سپس در پی آنها عددهائی که مشخص کننده مقدار عنصر یا عناصری است که مهمتر(تعیین کننده) می باشند، می آیند.

	32 C4	**16 NC6**	**35 NCD6**
معادل استانداردهای	**5132**	**5115**	**4337**
SAE, AISI			

د) گروه چهارم، مربوط به فولادهای پر آلیاژ است. در این فولادها، اولین علامت با **Z** شروع می شود و سپس به دنبال آن عددی است که مشخص کننده صدبرابر درصد کربن فولاد می باشد. بعد از آن، نشانه یا نشانه های مربوط به عناصر آلیاژی موجود در فولاد به ترتیب مقدار درصد آنها می آید و در آخر یک یا دو گروه و گاهی سه گروه از اعداد که معادل درصد این عناصر است، نوشته می شود.

مثال :

	Z40C13	**18-08**	**Z10 CN**
معادل استانداردهای	**51420(420)**	**(301)**	**30301**
SAE, AISI			

علامتهای اختصاری که برای عناصر آلیاژی به کار برده می شوند، به قرار زیر می باشد:

سرب **Pb**	آلومینیوم **A**
سیلیسیم **S**	کرم **C**
گوگرد **F**	کبالت **K**
تیتانیوم **T**	مس **U**
تنگستن **W**	منگنز **M**
وانادیم **V**	مولیبدن **D**
	نیکل **N**

ملاحظه می شود که در چهار گروه فوق چگونه می توان فورا ترکیب تقریبی شیمیایی فولاد را باز شناخت.

در مورد فولادهای کم آلیاژ باید توجه داشت که درصدهای داده شده برای عناصری نظیر **W,Si,Ni,Mn,Cr,Co** در 4 و بعضی عناصر دیگر نظیر **N,Mo,Cr,Al** و... در 10 و برای **S,P,N** در 100 و برای بر در1000 ضرب می شود، ولی برای فولادهای پر آلیاژی ، درصد عنصر آلیاژی مستقیما" داده می شود، نظیر **Z50 N 36** که دارای **C=0.5%** و **Ni=36%** می باشد. در این استاندارد اولین شماره درصد کربن را نشان می دهد و پس از آن نشانه اختصاری عنصر آلیاژی می آید. اعدادی که به دنباله این نشانه می آیند، مقدار متوسط آن عنصر آلیاژی پس از ضرب شدن در ضریب مربوطه می باشد. این ضرایب به قرار زیر می باشند:

Co,Cr,Mn,Ni,Si,W ×4
Al,Cu,Mo,Ti,V ×10
C,N,P,S ×100

برای فولادهای آلیاژی (بیش از 5 درصد از هر یک از عناصر آلیاژی) ضرایب مذکور حذف و در عوض **X** در جلوی کربن قرار می گیرد.

استاندارد ژاپنی نامگذاری فولادها JIS

این استاندارد، توسط کمیته استانداردهای ژاپنی که وابسته به وزارت صنایع و بازرگانی بین المللی ژاپن می باشد، تهیه و تدوین شده است. استاندارد ژاپنی، با حروف بزرگ **JIS** شروع می شود و به دنبال آن یک حرف که نوع محصول را مشخص می کند، (مثلا **" G** برای فولادهای کربنی و کم آلیاژی) می آید و پس از آن چند شماره و حروف دیگر قرار دارد.

مثالی از فولادهای استاندارد **JIS** و معادل **SAE** به صورت زیر می باشد:

G 4052 SCM15H	**G 4804SUM12**	**G 334 5**	
SAEنزدیکترین معادل	**1418**	**1108**	**1008**

مراجع

1- Internet Document,www.astm.org

2- ASM Metals Handbook, Properties and Selection: Iron, Steels and High Performance Alloys, Vol.1, 10th ed., ASAM International, Materials Park, OH,1990

3-The Metals Black Book, Ferrous Metals, Vol. 1, 2nd ed., CASTI Publishing Inc., 1995

4- S.H.Avner, Introduction to Physical Metallurgy, 2nd ed., McGraw-Hill Inc., 1974

5- Metallurgist's Handbook,2 nd ed., MIR Publishers, Moscow, 1968

6 - Internet Document,www.mesteel.com

7- جمشید قضاتی مصلح آبادی، استاندارد در قطعات و مواد، انتشارات آزاده، چاپ اول، 1379

8- لاختین، ترجمه افسانه ربیع نژاد، مهندسی متالورژی فیزیکی، 1363

9- عبدا... ولی نژاد، جداول و استانداردهای فولاد، انتشارات طراح، چاپ پنجم، 1384

10- عبدا... ولی نژاد، راهنمای کوچک فولادهای ماشین سازی، انتشارات طراح، چاپ اول، 1384

مقدمه

هنگام بررسی و مقایسه فولادها در استانداردهای مختلف، چیزی به نام " فولاد معادل " وجود ندارد. بلکه در بهترین حالت می توان گروهی از " فولادهای قابل مقایسه " را بر اساس اصولی خاص تعیین کرد.

بعنوان مثال فولاد **ASTM A 516/A516 M Grade70** با **JIS G 3118 Symbol SGV** و با استاندارد اروپایی **EN 10028-2 steel name P29SGH** با توجه به ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی قابل مقایسه (**comparable**) است. در حقیقت آنها معادل (**equivalent**) نیستند زیرا تفاوتهایی در ترکیب شیمیایی آنها و خواص مکانیکیشان وجود دارد. مقایسه فولادها در استاندارد های مختلف همانند یک معادله ریاضی که در دو طرف آن مقادیری معادل با یکدیگر هستند، نیست زیرا همیشه تفاوتهایی بین استانداردهای مختلف وجود دارد. این تفاوت ها ممکن است برای یک کاربر (**user**) بسیار با اهمیت بوده و ممکن است برای فرد دیگری کم اهمیت باشد . برخی از استاندارد های فولادها بصورت مشترک تدوین شده اند، مثلا **" EN ISO 4957-Tool Steels** استانداردی است که بصورت مشترک توسط **CEN** و **ISO** تدوین شده است. بدین ترتیب، داده ها و مشخصات در هر دو سیستم معادل هستند اما در حقیقت یک استاندارد وجود دارد. همچنین استانداردهایی وجود دارند که برخی از گریدهای فولادها در آنها مشترک است .بعنوان مثال در استانداردهای**ASTM A 485** و **EN ISO 683-17** ، هفت گرید فولاد بلبرینگ مشابه (**identical**) از لحاظ ترکیب شیمیایی وجود دارند . این در حالی است که سایر قسمتهای این دو نوع استاندارد شامل اندازه دانه ، سختی پذیری ، ریز ساختار ، سختی ، بازرسی و آزمون متفاوت است.در نتیجه این هفت فولاد بلبرینگ در این دو استاندارد معادل نیستند بلکه قابل مقایسه هستند. (**not equivalent,but are comparable**)

قابل مقایسه و نزدیک ترین انطباق (Comparative and Closest Match)

در هنگام ارزیابی استانداردهای فولادها باید به تفاوت " قابل مقایسه " و " نزدیکترین انطباق " توجه کرد. گزینش گروهی از فولادهای قابل مقایسه از لحاظ فنی می تواند کاربر را در انتخاب مواد مبتنی بر امتیاز فنی یاری دهد. اگر چه، این روش تعداد فولادهای قابل مقایسه را محدود می کند. از سوی دیگر، استفاده از روش نزدیکترین انطباق معمولا" تعداد فولادهای قابل مقایسه را افزایش می دهد اما دامنه معیارهای مقایسه فنی نیز گسترده تر می گردد . در مجموع، روش مقایسه سخت گیرانه نتایج دقیق تری می دهد اما روش نزدیکترین انطباق داده های بیشتری در اختیار کاربر می گذارد. معمولا" در کتابهایی که جداول تبدیل فولادها در استانداردهای مختلف را ارائه می

دهند، اصول مشخصی برای فرموله کردن تمایز بین فولادهای قابل مقایسه و فولادهای نزدیکترین انطباق وجود ندارند. در زیر مثالی آمده است که فولادهای بدست آمده در هر دو روش در جدول آمده اند.

Standard Designation	Grade, Class, Type Symbol or Name	Steel Number	UNS Number	Weight, %, max, Unless Otherwise Specified								
				C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Others
ASTM A 958-00	SC 4330	---	---	0.28-0.33	0.60-0.90	0.30-0.60	0.035	0.040	0.70-0.90	1.65-2.00	0.20-0.30	---
	SC 4340	---	---	0.38-0.43	0.60-0.90	0.30-0.60	0.035	0.040	0.70-0.90	1.65-2.00	0.20-0.30	---
JIS G 5111:1991	SCNCrM 2	---	---	0.25-0.35	0.90-1.50	0.30-0.60	0.040	0.040	0.30-0.90	1.60-2.00	0.15-0.35	---
DIN 17205:1992	GS-25 CrNiMo 4	1.6515	---	0.22-0.29	0.60-1.00	0.60	0.020	0.015	0.80-1.20	0.80-1.20	0.20-0.30	---
	GS-34 CrNiMo 6	1.6582	---	0.30-0.37	0.60-1.00	0.60	0.020	0.015	1.40-1.70	1.40-1.70	0.20-0.30	---
	GS-30 CrNiMo 8 5	1.6570	---	0.27-0.34	0.60-1.00	0.60	0.015	0.010	1.10-1.40	1.80-2.10	0.30-0.40	---
	GS-33 CrNiMo 7 4 4	1.8740	---	0.30-0.36	0.50-0.80	0.60	0.015	0.007	0.90-1.20	1.50-1.80	0.35-0.60	---
AFNOR NF A 32-053:1992	20 NCD4-M	---	---	0.17-0.23	0.80-1.20	0.60	0.025	0.020	0.30-0.50	0.80-1.20	0.40-0.80	---
AFNOR NF A 32-054:1994	G30NiCrMo8	---	---	0.33	1.00	0.60	0.030	0.020	0.80-1.20	1.70-2.30	0.30-0.60	---

این جدول ترکیب شیمیایی 9 گرید مختلف فولاد ریختگی را نشان می دهد که همگی آلیاژهای **Cr-Ni-Mo** هستند و درصد کربن اسمی آنها **0.30** درصد است. اگر مقایسه، سخت گیرانه و بر اساس ترکیب شیمیایی باشد، هیچیک از این آلیاژها قابل مقایسه نخواهند بود زیرا مقادیر کربن، منگنز ، کرم ، نیکل یا مولیبدن متفاوت دارند. پس از مقایسه فنی و حذف 5 گرید فولاد نهایتا به جدول زیر خواهیم رسید. در این جدول فولادها در دو گروه تقسیم بندی شده اند که هر یک از این دو گروه توسط خط سیاه رنگ نازکی از هم جدا می شوند.
معیار انتخاب هر کدام از این گروه فولادها تفاوت در میزان مولیبدن بوده که فولادهای یک گروه بیشتر از **0.30-0.35** درصد و فولادهای گروه دیگر کمتر از این بازه مولیبدن دارند.

Standard Designation	Grade, Class, Type Symbol or Name	Steel Number	UNS Number	Weight, %, max, Unless Otherwise Specified								
				C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Others
ASTM A 958-00	SC 4330	---	---	0.28-0.33	0.60-0.90	0.30-0.60	0.035	0.040	0.70-0.90	1.65-2.00	0.20-0.30	---
JIS G 5111:1991	SCNCrM 2	---	---	0.25-0.35	0.90-1.50	0.30-0.60	0.040	0.040	0.30-0.90	1.60-2.00	0.15-0.35	---
DIN 17205:1992	GS-33 CrNiMo 7 4 4	1.8740	---	0.30-0.36	0.50-0.80	0.60	0.015	0.007	0.90-1.20	1.50-1.80	0.35-0.60	---
AFNOR NF A 32-054:1994	G30NiCrMo8	---	---	0.33	1.00	0.60	0.030	0.020	0.80-1.20	1.70-2.30	0.30-0.60	---

اگر مقایسه فنی سخت گیرانه انجام شود، گرید **SCNCrM 2** چون در مقایسه با **SC 4330** مقدار منگنز بیشتری دارد ، باید کنار گذاشته شود . در این صورت **SC 4330** نیز خود به خود کنار گذاشته خواهد شد چون دیگر فولادی برای مقایسه شدن با آن وجود ندارد**!**همین مسئله در مورد گروه دوم در مقایسه بین **GS-33 CrNiMo 7 4 4** و **G30NiCrMo8** به هنگام در نظر گرفتن مقدار نیکل در یک مقایسه سخت گیرانه وجود دارد. مثالی در مورد روش انتخاب بر اساس نزدیکترین انطباق در جدول زیر نشان داده شده است. این جدول فولادهای **Cr-Mo-Al** را برای نیتروره کردن نشان می دهد.

Standard Designation	Grade, Class, Type, Symbol or Name	Steel Number	UNS Number	Weight, %, max, Unless Otherwise Specified								
				C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Others
ASTM A 355-89 (2000)	A	---	K24065	0.38-0.43	0.50-0.70	0.15-0.35	0.035	0.040	1.40-180	---	0.30-0.40	Al 0.95-1.30
JIS G 4202:1979	SACM 645	---	---	0.40-0.50	0.60	0.15-0.50	0.030	0.030	1.30-1.70	0.25	0.15-0.30	Al 0.70-1.20, Cu 0.30
EN 10085:2001	32CrAlMo7-10	1.8505	---	0.28-0.35	0.40-0.70	0.40	0.025	0.035	1.50-1.80	---	0.20-0.40	Al 0.80-1.20
	34CrAlMo5-10	1.8507	---	0.30-0.37	0.40-0.70	0.40	0.025	0.035	1.00-1.30	---	0.15-0.25	Al 0.80-1.20
	34CrAlNi7-10	1.8550	---	0.30-0.37	0.40-0.70	0.40	0.025	0.035	1.50-1.80	0.85-1.15	0.15-0.25	Al 0.80-1.20
	41CrAlMo7-10	1.8509	---	0.38-0.45	0.40-0.70	0.40	0.025	0.035	1.50-1.80	---	0.20-0.35	Al 0.80-1.20
ISO 683-10:1987	41 CrAlMo 7 4	---	---	0.38-0.45	0.50-0.80	0.50	0.030	0.035	1.50-1.80	---	0.25-0.40	Al 0.80-1.20

توجه به جدول فوق نشان می دهد که چهار گرید فولادی که در استاندارد **EN** آمده اند با سه گروه دیگر (**ISO,JIS,ASTM**) متفاوت هستند و اگر بر اساس همین اطلاعات قضاوت کنیم شاید بگوییم این چهار فولاد **EN** نباید با سه گروه دیگر مقایسه شوند اما جالب است بدانید آلیاژهای **Cr-Al-Mo** که در گروه **EN** آمده اند بصورت فولادهای نیتروره تیپ هستند و در حقیقت فولادهای **EN 10085** نزدیکترین انطباق برای این منظور هستند و این گروه می تواند کاربر را به سایر آلیاژهای نیتروره مشابه هدایت کند پس نادیده گرفتن آنها به ضرر کاربر تمام می شود. موقعیت های زیادی برای ایجاد اشتباه و منجر شدن به انتخاب فولاد نامناسب وجود دارند. بعنوان مثال، در مقایسه فولادهای زنگ نزن باید تصمیم های فنی زیادی اتخاذ شوند زیرا یافتن ترکیب های شیمیایی یکسان در استانداردهای کشورهای مختلف ، معمول نیست. جدول زیر لیستی از فولادهای کارشده آستنیتی **Cr-Ni-Mo** مربوط به کشورهای آمریکا، ژاپن و اتحادیه اروپا نشان می دهد.

Standard Designation	Grade, Class, Type Symbol or Name	Steel Number	UNS Number	Weight, %, max, Unless Otherwise Specified								
				C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Others
ASTM A 276-03	316L	---	S31603	0.030	2.00	1.00	0.045	0.030	16.0-18.0	10.0-14.0	2.00-3.00	---
JIS G 4303:1998	SUS316L	---	---	0.030	2.00	1.00	0.045	0.030	16.00-18.00	12.00-15.00	2.00-3.00	---
JIS G 4318:1998	SUS316L	---	---	0.030	2.00	1.00	0.045	0.030	16.00-18.00	12.00-15.00	2.00-3.00	---
EN 10088-3:1995	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	---	0.030	2.00	1.00	0.045	0.030	16.50-18.50	10.00-13.00	2.00-2.50	N 0.11
	X2CrNiMo17-12-3	1.4432	---	0.030	2.00	1.00	0.045	0.030	16.50-18.50	10.50-13.00	2.50-3.00	N 0.11
	X2CrNiMo18-14-3	1.4435	---	0.030	2.00	1.00	0.045	0.030	17.00-19.00	12.00-15.00	2.50-3.00	N 0.11

در جدول فوق به تفاوت مقادیر **Cr,Ni,Mo** در تمامی استانداردها و محدوده **N** در استاندارد **EN** توجه کنید. این تفاوت ها بر مقاومت خوردگی فولاد در بسیاری از کاربردها تاثیر دارند بنابر این کاربر باید در انتخاب فولاد مناسب دقت فراوانی داشته باشد.

توجه به تعاریف

ASTM و **CEN** هر یک استانداردی برای تعریف عبارت های مرتبط با فولادها منتشر کرده اند:

*** ASTM A 941-03**

*** EN 10020:2000**

توجه به این نکته لازم است که هر یک از این استانداردها، از تعابیر مختلفی برای توصیف انواع مختلف فولاد استفاده می کنند . بنابراین کاربر باید از این مسئله آگاه باشد که هر استاندارد تعاریف خاص خودش را در مورد فولاد و محصولات مرتبط دارد و حتی ممکن است این تعاریف چندگانه باشند. بعنوان مثال می توان با سه تعریف مختلف فولاد کربنی اشاره کرد که در استانداردهای **ASTM** با شماره های **F 1789-04,A902-03,A941-03** آمده اند. خلاصه ای از محدوده عناصر شیمیایی مربوط به **ASTM A 941-03** (فولاد آلیاژی) و **EN 10020:2000** (فولاد غیر آلیاژی) در جدول زیر آمده است.

Symbol	Name	EN 10020:2000[b]	ASTM A 941-03
Al	Aluminum	0.30	0.30
B	Boron	0.0008	0.0008
Bi	Bismuth	0.10	---
Co	Cobalt	0.30	0.30
Cr	Chromium	0.30	0.30
Cu	Copper	0.40	0.40
La	Lanthanides	0.10	---
Mn	Manganese	1.65[b]	1.65
Mo	Molybdenum	0.08	0.08
Nb	Niobium	0.06	0.06
Ni	Nickel	0.30	0.30
Pb	Lead	0.40	0.40
Se	Selenium	0.10	---
Si	Silicon	0.60	0.60
Te	Tellurium	0.10	---
Ti	Titanium	0.05	0.05
V	Vanadium	0.10	0.10
W	Tungsten	0.30	0.30
Zr	Zirconium	0.05	0.05
	Other (except C, P, S, N)	0.10	0.10

[a] Alloy steel when equal to or greater than the limit.

[b] Where manganese is specified only as a maximum the limit value is 1.80 % and the 70 % rule does not apply (see 3.1.2 of EN 10020:2000).

آنچه در جدول فوق در نگاه اول دیده می شود این است که محدوده ها به نظر شبیه هم هستند اما باید به اصل هفتاد درصد (**70% rule**) در **EN 10020** توجه کرد. این اصل تصریح می کند:

- هر جا برای عناصر (به جز منگنز) فقط مقدار حداکثر (**max.**) در استاندارد محصول یا مشخصه آنالیز مذاب ، مشخص شده باشد، هفتاد درصد این مقدار حداکثر باید برای رده بندی فولاد به کار رود.

در برخی موارد ، اصل هفتاد درصد باعث می شود برخی فولاد ها قابل مقایسه با یکدیگر نباشند.

بعنوان مثال، استاندارد **EN 10028-3:2003** با عنوان:

Flat Products Made of Steels for Pressure Purposes Part3 : Weldable Fine Grain Steels,Normalized

شامل فولادهایی با مقدار نیکل حداکثر 0/5 درصد است. (به عبارت دیگر الزامی در مورد حداقل میزان نیکل وجود ندارد). با کاربرد اصل 70 درصد، این فولاد می تواند **0.35%** نیکل داشته باشد که بیشتر از مقدار **0.3%** است که حداکثر میزان برای فولادهای غیر آلیاژی (فولاد کربنی) است. بدین ترتیب ، با کاربرد این اصل این فولاد در رده فولادهای آلیاژی قرار می گیرد و غیر قابل مقایسه با فولاد های غیر آلیاژی خواهد بود.

مشخص شدن مسئولیت ها

در اکثر استانداردهای مربوط به مشخصات محصول، بندهایی در ارتباط با مسئولیت های کاربر وجود دارند (بعنوان مثال بند **1.5** استاندارد **ASTM A 53/A 53M-02**) . بدین ترتیب، مسئله بازبینی استاندارد به منظور اطمینان از مناسب بودن آن در کاربرد مورد نظر به منظور مقایسه استانداردهای فولادها، در حیطه مسولیت کاربر قرار دارد.

پرسشهایی که هنگام مقایسه استاندارد فولاد باید مطرح شوند

وقتی که دو یا چند استاندارد فولاد را مقایسه می کنیم، باید پرسش های زیر را مطرح کنیم:
آیا خواص مکانیکی باید معیار اصلی باشد یا ترکیب شیمیایی ؟
اگر خواص مکانیکی قابل مقایسه هستند، کدام ویژگی باید اولین معیار مقایسه باشد؟ استحکام تسلیم ، استحکام کششی ، تغییر طول نسبی، استحکام ضربه ، سختی یا .... ؟
اگر معیار اولیه انتخاب استحکام کششی است آیا معیار دومی نیز برای رده بندی فولاد مقایسه شونده در یک گروه وجود دارد ؟ مثلا" استحکام تسلیم یا سختی یا .... ؟
در مواقعی که خواص مکانیکی یا ترکیب شیمیایی با تغییر ضخامت سطح مقطع یک گرید فولاد تفاوت می کند، کدام ضخامت سطح باید به عنوان معیار مقایسه انتخاب گردد؟
آیا دو فولادی که حداقل استحکام کششی یکسان اما استحکام تسلیم متفاوت دارند، مشابه هستند؟
مقایسه باید بر چه مبنایی انجام شود : بر اساس مقادیر حداکثر، حداقل یا مقادیر میانگین ؟
آیا می توان فولادهای آلیاژی و فولادهای زنگ نزن را بر اساس خواص مکانیکی آنها مقایسه کرد در زمانی که آنها را معمولا بر اساس قابلیت های عناصر آلیاژیشان به منظور کاربرد در شرایط مورد نظر انتخاب می کنند؟
آیا مقایسه فولادها تنها بر اساس ترکیب شیمیایی آنها صرف نظر از شکل محصول، صحیح است؟ در این صورت، آیا فولادهای آهنگری (**Forging**) قابل مقایسه با ورق های فولادی یا لوله ها تنها به این دلیل که ترکیب شیمیایی یکسان داشته و داده های مهندسی آنها برای کاربرد مورد نظر مناسب است، می باشند ؟

فولادهای غیر قابل مقایسه

نمی توان گفت هر فولادی حتما" یک فولاد مشابه دارد. دانستن غیر قابل مقایسه بودن یک فولاد اهمیتی همانند دانستن قابل مقایسه بودن آن دارد. در غیر اینصورت، زمان زیادی باید صرف یافتن چیزی شود که وجود ندارد.

معیارهای مقایسه فولادها

مراجع و کتابهایی که جداولی برای مقایسه فولادها دارند، از روش های خاصی برای این منظور استفاده می کنند. عموما دو معیار خواص مکانیکی و ترکیب شیمیایی بیشترین کاربرد را دارند . برای هر گرید فولاد، عموما تنها یک ترکیب شیمیایی وجود دارد که این ویژگی باعث می گردد به عنوان معیاری ایده ال جهت مقایسه به کار رود. از سوی دیگر چند نوع خواص مکانیکی(استحکام تسلیم، استحکام کششی ، سختی و ..) وجود دارند که می توانند مبنای مقایسه قرارگیرند که معمولا استحکام کششی به عنوان معیار دوم انتخاب می گردد.

پس از انتخاب این دو معیار اصلی، قدم بعدی این است که آیا معیار اول انتخاب شود ؟یا از معیار دوم استفاده گردد؟ یا هر دو معیار به کار روند ؟
از آنجایی که فولادهای کربنی معمولا بر اساس خواص مکانیکیشان انتخاب می شوند، استحکام کششی به عنوان اولین معیار انتخاب به کار می رود. به همین ترتیب در مورد فولادهای آلیاژی و زنگ نزن و به دلیل انتخاب آنها بر اساس ترکیب شیمیایی، از ترکیب شیمیایی به عنوان معیار انتخاب و مقایسه استفاده می گردد .

یکی از استثنائات این روش در مورد فولادهای سازه ای (**Structural Steel**) است چون از استحکام کششی به عنوان معیار اصلی مقایسه فولادهای آلیاژی و کربنی استفاده می گردد. این معیار از این روی به کار می رود چون این رده از فولادها بر مبنای خواص مکانیکی آنها انتخاب شده و به کار برده می شوند.

قابل ذکر است که روشی کاملا اثبات شده برای مقایسه وجود ندارد. بعنوان مثال **ASTM A 958 Grade SC4330** یک ترکیب شیمیایی دارد اما بر اساس انواع عملیات حرارتی دارای 13 نوع استحکام است . پس به دلیل اینکه دو گرید فولاد ترکیب شیمیایی قابل مقایسه دارند نمی توان گفت که آن دو گرید در خواص مکانیکی قابل مقایسه هستند و بالعکس .

به عبارت دیگر استفاده از کتابها و مراجع جهت یافتن فولادهای مشابه تنها قدم اول دریافتن فولاد مناسب جهت کاربرد مورد نظر است.

مرجع :

1- Handbook of Comparative World Steel Standards, ASTM DS67A, Lite E-book,2nd ed. ASTM International, 2004

چند پیوست مفید برای موضوع نامگذاری فولادها

کامران خداپرستی

kkhodaparasti1@yahoo.com

این مقاله پیش از این به عنوان پیوست جزوه "دوره آموزشی نامگذاری فولادها" در سال 1385 منتشر شده است.

پیوست 1

آداب و رسوم جستجو در اینترنت

اشاره

تحقیقات نشان می دهد ، بیش از یک میلیارد نفر در جهان به اینترنت دسترسی دارند و از این تعداد یک چهارم از طریق خطوط پهن باند و پر سرعت به اینترنت متصل می شوند .
گزارشهای بدست آمده از سوی **Emarketer** نشان میدهد ،در سال 2005 تعداد کاربران اینترنتی در جهان به یک میلیارد نفر رسیده است و از این تعداد 250 میلیون نفر از سرویس پهن باند و یا پر سرعت استفاده می کنند.این شرکت تخمین زده است از این تعداد 845 میلیون نفر به طور دائم از اینترنت استفاده می کنند .
کشور آمریکا بیشترین تعداد کاربران اینترنتی را به خود اختصاص داده است و در رده اول قرار گرفته است وتعداد کاربران اینترنتی این کشور برابر175 میلیون نفر می باشد و از این تعداد 43 میلیون و 700 نفر از کاربران خطوط پهن باند هستند.در آمریکای لاتین افزایش تعداد کاربران با سرعت بیشتری همراه می باشد به طوری که این روند 70 درصد می باشد. و تعداد افراد انلاین این کشور **70** میلیون نفر می باشد.
تعداد کاربران در اروپا 233 میلیون نفر می باشد از این میان 55 میلیون و 200 هزار نفر از کاربران خطوط پهن باند هستند. چین دارای 111 میلیون کاربر اینترنتی می باشد که 34 میلیون و 100 هزار نفر از کاربران خطوط پهن باند هستند .
با توجه به گسترش روز افزون استفاده از اینترنت، آشنایی با مفاهیم و کاربردهای آن امری لازم به نظر می رسد. از آنجائیکه مهمترین استفاده دانشجویان و مهندسین از اینترنت، جنبه های علمی آن و جستجو در میان حجم عظیم اطلاعات است، لذا آشنایی آنان با روشهای صحیح جستجو، برای رسیدن به مقاصد خود، امری لازم و ضروری است. اگر تا به حال به جستجو بر روی اینترنت پرداخته باشید، متوجه شده اید که با توجه به حجم بسیار زیاد اطلاعات بر روی شبکه، یافتن اطلاعات مورد نیاز و مناسب کار ساده ای نیست. استفاده از روش صحیح و درست جستجو نه تنها شما را به سوی اطلاعات خواسته شده هدایت می کند، بلکه در زمان و هزینه نیز صرفه جویی خواهید کرد.
در این پیوست سعی شده است الفبای جستجو معرفی گردد. در تهیه این پیوست از منبع زیر استفاده شده است:
حسن مردانی، آداب و رسوم جستجو در اینترنت، اطلاعات علمی، سال هفدهم، شماره 3، دی ماه 1381

ابزار جستجو

قبل از هر چیز می بایستی با ابزار لازم برای جستجو در اینترنت آشنا شویم. این ابزار شامل حجم عظیم اطلاعات، راهنمایان اینترنت(**directions**) و موتورهای جستجو(**search engines**) هستند.

راهنمایان اینترنت

طبیعت دینامیکی و پویای اینترنت آنرا از یک رسانه سنتی (مانند کتاب و روزنامه) جدا می کند. چنانچه اینترنت را به منزله یک کتاب عظیم در نظر بگیرید، راهنمایان اینترنت به منزله " فهرست مطالب" آن هستند. این راهنمایان اطلاعات وب را به صورت رده ها و موضوعات سازماندهی می کنند. درست مانند فهرست مطالب یک کتاب که ما را به بخشهای مختلف یک کتاب رهنمون می کند. بعلت حجم زیاد اطلاعات، راهنمایان اینترنت نیز مجبورند این اطلاعات را با رده های کلی یا سطح بالا(**top-level**) دسته بندی کنند.

از راهنمایان اینترنت می توان به **YAHOO** اشاره کرد. این راهنما توسط دو دانشجوی دکتری دانشگاه استانفورد به نام های دیوید فیلو و جری یانگ در سال 1994 تاسیس شد. فراموش نکنید که راهنمایان اینترنت به منزله فهرست مطالب یک کتاب هستند.

موتور جستجو

در بخش جستجو و ابزارهای لازم آن به غیر از دانستن مفهوم راهنمای اینترنت بایستی با مفهوم موتور جستجو نیز آشنا شویم. در کتاب عظیم اینترنت موتورهای جستجو همانند " نمایه" یا اندکس آن کتاب هستند.

موتورهای جستجو برای مقابله با طبیعت دینامیکی وب دائما نرم افزارهایی به نام روبوت ها یا خزندگان (**crawler**) را به اجرا درآورده و سراسر وب را می خوانند. موتورهای جستجو اطلاعات خود را برحسب حروف الفبا تنظیم می کنند، درست همانند نمایه یک کتاب که بر حسب حروف الفبا تنظیم شده است . موتور جستجو در واقع برنامه ای است که صفحه های وب را مورد تجزیه و تحلیل قرارداده و سراسر اطلاعات را مرور می کند و با استفاده از آنچه که درخواست(**query**) نامیده می شود، فهرستی از صفحه های وب را که با درخواست شما مطابقت دارند، ارائه می دهد.

وقتی که کلمه کلیدی مطلبتان را به موتور جستجو می دهید، کلمه یا کلمات مورد نظرتان بوسیله موتور جستجو به دام می افتند سپس نتایج و مطالبی که کلمه شما در آن وجود داشته در اختیار شما قرار می گیرد. در واقع " راهنمایان اینترنت " به منزله فهرست مطالب یک کتاب هستند و نمایه کتاب که شامل کلمات کلیدی است، موتور جستجوی این کتاب به شمار می آید. از میان موتورهای جستجو می توان از **lycos** و **altavista** نام برد.

به عنوان یک قاعده کلی به یاد داشته باشید که چنانچه موضوع مورد نظر شما عمومی است، به یک راهنمای اینترنت مراجعه کنید ولی اگر آن موضوع بسیار خاص باشد به یک موتور جستجو مراجعه کنید.

از ادغام یک راهنمای اینترنت با یک موتور جستجو، یک " راهنمای اینترنت قابل جستجو" حاصل می گردد.

اینگونه منابع اطلاعاتی از یک طرف دارای جعبه جستجو برای وارد کردن کلمات کلیدی می باشند و از طرف دیگر دارای رده هایی هستند که امکان مرورگری (**browsing**) را فراهم می آورند. **YAHOO** نمونه ای شاخص از یک راهنمای اینترنت قابل جستجو است.

یکی از مهمترین اختلافهای بین موتورهای جستجو و راهنماها این است که راهنماها دارای دو ساختار می باشند، بدین معنی که شما می توانید با استفاده از این ساختار اطلاعات را از کلی به جزئی ردیابی کرده و به موضوع مورد نظر و خاص خود دست یابید. در واقع با استفاده از سلسله مراتب اطلاعاتی از رده های اصلی به زیر رده ها و رده های فرعی تر رفته و مطلب مورد نظر را پیدا می کنید . در حالی که موتورهای جستجو به وسیله مرور وب فهرست کاملی از تمام مکانهایی را که موضوع خاص مورد نظر شما را در بر دارند، در اختیار شما قرار می دهد.

در صورتی که بدنبال موضوعات کمیاب هستید و با استفاده از موتورهای جستجو عادی نتوانستید به جواب مناسب دست یابید، می توانید از " ابر جستجوگرها "**(meta search engine)**استفاده کنید. از ابر جستجوگرها با موتور فرا جستجوگر می توان به ابر

جستجوگرهای**metacrawler**، **google** و**mamma** اشاره کرد.این ابر جستجوگرها ، تمامی سایتهای مرتبط با موضوع مورد نظـر را جستجو کرده و نتایج را به صورت یک لیست در اختیارتان قرار می دهند.

علائم و عبارات جستجو

حال که با مفاهیم جستجو و ابزارهای لازم آن آشنا شدید، لازم است با برخی از علائم و عباراتی که می توانند شما را در جستجوی پیشرفته یاری کنند، این علائم و عبارات در اکثر سایتهایی که امکان جستجو را فراهم می آورند ، قابل استفاده است. این علائم و عبارات بـه همـراه کلمه کلیدتان که در جعبه جستجو تایپ می شوند، مورد استفاده قرار می گیرند.

and

هنگامی که به دنبال صفحاتی باشید که حاوی چند کلمه یا عبارت معین باشند از این عبارت می توانید اسـتفاده کنیـد ماننـد **steel and nickel**

or

زمانی که وجود حداقل یکی از چند کلمه یا عبارت معین در صفحات نتایج ارائه شده لازم باشد مانند **steel or nickel**

+

قرار دادن علامت **" + "** در کنار یک کلمه (سمت چپ) بعنوان پیشوند، بدین معنی است که در آن کلمـه بایـد در نتـایج جـستجو حـضور داشته باشد. مثل **pipe + duplex** که صفحات و سایتهایی را در اختیار قرار می دهد که لزوما دارای واژه **duplex** هستند امـا **pipe** می تواند در آنها وجود داشته باشد یا نداشته باشد.

-

قرار دادن این علامت در کنار یک کلمه بعنوان پیشوند بدین معنی است که آن کلمه نباید در نتایج جستجو حضور داشته باشد. بطـور مثـال **copper-brass** ، صفحاتی را در اختیار شما قرار می دهد که دارای نام **copper** می باشد، اما نامی از **brass** نباید در آن صـفحات ذکر شده باشد.

" "

چنانچه این علامت را در طرفین عبارت قرار دهید کل کلمات عبارت مورد جستجو قرار گرفته و بـه همـان شـکل و ترتیـب در درون مـتن سایتهای نتایج جستجو یافت می شوند. بطور مثال اگر عبارت **" steel designation "** را وارد کنید، در تمامی متنهای نتایج جـستجو **steel** در کنار **designation** خواهد بود.

*

قرار دادن این علامت در سمت راست یک کلمه باعث می شود تطبیق های ناقص مربوط به آن کلمه نیز در نظر گرفته شـوند. بطـور مثـال اگر عبارت **iran *** را تایپ کنید، تمام صفحاتی که شامل کلمه **iran**، **Iranian** و هر کلمه دیگری که بـا **iran** شـروع مـی شـود، بعنوان نتیجه ارائه می گردد.

( )

در صورتیکه بخواهید عبارات پیچیده تری را مورد جستجو قرار دهید می توانید از این علامـت اسـتفاده کنیـد. بطـور مثـال اگـر بـه دنبـال فولادهای فرانسوی هستید می توانید از عبارت **(french or france) and steel** استفاده کنید.

u:

با قرار دادن این علامت در کنار یک کلمه یا عبارت، عمل جستجو به **url** ها (آدرسهای صفحات وب) محدود می شود.
مثل : **u: superalloy**

t:

با قرار دادن این علامت در کنار یک کلمه یا عبارت عمل جستجو فقط به عناوین اسناد محدود می شود.

ترکیبی از علائم :

برای کاربرد ترکیبی از علائم باید ترتیب صحیح قرار گیری آنها را در نظر بگیرید، یعنی :

+ ، - ، u : ، t: ، " " ، *
مثال : **+ t : " European steel "**

همانطور که مشاهده می کنید بایستی + قبل از علامت : **t** بکار می رود و به همین ترتیب الی آخر.

کجا جستجو کنیم ؟

حال که با مفاهیم و علائم مناسب برای جستجو آشنا شدیم، بایستی یک سایت مناسب را انتخاب کنیم تا به نتایج مورد نظر دست یابیم. ما در اینجا اطلاعاتی را درباره نحوه جستجو در برخی از سایتهای متداول بطور جداگانه و مختصر در اختیارتان قرار می دهیم.

yahoo یک باند عظیم از مکانهای وب است که در قالب رده ها و موضوعات گوناگون سازماندهی شده است. با وارد کردن کلمات و عبارات کلیدی در ناحیه جعبه جستجو (**search box**) می توانید سراسر آن را برای یافتن موضوع خاصی مورد جستجو قرار دهید. برای این منظور بایستی کلمه یا مجموعه ای از کلمات کلیدی (**key words**) را بر اساس آنچه درباره علائم و عبارات جستجو، در قبل گفتیم، در جعبه جستجو وارد کرده و سپس دکمه **search** را کلیک کنید.

هنگامی که در **yahoo** به دنبال مطلبی می گردید دقیقا واژه های مربوط به آن موضوع را وارد نمائید. بانک اطلاعاتی **yahoo** شامل پنج ناحیه می باشد.

1- **categories** (رده های **yahoo**)
2- **web site** (مکانهای وب)
3- **web page** (صفحات وب)
4- **news** (اخبار)
5- **research documents**
(اسناد تحقیقاتی)

این رده ها در صفحات نتایج جستجو در بالای صفحه بصورت نواری قابل مشاهده هستند.
هنگامی که موضوعی را مورد جستجو قرار می دهید، **yahoo** به ترتیب فوق نواحی را جستجو کرده و موضوعات مرتبط را نمایش می دهد. شما با انتخاب هر کدام از نواحی فوق در بالای صفحات نتایج جستجو، می توانید مطالب مرتبط را بیابید. اگر هر کدام از نواحی فوق غیر فعال باشند به این مفهوم است که **yahoo** هیچ سابقه ای از مطلب مورد نظر شما در ناحیه فوق نیافته است. برعکس، نواحی فعال دارای سوابقی از مطالب شما هستند که شما می توانید آن نواحی را انتخاب کنید.

همچنین در پایین ترین قسمت (در صفحه نتایج جستجو) نام چند موتور جستجو (مانند **altavista**، **infoseek** و ...) به صورت **link** درج شده است که می توانید جهت جستجو مطلبتان از آن موتورها استفاده کنید. بر طبق آنچه در بالا درباره نواحی بانک اطلاعاتی **yahoo** گفتیم، اگر به دنبال مکانهای وب درباره موضوعتان هستید بایستی گزینه شماره 2 (**site web**) را انتخاب کنید. اما اگر به دنبال رده ها و مقولاتی درباره مطلبتان هستید، بایستی گزینه شماره 1 (**categories**) را انتخاب کنید و به همین ترتیب در مورد صفحات، وب، گزینه شماره 3 (**web page**).

برای استفاده از امکان جستجوی پیشرفته **yahoo** می توانید از گزینه **advanced search** که در کنار **search** قرار دارد استفاده نمایید، با انتخاب این گزینه ضمن باز شدن صفحه ای تحت عنوان **search option** ، شما می توانید با انتخاب گزینه هایی همچون : **search** ، ناحیه **search** و نحوه ارائه نتایج و تعداد آنها در یک صفحه و غیره ... از جستجوی پیشرفته استفاده کنید.

ابر جستجو گر **google** با بیش از 2 میلیارد صفحه وب امکان جستجو بهتری را فراهم کرده است. این ابر جستجوگر بسیار بسیار سریع بوده و **home page** ساده ای دارد. ضمنا" آنقدر هوشمند است که بر اساس هر نسخه ویندوز که در کامپیوترتان نصب باشد، نوشته هایش را به همان زبان تغییر می دهد.

برای انجام جستجو در این ابر جستجوگر، از چهار گزینه **directory , groups, lmage, web** می توان استفاده کرد. برای مثال اگر شما به دنبال تصویری در مورد کلمه کلیدی خود هستید ، می توانید محدوده **image** را انتخاب کنید و جستجوی خود را انجام دهید.

از گزینه های دیگر این موتور می توان به **language tools** و **preferences advanced search** اشاره کرد که با استفاده از این گزینه ها شما می توانید کیفیت ارائه نتایج را به یک زبان، کشور، و زمان خاص محدود کنید.

altavista

در این موتور جستجو نیز علاوه بر امکانات عمومی موتورهای جستجو ، دارای گزینه های **news, directory, video, audio , image** و **web** می باشد که داشتن گزینه های جستجو **audio** و **video** از خصوصیات این موتور است. بدین مفهوم که شما می توانید بر حسب نوع کلمه کلیدی خود یا موضوع مورد نظر خود که در جعبه **search** تایپ کرده اید با انتخاب گزینه های فوق نتایج صوتی یا تصویری را دریافت کنید.

Laycos

Laycos از دیگر موتورهای جستجو در اینترنت می باشد که به میزان زیادی مورد استفاده قرار می گیرد. می توانید آن را در آدرس **www.laycos.com** بیابید.

Laycos پایگاه داده های بسیار بزرگی است که مانند **altavista** با استفاده از کلمه های کلیدی کار می کند و بیشتر گزینه های آن در رابطه با تغییر پارامترهای درخواست جستجو نیز شبیه **altavista** می باشد. این موتور جستجو علاوه بر داشتن امکانات عمومی موتورهای جستجو علاوه دارای ویژگی خاصی به نام **parental controls** است. با استفاده از این امکان شما می توانید جستجو در این سایت را در محدوده های شخصی برای کودکان محدود کنید.

موتور جستجوی دیگر **HotBot** است. از نظر بسیاری از افراد ممکن است استفاده از **HotBot** نسبت به **Altavista** کمی آسانتر باشد، زیرا دیگر ناچار نخواهند بود که در خواست های چند کلمه ای خود را در غالب قواعد صحیح استفاده از کلمه های کلیدی تایپ کنند.

هر چند که در **HotBot** نیز می توان همچنان قواعد **altavista** را برای جستجو مورد استفاده قرار داد. **HotBot** با فهرست کرکره ای ساده ای که ارائه کرده است قادر است تقریبا" با 80-70 درصد خواست های جستجوی تان مطابقت داشته باشد.

IXQUICK

IXQUICK را با هوشترین ابر جستجوگر وب می دانند و دلیل آن هم شاید این باشد که بسیار منطقی و متفکر است و علاقه خاصی به این دارد که جوابهای بازگشتی را برحسب مورد سئوالی که طرح کرده اید آنالیز و رده بندی کند. به عبارت دیگر **IXQUICK** در میان جوابهای بازگشتی خود با نمایش علامت (*) مشخص می سازد که تا چه حد ممکن است که همان جوابی باشد که شما دنبال آن می

گردید. ویژگی اصلی و مثال زدنی **IXQUICK** بهره گیری از 12 موتور جستجو و دایرکتوری برتر دنیای وب برای بازگرداندن جوابها است.

نکات طلایی SEARCH

از آنجایی که بیشتر دانشجویان دنبال مقالات علمی در اینترنت هستند و نیز بیشتر مقالات به صورت **pdf** (**pdf** پسوند اسناد در نرم افزار **AcrobatReader** است) ذخیره می شود. بر اساس تجربیاتی که به دست آمده، اگر در جعبه جستجو ابتدا عبارت + **PDF** .* و سپس عبارت مورد نظرتان را تایپ کنید، مقالات مرتبط با موضوعتان که به صورت **PDF** می باشند. نمایش داده می شوند. به عنوان مثال، اگر بدنبال مقاله ای در مورد راکتورهای هوازی با جریان روبه بالا (**UASB**) هستید می توانید عبارت زیر را تایپ کنید.

اگر به دنبال کلیپ های ویدیویی مرتبط با موضوعی خاص هستید، به سایت **ALTAVISTA** رفته و پس از انتخاب محدوده **VIDEO** ، عبارت مورد نظر تان را در جعبه جستجو تایپ کرده و سپس در ادامه عبارت **avi. * +** و یا **mpeg . * +** را تایپ کنید و دکمه **search** را کلیک کنید.

ویرایشگر های **yahoo** تمام صفحه های وب موجود را مورد بررسی قرار نمی دهند بلکه در قرار دادن عنوانها در پایگاه داده ها به صورت انتخابی عمل می کنند. در نتیجه **yahoo** بسیار کوچکتر و بسیار سریعتر از **altavista, lycos** و یا بیشتر موتورهای جستجو دیگر می باشد. اما اگر دیگر پارامترهای جستجو تا حدی گنگ باشند و یا عنوان مورد نظر از کلمه های روزمره به شمار نمی آید **lycos** و یا **HotBot** با ارائه پایگاه داده هایی که بیش از 10 برابر **yahoo** می باشد نتایج بهتری را به دنبال خواهند داشت اگر به دنبال جستجوی پیچیده می باشید **altavista** بهترین نتیجه را به دنبال خواهد داشت.

جدول زیر بطور خلاصه موتور جستجو مناسب را بر اساس نوع مطلب مورد جستجو نشان می دهد.

نوع مطلب	موتور جستجوی مناسب	نوع
ساده و عامیانه و روزمره	**yahoo**	راهنمای اینترنت قابل جستجو
تا حدی گنگ	**HotBot, lycos**	موتور جستجو
پیچیده	**altavista**	موتور جستجو
بسیار پیچیده	**Google, metacrawler, ixquick**	ابر جستجوگر

البته هر روز نوآوری هایی در این عرصه رخ می دهد. بعنوان مثال شرکت "گوگل" چهار خدمت رایگان و جدید معرفی کرده‌است که این خدمات جست و جو در اینترنت را به یک فعالیت گروهی بدل می‌کنند یکی از این خدمات جدید، "گوگل نوت بوک **(www.google.com/notebook)**"نام دارد که به کاربران امکان می‌دهد متون، "لینک"ها و تصاویری که در پی جستجوی‌های اینترنتی بدانها دست یافته‌اند را به صورت یکجا درون یک دفترچه یادداشت نگهداری کنند.

این دفترچه یادداشت در رایانه‌های سرور شرکت "گوگل" نگهداری می‌شود و کاربر می‌تواند از هر رایانه که به اینترنت متصل باشد بدانها دست یافته و در صورت تمایل آنها را در اختیار سایر کاربران نیز قرار بدهد.

یکی دیگر از خدمات جدید این شرکت، "گوگل کو-آپ **(www.google.com/coop)**"نام دارد که کاربران می‌توانند در آن لینکها و صفحات اینترنتی مورد نظر خود را ذخیره کرده و به سادگی در معرض دید سایر کاربران قرار دهند.

به طور مثال یک پزشک می‌تواند با استفاده خدمات "گوگل کو-آپ" چندین وب سایت مرتبط با بیماری ورم مفاصل را در یک لیست مشخص کرده و هر کاربر که در این فهرست ثبت نام کند نیز می‌تواند در صورت جستجوی موارد مشابه در اینترنت، علاوه بر نتایج جستجوی خود، وب سایتهای مشخص شده توسط این پزشک را نیز مشاهده نماید.

از دیگر خدمات جدید "گوگل"، "گوگل ترندز **(www.google.com/trends)**"نام دارد که به کاربران اجازه می‌دهد در میان میلیاردها جستجوی صروت گرفته در موتور جستجوی "گوگل"، با میزان معروف و محبوب بودن کلید واژه مورد نظر جستجوی خود، آشنا شوند.

شرکت "گوگل" به همراه این خدمات جدید، نسخه آزمایشی نگارش چهارم از نرم‌افزار جستجوگر "دسکتاپ" خود **(Google Beta) Desktop 4** را نیز با ویژگی‌ها و قابلیتهای تازه، عرضه کرده‌است.
کارشناسان عقیده دارند شرکت "گوگل" در ماه‌های اخیر با ارائه این قبیل خدمات، خواهان افزایش اطلاعات تولید شده توسط کاربران و افزایش فعالیتهای اجتماعی کاربران اینترنت، به ویژه در زمینه جستجوی اینترنت است.

پیوست 2

سایتهای مفید

امروزه با پیشرفت بسیار سریع تکنولوژی اطلاع رسانی، اینترنت نقش گستردهأی در ترویج و گسترش علوم پیدا کرده است. این فن آوری در کنار پست الکترونیکی به حلقه رابط جدیدی بین پژوهشگران علوم مختلف بدل شده است . گرچه جستجوگرهای قدرتمندی همچون "گوگل" انجام جستجوهای تخصصی را آسان کردهاند اما از پیش مشخص است که در کاوشهایی با موضوعات کلی، حجم انبوهی از اطلاعات و نامها بدست میآیدکه الزاما نتایج مورد نظر نخواهند بود. به منظور پاسخگویی به این نیاز برخی سایتهای تخصصی امکاناتی در اختیار شما قرار میدهند. در این پیوست سایتهایی در ارتباط با موضوعات مطرح شده، معرفی شده اند. این سایتها از منبع زیر انتخاب شده اند.

CASTI Metals Black Book, European Ferrous Data, Second Edition on CD-ROM,2003

Engineering Associations	
Canada	
AETTN - Association of Engineering Technicians and Technologists of Newfoundland	http://www.netfx.iom.net/aettn
APEGBC - Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia	http://www.apeg.bc.ca
APEGGA - Association of Professional Engineers, Geologists, and Geophysicists of Alberta	http://www.apegga.com
APEGM - Association of Professional Engineers and Geoscientists of Manitoba	http://www.apegm.mb.ca
APEGN - Association of Professional Engineers and Geologists of Newfoundland	http://www.apegn.nf.ca/
APEGNB - Association of Professional Engineers and Geoscientists of NewBrunswick	http://www.apegnb.com
APEGS - Association of Professional Engineers and Geoscientists of Saskatchewan	http://www.apegs.sk.ca
APENS - Association of Professional Engineers of Nova Scotia	http://www.apens.ns.ca
APEPEI - Association of Professional Engineers of Prince Edward Island	http://www.apepei.com
APEY - Association of Professional Engineers of Yukon	http://www.apey.yk.ca
ASET - Alberta Society of Engineering Technologists	http://www.aset.ab.ca
ASTTBC - Applied Science Technologists and Technicians of British Columbia	http://www.asttbc.org
CCPE - Canadian Council of Professional Engineers	http://www.ccpe.ca
CCTT - Canadian Council of Technicians and Technologists	http://www.cctt.ca
CTTAM - Certified Technicians and Technologists Association of Manitoba	http://www.cttam.com
NAPEGG - Association of Professional Engineers, Geologists and Geophysicists of the Northwest Territories (representing NWT and Nunavut Territory)	http://www.napegg.nt.ca
OACETT - Ontario Association of Certified Engineering Technicians and Technologists	http://www.oacett.org
OIQ - Ordre des ingénieurs du Québec	http://www.oiq.qc.ca
OTPQ - Ordre des Technologues Professionnels du Québec	http://www.otpq.qc.ca
PEO - Professional Engineers Ontario	http://www.peo.on.ca
SASTT - Saskatchewan Applied Science Technologists and Technicians	http://www.sastt.sk.ca
SCETTNS - Society of Certified Engineering Technicians and Technologists of Nova Scotia	http://www.scettns.ns.ca/
United States - National	
ABET - Accreditation Board for Engineering and Technology	http://www.abet.org
APC - American Plastics Council	http://www.plasticsresource.com

Engineering Associations (Continued)	
United States - National (Continued)	
EIA - Electronic Industries Association	http://www.eia.org
NAS - National Academy of Engineering	http://www.nas.edu/
National Science Foundation	http://www.nsf.gov/
NCEES - National Council of Examiners for Engineering and Surveying	http://www.ncees.org/
NICET - National Institute for Certification in Engineering Technology	http://www.nicet.org/
NSPE - National Society of Professional Engineers	http://www.nspe.org/
SEMA - Specialty Equipment Market Association	http://www.sema.org
US Army Corps of Engineers	http://www.hq.usace.army.mil/hqhome/
United States - State	
ASPE - Alabama Society of Professional Engineers	http://www.aspe-al.com
AZSPE - Arizona Society of Professional Engineers	http://www.azspe.org
CEC - Consulting Engineers Council of Ohio	http://www.cecohio.org
CEPP - Connecticut Engineers in Private Practice	http://www.ctengineers.org
CSPE - California Society of Professional Engineers	http://www.cspe.com
DCSPE - District of Columbia Society of Professional Engineers	http://www.free-4u.com/district_of_columbia_society_of_professional_engineers.htm
FES - Florida Engineering Society	http://www.fleng.org
GSPE - Georgia Society of Professional Engineers	http://www.gspe.org
HSPE - Hawaii Society of Professional Engineers	http://www.eng.hawaii.edu/~hspe
IES - Iowa Engineering Society	http://www.iaengr.org
ISPE - Idaho Society of Professional Engineers	http://home.rmci.net/ispe
ISPE - Illinois Society of Professional Engineers	http://www.ilspe.com/
KCE - Kansas Consulting Engineers	http://www.kce.org
KEC - Kentucky Engineering Center	http://www.kyengcenter.org/
MES - Mississippi Engineering Society	http://www.msengsoc.org
MnSPE - Minnesota Society of Professional Engineers	http://www.mnspe.org
MSPE - Maryland Society of Professional Engineers	http://www.mdspe.org/

Engineering Associations (Continued)	
United States - State (Continued)	
MSPE - Michigan Society of Professional Engineers	http://www.voyager.net/mspe/
MSPE - Missouri Society of Professional Engineers	http://www.mspe.org
NeSPE - Nebraska Society of Professional Engineers	http://www.nespe.org
NHSPE - New Hampshire Society of Professional Engineers	http://www.nhspe.org
NJSPE - New Jersey Society of Professional Engineers	http://www.njspe.org
NMSPE - New Mexico Society of Professional Engineers	http://www.swcp.com/~nmspe
NYSSPE - New York State Society of Professional Engineers	http://www.nysspe.org
OSPE - Oklahoma Society of Professional Engineers	http://www.ospe.org
PEC - Professional Engineers of Colorado	http://www.qadas.com/pec
PENC - Professional Engineers of North Carolina	http://www.penc.org
PEO - Professional Engineers of Oregon	http://www.pro-engineers-oregon.org
PSPE - Pennsylvania Society of Professional Engineers	http://www.pspe.org
SCSPE - South Carolina Society of Professional Engineers	http://www.scspe.org
SDES - South Dakota Engineering Society	http://www.sdes.org
TSPE - Tennessee Society of Professional Engineers	http://www.tnspe.org
TSPE - Texas Society of Professional Engineers	http://www.tspe.org
USPE - Utah Society of Professional Engineers	http://www.inovion.com/~jamesski/USPE/
VSPE - Vermont Society of Professional Engineers	http://www.geocities.com/capecanaveral/4625/index.html
VSPE - Virginia Society of Professional Engineers	http://www.us.net/vspe
WSPE - Wisconsin Society of Professional Engineers	http://www.wspe.org
Other	
ENGC - Engineering Council (UK)	http://www.engc.org
ENGVA - European Natural Gas Vehicle Association	http://www.engva.org

Government	
Canada - Federal	
Geological Survey of Canada	http://www.nrcan.gc.ca/gsc
National Energy Board	http://www.neb.gc.ca
Natural Resources Canada	http://www.nrcan.gc.ca
Canada - Provincial	
Alberta Boilers Safety Association	http://www.albertaboilers.com
Alberta Environment	http://www.gov.ab.ca/env
Alberta Energy and Utilities Board	http://www.eub.gov.ab.ca
BC Ministry of Energy and Mines	http://www.gov.bc.ca/em
BC Oil and Gas Commission	http://www.ogc.gov.bc.ca
Manitoba Industry, Trade and Mines - Mineral Resources Division	http://www.gov.mb.ca/itm/mrd
Natural Resources Conservation Board	http://www.gov.ab.ca/nrcb
New Brunswick Safety Code Services	http://www.gnb.ca/PS-SP/english/indexe.shtml
Nova Scotia Department of Enviroment and Labour - Public Safety Division	http://www.gov.ns.ca/enla/psafe
Saskatchewan Energy and Mines	http://www.gov.sk.ca/enermine
Yukon Department of Energy, Mines and Resources	http://www.emr.gov.yk.ca
Yukon Geoology Program	http://www.geology.gov.yk.ca
United States - National	
National Petroleum Technology Office	http://www.npto.doe.gov
U.S. Department of the Interior	http://www.doi.gov/bureaus.html
U.S. Department of Energy	http://www.energy.gov
U.S. Energy Information Administration	http://www.eia.doe.gov
U.S. Environmental Protection Agency	http://www.epa.gov

Government (Continued)	
United States - State	
Alabama State Oil and Gas Board	http://www.ogb.state.al.us
Alaska Oil & Gas Conservation Commission	http://www.state.ak.us/local/akpages/ADMIN/ogc/homeogc.htm
California Energy Commission	http://www.energy.ca.gov
Colorado Oil & Gas Conservation Commission	http://oil-gas.state.co.us/
Indiana State Boiler and Pressure Vessel Safety Division	http://www.ai.org/sema/osbc_boiler.html
Kansas Geological Survey	http://www.kgs.ukans.edu
Louisiana Department of Natural Resources	http://www.dnr.state.la.us/index.ssi
Louisiana State Fire Marshall Boiler Division	http://www.dps.state.la.us/sfm/index.htm
Maryland Bureau of Mines	http://www.mde.state.md.us/wma/minebur/index.html
Minnesota Code Administration and Boiler Inspection Services	http://www.doli.state.mn.us/code.html
Montana Bureau of Mines and Geology	http://www.mbmg.mtech.edu
Nebraska State Boiler Inspection Program	http://www.dol.state.ne.us/nwd/center.cfm?pricat=2&subcat=2c&action=boiler
Nevada Bureau of Mines and Geology	http://www.nbmg.unr.edu
New Mexico Bureau of Geology and Mineral Resources	http://geoinfo.nmt.edu
New Mexico Oil Conservation Division	http://www.emnrd.state.nm.us/ocd
North Carolina Geological Survey	http://www.geology.enr.state.nc.us/
North Carolina State Department of Labor Boiler Safety Bureau	http://www.dol.state.nc.us/boiler.htm
North Dakota State Boiler Inspection Program	http://www.state.nd.us/ndins/deptprog/boiler.html
Oklahoma Energy Resources Board	http://www.oerb.com
Oklahoma Marginal Well Commission	http://www.state.ok.us/~marginal
Oregon State Boiler Program	http://www.cbs.state.or.us/bcd/sws/boilerhome.htm
Texas State Boiler Law	http://www.license.state.tx.us/boilers/blrlaw.htm
Texas, Railroad Commission of Texas	http://www.rrc.state.tx.us
Utah State Safety Division	http://www.ind-com.state.ut.us/Safety_Division/safety_division.htm
Wyoming Oil & Gas Conservation Commission	http://wogcc.state.wy.us

Industry Associations	
Boiler and Pressure Vessels	
ABSA - Alberta Boilers Safety Association	http://www.albertaboilers.com
PVRC - Pressure Vessel Research Council	http://www.forengineers.org/pvrc/index.htm
VMA - Valve Manufacturers Association of America	http://www.vma.org
Construction	
AEM - Association of Equipment Manufacturers	http://www.aem.org
CCA - Canadian Construction Association	http://www.cca-acc.com
CCPA - Canadian Concrete Pipe Association	http://www.ccpa.com
CII - Construction Industry Institute	http://construction-institute.org
DCA - Distribution Contractors Association	http://www.dca-online.org
MCAA - Mechanical Contractors Association of America	http://www.mcaa.org
NASTT - North American Society for Trenchless Technology	http://www.nastt.org
NUCA - National Utility Contractors Association	http://www.nuca.com
NUCA - National Utility Contractors Association	http://www.nuca.com
OAA - Ontario Association of Architects	http://www.oaa.on.ca
OAHI - Ontario Associations of Home Inspectors	http://www.oahi.com
PLCA - Pipe Line Contractors Association	http://www.plca.org
RMPCA - Rocky Mountain Pipeline Contractors Association	http://www.rmpca.com
Engineering and Science	
AAES - American Association of Engineering Societies	http://www.aaes.org
ACEC - American Council of Engineering Companies	http://www.acec.org
AIChE - American Institute of Chemical Engineers	http://www.aiche.org
Alberta Synchrotron Institute	http://alpha.asi.ualberta.com/MainPage.htm
Association of Engineers and Architects in Israel	http://www.engineers.org.il
ASAE - American Society of Agricultural Engineers	http://www.asae.org
Bureau International des Poids et Mesures	http://www.bipm.org
CEN - Canadian Engineering Network	http://www.transenco.com

Industry Associations (Continued)	
Engineering and Science (Continued)	
CEO - Consulting Engineers of Ontario	http://www.ceo.on.ca
CTI - Cooling Technology Institute	http://www.cti.org
Electric Power Research Institute	http://www.epri.com
IACET - International Association of Continuing Education and Training	http://www.iacet.org
IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers	http://www.ieee.org
IES - Institute of Environmental Sciences	http://www.bangor.ac.uk/ies/ies.html
IIE - Institute of Industrial Engineers	http://www.iienet.org
ISI - Institute of Scientific Information	http://www.isinet.com
Israel Association for Automatic Control	http://www.technion.ac.il/~iaac
Israel Association for Computational Methods in Mechanics	http://www.iacmm.org.il
Israel Institute of Chemical Engineers	http://www.iiche.org.il
Israeli Society for Medical and Biological Engineering	http://www.eng.tau.ac.il/eng/associations/ISMBE
ITI - Information Technology Institute	http://www.iti.com
NAPE - National Association of Power Engineers	http://www.powerengineers.com
NEIC - National Engineering Information Council	http://www.asee.org/neic
NGVC - Natural Gas Vehicle Coalition	http://www.ngvc.org
RIA - Robotic Industries Association	http://www.robotics.org
Metals and Materials	
AA - Aluminum Association, Inc.	http://www.aluminum.org
AAEC - Asia Aluminum Extrusion Council	http://asia-aec.org
ACI - American Concrete Institute	http://www.aci-int.net
AISE - Association of Iron and Steel Engineers	http://www.aise.org
AISI - American Iron and Steel Institute	http://www.steel.org
BIMRMU - Brockhouse Institute for Materials Research, McMaster University	http://www.science.mcmaster.ca/bimr/general.html
CD - Corrosion Doctors	http://corrosion-doctors.org
CDA - Copper Development Association	http://www.copper.org

Industry Associations (Continued)	
Metals and Materials (Continued)	
CIMM - Canadian Institute for Mining and Metallurgy	http://www.cim.org
CISA - Casting Industry Suppliers Association	http://www.cisa.org
CMI - Cast Metals Institute	http://www.castmetals.com
Corrosion Source	http://www.corrosionsource.com
CSPA - Canadian Steel Producers Association	http://www.canadiansteel.ca
DDC - Diecasting Development Council	http://www.diecasting.org/ddc
DIMG - Ductile Iron Marketing Group	http://www.ductile.org/dimg
FIRST - Foundry Industry Recycling Starts Today	http://www.foundryrecycling.org
ICI - Investment Casting Institute	http://www.investmentcasting.org
ICRI - Iron Casting Research Institute	http://www.ironcasting.org
IISI - International Iron & Steel Institute	http://www.worldsteel.org
ILSR - Institute for Local Self-Reliance	http://www.ilsr.org
IMA - International Molybdenum Association	http://www.imoa.org.uk
IMechE - The Institution of Mechanical Engineers	http://www.imeche.org
IoM - Institute of Materials	http://www.instmat.co.uk
ITA - International Titanium Association	http://www.titanium.org
MTI - Materials Technology Institute of the Chemical Process Industries	http://www.mti-link.org
NADCA - North American Die Casting Association	http://www.diecasting.org
NAPCA - National Association of Pipe Coating Applicators	http://www.napca.com
NASS - National Association of Steel Stockholders	http://www.nass.org.uk/index.htm
NiDI - Nickel Development Institute	http://www.nidi.org
NFFS - Non-Ferrous Founders' Society	http://www.nffs.org
SBI - Swedish Institute of Steel Construction	http://www.algonet.se/~sbi
SFSA - Steel Founders' Society of America	http://www.sfsa.org
SMA - Steel Manufacturers Association	http://steelnet.org/sma/index.html
SRI - Steel Recycling Institute	http://www.recycle-steel.org

Industry Associations (Continued)	
Metals and Materials (Continued)	
SSPC - Steel Structures Painting Council	http://www.sspc.org
Oil and Gas	
AAPG - American Association of Petroleum Geologists	http://www.aapg.org
AGA - American Gas Association	http://www.aga.com
APGA - American Public Gas Association	http://www.apga.org
API - American Petroleum Institute	http://www.api.org
CAODC - Canadian Association of Oil Well Drilling Contractors	http://www.caodc.ca
CAPL - Canadian Association of Petroleum Landmen	http://www.landman.ca
CAPP - Canadian Association of Petroleum Producers	http://www.capp.ca
CEPA - Canadian Energy Pipeline Association	http://www.cepa.com
CGA - Canadian Gas Association	http://www.cga.ca
CGPSA - Canadian Gas Processors Suppliers Association	http://www.cgpsa.com
CHOA - Canadian Heavy Oil Association	http://www.choa.ab.ca
CPSC - Canadian Petroleum Safety Council	http://www.psc.ca
GMRC - Gas Machinery Research Council	http://www.gmrc.org
GPA - Gas Processors Association	http://gasprocessors.com
IADC - International Association of Drilling Contractors	http://www.iadc.org
IGT - Institute of Gas Technology	http://www.igt.org
IP - Institute of Petroleum	http://www.petroleum.co.uk
IPAA - Independent Petroleum Association of America	http://www.ipaa.org
MEA - Midwest Energy Association	http://midwestenergy.org
NGSA - Natural Gas Supply Association	http://ngsa.org
NOIA - The National Ocean Industries Association	http://www.noia.org
NPC - National Petroleum Council	http://www.npc.org
NPGA - National Propane Gas Association	http://www.npga.org
PA - PETROassist.com	http://www.petroassist.com

Industry Associations (Continued)	
Oil and Gas (Continued)	
PCF - Petroleum Communication Foundation	http://www.pcf.ab.ca
PPDM - Public Petroleum Data Model	http://www.ppdm.org
PSAC - Petroleum Services Association of Canada	http://www.psac.ca
PTTC - Petroleum Technology Transfer Council	http://www.pttc.org
SEGA - Southeastern Gas Association	http://www.segas.org
SEPAC - Small Explorers and Producers Association of Canada	http://www.sepac.ca
WSPA - Western States Petroleum Association	http://www.wspa.org
Standards and Quality	
AMRA - Automatic Meter Reading Association	http://www.amra-intl.org
CSA International	http://www.csa-international.org
EECS - Electrical Equipment Certification Service	http://www.hse.gov.uk/eecs
MECS - Mining Equipment Certification Service	http://www.hse.gov.uk/eecs/eecsmecs.htm
MSS - Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry Inc.	http://www.mss-hq.com/
IPQ - Instituto Português da Qualidade	http://www.ipq.pt/
NIST - National Institute of Standards and Technology	http://www.nist.gov/welcome.html
NNI - Netherlands Normalisatie	http://www.nni.nl/
SMRP - Society for Maintenance and Reliability Professionals	http://www.smrp.org/
SSPC - The Society for Protective Coatings	http://www.sspc.org/
USM - Standards and Metrology Institute (Slovenija)	http://www.usm.mzt.si/
Welding	
EWI - Edison Welding Institute	http://www.ewi.org/
HIWT - Hobart Institute of Welding Technology	http://www.welding.org/
PEWI - E O Paton Electric Welding Institute	http://www.stcu.kiev.ua/paton/
RWMA - Resistance Welder Manufacturers' Association	http://www.rwma.org/
TWI - The Welding Institute	http://www.twi.co.uk/

Industry Associations (Continued)	
Welding (Continued)	
WRC - Welding Research Council	http://www.forengineers.org/wrc

Metals Producers	
Nonferrous	
Alcan Aluminium Corporation	http://www.alcan.com
Alcoa Inc.	http://www.alcoa.com
AlcoTec Wire Corporation	http://www.alcotec.com
Brush Wellman Inc.	http://www.brushwellman.com
Coastal Aluminum Rolling Mills Inc.	http://www.coastalum.com
Columbia Falls Aluminum Company	http://www.cfaluminum.com
Deutsche Nickel AG	http://www.deutsche-nickel.de
Hydro Raufoss Automotive, N.A.	http://www.hydro.com
IMCO Recycling Inc.	http://www.imcorecycling.com
Kaiser Aluminum & Chemical Corp.	http://www.kaiseral.com
KB Alloys Inc.	http://www.kballoys.com
Magnesium Alloy Corp	http://www.magnesiumalloy.ca
Milward Alloys Inc.	http://www.milward.com
Minalex Corporation	http://www.minlex.com
Noranda Aluminum Inc.	http://www.noranda.ca
Northwest Aluminum Company	http://www.nwaluminum.com
Ormet Corporation	http://www.ormet.com
Precision Coil, Inc.	http://www.precisioncoil.com
Ritchey Metals Company Inc.	http://www.ritcheymetals.com/
Scepter Inc.	http://www.scepterinc.com
Shieldalloy Metallurgical Corp.	http://www.metallurg.com
Southwire Co.	http://www.southwire.com

Metals Producers (Continued)	
Nonferrous (Continued)	
United Aluminum Corp	http://www.unitedaluminum.com
Valimet Inc.	http://www.valimet.com
Wabash Alloys	http://www.wabashalloys.com
Stainless Steel and Nickel Alloy Producers	
Allegheny Technologies Incorporated	http://www.alleghenytechnologies.com
Inco Limited	http://www.incoltd.com
Inco Special Products	http://www.incospp.com
Krupp Thyssen Nirosta GmbH	http://www.nirosta.de
Krupp VDM GmbH	http://www.kruppvdm.de
LTV Steel	http://www.ltvsteel.com
Rolled Alloys	http://www.rolledalloys.com
Sandvik Steel	http://www.steel.sandvik.com
Special Metals Corporation	http://www.specialmetals.com
Sumitomo Metal Industries	http://www.sumikin.co.jp
Steel and Steel Alloy Producers	
A. Finkl & Sons Company	http://www.finkl.com
ACME Metals Incorporated	http://www.acme-metals.com
AK Steel Corporation	http://www.aksteel.com
Algoma Steel Inc.	http://www.algoma.com
Allegheny Ludlum	http://www.alleghenyludlum.com
Allvac	http://www.allvac.com
Altos Hornos de Mexico, S.A. de C.V.	http://www.ahmsa.com
Ameristeel	http://www.ameristeel.com
Atlas Specialty Steels	http://www.atlassteels.com
Bayou Steel	http://www.bayousteel.com
Berg Steel Pipe Corporation	http://www.bergpipe.com

Metals Producers (Continued)	
Steel and Steel Alloy Producers (Continued)	
Beta Steel Corporation	http://www.betasteelcorp.com/
Bethlehem Steel Corporation	http://www.bethsteel.com
Birmingham Steel	http://www.birminghamsteel.com
California Steel Industries, Inc.	http://www.californiasteel.com
Cargill Steel	http://www.cargillsteel.com
Carpenter Technology Corporation	http://www.cartech.com
Chaparral Steel	http://www.chaparralsteel.com
Chicago Heights Steel	http://www.steelnet.org/chsteel
Citisteel USA, Inc.	http://www.citisteel.com
Cleveland-Cliffs Inc.	http://www.cleveland-cliffs.com
CMC Steel Group	http://www.cmcsg.com
Connecticut Steel	http://www.ctsteelco.com
Copper Development Organization	http://www.copper.org
Co-Steel Raritan	http://www.costeel.com
Deacero, S.A. de C.V.	http://www.deacero.com
Dofasco Inc.	http://www.dofasco.ca
Electralloy	http://www.electralloy.com
G.O. Carlson, Inc.	http://www.gocarlson.com
Gallatin Steel Company	http://www.gallatinsteel.com
Geneva Steel	http://www.geneva.com
Georgetown Steel	http://www.gscrods.com
Granite City Pickling & Warehousing	http://www.gcpw.com
Grupo Villacero	http://www.villacero.com
Harsco Corporation	http://www.harsco.com
Huntco Steel Inc	http://www.huntcosteel.com
Hylsamex, S. A. de C.V.	http://www.hylsamex.com

Metals Producers (Continued)	
Steel and Steel Alloy Producers (Continued)	
IPSCO Inc.	http://www.ipsco.com
Ispat Inland Inc. (Formerly Inland Steel Industries, Inc.)	http://www.inland.com
Ispat International	http://www.ispat.com
Ispat Mexicana, S.A. deIspat Mexicana, S.A. de C.V.	http://www.ispat.co.uk
J&L Specialty Steel, Inc.	http://www.jlspecialty.com
J&L Structural Inc.	http://www.jlstructural.com
Krupp VDM GmbH	http://www.kruppvdm.de/Index.ASP
Marion Steel Co.	http://www.marionsteel.com
McDonald Steel	http://www.mcdonaldsteel.com
Mexinox S.A. de C.V.	http://www.mexinox.com.mx
National Steel Corporation	http://www.nationalsteel.com
North Star Steel	http://www.cargillsteel.com/divisions/nss/nss_index.shtml
Nucor	http://www.nucor.com
Precision Specialty Metals, Inc.	http://www.psm-inc.com
Republic Technologies International	http://www.repsteel.com
Rouge Industries, Inc.	http://www.rougesteel.com
Sandmeyer Steel Company	http://www.sandmeyersteel.com
Sheffield Steel Corp.	http://www.sheffieldsteel.com
Shenango Incorporated	http://www.shenango.com
Slater Steel-Fort Wayne SpecialtyAlloys Div.	http://www.slater.com
Special Metals Corporation	http://www.specialmetals.com
Stelco Inc.	http://www.stelco.com
Sumitomo Metal Industries	http://www.sumitomometals.co.jp/e
Techalloy Company, Inc.	http://www.techalloy.com
The Timken Company	http://www.timken.com
Thyssen Inc., NA	http://www.tincna.com

Metals Producers (Continued)	
Steel and Steel Alloy Producers (Continued)	
United States Steel Corporation	http://www.ussteel.com
USS-POSCO Industries	http://www.uss-posco.com
WCI Steel, Inc.	http://www.wcisteel.com
Weirton Steel Corporation	http://www.weirton.com
Wheeling-Pittsburgh Steel Corporation	http://www.wpsc.com

National Standards Bodies	
AENOR - Asociación Espanola de Normalización y Certificación	http://www.aenor.es
AFNOR - Association Française de Normalisation	http://www.afnor.fr
ANSI - American National Standards Institute	http://www.ansi.org
ASTM - American Society for Testing and Materials	http://www.astm.org
BSI - British Standards Institute	http://www.bsi-global.com
CEN - Comité Européen de Normalisation (European Committee For Standardization)	http://www.cenorm.be
CSA - Canadian Standards Association	http://www.csa.ca
CSNI - Czech Republic	http://www.csni.cz
DIN - Deutsches Institut fur Normung	http://www.din.de
DS - Dansk Standard	http://www.ds.dk
DSP - US Military Defence Standardization Program	http://www.dsp.dla.mil/
ELOT - Hellenic Organization for Standardization	http://www.elot.gr
ETSI - European Telecommunications Standards Institute	http://www.etsi.fr
IBN - Institut Belge De Normalisation	http://www.ibn.be
IPQ - Instituto Português da Qualidade	http://www.ipq.pt
ISO - International Organization for Standardization	http://www.iso.org
IST - Icelandic Standards	http://www.stri.is
JISC - Japanese Industrial Standards Committee	http://www.jisc.go.jp

National Standards Bodies (Continued)	
JSA - Japanese Standards Association	http://www.jsa.or.jp
NIST - National Institute of Standards and Technology	http://www.nist.gov/welcome.html
NNI - Netherlands Normalisatie Instituut	http://www.nni.nl
NORSOK - Norsk Sokkels Konkuranseposisjon (Norway)	http://www.nts.no
NSAI - National Standards Authority of Ireland	http://www.nsai.ie
NSF - Norges Standardiseringsforbund (Norway)	http://www.standard.no
NTS - Norsk Teknologisenter	http://www.nts.no
ON - Österreichisches Normungsinstitut (Austrian Standards Institute)	http://www.on-norm.at
SA - Standards Australia	http://www.standards.com.au
SASO - Saudi Arabian Standards Organisation	http://www.saso.org
SCC - Standards Council of Canada	http://www.scc.ca
SFS - Suomen Standardisoimisliitto r.y. (Findland)	http://www.sfs.fi
SIRIM - Berhad (Malaysia)	http://www.sirim.my
SIS - Standardiseringen i Sverige	http://www.sis.se
SNV - Swiss Association for Standardization	http://www.snv.ch
SNZ - Standards New Zealand	http://www.standards.co.nz
SPRING - Standards, Productivity and Innovation for Growth (Singapore)	http://www.spring.gov.sg
UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione	http://www.unicei.it

Scientific Data and Units	
Materials	
Crystal Lattice Structures - Institut Laue-Langevin	http://www.ill.fr/dif/3D-crystals
Crystal Lattice Structures - US Naval Research Laboratory	http://cst-www.nrl.navy.mil/lattice
Material Physics Theory - US Naval Research Laboratory	http://cst-www.nrl.navy.mil/gallery
Material Properties - Apache Point Observatory	http://www.apo.nmsu.edu/Telescopes/SDSS/eng.papers/onFactors/19950926_MProperties.html
Material Properties - Crucible Materials Corporation	http://www.cruciblesservice.com

Scientific Data and Units (Continued)	
Materials (Continued)	
Material Properties for Composites - MIL-17	http://www.mil17.org
Material Properties - Ferro Ceramic Grinding Inc.	http://www.ferroceramic.com/tables/t_01.htm
Material Properties - MatWeb	http://www.matls.com/search/SearchProperty.asp
Material Properties - Plastics USA	http://www.plasticsusa.com/matchar.html
Material Properties- Swedish Ceramics Institute	http://www.keram.se/ke00007.htm
Material Properties, Periodic Table - Atlantic Equipment Engineers	http://www.micronmetals.com
Material Properties, Unit Conversion, Periodic Table, Formulas - eFunda (Engineering Fundamentals)	http://www.efunda.com
Material Properties, Unit Conversion, Periodic Table - Metal Suppliers Online	http://www.suppliersonline.com/research
Material Properties, Unit Conversion, Periodic Table - Principle Metals Online	http://www.principalmetals.com
Material Properties, Unit Conversion, Thermodynamics Data - MAYA	http://www.mayahtt.com/tmwiz/default.htm
Materials Properties Databases - CINDAS (Purdue University)	http://mpho.www.ecn.purdue.edu/MPHO/CRDA_Handbooks
Material Properties Databases - NIST	http://www.nist.gov/srd/materials.htm
Mechanical Properties - Online Metals	http://www.onlinemetals.com/property_search.cfm?step=1
Metalurgical Data, Glossary, Unit Conversion - Timken	http://www.timken.com/timken_ols/steel/handbook
Metalurgical Data, Periodic Table, Unit Conversion - All Metals & Forge	http://www.steelforge.com/infoservices/infoservices.asp
Phase Diagrams - Georgia Tech ASM/TMS Joint Student Chapter	http://cyberbuzz.gatech.edu/asm_tms/phase_diagrams
Phase Diagrams - Scientific Group Thermodata Europe	http://klara.met.kth.se/pd
Plastics - Material Selection Guides	http://www.endura.com
Surfaces of Materials Database - National Institute of Standards and Technology	http://www.nist.gov/srd/surface.htm
Thermoplastic Material Selection Guide - Actech Inc.	http://www.actech-inc.com/engmrgt.htm
Unit Conversion, Periodic Table, and other Scientific References - PhysLink.com	http://www.physlink.com/Reference/Index.cfm

Scientific Data and Units (Continued)	
Periodic Tables	
All Metals & Forge	http://www.steelforge.com/infoservices/infoservices.asp
Metal Suppliers Online	http://www.suppliersonline.com/research
Atlantic Equipment Engineers	http://www.micronmetals.com
eFunda	http://www.efunda.com
Principle Metals Online	http://www.principalmetals.com
PhysLink.com	http://www.physlink.com/Reference/PeriodicTable.cfm
Web Elements	http://www.webelements.com
Physics	
Atomic and Molecular Physics Databases - NIST	http://www.nist.gov/srd/phys.htm
Ionization, Nuclear Physics, and Condensed Matter Data - NIST	http://physics.nist.gov/PhysRefData/contents-misc.html
Molecular Spectroscopic Data - NIST	http://physics.nist.gov/PhysRefData/contents-mol.html
Physical Constants - NIST	http://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html
Physical Reference Data - NIST	http://physics.nist.gov/PhysRefData/contents.html
X-Ray and Gamma-Ray Data – NIST	http://physics.nist.gov/PhysRefData/contents-xray.html
X-ray Data - Berkeley Laboratories	http://www-cxro.lbl.gov/optical_constants
Units of Measurement	
Definitions, Conversions - The Foot Rule	http://www.omnis.demon.co.uk
Definitions, Conversions, History - Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)	http://www.bipm.fr
Definitions, Conversions, History - Centre for Innovation in Mathematics Teaching	http://www.ex.ac.uk/cimt/dictunit/dictunit.htm
Definitions, Conversions, History - Center for Mathematics and Science Education	http://www.unc.edu/~rowlett/units/index.html
Definitions, Conversions, History of English Weights and Measures	http://home.clara.net/brianp
Definitions, Conversions, History of International System of Units (SI) - NIST	http://physics.nist.gov/cuu/Units/index.html
Legal Information on Weights, Measures, and Standard Time - Cornell University	http://www.law.cornell.edu/uscode/15/ch6.html

Scientific Data and Units (Continued)	
Units of Measurement - Uncertainty	
Essentials of Expressing Measurement Uncertainty - NIST	http://physics.nist.gov/cuu/Uncertainty/index.html
European Co-operation for Accreditation - Expressions of the Uncertainty of Measurements in Calibration	http://www.european-accreditation.org/documents.html#EA4
Expression of Uncertainty in Measurement - Teknologisk Institut	http://www.gum.dk
Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement - Metrodata GmbH	http://www.metrodata.de
Uncertainty Analyzer Software - QUAMETEC Corp.'s	http://www.quametec.com/UA.htm

Standards Associations, Societies and Boards	
A-Pex International (Japan)	http://www.a-pex.co.jp
A2LA - American Association for Laboratory Accreditation	http://www.a2la2.net
ABINEE - Brazilian Electrical & Electronic Equipment Industry Association	http://www.abinee.org.br
ABNT - Associacion Brasileira de Normas Technicas	http://www.abnt.org.br
ABS - American Bureau of Shipping	http://www.eagle.org
ACIL - American Council of Independent Laboratories	http://www.acil.org
MTL-ACTS Testing Labs	http://www.mtl-acts.com
ADLNB - Association of Designated Laboratories & Notified Bodies(Telecom)	http://www.adlnb.com
ANCE - Asociacion Nacional de Normalizacion y Certificacion del Sector Electrico (Mexico - in Spanish)	http://rtn.net.mx/ance
APAVE - (France)	http://www.apave.com
ASME - American Society of Mechanical Engineers	http://www.asme.org
ASSE - American Society of Safety Engineers	http://www.asse.org
ASTM - American Society for Testing and Materials	http://www.astm.org
BEAB - British Electrotechnical Approvals Board	http://www.beab.co.uk
BEC - Belgian Electrotechnical Committee	http://www.bec-ceb.be
BIS - Bureau of Indian Standards	http://www.bis.org.in
BMSI - Bureau of Standards, Metrology and Inspection (Taiwan)	http://www.bsmi.gov.tw/english/e_n_hpg.htm

Standards Associations, Societies and Boards (Continued)	
CANENA - Council for Harmonization of Electrotechnical Standardization of the Nations of the Americas	http://www.canena.org
CCIC - China National Import and Export Commodities Inspection Corp.	http://www.ccic.com
CCL - Communication Certification Laboratory	http://www.cclab.com
CCPS - Center for Chemical Process Safety	http://www.aiche.org/ccps
CDRH - Center for Devices and Radiological Health (FDA)	http://www.fda.gov/cdrh/index.html
CEPEL - Centro de Pequisas de Energia Electrica (Brazil)	http://www.cepel.br
CESI - China Electronic Standardization Institute	http://www.cesi.ac.cn
CPSC - US Consumer Product Safety Commission	http://www.cpsc.gov
CSBTS - China State Bureau of Technical Supervision	http://www.csbts.cn.net/english/index.htm
CSA - Canadian Standards Association International	http://www.csa-international.org
CSCE - Canadian Society for Civil Engineering	http://www.csce.ca
DZNM - State Office for Standardization and Metrology (Croatia)	http://www.dznm.hr
ECMA - European Organization for Standardizing Information & Communication Systems	http://www.ecma.ch
EFTA - European Free Trade Association	http://www.efta.int/structure/main/index.html
ENEC - European Norms Electrical Certification	http://www.enec.com
ETSI - European Telecommunications Standards Institute	http://www.etsi.fr
Europort - Standards Publication Source	http://www.europort.com
FONDONORMA - Standards and Certification Organization (Venezuela)	http://www.fondonorma.org.ve
NETC - National Electronics Testing Centre (Ireland)	http://www.netc.ie
Global Engineering Documents	http://www.global.ihs.com
Gosstandart of Russia - State Committee of the Russion Federation for Standardization and Metrology	http://www.gost.ru
HART Communication Foundation	http://www.hartcomm.org
Hydraulic Institute	http://www.pumps.org
IAEI - International Association of Electrical Inspectors	http://www.iaei.org

Standards Associations, Societies and Boards (Continued)	
IEC - International Electrotechnical Commission	http://www.iec.ch
IECEE - International Electrotechnical Commission of Electrical Equipment	http://www.iecee.org
IETF - The Internet Engineering Task Force	http://www.ietf.org
IHS - Information Handling Services	http://www.ihs.com/
IMQ - Instituto Italiano Del Marchio Di Qualita' (Italy)	http://www.imq.it
INEN - Instituto Ecuatoriano de Normalizacion (Ecuador)	http://www.inen.gov.ec
INN - Instituto Nacional de Normalización (Chile)	http://www.inn.cl
IPQ - Instituto Português da Qualidade (Portugal)	http://www.ipq.pt
IPT - Instituto de Pequisas Technologicas (Brazilian Test Lab)	http://www.ipt.br
IRAM - Instituto Argentino de Normalización (Argentinea)	http://www.iram.com.ar
ISA - Intrumentation, Systems and Automation Society	http://www.isa.org
ISO - International Standards Organization	http://www.iso.ch
IST - Icelandic Standards (Iceland)	http://www.stri.is
ITIC - Information Technology Industry Council	http://www.itic.org
JIS - Japan Industrial Standards Committee	http://www.jisc.org
KEBS - Kenya Bureau of Standards	http://www.kebs.org
LIA - Laser Institute of America	http://www.laserinstitute.org/safety_bulletin/lsib/index.htm
MSHA - Mine Safety and Health Administration	http://www.msha.gov
MSS - Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry Inc.	http://www.mss-hq.com
MSZT - Magyar Szabványügyi Testület (Hungary)	http://www.mszt.hu
NACLA - National Cooperation for Laboratory Accreditation	http://www.nacla.net
NBIC - National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors	http://www.nationalboard.org
NEC - Mike Holt's NEC Internet Connection	http://www.mikeholt.com
NEC - Newton's International Electrical Journal (NEC and related matters)	http://www.electrician.com
NEMA - National Electrical Manufacturer's Association	http://www.nema.org
NESF - National Electrical Safety Foundation (U.S.)	http://www.nesf.org

Standards Associations, Societies and Boards (Continued)	
NFPA - National Fire Protection Association	http://www.nfpa.org
NHTSA - National Highway Transportation Safety Agency (U.S.)	http://www.nhtsa.dot.gov
NIST - National Institute of Standards & Technology (Website)	http://www.nist.gov
NLSI - National Lightning Safety Institute	http://www.lightningsafety.com
NPL - National Physical Laboratory (U.K.)	http://www.npl.co.uk
NRTL - Nationally Recognized Testing Labs (includes scope of recognitions)	http://www.osha-slc.gov/dts/otpca/nrtl/index.html
NSAI - National Standards Authority of Ireland	http://www.nsai.ie
NSC - National Safety Council	http://www.nsc.org
NSF - Norges Standiseringsforbund (Norway)	http://www.standard.no
NSSN - National Standards System Network	http://www.nssn.org
NTSSS - North Texas System Safety Society	http://www.flash.net/~rcade
OSHA - Occupational Safety and Health Administration	http://www.osha.gov
PTB - Physikalisch Technische Bundesanstalt (Germany)	http://www.ptb.de
SABS - South African Bureau of Standards	http://www.sabs.co.za
SAQI - State Administration of Import and Export Commodity Inspection of the P.R.C. (China)	http://www.ciq.gov.cn
SCC - Standards Council of Canada	http://www.scc.ca
SEE - Service de l'Energie de l'Etat (Luxembourg)	http://www.etat.lu/SEE
SEMI - Semiconductor Equipment and Materials International	http://www.semi.org
SES - Standards Engineering Society	http://ses-standards.org
SESKO - Finnish Electrotechnical Standards Association (Findland)	http://www.sesko.fi/english.htm
SEV - Swiss Electrotechnical Association	http://www.sev.ch
SFS - Suomen Standardisoimisliitto r.y. (Findland)	http://www.sfs.fi
SII - Standards Institution of Israel	http://www.iso.co.il/sii
SIRIM - Berhad (Malaysia)	http://www.sirim.my
SMIS - Standards & Metrology Institute of Slovenia	http://www.usm.mzt.si
SNV - Schweizerische Normen Vereinigung (Switzerland)	http://www.snv.ch

Standards Associations, Societies and Boards (Continued)	
SP - Swedish National Testing & Research Institute	http://www.sp.se
SPRING - Standards, Productivity and Innovation for Growth (Singapore)	http://www.spring.gov.sg
SSS - System Safety Society	http://www.system-safety.org
STAMEQ - Directorate for Standards and Quality (Vietnam)	http://www.tcvn.gov.vn
Standards Australia	http://www.standards.com.au
FICORA - Finnish Communications Regulatory Authority (Finland)	http://www.ficora.fi
TISI - Thai Industrial Standards Institute	http://www.tisi.go.th/
TÜV America	http://www.tuvam.com
UBS - Uganda Bureau of Standards	http://www.unbs.org
UNI - Italian National Standards Body	http://www.unicei.it
UTE - Union technique de l'Electricite (France)	http://www.ute-fr.com
VDE - Verband Der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (Germany)	http://www.vde.com
VNIIS - All-Russian Scientific and Research Institute for Certification of GOSSTANDARDT of Russia	http://www.vniis.ru
WSSN - World Standards Services Network	http://www.wssn.net

پیوست 3

برخی از استانداردهای اروپایی مرتبط با فلزات

EN 1369	**Founding; magnetic particle inspection**
EN 1370	**Founding; surface roughness inspection by visualtactile comparators**
EN 1371-1	**Founding; liquid penetrant inspection; part 1: sand, gravity die and low pressure die castings**
EN 1559-1	**Founding - Technical conditions of delivery - Part 1: General**
EN 1559-2	**Founding - Technical conditions of delivery - Part 2: Additional requirements for steel castings**
EN 1559-3	**Founding - Technical conditions of delivery - Part 3: Additional requirements for iron castings**
EN 1559-5	**Founding - Technical conditions of delivery - Part 5: Additional requirements for magnesium alloy castings**
EN 1560	**Founding - Designation system for cast iron - Material symbols and material numbers**
EN 1561	**Founding - Grey cast irons**
EN 1562	**Founding - Malleable cast irons**
EN 1563	**Founding - Spheroidal graphite cast irons**
EN 1564	**Founding - Austempered ductile cast irons**
EN 12454	**Founding - Visual examination of surface disccontinuities - Steel and castings**
EN 10001	**Definition and classification of pig - irons**
EN 10016 - 1	**Non - alloy steel rod for drawing and/or cold rolling - Part 1: General requirements**
EN 10016 - 2	**Non - alloy steel rod for drawing and/or cold rolling - Part 2: Specific requirements for general purposes rod**
EN 10016 - 3	**Non - alloy steel rod for drawing and/or cold rolling - Part 3: Specific requirements for rimmed and rimmed substitute low carbon steel rod**
EN 10016 - 4	**Non - alloy steel rod for drawing and/or cold rolling - Part 4: Specific requirements for rod for special applications**
EN 10020	**Definition and classification of grades of steel**
EN 10020 / AC	**Determination and classification of grades of steel; amendment to EN 10020: 1988**
EN 10021	**General technical delivery requirements for steel and iron products**
EN 10024	**Hot rolled taper flange I sections - Tolerances on shape and dimensions**
EN 10025	**Hot rolled products of non -alloy structural steels; technical delivery conditions (includes amendment A1: 1993)**
EN 10027 - 1	**Designation systems for steels; part 1: steel names, principal symbols**
EN 10027 - 2	**Designation systems for steels; part 2: numerical system**
ECISS/IC 10	**Designation systems for steel: Additional symbols for steel names**

EN 10028 - 1	**Flat products made of steels for pressure purposes; part 1: general requirements**
EN 10028 - 2	**Flat products made of steels for pressure purposes; part 2: non - alloy and alloy steels with specified elevated temperature properties**
EN 10028 - 3	**Flat products made of steels for pressure purposes; part 3: weldable fine grain steels, normalized**
EN 10028 - 4	**Flat products made of steels for pressure purposes; part 4: Nickel alloy steels with specified low temperature properties**
EN 10028 - 5	**Flat products made of steels for pressure purposes; part 5: weldable fine grain steels, thermomechanically rolled**
EN 10028 - 6	**Flat products made of steels for pressure purposes; part 6: weldable fine grain steels, quenched and tempered**
EN 10029	**Hot rolled steel plates 3 mm thick or above; tolerances on dimensions, shape and mass**
EN 10029/AC	**Hot rolled steel plates 3 mm thick or above; tolerances on dimensions, shape and mass**
EN 10034	**Structural steel I and H sections; tolerances on shape and dimensions**
EN 10048	**Hot rolled narrow steel strip - Tolerances on dimensions and shape**
EN 10051	**Continuously hot - rolled uncoated plate, sheet and strip of non - alloy and alloy steels; tolerances on dimensions and shape**
EN 10051/A1	**Continuously hot - rolled uncoated plate, sheet and strip of non - alloy and alloy steels; tolerances on dimensions and shape**
EN 10052	**Vocabulary of heat treatment terms for ferrous products**
EN 10055	**Hot rolled steel equal flange tees with radiused root and toes - Dimensions and tolerances on shape and dimensions**
EN 10056	**Structural steel equal and unequal leg angles; tolerances on shape and dimensions**
EN 10056 - 1	**Structural steel equal and unequal leg angles - Part 1: Dimensions**
EN 10056 - 2	**Structural steel equal and unequal leg angles; part 2: tolerances on shape and dimensions**
EN 10067	**Hot rolled bulb flats; dimensions and tolerances on shape and dimensions**
EN 10079	**Definition of steel products**
ENV 10080	**Steel for the reinforcement of concrete - Weldable ribbed reinforcing steel B 500 - Technical delivery conditions for bars, coils and welded fabric**
EN 10083 - 1	**Quenched and tempered steels; part 1: technical delivery conditions for special steels**
EN 10083 - 1/A1	**Quenched and tempered steels - Part 1: Technical delivery conditions for special steels**
EN 10083 - 2	**Quenched and tempered steels - Part 2: Technical delivery conditions for unalloyed quality steels**

EN 10083 - 2/A1	**Quenched and tempered steels - Part 2: Technical delivery conditions for unalloyed quality steels**
EN 10083 - 3	**Quenched and tempered steels - Part 3: Technical delivery conditions for boron steels**
EN 10084EN 10087	**Case hardening steels - Technical delivery conditionsFree - cutting steels - Technical delivery conditions for semi - finished products, hot rolled bars and rods**
EN 10088 - 1	**Stainless steels - Part 1: List of stainless steels**
EN 10088 - 2	**Stainless steels - Part 2: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip for general purposes**
EN 10088 - 3	**Stainless steels - Part 3: Technical delivery conditions for semi - finished products, bars, rods and sections for general purposes**
EN 10095	**Heat - resisting steels and alloys**
EN 10106	**Cold rolled non - oriented electrical steel sheet and strip delivered in fully processed state**
EN 10107	**Grain - oriented electrical steel sheet and strip delivered in fully processed state**
EN 10111	**Continuously hot-rolled low carbon steel sheet and strip for cold bending; technical delivery conditions**
EN 10113 - 1	**Hot-rolled products in weldable fine grain structural steels; part 1: general delivery conditions**
EN 10113 - 2	**Hot-rolled products in weldable fine grain structural steels; part 2: delivery conditions for normalized/normalized rolled steels**
EN 10113 - 3	**Hot-rolled products in weldable fine grain structural steels; part 3: delivery conditions for thermomechanical rolled steels**
EN 10120	**Steel sheet and strip for welded gas cylinders**
EN 10126	**Cold rolled electrical non-alloyed steel sheet and strip delivered in semi-processed state**
EN 10130	**Cold rolled low carbon steel flat products for cold forming; technical delivery conditions**
EN 10130/A1	**Cold rolled low carbon steel flat products for cold forming; - Technical delivery conditions**
EN 10137 - 2	**Plates and wide flats made of high yield strength structural steels in the quenched and tempered or precipitation hardened conditions - Part 2: Delivery conditions for quenched and tempered steels**
EN 10131	**Cold rolled uncoated low carbon high yield strength steel flat products for cold forming;tolerances on dimensions and shape**
EN 10137 - 1	**Plates and wide flats made of high yield strength structural steels in the quenched and tempered or precipitation hardened conditions - Part 1: General delivery conditions**
EN 10137 - 2	**Plates and wide flats made of high yield strength structural steels in the quenched and tempered or precipitation hardened conditions -**

	Part 2: Delivery conditions for quenched and tempered steels
EN 10137 - 3	**Plates and wide flats made of high yield strength structural steels in the quenched and tempered or precipitation hardened conditions - Part 3: Delivery conditions for precipitation hardened steels**
EN 10138 - 1	**Prestressing steels; part 1: general requirements**
EN 10138 - 2	**Prestressing steels; part 2: stress relieved cold drawn wire**
EN 10138 - 3	**Prestressing steels; part 3: strand**
EN 10138 - 4	**Prestressing steels; part 4: hot rolled and processed bars**
EN 10138 - 5	**Prestressing steels; part 5: quenched and tempered wire**
EN 10139	**Cold rolled uncoated mild steel narrow strip for cold forming; technical delivery conditions**
EN 10140	**Cold rolled narrow steel strip; tolerances on dimensions and shape**
EN 10142	**Continously hot-dip zinc coated low carbon steel sheet and strip for cold forming; technical delivery conditions**
EN 10143	**Continously hot-dip metal coated steel sheet and strip; tolerances on dimensions and shape**
EN 10147	**Continously hot-dip zinc coated unalloyed structural steel sheet and strip; technical delivery conditions**
EN 10147/A1	**Continously hot-dip zinc coated structural steel strip and sheet - Technical delivery conditions; Amendment A1**
EN 10149 - 1	**Hot rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming - Part 1: General delivery conditions**
EN 10149 - 2	**Hot rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming - Part 2: Delivery conditions for thermomechanically rolled steels**
EN 10149 - 3	**Hot rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming - Part 3: Delivery conditions for normalized or normalized rolled steels**
EN 10152	**Electrolytically zinc coated cold rolled steel flat products; technical delivery conditions**
EN 10154	**Continuously hot-dip aluminium-silicon (AS) coated steel strip and sheet - Technical delivery conditions**
EN 10155	**Structural steels with improved atmospheric corrosion resistance; technical delivery conditions**
EN 10163 - 1	**Delivery requirements for surface condition of hot rolled steel plates, wide flats and sections; part 1: general requirements**
EN 10163 - 2	**Delivery requirements for surface condition of hot rolled steel plates, wide flats and sections; part 2: plate and wide flats**
EN 10163 - 3	**Delivery requirements for surface condition of hot rolled steel plates, wide flats and sections; part 3: sections**
EN 10163 - 4	**Delivery requirements for surface quality of hot rolled steel products; part 4: round bars and wire rod**

EN 10164	**Steel products with improved deformation properties perpendicular of the product; technical delivery conditions**
EN 10165	**Cold rolled electrical alloyed steel sheet and strip delivered in semi - processed state**
EN 10169 - 1	**Continuously organic coated steel flat products - Part 1: General information (definitions, materials, tolerances, test methods)**
EN 10169 - 2	**Continuously organic coated (coil coated) steel flat products - Part 2: Products for building exterior applications**
EN 10173	**Double cold reduced electrolytic chromium/chromium oxide coated steel; coil for subsequent cutting into sheets**
EN 10202	**Cold reduced electrolytic chromium/chromium oxide coated steel**
EN 10203	**Cold reduced electrolytic tinplate**
EN 10204	**Metallic products; types of inspection documents**
EN 10204/A1	**Metallic products-Types of inspection documents; Amendment A1**
EN 10205	**Cold reduced blackplate in coil form for the production of tinplate or electrolytic chromium/chromium oxide coated steel**
EN 10207	**Steels for simple pressure vessels; technical delivery requirements for plates, strips and bars**
EN 10208 - 1	**Steel pipes for pipe lines for combustible fluids; technical delivery conditions; part 1: pipes of requirement class A**
EN 10208 - 2	**Steel pipes for pipe lines for combustible fluids; technical delivery conditions; part 2: pipes of requirement class B**
EN 10209	**Cold rolled low carbon steel flat products for vitreous enamelling - Technical delivery conditions**
EN 10210 - 1	**Hot finished structural hollow sections of non - alloy and fine grain structural steels; part 1: technical delivery requirements**
EN 10210 - 2	**Hot finished structural hollow sections of non - alloy and fine grain structural steels; part 2: tolerances, dimension and sectional properties**
EN 10213 - 1	**Technical delivery conditions for steel castings for pressure purposes - Part 1: General**
EN 10213 - 2	**Technical delivery conditions for steel castings for pressure purposes - Part 2: Steel grades for use at room temperature and elevated temperatures**
EN 10213 - 3	**Technical delivery conditions for steel castings for pressure purposes - Part 3: Steel grades for use at low temperatures**
EN 10213 - 4	**Technical delivery conditions for steel castings for pressure purposes - Part 4: Austenitic and austenitic - ferritic steel grades**
EN 10214	**Continuously hot-dip zinc-aluminium (ZA) coated steel strip and sheet - Technical delivery conditions**
EN 10215	**Continuously hot-dip aluminium-zinc (AZ) coated steel strip and sheet - Technical delivery conditions**

EN 10216-1	**Seamless steel tubes for pressure purposes; technical delivery conditions; part 1: non-alloy steel with specified room temperature properties**
EN 10217 - 1	**Welded steel tubes for pressure purposes; technical delivery conditions; part 1: non -alloy steel with specified room temperature properties**
EN 10218 - 1EN 10218 - 2	**Steel wire and wire products; general; part 1: test methodsSteel wire and wire products; general; part 2: wire dimensions and tolerances**
EN 10219 - 1	**Cold formed structural hollow sections of non-alloy and fine grain structural steels; part 1: technical delivery requirements**
EN 10219 - 2	**Cold formed structural hollow sections of non-alloy and fine grain structural steels; part 2: tolerances, dimensions and sectional properties**
ENV 10220	**Seamless and welded steel tubes; dimensions and masses per unit length**
EN 10221	**Surface quality classes for hot-rolled bars and rods - Technical delivery conditions**
EN 10222 - 1	**Steel forgings for pressure purposes - Part 1: General requirements for open die forgings**
EN 10222 - 3	**Steel forgings for pressure purposes - Part 3: Ferritic and martensitic steels with elevated temperature properties**
EN 10222 - 4	**Steel forgings for pressure purposes - Part 4: Nickel steels with specified low temperature properties**
EN 10222 - 5	**Steel forgings for pressure purposes - Part 5: Fine grain steels with high proof stress**
EN 10222 - 6	**Steel forgings for pressure purposes - Part 6: Austenitic, martensitic and austenitic-ferritic stainless steels**
EN 10223 - 1	**Steel wire and wire products for fences; part 1: zinc and zinc-alloy coated steel barbed wire**
EN 10223 - 2	**Steel wire and wire products for fences; part 2: hexagonal steel wire netting for agricultural, insulation, and fencing purposes**
EN 10223 - 3	**Steel wire and wire products for fences; part 3: hexagonal steel wire netting for engineering purposes**
EN 10223 - 4	**Steel wire and wire products for fences - Part 4: Steel wire welded mesh fencing**
EN 10223 - 5	**Steel wire and wire products for fences - Part 5: Steel wire woven hinged joint and knotted joint stock fencing**
EN 10223 - 6	**Steel wire and wire products for fences - Part 6: Steel wire chain link fencing**
EN 10224	**Steel tubes and fittings for the conveyance of aqueous liquids including water for human consumption**
EN 10225	**Weldable structural steels for fixed offshore structures**

EN 10226 - 1	**Pipe threads where pressure tight joints are made on the threads - Part 1: Designation, dimensions and tolerances**
EN 10229	**Evaluation of resistance of steel products to hydrogen induced cracking (HIC)**
EN 10230	**Steel wire and wire products; common, special and loose feed stock steel wire machine nails**
EN 10238	**Automatically blast cleaned and primed steel products**
EN 10240	**Internal and/or external protective coatings for steel tubes - Specification for hot dip galvanized coatings**
EN 10241	**Threaded steel fittings**
EN 10242	**Threaded pipe fitting in malleable cast iron**
EN 10243 - 1	**Steel drop and press forgings - Tolerances on dimensions**
EN 10243 - 2	**Steel upset forgings made on horizontal forging machines - Tolerances on dimensions**
EN 10244 - 1	**Steel wire and wire products - Non-ferrous metallic coatings on steel wire - Part 1: General principles**
EN 10244 - 2	**Steel wire and wire products - Non-ferrous metallic coatings on steel wire - Part 2: Zinc or zinc alloy coatings on steel wire**
EN 10244 - 3	**Steel wire and wire products - Non-ferrous metallic coatings on steel wire - Part 3: Aluminium coatings**
EN 10244 - 4	**Steel wire and wire products - Non-ferrous metallic coatings on steel wire - Part 4: Tin coatings**
EN 10244 - 5	**Steel wire and wire products - Non-ferrous metallic coatings on steel wire - Part 5: Nickel coatings**
EN 10244 - 6	**Steel wire and wire products - Non-ferrous metallic coatings on steel wire - Part 6: Copper, bronze or brass coatings**
EN 10245 - 1	**Steel wire and wire products - Organic coatings on wire -Part 1: General rules**
EN 10245 - 2	**Steel wire and wire products - Organic coatings on wire -Part 2: PVC coated wire**
EN 10245 - 3	**Steel wire and wire products - Organic coatings on wire -Part 3: PE coated wire**
EN 10248 - 1	**Hot rolled sheet piling of non alloy steels - Part 1: Technical delivery conditions**
EN 10248 - 2	**Hot rolled sheet piling of non alloy steels - Part 2: Tolerances on shape and dimensions**
EN 10249 - 1	**Cold formed sheet piling of non alloy steels - Part 1: Technical delivery conditions**
EN 10249 - 2	**Cold formed sheet piling of non alloy steels - Part 2: Tolerances on shape and dimensions**
EN 10253 - 1	**Butt; welding pipe fittings wrought carbon steel without specific inspection requirements**

EN 10254	**Steel closed die forgings - General technical delivery conditions**
EN 10255	**Non-alloy steel tubes suitable for welding or threading**
EN 10257 - 1	**Zinc or zinc alloy coated low carbon steel wire for armouring cables - Part 1: Land cables**
EN 10257 - 2	**Zinc or zinc alloy coated low carbon steel wire for armouring cables - Part 2: Submarine cables**
EN 10267	**Ferritic-pearlitic engineering steels for precipitation hardening from hot-working temperatures**
EN 10268	**Cold-rolled flat products made of high field strength steels for cold forming - General delivery conditions**
EN 10271	**Electrolyticaly zinc-nickel (ZN) coated cold roled steel flat products - Tehnical delvery conditions**
EN 10283	**Corrosion resistant steel casting**
EN 10284	**Malleable cast iron fittings with commresion ends for plastics piping system**
EN 10285	**Steel tubes and fittings for on and offshore pipelines - External three layer extruded polyethylene based coating**
EN 10286	**Steel tubes and fittings for on and offshore pipelines - External three layer extruded polypropylene based coatings**
EN 10287	**Steel tubes and fittings for on and offshore pipelines - External fused polyethylene based coatings**
EN 10288	**Steel tubes and fittings for on and offshore pipelines - External two layer extruded polyethylene based coatings**
EN 20049 - 01	**Melleable cast iron threaded pipe fittings; part 1: fittings with parallel internal and taper external threads in accordance with ISO 7-1**
EN 29658	**Steel; determination of aluminium content; flame atomic absorption spectrometric method (ISO 9658 :1990)**
EN ISO 945	**Cast iron - Designation of microstructure of graphite (ISO 945 : 1975)**
EN ISO 1127	**Stainless steel tubes - Dimensions, tolerances and conventional masses per unit length**
EN ISO 3785	**Steel - Designation of test piece axes (ISO 3785 : 1976)**
EN ISO 8434 - 1	**Metallic tube connections for fluid power and general use - Part 1: 24 < Grad > compression fittings (ISO 8434-1:1994)**
EN ISO 10380	**Corrugated flexible metallic hose and hose assemblies (ISO 10380 : 1994)**

پیوست 4

استانداردهای ASTM مرتبط با لوله، تیوب و اتصالات

STEEL PIPES

A53	**Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless**
A74	**Specification for Cast Iron Soil Pipe and Fittings**
A106	**Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service**
A126	**Specification for Grey Iron Castings for Valves, Flanges, and Pipe Fittings**
A134	**Specification for Pipe, Steel, Electric-Fusion (Arc)-Welded (Sizes NPS 16 and Over)**
A135	**Specification for Electric-Resistance-Welded Steel Pipe**
A139	**Specification for Electric-Fusion (Arc)-Welded Steel Pipe (NPS 4 and Over)**
A182	**Specification for Forged or Rolled Alloy-Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service**
A252	**Specification for Welded and Seamless Steel Pipe Piles**
A312	**Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Pipes**
A333	**Specification for Seamless and Welded Steel Pipe for Low-Temperature Service**
A335	**Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service**
A338	**Specification for Malleable Iron Flanges, Pipe Fittings, and Valve Parts for Railroad, Marine, and Other Heavy Duty Service at Temperatures Up to 650°F (345°C)**
A358	**Specification for Electric-Fusion-Welded Austenitic Chromium-Nickel Alloy Steel Pipe for High-Temperature Service**
A369	**Specification for Carbon and Ferritic Alloy Steel Forged and Bored Pipe for High-Temperature Service**
A376	**Specification for Seamless Austenitic Steel Pipe for High-Temperature Central-**

	Station Service
A377	Index of Specifications for Ductile-Iron Pressure Pipe
A409	Specification for Welded Large Diameter Austenitic Steel Pipe for Corrosive or High-Temperature Service
A426	Specification for Centrifugally Cast Ferritic Alloy Steel Pipe for High-Temperature Service
A451	Specification for Centrifugally Cast Austenitic Steel Pipe for High-Temperature Service
A523	Specification for Plain End Seamless and Electric-Resistance-Welded Steel Pipe for High-Pressure Pipe-Type Cable Circuits
A524	Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for Atmospheric and Lower Temperatures
A530	Specification for General Requirements for Specialized Carbon and Alloy Steel Pipe
A648	Specification for Steel Wire, Hard Drawn for Prestressing Concrete Pipe
A674	Practice for Polyethylene Encasement for Ductile Iron Pipe for Water or Other Liquids
A691	Specification for Carbon and Alloy Steel Pipe, Electric-Fusion-Welded for High-Pressure Service at High Temperatures
A694	Specification for Carbon and Alloy Steel Forgings for Pipe Flanges, Fittings, Valves, and Parts for High-Pressure Transmission Service
A716	Specification for Ductile Iron Culvert Pipe
A733	Specification for Welded and Seamless Carbon Steel and Austenitic Stainless Steel Pipe Nipples
A742	Specification for Steel Sheet, Metallic Coated and Polymer Precoated for Corrugated Steel Pipe
A746	Specification for Ductile Iron Gravity Sewer Pipe
A760	Specification for Corrugated Steel Pipe, Metallic-Coated for Sewers and Drains
A761	Specification for Corrugated Steel Structural Plate, Zinc-Coated, for Field-Bolted Pipe, Pipe-Arches, and Arches
A762	Specification for Corrugated Steel Pipe, Polymer Precoated for Sewers and Drains
A790	Specification for Seamless and Welded Ferritic/Austenitic Stainless Steel Pipe
A796	Practice for Structural Design of Corrugated Steel Pipe, Pipe-Arches, and Arches for Storm and Sanitary Sewers and Other Buried Applications
A798	Practice for Installing Factory-Made Corrugated Steel Pipe for Sewers and Other Applications
A807	Practice for Installing Corrugated Steel Structural Plate Pipe for Sewers and Other Applications
A810	Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Pipe Winding Mesh

A813	**Specification for Single- or Double-Welded Austenitic Stainless Steel Pipe**
A814	**Specification for Cold-Worked Welded Austenitic Stainless Steel Pipe**
A849	**Specification for Post-Applied Coatings, Pavings, and Linings for Corrugated Steel Sewer and Drainage Pipe**
A861	**Specification for High-Silicon Iron Pipe and Fittings**
A862	**Practice for Application of Asphalt Coatings to Corrugated Steel Sewer and Drainage Pipe**
A865	**Specification for Threaded Couplings, Steel, Black or Zinc-Coated (Galvanized) Welded or Seamless, for Use in Steel Pipe Joints**
A872	**Specification for Centrifugally Cast Ferritic/Austenitic Stainless Steel Pipe for Corrosive Environments**
A885	**Specification for Steel Sheet, Zinc and Aramid Fiber Composite Coated for Corrugated Steel Sewer, Culvert, and Underdrain Pipe**
A888	**Specification for Hubless Cast Iron Soil Pipe and Fittings for Sanitary and Storm Drain, Waste, and Vent Piping Applications**
A926	**Test Method for Comparing the Abrasion Resistance of Coating Materials for Corrugated Metal Pipe**
A928	**Specification for Ferritic/Austenitic (Duplex) Stainless Steel Pipe Electric Fusion Welded with Addition of Filler Metal**
A929	**Specification for Steel Sheet, Metallic-Coated by the Hot-Dip Process for Corrugated Steel Pipe**
A930	**Practice for Life-Cycle Cost Analysis of Corrugated Metal Pipe Used for Culverts, Storm Sewers, and Other Buried Conduits**
A943	**Specification for Spray-Formed Seamless Austenitic Stainless Steel Pipes**
A949	**Specification for Spray-Formed Seamless Ferritic/Austenitic Stainless Steel Pipe**
A954	**Specification for Austenitic Chromium-Nickel-Silicon Alloy Steel Seamless and Welded Pipe**
A972	**Specification for Fusion Bonded Epoxy-Coated Pipe Piles**
A978	**Specification for Composite Ribbed Steel Pipe, Precoated and Polyethylene Lined for Gravity Flow Sanitary Sewers, Storm Sewers, and Other Special Applications**
A984	**Specification for Steel Line Pipe, Black, Plain-End, Electric-Resistance-Welded**
A998	**Practice for Structural Design of Reinforcements for Fittings in Factory-Made Corrugated Steel Pipe for Sewers and Other Applications**
A999	**Specification for General Requirements for Alloy and Stainless Steel Pipe**
A1005	**Specification for Steel Line Pipe, Black, Plain End, Longitudinal and Helical Seam, Double Submerged-Arc Welded**
A1006	**Specification for Steel Line Pipe, Black, Plain End, Laser Beam Welded**

STEEL TUBES

Boiler, Superheater, and Miscellaneous Tubes

A178	**Specification for Electric-Resistance-Welded Carbon Steel and Carbon-Manganese Steel Boiler and Superheater Tubes**
A179	**Specification for Seamless Cold-Drawn Low-Carbon Steel Heat-Exchanger and Condenser Tubes**
A192	**Specification for Seamless Carbon Steel Boiler Tubes for High-Pressure Service**
A209	**Specification for Seamless Carbon-Molybdenum Alloy-Steel Boiler and Superheater Tubes**
A210	**Specification for Seamless Medium-Carbon Steel Boiler and Superheater Tubes**
A213	**Specification for Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater, and Heat-Exchanger Tubes**
A249	**Specification for Welded Austenitic Steel Boiler, Superheater, Heat-Exchanger, and Condenser Tubes**
A250	**Specification for Electric-Resistance-Welded Ferritic Alloy-Steel Boiler and Superheater Tubes**
A254	**Specification for Copper-Brazed Steel Tubing**
A268	**Specification for Seamless and Welded Ferritic and Martensitic Stainless Steel Tubing for General Service**
A269	**Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Tubing for General Service**
A270	**Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Sanitary Tubing**
A334	**Specification for Seamless and Welded Carbon and Alloy-Steel Tubes for Low-Temperature Service**
A423	**Specification for Seamless and Electric-Welded Low-Alloy Steel Tubes**
A450	**Specification for General Requirements for Carbon, Ferritic Alloy, and Austenitic Alloy Steel Tubes**
A608	**Specification for Centrifugally Cast Iron-Chromium-Nickel High-Alloy Tubing for Pressure Application at High Temperatures**
A618	**Specification for Hot-Formed Welded and Seamless High-Strength Low-Alloy Structural Tubing**
A632	**Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Tubing (Small-Diameter) for General Service**
A688	**Specification for Welded Austenitic Stainless Steel Feedwater Heater Tubes**
A771	**Specification for Seamless Austenitic and Martensitic Stainless Steel Tubing for Liquid Metal-Cooled Reactor Core Components**
A778	**Specification for Welded, Unanneled Austenitic Stainless Steel Tubular Products**
A789	**Specification for Seamless and Welded Ferritic/Austenitic Stainless Steel Tubing for General Service**

A803	**Specification for Welded Ferritic Stainless Steel Feedwater Heater Tubes**
A822	**Specification for Seamless Cold-Drawn Carbon Steel Tubing for Hydraulic System Service**
A826	**Specification for Seamless Austenitic and Martensitic Stainless Steel Duct Tubes for Liquid Metal-Cooled Reactor Core Components**
A847	**Specification for Cold-Formed Welded and Seamless High Strength, Low Alloy Structural Tubing with Improved Atmospheric Corrosion Resistance**
A908	**Specification for Stainless Steel Needle Tubing**
A953	**Specification for Austenitic Chromium-Nickel-Silicon Alloy Steel Seamless and Welded Tubing**

Heat-Exchanger and Condenser Tubes

A179	**Specification for Seamless Cold-Drawn Low-Carbon Steel Heat-Exchanger and Condenser Tubes**
A213	**Specification for Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater, and Heat-Exchanger Tubes**
A214	**Specification for Electric-Resistance-Welded Carbon Steel Heat-Exchanger and Condenser Tubes**
A249	**Specification for Welded Austenitic Steel Boiler, Superheater, Heat-Exchanger, and Condenser Tubes**
A498	**Specification for Seamless and Welded Carbon, Ferritic, and Austenitic Alloy Steel Heat-Exchanger Tubes with Integral Fins**
A851	**Specification for High-Frequency Induction Welded, Unannealed, Austenitic Steel Condenser Tubes**

Mechanical Tubing

A511	**Specification for Seamless Stainless Steel Mechanical Tubing**
A512	**Specification for Cold-Drawn Buttweld Carbon Steel Mechanical Tubing**
A513	**Specification for Electric-Resistance-Welded Carbon and Alloy Steel Mechanical Tubing**
A519	**Specification for Seamless Carbon and Alloy Steel Mechanical Tubing**
A554	**Specification for Welded Stainless Steel Mechanical Tubing**

Structural Tubing

A500	**Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes**
A501	**Specification for Hot-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing**

A847	**Specification for Cold-Formed Welded and Seamless High Strength, Low Alloy Structural Tubing with Improved Atmospheric Corrosion Resistance**
A618	**Specification for Hot-Formed Welded and Seamless High-Strength Low-Alloy Structural Tubing**

WELDING FITTINGS

A234	**Specification for Piping Fittings of Wrought Carbon Steel and Alloy Steel for Moderate and High Temperature Service**
A403	**Specification for Wrought Austenitic Stainless Steel Piping Fittings**
A420	**Specification for Piping Fittings of Wrought Carbon Steel and Alloy Steel for Low-Temperature Service**
A758	**Specification for Wrought-Carbon Steel Butt-Welding Piping Fittings with Improved Notch Toughness**
A774	**Specification for As-Welded Wrought Austenitic Stainless Steel Fittings for General Corrosive Service at Low and Moderate Temperatures**

پیوست 5

استانداردهای ASTM مرتبط با فولادهای ریختگی و آهنگری

STEEL CASTINGS

A27	**Specification for Steel Castings, Carbon, for General Application**
A47	**Specification for Ferritic Malleable Iron Castings**
A48M	**Specification for Gray Iron Castings [Metric]**
A48	**Specification for Gray Iron Castings**
A74	**Specification for Cast Iron Soil Pipe and Fittings**
A126	**Specification for Gray Iron Castings for Valves, Flanges, and Pipe Fittings**
A128	**Specification for Steel Castings, Austenitic Manganese**
A148	**Specification for Steel Castings, High Strength, for Structural Purposes**
A159	**Specification for Automotive Gray Iron Castings**
A216	**Specification for Steel Castings, Carbon, Suitable for Fusion Welding, for High-Temperature Service**
A217	**Specification for Steel Castings, Martensitic Stainless and Alloy, for Pressure-Containing Parts, Suitable for High-Temperature Service**
A247	**Test Method for Evaluating the Microstructure of Graphite in Iron Castings**

A278M	**Specification for Gray Iron Castings for Pressure-Containing Parts for Temperatures Up to 350°C**
A278	**Specification for Gray Iron Castings for Pressure-Containing Parts for Temperatures Up to 650°F**
A297	**Specification for Steel Castings, Iron-Chromium and Iron-Chromium-Nickel, Heat Resistant, for General Application**
A319	**Specification for Gray Iron Castings for Elevated Temperatures for Non-Pressure Containing Parts**
A327M	**Test Methods for Impact Testing of Cast Irons (Metric)**
A327	**Test Methods for Impact Testing of Cast Irons**
A351	**Specification for Castings, Austenitic, Austenitic-Ferritic (Duplex), for Pressure-Containing Parts**
A352	**Specification for Steel Castings, Ferritic and Martensitic, for Pressure-Containing Parts, Suitable for Low-Temperature Service**
A356	**Specification for Steel Castings, Carbon, Low Alloy, and Stainless Steel, Heavy-Walled for Steam Turbines**
A367	**Test Methods of Chill Testing of Cast Iron**
A389	**Specification for Steel Castings, Alloy, Specially Heat-Treated, for Pressure-Containing Parts, Suitable for High-Temperature Service**
A395	**Specification for Ferritic Ductile Iron Pressure-Retaining Castings for Use at Elevated Temperatures**
A426	**Specification for Centrifugally Cast Ferritic Alloy Steel Pipe for High-Temperature Service**
A436	**Specification for Austenitic Gray Iron Castings**
A438	**Test Method for Transverse Testing of Gray Cast Iron**
A439	**Specification for Austenitic Ductile Iron Castings**
A447	**Specification for Steel Castings, Chromium-Nickel-Iron Alloy (25-12 Class), for High-Temperature Service**
A451	**Specification for Centrifugally Cast Austenitic Steel Pipe for High-Temperature Service**
A476M	**Specification for Ductile Iron Castings for Paper Mill Dryer Rolls [Metric]**
A476	**Specification for Ductile Iron Castings for Paper Mill Dryer Rolls**
A487	**Specification for Steel Castings Suitable for Pressure Service**
A488	**Practice for Steel Castings, Welding, Qualifications of Procedures and Personnel**
A494	**Specification for Castings, Nickel and Nickel Alloy**
A518	**Specification for Corrosion-Resistant High-Silicon Iron Castings**
A532	**Specification for Abrasion-Resistant Cast Irons**
A536	**Specification for Ductile Iron Castings**

A560	**Specification for Castings, Chromium-Nickel Alloy**
A571M	**Specification for Austenitic Ductile Iron Castings for Pressure-Containing Parts Suitable for Low-Temperature Service [Metric]**
A571	**Specification for Austenitic Ductile Iron Castings for Pressure-Containing Parts Suitable for Low-Temperature Service**
A583	**Specification for Cast Steel Wheels for Railway Service**
A597	**Specification for Cast Tool Steel**
A602	**Specification for Automotive Malleable Iron Castings**
A608	**Specification for Centrifugally Cast Iron-Chromium-Nickel High-Alloy Tubing for Pressure Application at High Temperatures**
A609	**Practice for Castings, Carbon, Low-Alloy, and Martensitic Stainless Steel, Ultrasonic Examination Thereof**
A644	**Terminology Relating to Iron Castings**
A667	**Specification for Centrifugally Cast Dual Metal (Gray and White Cast Iron) Cylinders**
A703	**Specification for Steel Castings, General Requirements, for Pressure-Containing Parts**
A732	**Specification for Castings, Investment, Carbon and Low Alloy Steel for General Application, and Cobalt Alloy for High Strength at Elevated Temperatures**
A743	**Specification for Castings, Iron-Chromium, Iron-Chromium-Nickel, Corrosion Resistant, for General Application**
A744	**Specification for Castings, Iron-Chromium-Nickel, Corrosion Resistant, for Severe Service**
A747	**Specification for Steel Castings, Stainless, Precipitation Hardening**
A748	**Specification for Statically Cast Chilled White Iron-Gray Iron Dual Metal Rolls for Pressure Vessel Use**
A757	**Specification for Steel Castings, Ferritic and Martensitic, for Pressure-Containing and Other Applications, for Low-Temperature Service**
A781	**Specification for Castings, Steel and Alloy, Common Requirements, for General Industrial Use**
A799	**Practice for Steel Castings, Stainless, Instrument Calibration, for Estimating Ferrite Content**
A800	**Practice for Steel Casting, Austenitic Alloy, Estimating Ferrite Content Thereof**
A802	**Practice for Steel Castings, Surface Acceptance Standards, Visual Examination**
A823	**Specification for Statically Cast Permanent Mold Gray Iron Castings**
A834	**Specification for Common Requirements for Iron Castings for General Industrial Use**
A842	**Specification for Compacted Graphite Iron Castings**
A872	**Specification for Centrifugally Cast Ferritic/Austenitic Stainless Steel Pipe for Corrosive Environments**

A874	**Specification for Ferritic Ductile Iron Castings Suitable for Low-Temperature Service**
A888	**Specification for Hubless Cast Iron Soil Pipe and Fittings for Sanitary and Storm Drain, Waste, and Vent Piping Applications**
A890	**Specification for Castings, Iron-Chromium-Nickel-Molybdenum Corrosion-Resistant, Duplex (Austenitic/Ferritic) for General Application**
A897M	**Specification for Austempered Ductile Iron Castings [Metric]**
A897	**Specification for Austempered Ductile Iron Castings**
A903	**Specification for Steel Castings, Surface Acceptance Standards, Magnetic Particle and Liquid Penetrant Inspection**
A915	**Specification for Steel Castings, Carbon, and Alloy, Chemical Requirements Similar to Standard Wrought Grades**
A942	**Specification for Centrifugally Cast White Iron/Gray Iron Dual Metal Abrasion- Resistant Roll Shells**
A957	**Specification for Investment Castings, Steel and Alloy, Common Requirements, for General Industrial Use**
A958	**Specification for Steel Castings, Carbon, and Alloy, with Tensile Requirements, Chemical Requirements Similar to Standard Wrought Grades**
A985	**Specification for Steel Investment Casting General Requirements, for Pressure-Containing Parts**
A993	**Test Method for Dynamic Tear Testing of Cast Irons to Establish Transition Temperature**
A1002	**Specification for Castings, Nickel-Aluminum Ordered Alloy**

FORGINGS

A105	**Specification for Carbon Steel Forgings for Piping Applications**
A181	**Specification for Carbon Steel Forgings, for General-Purpose Piping**
A182	**Specification for Forged or Rolled Alloy-Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service**
A266	**Specification for Carbon Steel Forgings for Pressure Vessel Components**
A275	**Test Method for Magnetic Particle Examination of Steel Forgings**
A288	**Specification for Carbon and Alloy Steel Forgings for Magnetic Retaining Rings for Turbine Generators**
A289	**Specification for Alloy Steel Forgings for Nonmagnetic Retaining Rings for Generators**
A290	**Specification for Carbon and Alloy Steel Forgings for Rings for Reduction Gears**
A291	**Specification for Steel Forgings, Carbon and Alloy, for Pinions, Gears and Shafts for Reduction Gears**
A314	**Specification for Stainless Steel Billets and Bars for Forging**
A336	**Specification for Alloy Steel Forgings for Pressure and High-Temperature Parts**

A350	**Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Forgings, Requiring Notch Toughness Testing for Piping Components**
A369	**Specification for Carbon and Ferritic Alloy Steel Forged and Bored Pipe for High-Temperature Service**
A372	**Specification for Carbon and Alloy Steel Forgings for Thin-Walled Pressure Vessels**
A388	**Practice for Ultrasonic Examination of Heavy Steel Forgings**
A418	**Test Method for Ultrasonic Examination of Turbine and Generator Steel Rotor Forgings**
A456	**Specification for Magnetic Particle Examination of Large Crankshaft Forgings**
A469	**Specification for Vacuum-Treated Steel Forgings for Generator Rotors**
A471	**Specification for Vacuum-Treated Alloy Steel Forgings for Turbine Rotor Disks and Wheels**
A472	**Test Method for Heat Stability of Steam Turbine Shafts and Rotor Forgings**
A473	**Specification for Stainless Steel Forgings**
A484	**Specification for General Requirements for Stainless Steel Bars, Billets, and Forgings**
A493	**Specification for Stainless Steel Wire and Wire Rods for Cold Heading and Cold Forging**
A503	**Specification for Ultrasonic Examination of Large Forged Crankshafts**
A508	**Specification for Quenched and Tempered Vacuum-Treated Carbon and Alloy Steel Forgings for Pressure Vessels**
A522	**Specification for Forged or Rolled 8 and 9% Nickel Alloy Steel Flanges, Fittings, Valves, and Parts for Low-Temperature Service**
A541	**Specification for Quenched and Tempered Carbon and Alloy Steel Forgings for Pressure Vessel Components**
A565	**Specification for Martensitic Stainless Steel Bars, Forgings, and Forging Stock for High-Temperature Service**
A579	**Specification for Superstrength Alloy Steel Forgings**
A592	**Specification for High-Strength Quenched and Tempered Low-Alloy Steel Forged Fittings and Parts for Pressure Vessels**
A638	**Specification for Precipitation Hardening Iron Base Superalloy Bars, Forgings, and Forging Stock for High-Temperature Service**
A646	**Specification for Premium Quality Alloy Steel Blooms and Billets for Aircraft and Aerospace Forgings**
A649	**Specification for Forged Steel Rolls Used for Corrugating Paper Machinery**
A668	**Specification for Steel Forgings, Carbon and Alloy, for General Industrial Use**
A694	**Specification for Carbon and Alloy Steel Forgings for Pipe Flanges, Fittings, Valves, and Parts for High-Pressure Transmission Service**
A705	**Specification for Age-Hardening Stainless Steel Forgings**

A707	**Specification for Forged Carbon and Alloy Steel Flanges for Low-Temperature Service**
A711	**Specification for Steel Forging Stock**
A723	**Specification for Alloy Steel Forgings for High-Strength Pressure Component Application**
A727	**Specification for Carbon Steel Forgings for Piping Components with Inherent Notch Toughness**
A730	**Specification for Forgings, Carbon and Alloy Steel, for Railway Use**
A745	**Practice for Ultrasonic Examination of Austenitic Steel Forgings**
A765	**Specification for Carbon Steel and Low-Alloy Steel Pressure-Vessel-Component Forgings with Mandatory Toughness Requirements**
A768	**Specification for Vacuum-Treated 12% Chromium Alloy Steel Forgings for Turbine Rotors and Shafts**
A788	**Specification for Steel Forgings, General Requirements**
A831	**Specification for Austenitic and Martensitic Stainless Steel Bars, Billets, and Forgings for Liquid Metal Cooled Reactor Core Components**
A836	**Specification for Titanium-Stabilized Carbon Steel Forgings for Glass-Lined Piping and Pressure Vessel Service**
A837	**Specification for Steel Forgings, Alloy, for Carburizing Applications**
A859	**Specification for Age-Hardening Alloy Steel Forgings for Pressure Vessel Components**
A891	**Specification for Precipitation Hardening Iron Base Superalloy Forgings for Turbine Rotor Disks and Wheels**
A909	**Specification for Steel Forgings, Microalloy, for General Industrial Use**
A921	**Specification for Steel Bars, Microalloy, Hot-Wrought, Special Quality, for Subsequent Hot Forging**
A952	**Specification for Forged Grade 80 and Grade 100 Steel Lifting Components and Welded Attachment Links**
A961	**Specification for Common Requirements for Steel Flanges, Forged Fittings, Valves, and Parts for Piping Applications**
A965	**Specification for Steel Forgings, Austenitic, for Pressure and High Temperature Parts**
A966	**Test Method for Magnetic Particle Examination of Steel Forgings Using Alternating Current**

پیوست 6

استانداردهایASTM مرتبط با مقاطع فولادی

STEEL PLATE, SHEET AND STRIP

A109	**Specification for Steel, Strip, Carbon (0.25 Maximum Percent), Cold-Rolled**
A167	**Specification for Stainless and Heat-Resisting Chromium-Nickel Steel Plate, Sheet, and Strip**
A176	**Specification for Stainless and Heat-Resisting Chromium Steel Plate, Sheet, and Strip**
A240	**Specification for Heat-Resisting Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels**

A262	**Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels**
A263	**Specification for Corrosion-Resisting Chromium Steel-Clad Plate, Sheet, and Strip**
A264	**Specification for Stainless Chromium-Nickel Steel-Clad Plate, Sheet, and Strip**
A265	**Specification for Nickel and Nickel-Base Alloy-Clad Steel Plate**
A345	**Specification for Flat-Rolled Electrical Steels for Magnetic Applications**
A366	**Specification for Commercial Steel (CS) Sheet, Carbon (0.15 Maximum Percent) Cold-Rolled**
A370	**Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products**
A380	**Practice for Cleaning, Descaling, and Passivation of Stainless Steel Parts, Equipment, and Systems**
A414	**Specification for Steel, Sheet, Carbon, for Pressure Vessels**
A417	**Specification for Steel Wire, Cold-Drawn, for Zig-Zag, Square-Formed, and Sinuous-Type Upholstery Spring Units**
A424	**Specification for Steel, Sheet, for Porcelain Enameling**
A480	**Specification for General Requirements for Flat-Rolled Stainless and Heat-Resisting Steel Plate, Sheet, and Strip**
A505	**Specification for Steel, Sheet and Strip, Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, General Requirements for**
A506	**Specification for Steel, Sheet and Strip, Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, Regular Quality and Structural Quality**
A507	**Specification for Steel, Sheet and Strip, Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, Drawing Quality**
A568	**Specification for Steel, Sheet, Carbon, and High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, General Requirements for**
A569	**Specification for Steel, Carbon (0.15 Maximum, Percent), Hot-Rolled Sheet and Strip Commercial Quality**
A570	**Specification for Steel, Sheet and Strip, Carbon, Hot-Rolled, Structural Quality**
A604	**Test Method for Macroetch Testing of Consumable Electrode Remelted Steel Bars and Billets**
A606	**Specification for Steel, Sheet and Strip, High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, with Improved Atmospheric Corrosion Resistance**
A607	**Specification for Steel, Sheet and Strip, High-Strength, Low-Alloy, Columbium or Vanadium, or Both, Hot-Rolled and Cold-Rolled**
A611	**Specification for Structural Steel (SS), Sheet, Carbon, Cold-Rolled**
A620	**Specification for Drawing Steel (DS), Sheet, Carbon, Cold-Rolled**
A622	**Specification for Drawing Steel (DS), Sheet and Strip, Carbon, Hot-Rolled**
A635	**Specification for Steel, Sheet and Strip, Heavy-Thickness Coils, Carbon, Hot-Rolled**

A659	**Specification for Commercial Steel (CS), Sheet and Strip, Carbon (0.16 Maximum to 0.25 Maximum Percent), Hot-Rolled**
A666	**Specification for Annealed or Cold-Worked Austenitic Stainless Steel Sheet, Strip, Plate, and Flat Bar**
A682	**Specification for Steel, Strip, High-Carbon, Cold-Rolled, General Requirements For**
A684	**Specification for Steel, Strip, High-Carbon, Cold-Rolled**
A693	**Specification for Precipitation-Hardening Stainless and Heat-Resisting Steel Plate, Sheet, and Strip**
A700	**Practices for Packaging, Marking, and Loading Methods for Steel Products for Domestic Shipment**
A702	**Specification for Steel Fence Posts and Assemblies, Hot Wrought**
A715	**Specification for Steel Sheet and Strip, High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled, and Steel Sheet, Cold-Rolled, High-Strength, Low-Alloy, with Improved Formability**
A749	**Specification for Steel, Strip, Carbon and High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled, General Requirements for**
A751	**Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products**
A763	**Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Ferritic Stainless Steels**
A793	**Specification for Rolled Floor Plate, Stainless Steel**
A794	**Specification for Commercial Steel (CS), Sheet, Carbon (0.16% Maximum to 0.25% Maximum), Cold-Rolled**
A829	**Specification for Alloy Structural Steel Plates**

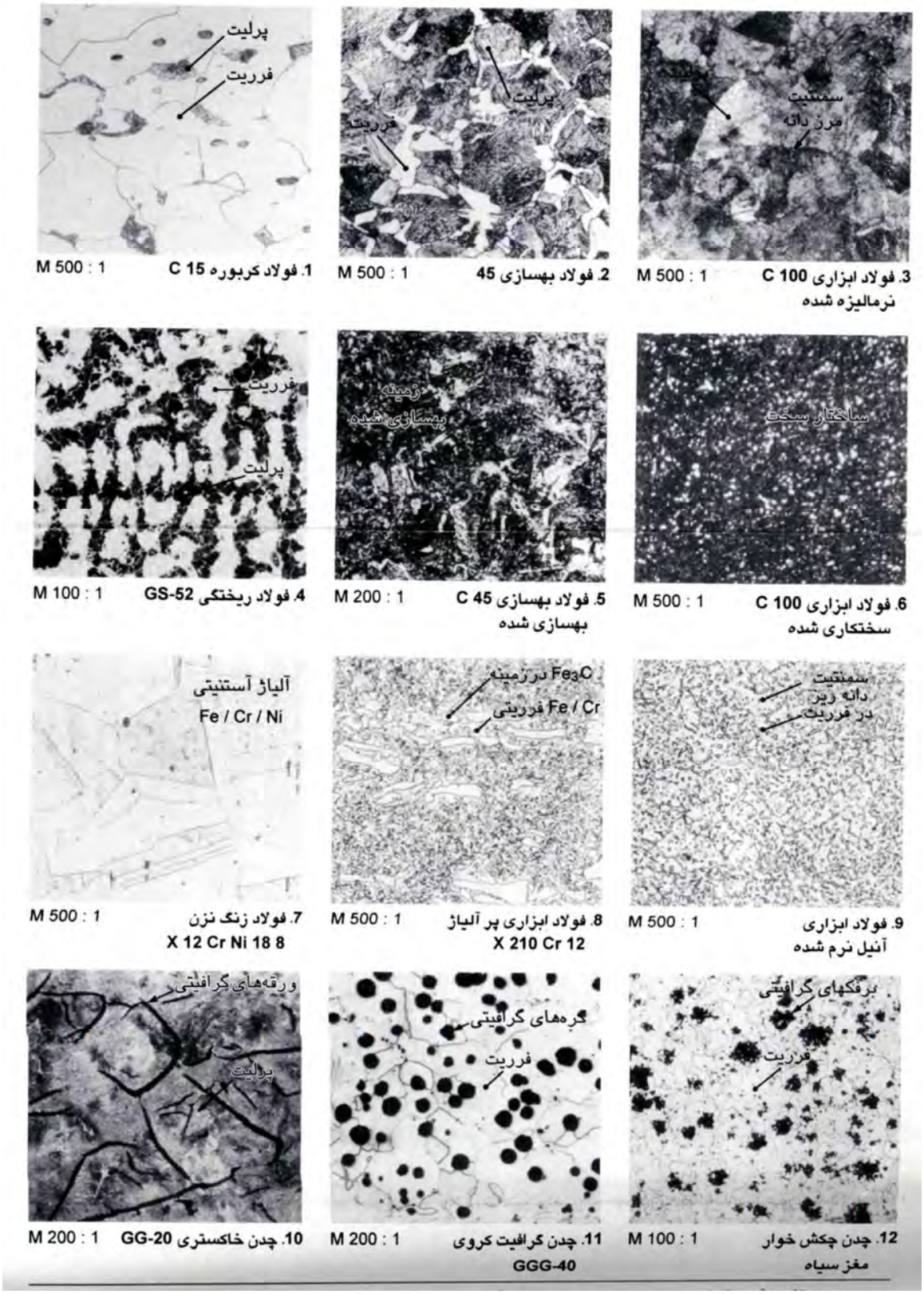
STEEL WIRE

A227	**Specification for Steel Wire, Cold-Drawn for Mechanical Springs**
A228	**Specification for Steel Wire, Music Spring Quality**
A229	**Specification for Steel Wire, Oil-Tempered for Mechanical Springs**
A230	**Specification for Steel Wire, Oil-Tempered Carbon Valve Spring Quality**
A231	**Specification for Chromium-Vanadium Alloy Steel Spring Wire**
A232	**Specification for Chromium-Vanadium Alloy Steel Valve Spring Quality Wire**
A313	**Specification for Stainless Steel Spring Wire**
A368	**Specification for Stainless Steel Wire Strand**
A401	**Specification for Steel Wire, Chromium-Silicon Alloy**
A407	**Specification for Steel Wire, Cold-Drawn, for Coiled-Type Springs**
A478	**Specification for Chromium-Nickel Stainless Steel Weaving and Knitting Wire**
A492	**Specification for Stainless Steel Rope Wire**
A493	**Specification for Stainless Steel Wire and Wire Rods for Cold Heading and Cold Forging**

A510M	**Specification for General Requirements for Wire Rods and Coarse Round Wire, Carbon Steel [Metric]**
A510	**Specification for General Requirements for Wire Rods and Coarse Round Wire, Carbon Steel**
A555	**Specification for General Requirements for Stainless Steel Wire and Wire Rods**
A580	**Specification for Stainless Steel Wire**
A581	**Specification for Free-Machining Stainless Steel Wire and Wire Rods**
A679	**Specification for Steel Wire, High Tensile Strength, Cold Drawn**
A713	**Specification for Steel Wire, High-Carbon Spring, for Heat-Treated Components**
A752M	**Specification for General Requirements for Wire Rods and Coarse Round Wire, Alloy Steel [Metric]**
A752	**Specification for General Requirements for Wire Rods and Coarse Round Wire, Alloy Steel**
A764	**Specification for Metallic Coated Carbon Steel Wire, Coated at Size and Drawn to Size for Mechanical Springs**
A805	**Specification for Steel, Flat Wire, Carbon, Cold-Rolled**

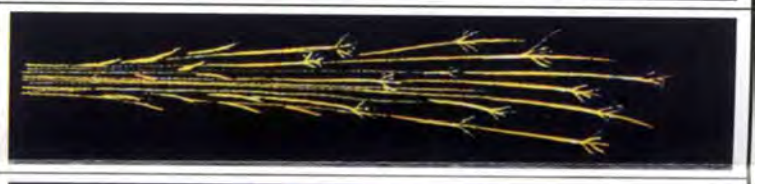
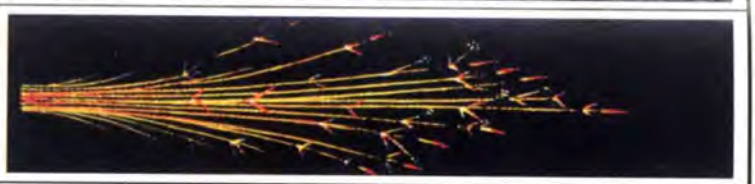
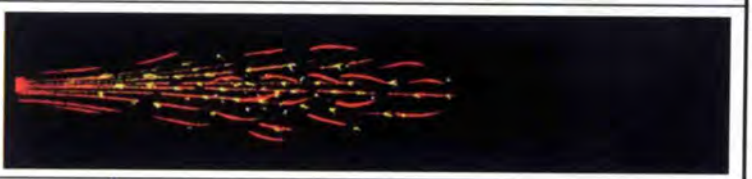
پیوست 7

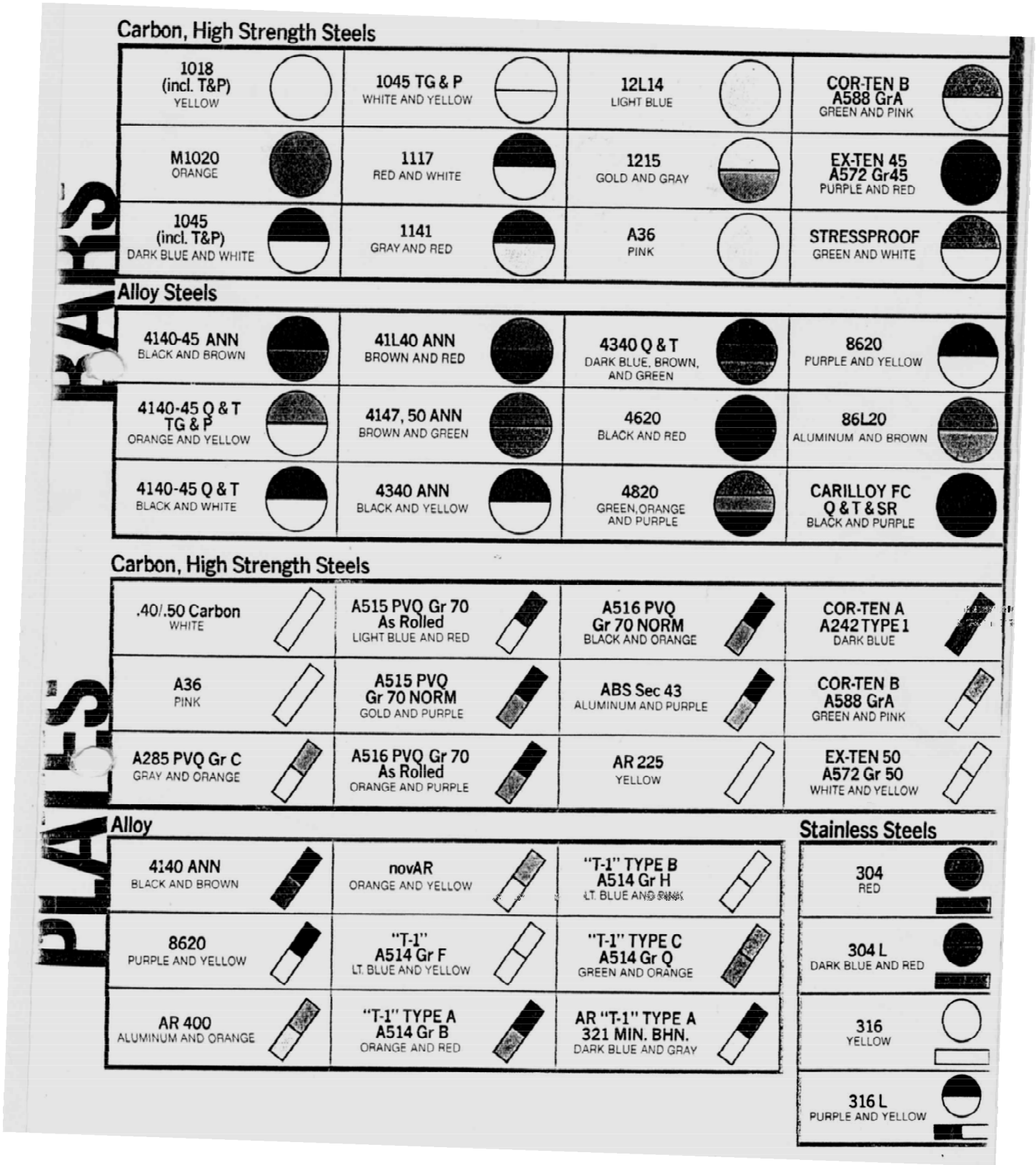
برخی روشهای شناسایی فولادها



ساختار میکروسکوپی پس از اچ شدن

آزمـایـش جـرقـه

جنس مقدار آلیاژ به %	شکل جرقه
فولاد سمانته C 15 0.15 C; 0.25 Si; 0.37 Mn پرتوهای صاف، انفجارهای کم C **اثر C**	
فولاد بهسازی C 45 0.45 C; 0.25 Si; 0.65 Mn انفجارهای زیاد و خار مانند C **اثر C**	
فولاد ابزاری C 100 1.0 C; < 0.25 Si; < 0.25 Mn انفجارهای زیاد C، شدیداً شاخه شاخه **اثر C**	
فولاد ابزاری آلیاژی 60 Mn Si 4 0.6 C; 1.0 Si; 1.0 Mn انفجارهای زیاد C، در جلو پرتوهای روشن و بزرگ **اثر C و Si**	
فولاد فنری 45 Cr Mo V 6 7 0.45 C; 0.25 Si; 0.7 Mn; 1.4 Cr; 0.7 Mo; 0.3 V پرتوهای باریک با سر نیزه‌ای **اثر C و Mo**	
فولاد ابزاری آلیاژی 105 W Cr 6 1.05 C; 0.25 Si; 1.0 Mn; 1.0 Cr; 1.2 W پرتوهای باریک با انتهای زبان مانند **اثر W**	
فولاد گرم کار 45 W Cr V 7 0.45 C; 1.0 Si; 0.3 Mn; 1.1 Cr; 0.2 V; 2.0 W انفجارهای کم C با دنباله روشن و کلفت **اثر W و Si**	
فولاد سرد کار X 210 Cr W 12 2.1 C; 0.3 Si; 0.3 Mn; 12 Cr; 0.7 W پرتوهای خوشه مانند کوتاه، در حالت سخت شده انفجارهای زیاد C **اثر W و C**	
فولاد تندبر S 18 – 0 – 1 0.75 C; 18 W; 1.1 V; 4.2 Cr پرتوهای منقطع، فقط انفجارهای C پراکنده و خیلی کم **اثر W و C**	



نشانه گذاری با استفاده از رنگ (**color code**)

پیوست 8

جداول مقایسه استانداردهای فولادها و چدنها

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - CARBON & ALLOY STEELS[a]

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	Sweeden	Russia
Number	Name	ASTM/AISI	BS	JIS	NF	SS	GOST
1.0028	USt34-2 (S250G1T)	---	---	SS 330	A 34-2	---	---
1.0034	RSt34-2 (S250G2T)	---	1449 34/20 HR, JS, CR, CS	---	A 34-2 NE	---	St2sp
1.0035	S185 (Fe 310-0) St 33	---	Fe 310-0; 1449 15 HR, HS	---	A 33	1300	St0
1.0036	S235JRG1 (Fe 360 B) USt37-2	A 570 Gr 33, 36	Fe 360 B; 4360-40 B	---	---	1311; 1312	16D; 18kp; St3kp
1.0037	S235JR (Fe 360 B) St 37-2	---	Fe 360 B; 1449 37/23 HR	STKM 12A; C	E 24-2	1311	---
1.0038	S235JRG2 (Fe 360 B) RSt 37-2	A 570 Gr 36	Fe 360 B FU; 1449 27/23 CR; 4360-40 B	---	E 24-2 NE	1312	St3ps; sp
1.0044	S275JR (Fe 430 B) St 44-2	A 570 Gr 40	Fe 430 B FN; 1449 43/25 HR, HS; 4360-43 B	SM 400 A;B;C	E 28-2	1412	St4ps; sp
1.0045	S355JR	---	4360-50 B	---	E 36-2	2172	---
1.0050	E295 (Fe 490-2) St 50-2	A 570 Gr 50; A 572 Gr 50	Fe 490-2 FN; 4360-50 B	SS 490	A 50-2	1550; 2172	St5ps; sp
1.0060	E335 (Fe 590-2) St 60-2	A 572 Gr 65	Fe 590-2 FN; 4360-55 E; 55 C	SM 570	A 60-2	1650	St6ps; sp
1.0070	E360 (Fe 690-2) St 70-2	---	Fe 690-2 FN	---	A 70-2	1655	---
1.0112	P235S	---	1501-164-360B LT20	---	A 37 AP	---	---
1.0114	S235J0; St 37-3 U	---	4360-40 C	---	E 24-3	---	---
1.0116	S235J2G3 (Fe 360 D 1) St 37-3	A 284 Gr D; A 573 Gr 58; A 570 Gr 36, C; A 611 Gr C	Fe 360 D1 FF; 1449 37/23 CR; 4360-40 D	---	E 24-3; E 24-4	1312; 1313	St3kp; ps; sp; 16D
1.0130	P265S	---	1501-164-400B LT 20	---	A 42 AP	---	---
1.0143	S275J0; St 44-3 U	---	4360-43 C	---	E 28-3	1414-01	---

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - CARBON & ALLOY STEELS[a] (Continued)

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	Sweeden	Russia
Number	Name	ASTM/AISI	BS	JIS	NF	SS	GOST
1.0144	S275J2G3 (Fe 430 D 1) St 44-3	A 573 Gr 70; A 611 Gr D	Fe 430 D1 FF; 4360-43 C; 43 D	SM 400 A; B; C	E 28-3; E 28-4	1411; 1412; 1414	St4kp; ps; sp
1.0149	S275J0H; RoSt 44-2	---	4360-43 C	---	---	1412-04	---
1.0226	DX51D; St 02 Z	---	Z2	---	GC	1151-10	---
1.0301	C10	M1010	040 A 10; 045 M 10; 1449 10 CS	S 10 C	AF 34 C 10; XC 10	---	10
1.0330	DC01 St 2; St 12	A 366; 1008	1449 4 CR; 1449 4 CS	SPCC	TC	1142	---
1.0332	DD11; StW 22	A 621; 1008	1449 4 HR; 14 HR	SPHD	1 C	---	15kp
1.0333	USt 3 (DC03G1) USt 13	A 619; 1008	1449 2 CR; 3 CR	SPCD	E	---	---
1.0334	UStW 23 (DD12G1)	A 621; 1008	---	SPHE	2 C	---	10kp
1.0335	DD13; StW 24	A 622; 1008	1449 1 HR	SPHE	3 C	---	08kp
1.0338	DC04 St 4; St 14	A 620; 1008	1449 1 CR; 2 CR	SPCE	ES	1147	08Ju; JuA
1.0345	P235GH HI	A 516 Gr 65, 55; A 515 Gr 65, 55; A 414 Gr C; A 442 Gr 55	1501 Gr. 141-360; 1501 Gr. 161-360 151-360; 1501 Gr. 161-400, 154-360; 1501 Gr. 164-360, 161-360	SGV 410; SGV 450; SGV 480; SPV 450; SPV 480	A 37 CP; AP	1331; 1330	---
1.0347	DC03; RRSt 3; RRSt 13	A 619	1449 3 CR; 1449 2 CR	---	E	1146	08Ju
1.0401	C15	M1015; M1016; M1017	080 A 15; 080 M 15; 1449 17 CS	S 15 C	AF 37 C 12; XC 18	1350	---
1.0402	C22	1020; M1020; M1023	055 M 15; 070 M 20; 1449 22 HS, CS	S 20 C; S 22 C	AF 42 C 20; XC 25; 1 C 22	1450	20
1.0406	C25	1025; M1025	070 M 26	---	1 C 25	---	---

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - CARBON & ALLOY STEELS[a] (Continued)

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	Sweeden	Russia
Number	Name	ASTM/AISI	BS	JIS	NF	SS	GOST
1.0425	P265GH; H II	---	1501 Gr.161-400, 151-400; 1501 Gr. 164-360, 161-400; 1501 Gr. 164-400; 154-400	SPV 315; SPV 355; SG 295; SGV 410; SGV 450; SGV 480	A 42 CP; AP	1431; 1430; 1432	16K; 20K
1.0473	P355GH; 19Mn6	A 537 Cl1; A 414 Gr G; A612	---	SGV 410; SGV 450; SGV 480	A 52 CP; AP	2101; 2102	---
1.0481	P295GH; 17Mn4	A 516 Gr 70; A 515 Gr 70; A 414 Gr F, G	1501 Gr. 224	SG 365; SGV 410; SGV 450; SGV 480	A 48 CP; AP	---	14G2
1.0501	C35	1035	080 A 32; 080 A 35; 080 M 36; 1449 40 CS	S 35 C	1 C 35; AF 55 C 35; XC 38	1572; 1550	35
1.0503	C45	1045	060 A 47; 080 M 46; 1449 50 HS, CS	S 45 C	1 C 45; AF 65 C 45	1672; 1650	45
1.0511	C40	1040	080 M 40	---	1 C 40; AF 60 C 40	---	---
1.0535	C55	1055	070 M 55	S 55 C	1 C 55; AF 70 C 55	1655	55
1.0539	S355NH; StE 335	---	---	---	TSE 355-4	2134-04	---
1.0540	C50	---	---	---	---	1674	---
1.0545	S355N; StE 355	---	4360-50E	---	E 355 R	2334-01	---
1.0546	S355NL; TStE 355	---	4360-50EE	---	E 355 FP	2135-01	---
1.0547	S355J0H	---	4360-50C	---	TSE 355-3	2172-04	---
1.0549	S355NLH; TStE 355	---	---	---	---	2135	---
1.0553	S355J0; St 52-3U	---	4360-50C	---	E 36-3	---	---

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - CARBON & ALLOY STEELS[a] (Continued)

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	Sweeden	Russia
Number	Name	ASTM/AISI	BS	JIS	NF	SS	GOST
1.0562	P355N; StE 355	A 633 Gr C; A588	1501 Gr. 225-490A LT 20	SM 490 A; B; C; YA; YB	FeE 355 KG N; E 355 R/FP; A 510 AP	2106	15GF
1.0565	P355NH; WStE 355	---	1501-225-490B LT 20	---	A 510 AP	2106	---
1.0566	P355NL1; TStE 355	---	1501-225-490A LT 50	---	A 510 FP	2107-01	---
1.0570	S355J2G3; St 52-3	---	Fe 510 D1 FF; 1449 50/35 HR, HS; 4360-50D	SM 490 A; B, C, YA; YB	E 36-3; E 36-4	2132; 2133; 2134; 2174	17GS; 17G1S
1.0577	S355H2G4 (Fe 510 D 2)	A 738	Fe 510 D2 FF; 1501 Gr. 224-460; 1501 Gr. 224-490	---	A 52 FP	2174	---
1.0601	C60	1060	060 A 62; 1449 HS, CS	S 58 C	1 C 60; AF 70 C 55	---	60(G)
1.0603	C67	1070	080 A 67; 1449 70 HS	---	XC 65	---	---
1.0605	C75	1074; 1075	1449 80 HS	---	---	---	75
1.0614	C76 D; D 75-2	1074	---	---	XC 75	---	---
1.0616	C86 D; D 85-2	1086	---	---	XC 80	---	---
1.0618	C92 D; D 95-2	1095	---	---	XC 90	---	---
1.0715	9SMn28 (11SMn30)	1213	230 M 07	SUM 22	S 250	1912	---
1.0718	9SMnPb28 (11SMnPb30)	12L13	---	SUM 22 L; SUM 23 L; SUM 24 L	S 250 Pb	1914	---
1.0721	10 S 20	1108; 1109	(210 M 15)	---	10 F 1	---	---
1.0722	10 SPb 20	11L08	---	---	10 PbF 2	---	---
1.0723	15S22; 15S20	---	210 A 15; 210 M 15	SUM 32	---	1922	---
1.0726	35 S 20	1140	212 M 36	---	35 MF 6	1957	---
1.0727	45 S 20 (46S20)	1146	---	---	45 MF 4	---	---

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - CARBON & ALLOY STEELS[a] (Continued)

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	Sweeden	Russia
Number	Name	ASTM/AISI	BS	JIS	NF	SS	GOST
1.0736	9SMn36 (11SMn37)	1215	---	SUM 25	S 300	---	---
1.0737	9SMnPb36 (11SMnPb37)	12L14	---	---	S 300 Pb	1926	---
1.0972	S315MC; QStE 300 TM	---	1501-40F30	---	E 315 D	---	---
1.0976	S355MC; QStE 360 TM	---	1501-43F35	---	E 355 D	2642	---
1.0982	S460MC; QStE 460 TM	---	1501-50F45	---	---	---	---
1.0984	S500MC; QStE 500 TM	---	---	---	E 490 D	2662	---
1.0986	S550MC; QStE 550 TM	---	1501-60F55	---	E 560 D	---	---
1.1121	Ck 10 (C10E)	1010	040 A 10	S 9 CK; S 10 C	XC 10	1265	08; 10
1.1133	20Mn5	1022; 1518	120 M 19	SMnC 420	20 M 5	2132	20GSL
1.1141	Ck 15 (C15E)	1015	040 A 15; 080 M 15	S 15; S 15 CK	XC 12; XC 15; XC 18	1370	15
1.1151	C22E; Ck 22	1020; 1023	055 M 15; (070 M 20)	S 20 C; S 20 CK; S 22 C	2 C 22; XC 18; XC 25	1450	20
1.1157	40Mn4	1035; 1041	150 M 36	---	35 M5; 40 M 5	---	40G
1.1158	C25E; Ck 25	1025	(070 M 26)	S 25 C; S 28 C	2 C 25; XC 25	---	25
1.1165	30Mn5	1036; 1330	120 M 36 (150 M 28)	SMn 433 H; SCMn 2	35 M 5	---	27ChGSNM DTL; 30GSL
1.1166	34Mn5	1536	---	SMn 433 H	---	---	---
1.1167	36Mn5	1335	150 M 36	SMn 438 (H); SCMn 3	35 M 5; 40 M 5	2120	35G2; 35GL
1.1170	28Mn6	1330	(150 M28); (150 M 19)	SCMn 1	20 M 5; 28 M 6	---	30G
1.1178	C30E; Ck 30	---	080 M 30	---	XC 32	---	---
1.1180	C35R; Cm 35	1035	080 A 35	---	3 C 35; XC 32	1572	---
1.1181	C35E; Ck 35	1035; 1038	080 A 35 (080 M 36)	S 35 C	2 C 35; XC 32; XC 38 H 1	1550; 1572	35
1.1183	Cf 35 (C35G)	1035	080 A 35	S 35 C	XC 38 H 1 TS	1572	35

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - CARBON & ALLOY STEELS[a] (Continued)

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	Sweeden	Russia
Number	Name	ASTM/AISI	BS	JIS	NF	SS	GOST
1.1186	C40E; Ck 40	1040	060 A 40; 080 A 40; 080 M 40	S 40 C	2 C 40; XC 42 H 1	---	40
1.1191	C45E; Ck 45	1045	080 M 46; 060 A 47	S 45 C; S 48 C	2 C 45; XC 42 H 1; XC 45; XC 48 H 1	1672	45
1.1193	Cf 45 (C45G)	1045	060 A 47; 080 M 46	S 45 C	XC 42 H 1 TS	1672	45
1.1201	C45R; Cm 45	1049	080 M 46	S 50 C	3 C 45; XC 42 H 1; XC 48 H 1	1660	-
1.1203	C55E; Ck 55	1055	060 A 57	S 55 C	2 C 55; XC 55 H 1	1655	55
1.1206	C50E; Ck 50	1049; 1050	080 M 50	---	2 C 50; XC 48 H 1; XC 50 H 1	1674	50
1.1209	C55R; Cm 55	1055	070 M 55	---	3 C 55; XC 55 H 1	---	---
1.1213	Cf 53 (C53G)	1050, 1055	070 M 55	S 50 C	XC 48 H 1 TS	1674	50
1.1221	C60E Ck 60	1060; 1064	060 A 62	S 58 C	2 C 60; XC 60 H 1	1665; 1678	60; 60G; 60GA
1.1231	Ck 67 (C67E)	1070	060 A 67	---	XC 68	1770	65GA; 68GA; 70
1.1248	Ck 75 (C75E)	1074; 1075; 1078	060 A 78	---	XC 75	1774	75(A)
1.1269	Ck 85 (C85E)	1086	---	---	XC 90	---	85(A)
1.1274	Ck 101 (C101E)	1095	---	SUP 4	XC 100	1870	---
1.3401	X120Mn12	---	---	SCMn H 1; SCMn H 11	Z 120 M 12	2183	110G13L
1.3505	100Cr6	52100	2 S 135; 535 A 99	SUJ 2	100 C 6	2258	SchCh 15
1.5024	46Si7	---	---	---	45 S 7; Y 46 S 7; 46 Si 7	---	---
1.5025	51Si7	9255	---	---	51 S 7; 51 Si 7	2090	---
1.5026	55Si7	9255	251 A 58	---	55 S 7	2085; 2090	55S2

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - CARBON & ALLOY STEELS[a] (Continued)

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	Sweeden	Russia
Number	Name	ASTM/AISI	BS	JIS	NF	SS	GOST
1.5027	60Si7	9260	251 A 60; 251 H 60	---	60 S 7	---	60S2
1.5028	65Si7	9260 H	---	50 P 7; SUP 6	60 S 7	---	---
1.5415	16Mo3; 15Mo3	A 204 Gr A; 4017	1503-243 B	---	15 D 3	2912	---
1.5419	22Mo4	4419	1503-243-430	SCPH 11	---	(2512)	---
1.5423	16Mo5	4520	---	SB 450 M; SB 480 M	---	----	---
1.5622	14Ni6	A 350 Gr LF 5	---	---	16 N 6	---	---
1.5637	12Ni14; 10Ni14	A 350 Gr LF 3	1501-503; 5 S 15	SL 3 N 26; 45	12 N 14; 3.5 Ni 355	---	---
1.5662	X8Ni9	A 353	1501-510; 1502-502-650; 1503-509-690	SL 9 N 53; 60	9 Ni 490	---	---
1.5680	X12Ni5; 12Ni19	2515; 2517	---	---	Z 18 N 5; 5 Ni 390	---	---
1.5711	40NiCr6	3140	---	---	---	---	40ChN
1.5713	13NiCr6	3115	---	---	10 NC 6	---	---
1.5732	14NiCr10	3415	---	SNC 415 (H)	14 NC 11	---	---
1.5736	36NiCr10	3435	---	SNC 631 (H)	30 NC 11	---	---
1.5752	14NiCr14	3310; 3415; 9314	655 H 13	SNC 815 (H)	12 NC 15; 14 NC 12	---	---
1.5919	15CrNi6	3115	---	---	16 NC 6	---	---
1.6511	36CrNiMo4	4340; 9840	817 M 37	---	36 CrNiMo 4; 35 NCD 5; 40 NCD 3	---	40ChN2MA
1.6523	21NiCrMo2	8620	805 H 20; 805 M 20; 806 M 20	SNCM 220 (H)	20 NCD 2	2506	---
1.6546	40NiCrMo2-2	8740	3111-Type 7	SNCM 240	40 NCD 2	---	38ChGNM
1.6562	40NiCrMo8-4	4340	---	SNB 24-1-5	---	---	---
1.6565	40NiCrMo6	4340; 9850	817 A 37; 818 M 40	SNCM 439	---	---	40Ch2N2MA
1.6580	30CrNiMo8	---	823 M 30	SNCM 431	30 CrNiMo 8; 30 NCD 8	---	---

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - CARBON & ALLOY STEELS[a] (Continued)

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	Sweeden	Russia
Number	Name	ASTM/AISI	BS	JIS	NF	SS	GOST
1.6582	34CrNiMo6	4337; 4340	816 M 40; 817 M 40	SNCM 447	34 CrNiMo 8; 35 NCD 6	2541	38Ch2N2MA
1.6587	17CrNiMo6	---	---	---	18 NCD 6	---	---
1.6657	14NiCrMo13-4	9310	832 H 13; 832 M 13; S 157	---	16 NCD 13	---	---
1.6746	32NiCrMo14-5	---	---	---	35 NCD 14	---	---
1.6747	30NiCrMo16-6	---	835 M 30	---	35 NCD 16	---	---
1.7003	38Cr2	---	120 M 36	---	38 C 2; 38 Cr 2	---	---
1.7006	46Cr2	5045; 5046	---	---	42 C 2; 42 Cr 2	---	---
1.7015	15Cr3	5015; 5115	523 M 15	SCr 415 (H)	12 C 3; 18 C 3	---	15Ch
1.7030	28Cr4	5130	530 A 30	---	---	---	30Ch
1.7033	34Cr4	5132	530 A 32; 530 H 32; 530 M 32	SCr 430 (H)	32 C 4; 34 Cr 4	---	35Ch
1.7034	37Cr4	5135	31111-3/1; 530 A 36; 530 H 36; 530 M 36	SCr 435 H	37 Cr 4; 38 C 4	---	SchCh10; 40Ch
1.7035	41Cr4	5140	530 A 40; 530 H 40; 530 M 40	SCr 440 (H)	41 Cr 4; 42 C 4	---	40Ch
1.7045	42Cr4	5140	530 A 40	SCr 440	42 C 4 TS	2245	40Ch
1.7108	60SiCr7	9262	---	---	60 SC 7	---	-
1.7131	16MnCr5	5115	527 M 17; 590 H 17; 590 M 17	---	16 MC 4	2173	18ChG
1.7147	20MnCr5	5120	---	SMnC 420 H	20 MC 5	---	18ChG
1.7176	55Cr3	5155; 5160	525 A 58; 525 A 60; 525 H 60	SUP 9 (A)	55 C 3	2253	50ChGA
1.7218	25CrMo4	4130	708 A 25	SCM 420; SCM 430; SCCrM 1	25 CD 4; 25 CrMo 4	2225	20ChM; 30ChM

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - CARBON & ALLOY STEELS[a] (Continued)

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	Sweeden	Russia
Number	Name	ASTM/AISI	BS	JIS	NF	SS	GOST
1.7220	34CrMo4	4135; 4137	708 A 37	SCM 432; SCCrM 3; SCM 435 H	34 CrMo 4; 35 CD 4	2234	AS38ChGM; 35ChM; 35ChML
1.7223	41CrMo4	4140; 4142	708 M 40; 3111-5/1	SCM 440	42 CD 4 TS	2244	40ChFA
1.7225	42CrMo4	4140; 4142	708 A 42; 708 M 40; 709 M 40	SCM 440 (H); SNB 7	42 CD 4; 42 CrMo 4	2244	---
1.7228	50CrMo4	4150	708 A 47	SCM 445 (H)	50 CrMo 4	---	---
1.7242	16CrMo4	---	---	SCM 418 H	---	---	---
1.7262	15CrMo5	---	---	SCM 415 (H)	12 CD 4	---	---
1.7264	20CrMo5	---	---	SCM 420 H; SCM 421	18 CD 4	---	---
1.7335	13CrMo4-5; 13CrMo4-4	A 182 Gr F11,F12; A 387 Gr 12 Cl. 2	620-440; 620-470; 620-540; 1501-620, 621	SFVA F 12	15 CD 3.5; 15 CD 4.5	2216	12ChM; 15ChM
1.7337[f]	16CrMo4-4	A 387 Gr 12 Cl. 2	---	---	15 CD 4.5	2216	15ChM
1.7361	32CrMo12	---	722 M 24	---	30 CD 12	2240	---
1.7380	10CrMo9-10	A 182 Gr F22; A 387 Gr. 22 Cl. 2	1501-622/515; 1501-622/690; 1502-622; 3604-622	SFVA F 22A, B; SCMV 4; SCPH 32-CF	12 CD 9.10; 10 CD 9.10	2218	12Ch8
1.7715	14MoV6-3	---	1503-660-460	---	---	---	---
1.8159	51CrV4; 50CrV4	6145; 6150	735 A 51; 735 H 51	SUP 10	50 CV 4; 51 CrV 4	2230	50ChGFA; 50ChFA
1.8507	34CrAlMo5	A 355 Cl D	---	---	30 CAD 6.12	---	---
1.8509	41CrAlMo7	A 355 Cl A	905 M 39	SACM 645	40 CAD 6.12	2940	38ChMJuA
1.8515	31CrMo12	---	722 M 24	---	30 CD 12	2240	---
1.8523	39CrMoV13-9	---	897 M 39; 3 S. 132	---	---	---	---

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - CARBON & ALLOY STEELS[a] (Continued)

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	Sweeden	Russia
Number	Name	ASTM/AISI	BS	JIS	NF	SS	GOST
1.8902	S420N; StE 420	A 633 Gr E	---	SM 490 A, B, C; YA, YB	FeE 420 KG N; E 420 RIFP	2143	16G2AF
1.8903	S460NL; TStE 460	---	4360-55 EE	---	E 460 FP	---	---
1.8905	P460N; StE 460	A 633 Gr E	4360-55 F	SM 520 B	FeE 460 KG N; E 460 RIFP	2143	18G2AFps
1.8906	S460QL; TStE 460V	---	4360-55 F	---	S 460 Q	---	---

a. It is not practical to directly correlate the various metal designations from country to country, let alone comparing several countries and their metal designations; from the view that chemical composition and test methods may be similar, but not identical, and that manufacturing technologies may differ greatly. Consequently, the cross references made in this table are, at best, only listed as a practical guide to assist in finding comparable metal designations, and not equivalent metal designations.

b. Those USA designations beginning with the letter A are ASTM Standards, while those designations beginning with a number or the letter M are AISI Standards.

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - CAST IRONS[a]

Germany DIN		USA	UK	Japan	France	Sweeden	Russia
Number	Name	ASTM	BS	JIS	NF	SS	GOST
0.6010	GG 10	A 48 Class 20 B	---	G 5501 FC 100	Ft 10 D	01 10-00	Sc 10
0.6015	GG 15	A 48 Class 25 B	1452 Grade 150	G 5501 FC 150	Ft 15 D	01 15-00	Sc 15
0.6020	GG 20	A 48 Class 30 B	1452 Grade 220	G 5501 FC 200	Ft 20 D	01 20-00	Sc 20
0.6025	GG 25	A 48 Class 40 B	1452 Grade 260	G 5501 FC 250	Ft 25 D	01 25-00	Sc 25
0.6030	GG 30	A 48 Class 45 B	1452 Grade 300	G 5501 FC 300	Ft 30 D	01 30-00	Sc 30
0.6035	GG 35	A 48 Class 50 B	1452 Grade 350	G 5501 FC 350	Ft 35 D	01 35-00	Sc 35
0.6040	GG 40	A 48 Class 60 B	1452 Grade 400	---	Ft 40 D	01 40-00	Sc 40
0.6652	GGL-NiMn 137	---	L-NiMn 13 7	---	L-NM 13 7	---	---
0.6655	GGL-NiCuCr 15 6 2	A 436 Type 1	L-NiCuCr 15 6 2	---	L-NUC 15 6 2	---	---
0.6656	GGL-NiCuCr 15 6 3	A 436 Type 1b	L-NiCuCr 15 6 3	---	L-NUC 15 6 3	---	---
0.6660	GGL-NiCr 20 2	A 436 Type 2	L-NiCr 20 2	---	L-NC 20 2	05 23-00	---
0.6661	GGL-NiCr 20 3	A 436 Type 2b	L-NiCr 20 3	---	L-NC 20 3	---	---
0.6667	GGL-NiSiCr 20 5 3	---	L-NiSiCr 20 5 3	---	L-NSC 20 5 3	---	---
0.6676	GGL-NiCr 30 3	A 436 Type 3	L-NiCr 30 3	---	L-NC 30 3	---	---
0.6680	GGL-NiSiCr 30 5 5	A 436 Type 4	L-NiSiCr 30 5 5	---	L-NSC 30 5 5	---	---
0.7040	GGG-40	A 536 Grade 60-40-18	2789 Grade 420/12	G 5502-FCD 400	FGS 400-12	0717-02	VC 42-12
0.7043	GGG-40.3	---	370/17	---	FGS 370-17	0717-15	VC 42-12
---	---	A 536Grade 65-45-12	---	G 5502 FCD 450	---	---	---
0.7050	1693 GGG-50	---	2789 Grade 500/7	G 5502 FCD 500	A32-201 FGS 500-7	0727-02	VC 50-2
0.7060	1693 GGG-60	A 536 Grade 80-55-06	2789 Grade 600/3	G 5502 FCD 600	A32-201 FGS 600-3	0732-03	VC 60-2
0.7070	1693 GGG-70	A 536 Grade 100-70-03	2789 Grade 700/2	G 5502 FCD 700	A31-201 FGS 700-2	0737-01	VC 70-2
0.7080	GGG-80	A 536 Grade 120-90-02	800/2	---	FGS 800-2	---	VC 80-2
0.7652	GGG-NiMn 13 7	---	S-NiMn 13 7	---	S-NM 13 7	---	---
0.7660	GGG-NiCr 20 2	A 439 Type D-2	S-NiCr 20 2	---	S-NC 20 2	---	---
0.7661	GGG-NiCr 20 3	A 439 Type D-2 B	S-NiCr 20 3	---	S-NC 20 3	---	---
0.7665	GGG-NiSiCr 20 5 2	---	S-NiSiCr 20 5 2	---	S-NSC 20 5 2	---	---

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - CAST IRONS[a] (Continued)

Germany DIN		USA	UK	Japan	France	Sweeden	Russia
Number	Name	ASTM	BS	JIS	NF	SS	GOST
0.7670	GGG-Ni 22	A 439 Type D-2 C	S-Ni 22	---	S-N 22	---	---
0.7673	GGG-NiMn 23 4	A 571 Type D-2 M	S-NiMn 23 4	---	S-NM 23 4	---	---
0.7676	GGG-NiCr 30 3	A 439 Type D-3	S-NiCr 30 3	---	S-NC 30 3	---	---
0.7677	GGG-NiCr 30 1	A 439 Type D-3 A	S-NiCr 30 1	---	S-NC 30 1	---	---
0.7680	GGG-NiSiCr 30 5 5	A 439 Type D-4	S-NiSiCr 30 5 5	---	S-NSC 30 5 5	---	---
0.7683	GGG-Ni 35	A 439 Type D-5	S-Ni 35	---	S-N 35	---	---
0.7685	GGG-NiCr 35 3	A 439 Type D-5 B	S-NiCr 35 3	---	S-NC 35 3	---	---
0.9620	G-X 260 NiCr 4 2	A 532 I B NiCr-LC	Grade 2 A	---	---	0512-00	---
0.9625	G-X 330 NiCr 4 2	A 532 I A NiCr-HC	Grade 2 B	---	---	0513-00	---
0.9630	G-X 300 CrNiSi 9 5 2	A 532 I D Ni-HiCr	Grade 2 C, D, E	---	---	0457-00	---
0.9635	G-X 300 CrMo 15 3	A 532 II C 15% CrMo-HC	Grade 3 A, B	---	---	---	---
0.9640	G-X 300 CrMoNi 15 2 1	---	Grade 3 A, B	---	---	---	---
0.9645	G-X 260 CrMoNi 20 2 1	A 532 II D 20% CrMo-LC	Grade 3 C	---	---	---	---
0.9650	G-X 260 Cr 27	A 532 III A 25% Cr	Grade 3 D	---	---	0466-00	---
0.9655	G-X 300 CrMo 27 1	A 532 III A 25% Cr	Grade 3 E	---	---	---	---
---	---	---	6681 B 310/10	G 5702 FCMB 310	---	---	---
---	1692 GTS-35-10	A 47M-22010	310 B 35-12	G 5702 FCMB 340	---	---	---
---	1692 GTW-35-04	---	309 W 35-04	G 5703 FCMW 330	---	---	---
---	1692 GTW-40-05	---	309 W 40-05	G 5703 FCMW 370	A 32-701 MB 380-12	---	---
---	1692 GTW-45-07	---	---	G 5703 FCMWP 440	A 32-701 MB 450-7	---	---
---	---	A 220M Grade 310M8	---	G 5704 FCMP 440	---	---	---
---	---	A 220M Grade 340M5	6681 P 50-5	G 5704 FCMP 490	---	---	---
---	---	A 220M Grade 410M4	6681 P 55-04	G 5704 FCMP 540	---	---	---
---	---	A 220 Grade 70003	6681 P 60-3	G 5704 FCMP 590	---	---	---
---	---	A 220M Grade 620M1	6681 P 70-02	G 5704 FCMP 690	---	---	---
---	---	A 536 Grade 120-90-02	---	G 5502 FCD 800	---	---	---

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES- TOOL STEELS[a]

Germany DIN		USA[b]	UK	Japan	France	International	Russia
Number	Name	SAE/ASTM	BS	JIS	NF	ISO	GOST
1.1525	17350 C 80 W 1	J 438 W108	---	G 4401 SK 5; SK 6	C90E2U; A 35-590 Y_1 80	4957 TC 80	U8A-1; 2
1.1545	17350 C 105 W 1	J 438 W110	---	G 4401 SK 3	C105E2U; A 35-590 Y_1 105	4957 TC 105	U10A1; 2
---	---	---	---	G 4401 SK 4	A 35-590 Y_1 90	4957 TC 90	---
1.1620	17350 C 70 W2	---	---	G 4401 SK 7	A 35-590 Y_1 70	---	---
1.1625	C 80 W 2	A 686 W1	4659 BW 1B	---	---	---	U8-1
1.1645	C 105 W 2	J 438 W110	---	---	(C105E2U) (A 35-590 Y_2 105)	---	U10-1
1.1663	C 125 W	J 438 W112	---	G 4401 SK 2	C120E3U; A 35-590 Y_2 120	4957 TC 120	U13-1
1.1673	C 135 W	---	---	G 4401 SK 1	C140E3U; A 35-590 Y_2 140	4957 TC 140	---
1.1750	C 75 W	A 686 W1	4659 BW 1A	-	---	---	---
1.2067	17350 102Cr6	A 681 L3	4659 BL 3	SUJ 2	100Cr6; A 35-590 Y_2 100 C 6	4957 100 Cr 2	Ch
1.2080	17350 X210Cr12	A 686 D3	4659 BD 3	G 4404 SKD 1	X200Cr12; A 35-590 Z 200 C 12	4957 210 Cr 12	Ch 12
1.2083	X42Cr13	---	---	SUS 420 J 2	X40Cr14; A 35-590 Z 40 C 14	---	---
1.2210	17350 115CrV3	A 686 L2	---	---	---	---	---
1.2330	35CrMo4	AISI 4135; A 686 P20	708 A 37; 4659 BP 20	---	A 35-590 34 CD 4	---	---
1.2332	47CrMo4	AISI 4142	708 M 40	---	---	---	---
1.2343	17350 X38CrMoV5-1	A 686 H11	4659 BH 11	G 4404 SKD 6	X38CrMoV5; A 35-590 Z 38 CDV 5	4957 35 CrMoV 5	4Ch5MFS
1.2344	17350 X40CrMoV5-1	A 686 H13	4659 BH 13	G 4404 SKD 61	X40CrMoV5; A 35-590 Z 40 CDV 5	4957 40 CrMoV 5	4Ch5MF1S
1.2363	X100CrMoV5-1	A 686 A2	4659 BA 2	G 4404 SKD 12	X100CrMoV5; A 35-590 Z 100 CDV 5	4957 100 CrMoV 5	---
1.2365	17350 X32CrMoV3-3	A 686 H10	4659 BH 10	G 4404 SKD 7	32CrMoV12-28; A 35-590 32 CDV 12-28	4957 30 CrMoV 3	3Ch3M3F
---	---	A 686 H19	4659 BH 19	G 4404 SKD 8	---	---	---
1.2379	17350 X155CrVMo12-1	A 686 D2	4659 BD 2	G 4404 SKD 11	X160CrMoV12; A 35-590 Z 160 CDV 12	4957 160 CrMoV 12	---
1.2419	17350 105WCr6	---	---	G 4404 SKS 2; SKS 3; SKS 31	A 35-590 105WCr 5; 105WC 13	4957 105 WCr 1	ChWG

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES- TOOL STEELS[a] (Continued)

Germany DIN		USA[b]	UK	Japan	France	International	Russia
Number	Name	SAE/ASTM	BS	JIS	NF	ISO	GOST
1.2436	17350 X210CrW12	---	---	---	X210CrW12-1; A 35-590 Z 210 CW 12-01	4957 210 CrW 12	---
1.2510	100MnCrW4	A 686 O1	4659 BO 1	---	90MnWCrV5; A 35-590 90 MWCV 5	4957 95 MnCrW 1	---
1.2542	45WCrV7	A 686 S1	4659	---	45WCrV8; A 35-590 45 WCV 20	4957 45 WCrV 2	5ChW2SF
1.2550	17350 60WCrV7	A 686 S1	4659 BS 1	---	A 35-590 55 WC 20	4957 60 WCrV 2	---
1.2567	X30WCrV5 3; 30WCrV17-1	---	---	G 4404 SKD 4	X32WCrV5; A 35-590 Z 32 WCV 5	4957 30 WCrV 5	---
1.2581	X30WCrV9-3	A 686 H21	4659 BH 21	G 4404 SKD 5	X30WCrV9; A 35-590 Z 30 WCV 9	4957 30 WCrV 9	3Ch2W8F
1.2601	17350 X165CrMoV12	---	-	---	---	4957 160 CrMoV 12	---
1.2606	X37CrMoW5-1	A 686 H12	4659 BH 12	G 4404 SKD 62	X35CrWMoV5; A 35-590 Z 35 CWDV 5	---	---
---	---	---	---	G 4404 SKT 3	A 35-590 55 CNDV 4	---	---
1.2713	17350 55NiCrMoV6	A 686 L6	4659 BH 224/5	G 4404 SKT 4, SKS 51	55NiCrMoV7; A 35-590 55 NCDV 7	4957 55 NiCrMoV 2	5ChNM
1.2833	100V1	J 438 W210	4659 BW 2	G 4404SKS 43	C105E2UV1; A 35-590 Y_1 105V	4957 TCV 105	---
1.2842	17350 90MnCrV8	A 686 O2	4659 BO 2	---	90MnV8	4957 90 MnV 2	---
1.2885	X32CrMoCoV3-3-3	---	4659 BH 10A	---	---	---	---
1.3202	17350 S 12-1-4-5	A 600 T15	4659 BT 15	G 4403 SKH 10	A 35-590 Z 160WKVC 12-05-05-04	4957 HS 12-1-5-5	---
1.3207	17350 S 10-4-3-10	---	4659 BT 42	G 4403 SKH 57	A 35-590 Z 130WKCDV10-10-04-04-03	4957 HS 10-4-3-10	---
1.3243	17350 S 6-5-2-5	---	4659 BM 35	G 4403 SKH 55	A 35-590 Z 85WDKCV06-05-05-04-02; A 35-590 Z 90WDKCV06-05-04-02	4957 HS 6-5-2-5	R6M5K5
---	---	A 600 M36	---	G 4403 SKH 56	---	---	---
1.3246	17350 S 7-4-2-5	A 600 M41	---	---	A 35-590 Z 110WKCDV07-05-04-04-02	4957 HS 7-4-2-5	---
1.3247	17350 S 2-10-1-8	A 600 M42	4659 BM 42	G 4403 SKH 59	A 35-590 Z 110DKCWV09-08-04-02-01	4957 HS 2-9-1-8	---
1.3249	S 2-9-2-8	A 600 M33; M34	4659 BM 34	---	---	---	---
1.3255	17350 S 18-1-2-5	A 600 T4	4659 BT 4	G 4403 SKH 3	A 35-590 Z 80WKCV18-05-04-01	4957 HS 18-1-1-5	---
1.3265	S 18-1-2-10	A 600 T5	4659 BT 5	G 4403 SKH 4	A 35-590 Z 80 WKCV 18-10-04-02	4957 HS 18-0-1-10	---

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES- TOOL STEELS[a] (Continued)

Germany DIN		USA[b]	UK	Japan	France	International	Russia
Number	Name	SAE/ASTM	BS	JIS	NF	ISO	GOST
1.3342	17350 SC 6-5-2	A 600 M3	---	---	A 35-590 Z 90WDCV06-05-04-02	---	---
1.3343	17350 S 6-5-2	A 600 M2	4659 BM 2	G 4403 SKH 51	A 35-590 Z 85WDCV06-05-04-02	4957 HS 6-5-2	(R6AM5)
---	---	A 600 M3 Class 1	---	G 4403 SKH 52	---	---	R6M5 ---
1.3344	17350 S 6-5-3	A 600 M3 Class 2	---	G 4403 SKH 53	A 35-590 Z 120WDCV06-05-04-03	4957 HS 6-5-3	---
---	---	A 600 M4	4659 BM 4	G 4403 SKH 54	A 35-590 Z 130WDCV06-05-04-04	---	---
1.3346	S 2-9-1	A 686 H41; A 600 M1	4659 BM 1	---	A 35-590 Z 85DCWV08-04-02-01	4957 HS 1-8-1	---
1.3348	17350 S 2-9-2	A 600 M7	---	G 4403 SKH 58	A 35-590 Z 100DCWV09-04-02-02	4957 HS 2-9-2	---
1.3355	S 18-0-1	A 600 T1	4659 BT 1	G 4403 SKH 2	A 35-590 Z 80WCV18-04-01	4957 HS 18-0-1	R18

a. It is not practical to directly correlate the various metal designations from country to country let alone comparing several countries and their metal designations; from the view that chemical composition and test methods may be similar, but not identical, and that manufacturing technologies may differ greatly. Consequently, the cross references made in this table are, at best, only listed as a practical guide to assist in finding comparable metal designations, and not equivalent metal designations.

b. Those USA designations beginning with the letter A are ASTM Standards, while those beginning with the letter J are SAE Standards. AISI Standards are identified in the table.

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - STAINLESS STEELS

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	International	Russia
Number	Name	UNS/Other	BS	JIS	FN	ISO	GOST
1.4000	X6Cr13	S40300; 403 S41008; 410S S42900; 429	403 S 17	SUS 403; SUS 410 S; SUS 429	Z 8 C 12	683-13/1	08Ch13
1.4001	X7Cr14	S40300; 403 S41008; 410S S42900; 429	403 S 17	SUS 403; SUS 410 S; SUS 429	Z 8 C 13 FF	---	08Ch13
1.4002	X6CrAl13	S40500; 405	405 S 17	SUS 405	Z 8 CA 12	683-13/2	-
1.4005	X12CrS13	S41600; 416	416 S 21	SUS 416	Z 11 CF 13	683-13/7	-
1.4006	X12Cr13; X10Cr13	S41000; 410	410 S 21; ANC 1A	SUS 410	Z 10 C 13	683-13/3	12Ch13; 15Ch13L
1.4006	GX12Cr13	J91540; CA-15	410 C 21	---	---	---	---
1.4008	GX8CrNi13	---	410 C 21	SCS 1	Z 12 CN 13 M	---	---
1.4016	X6Cr17	S43000; 430	430 S 17; 430 S 18	SUS 430	Z 8 C 17	683-13/8	12Ch17
1.4021	X20Cr13	S42000; 420	420 S 37	SUS 420 J 1	Z 20 C 13	683-13/4	20Ch13
1.4024	X15Cr13	---	420 S 29	SUS 410 J 1	Z 13 C 13	---	---
1.4027	GX20Cr14	---	ANC 1 B, C; 420 C 24; 420 C 29	SCS 2	Z 20 C 13 M	---	20Ch13L
1.4028	X30Cr13	S42020; 420F	420 S 45	SUS 420 J 2	Z 30 C13; Z 33 C 13	683-13/5	30Ch13
1.4031	X38Cr13; X39Cr13	---	---	SUS 420 J 2	Z 40 C 14	---	40Ch13
1.4034	X46Cr13	---	420 S 45	---	Z 44 C 14; Z 38 C 13 M	---	40Ch13
1.4057	X20CrNi17 2; X19CrNi17 2	S43100; 431	431 S 29; 6 S. 80	SUS 431	Z 15 CN 16-02	683-13/9 B	20Ch17N2
1.4104	X12CrMoS17; X14CrMoS17	S43020; 430F	---	SUS 430 F	Z 13 CF 17	683-13/8 C	---
1.4113	X6CrMo17-1	S43400; 434	434 S 17	SUS 434	---	683-13/9 C	---
---	---	S44002; 440 A	---	SUS 440 A	---	---	---

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - STAINLESS STEELS (Continued)

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	International	Russia
Number	Name	UNS/Other	BS	JIS	FN	ISO	GOST
---	---	S44003; 440B	---	SUS 440 B	---	---	---
1.4125	X105CrMo17	S44004; 440C	---	SUS 440 C	Z 100 CD 17	---	95Ch18
---	---	S20100; 201	---	SUS 201	Z 12 CMN 17-07 AZ	683-13/A-2	---
---	---	S20200; 202	284 S 16	SUS 202	---	683-13/A-3	---
1.4301	X5CrNi18 10; X4CrNi18-10	S30400; 304	304 S 11; 304 S 15; 304 S 16; 304 S 17; LW 21; LWCF 21; 304 S 31	SUS 304	Z 4 CN 19-10 FF; Z 5 CN 17-08; Z 6 CN 18-09; Z 7 CN 18-09	683-13/11	08Ch18N10
1.4303	X5CrNi18 12; X4CrNi18-12	S30500; 305 S30800; 308	305 S 17; 305 S 19	SUS 305 J 1; SUS 305	Z 5 CN 18-11 FF	---	06Ch18N11
---	---	S30900; 309	309 S 24	SUH 309	Z 12 CN 24-13	---	---
1.4305	X10CrNiS18 9; X8CrNiS18-9	30300; 303	303 S 22; 303 S 31	SUS 303	Z 8 CNF 18-09	683-13/17	---
---	---	S30323 303 Se	303 S 41	SUS 303 Se	---	683-13/17a	---
1.4306	X2CrNi19-11	S30403; 304L	304 S 11; LW 20; LWCF 20; S. 536; T. 74; 304 C 12 (LT 196); 305 S 11	SCS 19; SUS 304 L	Z 1 CN 18-12; Z 2 CN 18-10; Z 3 CN 19.10 M; Z 3 CN 18-10; Z 3 CN 19-11; Z 3 CN 19-11 FF	683-13/10	03Ch18N11
1.4308	GX5CrNi19-10 G-X 6 CrNi 18 9	J92600 CF-8	304 C 15 (LT 196)	SCS 13	Z 6 CN 18.10 M	---	07Ch18N9L
1.4310	X12CrNi 17 7; X9CrNi18-8	S30100; 301	301 S 21; 301 S 22	SUS 301	Z 11 CN 17-08; Z 11 CN 18-08; Z 12 CN 18-09	683-13/14	---
1.4311	X2CrNiN18-10	S30453; 304LN	304 S 61	SUS 304 LN	Z 3 CN 18-07 Az; Z 3 CN 18-10 Az	683-13/10N	---
1.4312	GX10CrNi18-8	---	302 C 25; ANC 3 A	SCS 12; SCS 13 A	Z 10 CN 18.9 M	---	10Ch18N9L

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - STAINLESS STEELS (Continued)

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	International	Russia
Number	Name	UNS/Other	BS	JIS	FN	ISO	GOST
1.4313	GX5CrNi13-4	J91540; CA6-NM	425 C 11; 425 C12	SCS 5; SCS 6	Z 4 CND 13.4 M; Z 6 CN 13-4; Z 8 CD 17-01	---	---
1.4319	X3CrNiN17-8	S30200; 302	301 S 26; 302 S 26	SUS 302	Z 12 CN 18.09	683-13/12	---
1.4401	X5CrNiMo17 12 2; X4CrNiMo17-12-2	S31600; 316	316 S 13; 316 S 17; 316 S 19; 316 S 31; 316 S 33	SUS 316	Z 3 CND 17-11-01; Z 6 CND 17-11; Z 6 CND 17-11-02 FF; Z 7 CND 17-11-02; Z 7 CND 17-12-02	---	---
1.4404	X2CrNiMo17 13 2; X2CrNiMo17-12-2	S31603; 316L	316 S 11; 316 S 13; 316 S 14; 316 S 31; 316 S 42; S. 537; S.161	SUS 316 L	Z 2 CND 17-12; Z 2 CND 18-13; Z 3 CND 17-11-02; Z CND 17-12-02 FF; Z 3 CND 18-12-02; Z 3 CND 18-12-03; Z 3 CND 19.10 M	---	---
1.4406	X2CrNiMoN 17 12 2; X2CrNiMoN17-11-2	S31653; 316LN	316 S 61; 316 S 63	SUS 316 LN	Z 3 CND 17-11 Az	683-13/19N	---
1.4408	GX5CrNiMo19-11; G-X6CrNiMo18 10	J92900; CF-8M	316 C 16 (LT 196); ANC 4 B	SCS 14	---	---	07Ch18N10G2S2M2L
1.4429	X2CrNiMoN17-13-3	S31653; 316LN	316 S 63	SUS 316 LN	Z 3 CND 17-12 Az	683-13/19N	---
1.4435	X2CrNiMo18-14-3	S31603; 316L	316 S 11; 316 S 13; 316 S 14; 316 S 31; LW 22; LWCF 22	SUS 316 L	Z 3 CND 17-12-03; Z 3 CND 18-14-03	683-13/19	03Ch17N14M3
1.4436	X5CrNiMo17 13 3; X4CrNiMo17-13-3	S31600; 316	316 S 19; 316 S 31; 316 S 33; LW 23; LWCF 23	SUS 316	Z 6 CND 18-12-03; Z 7 CND 18-12-03	683-13/20	---

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - STAINLESS STEELS (Continued)

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	International	Russia
Number	Name	UNS/Other	BS	JIS	FN	ISO	GOST
1.4438	X2CrNiMo 18 16 4; X2CrNiMo18-15-4	S31703; 317L	317 S 12	SUS 317 L	Z 2 CND 19-15-04; Z 3 CND 19-15-04	683-13/24	---
1.4449	X5CrNiMo17 13	S31700; 317	317 S 16	SUS 317	---	---	---
1.4460	X4CrNiMoN 27 5 2; X3CrNiMoN27-5-2	S32900; 329	---	SUS 329 J 1	Z 3 CND 25-07 Az Z 5 CND 27-05 Az	---	---
1.4462	X2CrNiMoN22-5-3	---	318 S 13	SUS 329 J3L	Z 3 CND 22-05 Az Z 2 CND 24-08 Az; Z 3 CND 25-06-03 Az	---	---
---	---	---	331 S 42	SUH 31	---	---	---
---	---	---	349 S 52	SUH 35	Z 52 CMN 21-09	---	---
1.4510	X6CrTi17; X3CrTi17	S43036; 430Ti	---	SUS 430 LX	Z 4 CT 17	---	08Ch17T
1.4511	X6CrNb17; X3CrNb17	---	---	SUS 430 LX	Z 4 CNb 17	---	---
1.4512	X6CrTi12; X2CrTi12	S40900; 409	LW 19; 409 S 19	SUH 409	Z 3 CT 12	683-13/1 Ti	---
1.4521	X2CrMoTi18-2	S44300; 443	---	SUS 444	---	683-13/E 1	---
1.4539	X1NiCrMoCuN25-20-5	N08904; 904L	---	---	Z 2 NCDU 25-20	---	---
1.4541	X6CrNiTi18-10	S32100; 321	321 S 31; 321 S 51 (1010); 321 S 51 (1105); LW 24; LWCF 24	SUS 321	Z 6 CNT 18-10	683-13/15	06Ch18N10T; 08Ch18N10T; 09Ch18N10T; 12Ch18N10T
1.4542	X5CrNiCuNb17 4; X5CrNiCuNb16-4	S17400; 630	---	SCS 24; SUS 630	Z 7 CNU 15-05; Z 7 CNU 17-04	683-16/1	---
1.4544	---	---	S.524; S.526	---	---	---	08Ch18N12T
1.4546	X5CrNiNb18-10	S34800; 348	347 S 31; 2 S 130;	---	---	---	---
1.4550	X6CrNiNb18-10	S34700; 347 S34800; 348	347 S 20; 347 S 31; 347 S 51; ANC 3 B	SUS 347	Z 6 CNNb 18-10	683-13/16	08Ch18N12B

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - STAINLESS STEELS (Continued)

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	International	Russia
Number	Name	UNS/Other	BS	JIS	FN	ISO	GOST
1.4552	GX5CrNiNb19-10 G-X 5 CrNiNb18 9	J92710; CF-8C	347 C 17	SCS 21	Z 6 CNNb 18.10 M	---	---
1.4568	X7CrNiAl17-7	S17700; 631	301 S 81	SUS 631	Z 9 CNA 17-07	683-16/2	09Ch17N7Ju1
1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	S31635; 316Ti	320 S 18; 320 S 31	SUS 316 Ti	Z 6 CNDT 17-12	683-13/21	10Ch17N13M2T
1.4573	X10CrNiMoTi18 12	S31635; 316Ti	320 S 33	SUS 316 Ti	---	683-13/21	10Ch17N13M3T; 08Ch17N13M2T
1.4580	X6CrNiMoNb17-12-2	S31640; 316Cb	318 S 17	---	Z 6 CNDNb 17-12	---	08Ch16N13M2B
1.4581	GX5CrNiMoNb19-11; G-X5CrNiMoNb18 10	---	318 C 17; ANC 4 C	SCS 22	Z 4 CNDNb 18.12 M	---	---
1.4583	X10CrNiMoNb18-12	---	---	---	---	---	---
1.4718	X45CrSi9 3	S65007; J775 HNV 3	401 S 45	SUH 1	Z 45 CS 9	---	40Ch9S2
1.4724	X10CrAl13	---	---	---	Z 13 C 13	---	10Ch13SJu
1.4731	X40CrSiMo10-2	---	---	SUH 3	Z 40 CSD 10	---	40Ch10S2M
1.4742	X10CrAl18	---	---	SUH 21	Z 12 CAS 18	---	15Ch18SJu
1.4747	X80CrNiSi20	S65006; J775 HNV 6	443 S 65	SUH 4	Z 80 CNS 20-02	---	---
---	---	S42200; J775 HNV-8	---	SUH 616	---	---	---
1.4762	X10CrAl24	S44600; 446	---	(SUH 446)	Z 12 CAS 25	---	---
1.4828	X15CrNiSi20-12	S30900; 309	309 S 24	SUH 309	Z 9 CN 24-13; Z 17 CNS 20-12	---	20Ch20N14S2
1.4833	X12CrNi24-12; X7CrNi23 14	S30908; 309S	---	SUS 309 S	Z 15 CN 23-13; Z 15 CN 24-13; Z 20 CN 24-13	---	---

INTERNATIONAL CROSS REFERENCES - STAINLESS STEELS (Continued)

Germany DIN		USA[b]	United Kingdom	Japan	France	International	Russia
Number	Name	UNS/Other	BS	JIS	FN	ISO	GOST
1.4837	GX40CrNiSi25-12	---	309 C 30	SCH 13 A; SCH 17; SCS 17	---	---	40Ch24N12SL
1.4841	X15CrNiSi25 20	S31400; S31000	314 S 25	SUH 310	Z 15 CNS 25-20	---	20Ch25N20S2
1.4842	X12CrNi25 20	S31008; 310S	---	SUS 310 S	Z 12 CN 26-12	---	---
1.4845	X12CrNi25-12	S31008; 310S	310 S 16; 310 S 24; 310 S 25; 310 S 31	SUH 310; SUS 310 S	Z 8 CN 25-20; Z 12 CN 25-20; Z 12 CN 26-21	683-13/H15	20Ch23N18
1.4848	GX40CrNiSi25-20	HK40; J94204	310 C 40; 310 C 45	SCH 21; SCH 22	---	---	---
1.4864	X12NiCrSi36-16	---	NA 17	SUH 330	Z 20 NCS 33-16	---	---
1.4865	GX40NiCrSi38-18	---	330 C 11; 330 C 40; 331 C 40	SCH 15; SCH 16	---	---	---
1.4871	X53CrMnNiN21-9	S63008; J775 EV-8	349 S 54	SUH 35; SUH 36	Z 53 CMNS 21-09 Az; Z 53 CMN 21-09 Az	---	55Ch20G9AN4
---	---	S63017; J775 EV-4	381 S 34	SUH 37	---	---	---
1.4873	X45CrNiW18-9	---	---	SUH 31	Z 35 CNWS 14-14; Z 45 CNW 18-09	---	---
1.4876	X10NiCrAlTi32-20	---	NA 15 (H)	NCF 800 (TP)	Z 8 NC 33-21; Z 10 NC 32-21	---	---
1.4878	X12CrNiTi18-9	S32100; 321	321 S 51	SUS 321	Z 6 CNT 18-10	683-13/15	---
1.4922	X20CrMoV12-1	---	---	---	---	---	---
1.4944	---	S66286; 660	HR 51	---	Z 6 NCTDV 25-15 B	---	---

a. It is not practical to directly correlate the various metal designations from country to country, let alone comparing several countries and their metal designations, from the view that chemical composition and test methods may be similar, but not identical, and that manufacturing technologies may differ greatly. Consequently, the cross references made in this table are, at best, only listed as a practical guide to assist in finding comparable metal designations, and not

چگونه از "کلید فولاد" استفاده کنیم؟

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در" نشریه مشانیر، شماره ۵۳، سال ۱۳۸۹" به چاپ رسیده است.

واژه های کلیدی: کلید فولاد، نامگذاری فولاد، استاندارد، مشخصات

مقدمه

برای پاسخگویی به نیازها از دیرباز کتاب "کلید فولاد" در صنعت ما جایگاه ویژه ای داشته است و از این روی به مرجعی پر کاربرد برای صنعتگران و مهندسان تبدیل شده است. در این نوشتار با فراهم نمودن اطلاعات پایه سعی گردیده است تا شناخت و استفاده بهتر از قواعد و چارچوبهای تعیین شده کتاب "کلید فولاد"، امکان پذیر گردد.

آشنایی با فصل های "کلید فولاد"

یک روش برای کسب اطلاعات جامع در رابطه با فولادها استفاده از نرم افزار و یا کتاب "کلید فولاد" می باشد .کتاب "کلید فولاد"مشتمل بر ۱۹ فصل است که عبارتند از:

فصل ۱- فولادهای سازه ای، فولادهای سخت شونده سطحی(کربوره-سمانته)، فولادهای نیتروره و فولادهای خوش تراش(اتومات).

فصل ۲- فولادهای عملیات حرارتی پذیر (بهسازی)، فولادهای یاتاقان های چرخشی و غلتشی(بلبرینگ).

فصل ۳- فولادهای فنر، فولادهای سخت گردانی سطحی و فولادهای اکستروژن سرد.

فصل ۴- فولادهای چقرمه سرد (مقاوم در دمای زیر صفر)، فولادهای مخازن هیدروژناسیون تحت فشار و فولادهای سازه ای نسوز.

فصل ۵- فولادهای دانه ریز، فولادهای سازه ای دانه ریز مقاوم در هوا، فولادهای دانه ریز برای پرسکاری سرد.

فصل ۶- فولادهای سازه ای و ساختمانی (کشورهای غیرآلمانی)، مقایسه استانداردها.

فصل ۷- فولادهای ابزار کربنی (غیرآلیاژی)، فولادهای تندبر.

فصل ۸- فولادهای ابزاری سرد کار.

فصل ۹- فولادهای ابزاری گرم کار.

فصل ۱۰- فولادهای ابزار (کشورهای غیرآلمانی)، مقایسه استانداردها.

فصل ۱۱- فولادهای شیرآلات (سوپاپ)، آلیاژها و فولادهای مقاوم به دمای بالا.

فصل ۱۲- فولاد های نگیر (غیر مغناطیسی)، فولاد نسوز، آلیاژهای المنتهای برقی.

فصل ۱۳- فولاد های زنگ نزن.

فصل ۱۴- فولاد های ریختگی زنگ نزن، فولاد های ریختگی نسوز.

فصل ۱۵- مواد پر کننده (مصرفی) جوشکاری.

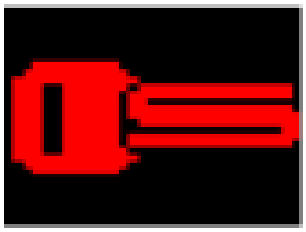
فصل ۱۶- فولادهای زنگ نزن و نسوز (کشورهای غیرآلمانی)، مقایسه استانداردها.

فصل ۱۷- لیست شماره مواد وتامین کنندگان آلمانی.

فصل ۱۸- تامین کنندگان آلمانی،کدها و نشانی ها.

فصل ۱۹- تامین کنندگان غیرآلمانی، کدها ونشانی ها.

.



همانطور که ملاحظه می شود ۱۶ فصل کتاب "کلید فولاد" بر اساس کاربرد فولادها تقسیم بندی شده است. در این میان، فصلهای ۶ و ۱۰و ۱۶ دربرگیرنده اطلاعات فولادهای غیرآلمانی و سایر فصول دربرگیرنده اطلاعات فولادهای آلمانی هستند. گروه بندی فولادهای غیرآلمانی در فصول ۶ و۱۰و۱۶ به ترتیب شبیه به گروه بندی فولادهای آلمانی در فصول ۱ تا ۵، ۷ تا ۹، و ۱۱ تا ۱۵ می باشد. داده های فولادهای آلمانی ارائه شده در این فصول شامل شماره مواد، نام فولاد بر اساس استاندارد **DIN** یا **EN**، ترکیب شیمیایی، خواص مکانیکی–حرارتی–فیزیکی و کاربردهای فولاد می باشد. با توجه به اهمیت شماره مواد لازم است اندکی در مورد آن بدانیم. این شماره همانند شماره/کد ملی برای افراد است یعنی با دانستن آن سایر اطلاعات قابل بازیابی است. می توان روش انتخاب شماره مواد را برای فولادها در استاندارد **EN 10027-2** پیدا کرد که خلاصه ای از آن در صفحات ۶ و ۷ کتاب کلید فولاد نیز آمده است. با این روش هر فولاد با عدد ۱ آغاز شده که پس از آن یک ممیز و بدنبال آن ۴ عدد دیگر می آید مثلا فولاد زنگ نزن **316** با این سیستم با شماره مواد **1.4401** معرفی می شود. برای آسانتر شدن یادگیری چند مورد زیر که به تجربه بدست آمده است بیان می گردد:

اگر عدد اول پس از ممیز صفر باشد، فولاد از نوع سازه ای است مثلا **1.0570** و **1.0038** که به ترتیب معرف **St 52-3N** و **RSt 37-2** هستند و **1.0473** که شماره مواد برای **ASTM A 516 Gr.70** است.

اگر عدد اول پس از ممیز یک باشد، فولاد از نوع ساده کربنی است مانند **1.1191** برای **Ck 45**

اگر عدد اول پس از ممیز دو باشد، فولاد ابزار است مانند **1.2080** برای **SPK**

اگر عدد اول پس از ممیز سه باشد، فولاد بلبرینگ و تندبر است مانند **1.3505**

اگر عدد اول پس از ممیز چهار باشد، فولاد زنگ نزن است مانند **1.4841** برای معرفی فولاد زنگ نزن **310**

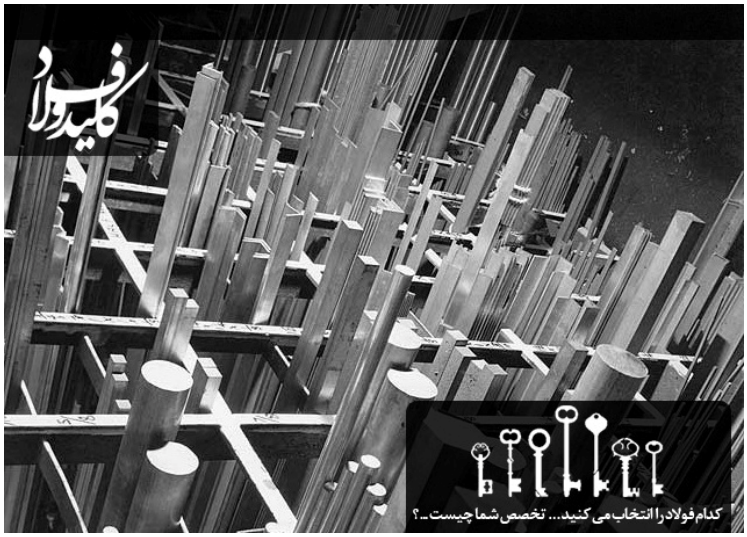
اگر عدد اول پس از ممیز چهار تا هشت باشد، فولاد کم آلیاژ است مانند **1.7225** برای **Mo40** یا **1.6582** برای **4340**

گفتنی است که شماره مواد مختص فولادها نیست بلکه برای تمام فلزات است مثلا آلومینیوم و آلیاژهای آن با عدد ۳ آغاز می شوند بطوری که سیستم آمریکایی نامگذاری آلومینیوم **3003** با شماره مواد **3.0517** نشان داده می شود. (برای کسب اطلاعات بیشتر به استاندارد **DIN 17007-4** مراجعه کنید)

فصل ۱۷ به دو بخش **a** و **b** تقسیم می شود. بخش **۱۷a** دربرگیرنده اطلاعات فولادهای آلمانی است و بر اساس شماره مواد مرتب شده است. داده های فولاد های این بخش شامل شماره مواد، نام فولاد بر اساس استاندارد **DIN** یا **EN**، ترکیب شیمیایی، استاندارد **DIN** یا **EN** مربوطه و شماره گروهی(فصلی) که سایر اطلاعات فولاد در آن ارائه شده است، می باشد.

در بخش **۱۷b**، کد اختصاری شرکتهای آلمانی تولید کننده هر فولاد آلمانی در مقابل شماره مواد آن فولاد ارائه شده است. روشن است که اطلاعات این بخش نیز باید بر اساس شماره مواد فولادها مرتب شده باشد تا دسترسی به کد اختصاری شرکتهای تولید کننده هر فولاد به راحتی امکان پذیر گردد.

در اینجا لازم است که در مورد کد اختصاری شرکتهای تولیدکننده فولاد توضیحاتی داده شود. هر شرکت تولید کننده فولاد در دنیا، یک کد اختصاری دارد که ترکیبی است از یک یا دو حرف لاتین و یک عدد سه رقمی که توسط یک خط تیره از هم جدا می شوند. حروف در سمت چپ خط تیره قرار دارند و نشان دهنده ملیت شرکت تولید کننده می باشد. مثلا **D** برای شرکتهای آلمانی و **SE** برای تولیدکنندگان سوئدی به کار می رود. بنابراین شرکت **D-005** یک تولید کننده آلمانی است. عددی که در سمت راست خط تیره قرار گرفته است برای تفکیک شرکتهای موجود در یک کشور به کار می روند و در واقع این عدد کد داخلی شرکت در کشور خود می باشد. لیستی از کدگذاری تولیدکنندگان فولاد دنیا در نخستین صفحات فصل ۱۹ آمده است. برای دستیابی به سایر اطلاعات شرکتهای تولیدکننده آلمانی می توان از چند صفحه ابتدایی فصل ۱۸ استفاده کرد.



فصل ۱۸ شامل سه بخش می باشد. بخش نخست به معرفی مشخصات کامل شرکتهای تولید کننده فولاد در آلمان می پردازد. این مشخصات عبارتند از کد شرکت، نام، نشانی، کدپستی، شماره تلفن، نمابر و تلکس و نیز وبسایت و ایمیل. بخش دوم به بررسی شکل و شرایط محصولات تولیدی توسط هر یک از شرکتهای تولید کننده آلمانی می پردازد. بخش سوم این فصل که حجم عمده آن را تشکیل می دهد لیستی است از نامگذاری فولادهای آلمانی که در مقابل نام هر فولاد، شماره مواد، گروه (فصل) و کد عمده ترین تولید کننده فولاد ارائه شده است. این لیست بر اساس اعداد و حروف الفبای نامگذاری فولادها مرتب شده است. بنابراین با داشتن نامگذاری یک فولاد آلمانی، می توان به سایر مشخصات آن دست یافت. منظور از نامگذاری در اینجا می تواند هر یک از دو مورد شماره مواد یا نامگذاری[1] فولاد باشد.

فصل ۱۹ نیز به سه بخش تقسیم می گردد. بخش نخست آن به معرفی مشخصات شرکتهای غیر آلمانی تولید کننده فولاد می پردازد. اطلاعات این بخش بر اساس کد اختصاری شرکتها مرتب شده است. بخش دوم که حجم عمده آن را تشکیل می دهد لیستی از نامگذاری فولادهای کشورهای خارجی است. این لیست بر اساس حروف الفبای نامگذاری فولادها مرتب شده است. در مقابل نام هر فولاد، صفحه و شماره ردیف فولاد و همچنین نام کشور تولید کننده و کد عمده ترین شرکت تولیدکننده آن نیز درج شده است. منظور از نامگذاری فولاد در اینجا، انواع نامگذاری ها در استانداردهای مختلف غیر آلمانی است. بخش پایانی این فصل در واقع فهرست مطالب کتاب کلید فولاد است.

چگونگی دستیابی به اطلاعات کتاب "کلید فولاد"

بر اساس آنچه تا کنون گفته شد، روشهای دستیابی به اطلاعات کتاب کلید فولاد را می توان به ۸ مورد زیر تقسیم بندی نمود:

۱- تعیین مشخصات فولادهای آلمانی بر اساس شماره استاندارد

به این منظور باید به فصل **a** ۱۷مراجعه کنیم. از آنجایی که در این فصل اطلاعات فولادها بر اساس شماره مواد مرتب شده است، فولاد مورد نظر را می توان به راحتی پیدا کرد. اطلاعاتی مانند علامت مشخصه، استاندارد **DIN** یا **EN** تعریف کننده فولاد و ترکیب شیمیایی مستقیما بدست می آیند. اما اطلاعاتی مانند کاربردها، خواص فیزیکی، مکانیکی و حرارتی در این بخش ارائه نشده

اند و امکان دسترسی مستقیم به آنها وجود ندارد بلکه باید از شماره گروه فولاد که در ستون آخر آمده است، برای دستیابی به اطلاعات مورد نظر کمک گرفت. شماره گروه فولاد در واقع شماره فصلی است که اطلاعات اختصاصی فولاد در آن قرار دارد.
چنانچه اطلاعات بدست آمده از فصول مختلف این کتاب کافی نباشد، باید به استانداردهای **DIN** یا **EN** تعریف کننده فولاد که شماره آن در ستون سوم اطلاعات فصل **a** ۱۷نوشته شده است، مراجعه نمود. به عنوان مثال در مورد فولاد **St 37-2** با شماره مواد **1.0037** به استاندارد اروپایی **EN 10025** ارجاع داده شده است. استاندارد تعریف کننده فولاد، اطلاعاتی در مورد کیفیت فولاد، شکل محصول، رواداریها (تلرانس) و ویژگی های آن در وضعیتهای مختلف ارائه می دهد. همچنین راجع به چگونگی کنترل کیفیت، نحوه سفارش و ... اطلاعات کاربردی را بدست می دهد.

۲- تعیین مشخصات فولاد ها بر اساس نامگذاری

به این منظور از دو بخش ۱۸ و ۱۹ استفاده می شود. اگر فولاد مورد نظر آلمانی باشد باید به فصل ۱۸ و در غیر اینصورت به فصل ۱۹ مراجعه کنیم.
همانگونه که پیشتر گفته شد بخش سوم فصل ۱۸ که حجم بیشتر این فصل را به خود اختصاص داده است، لیستی است از نامگذاری فولادهای آلمانی که این لیست بر مبنای اعداد و حروف الفبای نامگذاری فولادها مرتب شده است. پس با در دست داشتن نام فولاد به راحتی می توان به شماره مواد، گروه و کد عمده ترین تولید کننده فولاد دست پیدا کرد. با بدست آوردن شماره مواد فولاد، به فصل **a**۱۷ مراجعه کرده و مطابق آنچه که در روش اول گفته شد، سایر مشخصات فولاد را پیدا می کنیم. همچنین برای دستیابی به اطلاعات اختصاصی فولاد از شماره گروه آن بهره می گیریم. شماره گروه فولاد هم در فصل ۱۸ و هم در فصل **a**۱۷ ارائه شده است.
زمانی که نامگذاری فولاد غیرآلمانی است باید به بخش دوم فصل ۱۹ مراجعه کنیم. در این بخش فولادها بر اساس اعداد و حروف الفبایی نامگذاریشان مرتب شده اند و در مقابل نام هر فولاد، شماره صفحه، شماره ردیف، نام کشور تولید کننده و همچنین کد اختصاری عمده ترین تولید کننده آن ارائه شده است بنابراین با در دست داشتن نام فولاد در استاندارد یک کشور خارجی می توان با استفاده از شماره صفحه و شماره ردیف (که برای هر یک از فولادهای خارجی تعریف شده در فصول ۶ و ۱۰ و ۱۶ ارائه شده است) به اطلاعات فولاد مورد نظر دست یافت.

۳- تعیین مشخصات فولادها بر اساس کاربرد

چنانچه بخواهیم فولادی را بر اساس کاربردهای در نظر گرفته شده برای آن انتخاب کنیم، ابتدا باید با استفاده از فهرست فصول کتاب، گروه (فصل) فولاد مورد نظر را بیابیم. سپس با مراجعه به قسمت مربوط به کاربردهای فولادهای معرفی شده در آن فصل، شماره استاندارد فولاد مورد نظر خود را استخراج کنیم. با بدست آوردن شماره استاندارد فولاد می توانیم به سایر مشخصات فولاد دست یابیم. یادآوری این نکته لازم است که فصول کتاب کلید فولاد با استفاده از رنگ از هم متمایز می شوند. فصول ۱ تا ۶ قرمز رنگ هستند و فولادهایی که ویژگی اصلی[۲] آنها استحکام، تافنس و ازدیاد طول نسبی است (یعنی خواص مکانیکی منهای سختی) در این فصول قرار دارند (کاربردهایی همانند زنجیر، شفت، مخازن تحت فشار و ...). فصول ۷ تا ۱۰ سبز رنگ هستند که ویژگی اصلی فولادهای این فصل ها سختی است و همانطور که پیشتر گفته شد فولادهای ابزار را پوشش می دهند و به دلیل میزان کربن زیاد، جوش پذیری ندارند. فصل های ۱۱ و ۱۲ با رنگ قهوه ای نشان داده شده اند که برای فولادهای این دو فصل خواص مکانیکی اهمیت چندانی ندارد و آنچه مهم است خواص فیزیکی نظیر ضریب انبساط حرارتی، نفوذپذیری مغناطیسی و ... است. رنگ آبی برای فصل های ۱۳ تا ۱۶ به کار رفته است که برای فولادهای این فصول ترکیب شیمیایی معیار اصلی است. از این روی تمام فولادهای مقاوم به خوردگی در این دو فصل جای می گیرند. روشن است که بدین ترتیب تمامی فولادهای زنگ نزن در کلید فولاد با رنگ آبی مشخص می شوند. رنگ سیاه مشخصه فصول ۱۷ تا ۱۹ است که به اطلاعات جدولی جهت مقایسه می پردازند. این اطلاعات پایه نرم افزار کلید فولاد بوده است.

۴- تعیین مشخصات فولادها بر اساس ترکیب شیمیایی

تعیین مشخصات فولادها بر اساس ترکیب شیمیایی به دو صورت امکان پذیر است:

- اگر بتوان گروه آلیاژی فولاد را بر اساس ترکیب شیمیایی آن تعیین نمود، با مراجعه به گروه مربوطه و جستجو در آنالیز شیمیایی فولادهای آن گروه می توان نزدیکترین آلیاژ به آلیاژ مورد نظر را یافته و سایر مشخصات آن را با توجه به شماره مواد آن بدست آورد.
- اگر بتوان محدوده شماره مواد یا نامگذاری فولاد را بر اساس ترکیب شیمیایی آن تعیین کرد، می نوان با استفاده از فصول **a** ۱۷یا ۱۸ به سایر مشخصات فولاد دست یافت.

۵- تعیین کد اختصاری شرکتهای تولید کننده یک فولاد

چنانچه فولاد مورد نظر در کشور آلمان تولید شده باشد، می توان با در دست داشتن شماره مواد آن، با مراجعه به فصل **a** ۱۷کد اختصاری شرکتهای تولید کننده آن را بدست آورد. اگر به جای شماره مواد فولاد، علامت مشخصه آن را داشته باشیم می توانیم به بخش سوم فصل ۱۸ مراجعه کنیم. در این بخش در مقابل نام هر فولاد، شماره مواد، شماره گروه و کد اختصاری عمده ترین تولید کننده فولاد مورد نظر مستقیما بدست آمده و برای یافتن کد سایر شرکتهای تولیدکننده آن می توان از شماره مواد فولاد بهره جست. اگر فولاد مورد نظر در کشوری غیر از آلمان تولید شده باشد، فقط امکان دسترسی به کد اختصاری عمده ترین تولیدکننده آن وجود دارد که باید به بخش دوم فصل ۱۹ مراجعه شود. در این بخش در مقابل نام هر فولاد، شماره صفحه، شماره ردیف، نام کشور تولید کننده و کد اختصاری عمده ترین تولید کننده آن ارائه گردیده است. ولی در هیچ یک از فصول کتاب، کد اختصاری سایر تولیدکنندگان فولاد مورد نظر نیامده است در نتیجه باید به آنچه در فصل ۱۹ آمده است، بسنده کنیم.

۶- تعیین نام، نشانی و سایر مشخصات شرکتهای تولید کننده

همانگونه که بیان شد در فصول **b**۱۷، ۱۸ و ۱۹ برای هر یک از فولادها، فقط کد اختصاری تولید کننده یا تولیدکنندگان فولاد ارائه شده اند. گاهی لازم است درباره این تولیدکنندگان داده های بیشتری بدست بیاوریم. این اطلاعات را می توان از فصول ۱۸ و ۱۹ بدست آورد. بخش اول فصل ۱۸ همانطور که پیشتر بیان شد، مربوط به مشخصات کامل شرکتهای تولید کننده آلمانی می شود و بخش اول فصل ۱۹ مربوط به مشخصات کامل شرکتهای تولیدکننده خارجی می شود بنابراین با دردست داشتن کد شرکت موردنظر می توان به این فصول مراجعه کرده و سایر مشخصات آن شرکت را بدست آورد.

۷- تعیین شکل محصولات فولادی و روش تولید آنها در شرکتهای آلمانی

در بخش دوم فصل ۱۸، لیستی ارائه شده است که با توجه به شکل محصول و روش تولید آن به بررسی تولید یا عدم تولید انواع مختلف فولادها توسط شرکتهای آلمانی می پردازد. این لیست بر اساس کد اختصاری شرکتهای تولیدکننده مرتب شده است. بنابراین با در دست داشتن کد اختصاری تولید کننده فولاد (که از فصول **b**۱۷یا ۱۸ بدست می آید) و با توجه به نوع فولاد، شکل محصول و روش تولید آن، می توان تعیین کرد که آیا محصول موردنظر توسط این شرکت تولید می شود یا نه.

۸- تعیین فولاد معادل در استانداردهای کشورهای مختلف

در صفحات پایانی سه فصل ۶ و ۱۰ و ۱۶ لیستی از فولادهای معادل در استانداردهای چند کشور صنعتی ارائه شده است. این لیست، بر اساس شماره مواد مرتب گردیده است. با استفاده از این لیست می توان به برخی از فولادهای معادل در استانداردهای کشورهای مختلف دست یافت.

پی نوشت:

۱- **designation**

۲- **main property**

مراجع

1- **www.metallurgydata.blogfa.com**

2- **www.stahlschluessel.de**

۳- عبدا... ولی نژاد، جداول و استانداردهای فولاد، انتشارات طراح، چاپ پنجم، ۱۳۸۴

۴- کتاب کلید فولاد، ویرایش ۲۰۰۴

علل شکست شفت ایرهیتر یک نیروگاه

علی اکبر فلاح، کامران خداپرستی، علی حاجی محمد نظری
kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در " ماهنامه صنعت برق، شماره ۱۳۰، خرداد ۱۳۸۶ " به چاپ رسیده است.

خلاصه

در این تحقیق، علل شکست شفت ایرهیتر یک نیروگاه به کمک بررسیهای ماکروسکوپی و میکروسکوپی و همچنین آنالیز تنش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. بررسیهای ماکروسکوپی نشان دهنده آن است که شفت دچار خستگی مکانیکی شده است و آنالیز تنش انجام شده، وجود تمرکز تنش در محل شکست را نشان می‌دهد. بررسیهای ساختاری توسط میکروسکوپ نوری نشان دهنده آن است که شفت در هنگام تولید مورد عملیات حرارتی سطحی قرار گرفته است و پس از عملیات حرارتی، ساختار مناسبی جهت مقاومت به خستگی به دست آورده است. اما به علت عدم انجام تمهیدات لازم در حین بازسازی، ساختار میکروسکوپی سطح خارجی شفت تغییر یافته و شفت دچار خستگی شده است.

۱- مقدمه

رایج ترین دلیل تخریب قطعات مهندسی، شکست‌های خستگی هستند[۱] .شکست‌هایی که در شرایط بارگذاری دینامیک رخ می دهند شکست های خستگی نامیده می‌شوند که این نوع شکست ها غالبا خطرناک هستند. دلیل عمده خطرناک بودن شکست خستگی این است که بدون هشدار قبلی روی می‌دهد. سه عامل عمده برای وقوع شکست خستگی عبارتند از: ۱- یک تنش کششی حداقل ۲- تغییرات زیاد یا نوسانی در تنش وارده ۳- زیاد بودن چرخه های تنش وارده. علاوه براینها متغیرهای دیگری مانند تمرکز تنش، خوردگی، دما، بار اضافی، ساختار متالورژیکی، تنش های باقیمانده و تنشهای مرکب نیز شرایط را برای ایجاد خستگی مساعد می‌سازند[۲]. در ادامه، بررسی شکست شفت ایرهیتر یکی از واحدهای بخار نیروگاهی پس از دریافت اطلاعات بهره‌برداری ارائه می گردد.

۲-جمع آوری اطلاعات

جهت بررسی علل شکست شفت، ابتدا نحوه کار شفت، نوع و مشخصات سایر قطعات درگیر با شفت، نوع و چگونگی بارگذاری نیروها بر روی شفت در محل نیروگاه مشاهده گردید. اطلاعات بهره‌برداری و سازنده واحد مشخص کننده آن بود که نیروی اعمالی به شفت برابر با ۲۵ تن و تعداد دور شفت در هر دقیقه برابر با ۳ می‌باشد. همچنین قسمت کوچکی از سطح شفت پس از کارکرد آن بدلیل سایش، بکمک جوشکاری مورد بازسازی قرار گرفته است.

۳-تعیین آلیاژ شفت

ترکیب شیمیایی آلیاژ شفت که توسط روش کوانتومتری تعیین گردیده است در جدول ۱ نشان داده شده است. این ترکیب شیمیایی نشان دهنده آن است که این شفت در محدودهٔ فولاد با شماره مواد ۱/۱۱۹۱ (مطابق با استاندارد **DIN [۳]**) قرار دارد.

٤-بررسی چشمی

تصویر ظاهری شفت شکسته در شکل ۱ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می گردد شفت به طور کامل به دو قسمت تبدیل شده است. همچنین سطح شکست (شکل ۲) به دو قسمت مجزا (منطقه الف و منطقه ب) قابل تقسیم می‌باشد و شکست دقیقاً در قسمتی که شفت دارای تغییر قطر می باشد اتفاق افتاده است. محلهای آغاز ترک را می‌توان به خوبی در اطراف سطح شکست ملاحظه کرد. برخی از این علایم (**rachet marks**) در شکل ۲ نشان داده شده است.

٥- تمیزکاری و فراکتوگرافی سطح شکست

قبل از بررسی دقیق سطح شکست توسط میکروسکوپ، یکی از دو نیمه سطح شکست به کمک محلول استون تمیز گردید سپس سطح فوق با میکروسکوپ استریو مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۳ قسمتی از سطح شکست را نشان می دهد. وجود علائم خستگی در سطح به خوبی مشخص است.

٦- انجام آزمون اولتراسونیک

جهت بررسی عیوب داخلی شفت، قسمتهایی از آن توسط امواج اولتراسونیک مورد بررسی قرار گرفت و عیوب قابل ملاحظه ای مشاهده نگردید.

۷- آماده سازی وبررسی مقاطع متالوگرافی

به منظور بررسی ریز ساختار شفت، مطابق با شکل ۴ دو مقطع از آن جدا گردید (مقطع ۱ و مقطع ۲ (با فاصله ۴ سانتیمتری از سطح شکست)). این دو مقطع به همراه مقطع شکست شفت پس از آماده سازی سطح (سنباده‌زنی، پولیش و اچ) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند که نتایج بررسی مقاطع متالوگرافی به شرح ذیل می‌باشند:

الف – سطح خارجی شفت در زمان تولید آن توسط عملیات حرارتی سخت گردیده است و قسمتهایی از سطح خارجی نیز در هنگام تعمیرات پس از مدتی که شفت در سرویس قرار داشته است جوشکاری شده است. شکل ۵ ساختار کلی شفت را در سه مقطع انتخاب شده نشان میدهد.

ب – ریز ساختار مغز شفت (ریزساختار داخلی کل شفت به غیر از مناطق نزدیک به سطح خارجی) شامل فریت و پرلیت می‌باشد (شکل ۶).

ج – سطوحی که آثار جوشکاری بر روی آنها به وضوح ملاحظه می‌گردد دارای دانه‌های ستونی می‌باشند (شکل ۵-ب و شکل ۷).

د- ریز ساختار شفت در مناطقی که مورد عملیات حرارتی قرار گرفته (و اثرات جوشکاری در آنها کمتر است) شامل مارتنزیت تمپر شده است (شکلهای ۸ و ۹).

ه- در مناطق دور از سطح خارجی (تقریباً در فاصله ۴ میلیمتری از سطح خارجی) ساختار حاوی مارتنزیت بیشتری می‌باشد، لیکن با نزدیک شدن به سطح خارجی شفت با توجه به اثرات حرارتی جوشکاری و عملیات حرارتی تمپرینگ، ساختار عاری از مارتنزیت شده و شامل فریت و کاربید می‌شود (شکلهای ۸ و ۹).

و- جوشکاری موجب تخریب کل ساختارحاصل از عملیات حرارتی در برخی از مناطق سطح خارجی شده است (شکل ۵-ب).

۸-انجام آزمون سختی سنجی

جهت تکمیل مشاهدات میکروسکوپی و ماکروسکوپی، بر روی دو مقطع جدا شده (مقاطع ۱ و ۲ در شکل ۴) و همچنین مقطع شکست، مقادیر سختی در فواصل ۰/۱، ۰/۵، ۱/۵، ۳/۲،۵/۵ و ... میلیمتری از سطح شفت تعیین گردید . شکل ۱۰ تغییرات سختی (بر حسب ویکرز با نیروی ۲۰۰ گرم) را در سطوح مذکور نشان می‌دهد.

۹- آنالیز تنش

جهت انجام آنالیز تنش شفت ابتدا نقشه شفت بصورت ساده تهیه و سپس به کمک نرم افزار **Ansys5.4** توزیع تنش با در نظر گرفتن نوع و میزان نیروهای اعمالی به شفت استخراج گردید. شکل ۱۱ توزیع تنش را پس از اعمال نیرو به شفت نمایش می دهد . همانگونه که در شکل ۱۱ مشخص است در مکانی که شفت دارای تغییر قطر می‌باشد تنش قابل توجهی اعمال می گردد. این موضوع با در نظر گرفتن دوران شفت نشان دهنده اعمال تنشهای تناوبی زیاد به مقطع مذکور می‌باشد.

۱۰- تعیین نوع شکست، مکانیزم زوال و نتیجه گیری

وجود دو سطح متمایز در مقطع شکست، زاویه ترکهای اولیه و حضور علایم رودخانه‌ای **(Beach Marks)** نشان دهنده آن است که شفت دچار خستگی مکانیکی گردیده است و وجود چندین محل برای آغاز ترک **(Rachet Marks)** نشان دهنده آن است که مکانیزم تخریبی غالب در شکست شفت، خستگی خمشی می باشد. تحلیل تنش انجام گرفته به کمک نرم افزار و مشخص شدن اعمال نیروهای نوسانی بر روی شفت در حین سرویس و بالابودن میزان تنش اعمالی وقوع خستگی را تایید می نماید.

وجود حداقل شعاع **(Fillet)** در مکانی که شکست رخ داده است (قطر شفت در سه قسمت تغییر می کند که در محل شکست شفت، شعاع **(Fillet)** کمترین است) و همچنین تحلیل تنش انجام گرفته به‌کمک نرم افزار موید این موضوع است که این مقطع دارای تمرکز تنش فراوانی می باشد و از جمله مراکز مناسب برای ایجاد ترک خستگی و اشاعه آن می باشد.

وجود سختی بالا در برخی از قسمتهای سطح شفت و همچنین ریز ساختار شفت در سطح نشان دهنده آن است که بر روی شفت عملیات حرارتی به منظور تغییر دادن ساختار و بهبود خواص مکانیکی و به خصوص افزایش استحکام خستگی صورت گرفته است. لازم به ذکر است که خستگی فرآیندی است که به شدت به سطح حساس می‌باشد و بطور کلی یکی از عمده‌ترین روشهای افزایش استحکام خستگی شفتهای بزرگ عملیات حرارتی سطحی آنها می باشد.

متاسفانه در برخی از نواحی سطحی شفت مورد مطالعه (از جمله در اطراف سطح شکسته شده) درهنگام بازسازی، جوشکاری انجام شده است و این موضوع موجب گردیده است که استحکام خستگی شفت دراین نواحی کاهش یابد و با در نظر گرفتن اثرات تمرکز تنش در موقعیت شکسته شده، شفت در این نقطه دچار خستگی گردد.

۱۱- روش پیشگیری

۱- بطور کلی در مورد شفتهایی که عملیات حرارتی شده‌اند روش جوشکاری جهت بازسازی توصیه نمی‌گردد (به علت اثرمخرب جوشکاری و یا حتی اثر مخرب عملیات حرارتی پس از جوشکاری). لذا بهتر است در صورت مشاهده اثرات تخریبی درسطح شفت از روشهای دیگر (از جمله پوشش‌دهی) استفاده گردد.

۲- در صورت انجام جوشکاری باید با استفاده از روشهایی مانند ساچمه‌زنی و عملیات حرارتی مناسب، استحکام خستگی شفت افزایش یابد.

۳- با توجه به تمرکز تنش در سطح مقطع شکست به علت تغییر قطر شفت در این مکان در هنگام ماشینکاری (بازسازی) به صافی سطح و شعاع **(Fillet)** باید توجه کافی داشت. (یکی از دلایل تشدید کننده خستگی در این شفت می‌تواند ماشینکاری نادرست آن پس از جوشکاری باشد).

۱۲- منابع و مراجع

[۱] L. Engel and H. Klingele, " An atlas of metal damage ", Wolfe Publishing Ltd., 1981, p.76.

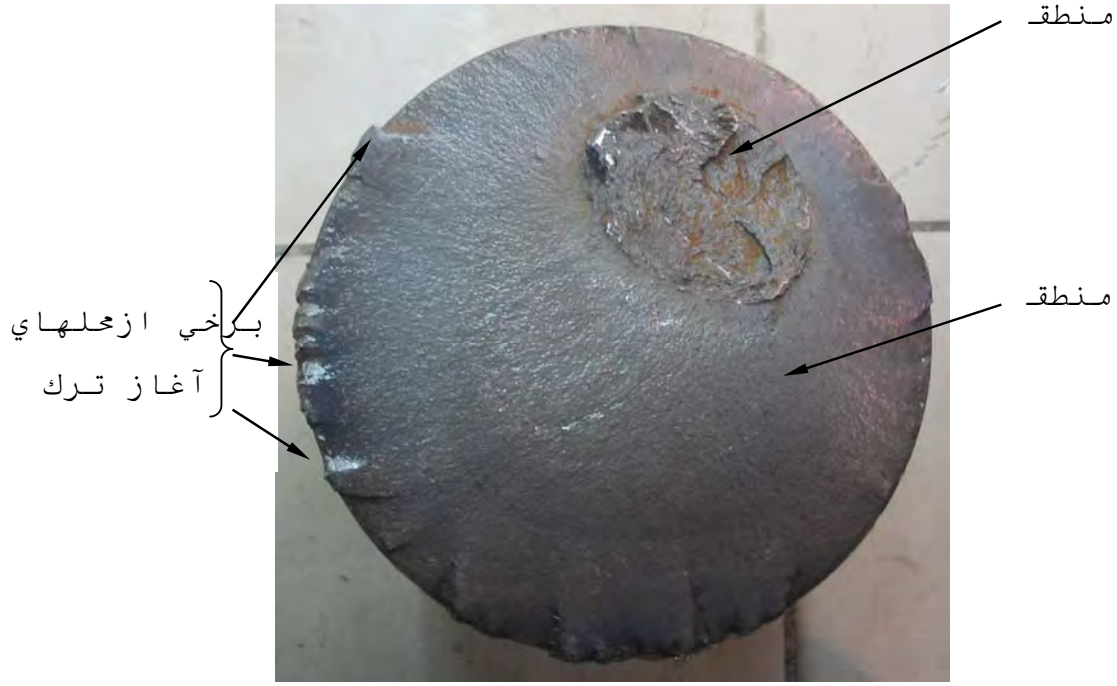
[۲] G. E. Dieter, "Mechanical Metallurgy", McGraw Hill, Second ed., 1976, pp.404-406.

[۳] C.W. Wegst, "Key to Steel", Verlag Stahlschlussel Wegest GmbH, 1998.

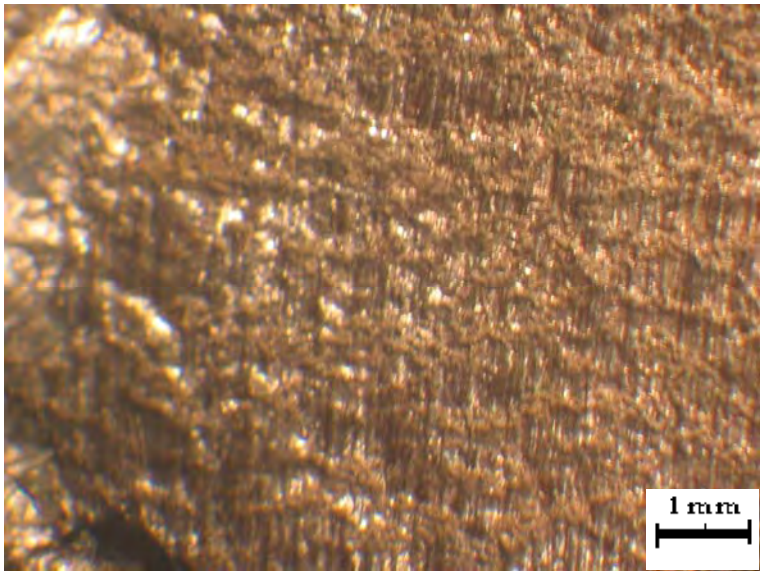
جدول ۱- ترکیب شیمیایی آلیاژ شفت و ترکیب شیمیایی فولاد ۱/۱۱۹۱ (مطابق با استاندارد DIN [۳])

عناصر	C (wt%)	Si (wt%)	Mn (wt%)	P (wt%)	S (wt%)	Fe (wt%)	سایر عناصر
آلیاژ شفت	**0.50**	**0.2**	**0.77**	**0.01**	**0.016**	پایه	ناچیز
فولاد ۱/۱۱۹۱	**0.42-0.50**	**≤0.4**	**0.5-0.8**	**≤0.035**	**≤0.035**	پایه	ناچیز

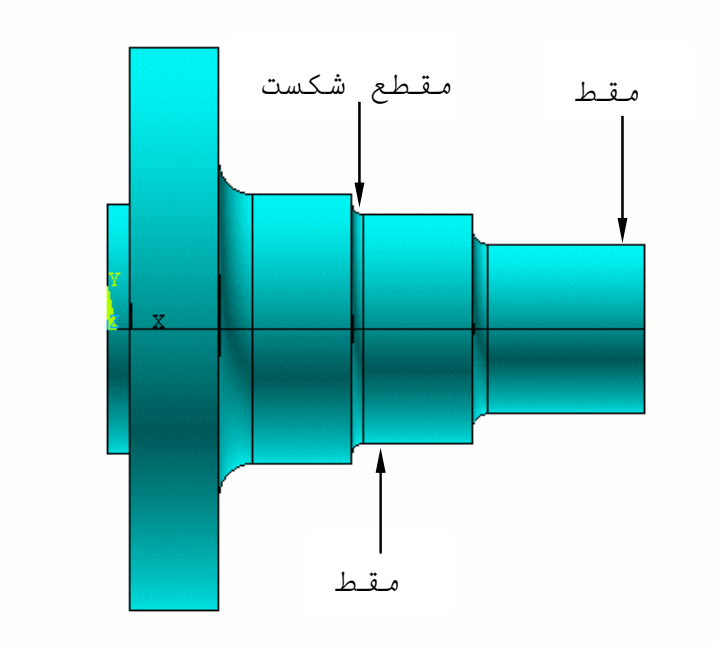
شکل ۱- تصویر ظاهری شفت شکسته



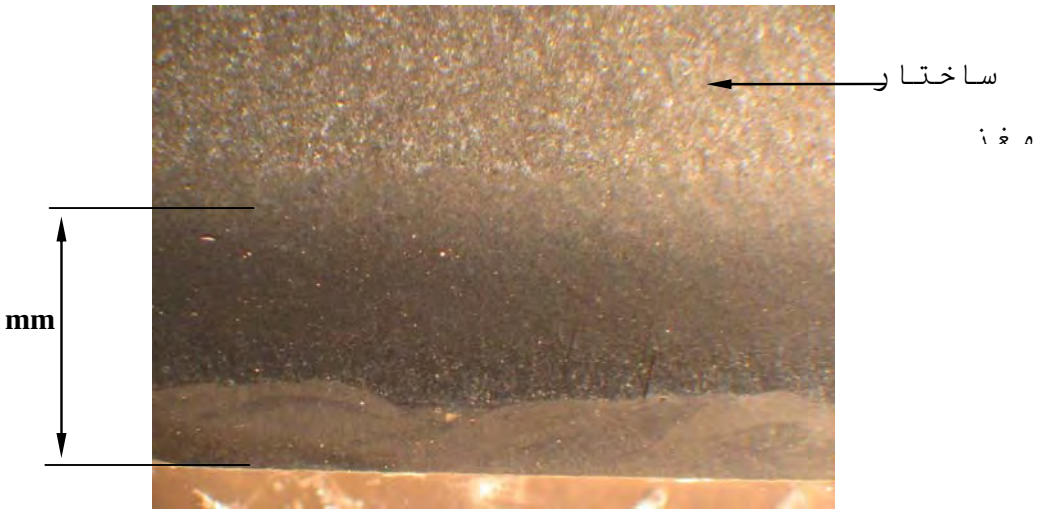
شکل ۲-تصویر سطح شکست



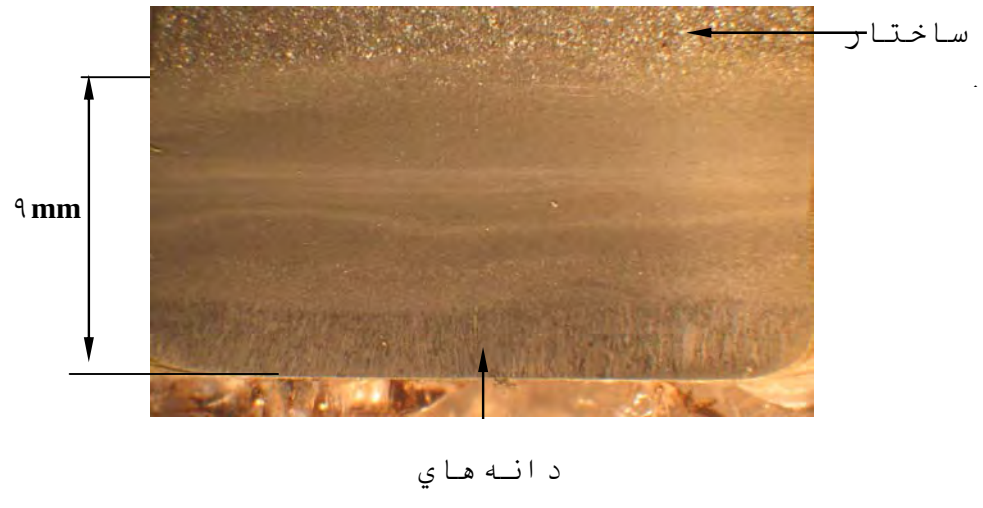
شکل ۳- خطوط موازی در سطح شکست که نشان دهنده علائم خستگی می‌باشد.



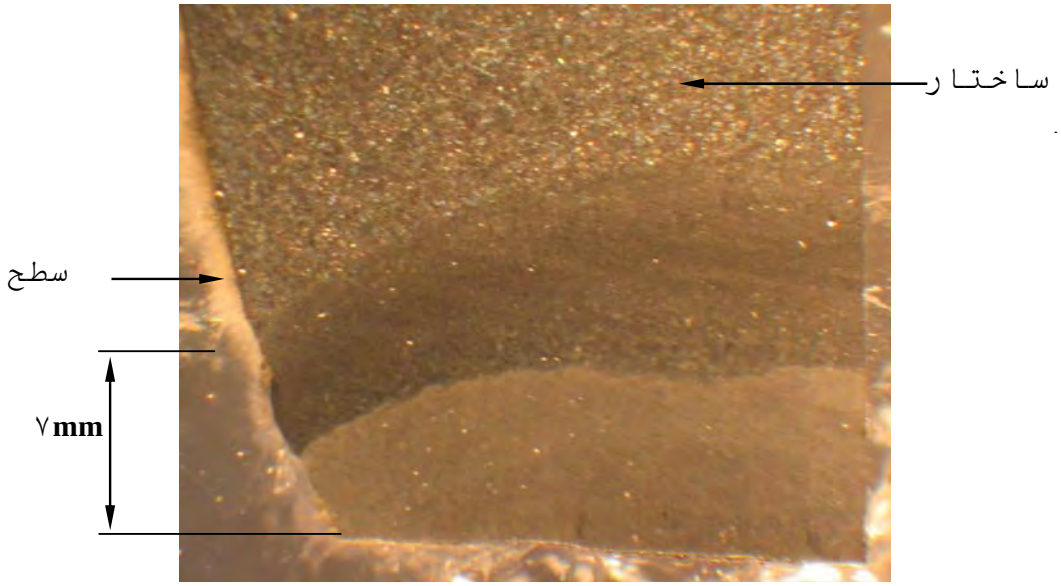
شکل ٤ – نمای شماتیک ازمقاطع انتخاب شده جهت بررسی ریز ساختاری



شکل ٥– الف – تصویر ساختار کلی در مقطع ١

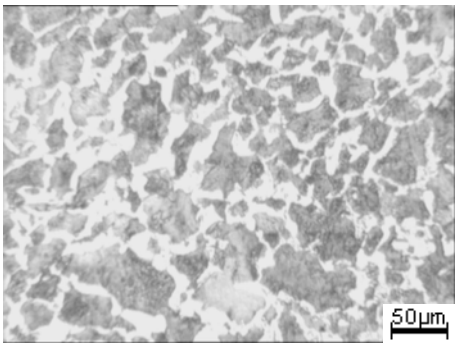


شکل ٥- ب- تصویر ساختار کلی در مقطع ۲، در این قسمت از شفت تقریبا کل ساختار عملیات حرارتی شده از بین رفته است.

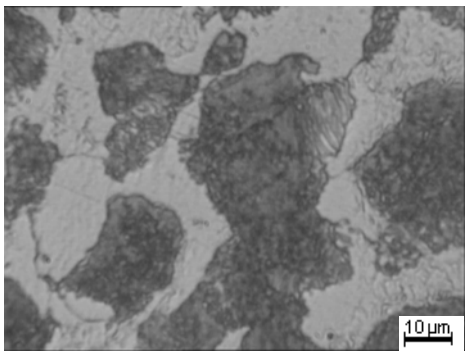


شکل ٥- ج- تصویر ساختار کلی در مقطع شکست

شکل ٥- ساختار کلی شفت در مقاطع نشان داده شده در شکل٤، محلول اچ نایتال۲٪

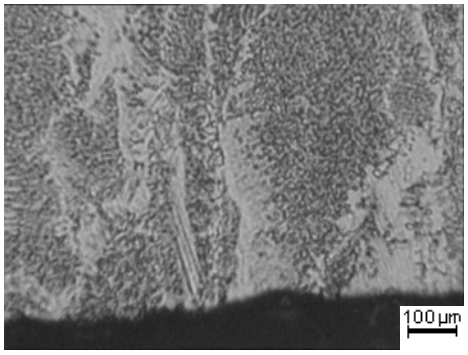


شکل ٦- الف -ریز ساختار مرکز شفت، ساختار حاوی پرلیت و فریت می‌باشد

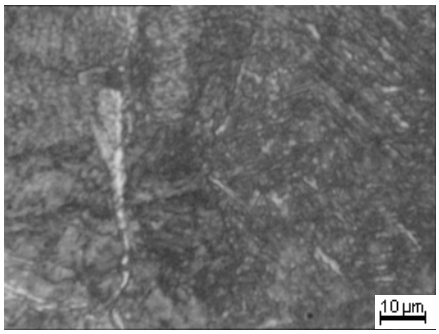


شکل ٦- ب-مشابه تصویر الف اما در بزرگنمایی بالاتر

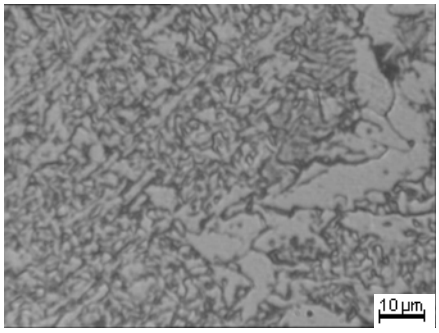
شکل ٦- ریز ساختار مرکز شفت (کلیه مناطق بغیر از مناطق سطح خارجی شفت)، محلول اچ نایتال۲٪



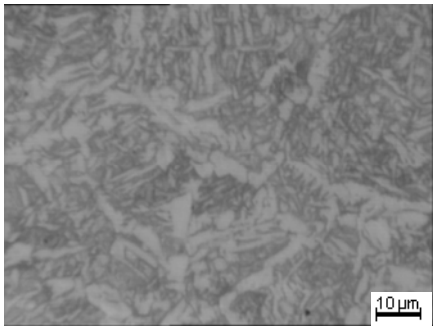
شکل ۷- ریز ساختار سطح خارجی شفت در مناطقی که جوشکاری انجام شده است (سطح مقطع ۲)، ساختار شامل دانه‌های ستونی می‌باشد، محلول اچ نایتال۲٪



شکل ۸- الف- ریز ساختارمقطع شکست شفت در فاصله ۳/۵ میلیمتری از سطح خارجی شفت، ساختار شامل مارتنزیت تمپر شده می‌باشد.

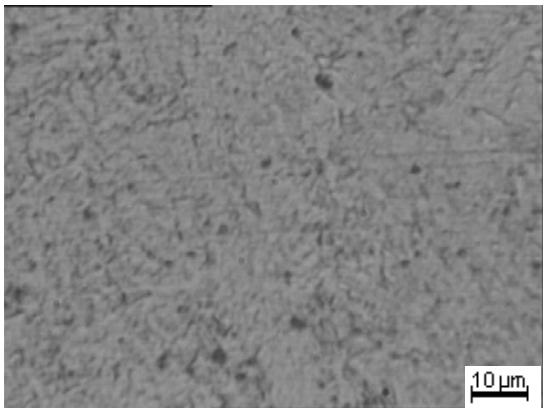


شکل ۸- ب- ریز ساختارمقطع شکست در فاصله ۲/۵ میلیمتری از سطح خارجی شفت، ساختار مشابه تصویر الف می‌باشد لیکن میزان تمپر شدن در این ساختار بیشتر از ساختار نشان داده شده در تصویر الف است.

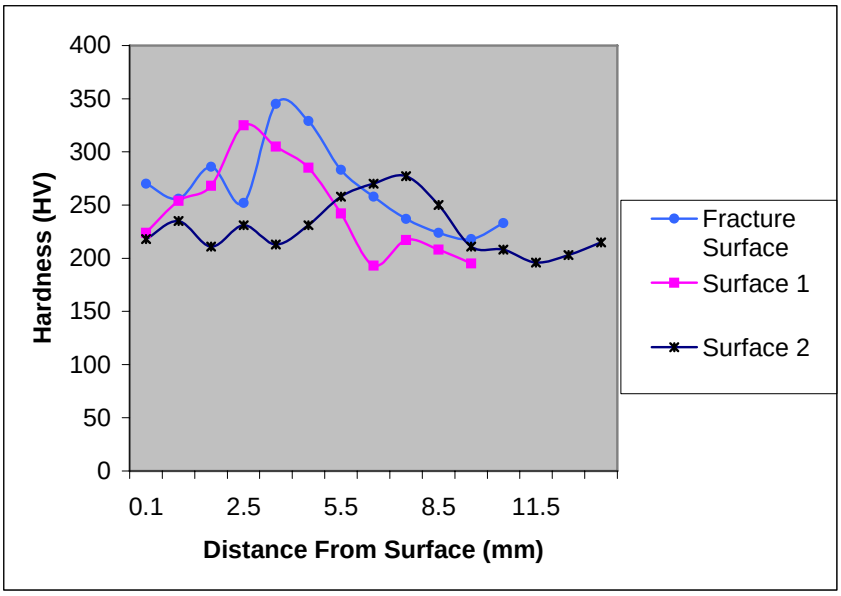


شکل ۸- ج- ریز ساختارمقطع شکست در فاصله ۰/۱ میلیمتری از سطح خارجی شفت، ساختار مشابه تصویر ب می‌باشد لیکن میزان تمپر شدن در این ساختار بیشتر از ساختار نشان داده شده در تصویر ب است

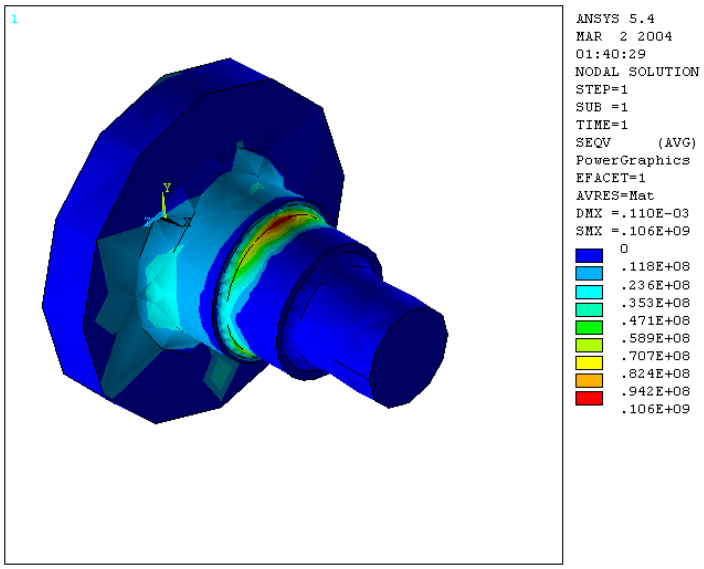
شکل ۸- ریز ساختار در فواصل مختلف از سطح خارجی شفت (مقطع شکست (شکل ۵- ج))، ، محلول اچ نایتال۲٪



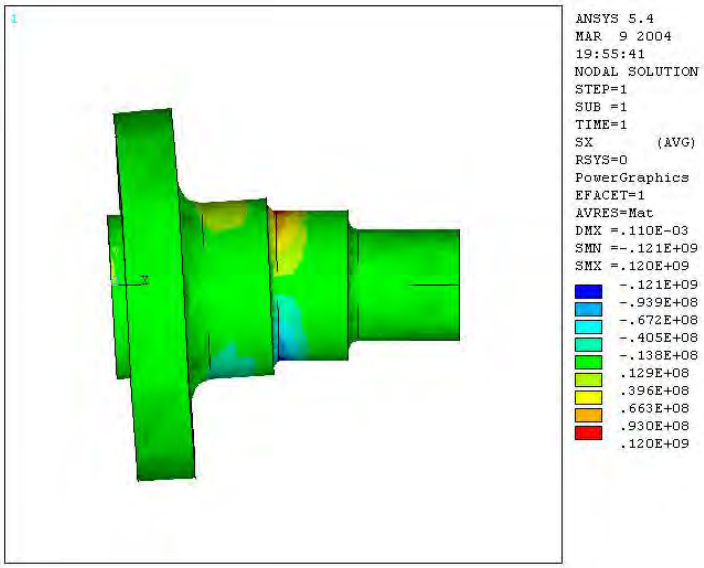
شکل ۹- ریز ساختار مقطع ۱ در فاصله ۰/۵ میلیمتری از سطح خارجی، ساختار شامل مارتنزیت تمپر شده می‌باشد. به دلیل حرارت دیدن سطح، تمپرینگ ساختار سطحی شدید می‌باشد، محلول اچ نایتال۲٪



شکل ۱۰- پروفیل سختی (میکرو سختی) برحسب فاصله از سطح خارجی شفت در سه مقطع شفت (مقاطع در شکل ٤ مشخص گردیده‌اند)



شکل ۱۱- الف- توزیع تنش فون مایزز (نمای سه بعدی)



شکل ۱۱- ب- توزیع تنش در راستای محور شفت (راستای X) (نمای روبرو)

شکل ۱۱- توزیع تنش در شفت پس از اعمال نیرو

اخلاق مهندسی؛ شعاری فریبنده یا ضرورتی انکارناپذیر؟

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در " فصلنامه زنگ، شماره ۲۹، پاییز۱۳۸۶ " به چاپ رسیده است.

پیشگفتار

نیاکان ما همواره به درستکاری و راستگویی شهره بوده اند. در جای جای شاهنامه، رادمردی و نیک اندیشی موج می زند. کلیله و دمنه از هند به ایران آورده و ترجمه شد تا در امور حرفه ای دولتمردان، مایه عبرت باشد. گلستان سعدی بابهایی مجزا در نصایح دارد. جان کلام اینکه ورق به ورق تاریخ و ادبیات ملی ایران مروج تعهد اجتماعی و منع عدول از وظایف حرفه ایست. ناگفته پیداست داشتن تعهدات حرفه ای، همبستگی حرفه ای، مسئولیت حرفه ای و به طور خلاصه" اخلاق حرفه ای" یکی از زیرساخت های اجتماعی و فرهنگی جامعه است. در این نوشتار کوشش گردیده است به چرایی و چگونگی پیدایش اخلاق حرفه ای و رابطه آن با حرفه مهندسی و نیز اهمیت اخلاق در مهندسی به طور فشرده پرداخته شود و نمونه هایی از آیین نامه های اخلاقی نیز آورده شوند. امید است دست اندرکاران، به پی ریزی و ترویج اخلاق حرفه ای و اصلاح رفتارهای غیر استاندارد ارائه خدمات مهندسی بکوشند و همچنین در اولویت بندی برنامه های راهبردی خود، راهکاری بیندیشند تا مهندسان به ارائه خدمات استاندارد سوق داده شوند و با برداشتن موانع موجود و نیز یادآوری های پیوسته، فرهنگ بنیادین اخلاق حرفه ای را نهادینه کنند. ناگفته پیداست که در چند صفحه نمی توان تمام زوایای این موضوع مهم را بررسی کرد و موانع و مشکلات موجود و راههای برون رفت از آنها را شناخت بلکه کوشش مولف بر این است تا حساسیتها را نسبت به اهمیت اخلاق در مهندسی برانگیزد و از این طریق "رفتار مسولانه اخلاقی" را تشویق نماید.

چند مثال

مثال ۱– شما قبلا در یک شرکت کامپیوتری کوچک کار می کرده اید که تخصص آن نوشتن نرم افزار برای کارهای مدیریتی بوده است و شما عضو گروه طراحی یکی از نرم افزارهای پرفروش این شرکت بوده اید. اکنون در می یابید که تغییر مختصر نرم افزار شرکت قبلی در شغل جدید شما بسیار به کار می آید. از سوی دیگر کارفرمای قبلی شما هیچگاه از شما نخواسته بود که قراردادی را امضا کنید مبنی بر اینکه نرم افزار طراحی شده در زمان اشتغال شما جزو اموال شرکت است. چه خواهید کرد؟

مثال۲– فرض کنید مهندسی هستید که در نظارت احداث یک نیروگاه بزرگ انجام وظیفه می کنید. یک روز با خودرو خودتان به کارگاه ساختمانی می روید تا بازرسی معمول خود را انجام دهید. وقتی به خودرو خود برمی گردید، مجموعه ای از "سی دی" های بسیار گرانقیمت را می بینید که روی صندلی جلو گذاشته اند. می دانید که این هدیه را مدیر پروژه بخش ساختمان آنجا گذاشته است. گمان می کنید که اگر بپرسید چرا چنین کرده است خیلی راحت می گوید که نشانه حسن نیت است. در ضمن می دانید که اگر نپذیرید، هنگام بازرسی پروژه با او مشکل پیدا خواهید کرد. باید هدیه را بپذیرید یا پس بدهید؟ باید خودنویسی را هم که هفته گذشته به شما داد و بسیار ارزانقیمت بود، پس می دادید؟ اگر شما را به صرف ناهار دعوت کند، چه می کنید؟ مرز را در کجا می کشید؟

اخلاق در تاریخ

ساده ترین تعریف از اخلاق عبارتست از: انتخاب بین خیر و شر، بین درست و غلط. اخلاق فرآیندی است که خوب و بد را ارزیابی می کند و چه بسا گاهی بصورت شخصی یا غلط تفسیر می شود. کارکرد اصلی اخلاق، ایجاد اعتدال و توازن در رفتار آدمی است. تحلیل های انجام شده توسط تاریخ نگاران، روانشناسان و انسان شناسان بیان میدارد که اخلاق برای جوامعی که در سپیده دم تاریخ شکل گرفته اند، مسئله ای ناشناخته بوده است. برای جوامع قبیله ای که از طریق شکار و گله داری و در مراحل بعدی، با کشاورزی امرار معاش می کردند، مهم ترین مسئله، بقا بوده است. فعالیتهای انسان در آن زمان بیشتر جسمانی بود و کمتر از ذهن استفاده می شد. قدرت غریزه فعالیتها را جهت می داد و ارضای خواسته غریزی هدف اصلی گروه محسوب می شد. به مرور زمان که انسان از جنبه های ناشناخته خود آگاه گردید و به نوعی هوشیاری نسبی دست یافت و خود را یک موجودیت مستقل فرض نمود، مسئله اخلاق نیز به میان آمد. احساس مسئولیت در قبال سایرین، باعث شد تا انسان پایه های اخلاق را بنا نهد. برخی اعتقاد دارند که کارکرد اصلی اخلاق، تنظیم روابط من با دیگران است.

ظهور ادیان و اعتقاد به خدای یگانه، منجر به پیدایش این باور شد که اخلاق، معیار کاملا خاص و مشخصی دارد. ظهور پیامبران به انسان کمک کرد تا از طریق دستورات آنها به معیار مناسبی برای تدوین نظام اخلاقی برتر دست یابد. از این پس، افراد بر اساس میزان پایبندی آنان به دین و دستورات اخلاقی آن سنجیده می شدند. به تدریج با طی دوران رنسانس و به دنبال آن پیشرفتهای علمی جهان غرب، یک دوره بی اعتنایی نسبی به اخلاق آغاز گردید.

اما دوره رونق اخلاق حرفه ای از دهه ۱۹۵۰ در غرب آغاز شد. دلیل آن هم افزایش نظارت مردم بر سازمانها و نیز اتفاقات مختلف در حرفه های متفاوت بود که لزوم توجه به اخلاق و در حقیقت شاید نوعی"واکسینه کردن" جامعه را در پی داشت. **NGO** ها والدین اخلاق حرفه ای در غرب هستند و سازمانهای دولتی در شکل گیری این علم هیچ گونه دخالتی ندارند.

مسئولیت حرفه ای

شاید این پرسش مهم مطرح گردد که اصولا چرا یک مهندس نسبت به جامعه خود مسئول است؟

همه می دانیم که اگر نقش خاصی را بپذیریم، مسئولیتهای خاصی بر دوشمان قرار می گیرد. پدران و مادران مسئولیتهایی در قبال فرزندان خود دارند که اگر صاحب فرزند نمی شدند این مسئولیتها بر عهده اشان نبود. پزشک مسئولیت ویژه ای دارد(مانند تعهد به حفظ اسرار) که اگر نقش حرفه ای نداشت این مسئولیت را نمی داشت.

شاید بتوان گفت که مجموعه ای از ویژگیها تقریبا در تمام حرفه ها به چشم می خورند:

۱- حرفه مند بودن مستلزم آموزشهای گسترده ای است که معمولا در نهادهای دانشگاهی صورت می گیرد.

۲- این آموزشها معمولا شامل بخش فکری نیرومندی هستند(مانند تسلط بر حجم زیادی از دانش تئوریک)

۳- هر حرفه تامین کننده خدمات مهمی برای جامعه است.

پس به آسانی می توان دید که چرا هر حرفه مسئولیتهای خاصی به همراه دارد. دو ویژگی اول حرفه مند بودن نشان دهنده این است که صاحبان حرفه، سوابق و تجارب خاصی دارند. ویژگی سوم به معنی این است که جامعه برای دریافت خدماتی که مهم هستند به کاربرد مسئولانه این تجارب و معلومات متکی است. برخورداری از دانش خاصی که برای رفاه و آسایش دیگران اهمیت دارد و قدرت و اختیار بسیار زیادی به صاحب حرفه می بخشد. این قدرت و اختیار اگر بدون شایستگی یا بدون رعایت جنبه های اخلاقی به کار برده شود خطر سو استفاده را در بطن خود دارد. پس یکی از وظایف معیارهای حرفه ای، محافظت جامعه در برابر کاربرد ناسالم و غیر اخلاقی دانش حرفه ایست.

منشور تفکر اخلاقی

اگر قصد داریم سدهای موجود را بشکنیم و صریحا اخلاقیات را وارد ماجرا کنیم، باید تصمیم مشخصی در این باره بگیریم. هر سازمان در راستای بهره گیری از تفکر اخلاقی می تواند از چارچوب زیر استفاده کند:

عمومی ساختن اخلاق سازمانی- معرفی اصول اخلاقی- بازرسی و اجرای اصول اخلاقی- مدیریت فرایند تصمیم گیری اخلاقی- پاسخ به بررسیهای اخلاقی ویژه- موافقت با متن قانون- بررسی وضعیت- برگزاری کارگاه های آموزشی اصول اخلاق- درخواست نظریات اخلاقی- وضع قوانین اخلاقی و مقررات مربوط به آنها- موافقت بدون قانون- گام برداشتن در جهت حداقل کردن افشاگری اخلاقی

فعالیتهای فوق نه تنها جایی برای تفکر اخلاقی در سازمان باز می کنند، بلکه مسیر کلی کسب و کار را تحت تاثیر قرار می دهد. کسب و کار هزاره سوم به فعالیتهای فوق نیاز اساسی دارد. سطوح آگاهی درون سازمانی در گام نخست ماهیت و چگونگی تفکر اخلاقی را تعیین می کنند و در گام بعدی روی استراتژی اصلی سازمان تاثیر می گذارند.

آیین نامه اخلاقی

آیین نامه اخلاقی را می توان چارچوبی برای قضاوت اخلاقی تلقی کرد. در حقیقت آیین نامه نمی تواند ضرورت قضاوت حرفه ای فرد را منتفی کند. لذا آیین نامه اخلاقی نوعی کتاب آشپزی نیست که صرفا باید توصیه اش را به کار برد در ضمن سندی بیجان هم نیست. آیین نامه ها بازتاب درک جاری جوامع مهندسی از نقش حرفه خود در جامعه هستند و با تغییر این درک، آیین نامه ها نیز تغییر می یابند.

شاید تاکنون روشن شده باشد که چرا مهندسان باید از آیین نامه های اخلاقی خود تبعیت کنند اما می توان به چهار دلیل زیر نیز اشاره کرد:

۱- به حمایت از مهندسان و کسانی که این مهندسان مراقبند تا توسط مهندسان دیگر خسارت نبینند، کمک می کند(خودتنظیمی یا ایجاد مقررات برای خود)

۲- به ایجاد محیط کاری کمک می کند که مقاومت مهندس را در برابر فشار برای خطاکاری آسانتر می سازد زیرا مهندس در برابر چنین فشاری می تواند بگوید که آیین نامه به او اجازه نمی دهد(اعتراض به عنوان مهندس)

۳- کمک می کند تا مهندسی به صورت کاری درآید که به خاطر آن لازم نیست احساس شرمساری و گناه داشت(احترام حرفه ای)

۴- نوعی تعهد به درستکاری و رعایت انصاف در انجام وظایف است با این فرض که دیگران نیز چنین می کنند.

اما روح کلی حاکم بر آیین نامه اخلاقی را شاید بتوان در صداقت خلاصه کرد. صداقت یکی از مهم ترین فضیلتهای حرفه مهندسی است. برخی اعتقاد دارند که مهندسی یعنی آزمایشگری اجتماعی. محصولات مهندسی منحصر به آزمایشگاه ها و مراکز پژوهشی نیستند بلکه به اجتماع ره می گشایند. نیروگاه ها، سدها، خودروها و... را مهندسان طراحی می کنند اما جامعه از آنها استفاده می کند.درحقیقت جامعه، آزمایشگاه نهایی محصولات طراحی مهندسی است و مردم در معرض هر گونه مخاطره ای قرار می گیرند که این محصولات به بار می آورند. حتی امروزه اقلیتی از صاحبنظران در تلاش هستند تا تصمیم گیری اخلاقی را جایگزین تحلیل ریسک و تصمیم گیری بر مبنای ریسک کنند. معیار اخلاقی می تواند پناهگاه امن تری در بازار مکاره باشد.

ما در کجا قرار داریم؟

اگر به دنبال واژه **ethics** در موتور جستجوی گوگل بگردید پس از ۰/۰۴ ثانیه به بیش از ۳۷۶۰۰۰۰۰ نتیجه خواهید رسید. حال اگر دامنه جستجوی خود را محدودتر کرده و مثلا **ethics in engineering** را جستجو کنید در ۰/۱۱ ثانیه، ۴۵۸۰۰ مورد مرتبط پیش روی شما خواهد بود که نشانگر اهمیت روزافزون موضوع مورد بحث ماست. در کشور ما چندین سال است که به این موضوع پرداخته شده است اما توجه به این نکته لازم است با اینکه سریعتر و مطمئن تر از گذشته پله های توسعه را طی می کنیم ولی نباید موقعیت خود را در این سیر تکاملی گم کرده و دست به اقداماتی بزنیم که هنوز آمادگی آن را نداریم. متاسفانه بسیاری از سازمانها در مسیر تلاش خود برای صعود به قله های توسعه از انواع و اقسام مدلها، استانداردها و روشهای اروپایی، آمریکایی، ژاپنی و... بهره می گیرند اما به مسئله فرهنگ سازی، آموزش و توانمندسازی و سایر نکات پایه ای و اصلی توجه نمی کنند. این بی توجهی گهگاه باعث بروز مشکلات و مسائل فراوانی برای سازمانها و مشتریان آنها می شود. تدوین، آموزش و عملیاتی کردن منشور اخلاقی معمولا پس از پشت سر گذاردن موفقیت آمیز مراحلی مانند فرهنگ سازی و تدوین و بهبود فرآیندها قابل انجام است در غیراینصورت بین مفاد منشور اخلاقی با رفتار کارکنان تعارض بوجود خواهدآمد. خوشبختانه می توان گفت که وجدان کاری و رعایت اخلاق حرفه ای، ریشه در فرهنگ و رفتار جامعه ما دارد و به نظر می رسد سمت و سوی تلاشها باید بدین سوی باشد تا این مهم به صورت یک نماد در اصول رفتاری ما جای گیرد.
در ادامه جهت آشنایی خوانندگان ارجمند، نمونه هایی از آیین نامه های اخلاقی آورده می شوند.

آیین نامه اخلاقی فدراسیون بین المللی مهندسان مشاور (FIDIC)

فدراسیون بین المللی مهندسان مشاور (فیدیک) خدمات مهندسان مشاور را برای حفظ توسعه پایدار جامعه ومحیط زیست ، حیاتی می داند. به منظور اثربخشی ، علاوه براینکه مهندسان باید دانش ومهارت خود را بصورت پیوسته افزایش دهند ، جامعه هم باید به صداقت اعضای حرفه مهندسی احترام گذارده وبه قضاوت آنها اطمینان داشته باشد وحق الزحمه عادلانه را به آنان پرداخت نماید. تمامی اعضای انجمن های فیدیک متعهد به اصول اخلاقی زیر میباشند و معتقدند این موارد در رفتار اعضا جهت ایجاد اعتماد جامعه به مهندسان مشاور، نقش اساسی دارد.

۱- مسئولیت نسبت به جامعه وحرفه مهندسی مشاور

مهندس مشاور باید: الف) مسئولیت اجتماعی مهندسی مشاور را قبول داشته باشد. ب) به دنبال راه حل های سازگار با اصول توسعه پایدار باشد. پ) همواره شان ، جایگاه واعتبارحرفه مهندسی مشاور را حفظ نماید.

۲- صلاحیت

مهندس مشاور باید: الف) دانش ومهارت خود را در سطحی متناسب با توسعه فناوری، قوانین و مدیریت نگهداشته ومهارت لازم همراه با دقت وپشتکار را در خدمات مورد درخواست کارفرمایان بکار گیرد. ب) خدمات را فقط وقتی که صلاحیت آن را دارد، انجام دهد.

۳- صداقت

مهندس مشاور باید: همواره در جهت منافع مشروع کارفرما عمل کرده و کلیه خدمات را با صداقت وامانت انجام دهد.

۴- بی غرضی

مهندس مشاور باید: الف) در ارایه نظرات حرفه ای ، قضاوت وتصمیم گیری های خود بی غرض باشد. ب) کارفرما را در رابطه با هرگونه تضاد منافع احتمالی که ممکن است در انجام خدمات برای وی پیش آید ، مطلع سازد. پ) از دریافت مبلغی که باعث پیش داوری درقضاوت مستقل وی شود، خودداری کند.

۵- انصاف نسبت به دیگران

مهندس مشاور باید: الف) انتخاب بر پایه کیفیت را ترویج نماید. ب) عمدا ویا ازروی بی دقتی ، کاری را انجام ندهد که به شهرت وتجارت دیگران صدمه بزند. پ) بصورت مستقیم یا غیر مستقیم تلاش ننماید تا جای مهندس مشاور دیگری را که برای انجام کار مشخصی گمارده شده است، بگیرد. ت) کار مهندس مشاور دیگری را قبل از مطلع کردن وی (وقبل از اینکه کارفرما بصورت کتبی خاتمه کار آن مهندس مشاور را به وی اعلام نماید) بعهده نگیرد. ث) در صورتیکه از وی خواسته شود کار دیگران را بررسی نماید ، با احترام و رفتار مناسب اقدام نماید.

۶- فساد

مهندس مشاور باید: الف) نه پرداخت وجهی را پیشنهاد و نه دریافت وجهی را قبول نماید که از آن موارد زیر استنباط شود:

- نفوذ در فرایند انتخاب ویا پرداخت به مهندس مشاور و/ یا کارفرمایان یا
- نفوذ در قضاوت بی غرضانه مهندس مشاور

ب) با سازمانهای قانونی بازرسی که در رابطه با هر قرارداد خدمات یا ساخت تحقیق می نمایند، کاملا همکاری نماید.

آیین نامه اخلاقی انجمن مهندسان مکانیک آمریکا (ASME)

۱- اصول بنیادین

مهندسان با روشهای زیر درستی، عزت و مقام حرفه مهندسی را حمایت نموده و ارتقاء خواهند داد: الف- استفاده از دانش و مهارت خویش برای افزایش رفاه بشری ب - صداقت و بیطرفی و خدمت صادقانه به عموم ، کارفرمایان و مشتریان - کوشش در افزایش صلاحیت و قدر و منزلت حرفه مهندسی

۲- قوانین بنیادین

- مهندسان باید ایمنی، سلامت و رفاه عمومی را در اجرای وظایف حرفه ای خویش حکم نمایند.
- مهندسان باید تنها خدماتی را ارائه نمایند که در حیطه صلاحیت آنهاست.
- مهندسان باید پیشرفت حرفه ای را در سراسر دوره زندگی شغلی خویش دنبال نموده و برای پیشرفت حرفه ای و اخلاقی مهندسان تحت نظارت خویش ایجاد فرصت نمایند.
- مهندسان باید در موضوعات حرفه ای برای کارفرما یا مشتری بعنوان نمایندگانی وفادار و امین عمل نموده و از تضاد منافع و پیدایش تضاد منافع اجتناب نمایند.
- مهندسان باید اعتبار حرفه ای خویش را بر اساس قابلیت خدمات ارائه شده خویش بنا نهاده و از رقابت ناجوانمردانه با دیگران بپرهیزند.
- مهندسان باید فقط با سازمان ها و اشخاص قابل اعتماد همکاری نمایند (شریک شوند).
- مهندسان باید بیانیه های عمومی را به روشی صادقانه و بی طرفانه صادر نمایند.
- مهندسان باید پیامدهای زیست محیطی را در انجام وظایف حرفه ای خویش درنظرگیرند.
- مهندسان باید توسعه پایدار را در انجام وظایف حرفه ای خویش در نظرگیرند.

آیین نامه اخلاقی انجمن مهندسان برق و الکترونیک (IEEE)

ما با دانستن اهمیت فناوری خود در تاثیر گذاری بر کیفیت زندگی در سراسر جهان، ضمن پذیرش تعهد شخصی نسبت به حرفه خود، اعضا و جوامعی که به آن خدمت می‌کنیم، بدینوسیله خود را به عالیترین رفتار اخلاقی و حرفه‌ای متعهد می‌دانیم و می پذیریم که:

۱- تصمیم های مهندسی ما بر پایه ایمنی، بهداشت و رفاه عمومی بوده و مواردی را که ممکن است جامعه یا محیط زیست را به خطر بیفکند، سریعاً رفع نمائیم.۲- از تعارض واقعی یا فرضی منافع تا جائیکه امکان دارد اجتناب کرده و در صورت وجود چنین تعارضی مانع تاثیر آن برطرفهای ذینفع شویم.۳- در برآوردها و طرح ادعاها، بر اساس داده های موجود، صادق و واقع‌بین باشیم.۴- رشوه را درتمام شکلهایش نفی کنیم.۵- درک فناوری، کاربرد مناسب آن وپیامدهای بالقوه اش را بهبود بخشیم.۶- صلاحیت فنی خود را حفظ کرده و توسعه دهیم و انجام وظایف فنی برای دیگران را تنها در صورتی که از طریق آموزش و یا تجربه صلاحیت لازم را کسب کرده باشیم، یا پس از اعلام محدودیت‌های مربوطه، قبول نمائیم.۷- جویای انتقاد صادقانه از کارهای فنی بوده و پذیرای انتقاد باشیم. به اشتباهات اعتراف کرده و آنها را اصلاح نمائیم و بصورت مناسب سهم کمک‌دهندگان را ارج گذاریم. ۸- با همه بدون درنظرگرفتن نژاد، مذهب، جنس، معلولیت، سن و یا ملیت رفتاری منصفانه داشته باشیم. ۹- از لطمه زدن به دیگران، اموال، شهرت و آبرو یا اشتغال آنها ازطریق اقدامات نادرست یا بدخواهانه خودداری کنیم.۱۰- به همتایان و همکاران در رشد حرفه‌ای آنها یاری رسانده و پشتیبان آنها در پیروی از این آیین نامه اخلاقی باشیم.

آیین نامه اخلاقی انجمن مهندسان عمران امریکا (ASCE)

اصول بنیادین

مهندسان با روشهای زیر درستی ، عزت و مقام حرفه مهندسی را حمایت نموده وارتقاء خواهند داد:
۱- استفاده از دانش و مهارت خویش برای افزایش رفاه بشری و محیط زیست ۲- صداقت و بیطرفی و خدمت صادقانه به عموم ، کارفرمایان و مشتریها ۳- کوشش در افزایش صلاحیت و قدر ومنزلت حرفه مهندسی۴- حمایت از انجمنهای حرفه ای و فنی در رشته فعالیت خویش

قوانین بنیادین

۱- مهندسان باید در اجرای وظایف حرفه ای خویش ایمنی ، سلامت و رفاه عمومی را حکم نموده و بکوشند تا در انجام وظایف حرفه ایشان همراستا با اصول توسعه پایدار عمل کنند.۲- مهندسان باید تنها خدماتی را ارائه نماید که در حیطه صلاحیت آنهاست.۳- مهندسان باید بیانیه های عمومی را به روشی صادقانه و بی طرفانه صادر نمایند.۴- مهندسان باید در موضوعات حرفه ای برای کارفرما یا مشتری بعنوان نمایندگانی وفادار و امین عمل نموده و از تضاد منافع اجتناب نمایند.۵- مهندسان باید اعتبار حرفه ای خویش را براساس قابلیت خدمات ارائه شده خویش بنا نهاده و از رقابت ناجوانمردانه با دیگران بپرهیزند.۶- مهندسان باید بگونه ای عمل نمایند که درستی ، عزت و مقام حرفه مهندسی را حمایت نموده و ارتقاء دهند.۷- مهندسان باید پیشرفت حرفه مهندسی را در سراسر دوره زندگی شغلی خویش دنبال نموده و برای پیشرفت حرفه ای مهندسانِ تحتِ نظارتِ خویش، ایجاد فرصت نمایند .

راهنمای ممارست براساس قوانین بنیادین

قانون ۱:

مهندسان باید در اجرای وظایف حرفه ای خویش ایمنی ، سلامت و رفاه عمومی را حکم نموده و بکوشند تا در انجام وظایف حرفه ایشان همراستا با اصول توسعه پایدار عمل کنند.

الف– مهندسان باید تصدیق کنند که زندگی ، ایمنی ، سلامت و رفاه عامه مردم به قضاوت، تصمیم و مهارت های مهندسی انجام شده توسط آنها در سازه ها، ماشین آلات، محصولات، فرآیندها و دستگاه ها بستگی دارد .ب– مهندسان باید فقط آن دسته از مدارک طراحی ، بازبینی شده و یا تهیه شده بوسیله خود را تصویب نموده و صحه بگذارند که از نظر سلامت و رفاه عموم ، مطابق با استانداردهای مهندسی پذیرفته شده ، ایمن باشند. پ – مهندسانی که قضاوت حرفه ای آنها رد شده است ، درشرایطی که سلامت و رفاه عمومی به مخاطره افتاده یا اصول توسعه پایدار نادیده گرفته شده است، باید مشتریان یا کارفرمایان را از نتایج محتمل آگاه سازند. ت– مهندسانی که آگاهی یا دلیلی دارند که درآنها این باور را ایجاد کرده است که شخص یا شرکت دیگری ممکن است از هر یک از مفاد قانون ۱ تخطی کند ، باید این اطلاعات را به صورت کتبی به مقامات ذیصلاح ارائه نموده و اگر نیاز بود در تهیه اطلاعات بیشترهمکاری نماید. ث – مهندسان باید فرصت ها را مغتنم شمارند تا خدمت گذاری سودمند در امور مدنی باشند و برای توسعه ایمنی ، سلامت و مفید بودن برای اجتماع خود و حفظ محیط زیست از طریق عمل به اصول توسعه پایدار فعالیت نمایند. ج– مهندسان باید به بهبود محیط زیست با پیروی از اصول توسعه پایدار متعهد شوند تا کیفیت زندگی عموم مردم را افزایش دهند.

قانون۲:

مهندسان باید تنها خدماتی را ارائه نماید که در حیطه صلاحیت آنهاست.

الف– مهندسان باید متقبل شوند که خدمات مهندسی را تنها وقتی ارائه نمایند که از طریق آموزش یا تجربه در زمینه فنی محول شده، دارای صلاحیت باشند. ب– مهندسان ممکن است ارائه خدماتی را بپذیرند که نیاز به آموزش یا تجربه خارج از زمینه صلاحیت آنها داشته باشد، در اینصورت خدمات آنها باید به بخشهایی از پروژه محدود شوند که در آن صلاحیت دارند . تمامی بخشهای دیگر پروژه باید توسط شرکا ء ، مشاو رین یا نفرات دارای صلاحیت انجام شود. پ– مهندسان نباید مهر یا امضاء خود را به نقشه یا مدرک مهندسی مربوط به موضوعی که درآن از نظر آموزش یا تجربه کفایت ندارند و یا نقشه یا مدرکی که تحت نظارت آنها تهیه یا بررسی نشده الحاق نمایند .

قانون۳:

مهندسان باید بیانیه های عمومی را به روشی صادقانه و بی طرفانه صادر نمایند.

الف– مهندسان باید بکوشند تا دانش عموم از مهندسی و توسعه پایدار را بسط دهند و نباید در نشر موضوعات کذب ، غیر منصفانه یا اغراق آمیز شرکت نمایند. ب– مهندسان باید در تهیه گزارش های حرفه ای ، بیانیه ها یا گواهی ها، بیطرف و صادق باشند .آنها باید تمامی اطلاعات مناسب و مربوطه را در چنین گزارشها ، بیانیه ها یا گواهی هایی بگنجانند. پ– مهندسان در هنگامی که بعنوان شاهد متخصص به کار گرفته می شوند باید دیدگاه مهندسی را فقط وقتی که براساس دانش کافی از دلایل باشد ، براساس زمینه ای از صلاحیت فنی و براساس عقیده ای صادقانه ارائه نمایند. ت– مهندسان نباید بیانیه ها ، نقدها واستدلال ها را درباره آن دسته از موضوعات مهندسی چاپ نمایند که توسط تشکلی ذینفع القا شده یا پرداخته شده است ، مگر آنکه به کسانیکه بیانیه از طرف آنها تهیه شده اشاره نمایند. ث– مهندسان باید در بیان کار و قابلیت خود موقر و فروتن باشند وباید از هرگونه عملی که به درستی، عزت و شان حرفه ای آنان لطمه زند ویا نفع شخصی درآن مطرح باشد ، دوری نمایند .

قانون٤:

مهندسان باید در موضوعات حرفه ای برای کارفرما یا مشتری بعنوان نمایندگانی وفادار و امین عمل نموده و از تضاد منافع اجتناب نمایند.

الف– مهندسان باید از تضادهای بالفعل و بالقوه در منافع با کارفرمایان یا مشتریان اجتناب جسته و بی درنگ کارفرمایان یا مشتریان خویش را از هرگونه شراکت تجاری ، منافع یا شرایطی که می تواند قضاوتشان را و یا کیفیت خدماتشان را تحت تاثیر قرار دهند، باخبر سازند. ب– مهندسان نباید از بیشتر از یک طرف برای خدماتی که روی یک پروژه یا برای خدمات وابسته به آن انجام می دهند حق الزحمه دریافت نمایند ، مگر اینکه موارد را بصورت کامل فاش نموده و توافق طرفهای ذینفع را دریافت نمایند. پ– مهندسان نباید انعامی (پاداشی) را مستقیمًا یا غیر مستقیم از پیمانکاران، عاملان آنها یا طرفهای دیگر مرتبط با مشتری ها یا کارفرمایان خویش، در مورد کاری که در آن مسئولیت دارند، درخواست نموده و یا بپذیرند. ت– مهندسانی که درخدمات عمومی تحت عنوان اعضاء، مشاوران یا کارمندان یک بخش حکومتی مسئولیت دارند، با توجه به خدمات درخواست یا داده شده توسط خود یا سازمان خود، نباید در عملیات یا کار مهندسی آن که توسط شرکتهای خصوصی ویا دولتی مهندسی انجام می گردد شرکت جویند. ث–

مهندسان باید زمانی که در نتیجه مطالعات خود ، اعتقاد پیدا نمایند که یک پروژه موفق نخواهد بود ، کارفرمایان یا مشتری های خویش را مطلع سازند. ج- مهندسان نباید از اطلاعات محرمانه ای که در ضمن انجام وظیفه بدستشان رسیده اگرچنین عملی مغایر با منافع مشتری ها، کارفرمایان یا عموم مردم باشد ، بعنوان وسیله کسب نفع شخصی استفاده نمایند. چ- مهندسان نباید یک کار حرفه ای خارج از کار معمول یا مورد علاقه خود را بدون اطلاع کارفرمایان خود، قبول نمایند .

قانون۵:

مهندسان باید اعتبار حرفه ای خویش را براساس قابلیت خدمات ارائه شده خویش بنا نهاده و از رقابت ناجوانمردانه با دیگران بپرهیزند.

الف- مهندسان نباید (به غیر از برای بدست آوردن شغل از طریق نمایندگی های مرتبط با اشتغال) مستقیم و یا غیرمستقیم برای اخذ کار مهندسی ، هیچ گونه کمک سیاسی ، پاداش یا ملحوظات غیرقانونی را به دیگران بدهند، ویا آن را درخواست و یا دریافت نمایند. ب- مهندسان باید قراردادهای خدمات حرفه ای را بطور منصفانه و براساس شایستگی و صلاحیت اثبات شده برای خدمات حرفه ای مورد نیاز، تهیه نمایند. پ- مهندسان می توانند حق الزحمه خدمات حرفه ای خود تنها تحت شرایطی که در آن قضاوت حرفه ای آنها مورد تردید قرار نخواهد گرفت درخواست نموده ، پیشنهاد داده و یا بپذیرند. ت- مهندسان نباید صلاحیت یا تجربیات حرفه ای و آکادمیک خود را تحریف نموده و یا اجازه دهند که بطور غیرواقعی نمایش داده شوند. ث- مهندسان باید در کار های مهندسی ، اعتبار مناسبی برای افرادی که اعتبار حقشان است قائل شوند و باید حقوق افراد را به رسمیت بشناسند . در هر زمان ممکن ، آنها باید فرد یا افرادی را که در طراحیها، اختراعات، نوشته ها یا دیگر کارها مسئولیت داشته اند ، نام ببرند. ج- مهندسان می توانند خدمات حرفه ای را به روش هایی آگهی (تبلیغ) نمایند، که این روش ها نباید شامل کلام گمراه کننده بوده و یا به روشی باشد که به شان وحرفه مهندسی زیان برساند، مثالهایی از تبلیغ مجاز بصورت زیرمی باشند:

• کارت ویزیت حرفه ای در نشریه های شناخته شده و وزین و لیست نمودن بصورت نوشته یا راهنماهایی که توسط سازمان معتبر چاپ شود. این کارت ها یا لیست ها از نظر اندازه و محتوی نشریه سازگاری داشته و در بخشی از نشریه که معمولا به چنین کا رهایی اختصاص می یابد، قرار گیرند.

• بروشورهایی که بطور واقعی تجربه، امکانات، پرسنل و ظرفیت ارائه خدمات را شرح می دهند. این بروشورها با توجه به مشارکت مهندسان در پروژه هایی که شرح داده می شوند تهیه می شوند تا گمراه کننده نباشند.

• آگهی در نشریه های وزین تجاری و حرفه ای معتبر درصورتیکه در این آگهی ها میزان مشارکت مهندسان در پروژ ه هایی را که شرح می دهد ، گمراه کننده نباشند.

• بیانیه ای از نام مهندسان یا نام شرکت و بیانیه ای که نوع خدماتی که آنها در پروژه هایی که انجام شده است داشته اند، را اعلام می نماید.

• تهیه ویا دادن مجوز چاپ مقالات تشریحی در نشریه های عادی یا فنی که حقایق را بصورت وزین اعلام می نمایند. چنین مقالاتی نباید بر بیش از مشارکت مستقیم در پروژه تشریح شده، دلالت داشته باشند.

• اجازه دادن مهندسان برای آنکه از نامشان در آگهی های تجاری که ممکن است توسط پیمانکاران ، فروشندگان مواد و غیره چاپ شود استفاده شود، این کار باید تنها توسط متنی وزین و معتدل، دانش و مشارکت مهندسان در پروژه را شرح داده باشد. چنین مجوزهایی نباید شامل تائید عمومی برای محصولات دارای حقوق خاص شود.

چ- مهندسان نباید بصورت اشتباه یا کینه جویانه (مستقیم و یا غیرمستقیم) به شهرت حرفه ای، موقعیت یا شغل مهندس دیگر آسیب وارد ساخته ویا غیرمنصفانه کار دیگران را نکوهش نمایند. ح- مهندسان نباید تجهیزات ، محصولات ، آزمایشگاهها یا امکانات دفتری کارفرمایان خویش را برای انجام کارهای شخصی، بدون رضایت کارفرمایان خود مورد استفاده قراردهند.

قانون٦:

مهندسان باید بگونه ای عمل نمایند که درستی ، عزت و مقام حرفه مهندسی را حمایت نموده و ارتقاء دهند.

الف- مهندسان نباید دانسته به روشی عمل نمایند که به درستی، عزت یا مقام حرفه مهندسی زیان برسانند یا بطور دانسته در تجارت یا فعالیت های حرفه ای که طبیعت کلاه برداری، تقلب یا فساد دارند، مشغول شوند.

قانون۷:

مهندسان باید پیشرفت حرفه مهندسی را در سراسر دوره زندگی شغلی خویش دنبال نموده و برای پیشرفت حرفه ای مهندسانِ تحتِ نظارتِ خویش، ایجاد فرصت نمایند .

الف– مهندسان باید مسیر پیشرفت در زمینه تخصص خود را ازطریق اشتغال در فعالیت های حرفه ای، شرکت در دوره های پیوسته آموزشی، مطالعه مقالات فنی و حضور در همایشها و سمینارهای حرفه ای حفظ نمایند. ب– مهندسان باید کارمندان مهندس خویش را نیز به ثبت نام در نظام حرفه ای خود در سریعترین زمان ممکن تشویق نمایند. پ– مهندسان باید کارمندان مهندس را به حضور و ارائه مقالات در مجامع و انجمن های فنی تشویق نمایند. ت– مهندسان باید اصل توسعه رابطه رضایت دو طرفه بین شرکت و کارکنان را، باتوجه به اصطلاحات کار شامل شرح وظایف کاری، محدوده حقوق و مزایا ، تقویت نمایند.

نمونه ای از سوگند نامه مهندسی

به نام خداوند بخشنده مهربان

من، .....، با آگاهی کامل از نقش و تاثیر مهندسی در سازندگی و توسعه پایدار جهان، رفاه و آسایش انسان، حفظ جهان هستی از آلودگی های زیست محیطی و تامین شادی پایدار و درازمدت خود و دیگران، اینک که به عنوان مهندس خدمت خود را آغاز می کنم به پروردگار جهان و انسان سوگند یاد می کنم که:

۱– همواره در سراسر زندگی شغلی، حرفه ای و اجتماعی خود به این سوگند وفادار باشم.

۲– به انسان، به عنوان یک موجود صاحب خرد و شگفت انگیزترین پدیده آفرینش بیندیشم، صدیق و واقع بین بوده و به هیچ اقدامی که به انسان و انسانیت آسیب رساند مبادرت نورزم.

۳– دانش مهندسی و تجربه حرفه ای خود را که میراث مشترک بشری است مغتنم دانسته و کوشش کنم تا آن را به روز نگه داشته و در حد توان خود به گنجینه دانش و تجربیات سودمند بشری بیفزایم.

۴– ایران زادگاه من است که در آن زاده و پرورده شده ام، کوشش خواهم کرد که دین خود را به سرزمینم، مردمانم، نیاکانم و آیندگان ادا کنم.

۵– در طول زندگی حرفه ای خود تلاش کنم تا نقش موثری در توسعه پایدار کشورم داشته باشم.

۶– در حد توان به دانشگاه که مربی علمی و فنی من است و به کسانی که پس از من در این مکان مقدس بالنده خواهند شد خدمت کنم.

۷– سرمایه های هستی چون ماده، انرژی، محیط زیست و نیروی کار را سرمایه های تمام بشر دانسته، در حفظ، کاربرد درست و بهسازی آنها کوشش نمایم.

۸– در تمام فعالیتهای مهندسی خود صداقت، دقت، نظم، عدالت در عمل، حفظ منافع اجتماعی و حقوق دیگران را مراعات کنم و سلامت، ایمنی و آینده انسانها را مد نظر داشته، نسبت به آنها مهربان، دلسوز و متعهد باشم و همواره سود خویش را در منافع عام جست و جو کنم، رشوه خواری و سایر رذایل اخلاقی را طرد و برای زحمات خود ارزش مادی در حد معقول و متعارف طلب کنم.

۹– در تمام کوشش های مهندسی خود از دانش روز و آخرین یافته های علمی و فنی آگاه شوم و آنها را با ابتکار، خلاقیت و نوآوری در طراحی، برنامه ریزی و اجرا به کار بندم.

۱۰– در تمام کوشش های مهندسی خود استانداردهای حرفه ای را مراعات کرده و تنها در حیطه دانش و توانایی خود کار قبول کنم و تنها مدارکی را امضا کنم که به آنها احاطه فنی کامل دارم. در مواردی که منع قانونی و حق مالکیت اختصاصی وجود ندارد، دانش خود را آزادانه و به صورت رایگان منتشر کرده و در اختیار دیگران قرار دهم.

۱۱– در انجام وظایف حرفه ای محوله، فردی متعهد، مسولیت پذیر، مشارکت پذیر و رازدار باشم.

۱۲- محیطی پر از محبت و صفا و عشق و علاقه به خدمتگزاری بی ریا به مردم وطنم را بوجود آورم و همکاران خود را بدون توجه به ملیت، نژاد، مذهب، جنسیت، سن و عقیده دوست بدارم و ارزشهای انسانی را در خود و در آنان پرورش دهم.
۱۳- در کوشش های مهندسی خود همیشه فردی متواضع بوده، موفقیتهای بدست آمده را علاوه بر سعی و کوشش خود مرهون تلاش همکاران و نظام آفرینش دانسته و از آنان قدردانی و سپاسگزاری کنم.
۱۴- در تمام کوشش های مهندسی خود جویا و پذیرای نقد و اظهارنظر صادقانه همکاران بوده، خطاهای خود را اصلاح کنم و برای همکاری گروهی و نقش دیگران ارزش قائل باشم و از لطمه زدن به حیثیت، شهرت، دارایی یا اشتغال دیگران پرهیز کرده و از اقدامات بدخواهانه برای آنان خودداری کنم.
۱۵- از کوشش های فرهنگی و فعالیت های اجتماعی که به منظور توسعه رفاه عمومی انجام می گیرد، استقبال و در آنها شرکت کنم.
۱۶- همکاران خود را تشویق به رعایت اصول اخلاق حرفه ای- مهندسی و وجدان کنم.

مراجع

۱- چارلز هریس و دیگران، ترجمه رضا رضائی، *اخلاق در مهندسی*، شرکت انتشارات فنی ایران، چاپ اول، ۱۳۷۹
۲- کیاندخت پرتوی، *معماری فرهنگ اخلاق حرفه ای*، نشریه پیام نظام مهندسی استان تهران، شماره اول، دی ۱۳۸۵
۳- مهزیار کاظمی موحد، *کسب و کار و اخلاق*، فصلنامه علمی تخصصی مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران، شماره ۲۱،پائیز ۱۳۸۳
۴- پایگاه اینترنتی شرکت مهندسان مشاور نیرو
۵- داود ساریخانی، *چند ساعت انتظار*، روزنامه همشهری، شماره ۴۲۸۵، ۱۶ خرداد ۱۳۸۶
۶- فرامرز قرا ملکی، اخلاق حرفه ای در سازمانها، فصلنامه مهندس مشاور، شماره ۳۵، بهار ۱۳۸۶

معیارهای انتخاب مواد برای مخازنی که در دمای محیط به کار می روند

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در " نشریه مشانیر، شماره ۳۵، سال ۱۳۸۶ " به چاپ رسیده است.

پیشگفتار

در هر شرکت بزرگ مهندسی، واحدی به نام تجهیزات ثابت وجود دارد که یکی از فعالیتهای اصلی این واحد، طراحی و مرور طراحی مخازن است. در شرکت مشانیر نیز از گذشته فعالیتهای مختلفی در این زمینه صورت گرفته است که پس از آغاز مراحل اولیه پروژه توسعه مخازن سوخت، این فعالیتها گسترش روزافزونی یافته است. از این روی و با هدف آشنایی خوانندگان گرامی و دست اندرکاران مرتبط در بخشهای طراحی، نظارت و اجرا با معیارها و چگونگی انتخاب مواد برای مخازن اتمسفری که در دمای محیط مورد استفاده قرار می گیرند، این نوشتار تهیه گردیده است. کوشش نگارنده بر این است تا با مقایسه تحلیلی استانداردهای مختلف و نیز بازگو نمودن برخی از تجارب بدست آمده در این مورد، قدمی کوچک در نشان دادن اهمیت این موضوع بردارد و لزوم بررسی علمی چنین مسئله مهمی را روشن نماید.

تاریخچه

پیشرفت معیارهای انتخاب مواد برای مخازنی که در دمای محیط به کار می روند داستان جالبی دارد. تغییر ورقهای پرچ شده به ورقهای جوشکاری شده، باعث مطرح شدن موضوع شکست ترد گردید. همزمان با این موضوع به دلیل استفاده از روش جوشکاری در صنایع کشتی سازی و تخریب کشتی های نوع **Liberty** در جنگ جهانی دوم، توجه صنایع کشتی سازی نیز به بحث شکست ترد جلب شد.

اولین کد در مورد قوانین مربوط به مخازن جوشکاری شده، **API 12C** بود که برای نخستین بار در سال ۱۹۳۵ میلادی منتشر گردید و استاندارد مرجع صنایع تا اواسط دهه ۵۰ میلادی بود. این کد اساس و پایه استانداردهای **API 650** و **BS 2654** را تشکیل داد که امروزه کدهای طراحی برای بیشتر مخازنی هستند که در دمای محیط به کار می روند. کد اروپایی که بعدها بوجود آمد از هر دو کد فوق تاثیر پذیرفته است اما می توان گفت در پیش نویس نهایی آن یعنی **prEN 14015** (**pr** از واژه انگلیسی **preliminary** اخذ شده است) که در اکتبر سال ۲۰۰۰ میلادی منتشر شد، تاثیر **BS** بیشتر از **API** بوده است.[۱] استانداردهای دیگری نیز در طراحی اینگونه مخازن در کشورهای مختلف به کار می روند که از جمله می توان به **JIS B8501** و **DIN 4119** اشاره کرد.

بخش عمده مخازن از فولادهای کربنی و فولادهای کربنی منگنز دار ساخته می شوند بنابراین کدها تمرکز خود را روی این فولادها گذاشته اند. **API 650** که باید بخاطر داشت درباره مخازن ذخیره فرآورده های نفتی نوشته شده است، قواعدی برای طراحی، انتخاب مواد، ساخت و نصب مخازن ذخیره از جنس فولاد زنگ نزن نیز دارد که در ضمیمه **S** این کد آمده است و اندکی جلوتر به آن خواهیم پرداخت. **BS 2654** نیز اگر چه محدود به فرآورده های نفتی است اما گاهی برای ذخیره مواد دیگری نظیر آب و سایر مایعات و نوشیدنیهای مشابه که تمیزی و عدم آلودگی محصول مهم است، به کار می رود ولی جای تعجب است که قواعدی برای

مخازن از جنس فولاد زنگ نزن در این استاندارد وجود ندارد. البته این مسئله باعث نمی گردد تا شروط و قوانین این استاندارد برای چنین محدوده فعالیتی تطبیق داده نشده و استفاده نگردد.

prEN 14015 قواعد مربوط به فولادهای کربنی، کربنی منگنزدار و نیز فولادهای زنگ نزن را دربر می گیرد. ابتدا قرار بود این استاندارد در دو بخش منتشر گردد بطوریکه بخش اول به مخازن فولادی بپردازد و بخش دوم مخازن ساخته شده از آلیاژهای آلومینیوم را شامل گردد اما بخش دوم به دلیل عدم علاقه عمومی به مباحث مربوطه، منتشر نگردید. اصولا تا کنون در این زمینه از ساخت مخزن، فعالیتهای اندکی صورت گرفته است و امکان تشکیل کمیته ای با دانش و علاقه کافی برای تدوین استاندارد وجود نداشته است. تنها دستور العمل موجود در مورد طراحی مخازن ذخیره از جنس آلومینیوم آلیاژی برای کاربرد در دمای محیط در **USAS B96.1** موجودند که هم اکنون در استاندارد **ASME B96.1:1999** وجود دارند. البته راهنمایی های ارائه شده در ضمیمه **Q** استاندارد**API 620** برای دمای کاری کمتر از ۵۱- درجه سانتیگراد نیز می توانند به کار روند.

ملاحظات مربوط به شکست ترد

زمانی که **API 12C** تدوین می شد، اطلاعات بسیار اندکی در مورد پدیده شکست ترد و عوامل موثر بر آن وجود داشت. درآن زمان رشد بیش از پیش تقاضا برای مخازن بزرگتر وجود داشت اما **API 12C** در تصمیمی درست، حداکثر ضخامت ورق بدنه را به ۴۰ میلیمتر محدود کرد. این عدد تا به امروز نیز در **BS 2654** و **prEN 14015** و برای بیشتر فولادها در **API 650** حفظ شده است(در برخی موارد در**API 650** حد بالاتر تا ۴۵ میلیمتر نیز مجاز شمرده شده است). ضخامت ورق پارامتر مهمی در موضوع پیچیده جلوگیری از شکست ترد در سازه های فولادی جوشکاری شده به شمار می رود. مخازن ذخیره اولیه در ابعاد متوسط و از فولادهای کم استحکام ساخته می شدند. از سالهای اولیه دهه ۶۰ میلادی به اینسو به تدریج درخواست برای ساخت مخازن با گنجایش بیشتر رو به افزایش نهاد که این تقاضا خود به دنبال افزایش حجم جهانی حمل و ذخیره سازی فرآورده های نفتی ایجاد گردیده بود. مخازن بزرگتر نیاز به زمین و فضای بیشتری برای نصب داشتند اما از سوی دیگر بیشتر پالایشگاه ها و پایانه های نفتی در این مورد در تگنا بودند. این روند صنایع را به این سوی سوق داد تا مخازن ذخیره کوچک آشنا و ایمن با ورقهای نازک ساخته شده از فولادهای کم استحکام را کنار بگذارند. ظهور استاندارد**BS 2654-3** که با عنوان **higher design stresses** در سال ۱۹۶۸ میلادی منتشر شد، نشانه ای از این تغییر بود.

برای ساخت مخازن بزرگتر، از فولادهای مستحکم تر و ضخیم تر استفاده شد اما بروز تخریبهای ناگهانی در بعضی از این مخازن، نشان دهنده آگاهی و دانش ناکافی نسبت به پدیده شکست ترد بود که می بایست بررسی می شد. در انگلستان، بررسی های مربوط به موضوع شکست ترد شامل آزمون ورق عریض ولز[۲] ، آزمون وزنه افتادنی پلینی[۳] ، مقدمات آزمون **CTOD** [۴] و مطالعات مرتبط با این آزمونها می شد و در ضمن به آزمون مناسب و کم هزینه ضربه نمونه شیاردار شارپی (با شیار **V**) نیز پرداخته شد[۵]. بسیاری از این فعالیتها توسط شرکتهایی نظیر **SHELL, ICI** و **BP** به همراه انجمن جوشکاری انگلستان مورد حمایت قرار گرفت. متخصصین این شرکتها با تشکیل یک کمیته فنی، وظیفه تدوین مجدد الزاماتی را به منظور جلوگیری از شکست ترد به عهده گرفتند و توصیه های خود را به موسسه استاندارد انگلستان[۶] ارائه نمودند. این فعالیت به الزاماتی منتهی شد که در حال حاضر در **BS 2654** موجود است و در آن دمای آزمون ضربه نمونه شیاردار شارپی با دمای طراحی تفاوت دارد. این موضوع باعث ایجاد تفاوت اساسی در روند انتخاب مواد بین**BS** و **API** می شود.

دمای طراحی فلز[۷]

در این قسمت می خواهیم نحوه برخورد سه کد **BS**، **API** و **prEN** را با موضوع حداقل دمای طراحی فلز و حداکثر دمای طراحی فلز بررسی کنیم. نخست به حداقل دمای طراحی فلز می پردازیم. باید یادآور شد که هر سه کد طراحی، ذخیره سازی فرآورده هایی که باید پایین تر از دمای محیط نگهداری شوند را از دامنه کاربرد خود مستثنی نموده اند.بسیاری از مخازن عایق می شوند و فرآورده هایی را در دمایی بالاتر از دمای محیط نگهداری می کنند. بنابراین در دمای مکان نصب، تحت تنش کامل قرار نمی گیرند.

با در نظر گرفتن اینرسی حرارتی مخزن و محتویاتش، دمای طراحی فلز بر اساس حداقل دمای مطلق آماری مورد انتظار در سایت انتخاب نمی شود بلکه بر اساس شرایط حداقل متوسط دماهای روزانه مورد انتظار و با لحاظ کردن مقادیری برای اینرسی حرارتی فرآورده ذخیره شده، انتخاب می گردد. مخزن خالی به سرعت به حداقل واقعی دماها عکس العمل نشان می دهد اما در این حالت مقدار تنش نا چیز است و به اندازه ای نیست که شکست ترد احتمالی را ایجاد کند.

کدهای مختلف حداقل دماهای طراحی فلز را به شرح زیر تعریف می کنند:

API 650- دمای طراحی فلز باید ۸ درجه سانتیگراد بالاتر از کمترین دمای متوسط روزانه محل نصب مخزن در نظر گرفته شود.

BS 2654- دمای طراحی فلز باید توسط خریدار[۸] و براساس گزارشهای رسمی هواشناسی ۳۰ سال گذشته مشخص شود. دمای طراحی فلز باید پایین ترین دمای متوسط روزانه(نصف مجموع حداکثر دمای روزانه بعلاوه حداقل دمای روزانه) بعلاوه ۱۰ درجه سانتیگراد یا حداقل دمای محتویات مخزن باشد. برای مخازن ذخیره که در انگلستان ساخته می شوند و دمای بدنه بوسیله شرایط محیطی کنترل می گردد، حداقل دمای طراحی فلز نباید از صفر درجه سانتیگراد تجاوز نماید. برای مخازن جهت استفاده در خارج از انگلستان و جایی که گزارش هواشناسی در طولانی مدت وجود ندارد، دمای طراحی فلز باید کمتر از حداقل دمای متوسط روزانه بعلاوه ۵ درجه سانتیگراد و یا حداقل دمای محتویات مخزن باشد. در تعیین حداقل دمای طراحی نباید تاثیرات مثبت مخزن عایق شده و یا مخزن مجهز به سیستم گرمایشی را در نظر گرفت.

prEN 14015- حداقل دمای طراحی فلز باید حداقل دمای محتویات مخزن یا دماهای داده شده در جدول ۱ باشد. حداقل دمای طراحی فلز نباید کمتر از ۴۰- درجه سانتیگراد باشد.

Lowest one day mean ambient temperature (LODMAT)	Minimum design metal temperature	
	10 years data	30 years data
Warmer than or equal to -10 °C	LODMAT +5 °C	LODMAT +10 °C
Warmer than or equal to -25 °C and below -10 °C	LODMAT	LODMAT +5 °C
Below -25 °C	LODMAT -5 °C	LODMAT

NOTE 1 LODMAT is the lowest recorded average temperature based over any 24 hour period. The average temperature is half (maximum temperature plus minimum temperature).

NOTE 2 The minimum design metal temperature for the tank shall not take into account the beneficial effect of heating or insulation for design metal temperatures warmer than or equal to 0 °C.

NOTE 3 For minimum design metal temperatures below 0 °C, then the beneficial effect of insulation or heating shall be agreed but the design metal temperature should not be warmer than 0 °C.

جدول ۱

در این قسمت به حداکثر دماهای طراحی می پردازیم. کدها اجازه می دهند تا حداکثر دماهای طراحی به شرح زیر باشند:

API 650- قواعد انتخاب مواد در این کد برای دماهای کاری تا ۹۰ درجه سانتیگراد بدون هیچ گونه تجدید نظر یا مناسب سازی قابل کاربرد است. ضمیمه **M** جزئیات قواعد مرتبط با انتخاب مواد و طراحی مخزن را در دماهای بالا تا حداکثر ۲۶۰ درجه سانتیگراد ارائه می دهد.

BS 2654- دردماهای کاری بیش از ۱۵۰ درجه سانتیگراد، باید به تاثیر دما بر استحکام تسلیم(مربوط به فولاد انتخاب شده برای بدنه مخزن) توجه نمود.

prEN 14015- حداکثر دمای طراحی فلز نباید از ۳۰۰ درجه سانتیگراد تجاوز کند. برای دمای طراحی فلز بیش از ۱۰۰ درجه سانتیگراد، تنش تسلیم دمای بالای فولاد باید توسط فروشنده ورق گواهی گردد. به عنولن انتخاب دیگر باید از فولادهایی که در جدول ۲ آمده اند، استفاده کرد.

Standard	Designation	Steel type as given in Figure 6.1.1	Maximum thickness [1] mm
EN 10028-2 1993	P235 GH	Type II	30
	P265 GH	Type II	30
	P295 GH	Type VI	40
	P355 GH	Type VI	40
EN 10028-3 1993	P275 N	Type IV	40
	P275 NH	Type IV	40
	P275 NL1	Type IV	40
	P275 NL2	Type IV	40
	P355 N	Type VIII	40
	P355 NH	Type VIII	40
	P355 NL1	Type IX	40
	P355 NL2	Type IX	40

[1] The maximum thickness shall be the lower of that specified in this table and that derived from Figure 6.1.1.

NOTE CEV from ladle analysis ≤ 0.42 for plates thicker than 20 mm.

جدول ۲

برای ورقهای کف، سقف و ورقهای بدنه با ضخامت نامی(افزایش ضخامت طراحی به میزان ۲۰٪) لزومی ندارد تا مقادیر تنش تسلیم در دمای بالا توسط فروشنده گواهی گردد. وقتی حداکثر دمای طراحی فلز از ۲۵۰ درجه سانتیگراد بیشتر می شود، باید از فولادهایی استفاده شود که پدیده پیر شدن[۹] بر آنها تاثیری ندارد. روش اثبات این موضوع با توافق بین پیمانکار مخزن و فروشنده فولاد تعیین می گردد.

الزامات کدهای طراحی مخزن

در تمام کدهای طراحی مخزن قواعد کاملا مشخصی برای انتخاب مواد وجود دارد. برخی از این کدها بویژه **API 650** در این باره اطلاعات و الزامات تکمیلی فراوانی ارائه کرده اند که باید توسط کسانی که قصد استفاده از این قواعد برای شرایط خاص را دارند، دقیقا مطالعه شوند. آنچه در ادامه می آید فقط به برخی الزامات و نکات مهم موجود در آنها اشاره می کند. باید به خاطر داشت کاری که باید انجام شود بسیار بیشتر از صرفا انتخاب فولاد مناسب برای قسمتهای مختلف مخزن است. جوشکاری در سایت غالبا با شرایط ایده آل فاصله زیادی دارد. مسائلی نظیر جوشکاری در ارتفاع و در مکانهای بدون حفاظ یا جوشکاری در شرایط جوی نامناسب تنها گوشه ای از مشکلاتی هستند که در عمل ظاهر می شوند. قابلیت جوشکاری فلز، فرآیندهای جوشکاری، نیاز به پیش گرم کردن و تاثیر آزمون هیدرواستاتیک، مواردی هستند که باید به آنها توجه نمود.

در اینجا با اندکی انحراف از بحث اصلی، جا دارد اشاره گردد که **API 650** هنوز هم به دلیل کمبود آب در برخی مناطق، اجازه می دهد آزمایش هیدرواستاتیک با ارتفاع کامل انجام نشود. البته لازم به ذکر است که انجام ندادن همین آزمون باعث انهدام چند مخزن گردیده است. حوادثی که در آنها صرفه جویی در هزینه به دلیل عدم انجام آزمون هیدرواستاتیک در برابر سایر هزینه های پیمانکار و کارفرما ناچیز بوده است.

با توجه به مزایای آزمون هیدرواستاتیک در اطمینان یافتن از عملکرد صحیح سازه مخزن، اکیدا توصیه می گردد که هیچ گاه اجازه عدم انجام آن داده نشود(این مورد در دستورالعمل های شرکتهای نفتی داخلی نیز رعایت شده است) اما اگردر شرایط خاص پروژه یا به عنوان مثال ساخت مخزن در بیابانی که در آن آب نایاب است و از طرفی در آنجا تغییرات دما به گونه ای است که احتمال شکست ترد وجود ندارد(باید توجه داشت که همه بیابانها داغ نیستند) توصیه می گردد که با اعلام عدم انجام آزمون هیدرواستاتیک از سوی کارفرما از همان ابتدای طراحی، انتخاب مواد توسط اشخاص متخصص و خبره انجام شود تا عدم انجام آزمایش هیدرواستاتیک کامل به نحوی جبران گردد.

زیرنویس ها:

۱- این پیش نویس هم اکنون به صورت استاندارد درآمده است و با شماره **EN 14015** در سال ۲۰۰۴ میلادی منتشر گردیده است. به دلیل دسترسی نداشتن نگارنده به این استاندارد، اجبارا" به مفاد **prEN 14015-1:2000** پرداخته شده است.

۲- این آزمون در اوایل دهه ۶۰ میلادی توسط **Alan Wels** در انجمن تحقیقات جوشکاری انگلستان ابداع شد. برای دانستن اطلاعات بیشتر به **www.twi.co.uk** مراجعه نمایید.

۳- پس از غرق شدن و تخریب تعداد نسبتا زیادی از کشتیهای نفتکش نوع **Liberty** ، پژوهشهای گسترده ای در آزمایشگاه های نیروی دریایی آمریکا (**NRL**) انجام شد که در نهایت **W.S. Pellini** آزمونی را برای پیشگیری از این حوادث ابداع کرد. این آزمون توسط **ASTM** در سال ۱۹۶۳ میلادی تحت شماره **ASTM E 208** استاندارد گردید.

۴- **CTOD** کوتاه شده **crack tip opening displacement** (جابجایی نوک ترک) است که مطابق استانداردهای **BS 3518** و **ASTM E 1290** قابل انجام است.

۵- استانداردهای انجام این آزمون **ASTM E 23** و**BS 131-2** هستند.

۶- موسسه استاندارد انگلستان با **BSI** شناخته می شود.

۷- این معادل برای **design metal temperature** در نظر گرفته شده است که البته چندان رسا نیست.

۸- معادل واژه **purchaser**

۹- معادل واژه **ageing**

مراجع

1- Bob Long and Bob Garner, Guide to Storage Tanks and Equipment, Professional Engineering Publishing, 2004

2- Internet Document, www. twi.co.uk

3- API Standard 650, Welded Steel Tanks for Oil Storage, Tenth Edition, Nov.1998

4- BS 2654, Specification for Manufacture of Vertical Steel Welded Non-refrigerated Storage Tanks with Butt-welded Shells for the Petroleum Industry, 1989

5- prEN 14015-1, Specification for the Design and Manufacture of Site Built, Vertical, Cylindrical, Flat-bottomed, Above Ground, Welded, Steel Tanks for the Storage of Liquids at Ambient Temperature and Above, Part 1- Steel Tanks, Oct. 2000

از سیر تا پیاز استاندارد

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در " مجله دانشمند، سال چهل و نهم، شماره ۳ (پیاپی ۵۷۲)، خردادماه ۱۳۹۰" به چاپ رسیده است.

اهمیت استاندارد

استاندارد کردن و استاندارد از پایه های علم و فناوری است که در پیشرفت صنعت و اقتصاد نقشی به سزا دارد. اغلب چنین پنداشته می شود که استاندارد فقط برای حفظ منافع مصرف کننده است. البته این نظر تا حدی صحیح است و استاندارد به نیازهای فردی و اقتصادی مصرف کنندگان توجه دارد، اما استحکام صنعت و فناوری را نیز در نظر دارد زیرا با اجرای قوانین و مقررات استاندارد، هزینه های انبارداری و ساخت ابزار و ماشین آلات کاهش یافته، فرایند تولید منظم می شود، بهره وری افزایش می یابد، اسناد، نقشه ها و مدارک طبق یک نظام دقیق بازیابی، طبقه بندی و بایگانی می شود، همکاری میان واحدهای گوناگون هر سازمان یا کارخانه برای پیشبرد فرایند تولید میسر می گردد، تفاهم کارکنان در مسائل فنی تحقق می پذیرد و سرانجام با تولید کالای باکیفیت، رضایت مصرف کنندگان نیز جلب می شود و به این ترتیب استاندارد، شالوده استواری را برای پیشرفت و توسعه صنعت و اقتصاد فراهم می سازد.

در جهان صنعتی امروز که همه چیز در حال دگرگونی است، استانداردهای جدیدی که به "مدیریت کیفیت" موسوم است فقط به نتیجه محصول نهایی بسنده نمی کند، بلکه یک خط تولید را از ابتدا تا انتها زیر نظر می گیرد. این مدیریت برنامه ریز و هدفمند، پویایی را به بخش های مختلف سازمان هدیه می دهد.

استاندارد چیست ؟

استاندارد به مشخصات فنی و مدارک قابل دسترسی گفته می شود که بر نتایج پذیرفته شده علم، فن و تجربه مبتنی بوده و با هدف ارتقای بهره وری جامعه، با همکاری و توافق ضمنی همه دست اندرکاران، تهیه و توسط نهادی معتبر به تصویب رسیده باشد. این ملاکهای مشخص به عنوان معیار و مبنا برای مقایسه و ارزیابی کیفیت و کمیت محصول و خدمات استفاده می شوند. به عبارتی استاندارد نظمی است مبتنی بر نتایج استوار علوم، فنون و تجارب بشری در رشته ای از فعالیتهای عمومی که بصورت قواعد، مقررات و نظام نامه به منظور ایجاد هماهنگی و وحدت رویه، توسعه تفاهم، تسهیل ارتباطات، صرفه جویی در اقتصاد، حفظ سلامت و گسترش مبادلات بازرگانی داخلی و خارجی بکار می رود. به بیان کلی استاندارد به معنای قانون، قاعده، اصل و ضابطه آورده شده است. تعاریف دیگری نیز از استاندارد وجود دارد که برخی از آنها عبارتند از:

۱- استاندارد به معنای کلی عبارت است از هر نوع نظم ثابتی که در مجاری امور پدیده ها جاری باشد.

۲- استاندارد به معنای هر معیار و مقیاسی است که با آن بتوان کیفیت و کمیت اموری را مورد سنجش قرارداد.

۳- استاندارد عبارت است از پیشنهاد و یا تعیین یک مجموعه از شرایط یا عوامل انتخاب شده، که در اثر همکاری طرفهای ذینفع یا در نتیجه اختیارات اشخاص مسؤل حاصل شده باشد.

۴- استاندارد یک راه حل دائمی برای یک مشکل تکراری است.

۵- استاندارد نتیجه کوششی است برای یکسان کردن مواردی که از سوی مقامات ذیصلاح پذیرفته شده باشد.
۶- استاندارد نوشته ایست شامل مجوعه ای از شرایط که باید عملی شوند.
۷- استاندارد کردن یعنی تنظیم و کاربرد قواعدی برای یک اقدام منظم درباره فعالیتی خاص برای منفعت همه آنهائی که ذیربط هستند.
۸- استاندارد حاصل کوشش خاصی است در امر یکسان سازی اموری که از تصویب یک مقام شناخته شده گذشته باشد.
۹- استاندارد هماهنگی منظم و پیوسته اصولی است که در کتابچه هائی نوشته شده و یا به نحو اختیاری مورد پذیرش یک انجمن یا سازمان معین واقع شده است.
۱۰- استاندارد یعنی انتخاب.

استاندارد در گذر زمان

مفهوم استاندارد مربوط به ماقبل تاریخ است. اصولا" انسان بدون استاندارد نمی تواند بصورت اجتماعی زندگی کند. مصنوعات دست بشر نیز در هر دوره و زمان از نظر شکل، طرح، رنگ و سایر خصوصیات دارای نظم و استاندارد خاصی بوده اند و با پیشرفت دانش و تجربه انسان همواره هماهنگی داشته اند. نگاهی به آثار تخت جمشید و پاسارگاد نشان می دهد که باید استاندارد طول مشخص در آن زمان وجود داشته باشد که هم اکنون باستانشناسان در پی محاسبه آن استاندارد طول هستند. همین وضع را در آثار تاریخی یونان قدیم و مصر باستان نیز می توان مشاهده کرد. بطور مثال اگر به قطعات سنگ بناهای اهرام مصر دقت کنیم، متوجه خواهیم شد که ابعاد آنها بطور شگفت انگیزی استاندارد شده است و با دقت تمام با یکدیگر جفت گردیده اند و هیچ شکاف و درزی در بین آنها دیده نمی شود. این دقت حتی با استانداردهای صنعتی مدرن نیز قابل تحسین است.
استاندارد از سپیده دم پیدایش تا روزگاری که ما در آن زندگی می کنیم راه درازی را پیموده است. برای آشنایی با سیر تحول استاندارد بد نیست نگاهی به تاریخچه اندازه گیری بیندازیم زیرا به نظر می رسد که اولین استاندارد کردن در مورد اندازه گیری صورت گرفته باشد چون می توان اندازه گیری را به عنوان یکی از قدیمی ترین علوم به حساب آورد.
درباره اهمیت اندازه گیری سخنان بسیاری گفته شده است از جمله :
" اعتقاد من بر این است که هر گاه بتوان آنچه را در باره اش صحبت می کنیم اندازه گرفته و آن را با اعداد و ارقام نمایش دهیم آنگاه می توانیم ادعا کنیم که چیزی در آن خصوص می دانیم. در غیر این صورت آگاهی ما از مطلب ناقص بوده و در آن مورد تا مرحله علم نتوانسته ایم پیشرفت نمائیم." لرد کلوین
" آنچه را قابل شمردن است، بشمار، آنچه را که قابل اندازه گیری است، اندازه گیری کن و آنچه را که قابل اندازه گیری نیست، قابل اندازه گیری کن " گالیله
" آنچه را که نمی توان اندازه گیری کرد، نمی توان مدیریت نمود" تام دو مارکو
" علم از جائی آغاز می شود که اندازه گیری شروع می شود." مندلیف

تاریخچه اندازه گیری

سابقه اندازه گیری به عهد باستان بر می گردد و می توان آن را به عنوان یکی از قدیمی ترین علوم به حساب آورد. قدیمی ترین تمدن از منطقه بین النهرین که دره حاصلخیزی بین رودخانه های دجله و فرات بوده، آغاز گردید. در آن زمان آشنایی با پدیده کشاورزی باعث شد انسانها از شکار به سمت کشت و زرع رو آورند که این امر موجب پیدایش شهر و شهر نشینی و نهایتا" گسترش تجارت و داد و ستد و بازرگانی شد. بنابراین واحدهایی برای سنجش کمیت های مورد نیاز زندگی بشر مطرح شد و از جمله واحدهایی برای اندازه گیری طول پارچه، توزین موادغذایی، واحد پولی برای

مبادله به هنگام داد و ستد و واحد زمانی برای اندازه گیری یک روز کاری و نحوه پرداخت دستمزد و نیز محاسبه باج و خراج و مالیتهای مورد نیاز دولتها مشخص گردید.

اولین قدم در توسعه و رشد سیستم اندازه گیری در زمان حکومت امپراتور بابل برداشته شد. بعد از آن مردمان مصر باستان که در اطراف دره حاصلخیز نیل زندگی می کردند اولین افرادی بودند که سیستم اندازه گیری و کالیبراسیون را با استفاده از استانداردهای به هم پیوسته (linear) برقرار کردند. آنها کالیبراسیون را این گونه تعریف می کردند: مقایسه یک شئی با یک استاندارد شناخته شده.

در ۲۹۰۰ سال قبل از میلاد، فاروق خوفا (Pharach Khufa) فرعون مصر تصمیم به ساختن یک هرم برای آرامگاهش گرفت و برای حصول اطمینان از صحت ساخت آن مقیاسی به نام کیوبیت (Cubit) ساخت که طول آن برابر با مقدار فاصله آرنج تا نوک انگشتان دست بود. کیوبیت سلطنتی مصر از سنگ گرانیت سیاه بود که تقسیمات آن به اندازه عرض انگشت بود و در قصر فاروق به عنوان استاندارد اولیه نگهداری می شد. کیوبیت دیگر از گرانیت خاکستری بود که به عنوان استاندارد ثانویه در ساخت بنا مورد استفاده قرار می گرفت. با همین تمهیدات بود که گفته می شود راس وجوه اهرام مصر فقط ۱۵ دقیقه خطا داشته است.

از قدیمی ترین آثاری که در مورد اوزان به دست آمده است، می توان به وزنه های استاندارد که به دستور داریوش اول ساخته شده اند، اشاره نمود. این وزنه ها بر اساس واحدی به نام کرشه (karsha) ساخته می شد که هر کرشه معادل هشتاد و سه و سه دهم گرم بوده است. چهار نمونه از این وزنه ها در موزه های داخل و خارج از کشور وجود دارند. ورنه ای که در ایران موجود است معادل ۱۲۰ کرشه است.

در دوران تسلط رومیان بر انگلستان بعد از میلاد، انگلیسی ها با سیستم اندازه گیری رومیان آشنا شدند و هنوز هم برخی از آنها به کار می برند. آنها از واحدی تحت عنوان Libra که برابر یک پوند بود، برای اندازه گیری وزن استفاده می کردند. در قرن ۱۲ میلادی هنری اول اندازه ساق پای خود را معیاری برای یک پا و یک یارد را برابر با فاصله بین نوک بینی تا انگشت شصت خود اعلام کرد.

در سال ۱۳۲۴ میلادی هنری دوم طول سه دانه جو را برابر با یک اینچ اعلام کرد. (تعریف دقیق این بود: یک اینچ عبارت است از طول سه دانه جو خشک شده با شکل طبیعی که در یک امتداد و سر به سر قرار داشته باشند). در قرن هفدهم، گالیله بارومتر اولیه، ترمومتر و تلسکوپ را اختراع کرد. با همه این پیشرفتها، جامعه علمی و تولید کنندگان به علت عدم وجود استانداردهای مرجع دچار مشکلات زیادی بودند و به دلیل عدم وجود این عامل کنترل کننده، هر کشوری سیستم اندازه گیری و اصطلاحات خاص خود را به کار می برد.

در اوائل قرن ۱۸ جیمزوات مخترع اسکاتلندی پیشنهاد نمود تا دانشمندان جهان دور هم جمع شده و یک سیستم جهانی واحد برای اندازه گیری ها به وجود آورند. به دنبال این پیشنهاد گروهی از دانشمندان فرانسوی برای به وجود آوردن سیستم متریک وارد عمل شدند و سیستم پایه ای را که دارای دو استاندارد یکی متر برای واحد طول و دیگری کیلوگرم برای وزن بود، به وجود آورند. در این زمان ثانیه را به عنوان استاندارد زمان و ترموسانتیگراد را به عنوان استاندارد درجه حرارت مورد استفاده قرار می دادند. هم اکنون بسیاری از کشورهای جهان، سیستم متریک را به صورت رسمی برای اندازه گیری های دقیق خود مورد استفاده قرار می دهند. اما با این وجود هنوز سه کشور در دنیا به صورت رسمی از روش انگلیسی برای اندازه گیری استفاده می کنند. این سه کشور ایالات متحده، لیبریا و میانمار هستند. البته در مراکز و سازمان های مهمی همچون ناسا، روش اندازه گیری متریک برای اندازه گیری دقیق تر مورد استفاده قرار می گیرد، اما به هر شکل هنوز هم عمده اندازه گیری ها در این کشورها به صورت انگلیسی انجام می شود.

به هر صورت واحدها و سیستم های اندازه گیری مختلفی وجود دارند که بسته به کارایی شان ممکن است هنوز هم در بسیاری از فرهنگ ها و مناطق دنیا مورد استفاده قرار گیرند. همانطور که ممکن است واحدهایی همچون نخود، مثقال، چارک، مَن، خروار، وجب، فرسنگ و ... را از پدر و پدربزرگ های تان شنیده باشید.

در سال ۱۸۷۵ میلادی دانشمندان و متخصصان جهان در پاریس برای امضاء قراردادی به نام پیمان جهانی متریک (International metric convention) دور هم گرد آمدند. این قرارداد زمینه را برای ایجاد دفتر بین المللی اوزان و مقیاسها در سور (Sevres) فرانسه آماده کرد. این موسسه هنوز به عنوان یک منبع و مرجع جهانی استاندارد پا برجاست.

در یک بررسی اجمالی مشخص خواهد شد که استانداردهای عمده در عهد باستان و قرون گذشته به طور کلی قبل از رنسانس که جنبه عمومی داشته و نیاز به آن بیشتر از موارد دیگر احساس شده است استانداردهای اوزان و مقیاسها می باشد. اما پس از عصر رنسانس با توجه به تحول بنیادی در طرز تفکر اجتماعی و رشد اختراعات و تولیدات صنعتی (انقلاب صنعتی) استانداردهای صنعتی نیز به وجود آمد. یکی از قدیمی ترین و اساسی ترین اصل استاندارد که در استانداردهای کنونی بدان توجه شده است و در حال حاضر نیز به عنوان اولین اصل استاندارد کردن مطرح است اصل کاهش انواع و در کنار آن اصل تعویض پذیری است. به طوری که همین اصل موجبات تولید انبوه و زنجیره ای را فراهم نموده است. در گذشته هر تولید کننده یا صنعتگری با توجه به ابزارهای ابتدایی و میراث نیاکان خود محصولاتی با شکل و طرح و ابعاد متفاوت می ساخت اما امروزه با منسجم شدن تولید، محصولاتی با ویژگیهای یکسان تولید می گردد.

از پیشگامان اصل کاهش انواع و تعویض پذیری می توان به یک آمریکایی به نام الی ویتنی اشاره کرد. این شخص در سال ۱۷۹۳ برای نخستین بار تفنگ سر پری را طراحی کرد که دارای قسمتهای قابل تعویض بود و در واقع پایه تولید انبوه را فراهم آورد. همچنین در انگلستان در سال ۱۸۴۱ شخصی به نام جورج ویتورث بر اساس ارتفاع، عمق و تعداد دنده در هر اینچ، نظام مخصوصی را برای انواع دنده های پیچ و مهره به وجود آورد که تعویض پذیری پیچها و مهره ها به سهولت امکان پذیر باشد. همگام با گسترش تولیدات صنعتی و انبوه سازی، رعایت نکات ایمنی نیز مطرح گردید به ویژه پس از اختراع ماشین بخار و کاربرد گسترده آن در سیستم های حمل و نقل از قبیل کشتی ها و لوکوموتیوها و خسارات ناشی از آن. (در نیمه دوم قرن نوزدهم در آمریکا انفجار مخازن تحت فشار ۵۰۰۰۰کشته و دو میلیون نفر زخمی بر جای گذاشت)

رشد تکنولوژی و استفاده از ماشین آلات جدید، افزایش تولیدات صنعتی و در نتیجه رقابت در بازارهای داخلی و خارجی را به دنبال داشته است.از این رو در روند تکامل استاندارد کردن ، استانداردهای دیگری از قبیل روشهای بررسی و آزمون، توصیف ویژگیها، اصطلاحات، آیین کار، فنون کنترل کیفیت و سیستمهای مدیریت کیفیت اهمیت یافتند.

همانطور که گفته شد در طول تاریخ، استاندارد تحولات زیادی را پشت سر گذارده است. در ابتدا بصورت استاندارد اندازه شناسی مطرح شده، بعد از آن به صورت استاندارد محصول طرح گردیده و سپس به استاندارد روش و سیستم رسیده است.

واژه استاندارد

برخی از نویسندگان معتقدند که هشت قرن پیش، از زبان فرانسه واژه etendard یا etandard که به معانی بیرق نظامی، بیرق قشون، علم و پرچم می باشد وارد زبان انگلیسی شد. به همین دلیل در زبان انگلیسی باستانی، استاندارد به معنی پرچم واحدهای نظامی بوده است و از نظر ریشه لغت به فعل extend لاتین به معنی گسترده کردن و برافراشتن باز می گردد.

بر اساس مطالعات و نوشته های مختلف،کلمه استاندارد از لحاظ معنی تحت تاثیر واژه stand قرار می گیرد که به معانی ایستادن، ماندن، توقف کردن و قرارگرفتن می باشد. ذکر این نکته لازم است که واژه استاندارد در زبان انگلیسی، از نظر علمی و فنی با دو معنی کاملا" متمایز به کار برده می شود:

الف- واحدها و مقیاس های اندازه گیری چه از نظر کمی و مادی (مانند متر و کیلوگرم) و چه از لحاظ تعریف (مانند آمپر و کالری) که در فرانسه امروزی آن را etalon می نامند.

ب- به معنای نوشته های حاوی مقررات و اصول برای تنظیم امور فنی، علمی و تجاری که در فرانسه به lanorme و در آلمان به norm موسوم است که از ریشه لاتین normn یعنی گونیا مشتق شده اند.

واژه norm به معانی، ماخذ، میزان، قانون، هنجار و واژه normal برای بیان مقاصدی مانند متوسط، معتدل، با قاعده، معمولی، عادی و طبیعی به کار می روند ولی به دلیل عدم جامعیت آن مطابق معانی برشمرده شده برای واژه استاندارد، در زبان انگلیسی به کار برده نمی شوند. فرانسویان نیز واژه normalization را که نمایانگر مفهوم استاندارد کردن است از کلمه normal ساخته اند و ترجیح می دهند که از واژه نرمالیزاسیون که در زبان فرانسه اصالت بیشتری دارد استفاده نمایند.

در ایران نیز واژه "استانده" به معنی تثبیت شده، توسط زنده یاد غلامحسین مصاحب پیشنهاد شد اما هرگز رواج نیافت.

انواع استانداردها

الف – استانداردهای کارخانه ای یا شرکتی

این استانداردها آنهایی هستند که در حوزه یک کارخانه یا شرکت اعتبار دارند. این نوع استاندارد سطح فناوری کشور را نشان می دهد. در این استانداردها فعالیتهای مختلف تولید، طراحی، آزمون، خدمات پس از فروش، پرسنل، خط مشی مدیریت و .... مورد توجه قرار گرفته به طور کلی شکل و سیستم یک کارخانه یا شرکت را به صورت اصولی در می آورند. استانداردهایی نظیر جنرال الکتریک (GE)، ولوو (VOLVO)، فورد (FORD)، رنو (RENAULT) و .... در این رده جای می گیرند.

ب- استانداردهای انجمنی یا صنفی

شامل قراردادها و مستندات یک گروه کاری متخصص است که حول یک محور صنعتی – فنی و با هدف تبیین تعاریف مشخص و ایجاد یک زبان بین گروهی تدوین می شود. رشد و توسعه این نوع استاندارد بیشتر در کشور آمریکا دیده می شود که به لحاظ کیفیت بالا و تخصصی بودن مدارک، مستندات آنها اعتبار جهانی پیدا کرده است. از جمله اینها می توان به استانداردهای انجمن آزمون و مواد آمریکا (ASTM)، انجمن مهندسان مکانیک آمریکا (ASME)، موسسه نفت آمریکا (API)، انجمن مهندسان خودرو (SAE) و .... اشاره نمود.

استانداردها و دستورالعملهای وزارت دفاع آمریکا (MIL-SPEC) (MIL-STD) و وزارت دفاع انگلستان (MOD) را نیز می توان از این دسته به شمار آورد گرچه به لحاظ تنوع موضوعی و کیفیت فنی جزو بهترین استانداردهای دنیا به شمار می آیند به گونه ای که به طور مثال در مجموع استانداردهای MIL می توان مجموعه ای از استانداردهای صنعتی، طراحی، مهندسی، آزمایشگاهی، تولیدی، کنترل کیفیت و .... را در زمینه های مختلف فلزات، غیر فلزات، محصولات نفتی و پالایشگاهی، رنگ و پوشش، موتور و اجزاء آن، گیر بکس، چسب وسیلانت، پمپ، اسلحه، تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی، آزمونهای غیر مخرب و ... یافت.

اگر به قسمت بالای مانیتور کامپیوترتان دقت کنید حروف TCO را خواهید دید. این حروف مخفف نام سوئدی "اتحادیه کارمندان حرفه ای سوئد" (The Swedish Confederation of Professional

Employees) است که بیش از دو میلیون نفر عضو دارد. اعضاء TCO توجه خاصی به کاربرد کامپیوتر و وسایل جانبی آن داشته و استاندارد وضع شده را به نام خود TCO اعلام نموده اند. اکثر تولیدکنندگان، این استاندارد را مناسب تشخیص داده و مقررات آن را پذیرفته و به مورد اجراء در آورده اند بطوریکه امروزه در کلیه تبلیغات مانیتور در آمریکا و اروپا، استاندارد TCO جزو ویژگیهای اصلی مانیتور ذکر می گردد. در حقیقت این استاندارد را نیز می توان استانداردی انجمنی یا صنفی با گستره ای جهانی معرفی کرد.

پ – استانداردهای ملی

شامل مستندات و مقررات کیفی، تعاریف، روشهای آزمون و ... یک کشور در مورد محصولات خود یا محصولاتی است که در آن کشور اجازه فروش پیدا می کنند. این گروه از استانداردها به وسیله موسسه (سازمان) استاندارد آن کشور که مقام ذیصلاح برای کار شناخته شده است، تهیه می شوند. در تدوین این استاندارد ها تمامی طرفهای ذینفع از قبیل تولید کننده، مصرف کننده، اعضای مراکز علمی و پژوهشی، سازمانهای دولتی و مانند آن شرکت دارند. استانداردهای ملی با توجه به شرایط مختلف مانند شرایط اقتصادی، فنی و غیره تدوین می شوند. استانداردهای ملی به دو دسته اجباری و تشویقی تقسیم می شوند. استانداردهای اجباری، استانداردهایی هستند که در رابطه مستقیم با ایمنی، بهداشت، محیط زیست و یا تجارت بوده و به طور قانونی از نظر اجرا، اجباری اعلام می شوند. گاهی این امر می تواند با یک توافق بین المللی صورت گیرد مانند مقررات ترافیک و مبارزه با آلودگی محیط زیست.

استانداردهای تشویقی، استانداردهایی هستند که تولید کننده با توجه به توان بالای تولید و همچنین علاقمندی و موافقت خود تمایل به اجرای آن دارد. از جمله استانداردهای ملی می توان به استاندارد ملی ایران (ISIRI)، آمریکا (ANSI)، آلمان (DIN)، انگلستان (BSI) و ... اشاره کرد.

ت – استانداردهای منطقه ای

عواملی مانند موفقیت جغرافیایی، فرهنگ، سیاست، روش تولید و مصرف و امثال آن برخی از کشورها را بر آن داشته است تا مشترکا" مبادرت به تدوین استانداردهای منطقه ای نمایند. به عبارت دیگر مستندات و مدارک فنی گروهی از کشورهای همسایه به منظور بهره مندی از کیفیت مشترک و زبان عمومی در مکاتبات، تجارت و تبادل کالا این مجموعه استانداردها را تشکیل می دهد. برخی از این استانداردها عبارتند از استاندارد اروپا (EN)، استاندارد کشورهای عربی (ASMO)، استاندارد کشورهای آفریقایی (ARSO) و استاندارد کشورهای آمریکایی (پان آمریکن) (COPANT
)

ث – استانداردهای بین المللی

امروزه روند رشد صنعت و تجارت و همچنین تحولات علمی و اجتماعی در جهان به گونه ای است که کشورها را بیش از پیش به یکدیگر نزدیک می کند و در این راستا استانداردهای بین المللی برای ایجاد هماهنگی، سهولت ارتباط و رفع مشکلات فنی تدوین می شوند. این استاندارد ها حاصل توافق کارشناسان ذیربط کشورهای عضو سازمان بین المللی استاندارد است.

مهمترین سازمانهای بین المللی تدوین و نشر استانداردهای بین المللی عبارتند از : سازمان بین المللی استاندارد (ISO) کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC) و کمیسیون مقررات مواد غذایی(CAC). تاریخچه تدوین استانداردهای بین المللی به سال ۱۹۰۶ میلادی باز می گردد. در آن سال کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC) با هدف فعالیت در تدوین استانداردهای بین المللی در زمینه برق و الکترونیک تشکیل گردید و تاکنون نیز فعالیت دارد .

چند سال بعد در سال۱۹۲۶ میلادی با تاسیس اتحادیه بین المللی موسسات بین المللی استاندارد (ISA) که ۲۰ کشور اروپایی عضویت آن را پذیرفته بودند، قدمهای نخستین تدوین استانداردهای بین المللی در سایر زمینه ها به ویژه مهندسی مکانیک برداشته شد اما به دلیل بروز جنگ جهانی دوم تمامی این فعالیتها در سال ۱۹۴۲ متوقف شد. ولی به

دلیل احساس نیاز به چنین سازمانی جهت پیشرفت صنایع و فناوری و تسهیل مبادلات تجاری، نمایندگان ۲۵ کشور که عمدتا" عضو کمیته هماهنگی استاندارد وابسته به سازمان ملل متحد بودند در تاریخ ۱۴ اکتبر ۱۹۴۶ میلادی برابر با ۲۲ مهر ماه ۱۳۲۵ خورشیدی در لندن گرد هم آمدند و پس از مذاکرات طولانی سرانجام برای تاسیس سازمان بین المللی استاندارد با حروف اختصاری ISO که کوتاه شده International Organization for Standardization است توافق نمودند. این سازمان رسما" در فوریه ۱۹۴۷ در شهر ژنو سوئیس کار خود را آغاز نمود.

ISO یک اتحادیه جهانی غیر دولتی است که اعضاء آن از میان موسسه های استاندارد ملی هر کشور (از هر کشور یک نفر) انتخاب شده اند و ماموریت آن توسعه فرهنگ استاندارد و فعالیت های وابسته به آن در سطح جهان می باشد تا امکان مبادلات کالا و خدمات بهتر فراهم شود و همکاریهای جهانی در خصوص فعالیتهای اقتصادی، فنی، علمی و تحقیقاتی توسعه یابد.

انتخاب نام این سازمان بر اساس مخفف نام لاتین آن نبوده است زیرا اگر چنین بود می بایست IOS باشد و در آن صورت مخفف آن در زبانهای گوناگون تغییر می کرد در حالی که در تمامی زبانها این سازمان همان ISO است. در واقع ریشه ISO از واژه یونانی ISOS به معنای مساوی و برابر گرفته شده است که به صورت پیشوند در بسیاری از عبارات همچون ایزوتوپ (ISOTOPE)، ایزو متریک (ISOMETRIC) ایزوبار (ISOBAR) و .. با همان مفهوم برابری و مساوی بودن بکار برده می شود.

زمینه فعالیتهای سازمانISO دارای هیچگونه محدودیتی نیست و در برگیرنده کلیه شاخه های تخصصی است و تنها در خصوص برق و الکترونیک که بر عهده IEC است، و در امر دارو که سازمان بهداشت جهانی تهیه استانداردهای بین‌المللی را به عهده گرفته است، فعالیت نمی کند. در برخی موارد همانند تکنولوژی اطلاعات، آزمون و کالیبراسیون، بازرسی و ... نیز فعالیت بصورت مشترک (ISO/IEC) صورت می پذیرد. سازمان ISO اولین استاندارد بین المللی خود را در سال ۱۹۵۱ منتشر نمود.

سازمانهای بین المللی دیگری نیز وجود دارند که در زمینه های خاصی مبادرت به تدوین استاندارد می نمایند. برخی از این سازمانها عبارتند از:

انجمن بین المللی حمل و نقل هوایی IATA (International Air Transport Association)

آژانس بین المللی انرژی اتمی IAEI (International Atomic Energy Agency)

سازمان بین المللی هوانوردی کشوری(غیر ICAO (International Civil Aviation Organization) نظامی)

دفتر بین المللی اوزان و مقیاسهاBIPM (International Bureau of Weights and Measure)

سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی OIML (International Organization of Legal Metrology)

اتحادیه بین المللی شیمی IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) محض و کاربردی

سازمان UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization) فرهنگی، علمی و آموزشی ملل متحد

سازمان بهداشت جهانی WHO (World Health Organization)

فهرست برخی دیگر از سازمانهای بین المللی به اختصار عبارتند از:

CORESTA (Cooperator Center for Scientific Research Relative to Tobacco) مرکز همکاری تحقیقات علمی دخانیات

FDI (World Dental Federation) فدراسیون بین المللی دندانپزشکی

CIE (International Commission on Illumination) کمیسیون بین المللی روشنایی

IDF (International Dairy Federation) فدراسیون بین المللی لبنیات

FID (International Federation for Information and Documentation) فدراسیون بین المللی اسناد و اطلاعات

IGU (International Gas Union) اتحادیه بین المللی گاز

IIW (International Institute of Welding) موسسه بین المللی جوشکاری

IOOC (International Olive Oil Council) شورای جهانی روغن زیتون

ISA (International Silk Association) اتحادیه بین المللی ابریشم

UIC (International Union of Railways) اتحادیه بین المللی راه آهن

WMO (World Meteorological Organization) سازمان جهانی هواشناسی

ILO (International Labor Organization) سازمان بین المللی کار

تاریخچه ایزو

سازمان بین‌المللی استاندارد (ایزو) که در اکتبر ۱۹۴۶ تأسیس و از فوریه ۱۹۴۷ شروع به فعالیت نموده است ، مهمترین سازمان جهانی در رشته تدوین و تعیم استاندارد در سطح بین‌المللی است.در این سازمان اکنون۱۶۲ کشور عضویت دارند. سه نوع عضویت در ISO وجود دارد؛ اعضای اصلی، اعضای مکاتبه‌ای و اعضای مشترک. البته در بعضی از مدارک، اعضای مکاتبه ای را اعضای متناظر نام برده اند. سازمان ملی استاندارد ایران(تا پیش از سال ۱۳۹۰ نام آن مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بوده است) نیز از سال ۱۹۶۰ میلادی (۱۳۳۹ هجری شمسی) عضویت آن را پذیرفته است. لیکن مجلسین وقت عضویت آن را در سال ۱۳۴۳ تصویب کرده‌اند.

تشکیلات ایزو

مقر سازمان بین‌المللی استاندارد (ایزو) در ژنو است و دارای دبیر خانه مرکزی برای اداره امور اداری و اجرایی و هماهنگ کردن فعالیت‌های فنی خود با تعداد ۱۵۳ نفر کارمند از ملیت های مختلف و بودجه سالیانه حدود ۱۴۰ میلیون فرانک سوئیس که قسمت عمده آن از دریافت حق عضویت از کشورهای عضو و بخشی از فروش استاندارد و دیگر نشریات تأمین می‌گردد. ایزو دارای رئیس و نایب رئیس در امور فنی و سیاستگزاری بوده که هر کدام برای مدت سه سال انتخاب می‌شوند. خزانه‌دار و دبیرکل سازمان از طرف شورای ایزو منصوب می‌گردند.

شورای ایزو مرکب است از نمایندگان ۲۰ کشور عضو این سازمان که از طرف کشورهای عضو برای مدت ۲ سال انتخاب می‌شوند و اخذ تصمیم درباره خط‌مشی‌های ایزو و نظارت بر کار دبیرخانه مرکزی و کارمندان آن بعهده شوراست که حداقل سالی یکبار تشکیل جلسه می‌دهد، ضمنا ۵ موسسه استاندارد شامل آلمان، امریکا، انگلیس، ژاپن و فرانسه به جهت فعالیت در بعهده گیری دبیرخانه های کمیته های فنی و مشارکت مالی و دیگر امور، از اعضای ثابت شورای سازمان هستند و همه ساله انتخاب می شوند. سالی یکبار هم نمایندگان کلیه کشورهای عضو در مجمع عمومی آن گردهم می‌آیند تا درباره مسائل عمومی و سیاست‌های کلی سازمان اخذ تصمیم نمایند.

علاوه بر کمیته‌های فنی که بعداً شرح داده خواهد شد تعدادی کمیته اجرایی نیز زیر نظر سازمان ایزو تشکیل شده است تا درباره مسائل عمومی،فنی و اداری این سازمان بررسی و مطالعه نمایند و پیشنهادهای خود را جهت تصویب به شورا عرضه کند.

مهمترین کمیته‌های اجرایی عبارتند از:

کمیته ارزیابی انطباق (CASCO) که وظیفه‌اش تدوین استانداردها و راهنماهای مرتبط با کیفیت، ارزیابی انطباق و مسائل مرتبط با آن می‌باشد.

کمیته سیاست‌های مصرف‌کننده (COPOLCO) برای بررسی روشهای کمک به مصرف‌کنندگان از لحاظ امور استاندارد و اطلاعات مصرف کننده.

کمیته توسعه (DEVCO) برای برآورد نیازهای کشورهای در حال توسعه در زمینه استاندارد و کمک به آنها.

فعالیت‌های فنی ایزو

ایزو نتایج آخرین پیشرفت‌های علمی و تکنولوژی جهان را جمع آوری و در سطح جهانی هماهنگ و بصورت استانداردهای بین‌المللی منتشر می‌کند. برای انجام این کار تاکنون حدود ۳۵۰ کمیته فنی (TC) ایجادکرده که هر کدام خود تعدادی کمیته فرعی (SC) یا گروه کاری (WG) دارند (تا پایان سال ۲۰۱۰ میلادی، ۲۱۴ کمیته فنی فعال می باشد و بقیه یا منحل شده و یا در کمیته های دیگر ادغام شده اند. تعداد کمیته‌های فرعی ۵۱۰ و گروه‌های کاری ۲۴۷۸ و گروههای ویژه و تخصصی ۶۶ مورد می باشد. ایزو تاکنون ۱۸۰۸۳ استاندارد بین‌المللی تهیه و منتشر کرده است و ۳۷۶۹ پیش‌نویس استاندارد در دست تهیه دارد.

برای تهیه و تدوین استاندارد های بین المللی بیش از یکصد هزار کارشناس و متخصص در رشته‌های گوناگون از سراسر جهان با ایزو همکاری و همفکری دارند. چگونگی کار بدین صورت است که برای هر رشته یک کمیته فنی تأسیس می شود که اداره امور آنها بعهده یکی از کشورهای عضو خواهد بود و در این صورت می‌گویند دبیرخانه (Secretariat) آن کمیته بعهده کشور مذکور است. ایران نیز از طریق سازمان ملی استاندارد ایران دبیرخانه ۵ کمیته فنی سازمان ایزو را بر عهده دارد.

دبیرخانه هر کمیته فنی، موضوعات استاندارد را بررسی می‌کند و با کمک اعضای فعال آن کمیته نخستین طرح‌های پیشنهادی Draft Proposal یا DP را برای هر استاندارد فراهم کرده و بین اعضای کمیته توزیع می‌شود و نظر آنها جویا گردیده و بر اساس نظریات رسیده، پیش‌نویس کمیته در مورد استاندارد پیشنهادی تهیه و جهت اظهار نظر برای اعضا ارسال می شود. پس از آن، پیش نویس استاندارد بین‌المللی DIS-Draft International Standard را تدوین و برای اظهار نظر بین اعضا توزیع می‌کند. پس از دریافت آرا و نظرات اعضا و اعمال کردن آنها، این سند به صورت پیش‌نویس نهایی (FDIS) تنظیم و دبیرخانه مرکزی نیز مجدداً پیش‌نویس نهایی استاندارد را بین تمام اعضای ایزو (اعم از آنکه عضو کمیته فنی مذکور بوده‌اند یا نه) برای اظهار نظر توزیع می‌کند و اگر نظر مخالفی نباشد، ویا بسیار محدود و اندک باشد که بتوان نادیده گرفت پیش‌نویس را برای تصویب نهایی از طرف دبیرخانه مرکزی برای اعضای شورای ایزو فرستاده شده که پس از تصویب شورا، بعنوان استاندارد بین‌المللی International Standard منتشر می‌گردد.

زبان رسمی سازمان ایزو انگلیسی، فرانسوی و روسی بوده که هزینه ترجمه روسی استانداردها و دیگر نشریات ایزو بر عهده روسیه می باشد.

صد سال استاندارد بین المللی

یکصدمین سال تدوین استاندارد بین المللی در سال ۱۹۸۶ گرامی داشته شد و در این سال سازمان ایزو کتابی را تحت عنوان صدمین سال یادبود تدوین استاندارد بین المللی منتشر نمود که به فارسی ترجمه و در سال ۱۳۷۱ ارائه گردید. بر اساس این کتاب، سازمان ایزو، ۱۰۰ سال فعالیت استاندارد جهانی را به ۵ دوره مهم ۲۰ ساله تقسیم کرده که در زیر آمده است:

۱۸۸۶	کنفرانس درسدن	آزمون مواد در گذشته و حال
۱۹۰۶	اولین سازمان بین المللی استاندارد – IEC	از جاروبکهای ذغالی و...تا سیستم های خورشیدی
۱۹۲۶	کوششهای بین المللی در مکانیک	از مهره ها تا بست افزارها
۱۹۴۶	ISO – دوره جدید و شروعی تازه	داستان موفق حمل و نقل
۱۹۶۶	گسترش فناوری اطلاعات	از کارتهای پانچ تا ارتباط داخلی بین سیستم های آزاد
۱۹۸۶	موزیک و پیام آن برای استاندارد بین المللی	----

روز جهانی استاندارد

در اصلاحیه شورای ISO که از ۲۵ تا ۲۷ سپتامبر ۱۹۶۹ در ژنو تشکیل گردید بنابر پیشنهاد آقای فاروق سونتر رئیس استاندارد ترکیه و رئیس وقت ISO مقرر شد روزی به عنوان روز جهانی استاندارد اختصاص یابد و در سراسر جهان نیز به همین مناسبت مراسمی برگزار گردد تا از این طریق تبلیغات در سطح جهانی برای پیشرفت امر استاندارد بعمل آید. اولین مراسم برگزاری روز جهانی استاندارد در ۱۴ اکتبر ۱۹۷۰ انجام شد و پس از آن نیز همه روزه در این روز (برابر با ۲۲ مهر ماه) برگزار می گردد. ایزو از سال ۱۹۸۶ تا کنون نیز در این روز مهمترین موضوع و چالش جهانی را با پیام و انتشار پوستر به آگاهی اعضا و دیگران می رساند

شعار محوری روز جهانی استاندارد

۱۹۸۶– استاندارد بین المللی نیاز هر پروژه
۱۹۸۷– طراحی مهندسی بخشی از زبان استاندارد
۱۹۸۸– بارقه ای در استاندارد های بین المللی
۱۹۸۹– استاندارد برای فناوری بهداشت
۱۹۹۰– حفظ محیط زیست
۱۹۹۱– ایمنی در کار
۱۹۹۲– استاندارد بین المللی، کلیدی برای بازار آزاد
۱۹۹۳– فناوری اطلاعات
۱۹۹۴– استاندارد و مصرف کننده، شرکای مناسب
۱۹۹۵– استانداردهای بین المللی برای حمل و نقل
۱۹۹۶– ارتقا استانداردهای خدمات
۱۹۹۷– استانداردهای جهانی مورد نیاز برای تجارت
۱۹۹۸– استاندارد در زندگی روزمره
۱۹۹۹– استاندارد در صنعت ساختمان
۲۰۰۰– استاندارد بین المللی برای صلح و آرامش همگام با خوشبختی

۲۰۰۱- محیط زیست و استاندارد در کنار یکدیگر
۲۰۰۲- استاندارد و ارزیابی انطباق
۲۰۰۳- استانداردهای جهانی در خدمت جامعه جهانی اطلاعات
۲۰۰۴- استاندارد عامل پیوند جهان
۲۰۰۵ – استاندارد برای دنیایی امن تر
۲۰۰۶ – استانداردها: منافع بزرگ برای کارهای کوچک
۲۰۰۷ – استاندارد در خدمت شهروند و جامعه
۲۰۰۸ – ساختمانهای هوشمند و پایدار
۲۰۰۹ –مقابله با تغییرات آب و هوایی از طریق استانداردها
۲۰۱۰ – استانداردها جهان را برای همگان دست یافتنی می سازند
۲۰۱۱- استانداردهای بین‌المللی – اعتماد سازی جهانی

کمیته های مهم سازمان ایزو

۱- کمیته فنی ۹۷ تحت عنوان کامپیوتر و پردازش داده ها در سال ۱۹۶۰ ایجاد گردید و در سال ۱۹۸۷ با کمیته فنی مربوطه در کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک IEC ادغام و اولین کمیته فنی مشترک دو نهاد مذکور با عنوان فناوری اطلاعات شکل گرفت و در حال حاضر مهمترین کمیته فنی می باشد و در سال دهها پیش نویس استاندارد بین المللی را برای اظهار نظر اعضا توزیع می کند.
۲- کمیته فنی ۱۷۶ تحت عنوان مدیریت کیفیت و تضمین کیفیت در سال ۱۹۷۹ ایجاد شده است. تدوین استانداردهای سری ISO 9000 حاصل کار این کمیته می باشد.
۳- کمیته فنی ۲۰۷ تحت عنوان مدیریت زیست محیطی در سال ۱۹۹۳ ایجاد شده است. تدوین استانداردهای سری ISO 14000 حاصل کار این کمیته می باشد.

تاسیس موسسه استاندارد در ایران

اولین حرکت مدون در ارتباط با استاندارد و استاندارد نویسی در ایران با تصویب قانون اوزان و مقیاسها در سال ۱۳۰۴ خورشیدی آغاز شد اما تاسیس یک سازمان برای استاندارد کردن کالاها در ایران از سال ۱۳۳۲ مورد توجه رسمی دولت واقع گردید. در تاریخ دوم اردیبهشت ماه همان سال، موافقت نامه ای بین وزیر اقتصاد ملی و مدیر عامل سازمان برنامه و هیت مدیره عملیات اقتصادی آمریکا در ایران به امضاء رسید که به عنوان پروژه ۳۸ اصل۴ نامیده شد. در موافقت نامه فوق افزایش در صادرات کشور از طریق تاسیس یک آزمایشگاه به منظور تعیین استاندارد کالاهای صادراتی پیش بینی شده بود. بعد ها به موجب اصلاحیه هایی که به این پروژه افزوده شد، وظایف دیگری نیز برای پروژه تعیین گردید که عبارت بودند از تاسیس اداره استاندارد ایران با وظایف آزمایش کالاها، تعیین استانداردها و بازرسی بر طبق استاندارد و صدور گواهی مطابقت با استاندارد برای هر یک از کالاها. از آغاز سال ۱۳۳۳ مقدمات ساختمان سازی و تاسیس اداره استاندارد ایران فراهم شد و در هفتم تیر ماه ۱۳۳۸ عنوان آن به موسسه استاندارد تغییر یافت. در سال ۱۳۴۴ به هنگام تصویب اساسنامه موسسه، عبارت "تحقیقات صنعتی" نیز به نام موسسه استاندارد افزوده شد. جالب توجه اینکه نخستین بار در سال ۱۳۴۵ علامت استاندارد ایران روی کالاهای ایرانی مشاهده شد. در این سال دو شرکت ایرانی سازنده کاشی و بیسکویت موفق به دریافت نشان استاندارد شدند. در دی ماه ۱۳۴۹ طبق قانون، موارد الحاقی به قانون موسسه استاندارد که به تصویب قوه مقننه رسیده بود، به موسسه ابلاغ گردید که به

موجب این مواد موسسه استاندارد می توانست اجرای استاندارد فرآورده هایی را که از نظر ایمنی یا حفظ سلامت عمومی حائز اهمیت می باشند به منظور حمایت از مصرف کننده اجباری اعلام نماید. درحال حاضر از بین بیش از ۱۴۰۰۰ استاندارد ملی تدوین شده حدود ۶۰۰ مورد شامل استاندارد اجباری است. (تا فروردین ماه ۱۳۸۹)

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از سال ۱۹۶۰ به عضویت سازمان ایزو درآمده و از اعضای فعال آن سازمان می‌باشد. پیش از ۱۳۵۷ سه بار و پس از انقلاب اسلامی در سال ۱۳۸۳(۲۰۰۴) یک دوره عضویت شورا را احراز کرده است. پیش از ۱۳۵۷ رئیس مؤسسه نیز یک دوره نایب رئیس سازمان ایزو بوده است. دبیرخانه‌های کمیته‌های فنی زیر در مؤسسه استاندارد ایران مستقر می‌باشد:

کمیته فنی ۹۱ – شوینده ها (مواد فعال سطحی)

کمیته فنی ۱۲۲ – بسته بندی، دبیرخانه این کمیته به صورت مشارکتی توسط ایران و ژاپن اداره می شود.

کمیته فنی ۱۳۴ – حاصلخیزکننده های خاک (کودهای شیمیایی)

کمیته فنی ۲۱۷ – فرآورده های آرایشی

از دیگر فعالیتهای موسسه استاندارد در کمیته های بین المللی می توان به ریاست گروه کاری شماره ۱۱(زبانهای پارسی و عربی) و عضویت در گروه کاری روشهای آزمون میکروبیولوژی کاغذ و مقوا اشاره کرد. مؤسسه در حال حاضر در بیش از ۳۰۷ کمیته فنی و فرعی و ۳ کمیته اجرایی عضو فعال می‌باشد. ضمناً به منظور پاسخگویی به مدارک سازمان ایزو و نیز مشارکت فعال در تدوین استانداردهای بین المللی، مؤسسات استاندارد از جمله مؤسسه استاندارد ایران کمیته‌های متناظر با کمیته‌های فنی ایزو تشکیل داده اند. استانداردهای ملی ایران به رایگان از وبسایت موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به آدرس www.isiri.org قابل دریافت است.

نشان استاندارد ایران

نشان استاندارد ایران دارای یک کادر اصلی می باشد که به صورت S لاتین است و می تواند هم گویای واژه safety (ایمنی) و هم علامت اختصاری استاندارد (Standard) باشد. طرحهای داخل کادر نیز به نحوی با موضوع کاربرد ارتباط دارند و طرح داخل علامت اصلی واژه " ایران" است و در صورتیکه نشان وارونه شود حروف اختصاری موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به زبان انگلیسی (ISIRI) مشاهده می گردد. این نشان توسط گرافیست معاصر کشورمان روانشاد مرتضی ممیز طراحی شده است.

تفاوت کد و استاندارد

برخی موارد به واژه کد (code) بر می خوریم. کد که برگردان آن به فارسی آیین نامه است، دارای الزامات قانونی (force of law) است همانند آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله در مبحث ساختمان که در صورت اجرا نشدن آن پایان کار ساختمان داده نمی شود. در واقع می توان کد را نوعی از قانون در نظر گرفت. در ایالات متحده، AWS D1.1 یا ASME B & PVC از نمونه های پر کاربرد کدها هستند. اجرای استانداردها داوطلبانه است و تنها زمانی اجرای استاندارد الزامی می گردد که یا آن استاندارد به عنوان بخشی از یک قرارداد آمده باشد و یا به عنوان بخشی از یک دستور العمل قانونی ذکر گردد. البته باید دقت داشت که کد فقط در ایالات متحده امریکا اجباری است و در سایر کشورها در صورتی که در قرارداد یا مراجع قانونی الزام نشده باشد با آن همانند استاندارد رفتار می شود. اما اینکه چرا ASME B & PVC که Sec. IX نیز بخشی از آن است به صورت کد در نظر گرفته شده است داستانی تاریخی دارد و مربوط به انفجار بویلرها و تلفات انسانی بسیار زیاد آن بوده است. (بین سالهای ۱۸۹۸ تا ۱۹۰۵ تعداد ۳۶۱۲ بویلر منفجر شد یعنی به طور میانگین روزی یک انفجار و در این حوادث حدود ۷۶۰۰ تن جان باختند) نخستین قوانین مربوط

به طراحی بویلر در ایالت ماساچوست در سال ۱۹۰۷ نوشته و اجباری شد. Sec. I در ۱۹۱۴ منتشر گردید و به دنبال آن سایر بخشهای B & PVC منتشر شدند که Sec. IX در ۱۹۳۷ نخستین بار به عنوان بخشی از Sec. VIII و سپس در ۱۹۴۱ به صورت مستقل منتشر گردید. شایان گفتن است واژه های دیگری نظیر specification و guide وRP و ... نیز در کاربردهای مهندسی وجود دارند که علاقه مندان می توانند برای مطالعه بیشتر به مراجعی مانند AWS D1.1 CCRM یا AWS WHB-5 یا پیشگفتار Sec. IX مراجعه نمایند.

واژگان مهم و متداول در استانداردها

خواندن و درک کدها و استانداردها (یا مشخصات فنی) به زبان انگلیسی بدون داشتن درک صحیحی از واژگان و تعاریف اصلی و متداول در استانداردها (ترمینولوژی) کار آسانی نیست. فهمیدن این واژگان به قدری در درک استاندارد و در نهایت بکار بستن آن در پروژه ها مهم و پر اهمیت است که نادیده گرفتن آن در بسیاری اوقات می تواند صدماتی را چه از لحاظ کیفیت و چه از لحاظ قراردادی به پروژه وارد سازد.

متداول ترین این واژگان افعال کمکی (معین) همچون shall، should، may و یا استفاده از افعالی همچون prefered، required و recommended می باشد.

در این بخش سعی می شود با مثال هایی به درک صحیح و روشنی از این افعال برسیم.

shall: این فعل کمکی اشاره به الزام یا requirement دارد. هر جا که از shall استفاده شود، بند مربوطه باید به عنوان یک الزام در نظر گرفته شود. فعل معادل آن required می باشد.

should: این فعل کمکی در جایی استفاده می شود که موضوعی توسط استاندارد توصیه شود. در نتیجه معادل recommended است و در واقع الزام آور نمی باشد.

may: هنگام استفاده از این فعل کمکی معمولا اختیار با استفاده کننده از استاندارد است و حتی ممکن است چندین انتخاب ارائه شود.

Prefered: الزام آور نیست و فقط به نوعی ترجیح دادن است و از نظر استاندارد توصیه محسوب می شود.

در بعضی از استانداردها به واژگانی همچون mandatory و non mandatory اشاره می شود. مثل پیوستهای استانداردها یا کدهای ASME که به دو بخش mandatory و non mandatory تقسیم بندی می شود. mandatory اشاره به الزام و در مثال اخیر پیوستهای الزامی و non mandatory اشاره به غیرالزامی (توصیه ای) در استانداردها دارد. همچنین در استانداردهای ASTM یا ASME بخش انتهایی استاندارد شامل بخشی بنام Supplementary requirement (یا به اختصار SR) می باشد که به معنای الزامات تکمیلی (متمم) بوده و در واقع زمانی الزام آور هستند که در قرارداد خرید (بین فروشنده و خریدار) توافق شده باشد.

بایسته است در ترجمه استانداردها نیز هنگام استفاده از این واژگان به درستی موضوع بیان گردد. می توان بجای Shall از باید و بجای should از توصیه می شود، استفاده نمود.

از استاندارد کالا تا استاندارد خندیدن!

از نگاه عوام استاندارد فقط مربوط به کالاها و یا حداکثر خدمات است. این در حالیست که استاندارد امروزه معنایی عمیق‌تر پیدا کرده و حتی فرآیندهایی که لزوما خدمت نیز نیستند، دارای استاندارد شده‌اند. کار حتی به جایی رسیده که بحث تدوین استاندارد خدمات اجتماعی نیز مطرح شده است. در صورت ادامه روند فعلی پر بی‌راه نیست اگر بگوییم در آینده نزدیک احتمالا استاندارد اخلاق اجتماعی نیز تدوین خواهد شد و مثلا استاندارد راه رفتن و شاید هم استاندارد خندیدن و گریه کردن!

شاید زمانی که سال‌ها پیش دکتر حسابی برای نخستین بار سنگ بنای موسسه استاندارد را از طریق ایجاد مرکز اندازه‌شناسی و اوزان و مقیاس‌ها در ایران بنا نهاد، این مرد بزرگ رویایش این بود که استاندارد و مفهوم استاندارد در جای جای این مملکت رسوخ کرده و به فرهنگی نهادینه تبدیل شود. با این وجود باید از خودمان بپرسیم که تاکنون چقدر در زمینه مسائل مربوط به استاندارد پیشرفت کرده‌ایم.

اگر بگوییم ساختمان سازمان ملی استاندارد (گفتنی است براساس مصوبه مورخ ۱۳۹۰/۷/۲۴ شورای عالی اداری کشور، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از مجموعه وزارت صنعت، معدن و تجارت منتزع و به صورت یک سازمان مستقل تحت پوشش ریاست جمهوری با عنوان سازمان ملی استاندارد ایران قرار گرفته است) واقع در ضلع جنوبی میدان ونک تهران و چندین ساختمان بزرگ و کوچک استانی و پژوهشگاه آن متصدی کل امور مربوط به استاندارد ایران وسیع و پرجمعیت هستند، شاید حرف چندان درستی نباشد چه اگر کلیه امور مربوط به استاندارد وظیفه تنها یک سازمان بود، باید سازمانی شاید حتی معادل یک وزارتخانه برای این کار در نظر گرفته می‌شد. امروزه مفهوم استاندارد به قدری در جهان گسترش یافته است که مسائل مربوط به آن به همه سازمان‌ها و نهادها و شرکت‌های دولتی و غیردولتی مربوط است؛ به طوری که در بسیاری از سازمان‌ها و شرکت‌ها بخشی به نام کنترل کیفیت ایجاد شده است. این نشان می‌دهد که شرکت‌ها و سازمان‌های حرفه‌ای در دنیای امروز به اهمیت بحث استاندارد کاملا پی برده‌اند .

از سوی دیگر غافل شدن از نقش و جایگاه موسسه استاندارد نیز چندان درست نیست. موسسه ای که شاید نام آن موسسه یا سازمان باشد، اما اختیارات و حیطه وظایف آن بسیار گسترده بوده و حتی از برخی از وزارتخانه‌های کنونی نیز بیشتر است.

مراجع

۱- جمشید قضاتی مصلح آبادی،استاندارد در قطعات و مواد، انتشارات آزاده، چاپ اول، ۱۳۷۹

۲- فرزین انتصاریان، جایگاه استاندارد سازی از ابتدا تا امروز، فصلنامه کیفیت و مدیریت، بهار و تابستان ۱۳۸۴

۳- آزیتا اشرف جهانی،استاندارد چیست؟، مجله اطلاعات علمی، سال هفدهم، شماره ۱۲، مهر ۱۳۸۲

۴- مرتضی رحمانیان، ایزو و استانداردهای خوردگی، فصلنامه زنگ، سال اول، شماره ۲، تابستان ۱۳۷۹

۵-راهنمای استاندارد ملی ایران،انتشارات راهنمای همشهری، بهار ۱۳۸۳

۶- استاندارد و استاندارد کردن، انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران، چاپ اول، ۱۳۷۹

۷- محمدجواد به‌آبادی، خبرگزاری دانشجویان ایران(ایسنا)، از استاندارد کالا تا استاندارد خندیدن ، کد خبر: ۸۸۰۴-۰۸۷۳۱، بیستم تیرماه ۱۳۸۸

۸- روزنامه ایران، ۱۱ فروردین ۱۳۸۹

۹- رضا جابریان و حسن بیگلری، سازمان بین المللی استاندارد- کمیته های فنی- کمیته های متناظر، از انتشارات سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مهر ۱۳۸۹

۱۰- فهرست استانداردهای ملی ایران(۱۳۸۹)، نشر سازمان استاندارد، بهار ۱۳۹۰

اصول سختی سنجی مواد و کاربردهای آن

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در " مجله دانشمند، سال چهل و نهم، شماره ۶ (پیاپی ۵۷۵)، شهریور۱۳۹۰" به چاپ رسیده است.

واژه های کلیدی: سختی، سختی سنجی، برینل، ویکرز، راکول، آزمون

پیشگفتار

آزمون بخش اساسی هر فعالیت مهندسی است. در بسیاری از مراحل فرآیند پیچیده تولید مواد مهندسی از شکل دادن این مواد و ساخت قطعه گرفته تا در اتصال این قطعات و ایجاد یک فرآورده مهندسی، بازرسی و آزمون انجام می شود. نیاز به آزمون با پایان یافتن تولید از بین نمی رود و لازم است محصول در طول عمر کاریش مورد بازبینی و آزمون قرار گیرد تا تغییرات احتمالی ایجاد شده در آن مانند آسیبهای مربوط به خوردگی و خستگی مشخص گردد.

انواع آزمونهای مورد استفاده را می توان به دو دسته کلی: الف) آزمونهای تعیین خواص مواد و ب) آزمونهای تعیین درستی مواد یا قطعات جای داد. آزمونهای دسته اول عموما مخرب بوده و روی نمونه های مواد انجام می شوند اما آزمونهای دسته دوم عموما ماهیت غیر مخرب دارند.

دامنه خواص قابل بررسی در مواد بسیار گسترده است؛ از میان اینها می توان به بدست آوردن استحکام تسلیم، استحکام کششی، فشاری و برشی در دمای محیط و دیگر دماها، اندازه گیری سفتی، سختی و استحکام ضربه ای، بررسی ریز ساختار، محاسبه و بررسی خواص تابع زمان مانند پدیده های خستگی، خزش، مقاومت به اکسید شدن، مقاومت به انواع خوردگی و ... را نام برد. ارزیابی تمام این خواص برای هر ماده بسیار وقت گیر و پرهزینه است و مهندس باید مشخص کند کدام ویژگی ها برای کاربرد مورد نظر دارای اهمیت هستند.

در این نوشتار تلاش بر این است تا ضمن معرفی سختی، به جنبه های مختلف آزمون سختی سنجی که روشی در دسترس، سریع، ارزان و بسیار پرکاربرد برای بررسی خواص مواد و نیز بازرسی و آزمون قطعات است، پرداخته شده و انواع سختی سنجی، روشهای انجام آزمون و نکات عملی مرتبط با آن، معرفی شوند.

مفهوم سختی

هر یک از ما از دوران کودکی با واژه سختی آشنا بوده‌ایم و به آن به عنوان موضوع ساده‌ای نگاه می‌کردیم. اگر از دوستانمان بخواهیم که سختی را تعریف کنند، بعضی‌ها ماده‌ای را سخت می‌دانند که در مقابل سایش مقاوم باشد و بعضی دیگر مقاومت در مقابل خمش و نفوذ را معیار سختی می‌دانند. از سوی دیگر گروهی ماده ای را سخت می‌دانند که بتواند مواد دیگر را در اثر ضربه بشکند و یا روی آن خراش ایجاد کند. به این ترتیب از پاسخهای گوناگونی که دریافت می‌کنیم در می یابیم که تعاریف متفاوتی نسبت به سختی مواد وجود دارد.

سختی ویژگی ذاتی و بنیادی یک ماده نیست. برای واژه سختی می توان بیش از یک معنی در نظر گرفت؛ می توان آن را مقاومت ماده در برابر سایش یا مقاومت در مقابل تغییر شکل مومسان(تغییر فرم دائمی یا پلاستیک) موضعی، دانست. روشهای گوناگون آزمون سختی سنجی بر اندازه گیری یکی از این دو ویژگی ماده استوار است؛ البته انواع آزمونهایی که بیانگر تغییر شکل مومسان موضعی هستند را فقط می توان برای موادی به کار برد که قابلیت تغییر شکل مومسان داشته باشند یعنی فلزات و پلاستیکهای گرمانرم(ترمو پلاست). این آزمونها از نوع نفوذی هستند و ممکن است استاتیک(ایستا) یا دینامیک(پویا) باشند. در آزمونهای فروکردنی استاتیک که متداولتر هستند، حفره ای با استفاده از نیرویی معین در قطعه ایجاد شده و ابعادش اندازه گیری می شود. هر چه حفره ایجاد شده در شرایط استاندارد، بزرگتر باشد، ماده نرمتر است و برعکس. در آزمونهای نفوذی دینامیک، پرتابه ای که آزادانه رها می شود به سطح ماده برخورد می کند. بخشی از انرژی پرتابه برخورد کننده صرف تغییر شکل مومسان ماده شده و باقیمانده آن موجب برگشتن وزنه از سطح می شود. ماده سخت انرژی زیادی جذب نمی کند زیرا تغییر شکل مومسان آن چشمگیر نیست، در نتیجه پرتابه تا ارتفاع بیشتری بر می گردد. این آزمون علاوه بر برخی فلزات، برای ارزیابی گروه دیگری از مواد، که معمولا خیلی سخت تلقی نمی شوند یعنی لاستیکها به کار می روند. هنگامی که پرتابه با لاستیک برخورد می کند، آهنگ بازیافت بسیار سریع کرنش کشسان موجب زیاد شدن ارتفاع بازگشت پرتابه می شود. بر خلاف این تناقض ظاهری، که ارتفاع بازگشت پرتابه برای یک ماده نرم زیاد است و به معنی سختی بالا می باشد، این آزمون با موفقیت برای تعیین خواص مواد لاستیک گونه به کار می رود.

آزمونهای سختی سنجی از نوع فروکردنی به مقیاس وسیعی برای بررسی نمونه های فلزی به کار می روند. گفتنی است نتایج سختی سنجی می تواند شاخصی از استحکام فلز نیز باشد زیرا رابطه های تجربی فرموله شده ای بین مقادیر سختی و استحکام کششی در مورد برخی فلزات وجود دارد. افزون بر اینها، نتایج سختی می تواند روش مناسبی برای بررسی میزان تاثیر عملیات حرارتی باشد.

آزمونهای نفوذی استاتیک

در تمام آزمونهای نفوذی استاتیک، نوعی فرو رونده تحت اثر نیروی خارجی به سطح نمونه مورد آزمایش فرو برده می شود. فرو رونده موجب تغییر شکل موضعی ماده می شود. بخشی از تغییر شکل ماده در اثر اعمال نیرو، کشسان و بخش دیگری از آن مومسان است. پس از برداشتن نیرو، کرنش کشسان ایجاد شده در ماده برطرف می شود ولی کرنش مومسان برجای مانده و اثری دائمی روی سطح قطعه باقی می گذارد. یکی از ابعاد این فرورفتگی(عمق یا طول) اندازه گیری شده و برای تعیین عدد سختی به کار می رود. اندازه فرورفتگی یعنی مقدار کرنش مومسان با ذات ماده مورد آزمایش، اندازه و نوع فرورونده و همچنین مقدار نیروی وارد شده تغییر می کند. نکته مهم این است که باید عمق فرورفتگی در مقایسه با ضخامت قطعه مورد آزمایش کوچک باشد در غیر اینصورت ممکن است ناحیه تغییر شکل کشسان و حتی ناحیه تغییر شکل مومسان از تمام عمق قطعه گذشته و با میز دستگاه وارد عمل شده و در نهایت منجر به عدد سختی نادرست گردد. به عنوان یک قاعده کلی، عمق حفره ایجاد شده نباید از یک هشتم ضخامت نمونه مورد آزمایش تجاوز کند. به همین ترتیب محل ایجاد فرورفتگی نباید نزدیک لبه نمونه یا نزدیک یک فرورفتگی دیگر باشد چرا که در این حالت نیز جواب نادرست خواهد بود.

بسیاری از آلیاژهای فلزی ساختار همگن ندارند و ممکن است با یکبار اندازه گیری سختی، نتیجه ای که بیانگر خاصیت کل ماده باشد به دست نیاید؛ بنابراین اندازه گیری باید در چند نوبت انجام شود. غالبا آزمایش را حداقل ۳ بار انجام می دهند. اگر نتیجه این سه آزمون به قدر کافی به هم نزدیک نباشد، باید آزمونهای بیشتری انجام داد. بعضی آلیاژها شامل دو فاز نرم و سخت هستند و ایجاد فرورفتگیهای کوچک ممکن است منجر به وجود پراکندگی زیاد در نتایج آزمون گردد. به طور کلی هر چه فرورفتگی وسیعتر و عمق آن بیشتر باشد نتیجه آزمایش به میانگین سختی ماده نزدیکتر است. البته ممکن است در بعضی موارد، ایجاد فرو رفتگی عمیق غیر عملی یا نامعقول باشد. اگر ماده به شکل یک قطعه نازک یا بسیار کوچک باشد، ایجاد فرورفتگی عمیق غیر عملی است، همچنین اگر هدف تعیین سختی پوسته یک قطعه سخت شده پوسته ای (سخت شده با عملیات سخت گردانی سطحی) باشد، تنها ایجاد فرورفتگیهای کوچک می تواند مفهوم داشته باشد.

راکول[۱]، برینل[۲]، نوپ[۳] و ویکرز[۴] روش هایی هستند که غالبا برای تعیین سختی استفاده می شوند. اصل بنیادی به کار گرفته شده در تمام این آزمایشها، مجموعه نیرو هایی هستند که به یک فرورونده به منظور تعیین مقاومت ماده در برابر نفوذ، اعمال می شوند. اگر ماده سخت باشد، فرورفتگی ای کوچک و کم عمق حاصل می شود در حالی که اگر ماده نرم باشد، فرورفتگی ای کاملا بزرگ و عمیق حاصل خواهد شد. این آزمایشها اغلب بر اساس یکی از دو عبارت زیر دسته بندی می شوند :

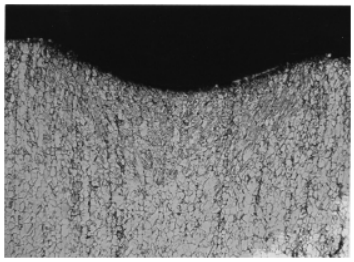
۱- اندازه نیروی اعمالی در آزمایش ۲- روش اندازه گیری استفاده شده

آزمایش ماکرو به آزمایشی اطلاق می شود که در آن نیرویی بیش از ۱ کیلوگرم اعمال شود و در حالت مشابه آزمایش میکرو (میکرو سختی- ریز سختی-سختی سنجی میکرو) به آزمایشی گفته می شود که نیرویی کمتر از ۱ کیلوگرم اعمال شود. آزمایشگر های راکول و برینل در دسته آزمایشهای ماکرو قرار می گیرند در حالی که آزمایشگر های نوپ برای ریز سختی سنجی(میکرو سختی) استفاده می شوند و آزمایشگر های ویکرز ، هم برای ماکرو و هم برای میکرو بکار گرفته می شوند. روش های اندازه گیری موجود شامل مشاهده بصری فرورفتگی یا عمق سنجی می شود. آزمایشگر های راکول قادر به تعیین عمق فرورفتگی هستند در حالی که آزمایشگر های برینل، نوپ و ویکرز نیاز به قطرسنجی فرورفتگی دارند.

هنگام سختی سنجی باید توجه داشت سطحی که سختی آن اندازه گیری می شود، بر خط نیروی فرو رونده عمود بوده و موقعیت نمونه به گونه ای باشد که هنگام آزمایش حرکت نکند. در سختی سنجی ماکرو، معمولا یک سطح خوب سنگ زده شده کافی است و لازم است هر گونه پوسته، زنگ زدگی و آلودگی از سطح آن زدوده شود. در سختی سنجی میکرو سطح نمونه باید پرداخت بسیار خوب داشته باشد. گفتنی است نتایج آزمونهای سختی سنجی میکرو عموما کمتر از نتایج حاصل از فرورفتگیهای بزرگتر قابل اعتمادند. معمولا نتایج این آزمایشها سختی بالاتری را نشان می دهند.

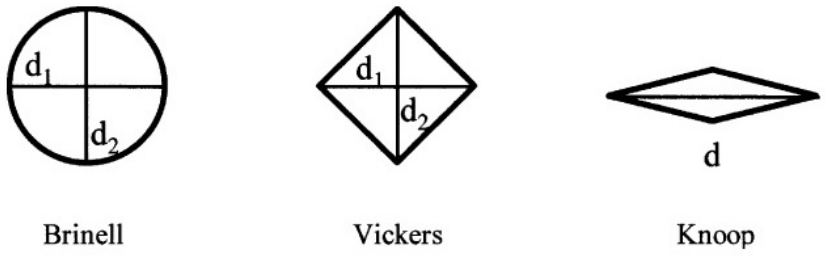
اصول کار

وقتی نیرو از طریق تماس با فرورونده به نمونه وارد می شود، نمونه تسلیم می شود. پس از اینکه نیرو برداشته شد، ترمیم شکل اندکی در ناحیه پلاستیکی در خلاف جهت جریان اولیه اما بیش از یک حجم کوچک انتظار می رود. پس از برداشتن نیرو به دلیل اینکه ترمیم پلاستیکی بطور کامل انجام نمی شود، تنش های دو محوری پسماند، در صفحاتی موازی با صفحات آزاد و بدون تنش، باقی می ماند. مقدار سختی با توجه به میزان تغییر فرم دائمی یا جریان پلاستیک ماده بر اثر نیروی وارده، محاسبه می شود. کمیت تغییر فرم بر مبنای سطح یا عمق فرورفتگی معین می شود. روابط عددی با هم نسبت عکس دارند از این رو با افزایش اندازه و عمق فرورفتگی ، مقدار سختی کاهش می یابد.



شکل ۱. تغییر فرم و سیلان ماده حاصل از فرورفتگی در یک نمونه برنجی. بزرگنمایی ۱۰۰ برابر

شکل ۱، تنش و جریان را که در ناحیه اطراف فرورفتگی مشاهده می شود، نشان می دهد. مقادیر سختی تنها اگر تحت آزمایش یکسان قرار بگیرند، می توانند بطور مستقیم مقایسه شوند چرا که هندسه فرورونده و نیروی اعمالی نتیجه آزمایش را تحت تاثیر قرار می دهند. برای هر یک از انواع آزمون سختی بکار گرفته شده، از یک معادله مجزا برای تبدیل ابعاد، عمق، یا قطر اندازه گیری شده، به مقدار سختی استفاده می شود.(تصاویر شکل شماره ۲)



شکل ۲. مقادیر سختی بر اساس قطر فرورفتگی (d) که برای آزمونهای مختلف بطور متفاوت اندازه گیری می شود، محاسبه می شوند.

آزمون سختی برینل

اولین آزمون سختی استاندارد شده از نوع نفوذی که با استقبال گسترده ای همراه بود، توسط یک مهندس مکانیک سوئدی به نام یوهان آگوست برینل در سال ۱۹۰۰ ارائه شد. این آزمون را می توان بر اساس **EN ISO 6506-1** یا **ASTM E 10** انجام داد. استاندارد ملی انجام این آزمون نیز ۱-۷۸۰۹ است که در سال ۱۳۸۳ منتشر شده است.(استانداردهای ملی ایران به رایگان از وبسایت موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به آدرس **www.isiri.org** قابل دریافت است) آزمون سختی برینل از ایجاد فرورفتگی در سطح فلز بوسیله یک گلوله (به آن گوی یا ساچمه هم گفته می شود) با قطر ۱۰ میلیمتر تحت اثر نیروی ۳۰۰۰ کیلوگرم نیرو که به مدت ۱۰ تا ۱۵ ثانیه روی نمونه اعمال می شود، استفاده می کند. (۳۰۰۰ کیلوگرم نیرو برای فولاد و چدن مناسب است و برای فلزات و آلیاژهای نرمتر غیر آهنی از نیروهای کمتر استفاده می گردد) قطر فرورفتگی پس از برداشته شدن نیرو بوسیله میکروسکوپ مدرج اندازه گیری می شود. سپس میانگین قطرهای عمود بر هم فرورفتگی را باید به دست آورد. اگر فرورونده فولادی باشد، نماد **HBS** یا **HB** به کار می رود و در صورت استفاده از فرو رونده با جنس کاربید تنگستن از نماد **HBW** برای نمایش سختی بهره می گیرند. عدد سختی برینل از تقسیم نیروی اعمالی بر مساحت سطح فرورفتگی بدست می آید که بیان فرمولی آن، بصورت زیر است :

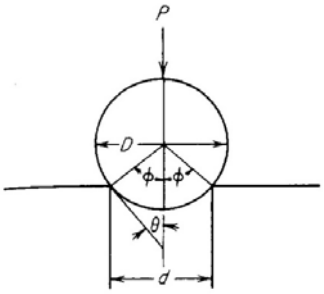
$$\textbf{HB or HBS or HBW} = \frac{2F}{\pi D\left(D-\sqrt{D^2-d^2}\right)} = \frac{F}{\pi Dt}$$

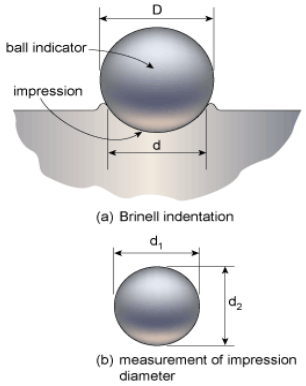
که در آن **F** نیروی اعمال شده بر حسب کیلوگرم نیرو و **D** قطر گلوله بر حسب میلیمتر و **d** قطر فرورفتگی بر حسب میلیمتر و **t** عمق فرورفتگی بر حسب میلیمتر است(اگر بخواهیم با سیستم **SI** کار کنیم یعنی نیرو را با واحد نیوتن محاسبه کنیم فقط لازم است کسر را در عدد **0.102** ضرب کنیم). با جایگذاری مقدار **d** با زوایای شکل ۳ در رابطه اولی ، بیان دیگری از عدد سختی برینل بدست می آید:

$$\textbf{HB or HBS or HBW} = \frac{2F}{\pi D^2\left(1-Cos\varphi\right)}$$

به منظور بدست آوردن مقدار قبلی سختی بوسیله نیرو یا قطر گلوله غیراستاندارد، لازم است که فرورفتگی های با شکل هندسی مشابه ایجاد کنیم. رابطه دوم نشان می دهد که میزان نیرو و قطر گلوله باید در نسبت های زیر تغییر کنند :

$$\frac{F_1}{D_1^{\,2}} = \frac{F_2}{D_2^{\,2}}$$





شکل۳ پارامترهای اصلی آزمون برینل و تصویر ابداع کننده این روش

در مجموع می توان گفت آزمون سختی سنجی به روش برینل چند اشکال دارد؛ نخست آنکه فرورفتگی های ایجاد شده توسط یک فرورونده کروی از نظر شکل هندسی مشابه هم نیستند. به عبارت دیگر دو فرورفتگی عمیق و کم عمق که با دو نیروی متفاوت ایجاد می شوند دارای الگوی سیلان متفاوت بوده و بنابراین عدد سختی حاصل از آزمون برینل، مستقل از نیروی وارد شده نیست. یعنی اگر دو آزمایش سختی برینل با دو نیروی متفاوت روی یک ماده انجام شود، عدد سختی حاصل از نیروی زیادتر با عدد سختی حاصل از نیروی کمتر، متفاوت است. به همین دلیل برخی استانداردها (مثلا **BS 240** یا **ISO 6506**) مقادیر پیشنهادی **F/D^2** را برای مواد مختلف ارائه داده اند. این نسبت برای انواع فولاد و چدن ۳۰، برای آلیاژهای مس و آلومینیوم ۱۰ و برای سرب و قلع عدد ۱ پیشنهاد شده است.

نکته دیگر در مورد این آزمون این است که در یک فرورفتگی کم عمق، قطر **d** در مقایسه با قطر **D** کوچک است. زاویه بین سطح نمونه و مماس بر گلوله بسیار کوچک بوده و مرز فرورفتگی به خوبی زیر میکروسکوپ قابل تشخیص نبوده و نمی توان قطر فرورفتگی را به دقت اندازه گرفت. از سوی دیگر در یک فرورفتگی عمیق، حدود حفره به خوبی مشخص است، ولی با اینکه می توان قطر را به دقت اندازه گیری کرد، افزایش چشمگیر عمق حفره(ودر نتیجه سطح تماس) موجب افزایش زیادی در **d** نمی شود. این امر نیز به نوبه خود موجب کاهش دقت اندازه گیری سختی می شود. به این دلایل، مقادیر دقیق سختی برینل فقط در صورتی به دست می آید که قطر فرورفتگی(**d**) در محدوده **0.25D** و **0.5D** باشد.

شایان ذکر است مقادیر سختی برینل و سختی ویکرز تا سختی ۳۰۰ با هم قابل مقایسه هستند ولی برای مقادیر سختی بالاتر، تفاوت بین اعداد بدست آمده از دو روش آزمون، برای یک ماده یکسان، زیادتر می شود.

با وجود نقاط ضعف اشاره شده، آزمون سختی برینل هنوز به طور گسترده به کار می رود. در صورت استفاده از فرو رونده ۱۰ میلیمتری، حفره ایجاد شده بزرگ بوده و در نتیجه عدد سختی می تواند بیانگر سختی میانگین ماده باشد. از آن سو معمولا وجود یک حفره عمیق، نامطلوب است. برای حل این مشکل، دستگاه های سختی سنج، فرورونده های ۱ و ۲ میلیمتری نیز دارند. به یاد داشته باشیم بدون توجه به اندازه فرورونده هنوز رعایت نسبتهای **F/D^2** ضروری است.

Material	Hardness
Softwood (e.g., pine)	**1.6**
Hardwood	**2.6–7.0**
Aluminum	**15**
Copper	**35**
Mild steel	**120**
18-8 (304) stainless steel annealed	**200**
Glass	**1550**
Hardened tool steel	**1500–1900**
Rhenium diboride	**4600**

جدول۱. سختی مواد مختلف در مقیاس برینل

نکات انجام آزمون برینل و روش گزارش دهی نتایج

اگر فرو رونده (گلوله) فولادی باشد، این آزمون برای موادی با سختی بالاتر از ۴۵۰ برینل نباید انجام شود زیرا گلوله تغییر شکل می دهد. برای مواد سخت باید از گلوله با جنس کاربید تنگستن استفاده کرد.

سطح آزمونه[۵] باید کاملا صاف(صیقلی) و عاری از هر گونه آلودگی نظیر پوسته اکسیدی ، مواد خارجی و بویژه مواد روغنی باشد(به جز مواردی که در استاندارد محصول ذکر شده باشد). آماده سازی نمونه باید طوری انجام شود که انتهای قطر اثر سختی به روشنی قابل تشخیص باشند. در ضمن هنگام آماده سازی دقت شود از ایجاد هر گونه تغییر در سختی سطح فلز تا حد امکان جلوگیری شود بعنوان مثال سطح آزمونه گرم نشده یا کار سخت نگردد.

ضخامت آزمونه نباید کمتر از ۱۰ برابر عمق فرو رفتگی باشد.(مقادیر حداقل ضخامت آزمونه که متناسب با قطر متوسط فرو رفتگی است در پیوست ب استاندارد ملی ایران (۱-۷۸۰۹) و نیز پیوست استاندارد **ISO 6506-1** آمده است در ضمن برای دیدن ارتباط نیروی آزمون و ضخامت آزمونه می توان به جدول ۵ استاندارد **ASTM E 10** مراجعه کرد) همچنین پس از آزمون هیچگونه تغییر شکلی در پشت آزمونه نباید مشاهده گردد. در مورد نمونه هایی که دارای مقطع کوچک و یا شکل نامنظم هستند باید از نگهدارنده مناسب استفاده نمود. در این حالتها اگر از قالبگیری یا مانت قطعه در رزینهای مخصوص استفاده شود باید نوع مانت به گونه ای باشد که بر اثر اعمال نیروی فرورونده تغییر شکل ندهد. عموما آزمون در دمای محیط در محدوده ۱۰ تا ۳۵ درجه سانتیگراد انجام می شود.

باید دقت گردد که آماده سازی یا مانت طوری باشد که سطح نمونه عمود بر محور فرو رونده گردد(با رواداری±۱ درجه). آزمونه روی تکیه گاه دستگاه قرار می گیرد. باید دقت شود سطح تکیه گاه عاری از مواد خارجی نظیر پوسته، روغن، براده و غیره باشد. این نکته بسیار مهم است که آزمونه بطور محکم و ثابت بر روی تکیه گاه قرار داده شود تا ضمن آزمون جابجا نگردد. توسط اهرم دستگاه نمونه بالا آورده می شود تا فرو رونده در تماس با سطح آزمونه قرار گرفته سپس با فشار دادن دکمه **start** نیرو بر روی نمونه اعمال می شود. باید توجه داشت که در حین اعمال نیرو نباید به دستگاه ضربه وارد شود یا تحت لرزش باشد. اهرم سندان در جهت معکوس پایین آورده شده و نمونه جهت خواندن قطر اثر به زیر میکروسکوپ دستگاه منتقل می‌شود. سعی شود تا حد امکان اثر سختی در مرکز میکروسکوپ باشد. عمل فوکاس کردن توسط اهرم سندان صورت می گیرد. دو تیغه درون چشمی میکروسکوپ تعبیه شده اند. تیغه ها طوری تنظیم می شوند که درست بر لبه های فرورفتگی منطبق شوند. فاصله بین دو تیغه از روی اندازه خوان عددی متصل به چشمی خوانده می شود. همین کار در جهت عمود دیگر انجام می شود و میانگین دو عدد محاسبه می گردد. این عدد، عدد چشمی نام دارد که با استفاده از جدول موجود در کاتالوگ دستگاه یا استاندارد مربوطه، عدد چشمی به عدد سختی برینل تبدیل می گردد. اینکار بین ۳ تا ۵ بار تکرار گردیده و میانگین گرفته می شود. فاصله مرکز هر فرو رفتگی از لبه آزمونه باید حداقل ۲/۵ برابر قطر متوسط فرو رفتگی و فاصله بین مراکز دو فرو رفتگی مجاور باید حداقل ۳ برابر قطر متوسط فرو رفتگی باشد. اگر اندازه دو فرو رفتگی مجاور با هم متفاوت باشد، در مورد رعایت فاصله برای ایجاد فرو رفتگی بعدی می بایست قطر فرو رفتگی بزرگتر را ملاک عمل قرار داد. قبل از انجام هر سری آزمایش و یا هنگامی که از آخرین آزمون ۲۴ ساعت گذشته باشد و نیز پس از تعویض فرورونده، دو عدد اول ثبت شده پس از چنین حالاتی نباید مد نظر قرار گیرند.

درصورتیکه نمونه استوانه ای محدب باشد باید عدد سختی بدست آمده با توجه به ضرایب تصحیح مندرج در جداول استاندارد تصحیح گردد. در مورد سطوح کروی یا مقعر آزمون باید بر اساس آزمونهای مقایسه ای و یا یک توافق ویژه میان درخواست کننده و آزمایشگاه انجام گیرد. در هنگام آزمون نیز بهتر است از نگهدارنده با شیار **V** استفاده شود(شکل ۸ را ببینید).

در مورد مواد ناهمسانگرد[۶] مثلا موادی که کار سرد زیادی روی آنها انجام شده، ممکن است تفاوت میان اندازه قطرهای فرورفتگی مشاهده گردد. در اینحالت جهت نمونه باید عوض شود **(reoriented)** تا قطرهای اثر جدید سختی، تقریبا برابر باشند. (زاویه بین قطرهای فرورفتگی و جهت کار سرد را باید تقریبا ۴۵ درجه اختیار نمود).

سختی برینل بصورت **HBW** نشان داده می شود. زمانی که تحت شرایط استاندارد از گلوله های فولادی استفاده گردد، سختی را بصورت **HB** یا **HBS** نمایش می دهند. پیش از عبارت **HBW** میزان سختی و پس از آن از شاخصهای تکمیلی استفاده می شود که هر یک بیانگر یکی از موارد زیر هستند:

الف) قطر فرورونده بر حسب میلیمتر ب) نشانه ای که بیانگر نیروی آزمون (بار اعمالی) است پ) مدت زمان اعمال نیرو اگر ۱۰ تا ۱۵ ثانیه نباشد.

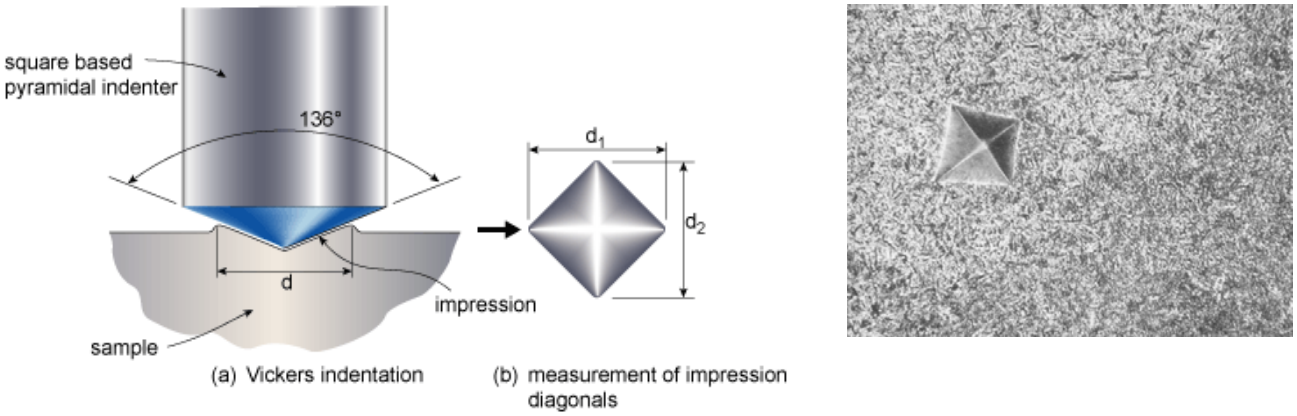
به این ترتیب در صورتی که سختی به صورت **350HBW 5/750** گزارش شده باشد به معنی سختی ۳۵۰ برینل، بدست آمده توسط ساچمه ای با قطر ۵ میلیمتر و نیروی اعمالی ۷۵۰ کیلوگرم نیرو نیرو (۷ کیلو نیوتن) می باشد. از سوی دیگر **600HBW 1/30/20** نشانگر سختی ۶۰۰ برینل بدست آمده توسط ساچمه ای با قطر ۱ میلیمتر و نیروی اعمالی ۳۰ کیلوگرم نیرو نیرو (۲۹۴ نیوتن) برای مدت زمان ۲۰ ثانیه می باشد.

آزمون سختی ویکرز

این آزمایش در سال ۱۹۲۳ توسط اسمیت و ساندلند در شرکت ویکرز لیمیتد انگلستان به عنوان جایگزینی برای سختی برینل توسعه یافت و مورد استفاده قرار گرفت. استانداردهای گوناگونی برای انجام این آزمون وجود دارند که از جمله می توان به **ISO 6507-1** و **EN 23878** یا **ASTM E 92** اشاره کرد. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی کشورمان نیز استاندارد ۱-۷۸۱۰ را به این منظور تدوین کرده است. در این آزمون از یک هرم الماسی مربع القاعده به عنوان فرورونده استفاده می شود. زاویه بین وجوه مقابل هرم ۱۳۶درجه است.(شکل ۴) این زاویه به این خاطر انتخاب شد که به مطلوب ترین نسبت قطر فرورفتگی به قطر گلوله در آزمون سختی برینل نزدیک است. عدد سختی هرم الماسی(**DPH**) یا عدد سختی ویکرز(**VHN**یا **VPH** یا **HV**) [۷] تحت عنوان نیرو تقسیم بر مساحت سطح فرورفتگی تعریف می شود. در آزمایش، این سطح از طریق اندازه گیری میکروسکوپی طول قطرهای فرورفتگی محاسبه شده است. **HV** را می توان از تساوی زیر بدست آورد:

$$HV = \frac{2FSin\frac{\theta}{2}}{d^2} = \frac{1.854F}{d^2}$$

که که در آن **F** نیروی اعمال شده بر حسب کیلوگرم نیرو و **d** میانگین طول اقطار بر حسب میلیمتر و **θ** زاویه بین وجوه مخالف مقابل هم فرورونده بوده که ۱۳۶درجه است.



شکل ۴. آزمون سختی سنجی ویکرز و یک نمونه اثر واقعی

شکل۵. دستگاه سختی سنج ویکرز

امتیاز آزمون ویکرز در مقایسه با برینل این است که بدون توجه به اندازه فرورفتگی، شکل هندسی حفره های مربع القاعده آزمون ویکرز همیشه یکسان است؛ در نتیجه الگوی سیلان مومسان برای حفره های کم عمق و عمیق مشابه است و بنابراین سختی محاسبه شده مستقل از اندازه نیروی وارده خواهد بود.

برای دستیابی به بهترین جواب آزمون سختی، نیروی فرورونده باید طوری انتخاب گردد که قطر فرورفتگی حدود نیم میلیمتر باشد. ضخامت آزمونه نباید کمتر از ۱/۵ برابر **D** باشد. نکته مهم دیگر، انتخاب نیروی مناسب برای مواد مختلف است. فولاد و چدن با نیروی ۳۰ کیلوگرم نیرو، آلیاژهای

آلومینیوم با ۵ کیلوگرم نیرو و آلیاژهای مس با نیروی ۱۰ کیلوگرم نیرو آزمون می شوند. شایان ذکر است که برخی استانداردها یا دستورالعملها بـرای آزمون قطعات خاص، الزامات ویژه ای مشخص می کنند مثلا استاندارد **EN ISO 15614-1** که برای ارزیابی نمونه های فولادی جوشکاری شده بر اساس **WPS** به کار می رود(نمونه**PQR**) مشخص کرده است که باید **HV 10** روی فلز جوش، فلز پایه و ناحیه **HAZ** بـر اسـاس اسـتاندارد **EN 1043-1** انجام شود.

نکات انجام آزمون ویکرز و روش گزارش دهی نتایج

نکات آماده سازی نمونه و ضخامت آزمونه و سایر شرایط مشابه روش برینل است. درباره روش گزارش دهی نتایج گفتنی است سختی ویکرز با نماد **HV** مشخص می شود که پیش از آن عدد سختی و پس از آن مقادیر زیر می آیند:

الف) عددی که نشانگر نیروی آزمون است ب) مدت زمان اعمال نیرو اگر ۱۰ تا ۱۵ ثانیه نباشد.

عبارت **640 HV 30** بیانگر سختی به میزان ۶۴۰ ویکرز با اعمال نیروی ۳۰ کیلوگرم نیرو به مدت ۱۰ تا ۱۵ ثانیه است. به عنوان مثال دیگـر عبارت **640 HV 30/20** بیانگر سختی به میزان ۶۴۰ ویکرز با اعمال نیروی ۳۰ کیلوگرم نیرو به مدت ۲۰ ثانیه می باشد.

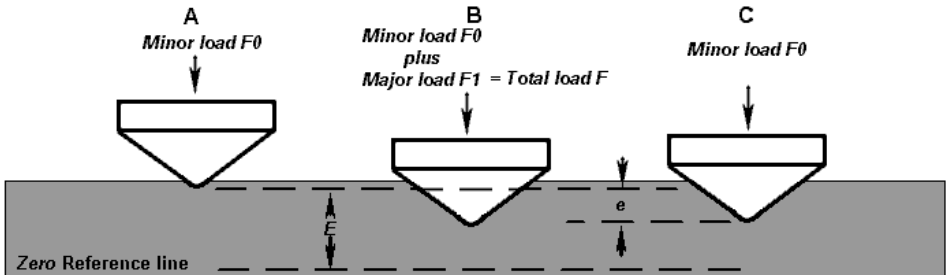
آزمون سختی راکول

این روش سختی سنجی توسط استنلی. پی. راکول آمریکایی در ۱۹۱۹ ابداع شد. از استانداردهای انجام این آزمون می توان به **ISO 6508-1** و **ISO 3738-1** یا **ASTM E 18** اشاره کرد. استاندارد ملی ۱-۷۸۱۱ نیز به این منظور موجود است. دستگاه آزمایش راکول، دستگاه آزمایش سریع با خواندن مستقیم است. استقبال گسترده از آن بخاطر سرعت بالای آن، عدم وجود خطای اپراتور در اندازه گیری، توانایی تشخیص کوچکترین تفاوت سختی در فولاد های سخت شده و نیز اندازه کوچک فرورفتگی می باشد. قطعاتی که عملیات حرارتی شده اند با این روش مورد آزمون قرار گرفته و نیاز به آماده سازی سطحی خاصی ندارند(زیرا همانگونه که در جلوتر اشاره می شود این روش از دو مرحله اعمال نیرو استفاده می کند که بار گذاری مرحله اول باعث از بین رفتن اکسیدها و پوسته های سطحی می گردد). این آزمایش از عمق فرورفتگی به عنوان مقیاسی برای سختی استفاده می کند. باید یادمان باشد سیستم اندازه گیری دستگاه بطور عکس عمل می کند به طوری که یک عدد کوچک به معنی عمق زیاد فرورفتگی و در نتیجه سختی کم است به همین ترتیب سختی های بالایی که مربوط به عمق های کم می باشند با اعداد سختی بزرگتری نشان داده می شوند. چندین مجموعه مقیاس سختی راکول وجود دارد زیرا چند فرورونده و چند نیروی استاندارد برای آزمایش به کار می روند. فرو رونده ها گلوله های فولادی سخت شده با قطرهای مختلف یا مخروط الماسی با زاویه راس ۱۲۰ درجه هستند.(به این نوع فرورونده **brale** نیز می گویند) جدول ۲ انواع مقیاسهای راکول و کاربردها را نمایش می دهد. هر یک از مقیاسهای سختی راکول با یکی از حروف **A** یا **B** و غیره مشخص می شوند.

	Scale Symbol	Indenter Type (Ball dimensions indicate diameter.)	Preliminary Force N (kgf)	Total Force N (kgf)	Typical Applications
Regular Rockwell Scales	A	Spheroconical Diamond	98.07 (10)	588.4 (60)	Cemented carbides, thin steel, and shallow case hardened steel.
	B	Ball - 1.588 mm (1/16 in.)	98.07 (10)	980.7 (100)	Copper alloys, soft steels, aluminum alloys, malleable iron, etc.
	C	Spheroconical Diamond	98.07 (10)	1471 (150)	Steel, hard cast irons, pearlitic malleable iron, titanium, deep case hardened steel, and other materials harder than HRB 100.
	D	Spheroconical Diamond	98.07 (10)	980.7 (100)	Thin steel and medium case hardened steel, and pearlitic malleable iron
	E	Ball - 3.175 mm (1/8 in.)	98.07 (10)	980.7 (100)	Cast iron, aluminum and magnesium alloys, and bearing metals
	F	Ball - 1.588 mm (1/16 in.)	98.07 (10)	588.4 (60)	Annealed copper alloys, and thin soft sheet metals.
	G	Ball - 1.588 mm (1/16 in.)	98.07 (10)	1471 (150)	Malleable irons, copper-nickel-zinc and cupro-nickel alloys.
	H	Ball - 3.175 mm (1/8 in.)	98.07 (10)	588.4 (60)	Aluminum, zinc, and lead.
	K	Ball - 3.175 mm (1/8 in.)	98.07 (10)	1471 (150)	Bearing metals and other very soft or thin materials. Use smallest ball and heaviest load that does not give anvil effect.
	L	Ball - 6.350 mm (1/4 in.)	98.07 (10)	588.4 (60)	
	M	Ball - 6.350 mm (1/4 in.)	98.07 (10)	980.7 (100)	
	P	Ball - 6.350 mm (1/4 in.)	98.07 (10)	1471 (150)	
	R	Ball - 12.70 mm (1/2 in.)	98.07 (10)	588.4 (60)	
	S	Ball - 12.70 mm (1/2 in.)	98.07 (10)	980.7 (100)	
	V	Ball - 12.70 mm (1/2 in.)	98.07 (10)	1471 (150)	
Superficial Rockwell Scales	15N	Spheroconical Diamond	29.42 (3)	147.1 (15)	Similar to A, C and D scales, but for thinner gage material or case depth.
	30N	Spheroconical Diamond	29.42 (3)	294.2 (30)	
	45N	Spheroconical Diamond	29.42 (3)	441.3 (45)	
	15T	Ball - 1.588 mm (1/16 in.)	29.42 (3)	147.1 (15)	Similar to B, F and G scales, but for thinner gage material.
	30T	Ball - 1.588 mm (1/16 in.)	29.42 (3)	294.2 (30)	
	45T	Ball - 1.588 mm (1/16 in.)	29.42 (3)	441.3 (45)	
	15W	Ball - 3.175 mm (1/8 in.)	29.42 (3)	147.1 (15)	Very soft material.
	30W	Ball - 3.175 mm (1/8 in.)	29.42 (3)	294.2 (30)	
	45W	Ball - 3.175 mm (1/8 in.)	29.42 (3)	441.3 (45)	
	15X	Ball - 6.350 mm (1/4 in.)	29.42 (3)	147.1 (15)	
	30X	Ball - 6.350 mm (1/4 in.)	29.42 (3)	294.2 (30)	
	45X	Ball - 6.350 mm (1/4 in.)	29.42 (3)	441.3 (45)	
	15Y	Ball - 12.70 mm (1/2 in.)	29.42 (3)	147.1 (15)	
	30Y	Ball - 12.70 mm (1/2 in.)	29.42 (3)	294.2 (30)	
	45Y	Ball - 12.70 mm (1/2 in.)	29.42 (3)	441.3 (45)	

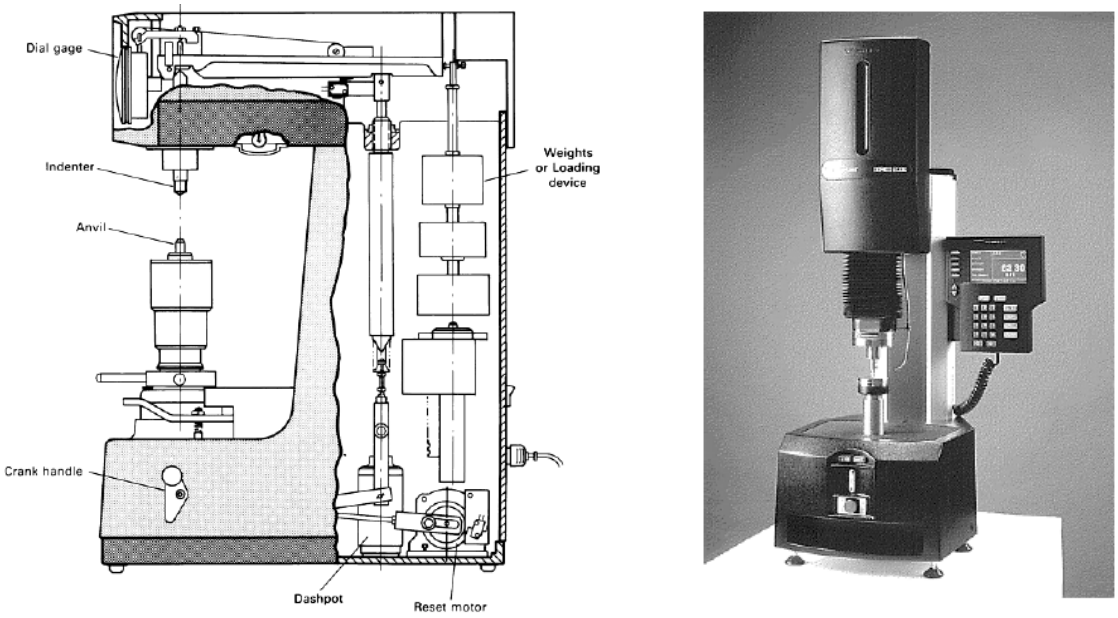
جدول۲. انواع مقیاسهای راکول و کاربردها

ابتدا یک نیروی جزئی(کم)[۸] به اندازه ۱۰ کیلوگرم وارد می شود و سپس نیروی کلی(زیاد) [۹] اعمال می گردد. بدین ترتیب در مقیاس **C** ابتدا نیروی ۱۰ کیلوگرم نیرو وارد شده سپس نیروی کلی ۱۴۰ کیلوگرم نیرو اعمال می گردد تا نیروی اصلی ۱۵۰ کیلوگرم نیرو مقیاس **C** وارد شده باشد.(شکل ۶ را ببینید)

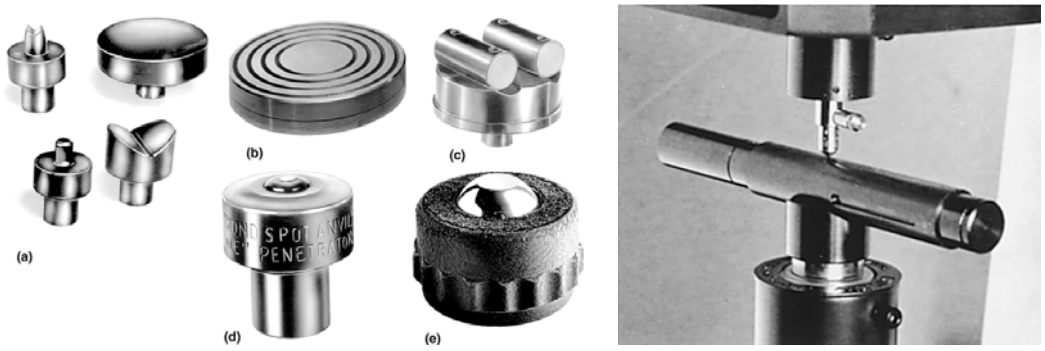


شکل۶. پارامترهای آزمون راکول

از آن جایی که آزمون سختی راکول وابسته به نیرو و فرورونده می باشد، لازم است ترکیبی از نیرو و فرورونده مورد استفاده مشخص شود که این مشخص کردن بوسیله پیشوندگذاری اعداد سختی با یک حرف که بیانگر مشخص بودن ترکیب نیرو و فرورونده برای مقیاس سختی بکار گرفته شده است، انجام می شود. عدد سختی راکول بدون پیشوند حرفی، فاقد معنی است. فولاد سخت شده، در مقیاس **C** با فرورونده الماسی و بار اصلی۱۵۰ کیلوگرم آزمایش می شود. بازه مفید در این مقیاس، از حدود **20HRC** تا **70HRC** می باشد. مواد نرم تر معمولا در مقیاس **B** با گلوله فولادی به قطر ۱/۶ میلی متر و بار اصلی ۱۰۰ کیلوگرم آزمون می شوند. بسیاری از مقیاسهای دیگر برای برای مواد گوناگون موجود است که در جدول ۲ آمده اند. مقیاسهای مختلف راکول با هم همپوشانی دارند و نکته شایان توجه این است که ترکیب مناسب فرورونده و نیرو برای ماده مورد نظر انتخاب شود. بد نیست بدانیم برخلاف آزمون سختی برینل و ویکرز که واحد **Kg/mm^2** دارند، عدد سختی راکول بدون واحد است. مقیاسهای دیگر سختی راکول نیز وجود دارند. اینها مقیاسهای **N** و**T** و**W** هستند که در آنها نیروهای فرورونده‌گی کمتری اعمال می شود. به اینها روش **superficial** نیز گفته می شود که کاربردشان برای سختی سنجی نمونه های نازک است. تذکر این نکته لازم است که روش انجام این آزمونها نیز دقیقا همانند روش انجام مقیاسهای دیگر راکول اما با نیروی اولیه ۳ کیلوگرم نیرو پیش از اعمال بار اصلی است. جدول ۲ این مقیاسها را معرفی کرده است.



شکل۷. تصویر چپ شماتیک و تصویر راست نمونه واقعی دستگاه سختی راکول را نمایش می دهند



شکل۸. انواع نگهدارنده ها برای سختی سنجی ماکرو نمونه های خاص و استفاده از یکی از آنها(نگهدارندهV) برای سختی سنجی شفت

کالیبراسیون

برای کالیبراسیون دستگاه سختی سنج باید به استاندارد مربوط به آن روش سختی سنجی مراجعه کرد که بخشی را به این موضوع اختصاص داده است اما به طور کلی دستگاه، حداقل یکبار در روز باید(درصورتی که دستگاه مورد استفاده قرار گیرد) بازرسی شود. قبل از بازرسی حداقل ۲ فرورفتگی ایجاد شده تا از ثابت بودن نمونه، فرورونده و سندان(صفحه زیر نمونه) اطمینان حاصل شود. از نتایج مربوط به این دو فرورفتگی مقدماتی صرفنظر می گردد. حداقل یک آزمون سختی سنجی(با ایجاد پنج اثر) بر روی نمونه مرجع که به آن **Test Block** می گویند انجام گرفته و اگر رواداری(تلرانس) میان سختی اندازه‌گیری شده و محدوده مجاز ارایه شده در راهنمای دستگاه زیاد باشد باید دستگاه را بطور حتم بازرسی کاملی نمود در غیر اینصورت یک ممیزی عادی باید انجام گیرد.

آزمون ریز سختی (سختی میکرو)

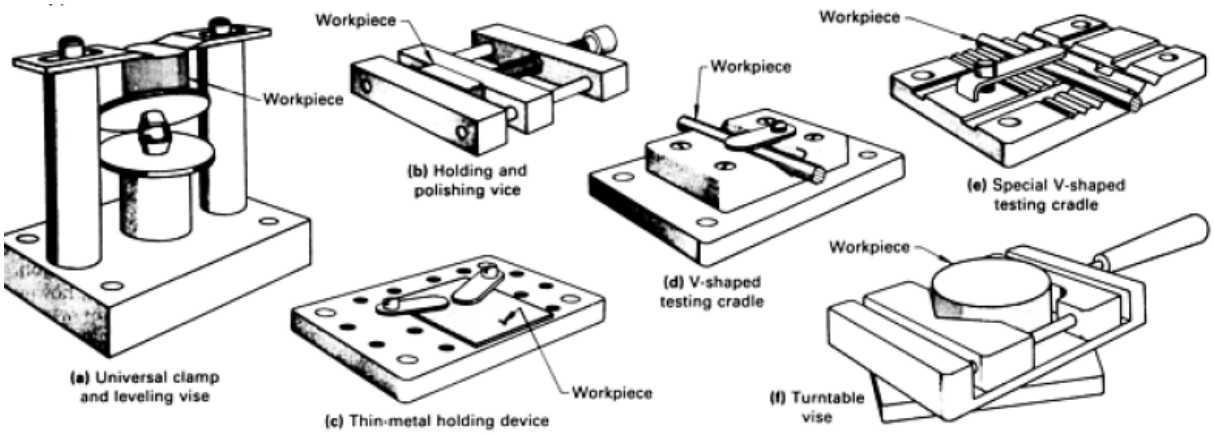
در بسیاری از موارد نیاز است تا سختی ناحیه ای بسیار کوچک اندازه گیری شود. بدست آوردن سختی یک پوشش گالوانیزه، تعیین پروفیل سختی رزوه های یک پیچ کوچک، تعیین سختی یک فاز میکروسکوپی یا تعیین سختی یک چرخ دنده نازک ساعت می تواند از مثالهای رایج باشد. چند سیستم آزمون برای این موارد وجود دارد که دو تا از پر کاربردترین آنها آزمونهای میکرو ویکرز و نوپ است. یکی از متداولترین استانداردهای این دو آزمون، **ASTM E 384** است. اصول روش آزمایش میکرو ویکرز همانند آزمون ویکرز استاندارد است با این تفاوت که نیروهای اعمالی در حد گرم هستند.

شکل۹. تصویر چپ و وسط دو نمونه دستگاه سختی سنج میکرو و تصویر راست اثر فرورونده با نیروی ۱۰۰ گرم را روی فولاد زنگ نزن ۴۳۰ (از نوع پرکربن) نشان می دهد. نواحی روشن فاز آلفا و نواحی تیره رنگ، مارتنزیت هستند.

انواع این آزمونها توسط دستگاهی که بخشی از آن یک میکروسکوپ متالورژی است، انجام می شود. مشاهده آزمونه در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی های تا ۱۵۰ برابر(برای مشاهده و انجام آزمون) و تا ۶۰۰ برابر(برای انجام اندازه گیری قطرهای اثر) امکان انجام آزمون با نیروهای کم را به ما می دهد. نیروی مورد استفاده معمولا بین ۱۰ تا ۱۰۰۰ گرم است. البته برخی دستگاهها نیروی ۲۰۰۰ گرم نیز دارند.

نکات انجام آزمون میکرو ویکرز و روش گزارش دهی نتایج

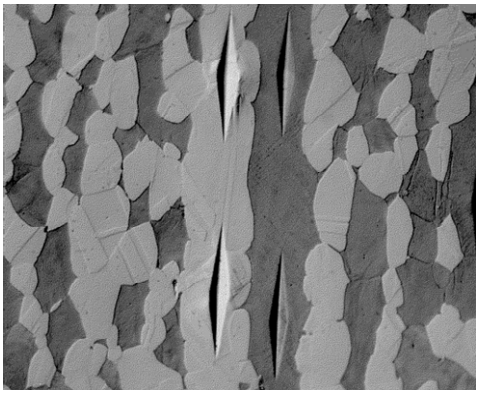
نمونه باید ابتدا مورد آماده‌سازی سطحی و پولیش (یا الکترو پولیش) مطابق با استاندارد **ASTM E 3** قرار گیرد. نباید نمونه اچ شود (مگر در سختی سنجی فازها). در ضمن هنگام آماده سازی دقت شود از ایجاد هر گونه تغییر در سختی سطح فلز تا حد امکان جلوگیری شود بعنوان مثال سطح آزمونه گرم نشده یا کار سخت نگردد. در مورد نمونه هایی که مانت می شوند باید نوع مانت بگونه ای باشد که بر اثر اعمال نیروی فرورونده تغییر شکل ندهد و نمونه داخل مانت جابجا نگردد. عموما آزمون در دمای محیط در محدوده ۱۰تا ۳۵ درجه سانتیگراد انجام می شود. باید دقت گردد که آماده سازی یا مانت طوری باشد که سطح نمونه عمود بر محور فرو رونده(با رواداری۱± درجه) گردد. با استفاده از صفحه کلید دستگاه بار اعمالی مناسب و زمان اعمال نیرو را انتخاب کرده و نمونه روی سندان و دقیقاً در زیر فرورونده قرار می گیرد. پس از اعمال نیرو، با چرخاندن اهرم، یکی از عدسی‌ها روی نمونه متمرکزشده و پس از فوکاس شدن، دو نشانگر در دو طرف اثر (به صورت مماس) قرار گرفته و دکمه کوچک کنار عدسی چشمی فشرده شده و همین عمل برای قطر بعدی تکرار می گردد. بدین ترتیب دستگاه عدد سختی را گزارش می دهد. اینکار بین ۳ تا ۵ بار تکرار گردیده و میانگین گرفته می شود. فاصله بین مراکز دو فرو رفتگی مجاور باید حداقل ۴ برابر قطر متوسط فرو رفتگی باشد. اگر اندازه دو فرو رفتگی مجاور با هم متفاوت باشد، در مورد رعایت فاصله برای ایجاد فرو رفتگی بعدی می بایست قطر فرو رفتگی بزرگتر را ملاک عمل قرار داد. در مورد مواد ترد همانند سرامیکها ممکن است پس از انجام آزمون، ترک مشاهده گردد. در این حالت باید به نکات مندرج در استاندارد **ASTM C 1327** رجوع کرد. روش گزارش دهی نتایج همانند روش گفته شده برای آزمون ویکرز است.



شکل۱۰. انواع نگهدارنده ها برای سختی سنجی میکرو

آزمون نوپ

این آزمون توسط فردریک نوپ و همکارانش در انجمن ملی استاندارد آمریکا در سال ۱۹۳۹ ابداع شد.در این روش از یک فرورونده هرمی استفاده می شود که قطر بزرگ حفره ی ایجاد شده توسط آن ۷ برابر قطر کوچکش و در حدود سی برابر عمق آن است. امتیاز این نوع فرورونده در مقایسه با فرورونده آزمون میکرو ویکرز، که فرورفتگی مربعی ایجاد می کند، در این است که طول فرورفتگی نوپ حدود سه برابر قطر فرورفتگی ویکرز است و می تواند با دقت بیشتری اندازه گیری شود. این روش برای مواردی که یکی از ابعاد ناحیه مورد آزمایش بزرگتر از بعد دیگر باشد(مثلا پوششهای نازک یا فازهای کشیده شده) بسیار مناسب است. گستره نیروهای مورد استفاده در آزمون نوپ همانند آزمون میکرو ویکرز است. نتایج آزمون سختی نوپ بسیار شبیه نتایج آزمون میکرو ویکرز است با این تفاوت که همواره اعداد نوپ ۲۰ تا ۲۵ واحد بزرگتر از اعداد میکرو ویکرز برای همان ماده هستند. به یاد داشته باشیم سختی نوپ را با نماد **HK** نشان می دهند. گفتنی است استاندارد **ASTM C 730** روش سختی سنجی شیشه را با نوپ بیان می کند.



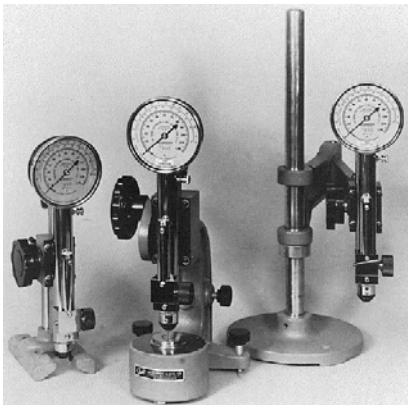
شکل۱۱. اثر فرورونده نوپ با نیروی ۵۰ گرم روی برنج دریایی (C46400). نواحی روشن فاز آلفا و نواحی تیره رنگ، فاز بتا هستند. بزرگنمایی ۵۰۰ برابر

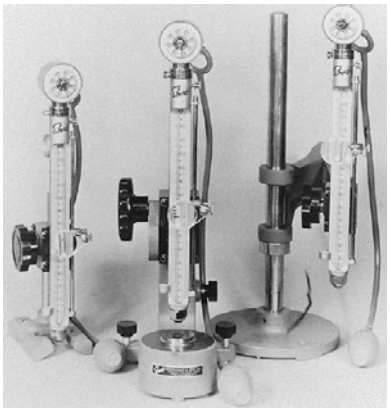
آزمونهای سختی سنجی دینامیک

همانگونه که گفته شد، مقدار سختی فلزات به روش دینامیک، به کمک اندازه گیری میزان جهش یک پرتابه سخت پس از برخورد به سطح مورد آزمایش به دست می آید. جهش بیشتر نشان دهنده سختی بیشتر است. در اثر برخورد، اثر کوچکی روی نمونه به جای می ماند. مقدار این اثر نشان دهنده خاصیت پلاستیک قطعه مورد آزمایش است که تظاهر "سختی استاتیکی" فلز می باشد. بخشی از انرژی پرتابه صرف ایجاد این اثر گشته و تقریبا باقیمانده انرژی صرف باز جهاندن پرتابه می شود. دو سختی سنجی که بر اساس روش دینامیک ساخته شده و در صنعت مرسوم هستند به اسکلروسکوپ[۱۰] و لیب[۱۱] موسوم هستند که در زیر معرفی می شوند. البته روشهای دینامیک دیگری نیز برای سختی سنجی وجود دارند اما کاربردی و رایج نیستند.

آزمون اسکلروسکوپ(شر[۱۲])

نخستین نمونه این سختی سنج در ۱۹۰۷ توسط آلبرت. اف. شر ارائه گردید. اگرچه امروزه دیگر این دستگاه تولید نمی شود اما هنوز برای آزمون غلتک های نورد یا قطعات بزرگ فورج شده از این روش استفاده می گردد. اساس این روش بر افتادن یک پرتابه با نوک الماسه از ارتفاع معین و اندازه گیری ارتفاع برگشت آن، استوار است. دو نوع از این سختنی سنجها تولید می شدند؛ در نوع **C** (شکل ۱۲)، پرتابه از ارتفاع ۱۰ اینچ(۲۵۴ میلیمتر) در داخل یک لوله شیشه ای مدرج به سمت نمونه آزمون پرتاب می گردد. از اعداد روی لوله مدرج جهت خواندن عدد سختی در این مقیاس که با $\mathbf{HS_C}$ نشان داده می شود، استفاده می گردد. ارتفاع بازگشت با قضاوت چشم از روی خطوط مدرج لوله تخمین زده می شود. لوله شیشه ای دارای درجه بندی ۱۴۰ تایی است که در این معیار سختی ۱۰۰ معادل سختی فولاد ابزار کوئنچ شده در آب(بدون تمپر کردن) در نظر گرفته می شود. برای کسب یک نتیجه مطمئن باید چند آزمایش متوالی با جابجا کردن محل دستگاه آزمایش روی سطح نمونه، انجام گردد. استاندارد **ASTM E 448** برای انجام آن موجود است. دستگاه استاندارد آزمایش شر مجهز به یک درپوش لاستیکی است. فشار دادن درپوش باعث می شود پرتابه به سمت بالا، که در آنجا توسط یک قلاب نگه داشته می شود، کشیده شود. فشار مجدد روی درپوش، قلاب را آزاد کرده و پرتابه آزادانه رها می شود. این آزمون مشخصا برای فلزات بسیار سخت مناسب است و از انجایی که قابل حمل(پرتابل) است می تواند برای آزمایش قطعات بزرگ در محل استفاده شود. در مدل **D** از پرتابه ای سنگینتر استفاده شده است. در این دو مدل اگر کالیبراسیون به نوعی باشد که بیشترین عدد نشاندهنده سختی غلتک نورد سرد باشد در اینصورت به آنها $\mathbf{HFRS_c}$ و $\mathbf{HFRS_d}$ اطلاق می شود که کوتاه شده کلمات عبارت **Forged roll Scleroscope hardness number** می باشد.





شکل۱۲. مدل C و D سختی سنج اسکلروسکوپ

آزمون لیب

این روش سختی سنجی که توسط مهندس دیتمار لیب در ۱۹۷۷ به ثبت رسید از طریق شرکت سوئیسی **PROCEQ SA.** به جهان معرفی شد. چون دستگاه ساخت این شرکت با نام تجاری **Equotip** عرضه شد، این روش را با این نام هم می شناسند. از این تاریخ به بعد عدد سختی جدیدی وارد قلمرو اندازه گیری سختی شد که به افتخار مخترع آن با **LH** نشان داده می شود. این آزمون از ۱۹۹۶ با **ASTM A 956** استاندارد شده است. روش انجام آزمون اینگونه است که یک پرتابه از فولاد غیر مغناطیس(پارا مغناطیس) با نوک توپی شکل از جنس کاربید تنگستن به قطر ۳ میلیمتر و وزن ۵/۵ گرم بر اثر نیروی یک فنر فشاری در داخل یک لوله از فولاد غیر مغناطیس به جلو پرتاب می شود. اگر سرعت پرتابه در هنگام برخورد به سطح قطعه مورد آزمون که بستگی به نیروی فنر، جرم پرتابه و جهت یا راستای حرکت پرتابه دارد، $\mathbf{V_1}$ نامیده شود و سرعت پرتابه پس از برخورد با سطح کار در زمان برگشت(در همان راستا یا عکس جهت اول) $\mathbf{V_2}$ باشد، همواره $\mathbf{V_1}$ بزرگتر از $\mathbf{V_2}$ خواهد بود. بدیهی است که تغییر شکل پلاستیک قطعه مورد آزمایش در محل برخورد باعث کاهش سرعت اولیه می گردد و انرژی جذب شده به شکل یک فرورفتگی کوچک بر سطح کار قابل مشاهده است. دو سرعت مذکور تقریبا در یک میلیمتری نقطه برخورد پرتابه با قطعه مورد آزمایش اندازه گیری شده و ثبت می گردد. روش آشکارسازی اینگونه است که یک آهنربای دائمی در بدنه پرتابه نصب می باشد و عبور پرتابه از داخل یک سیم پیچ ولتاژی را در سیم پیچ القا می کند. شار مغناطیسی با بیشتر شدن سرعت، افزایش یافته و در نتیجه ولتاژ بیشتری در سیم پیچ القا می شود. محل سیم پیچ به گونه ای تعبیه شده تا در یک میلیمتری نقطه برخورد، حداکثر میزان ولتاژ را داشته باشد. عدد لیب از رابطه $\mathbf{L=}\ \frac{ReboundVelocity}{Im\,pactVelocity}\times 1000$ محاسبه می شود.

در دستگاه های لیب این عدد به مقیاسهای آشنای ویکرز، برینل و راکول تبدیل می گردد. این روش جای خود را در صنعت به عنوان روشی پرتابل

باز کرده است و در بسیاری از موارد که نیاز به سختی سنجی در محل وجود دارد از آن بهره گرفته می شود. البتـه بـرای سـختی سـنجی در محـل توسط روشهای گوناگون می توان به استانداردهای**ASTM E 110- ASTM A 833** مراجعه نمود.

شکل۱۳. سختی سنج لیب

روابط بین سختی و خواص دیگر

به عنوان یک اصل کلی، به نظر می رسد که در فلزات با افزایش سختی، خواص دیگر مانند استحکام کششی، فشاری و برشی نیز افزایش می یابند. رابطه مشخصی بین سختی و استحکام که در مورد همه مواد فلزی صادق باشد، وجود ندارد، اما برخی فرمولهـای تجربـی بـرای تخمـین اسـتحکام کششی بعضی فلزات از روی سختیشان مورد استفاده قرار می گیرند که نمونه ای از آنها در جدول ۳ آمده است. شاخص مایر[۱۳] یا شاخص کار سختی یک فلز را می توان با انجام تعدادی آزمایش سختی برینل بدست آورد. برای این منظور یک سری اندازه گیری سختی با نیروهای فروکردنی متفاوت ولی با یک فرو رونده گلوله ای صورت می گیرد. رابطه مایر بصورت $F=ad^n$ تعریف می شود که در آن **F** و **d** بـه ترتیـب نیـروی اعمـالی و قطـر فرورفتگی هستند و **a** و **n** اعداد ثابت مربوط به ماده در شرایط خاص مورد بررسی می باشند. از ترسیم **ln F** بـر حـسب **ln d** یـک خـط مـستقیم حاصل می شود که از روی آن **a** و **n** به دست می آیند. ناگفته پیداست که یک روند کلی بین سختی فلـزات و خـواص دیگـر آنهـا ماننـد نرمـی و چقرمگی نیز وجود دارد. بیشتر مواد شکل پذیر، نرم هستند و با کاهش نرمـی، سـختی آنهـا بـالا مـی رود. چقرمگـی بـا خاصـیت متـضادش یعنـی شکنندگی(تردی)، نیز با سختی تغییر می کند؛ به طوریکه مواد بسیار سخت معمولا خیلی شکننده هستند، ولی این مشاهدات صـرفا نمایـشگر رونـد تغییرات هستند و هیچ فرمول تجربی برای تبدیل عدد سختی به خاصیتی مثل استحکام ضربه ای وجود ندارد.

Material	Tensile strength (MPa)	Tensile strength (ksi)
Heat treated carbon and alloy steels	(3.24–3.55) HB	(0.470–0.515) HB
Annealed carbon steels	(3.55–3.86) HB	(0.515–0.560) HB
All steels	(3.09–3.55) HB	(0.448–0.515) HV
Nickel-chromium austenitic stainless steels	(3.09–3.32) HV	(0.448–0.482) HV
Steel: sheet, strip, and tube	(2.85–3.71) HV	(0.414–0.538) HV
Aluminum alloys: bar and extrusions	(2.94–4.48) HB (2.85–4.17) HV	(0.426–0.650) HB (0.414–0.605) HV
Aluminum alloys: sheet, strip, and tube	(3.24–4.01) HV	(0.470–0.582) HV
Aluminum-copper castings	(1.70–2.94) HB	(0.246–0.426) HB
Al-Si-Ni castings	(2.32–2.94) HB	(0.336–0.426) HB
Aluminum-silicon castings	(2.63–3.71) HB	(0.381–0.538) HB
Phosphor bronze castings	(2.32–3.24) HB	(0.336–0.470) HB
Brass castings	(3.24–4.63) HB	(0.470–0.672) HB

جدول۳. روابط تایلور برای تبدیل عدد سختی به استحکام کششی که توسط **W. J. Taylor** در ۱۹۴۲ ارائه شده است.

تبدیل سختی ها به هم در مقیاسهای مختلف

نکته قابل توجه در این رابطه آن است که با توجه به اختلاف روش ارزیابی سختی ماده در مقیاس‌های راکول، برینل و ویکرز هیچ فرمول کلی برای تبدیل سختی از یک مقیاس به مقیاس دیگر وجود ندارد بنابراین آزمایش سختی باید در همان مقیاسی که اطلاعات مربوطه وجود دارد، انجام شود. البته لازم به ذکر است که در رابطه با برخی از آلیاژها، جداولی تهیه شده است که سختی‌های متناظر در مقیاس‌های مختلف را بدست می‌دهد. در استفاده از این جداول باید به این مسأله توجه شود که علاوه بر ترکیب شیمیایی، سایر مشخصات آلیاژ (مانند ساختار میکروسکوپی و ماکروسکوپی و اندازه دانه) ذکر شده در جدول با مشخصات آلیاژ تحت بررسی یکسان باشد در غیر اینصورت جدول غیرقابل استفاده خواهد بود البته گفتنی است چنین جداولی برای بسیاری از آلیاژها وجود ندارد. می توان در صورت نیاز از استاندارد **ASTM E 140** برای تبدیل سختی استفاده کرد. جداولی نیز به این منظور موجود است که نمونه ای از آنها در جدول ۴ آمده است.

Rockwell C Scale	Brinell Hardness	Vickers Hardness	Tensile Strength (approx.)		Rockwell C Scale	Brinell Hardness	Vickers Hardness	Tensile Strength (approx.)	
Brale Penetrator	10mm Tungsten Carbide Ball	Pyramidic Diamond			Brale Penetrator	10mm Tungsten Carbide Ball	Pyramidic Diamond		
150kgf	3,000kgf	10kgf	ksi	kg/mm²	150kgf	3,000kgf	10kgf	ksi	kg/mm²
67	–	900	–	–	43	400	423	201	141
66	–	865	–	–	42	390	412	196	138
65	739	832	–	–	41	381	402	191	134
64	722	800	–	–	40	371	392	186	131
63	705	772	–	–	39	362	382	181	127
62	688	746	–	–	38	353	372	176	124
61	670	720	–	–	37	344	363	172	121
60	654	697	–	–	36	336	354	167	118
59	634	674	329	232	35	327	345	163	114
58	615	653	319	224	34	319	336	159	112
57	595	633	307	216	33	311	327	154	109
56	577	613	297	209	32	301	318	149	105
55	560	595	288	202	31	294	310	146	102
54	543	577	279	196	30	286	302	142	99
53	525	560	269	189	29	279	294	138	97
52	512	544	262	184	28	271	286	134	94
51	496	528	253	178	27	264	279	130	92
50	481	513	245	172	26	258	272	127	89
49	469	498	238	167	25	253	266	125	88
48	455	484	231	162	24	247	260	122	85
47	443	471	224	158	23	243	254	120	84
46	432	458	218	153	22	237	248	116	82
45	421	446	212	149	21	231	243	113	80
44	409	434	206	145	20	226	238	111	78

جدول۴. جدول تبدیل اعداد سختی

روشهای دیگر سختی سنجی

برای برخی مواد نظیر مواد معدنی، یکی از بهترین روشهای سختی سنجی، اندازه گیری مقاومت سایش است. سختی خراش طبق مقیاس موس[۱۴] اندازه گیری می شود که توسط یک زمین شناس آلمانی به نام فردریش موس در ۱۸۲۲ معرفی شد. این مقیاس شامل ۱۰ ماده معدنی استاندارد می شود که به ترتیب قابلیت خراشیده شدنشان مرتب می شوند. نرم ترین ماده معدنی در این مقیاس، تالک می باشد(با سختی خراش ۱). در حالی که الماس سختی برابر ۱۰ دارد. باید بدانیم فواصل بین اعداد موس برابر نیستند یعنی الماس با سختی ۱۰ بسیار سخت تر از کوراندوم با سختی ۹ است اما فلورایت با سختی ۴ فقط اندکی سخت تر از کلسیت با سختی ۳ است. ناخن اندازه ای حدود ۲، شیشه سختی ۵، مس آنیل شده عدد ۳ و مارتنزیت سختی معادل ۷ دارد. بر اساس این نوع سنجش سختی، مواد مطابق با توانایی شان برای خراشیدن یکدیگر، ارزیابی می شوند. می دانید ماده ای که روی ماده ای دیگر بتواند خراش ایجاد کند از آن سخت تر است. بدین ترتیب در این آزمون، نمونه های استاندارد توسط ماده مورد آزمایش خراشیده می شوند. عدد سختی ماده بین سختی دو نمونه استاندارد متوالی قرار می گیرد: چنانچه ماده بتواند نمونه نرمتر را بخراشد ولی قادر به خراشیدن نمونه سخت تر نباشد. مقیاس موس برای فلزات خیلی مناسب نیست زیرا فواصل مقدار سختی در بازه سختی های بالا، زیاد نیست. اکثر فلزات سخت در بازه ۴ تا ۸ سختی موس قرار می گیرند.

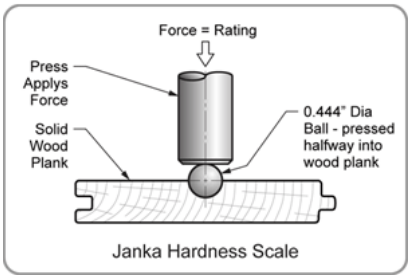
روشهای سختی سنجی دیگری نیز وجود دارند که کمتر رایج هستند. مثلا در سختی سنجی به روش التراسونیک از نیروهای تا ۸۰۰ گرم استفاده شده و عمق اثر با یک پروب اندازه گیری شده و عدد سختی در معیار راکول سی یا ویکرز به صورت دیجیتال گزارش می شود. از ویژگی های مهم این روش قابلیت اتوماتیک شدن آن است بطوریکه با تمهیدات لازم می توان تا ۱۲۰۰ قطعه را در ساعت سختی سنجی نمود.

Mineral	Mohs relative Hardness	Scratch Test
Talc	1	scrapeable with fingernail
Gypsum	2	scratcheable with fingern.
Calcite	3	scr. with copper coin
Fluorite	4	easily scr. with knife
Apatite	5	still scr. with knife
Orthoclase	6	scr. with steel file
Quartz	7	scratches window glass
Topaz	8	scratches quartz
Corundum	9	scratches topaz
Diamond	10	scratches corundum

شکل۱۴. فردریش موس و جدول سختی موس

سختی سنجی مواد و قطعات مختلف

باید به یاد داشته باشیم که روشهای دیگر سختی سنجی نیز برای سایر مواد وجود دارند. می توان در اینجا به چوب اشاره کرد. برای سختی سنجی انواع چوبها از روشی به نام **Janka** استفاده می شود که اساس آن این است که با چه نیرویی بر حسب پوند نیرو(**lbf**) نیمی از یک گلوله با قطر **0.444** اینچ، درون چوب فرو می رود(شکل ۱۴). بدین ترتیب انواع چوبهای درختان را طبقه بندی می کنند که معیاری برای آسان بودن یا دشواری بریدن یا میخ کاری چوب بوده و به عنوان راهنمایی برای چگونگی کاربرد آن بر اساس استحکام به کار می رود.



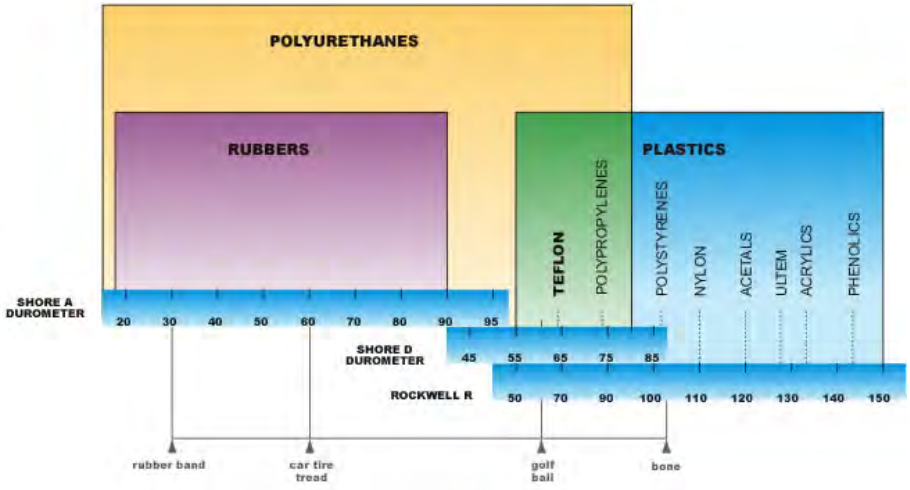
شکل۱۵. روش سختی سنجی چوبها

در صنعت ممکن است به نامهای ناآشنایی برای سختی سنجی برخورد کنیم. به عنوان مثال در صنعت آلومینیوم بویژه در کارخانه های تولید مقاطع آلومینیومی با استفاده از روش اکستروژن، از روش وبستر[۱۵] برای سختی سنجی استفاده می شود. این روش با استاندارد **ASTM B647** انجام می شود و اساس آن اندازه گیری سختی آلومینیوم و آلیاژهایش در مقیاس **Rockwell E** بوده و قادر به اندازه گیری سختی در دامنه **5HRE** تا **110HRE** می باشد. نمونه با ضخامت از **0.6** تا **8** میلیمتر در دستگاه که در شکل ۱۶ تصویرش آمده است قرار گرفته و پس از اعمال نیرو، عدد سختی از ۱ تا ۲۰ اندازه گیری می شود. در اینحالت عدد ۲۰ دستگاه معادل سختی ۱۱۰ راکول **E** است. مدلهایی از این دستگاه نیز برای سختی سنج مس، برنج و فولادهای کم کربن ساخته شده اند.

شکل۱۶. روش سختی سنجی وبستر

در اینجا بد نیست به سختی سنجی گروه مهمی از مواد یعنی لاستیکها و پلاستیکها بپردازیم. سختی این مواد با وسیله کوچکی به نام دورومتر[۱۶] بر اساس استاندارد **ASTM D2240** اندازه گیری می شود. دورومتر معمولی یک وسیله کوچک دستی است که در آن فرورونده کروی تحت اثر نیروی فنر یا وزنه، روی سطح ماده فشرده شده و یک عقربه عدد سختی را روی صفحه مدرج نمایش می دهد. انواع مختلفی از این دستگاه برای آزمایش گستره کامل الاستومرها و پلاستیکها از بسیار نرم تا بسیار سخت، از مقیاس **A** تا **D** وجود دارد. شکل ۱۷ دو نوع دورومتر را نشان داده است. استفاده از فرو رونده بارکل[۱۷] روش دیگر اندازه گیری سختی مواد پلاستیکی است که بر اساس **ASTM D2583** قابل انجام است. در بیشتر موارد سختی پلاستیکها و لاستیکها طبق مقیاس **IHRD**[۱۸] بیان می شود که همان روش دورومتر با تغییراتی اندک است.

شکل۱۷. دورومتر عقربه ای و دیجیتالی



شکل۱۸. مقایسه سختی پلاستیکها و لاستیکها و برخی پلیمرها در معیار های مختلف

استانداردهای سختی سنجی

همانطور که می دانید استانداردهای متفاوتی برای انجام سختی سنجی وجود دارند که توسط مراجع معتبری نظیر**ASTM, ISO, EN, JIS** و ... منتشر می شوند. در زیر لیستی از استانداردهای انجمن آزمون و مواد آمریکا(**ASTM**) آمده است که عنوان و شماره استانداردهای مختلف این مرجع استانداردسازی را برای سختی سنجی مواد مختلف با روشهای متفاوت، ارائه می کند.

- **E10** Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials
- **E18** Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials
- **E92** Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials
- **E103** Standard Test Method for Rapid Indentation Hardness Testing of Metallic Materials
- **E110** Standard Test Method for Indentation Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers
- **E140** Standard Hardness Conversion Tables for Metals
- **E384** Standard Test Method for Microhardness of Materials

- **E448** Standard Practice for Scleroscope Hardness Testing of Metallic Materials
- **E1842** Standard Test Method for Macro-Rockwell Hardness Testing of Metallic Materials
- **A833** Standard Practice for Indentation Hardness of Metallic Materials by Comparison Hardness Testers
- **A623** Standard Specification for Tin Mill Products, General Requirements
- **A956** Standard Test Method for Equotip Hardness Testing of Steel Products
- **B277** Standard Test Method for Hardness of Electrical Contact Materials
- **B294** Standard Test Method for Hardness Testing of Cemented Carbides
- **B578** Standard Test Method for Microhardness of Electroplated Coatings
- **B647** Standard Test Method for Indentation Hardness of Aluminum Alloys by Means of a Webster Hardness Gage
- **B648** Standard Test Method for Indentation Hardness of Aluminum Alloys by Means of a Barcol Impressor
- **B721** Standard Test Method for Microhardness and Case Depth of Powder Metallurgy (P/M) Parts
- **B724** Standard Test Method for Indentation Hardness of Aluminum Alloys by Means of a Newage Portable Non-Caliper-Type Instrument
- **B934** Standard Test Method for Effective Case Depth of Ferrous Powder Metallurgy (P/M) Parts Using Microindentation Hardness Measurements
- **C661** Standard Test Method for Indentation Hardness of Elastomeric-Type Sealants by Means of a Durometer
- **C730** Standard Test Method for Knoop Indentation Hardness of Glass
- **C748** Standard Test Method for Rockwell Hardness of Fine-Grained Graphite Materials
- **C849** Standard Test Method for Knoop Indentation Hardness of Ceramic Whitewares
- **C886** Standard Test Method for Scleroscope Hardness Testing of Fine-Grained Carbon and Graphite Materials
- **C1326** Standard Test Method for Knoop Indentation Hardness of Advanced Ceramics
- **C1327** Standard Test Method for Vickers Indentation Hardness of Advanced Ceramics
- **D785** Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials
- **D1415** Standard Test Method for Rubber Property-International Hardness
- **D1474** Standard Test Methods for Indentation Hardness of Organic Coatings
- **D2240** Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness
- **D2583** Standard Test Method for Indentation Hardness of Rigid Plastics by Means of a Barcol Impressor
- **F1957** Standard Test Method for Composite Foam Hardness-Durometer Hardness

* در تهیه این مقاله آقای مهدی نقدلو نیز همکاری داشته اند.

پی نوشت:

۱- **Rockwell**

۲- **Brinell**

۳- **Knoop**

۴- **Vickers**

۵- نمونه(**specimen- sample**) عبارت است از نمونه برداشته شده از محصول در حالیکه آزمونه(**test piece**) عبارت است از قسمتی از نمونه که پس از آماده سازی، برای آزمون مورد استفاده قرار می گیرد.

۶- **Anisotrope**

۷- از ابتدای دهه ۶۰ میلادی، **ASTM** با درپیش گرفتن رویکردی مدرنتر به بحث سختی سنجی، نمادهای جدیدی را جایگزین نمادهای پیشین کرد که از جمله می توان از **HB** به جای **BHN**، **HRC** به جای $\mathbf{R_C}$، **HV** به جای **DPH-VPH-VHN** و نیز **HK** به جای **KHN** نام برد.

۸- **Minor load**

۹- **Major load**

۱۰- **Scleroscope**

۱۱- **Leeb**

۱۲- **Shore**

۱۳- **Meyer Index**

۱۴- **Mohs**

۱۵- **Webster**

۱۶- **Durometer**

۱۷- **Barcol**

۱۸- **International Rubber Hardness Degrees**

مراجع

1- **Samuel R. Low, Rockwell Hardness Measurement of Metallic Materials, NIST Recommended Practice Guide, 2001**
2- **ASM Metals Handbook, Volume 8: Mechanical Testing, 10th ed., ASM International, Materials Park, OH, 1990**
3- **George E. Dieter, Mechanical Metallurgy, Chapter 9, McGraw-Hill, 1988**
4- **http://en.wikipedia.org/wiki/Brinell_scale**
5- **http://en.wikipedia.org/wiki/Johan_August_Brinell**
6- **http://en.wikipedia.org/wiki/Rockwell_scale**
7- **http://en.wikipedia.org/wiki/Knoop_hardness_test**
8- **http://www.worldoftest.com/index.htm**

۹- آزمون مواد، ورنون جان، ترجمه: دکتر علی حائریان، دکتر محسن کهرم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۵

۱۰- کامران خداپرستی، دستورالعملهای روشهای آزمون آزمایشگاه متالورژی، پژوهشگاه نیرو، **LMY-W50400**، ۱۳۸۴

۱۱- جزوه سختی سنجی جدید، شرکت کوپا پژوهش، ۱۳۸۰

۱۲- روش آزمون ویکرز، استاندارد ملی ایران با شماره ۱-۷۸۱۰، چاپ اول، ۱۳۸۳

آیا یک پدیده متالورژیکی باعث غرق شدن تایتانیک شد؟

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در " مجله دانشمند، سال چهل و هشتم، شماره ۷ (پیاپی ۵۶۴)، مهر ماه ۱۳۸۹" به چاپ رسیده است.

واژه های کلیدی: دمای تبدیل رفتار نرم به ترد، تایتانیک، فولاد، شکست ترد، اکسیژن زدایی

مقدمه

نزدیک به صد سال از واقعه غرق کشتی اقیانوس پیمای تایتانیک– عظیم ترین کشتی مسافربر جهان در زمان خود که ماجرای غرق آن حداقل سوژه دو فیلم شده است– می گذرد و هنوز این حادثه محل بحث و جدل بسیاری در محافل علمی است. تایتانیک ساخته شد تا محصول نهایی عصر خودباوری، کامیابی و تجمل گرایی باشد. با ساخت این کشتی بسیاری گمان کردند که زمان غلبه بشر بر نیروهای طبیعی فرا رسیده است و این موجود غول آسا مصون از قهر طبیعت است. اما غرق این کشتی در اولین سفر دریایی خود، خط بطلان بر این باورکشید و پس از آن منبع تحقیق و کنکاش بسیار در چند و چون این واقعه شد. نوشتار حاضر با بهره گیری از منابع متعددی در این زمینه، بر آن است که ضمن ارائه تحلیلی کوتاه از این رخداد، چرایی آن را به یکی از ویژگیهای مهم فولاد یعنی تبدیل رفتار نرم به ترد پیوند داده و به تاریخچه، عوامل موثر و اهمیت چشمگیر آن در انتخاب مواد بپردازد.

تاریخچه تایتانیک

جهان تغییرات شگرفی را می گذراند. رادیو در سال ۱۹۰۱ ابداع شده بود. برادران رایت اولین پرواز موفقیت آمیز خود را در سال ۱۹۰۳ انجام داده بودند. تجارت کشتی های اقیانوس پیمای عظیم، پیشرفت های عمده ای را در زمینه طراحی کشتی، اندازه و سرعت شاهد بود.

شرکت کشتیرانی ستاره سفید[1]، که یکی از پیشروان این امر بود، در سال ۱۹۰۷ ساخت سه کشتی بخار عظیم را در دستور کار قرار داد که قرار بود استاندارد جدیدی در زمینه آسایش ، تجمل و ایمنی تعریف کنند. دو کشتی اول المپیک و تایتانیک[2] نام گرفتند. نام تایتانیک برای این انتخاب شده بود که حس برتری اندازه و قدرت را القا کند. طراحی دو کشتی یک سال بطول انجامید. ساخت المپیک در دسامبر ۱۹۰۸ و به دنبال آن ساخت تایتانیک در مارس ۱۹۰۹ آغاز گردید. برای تطابق با این پروژه های عظیم، محوطه کشتی سازی در بلفاست باید از نو ساخته می شد، در حالیکه اسکله کشتیرانی ستاره سفید در نیویورک نیز بایستی بحد کافی طویل می شد تا کشتی ها بتوانند در آن پهلو بگیرند.

در طی دو سالی که صرف کامل کردن بدنه تایتانیک شد، مطبوعات درباره عظمت کشتی به تبلیغات فراوان پرداختند بطوریکه تایتانیک حتی قبل از به آب انداختن آن به یک افسانه تبدیل شده بود. به آب انداختن بدنه کامل شده تایتانیک در ماه می ۱۹۱۱ ، یک نمایش عمومی خیره کننده بود. بلیط ها به نفع یک بیمارستان محلی اطفال فروخته شدند.

تایتانیک دارای ۲۷۰ متر طول و ۲۸ متر پهنا بوده و بیش از ۴۶۰۰۰ تن وزن داشت . ارتفاع آن ۳۲ متر بود که تقریباً ۱۱ متر آن زیر آب قرار می گرفت. دارای سه دودکش واقعی و یک دودکش مجازی بود که برای افزودن بر حس عظمت و قدرت کشتی اضافه شده بود و نیز بخارات و دود آشپزخانه های متعدد آنرا به بیرون می راند.

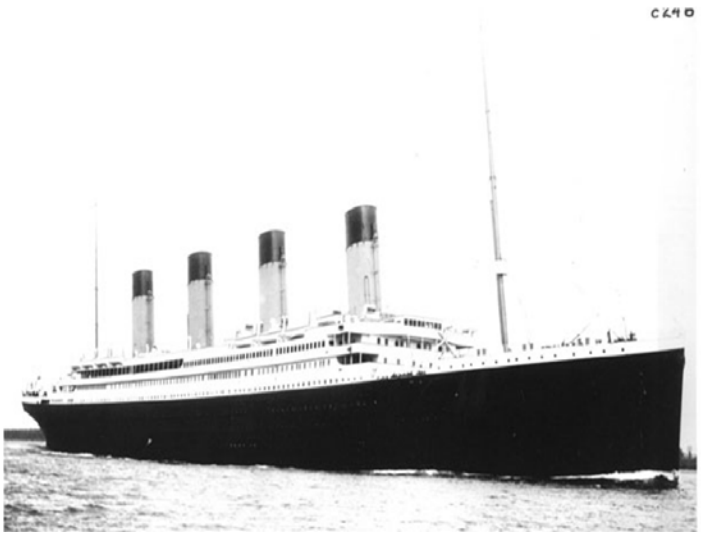
موتورهای بزرگ و پر قدرت آن هیچکدام از ارتعاشهای آزاردهنده متداول در اقیانوس پیماهای دیگر را ایجاد نمی کردند. حتی زمانی که با حداکثر سرعت ۲۲ گره دریایی معادل با ۴۱ کیلومتر در ساعت، که در زمره سریعترین کشتی های آن زمان بود حرکت می‌کرد، مسافرین داخل آن می توانستند از حد اکثر آسایش برخوردار شوند.

تایتانیک بزرگترین شی متحرکی بود که توسط انسان ساخته شده بود. افزون بر این تایتانیک ساخته شده بود تا شگفتی تکنولوژی ایمنی مدرن باشد. به پشتوانه این تدابیر ایمنی بود که مطبوعات کشتی تایتانیک را غرق نشدنی نامیدند.

لوازم داخل کشتی در نوع خود از مدرنترین و لوکس ترینها بودند و شامل لامپ های برقی و بخاری برقی در تمام اتاقها ، آسانسورهای برقی، یک استخر شنا، یک سالن اسکوآش (که بسیار مدرن ساخته شده بود)، یک سالن ژیمناستیک همراه با اسب مکانیکی بود تا سوارکاران حرفه ای بتوانند با آن تمرین کرده و خود را سر وزن و آماده نگه دارند. روزنامه های آن زمان تایتانیک را کشتی "میلیونرهای ویژه" می نامیدند اما واقعیت این بود که همه مسافران، ثروتمند نبودند. بسیاری از آنان مهاجرینی بودند که تمام داریی شان را در چمدانهایشان جا داده بودند و امیدوار بودند که در آمریکا زندگی تازه ای را آغاز کنند.

هم چنین اتاقهای نشیمن و تجهیزات بخش درجه یک آن با بهترین هتل های قاره اروپا برابری می کرد. مسافرین درجه یک آن باید از طریق یک راه پله بزرگ شش پاگرده دارای سقف شیشه ای به آرامی پایین می آمدند تا از غذاهای عالی سالن نهارخوری که تمامی عرض کشتی را در عرشه **D** پوشانده بود لذت ببرند. برای آنهایی که خواستار یک فضای خصوصی تر بودند، تایتانیک چند رستوران سفارشی تدارک دیده بود. دو گروه موسیقی از بهترین نوازندگان قاره قطعات موسیقی را در تایتانیک اجرا می کردند. دو کتابخانه نیز وجود داشت. سفر دریایی تایتانیک در ساوت همپتون به تاریخ دهم آوریل ۱۹۱۲ آغاز شد.

شکل۱ – پوستر تبلیغاتی تایتانیک



شکل۲ – تایتانیک

غرق شدن

پس از سه روز سفر بر روی آب، مسافران آن چنان شاد و خوشحال بودند که انگار برای گذراندن تعطیلات آمده انـد. ولـی خیلـی زود تایتانیک می بایست وارد محدوده شمال اقیانوس اطلس شود. جایی که کوههای یخ در اقیانوشس شناور بود. کـشتی هـای آن زمـان مجهز به رادار نبودند ولی تایتانیک به سیستم تلگراف بی سیم مارکونی مجهز شده و دو اپراتور سیـستم بطـور شـبانه روزی در اتـاق مخابرات آن کار می کردند. در تمام مدت روز، به وسیله مورس و از طریق بی سیم، تایتانیک را از خطـر کوههـای یـخ بـا خبـر مـی کردند. در اوایل شب، سرعت کشتی برای شب تنظیم می شد و دو دیده بان در جلوترین قسمت کشتی مراقب کوه های یخ بودند. در روز یکشنبه ۱۴ آوریل، پنجمین روز مسافرت، تایتانیک پنج اخطار مختلف درباره مشاهده کوههای یخ دریافت کرد، اما کاپیتان کشتی چندان توجهی به این اخطارها ننمود. کشتی با سرعت ۲۲ گره در حال حرکت رو به جلو بود و مدیر اجرایی شرکت اعلام کرد که یک روز زودتر از برنامه به نیویورک خواهند رسید.

در شب چهاردهم آوریل، اپراتور بی سیم شدیدا سرگرم مخابره پیامهـای کوتـاه مـسافرین بـه خویـشاوندان و دوستانـشان در سـاحل نیوفوندلند (محل پهلو گرفتن کشتی) بود. او ششمین اخطار دیده شدن کوه یخ را نیز دریافت کرد، اما هیچ توجهی به اینکه تایتانیـک چقدر نزدیک مکان ارسال اخطارهاست نکرد و پیام را زیر یک وزنه کاغذ در کنار آرنج خود گذاشت. این پیام هرگز به کاپیتان اسمیت یا ناخدا یکم کشتی نرسید.

در ساعت ۱۱:۴۰، یکی از دیده بانان کشتی، کوه یخ عظیمی را که بطرز خطرناکی در جلو و نزدیک کشتی بـود مـشاهده کـرد. او بـه ناخدا یکم مورداک اعلام خطر کرد و مورداک سراسیمه دستور داد که کشتی تماما به سمت چپ بگردد. او به موتورخانه دستور داد که گردش پروانه ها را معکوس کنند. کشتی به آرامی به چپ گردید، اما تایتانیک بسیار بزرگ بود و بسیار سریع حرکت می کـرد، و کـوه یخ نیز بسیار نزدیک بود. دیگر خیلی دیر شده بود! کوه یخ به سمت راست کشتی برخورد کرد و صدای ضربه ای سبک و صدای خرد شدن به گوش رسید. در آن لحضه بسیاری از مسافران خواب بودند. اما همان ضربه کوچک، ناخدا اسمیت را بیدار کرد . او بـا عجلـه خودش را به اتاق فرماندهی رساند تا ببیند چه خبر شده. در طبقلت پایین کشتی، در یکی از موتورخانه ها کارگران مشغول کـار بودنـد که ناگهان آب به درون کشتی سرازیر شد. در عرض چند دقیقه آب موتور خانه را پر کرد و بـه قـسمتهای دیگـر سـرازیر شـد. ناخـدا اسمیت به خدمه کشتی فرمان داد " قایقهای نجات را آماده کنید!" سپس به دو بیسیمچی کشتی دستور داد که با به کـار انـداختن مورسها، درخواست کمک کنند. او دریافته بود تایتانیک غرق خواهد شد و می دانست قایق نجات به تعداد مسافران وجود ندارد. زیـرا در تایتانیک فقط ۲۰ قایق نجات چوبی وجود داشت. جرثقیلهای مخصوص قایقهـای نجـات، مـی توانـستند ۱۶ قـایق دیگـر را هـم نگهدارند اما صاحبان کشتی نخواسته بودند که عرشه شلوغ به نظر برسد. جالب آنکه وقتی ملوانان نخستین قایق نجـات را بـه پـایین فرستاند تا روی اقیا نوس قرار گیرد؛ در آن قایق که ظرفیت ۶۵ نفر را داشت فقط ۲۸ نفر سوار شده بودنـد. مـسافران نمـی خواسـتند تایتانیک را ترک کنند. به نظر آنها قایقهای نجات در مقایسه با آن کشتی بزرگ، امنیت نداشتند. کشتی المپیک که خـواهر تایتانیـک لقب گرفته بود، اعلام خطر را دریافت کرده بود اما به قدری از آن دور بود که نمی توانست به کمکش برود وزن آب در دماغـه باعـث

شد کم کم دماغه کشتی به زیر آب فرو رود. پس از آن دودکش جلویی از جایش جدا شد و سقوط کرد و به تدریج عقب کشتی به هوا بلند شد. در حالیکه هنوز بیش از ۱۵۰۰ مسافر در کشتی باقیمانده بود، ملوانها، دایره وار دور قایق نجات را گرفته بودند و مراقب بودند که فقط زنان و کودکان سوار قایق شوند. دودکش های بعدی هم به دلیل فشار آب، شکستند و سقوط کردند. به دلیل فشار زیاد آب، کشتی به دو نیم شده و غرق گردید. در تایتانیک به اندازه کافی جلیقه نجات موجود بود و آنهایی که جلیقه نجات پوشیده بودند ، روی آب شناور ماندند اما آب به قدری سرد بود که در مدت کوتاهی همه یخ می زدند و می مردند. بازماندگانی که در قایقهای نجات بودند، از ترس این که مبادا با غرق شدن تایتانیک، آنها هم به ته اقیانوس کشیده شوند، پارو می زدند و از تایتانیک فاصله می گرفتند. از سوی دیگر، از کسانی که در آب بودند می ترسیدند که مبادا آنها را از قایق به آب بیاندازتند و خودشان سوار شوند.

سپیده دم ۱۵ آوریل فرا رسید. چند ساعتی بود که بازماندگان بدون آب و غذا یا حتی لباس گرم، سرگردان روی آب پارو می زدند. ناگهان چند فشفشه در آسمان دیده شد. کشتی کارپاتیا (**Carpathia**) تقاضای کمک تایتانیک را دریافت کرده بود ولی فاصله اش از تایتانیک ۹۳ کیلومتر بود و سه ساعت طول کشید تا برسد. کارپاتیا دیر رسیده بود و فقط توانست جان مسافران قایقها را نجات دهد نه آنهایی را که روی آب شناور بودند.

بدین ترتیب در طول شبی پر از حادثه و وحشت، ۷۰۶ نفر از مسافرین نجات یافته و ۱۵۱۷ نفر باقیمانده یا در داخل آبهای منجمد اقیانوس اطلس جانسپردند، ویا همراه بدنه عظیم کشتی که در حین فرو رفتن در آب به دو تکه شد، به قعر اقیانوس رفتند. تا مدتها بعد، کشتی ها در اقیانوس، اجساد قربانیان را پیدا می کردند که بسیاری از آنها قابل شناسایی نبودند. جنازه ناخدا اسمیت در میان ۳۲۸ جنازه ای که از آب گرفته شد نبود. بعضی ها خبر داده بودند که تا قبل از فرو رفتن کشتی در آب او را دیده بودند که در اتاق فرماندهی ایستاده است.

اکتشاف....

از همان سال غرق شدن تایتانیک، عده ای تلاش داشتند آن را پیدا کنند اما محل دقیق غرق شذن کشتی یک معما بود. حتی اگر مکان را نیز می دانستند، دانش فنی آن زمان، امکان دسترسی به کشتی را نمی داد. پس اسپری شدن بیش از ۷۰ سال، بدنه تایتانیک در سال ۱۹۸۵ توسط رابرت بالارد[۳]، به کمک سونار[۴] در عمق ۳۷۰۰ متری اقیانوس اطلس در حالیکه در کف آن قرار داشت، کشف شد. در این اکتشاف از یک زیردریایی کوچک به نام آرگو که قادر به نفوذ در عمق دریاها بود استفاده شد. کشتی به دو بخش بزرگ شکسته شده بود که از هم ۶۰۰ متر فاصله داشتند. این اولین باری بود که تایتانیک پس از سال ۱۹۱۲ دوباره دیده می شد. دو سال بعد، زیر دریایی دیگری به نام ناتایل (**Nautile**) که دارای دو بازوی متحرک بود به اعماق اقیانوس فرستاده شد. ناتایل توانست هزاران تکه از تایتانیک را که در کف اقیانوس پخش بودند از آب بیرون بیاورد. اشیایی مانند اسباب بازیها، عینکها، پول و جواهرات. آن چیزها اگرچه کوچک بودند ولی یادآور لحظه های تلخ از زندگیهای از دست رفته بودند. شواهدی که ناتایل به دست آورد نشان داد بر خلاف حدس و گمان، کوه یخ یک شکاف ۹۱ متری در پهلوی تایتانیک ایجاد نکرده بود بلکه شش شکاف کوچک ایجاد شده بود.

عواملی که در غرق کشتی موثر بودند

اشتباه کاپیتان کشتی

این سفر دریایی، سفر بازنشستگی کاپیتان اسمیت بود. او می خواست به هر ترتیبی که شده در این مسافرت رکوردی از خود بجای بگذارد. او سالها قبل از این حادثه گفته بود: من نمی توانم تصور کنم که یک کشتی بخار جدید غرق شود. کشتی های جدید این خطرات را پشت سر گذاشته اند.کاپیتان اسمیت پنج اخطار مشاهده کوه یخ از خدمه خود و دیگر کشتی ها را نادیده گرفت. اگر او فرمان به آهسته تر شدن حرکت کشتی می داد، شاید این حادثه رخ نمی داد.

اشتباه بروس آیسمی[۵] مدیر اجرایی شرکت کشتیرانی

بروس آیسمی در کشتی حاضر بود. رقابت بین کشتی های اقیانوس پیما شدید بود و شرکت ستاره سفید می خواست نشان دهد که آنها قادر به عبور شش روزه از پهنه اقیانوس هستند. برای برآورده ساختن این مقصود، بروس آیسمی به کاپیتان اسمیت فشار وارد آورد که تایتانیک را با حداکثر سرعت به حرکت وادارد.

اشتباه آقای توماس اندروز سرپرست طراحان تایتانیک

این باور که تایتانیک غرق نشدنی است، تا حدودی مرهون این حقیقت بود که تایتانیک از شانزده قسمت ضد آب تشکیل شده بود. لیکن ارتفاع دیواره این بخشها بحد کافی در نظر گرفته نشده بود. شرکت ستاره سفید نمی خواست ارتفاع دیواره ها زیاد باشد زیرا این

امر فضای اختصاص یافته به قسمت درجه یک را کاهش می داد. اگر ارتفاع این دیواره ها بحد کافی بود، فضای بیشتری در این قسمتها بوجود می آمد و هوای موجود در آنها مانع غرق کشتی می شد.

اشتباه ناخدا یکم مورداک

ناخدا یکم مورداک به محض مشاهده کوه یخ دستور داد برای کاستن از سرعت کشتی موتورها معکوس شوند و جهت فرار از برخورد، کشتی به سمت چپ بچرخد. در نتیجه سمت راست بدنه با کوه یخ برخورد کرد و شکافی عظیم در بدنه کشتی ایجاد شد. اگر مورداک دستور می داد ضمن کاستن از سرعت، کشتی بطور مستقیم به راه خود ادامه دهد و با دماغه، که بسیار محکمتر از بدنه است، به کوه یخ برخورد کنند، احتمالا فقط ۲ یا ۳ قسمت جلویی در هم فرو می رفت و کشتی غرق نمی شد.

بالاخره اشتباه تمامی دانشمندان و مهندسان

یکی از دلایل اصلی رخ دادن این فاجعه، پدیده "تبدیل رفتار نرم به ترد فولاد" [۶] است که در زمان ساخت تایتانیک و تا چند دهه پس از آن برای مهندسان ناشناخته بود.

دمای تبدیل رفتار نرم به ترد فولاد چیست؟

تغییر دما بر رفتار ماده تاثیر می گذارد. در فلزات هرگونه افزایش دما باعث فعالتر شدن نابجائیها و در نتیجه کاهش استحکام تسلیم می گردد. آن دسته از فلزات و آلیاژهای آنها که دارای ساختار مکعبی با وجوه پر [۷] هستند، مانند آلومینیوم، در هر دمایی، شکست نرم خواهند داشت. شکست نرم به آرامی و پس از تغییر شکل پلاستیکی زیاد به ازای تنشی بالاتر از استحکام کششی ظاهر می شود. شکست ترد [۸] معمولا در فلزاتی با ساختار مکعبی مرکز پر [۹] (همانند فولاد) و منشوری فشرده [۱۰] و آلیاژهای آنها در دماهای پایین (معمولا پایینتر از دمای معمولی محیط) و بطور ناگهانی رخ می دهد یعنی این گروه با کاهش دما تغییر رفتار از نرم به ترد می دهند. در شکست ترد عموما تغییر شکل پلاستیکی قابل توجهی در منطقه شکست مشاهده نمی شود. فولادهای کم کربن در آهنگهای کم کرنش در تمام دماهای بالای حدود ۱۷۰ درجه سانتیگراد نرم هستند، ولی هنگامی که در معرض بارهای ضربه ای قرار می گیرند، در گستره باریکی از دما در نزدیکی صفر درجه سانتیگراد، نحوه شکست از حالت رشته ای چقرمه به حالت ترد تبدیل می شود.

روشن است دمایی که قطعه در آن کار می کند یکی از مهمترین عواملی است که بر ماهیت شکست تاثیر می گذارد به عبارت دیگر تغییر دما بر رفتار ماده تاثیر دارد. شکست ترد معمولا در در دمای پایین اتفاق می افتد و در برخی فولادها، شرایط ممکن است به گونه ای باشد که تفاوت چند درجه در گستره دمای محیط، تفاوت بین رفتار نرم و ترد را تعیین کند. فولادهای کم کربن در آهنگهای کم کرنش در تمام دماهای بالای حدود ۱۷۰ درجه سانتیگراد نرم هستند، ولی هنگامی که در معرض نیروهای ضربه ای قرار می گیرند، در گستره باریکی از دما در نزدیکی صفر درجه سانتیگراد، نحوه شکست از حالت نرم به حالت ترد تبدیل می شود.

از کارافتادگی سازه های ساخته شده از فولادهای کم کربن در اثر شکست ترد از آغاز مصرف این فولادها بروز کرده است؛ اما تنها در سالهای دهه ۱۹۴۰ بود که این مساله به وضوح مطرح شد و مورد توجه قرار گرفت. این امر مقارن با ساخت اولین کشتیهای با بدنه تمام جوشکاری شده بود. پیش از آن اگر در یکی از ورقهای کشتی شکست ترد رخ می داد، ترک در انتهای صفحه یا در یک ردیف پرچ متوقف می شد. در یک کشتی تمام جوشکاری شده، بدنه کشتی عملا یک ورق پیوسته است و اگر شکست ترد شروع شود، ممکن است به طور ناگهانی ادامه یابد.

دمای تبدیل چگونه اندازه گیری می شود؟

یکی از آزمونهای مورد استفاده برای تعین دمای تبدیل رفتار نرم به ترد (**DBTT**) آزمون ضربه (شارپی) [۱۱] است که بر اساس استاندارد **ASTM E 23** انجام می شود. نمونه ی شارپی، مقطعی مربع شکل به ابعاد **mm** ۱۰×۱۰ و شیار **V** با زاویه ی ۴۵ درجه به عمق**mm** ۲ و شعاع راس **mm** ۰.۲۵ دارد . نمونه به صورت تیری در حالت افقی روی تکیه گاه قرار می گیرد و بار توسط ضربه ی یک آونگ در حال نوسان به پشت شیار وارد می شود (سرعت برخورد حدود ۵ متر بر ثانیه است) نمونه با آهنگ کرنش زیادی می شکند.کمیت اصلی که در آزمون ضربه اندازه گیری می شود، انرژی جذب شده در شکست نمونه است. چنانچه مقدار انرژی شکست کم باشد می توان چنین نتیجه گیری کرد که ماده ترد بوده و دارای حساسیت بالایی در مقابل نیروهای ضربه ای است و اگر این انرژی زیاد باشد ماده نرم وانعطاف پذیر است و یا به عبارتی دارای تافنس یا چقرمگی بالایی است. حالت های مختلف شکست به سادگی و حتی بدون بزرگنمایی قابل تشخیص اند. سطح صاف شکست ترد بازتابندگی زیاد و ظاهر براقی دارد ، در صورتی که سطح گود شده شکست نرم، جاذب نور و دارای ظاهری کدر است .

توجه به منحنی انرژی جذب شده بر حسب دما نشان می دهد که انرژی جذب شده با کم شدن دما کم می شود ولی در بیشتر موارد کاهش جذب انرژی در دمای خیلی مشخصی رخ نمی دهد در نتیجه تعین دقیق دمای تبدیل دشوار می شود . دمایی که در آن رفتار ماده از نرم به ترد تبدیل می شود، **DBTT** نام داشته و می توان آن را دمایی فرض کرد که ظاهر شکست ۵۰٪ ترد است. در آزمون شارپی، دمای تبدیل را می توان بر سطح ۲۷ ژول منطبق کرد. آزمون ضربه با نمونه ی شیاردار هنگامی معنی پیدا می کند که در گستره ای از دما انجام شود، تا دمایی که در آن تبدیل نرمی به تردی رخ می دهد تعیین شود. برای فولاد، انرژی جذب شده در فرآیند شکستن نمونه آزمون شارپی ممکن است از حدود ۱۶۰۰ کیلو ژول بر متر مربع در ۱۵+ درجه سانتیگراد به حدود ۱۵۰ کیلو ژول بر متر مربع در ۵- درجه سانتیگراد برسد.

مزیت اصلی آزمون ضربه شارپی این است که آزمون نسبتا" ساده ای است که در آن از یک نمونه ی آزمون کوچک و نسبتا" ارزان استفاده می شود . آزمون ها به سادگی در گستره ای از دماهای پایینتر از دمای محیط قابل اجرا هستند، این آزمون برای مقایسه اثر نوع آلیاژ و عملیات حرارتی بر چقرمگی به کار می رود و غالبا" از آن برای کنترل کیفیت و به منظور انتخاب مواد استفاده می کنند . مشکل عمده این است که استفاده از نتایج آزمون شارپی در طراحی دشوار است چون هیچ کمیتی بر حسب میزان تنش وجود ندارد. همچنین هیچ رابطه ای بین داده های شارپی با اندازه ترک ریز (مو) وجود ندارد. علاوه بر این، وجود پراکندگی زیاد نتایج که در این آزمون ذاتی است می تواند ترسیم منحنی های دمای تبدیل را مشکل سازد.

آزمونهای دیگری نظیر آزمون جابجایی شکاف نوک ترک[۱۲] بر اساس استاندارد **ASTM E 1290** و یا آزمون پلینی[۱۳] بر اساس استاندارد **ASTM E 208** نیز به این منظور به کار می روند.

عوامل موثر بر دمای تبدیل

میزان تغییر از رفتار نرم به ترد تابع ترکیب شیمیایی، ریز ساختار، عملیات حرارتی واکسیژن زدایی است. بعضی از عناصر آلیاژی موجود در فولادها می توانند بر دمای تبدیل از رفتار نرم به ترد اثر بگذارند. منگنز و نیکل دمای تبدیل را پایین می آورند ولی کربن، نیتروژن و فسفر آن را افزایش می دهند. همچنین نسبت **Mn:C** حداقل باید ۳:۱ باشد تا چقرمگی مطلوب حاصل شود. در ضمن تا جای ممکن باید نسبت **Mn:S** در بالاترین حد ممکن نگاه داشته شود.

تاثیر میزان اکسیژن فولاد بر دمای تبدیل

فولاد مذابی که از کوره فولادسازی بدست می آید حاوی مقادیر زیادی اکسیژن حل شده است که باید پیش از ریخته گری فولاد، چه بصورت پیوسته (مداوم) و چه به صورت شمش، حذف گردد. اکسیژن زداهایی که معمولا برای این منظور مورد استفاده قرار می گیرند آلومینیوم و سیلیسیم (به شکل فروسیلیکون) هستند. حذف اکسیژن از فولاد را آرام سازی[۱۴] می خوانند و عبارتهای آرام شده با سیلیسیم یا آلومینیوم از اینجا آمده اند.

فولاد کاملاآرام[۱۵] که بعضی مواقع به آن فولاد آرام[۱۶] نیز گفته می شود، فولادی است که کاملا اکسیژن زدایی شده و ترکیب شیمیایی و خواص نسبتا همگنی دارد. به فولاد نیمه آرام[۱۷] اکسیژن زدای کمتری نسبت به فولاد کاملا آرام اضافه می شود و از این فرآیند برای فولاد های کم کربن و کربن متوسط برای مصارف سازه ای استفاده می گردد. فرآیند اکسیژن زدایی در مورد برخی فولادها انجام نمی گردد و اکسیژن باقی مانده در فولاد با کربن واکنش داده و ایجاد تخلخل (حفره های گازی) که در حقیقت گاز اکسید کربن است، می کند. این فولادهای نا آرام[۱۸] که به آن فولادهای جوشان نیز گفته می شود، دارای تغییرات زیادی در ترکیب شیمیایی هستند به گونه ای که پوسته خارجی آنها شامل آهن خالص، کربن اندک و فسفر و گوگرد است. این عناصر با مقادیری بیش از مقدار متوسط، در مرکز شمش به ویژه نزدیک به سطح بالایی یافت می شوند.

دمای تبدیل فولاد جوشان بالاتر از دمای محیط است و بدیهی است که اگر دمای سرویس زیر صفر درجه سانتیگراد باشد امکان بروز پدیده تبدیل رفتار نرم به ترد وجود خواهد داشت. آزمایش نشان داده است که دمای تبدیل برای فولاد کاملاآرام به ۶۰- درجه سانتیگراد می رسد.

با توجه به نقش اکسیژن در فولاد، کدها و دستورالعملهای طراحی، توجه ویژه ای به این مورد داشته اند و در بسیاری از موارد استفاده از فولاد جوشان را ممنوع نموده اند. به همین صورت توصیه آنها استفاده از فولاد کاملا آرام برای دماهای پایین است.

سایر پارامترهای موثر بر دمای تبدیل

هرچه فولاد دانه ریزتر باشد دمای تبدیل پایینتری دارد. اندازه گیری دانه بندی فولاد بر اساس استاندارد **ASTM E 112** قابل انجام است. ضخامت قطعه نیز عامل تعیین کننده دیگری است بطوریکه در ضخامتهای کمتر از ۱۳ میلیمتر پدیده تبدیل رفتار نرم به ترد مشاهده نمی شود و هر چه ضخامت افزایش می یابد باید تمهیدات لازم جهت کاهش هر چه بیشتر دمای تبدیل پیش بینی گردد. عملیات حرارتی نیز می تواند باعث کاهش یا افزایش دمای تبدیل گردد.

آیا تبدیل رفتار نرم به ترد فولاد باعث غرق تایتانیک شد؟

پس از کشف بقایای تایتانیک در سال ۱۹۸۵، آزمایشهای مختلف کشش، متالوگرافی، ضربه و آنالیز شیمیایی روی بدنه کشتی انجام شد. نتایج این آزمونها را درجداول ۱ و ۲ و نیز شکلهای ۳و۴ مشاهده می کنید.

Table II. The Composition of Steels from the *Titanic*, a Lock Gate, and ASTM A36 Steel

	C	Mn	P	S	Si	Cu	O	N	MnS: Ratio
***Titanic* Hull Plate**	0.21	0.47	0.045	0.069	0.017	0.024	0.013	0.0035	6.8:1
Lock Gate*	0.25	0.52	0.01	0.03	0.02	—	0.018	0.0035	17.3:1
ASTM A36	0.20	0.55	0.012	0.037	0.007	0.01	0.079	0.0032	14.9:1

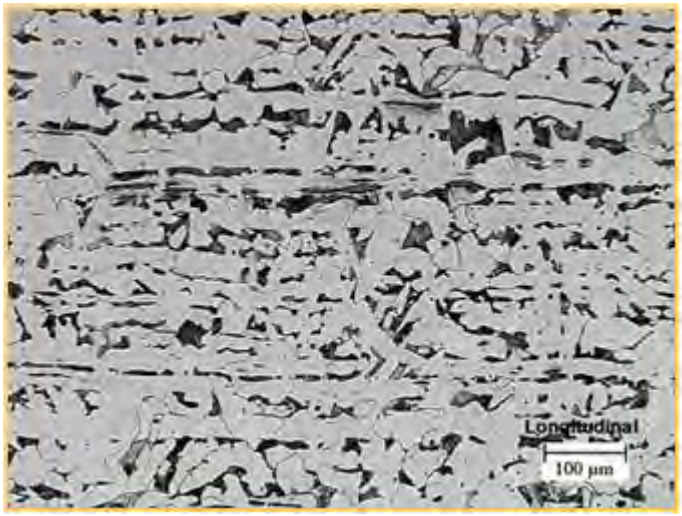
*Steel from a lock gate at the Chittenden ship lock between Lake Washington and Puget Sound, Seattle, Washington.

جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی بدنه تایتانیک و معادل سازی آن با فولاد **A36**

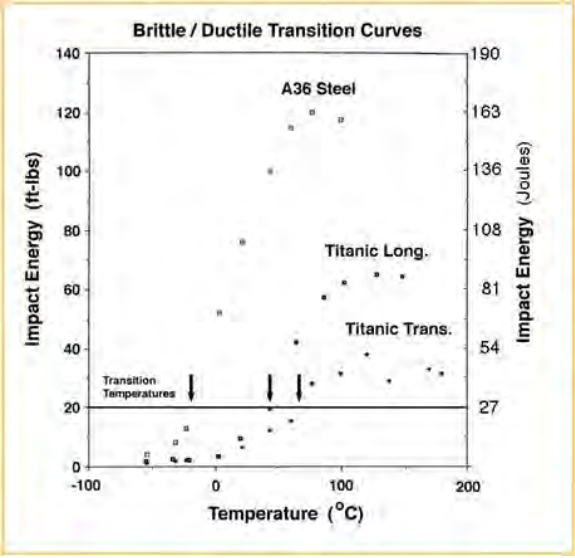
Table III. A Comparison of Tensile Testing of *Titanic* Steel and SAE 1020

	Titanic	SAE 1020
Yield Strength	193.1 MPa	206.9 MPa
Tensile Strength	417.1 MPa	379.2 MPa
Elongation	29%	26%
Reduction in Area	57.1%	50%

جدول ۲- نتایج آزمون کشش ورق بدنه تایتانیک



شکل۳ - ریز ساختار نمونه طولی ورق تایتانیک که توسط محلول نایتال ۲٪ اچ شده است



شکل۴ – نمودار آزمون ضربه شارپی

نکته مهمی که در جدول ۱مشخص است، مقدار بسیار اندک عنصر نیتروژن در فولاد تایتانیک است. این امر نشانگر آن است که فولاد با روش بسمر۱۹ تولید نشده است زیرا ویژگی فولادهای تولیدی با این روش وجود مقادیر زیاد نیتروژن است که باعث ترد شدن فولاد بویژه در دماهای پایین می گردد. در اوایل قرن بیستم تنها روش تولید فولادهای سازه ای، فرآیند کوره آتشدان روباز(زیمنس–مارتین)۲۰ بوده است. مقادیر زیاد اکسیژن و مقدار کم سیلیسیوم آن بیانگر اکسیژین زدایی جزیی فولاد است یعنی نیمه آرام بوده است.

تحقیقات یک دانشمند نشان می دهد در عصر تایتانیک، حدود دو سوم فولادهای تولیدی با کوره آتشدان روباز انگلستان، در کوره هایی با آستری اسیدی تولید می شده اند. احتمال زیادی وجود دارد که فولاد مورد استفاده در ساخت تایتانیک نیز در چنین کوره ای تولید شده باشد که دلیلی بر مقادیر زیاد فسفر و گوگرد فولاد است. آستری بازی۲۱ در واکنش با فسفر و گوگرد فولاد، سبب حذف این ناخالصیها از فولاد می گردد همانند بیشتر فولادهایی که در آن زمان در گلاسکو اسکاتلند تولید می شدند.

در جدول ۱ آنالیز شیمیایی دو فولاد دیگر نیز آمده اند. یکی مربوط به فولاد کشتی **lock gates** است که در سال ۱۹۱۲ در ایالات متحده ساخته شده بود و عمری برابر با تایتانیک دارد و دیگری فولاد **ASTM A36** است که فولادی مدرن و امروزیست.

همانگونه که در جدول ۱ مشخص است مقایسه بین ورق تایتانیک با **A36** نشان می دهد که فولادهای امروزی منگنز بیشتر و گوگرد کمتری نسبت به فولادهای یک قرن پیش داشته و در نتیجه نسبت **Mn:S** بالاتر است که خود باعث کاهش احتمال رخ دادن پدیده تبدیل رفتار نرم به ترد می گردد.

این نکته نیز قابل توجه است که فولاد **A36** مقدار فسفر کمتری نسبت به فولاد بدنه تایتانیک دارد که این امر کاهش دمای تبدیل را در پی دارد. اگر در شکل ۳ دقت کنیم می توانیم کلنی های کشیده شده فاز پرلیت را ببنیم. در مناطقی از ساختار هم ذرات درشت و کشیده **MnS** که فازی مضر در فولاد است، دیده می شوند. در ریز ساختار پدیده **banding** قابل مشاهده است.

در پی اندازه گیریهای انجام شده، قطر متوسط دانه در مقطع طولی ۶۰/۴ میکرون و در مقطع عرضی ۴۱/۹۲ میکرون گزارش شده است. این پارامتر برای فولاد **A36** عدد ۲۶/۱۷ میکرون است. برای بررسی بیشتر از میکروسکوپ الکترونی روبشی۲۲ و نیز روش **EDAX** ۲۳ بهره گرفته شد.

۳ سری نمونه ضربه در دامنه دمایی ۵۵– درجه سانتیگراد تا ۱۷۹ درجه سانتیگراد مورد آزمون قرار گرفتند که ۲ سری مربوط به نمونه های طولی و عرضی تایتانیک و یک سری نیز مربوط به فولاد **A36** بود.

توجه دقیق به شکل ۴ این واقعیت را نشان می دهد که دمای تبدیل یا همان **DBTT** برای نمونه طولی ورق تایتانیک ۳۲ درجه سانتیگراد و ۵۶ درجه سانتیگراد برای نمونه عرضی بوده است یعنی این فولاد در دماهای زیر ۳۳ درجه سانتیگراد ترد شده و مستعد آسیب بوده است.

ورق تایتانیک دارای ضخامت اسمی ۱/۸۷۵ سانتیمتر بود که بر اثر خوردگی توسط آب شور اقیانوس این میزان کاهش یافته بود و امکان ماشینکاری نمونه استاندارد کشش وجود نداشت لذا از نمونه گرد با قطر ۰/۶۲۵ سانتیمتر و طول گیج ۲/۵ سانتیمتر استفاده شد. توجه به این مطلب لازم است که با توجه به جدول ۲، ورق تایتانیک از استحکام قابل قبولی برخوردار بوده است.

با عنایت به مطالب ذکر شده، می توان انگشت اتهام را در غرق تایتانیک به سمت پدیده تبدیل رفتار نرم به ترد (**DBTT**) نشانه رفت. بنا بر گزارشها و مدارک موجود، دمای آب به هنگام برخورد تایتانیک با کوه یخ، ۲- درجه سانتیگراد بوده است که اگر این عامل را در کنار تافنس کم فولاد بدنه تایتانیک به دلایلی از جمله: میزان کم منگنز، پایین بودن نسبت **Mn:S** ، درشت دانه بودن فریتها و نیز وجود کلنی های درشت پرلیت قرار دهیم به این نتیجه می رسیم که با وجود استفاده از مرغوبترین فولادی که سازندگان تایتانیک در دسترس داشتند اما رخ دادن پدیده تبدیل رفتار نرم به ترد فولاد در کنار عامل نیروی اعمالی هنگام برخورد به کوه یخ سبب ایجاد آن فاجعه گردید.

قصه پرغصه غرق شدن نسخه اصلی رباعیات خیام

شاید خیلی از ایرانیان ندانند که نسخه اصلی و دستنویس کتاب رباعیات خیام با کشتی تایتانیک به عمق اقیانوس رفت و متاسفانه نابود شد و در کنار بسیاری دیگر از شناسنامه های ازبین رفته فرهنگ و تمدن ایران قرار گرفت. این کتاب بسیار پرارزش که «عمر اعظم» نام داشت سرگذشت بسیار غم انگیزی دارد و سه روایت درباره آن نقل شده است.براساس یک روایت این کتاب را یکی از شاهزادگان قاجار برای فروش به امریکا می برده است و چون او یکی از سرنشینان کشتی تایتانیک بود، این کتاب را با خود به قعر اقیانوس برد و به این ترتیب برگی دیگر بر ماجرای قاچاق ثروت های ملی ایران افزوده و یک اثر نفیس نابود شد. روایت دوم نیز دست کمی از روایت نخست ندارد. «بنیامین عمربوساژ» که باخبر می شود نسخه دستنویس رباعیات خیام (عمر اعظم) در دست یکی از شاهزادگان ایرانی است، به ایران سفر می کند، دیگ طمع این شاهزاده ضدملی را به جوش می آورد، کتاب را از او می خرد و هنگام بازگشت به امریکا، چون با کشتی تایتانیک سفر می کرده است، این کتاب به قعر اقیانوس می رود و یک اثر نایاب از فرهنگ ایران زمین متاسفانه نابود می شود.و اما براساس روایت سوم، صحافی به نام «فرانسیس ستکلایف تلاش» آن را خریداری کرده، از نظر صحافی روی آن کار می کند و قصد فروش آن را داشته که به علت بحران اقتصادی انگلیس (سال ۱۹۱۲) تصمیم می گیرد آن را برای فروش به امریکا ببرد، به یک مسافر امریکایی می فروشد و چون خریدار مسافر کشتی تایتانیک بوده کتاب با غرق کشتی به اعماق دریا می رود و نابود می شود.می گویند برادرزاده صحاف انگلیسی «استانلی» از باقیمانده کتاب و تصاویری که از آن داشته است، نسخه دومی- نه به ارزش نسخه اول که به روایتی خط و نوشته خود خیام بوده است- تهیه می کند که این نسخه نیز در بمباران لندن، طی جنگ جهانی دوم نابود می شود.وی دست از کار نمی کشد و نسخه سومی از طرح ها، عکس ها و تصاویر نسخه های اول و دوم تهیه می کند که این نسخه در اختیار همسر و بازماندگان «استانلی بری» بوده است که چند سال پیش به موزه بریتانیا تعلق گرفت. در این کتاب که هم اکنون در موزه بریتانیا موجود است یک هزار قطعه جواهر، هزاران سنگ قیمتی رنگارنگ و چند مترمربع ورقه طلا به کار رفته است. قصه پرغصه کتاب دستنویس رباعیات خیام را بسیاری از نویسندگان جهان که شیفته این دانشمند بزرگ ایرانی بوده اند، با درد و اندوه نگاشته اند. (نقل از مرجع ۵)

یادگارهای تایتانیک

نامه ای که "ادولف سافلد" ۵ روز پیش از غرق شدن تایتانیک، به همسرش نوشته بود در حراجی لندن در سال ۲۰۰۹ به قیمت ۸۵ هزار دلار به فروش رفت.یک موزه انگلیسی که نام آن ذکر نشده است این مبلغ رکورد شکن را پرداخت نموده است. در این نامه چگونگی زندگی در تایتانیک از دید مسافران بخش درجه یک توصیف شده و در پایین برگه اندازه کابین و تزئینات آن نوشته شده است. همچنین در این حراجی کلیدی متعلق به یکی از کارکنان کشتی که در دقیقه آخر از تایتانیک خارج شده است به قیمت ۵۴ هزار دلار و مجموعه ای از عکسهای این کشتی مجلل و مسافرانش ۱۰۰ هزار دلار فروخته شد.

درسهایی از تایتانیک

غرق شدن تایتانیک باعث شد که قوانین حفاظتی جدیدی برای حفظ جان مسافران خطوط کشتیرانی وضع شود. قوانینی مانند:
کشتی ها باید به تعداد کافی قایق نجات داشته باشند طوری که گنجایش همه مسافران وجود داشته باشد وبی سیمچی های کشتی باید در تمام طول شب به رادیوهایشان گوش دهند. پس از این حادثه دلخراش بود که گشت مخصوصی ایجاد شد تا به کشتی ها در مورد کوههای یخ خطرناک هشدار دهد.

دیگر کسی جرئت نکرد هیچ کشتی را "غرق نشدنی" بنامد. تایتانیک درس عبرت دردناکی برای همه بود.

زیرنویس ها:

۱- **White Star Lines**

۲- **RMS Titanic**

۳- **Dr. Robert Ballard**

۴- **sonar**

۵- **J. Bruce Ismay**

۶- **ductile-to-brittle transition temperature (DBTT)**

۷- **face centered cubic (FCC)**

۸- **brittle fracture**

۹- **body centered cubic (BCC)**

۱۰- **hexagonal close packed (HCP)**

۱۱- **Charpy impact test**

۱۲- **crack tip opening displacement (CTOD)**

۱۳- **Drop-weight test (Pellini test)**

۱۴- **killing**

۱۵- **fully killed**

۱۶- **killed steel**

۱۷- **semi-killed**

۱۸- **rimmed steel**

۱۹- **Bessemer process**

۲۰- **open-hearth process**

۲۱- **lining of the basic open-hearth furnace**

۲۲- **SEM –scanning electron microscopy**

۲۳- **energy-dispersive x-ray analysis**

مراجع

1- **G. E. Dieter, *Mechanical Metallurgy*, McGraw-Hill Series in Materials Science and Engineering, 1988, pp. 471-488**

2- **http://www.tms.org/pubs/journals/JOM/9801/Felkins-9801.html**

3- **http://en.wikipedia.org/wiki/RMS_Titanic**

4- **http://www.ecophotoexplorers.com/ecotitanic.asp**

۵- روزنامه اعتماد، ۳۰ آذر ماه ۱۳۸۸، شماره ۲۱۳۲، صفحه آخر

۶- روزنامه جام جم، سه شنبه ۳۱ فروردین ۱۳۸۹

۷- سرگذشت تایتانیک،گردآوری و تحقیق: اصغر ناصری، آبانماه ۱۳۸۱، **http://www.tdins.org**

۸- تایتانیک: فاجعه ای که جهان را تکان داد، نوشته مارک دابوسکی، ترجمه سپیده خلیلی، انتشارات قدیانی، ۱۳۷۸

تریبولوژی چیست؟

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در" مجله دانشمند، سال چهل و هشتم، شماره ۹ (پیاپی ۵۶۶)، آذرماه ۱۳۸۹" به چاپ رسیده است.

واژه های کلیدی: اصطکاک، سایش، روانکاری، سطح

مقدمه

گاهی اوقات با واژه هایی غریب و ناآشنا روبرو می شویم و معمولا برای یافتن معنای آنها، تلاشی جدی انجام نمی دهیم. "تریبولوژی"[1] یکی از همین واژه هاست که اگر برای نخستین بار با آن برخورد کنیم قطعا نمی توانیم حدس بزنیم به کدام شاخه از علوم مرتبط است: پزشکی، جانور شناسی، جغرافی، ریاضی یا ...؟ در این نوشتار تلاش خواهد شد تریبولوژی و پدیده های وابسته به آن به صورت بسیار فشرده معرفی شده و دریچه ای رو به این دانش گسترده گشوده گردد.

حرکت؛ سنگ بنای تمدن

اگر حرکت وجود نداشته باشد بسیاری از سیستم های مهندسی از کار می افتند. همانطور که می دانید جابجایی یک جسم با زمان تعریف حرکت است. در مقیاسی بزرگتر، اگر بخواهیم بدانیم اجسام چگونه حرکت می کنند و چه نیروهایی سبب حرکت اجسام می شود باید از دینامیک کمک بگیریم. در اطراف ما فرآیندهای بیشماری وجود دارند که به حرکت و رفتار دینامیکی جامدات، مایعات و گازها وابسته اند. به عنوان مثال جریان داشتن خون در رگها، حرکت یک دوچرخه، بالا رفتن آسانسور و ... نتیجه فعالیت سیستمهای بیولوژیکی و مکانیکی هستند. علاوه بر اینها، برخی پدیده های غیر مکانیکی که در مبحث الکترونیک یا اپتیک قرار می گیرند نیز بر پایه حرکت ذراتی بسیار کوچک مانند الکترونها، یونها و کوانتوم استوار شده اند. معمولا هر جا حرکتی وجود داشته باشد، مقاومت در برابر حرکت یا اصطکاک هم وجود دارد. پدیده اصطکاک به دلیل برهم کنشهای فیزیکی بین اجسامی که نسبت به هم حرکت می کنند، به وجود می آید. اگر یکی از اجسام متحرک، جامد باشد تاثیر اصطکاک به صورت سایش ظاهر می شود که معمولا به صورت تخریب سطحی جسم جامد خود را نشان می دهد.

معمولا هر گاه صحبت از اصطکاک می شود ما فورا دو جسم جامد در تماس با یکدیگر را تصور می کنیم اما حرکت نسبی بین جامد و مایع(کشتی ها، لوله آب) یا بین جامد و گاز(هواپیما ها، توربین گازی) نیز باعث به وجود آمدن اصطکاک می گردد.

از کجا آغاز گردید؟

با پیشرفت های صنعتی پس از جنگ جهانی دوم، نیاز به استفاده از سرعت های بالاتر و نیروها و درجه حرارتهای بیشتر، بیش از پیش احساس می شد.این مساله به همراه روشهای نوین تولید و نیز ساخت مواد مهندسی جدید باعث شد تا اصطکاک، سایش و روانکاری از اهمیت ویژه ای برخوردار شوند. اهمیت موضوع سبب گردید تا جمعی از متخصصین و صاحب نظران در سال ۱۹۶۶ در کشور انگلستان دور هم جمع شوند و جنبه های مختلف این پدیده ها را مورد بررسی قرار دهند. این دانشمندان پس از پایان کار خود در گزارشی که منتشر نمودند توصیه کردند که باید مطالعات مربوط به اصطکاک، سایش و روانکاری سامان یابد و جایگاهی مستقل در علوم مهندسی پیدا کند. آنها پس از مشورت با دست اندرکاران لغت نامه آکسفورد، واژه تریبولوژی را برای این گستره جدید پیشنهاد نمودند.

چرا تریبولوژی؟

تریبولوژی از واژه یونانی "تریبو" به معنای لغزش دو جسم روی یکدیگر مشتق شده است و تمام فرآیندهای اصطکاکی بین دو جسم که با هم در تماس هستند و نسبت به یکدیگر حرکت می کنند را در بر می گیرد. تریبولوژی را به این صورت هم می توان تعریف کرد: مطالعه اصطکاک، سایش و روانکاری. فرآیندهای مرتبط با تریبولوژی شامل تمام پدیده هایی هستند که در آنها یک جسم روی جسم دیگری می لغزد یا حرکت می کند. با این تعاریف تمام مثالهای زیر در این دامنه جای می گیرند:

بلبرینگ، چرخ دنده ها، میل لنگ، سیلندر، پیستون، تراش کاری، شکل دهی فلزات، پولیش کردن، سوراخ کاری، روشن کردن یک کبریت، حرکت مفصلها در بدن انسان و هزاران پدیده دیگر.

اگرچه واژه تریبولوژی نسبتا جدید است اما مطالعه اصطکاک، سایش و روانکاری پیشینه ای بسیار طولانی دارد و در این زمینه ها بیشترین کارهای علمی و عملی بر روی پدیده اصطکاک صورت گرفته است زیرا که اصطکاک از دیرباز تاثیر خود را در زندگی روزمره نشان داده است.

اصطکاک؛ همراه قدیمی بشر

جالب است بدانید حتی انسانهای اولیه هم به اصطکاک از دو جنبه علاقه مند بوده اند؛ نخست استفاده از حرارت ناشی از اصطکاک برای روشن کردن آتش و دوم غلبه بر اصطکاک در حمل و نقل اجسام. اختراع چرخ یکی از مهم ترین تحولات زندگی بشر بود و او را قادر ساخت تا کار لازم برای غلبه بر اصکاک را کاهش دهد. به نظر می رسد که انسان از ۹۰۰۰ سال پیش ارابه را به خدمت گرفته باشد. پژوهشها و تحقیقات پیشینیان و اجداد ما تا بدان جا ادامه یافت که به ابداع لاستیک انجامید. شاید برایتان جالب باشد که بدانید ایرانیان نخستین قومی بودند که از چیزی شبیه لاستیک روی چرخ ارابه های خود استفاده می کردند و شما می توانید این ابتکار را در سنگ نگاره های تخت جمشید مشاهده کنید.

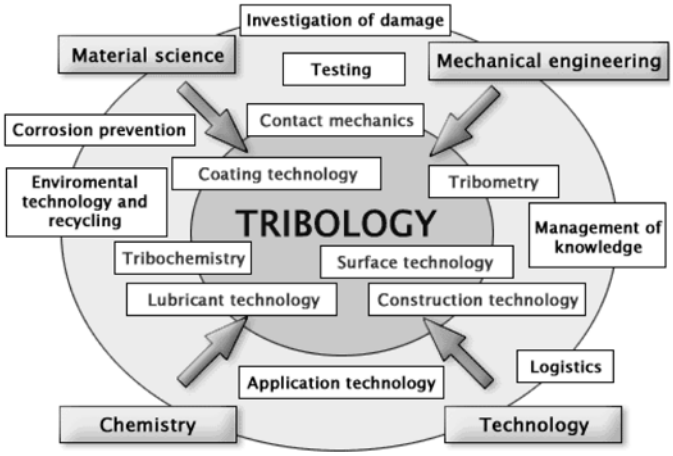
دو قانون تجربی در مورد اصطکاک وجود دارد: در اولین قانون تصریح می شود که اصطکاک مستقل از شکل هندسی یا سطح تماس دو جسم است و دومین قانون بیان می کند که نیروی اصطکاک متناسب با نیروی عمودی بین دو جسم است. این دو قانون نخستین بار توسط لئوناردو داوینچی در حدود سال ۱۵۰۰ میلادی به صورت فرمول بیان شد اما با گذشت زمان به بوته فراموشی سپرده شد تا اینکه یک مهندس فرانسوی به نام **Amontons** در سال ۱۶۹۹ این قوانین را دوباره کشف کرد. نیوتن، گالیله و کلمب از جمله دانشمندانی هستند که بررسی های زیادی در مورد اصطکاک انجام دادند. تئوری نوین اصطکاک بر مبنای تحقیقات **Bowden** و **Tabor** بنا شده است. این دو پژوهشگر در سال ۱۹۶۴ پیشنهاد کردند که اصطکاک نیروی لازم برای غلبه بر اتصالات مولکولی بین دو جسم است. آنها از تئوری خود برای توجیه پدیده های مرتبط با اصطکاک بهره جستند که از آن جمله می توان به ثابت بودن ضریب اصطکاک و مستقل بودن اصطکاک از اندازه یا سطح تماس اشاره نمود. امروزه دوگانه بودن اصطکاک به عنوان یک تئوری عمومی مورد پذیرش قرار گرفته است؛ یعنی اصطکاک را دارای رفتار دوگانه مولکولی– مکانیکی می دانند. البته تحقیقات در این زمینه همچنان ادامه دارد.

سایش؛ همه دانشمندان باید متحد شوند!

اگرچه مفهوم سایش به راحتی قابل درک است اما تعریف کردن آن مشکل است. یک تعریف سایش از دید تریبولوژی، کاهش مداوم ماده از سطح جسمی است که نسبت به جسم دیگر دارای حرکت نسبی است. نخستین مطالعات جامع در مورد سایش توسط داوینچی انجام شد. در دست نوشته ای که در سال ۱۹۶۷ در اسپانیا یافت شد، لئوناردو داوینچی بررسی های خود را در مورد سایش شرح داده است. او دریافته بود که سایش با اضافه کردن بار[۲] افزایش می یابد. وی برای به حداقل رساندن سایش، یک یاتاقان طراحی کرد و جنس آن را از آلیاژ ۳۰ درصد مس و ۷۰ درصد قلع انتخاب نمود.

دوران جدید بررسی های سایش مربوط به دهه ۳۰ میلادی است. در این سالها محققان دریافتند که فلزات ممکن است در طول فرآیند سایش، اکسید شوند و بدین خاطر بر روی تاثیر اتمسفر محیط بر روی سایش فلزات به عنوان پارامتر مهمی تاکید کردند. **Siebel** در سال ۱۹۳۸ به این نکته اشاره کرد که پژوهشهای فراوانی توسط فیزیکدانها، شیمیدانها، متالورژیستها و طراحان و تئورسین های الاستیسیته و پلاستیسیته می بایست انجام شود تا یک پیشرفت واقعی در زمینه مطالعه سایش حاصل گردد.

تحقیقات دانشمندان ادامه یافت تا اینکه **Archard** قوانین تجربی سایش را به این صورت بیان کرد: حجم سایش با بار و مسافت لغزش نسبت مستقیم و با سختی فلز نرم تر از میان دو فلزی که در تماسند، نسبت معکوس دارد. پژوهشها در مورد سایش هنوز هم ادامه دارد و علاوه بر فلزات، سرامیکها، پلیمرها و کامپوزیتها را نیز در بر می گیرد.



شکل۱ – ارتباط تریبولوژی و سایر علوم و فنون

روانکاری با سابقه ای ۵۰۰۰ ساله

روانکاری فرآیندی است که در آن با استفاده از یک روانساز جامد، مایع یا گاز، اصطکاک و/ یا سایش بین سطوحی که نسبت به هم به طور نسبی در حال حرکتند، کاهش می یابد. از آنجا که اصطکاک و سایش الزاما با یکدیگر به طور همزمان وجود ندارند از واژه و/ یا استفاده شده است. روانساز ماده ای است که برای کاهش اصطکاک یا سایش یا هر دو بین سطوح متحرک در حال تماس به کار می رود. انتخاب روانساز مناسب برای هر ماده با در نظر گرفتن نوع فرآیند، دمای انجام فرآیند و سایر ویژگیها انجام می گیرد. پژوهشهای باستانشناسی نشان می دهد که استفاده از روانساز، پیشینه ای ۵۰۰۰ ساله در مصر، آشور و ایران دارد. امروزه دگرگونیهای بسیاری در روانسازها بوجود آمده است و روانکاری جایگاه برجسته ای در میان علوم به خود اختصاص داده است.

تریبولوژی چقدر اهمیت دارد؟

برگردیم به بحث اصلی خودمان یعنی تریبولوژی. با بکارگیری درست تریبولوژی ما شاهد کاهش قابل توجهی در هزینه های نگهداری و تعویض قطعات خواهیم بود. همچنین با کاستن از اصطکاک، عمر مفید ابزار و دستگاه ها افزایش خواهد یافت. به عنوان مثال اعلام شده است که با استفاده از دانش تریبولوژی سالانه نزدیک به ۱۶ میلیارد دلار صرفه جویی در انرژی فقط در ایالات متحده آمریکا قابل دسترسی خواهد بود. بد نیست بدانید که پس از معرفی تریبولوژی در سال ۱۹۶۶ در فاصله ۱۱ سال حدود ۵۵۰۰۰ مقاله در نشریات مختلف پیرامون تریبولوژی به چاپ رسید. بر اساس آمارهای موجود، در سالهای اخیر به طور میانگین هر سال ۸۰۰۰ مقاله در این زمینه منتشر شده است. در کشور ما چندین سال است که به این مقوله با نگاه علمی نگریسته شده و انجمن

علوم و تکنولوژی سطح ایران که در اردیبهشت ۱۳۷۲ تأسیس شده، در این زمینه فعالیت دارد. یازدهمین همایش ملی مهندسی سطح مهر ماه ۱۳۸۹در تهران برگزار گردید که یکی از زمینه های موضوعی آن به تریبولوژی و سایش اختصاص داشت.

پی نوشت:

۱- **Tribology**

۲- **Load**

مراجع

1- **M.B. Bever, Encyclopedia of Materials Science and Engineering, Pergamon press, Vol. 7, pp. 5145-5157, 1986**

2- **H. Czichos, Tribology, a System Approach, Elsevier Scientific Publishing Co., 1978**

3- **J.A. Schey, Tribology in Metal Working, American Society of Metals,1983**

مجسمه اسکار؛ پیوند متالورژی و هنر هفتم

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در " مجله دانشمند، سال پنجاهم، شماره ۷ (پیاپی۶۰۰)، مهر۱۳۹۲" به چاپ رسیده است.

واژه های کلیدی: اسکار، آبکاری، متالورژی

مقدمه

بیش از هشتاد سال است که مجسمه اسکار به عنوان جایزه به بهترینهای صنعت سینما اهدا می شود. هر سال مردان و زنانی که به صنعت سینما خدمات قابل توجهی ارائه نموده‌اند، جایزه اسکار را دریافت می‌کنند اما به احتمال زیاد، هیچ یک از برندگان این جایزه معتبر، از چگونگی ساخته شدن این مجسمه کوچک آگاهی ندارند. این نوشتار بر آن است تا ضمن مرور تاریخچه اسکار و نیز معرفی و بررسی فرآیندهای متعدد تولید این جایزه ارزنده ، به نقش مهندسی متالورژی در ساخت آن بپردازد.

مراسم اسکار، از آغاز تا کنون

فکر اعطای جایزه اسکار نخستین بار در سال ۱۹۲۷ مطرح شد. این زمانی بود که آکادمی هنرها و علوم سینمایی[۱] تصمیم گرفت جوایزی را برای دستاوردهای ممتاز به هنرمندان اهدا کند. (البته این جایزه تا سال ۱۹۳۹ رسما نام اسکار را بر خود نداشت). نخستین بار این جایزه به فیلم هایی اهدا شد که از اول ماه اوت ۱۹۲۷ تا سی و یکم جولای ۱۹۲۸ به نمایش در آمده بودند. این شیوه (شش ماهه) تا سال ۱۹۳۳ اعمال شد و از ۱۹۳۴ سال تقویمی در نظر گرفته شد و تا امروز هم پا برجا مانده است. بر اساس این قانون فیلمی می تواند در این جشنواره شرکت کند و نامزد دریافت جایزه شود که طی یک ساله منتهی به ۳۱ دسامبر حداقل به مدت یک هفته در شهر لس آنجلس به نمایش عمومی در آمده باشد. اولین مراسم اسکار یا در واقع جایزه آکادمی شانزدهم ماه مه سال ۱۹۲۹ در کنار یک مراسم شام رسمی در هتل روزولت هالیوود با حضور ۲۷۰ نفر که هر یک پنج دلار برای شرکت در آن پرداخته بودند، برگزار شد. نتایج را سه ماه پیش از آن اعلام کرده بودند بنابراین مطبوعات به این رویداد که یک امر نه چندان مهم صنفی تلقی می شد توجه چندانی نشان ندادند. فیلم «بالها» جایزه بهترین فیلم را برد، امیل یانینگز جایزه بهترین بازیگر مرد را دریافت کرد و ژانت گینور جایزه بهترین بازیگر زن را ربود.

با گذشت زمان به سرعت بر ابعاد و اهمیت این رویداد افزوده شد و همین اهمیت باعث شد تا این مراسم در سال ۱۹۵۳ برای نخستین بار از تلویزیون پخش شود. مراسم اسکار یکی از پر بیننده ترین برنامه های تلویزیونی است که در بیش از ۲۰۰ کشور دنیا دیده می شود. اولین مراسم اسکار پخش تلویزیونی نداشت و فقط پانزده دقیقه به طول انجامید در حالیکه چهار میلیارد و صد و شصت و دو میلیون نفر بیننده ی مراسم اسکار ۲۰۱۰ بودند که ۳ ساعت و ۳۷ دقیقه طول کشید. رکورد بینندگان اسکار مربوط به ۱۹۹۸ است که ۵ میلیارد و ۷۲۵ میلیون نفر شاهد درو کردن جوایز توسط فیلم تایتانیک بودند.

قرارداد تلویزیونی برای پخش این مراسم، بنیه مالی آکادمی را افزایش بسیاری داده است. این مبلغ هنگفت به مسئولان آکادمی کمک می کند که به برنامه های مهم در امر پژوهش، بورس های تحصیلی، گرد آوری و نگهداری فیلم ها و انتشار کتب و مجلات بپردازند. همان طور که آکادمی از طریق پخش تلوزیونی مراسم صاحب درآمد چشمگیری می شود، برندگان و نامزدهای اسکار هم از نظر اقتصادی سود کلانی می برند. فروش بالای فیلم ها و چند برابر شدن دستمزد سینماگران نامزد و برنده تنها بخشی از تاثیراتی است که این مراسم در صنعت سینما برجای می گذارد.

اسکار قدیمی ترین جایزه در حوزه رسانه است و سایر جوایز معروف در این حوزه نظیر جایزه گرمی[۲] برای موسیقی، جایزه امی[۳] برای آثار تلویزیونی و جایزه تونی[۴] برای تئاتر، همگی پس از آن پایه گذاری شده اند.

برندگان چگونه انتخاب می شوند؟

در دو سال اول کمیته ای متشکل از بیست عضو از همه رشته ها انتخاب شدند که پنج نامزد دریافت جایزه را انتخاب کرده و سپس فقط پنج نفر از اعضای کمیته، برندگان اول را برگزیدند. در سال سوم، چهارصد نفر گزینش را انجام دادند.

امروزه آکادمی سالانه در هر رشته سینمایی فهرست دستاوردهای برجسته را برای اعضای همان رشته می فرستد (مثلا رشته کارگردانی برای کارگردان ها و ...). هر یک از اعضا (این اعضا در حال حاضر در حدود ۶۰۰۰ نفر هستند) موظف هستند که از بین این فهرست پنج نام را در رشته خود و پنج نام را به عنوان بهترین فیلم انتخاب کنند و آنها را به آکادمی بدهند (مورد آخر یعنی تعداد نامزدهای بهترین فیلم از سال ۲۰۱۰ دستخوش تغییر شده و به ۱۰ فیلم افزایش یافته است) پس از شمارش آراء اولیه، پنج نام به عنوان نامزدهای آن رشته برگزیده می شوند و بار دیگر این نام ها در اختیار اعضا قرار می گیرد. این بار در رای گیری نهایی از بین پنج نامزد، اعضا می توانند در همه رشته ها رای بدهند، ولی با توجه به اینکه برای رای دادن به بهترین فیلم غیر انگلیسی زبان، مستند و انیمیشن باید تمامی فیلم های نامزد جایزه را دیده باشند، معمولا در این موارد تعداد آراء کاهش می یابد. این آراء این بار مستقیما به شرکت مستقل حسابرسی پرایس واتر هاوس[۵] فرستاده می شوند. رئیس این شرکت به همراه چند تن از اعضای قابل اعتماد خود در یک اتاق مخصوص به آراء رسیدگی می کنند. پس از آنکه کلیه آراء خوانده شد، نام برندگان در دو نسخه در پاکت های لاک و مهر شده قرار می گیرند. یکی از این نسخه ها به داخل گاو صندوق شرکت رفته و نسخه دیگر در روز مراسم در اختیار رئیس آکادمی قرار می گیرد. تا امروز خدشه ای به این نوع رای گیری وارد نشده و هیچ یک از اعضا تا زمان اعلام نام برندگان، نتیجه را نمی دانند.

مجسمه اسکار چگونه ساخته می شود؟

سدریک گیبونز[۶] که عضو آکادمی و کارگردان هنری کمپانی مترو گلدوین مایر[۷] بود هنگامی که اعضای آکادمی بر سر نوع جایزه مذاکره می کردند، به فکر این مجسمه افتاد و طرح آن را ارائه داد. طرح گیبونز، تندیسی از یک شوالیه بود که شمشیری به دست دارد و روی یک حلقه فیلم ایستاده است. این حلقه فیلم پنج پره دارد که نشانه پنج صنف اولیه آکادمی (تهیه کنندگان، کارگردانان، بازیگران، تکنیسینها و نویسندگان) است. این طرح در اختیار مجسمه ساز مطرح جورج استنلی[۸] قرار گرفت و او آن را به بلندی ۳۳ سانتی متر و وزن ۳ کیلو و۸۵۰ گرم ساخت. اولین اسکار در کارگاه ریخته گری شرکت **C.W. Shumway & Sons Foundry** که در ایلینویز بود در ۱۹۲۸ساخته شد و ارزش آن صد دلار بود. ۱۵ اسکار اولیه که در چند مراسم ابتدایی اهدا شدند از برنز ساخته شده بودند و روی آن را آب طلا داده بودند. اما مجسمه اسکار امروزی از آلیاژی موسوم به پیوتر[۹] ساخته می شود. پیوتر آلیاژی بر پایه قلع است که تا ۳۰ درصد سرب دارد. انواعی از این آلیاژ دارای عناصری نظیر آنتیموان، مس و روی نیز هستند. وجود سرب باعث می شود رنگ آلیاژ تیره شود. عنصر آنتیموان برای بهتر پولیش شدن آلیاژ افزوده می شود. بیش از ۳۲ نوع آلیاژ پیوتر وجود دارد که درصد عناصر ذکر شده در آنها متفاوت است و هر یک نامی جداگانه دارند. فلز بریتانیا[۱۰] که به آن **britannium** نیز گفته می شود یکی از انواع پیوتر است که اسکار را با آن می سازند. فلز بریتانیا علاوه بر قلع دارای ۵ درصد آنتیموان و ۲ درصد مس است. ریشه نامگذاری آن به این برمی گردد که این آلیاژ در ۱۷۷۰ توسط یک تولید کننده در شفیلد انگلیس ساخته شده است. مجسمه اسکار از ۳ بخش تشکیل شده است: بدنه و دو قسمت دیگر که پایه اش را تشکیل می دهند. بدنه بصورت دستی در قالبی چند تکه ریخته گری می شود. پس از ریخته گری قالب باز شده و قطعه خنک می شود. سپس قطعه پلیسه برداری شده و راهگاه از آن جدا می شود. پس از این مرحله بدنه مجسمه سنگ زده می شود و در حد آینه ای پرداخت می گردد. سپس توسط غوطه وری در مایع، چربی زدایی می شود تا چربی، روغن و سایر مواد برجای مانده از مراحل سنگ زدن و پرداخت از بین برود. پس از چربی زدایی، آبکاری در چهار مرحله با چهار فلز مختلف انجام می شود. در ابتدا بدنه توسط مس پوشش داده شده و سپس شسته می شود. آنگاه پوشش نیکل اعمال می شود تا حفره ها پر شوند. پس از شستشو، بدنه با لایه ای نازک از نقره پوشش داده می شود

زیرا طلا به سطحی که با نقره پوشش داده شده است بهتر می چسبد. در نهایت بدنه در محفظه ای حاوی محلول طلا قرار می گیرد تا طلای ۲۴ عیار روی آن بنشیند. بیشترین زمان آبکاری را این مرحله به خود اختصاص می دهد. پس از آبکاری با طلا، بدنه با نوعی لاک براق می گردد. پایه این مجسمه از دو قسمت تشکیل شده است که قسمت داخلی آن یک فلز ریختگی بوده و بر روی آن قسمت بعدی قرار می گیرد. با اتصال پایه به بدنه که سبب افزایش وزن در کل مجسمه می شود، توازن در مجسمه برقرار می گردد. پوشش خارجی پایه از جنس برنج براق شده است. این قسمت توسط نیکل پوشش داده شده و لاک زده می شود. همانگونه که می بینید مجسمه اسکار نمونه ای منحصر به فرد از فرآیندهای مختلف متالورژیکی برای ساختن مجسمه ای با کیفیت عالی است.این تندیس از نظر قانونی در سال ۱۹۴۱ به ثبت رسیده و از ۱۹۸۳ تا کنون شرکت **R.S. Owens** در شیکاگو سالانه ۵۰ عدد از این تندیس ها را می سازد. ۱۲ نفر در ساخت اسکار شرکت دارند و برای ساخت هر اسکار حدود ۲۰ ساعت وقت صرف می شود.

امروز ارزش مادی هر یک از این تندیس ها ۲۰۰ دلار است، اما این قیمت مهم نیست و ارزش معنوی آن برای برندگان آن غیر قابل محاسبه است.

ناگفته های اسکار

آکادمی به هنگام تاسیسش در سال ۱۹۲۷ تنها ۳۷ عضو داشت که از افراد رده بالای صنعت فیلم بودند. امروزه آکادمی ۵۸۳۵ عضو دارد که بازیگران ۲۱ درصد آنان را تشکیل می دهند. عضویت تنها از راه دعوت امکان پذیر است و تنها محدود به کسانی ست که در هنر (بازیگری، نویسندگی و کارگردانی) یا علوم (فیلمبرداری، تدوین و غیره) سرآمد هستند. هر عضو آکادمی در رشته تخصصی خود حق رای دارد.

معیارهایی که باعث می شوند کسی نامزد دریافت جایزه اسکار شود پیچیده اند و به مقررات تک تک صنف های آکادمی بستگی دارند. مثلا نامزد های جایزه بهترین فیلم غیر انگلیسی زبان را کشورهای مربوطه تعیین می کنند و برای آکادمی می فرستند. در جریان رقابت برای نامزدی، استودیوهای فیلمسازی با فرستادن نسخه دی وی دی فیلم ها برای اعضای آکادمی یا با دادن آگهی هایی با عنوان "برای ملاحظه شما" توجه آنها را نسبت به فیلم خود جلب می کنند.

بیشترین تعداد اسکاری که تاکنون یک فیلم برده است ۱۱ جایزه است. سه فیلم بن هور، تایتانیک و خداوندگار حلقه ها: بازگشت پادشاه هر یک برنده ۱۱ جایزه اسکار شده اند. فیلمهای همه چیز درباره ایو و تایتانیک هر یک در ۱۴ رشته نامزد دریافت جایزه بودند و این در نوع خود یک رکورد محسوب می شود. فیلمهای نقطه عطف و رنگ ارغوانی هم هریک در ۱۱ رشته نامزد اسکار بوده اند اما حتی یک اسکار هم نگرفتند. کاترین هپبورن موفق ترین ستاره تاریخ اسکار است. او در فاصله سالهای ۱۹۳۴ تا ۱۹۸۲ هشت بار نامزد دریافت جایزه اسکار بهترین بازیگری شد و چهار بار این جایزه را گرفت. بد نیست بدانید تا کنون در طی ۸۲ بار برگزاری مراسم اسکار، ۲۷۸۹ مجسمه اسکار به برگزیدگان اهدا شده است.

طی این سالها مراسم اعطای جایزه اسکار بدون بحث و جنجال برگزار نشده است. در سال ۱۹۷۳ مارلون براندو[11] دختری سرخپوست را به مراسم فرستاد تا پس از خواندن متنی ۱۵ صفحه ای اعلام کند که او از دریافت اسکار برای فیلم پدرخوانده خودداری می کند. پیش از او جرج سی اسکات[12] در سال ۱۹۷۰ و دادلی نیکلاس[13] در ۱۹۳۵ جایزه را نپذیرفته بودند. در سال ۱۹۹۴ تام هنکس با اعلام اینکه مربی بازیگری اش همجنسگرا بوده او و حضار را در برابر دوربینهای تلویزیونی غافلگیر کرد. در سال ۱۹۹۹ تصمیم به اعطای جایزه اسکار به الیاکازان بخاطر یک عمر فعالیت سینمایی اش، با اعتراض کسانی مواجه شد که ادای شهادت او علیه چپگرایان در برابر کمیته فعالیتهای ضد آمریکایی در دهه پنجاه میلادی را خوش نداشتند.

اما درباره اینکه چه شد که این تندیس را اسکار نامیدند داستان های گوناگونی نقل شده است اما عموماً به گفته خانم مارگارت هریک[14] دبیر اجرایی وقت آکادمی استناد می شود که گفته بود نام اسکار را به این جهت بر آن نهاده چون این مجسمه به عمویش (که اسکار نام داشته) شبیه بوده است. تا سال ۱۹۳۴ این نام برای مجسمه جا افتاد هرچند که رسما از سال ۱۹۳۹ از نام اسکار برای این جایزه استفاده شد.

تا پیش از ۱۹۴۹ اسکارها شماره گذاری نمی شدند اما از آن زمان تا کنون هر اسکار یک شماره سریال دارد که با ۵۰۱ برای اولین اسکار در ۱۹۴۹ آغاز شده و تا امروز ادامه یافته است. جالب است بدانید این شماره سریال پشت پاشنه پای هر اسکار حک می شود.
در بحبوحه جنگ جهانی دوم جنس اسکار به پلاستر تغییر یافت و پس از پایان جنگ دوباره از همان جنس قبلی برای ساخت اسکار استفاده شد.

از ۱۹۹۵ تا کنون شرکت سازنده اسکار بیش از ۱۶۰ تندیس را تعمیر کرده است که یا بخاطر نگهداری نادرست در مکانی نامناسب دچار خوردگی شده بودند و یا بخاطر استفاده از مواد شیمیایی برای جلا دادن به آنها توسط صاحبانشان آسیب دیده بودند.
آکادمی، قانونی درباره نگهداری و فروش اسکار وضع کرده که در اساس نامه آکادمی ذکر شده است: «برنده اسکار، به هیچ وجه نباید آن را در معرض فروش قرار دهد یا به کسی واگذار کند. اگر کسی نخواهد جایزه را نزد خود نگاه دارد، می تواند آن را به اکادمی بدهد. وارث و بازماندگان نیز مشمول این قاعده هستند» در ضمن آکادمی اسکار از تمام نامزدهای رشته‌های مختلف اسکار می خواهد که یک قرارداد با این آکادمی امضا کنند. طبق این قرارداد، رابیندگان جوایز اسکار حق فروش مجسمه‌های طلایی اسکار خود را به غیر ندارند. اگر آن‌ها تصمیم به فروش مجسمه‌های خود بگیرند، اول باید پیشنهاد فروش آن را به آکادمی بدهند و اگر آکادمی حاضر به خرید مجسمه اسکار نشد، آن وقت می‌توانند آن را به دیگران بفروشد. البته آکادمی اسکار خودش این مجسمه‌ها را می‌خرد و نمی‌گذارد دارندگان این مجسمه‌های طلایی آن‌ها را برای فروش نزد دیگران ببرند اما قیمتی که آکادمی اسکار برای این مجسمه‌ها پرداخت می‌کند، قیمت خیلی جالبی است: یک دلار! آکادمی اسکار از مجسمه‌های اسکار خود با لفظ «اسکارهای یتیم» نام می‌برد. از سال ۱۹۵۱ به این سو، آکادمی اسکار همیشه نگران فروش مجسمه‌های طلایی خود در حراجها و مراسم معروف هنری بوده است که این نگرانی چندان بی دلیل نیست زیرا تا به حال چند تن از برندگان جوایز اسکار (ویا وارثین آن‌ها) تصمیم به فروش این مجسمه‌های «یتیم» گرفته اند. طبق گزارش‌های رسمی، آکادمی اسکار تا به امروز حدود ۱۰۰ مجسمه اسکار را که در حراج‌های مختلف به فروش رسیده‌اند، خریداری و به آرشیو خود منتقل کرده است. چند سال قبل «استیون اسپیلبرگ» با نام مستعار، اسکارهای «کلارک گیبل» و «بت دیویس»را خریداری و به آکادمی هدیه کرد. این اسکارها در مرکز آکادمی در بورلی هیلز، در معرض دید عموم قرار داده شده‌اند.
وبسایت رسمی اسکار **oscars.org** است .

پی نوشت:

۱- **The Academy of Motion Picture Arts and Sciences (AMPAS)**
۲- **Grammy Awards**
۳- **Emmy Awards**
۴- **Tony Awards**
۵- **Price Waterhouse**
۶- **Cedric Gibbons**
۷- **MGM**
۸- **George Stanley**
۹- **pewter**
۱۰- **Britannia metal**
۱۱- **Marlon Brando**
۱۲- **George C. Scott**
۱۳- **Dudley Nichols**
۱۴- **Margaret Herrice**

مراجع

1- **Tammy M. Beazley, Making the Oscar: Metal's Award-Winning Performance, JOM, Volume 47, Number 3, March 1995, pp. 10-11**
2- **http://www.afra.mihanblog.com/post/295**
3- **http://en.wikipedia.org/wiki/Academy_Award**
4- **http://amir-khajouie.blogfa.com**
5- **http://web.archive.org/web/20070927134712**
6- **http://en.wikipedia.org/wiki/Britannia_ metal**
7- **http://en.wikipedia.org/wiki/English_pewter**
8- **http://popular.ebay.com/collectibles/academy-award-statue.htm**
9- **C. R. Tottle, an encyclopedia of metallurgy & materials, the metals society, 1984**

۱۰- خبرگزاری فارس، آکادمی قانون جدید فروش مجسمه اسکار را تصویب کرد، کد خبر: ۸۷۱۲۰۲۰۲۷۹ ، دوم اسفند ماه ۱۳۸۷

۱۱- پرویز فرهنگ، فرهنگ جامع متالورژی و مواد، انتشارات دنیا، ۱۳۶۹

سمینار، کنفرانس، کنگره، و... یعنی چه؟

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در " مجله دانشمند، سال چهل و نهم، شماره ۶ (پیاپی ۵۷۵)، شهریور۱۳۹۰" به چاپ رسیده است.

واژه های کلیدی: کنفرانس، کنگره، سمینار، سمپوزیوم

پیشگفتار

در تمام نقاط جهان بسیاری از دانشگاه ها، سازمانها، نهادها، انجمن ها و صنایع دولتی و خصوصی بصورت دوره ای (سالانه، دو سالانه و ...) یا مقطعی، همایشها و گردهمایی های یک یا چند روزه را برگزار می نمایند. این نشستها از نظر میزان فراگیر بودن موضوع یا گستره جغرافیایی شرکت کنندگان به سه دسته ملی، منطقه ای و بین المللی تقسیم می شوند. همچنین برحسب وظایفی که برعهده دارند نامهای مختلفی مانند سمینار[۱]، کنفرانس[۲]، کنگره[۳]، سمپوزیوم[۴] و نظایر آن به خود می گیرند.

در کشورمان در پاره‌ای از موارد در برخی از این گردهم آیی ها از قالب و نامی نامتناسب با محتوای آن استفاده می‌شود که در نهایت موجب کم‌اثر شدن و یا حتی عدم تأثیرگذاری در مخاطبان آن می گردد. از سوی دیگر ممکن است مخاطبانی را که با کاربرد درست این واژه ها آشنایی دارند، سردرگم نماید. برای آنکه برای یک اجتماع و نشست، نامی در نظر گرفته شود بایسته است این پرسش مطرح گردد که هدف، موضوع، نحوه ارائه و نیز چگونگی انتقال اطلاعات یا تضارب افکار با کدام یک از تعاریف همخوانی دارد.

در راستای بهبود وضعیت موجود و پیشگیری از نامگذاری نادرست نشستها، در نوشتاری که پیش روی شماست ابتدا ترمینولوژی و تعاریف پایه ای واژه های مربوط به قالب‌های متفاوت، ارائه گردیده و سپس توضیحاتی دربارهٔ قالب مدنظر داده شده است.

سمینار

سمینار از ریشه لاتین **semin** به معنی **"بذر"** است. در زبان لاتین به قطعه زمینی که در آنجا بذر گیاهان کاشته می شود تا گیاهان را افزایش دهند، سمیناری (خزانه–قلمستان) گفته می شود. در گذشته، سمینار به مدرسه ای گفته می شد که در آن روحانیان جوان را برای فراگرفتن اصول و قوانین مذهبی آموزش می دادند و آنان را آماده احراز مقام کشیشی می کردند. امروزه سمینار معنی وسیعتری دارد و منحصراً در مورد مدارس مذهبی بکار نمی رود بلکه به گروهی از دانشجویان و متخصصان گفته می شود که زیر نظر یک استاد یا متخصص ارشد به مطالعه و بررسی یک مبحث تخصصی مشغولند و هرازگاهی نتیجه تحقیقات فردی و اصیل خود را در نشست های غیررسمی ارائه داده و یافته های خود را مبادله می کنند. در دانشگاهها، برخی از درسهای دوره دکتری یا کارشناسی ارشد به صورت سمینار اجرا می شود یعنی استاد سخنرانی نمی کند و بجای آن هر دانشجو مستقلا تحقیق و مطالعه کرده و نتیجه آن را به دیگران گزارش می دهد. از همین رو، به نشست هایی که به منظور مبادله اطلاعات و یادگیری نکات تازه از یکدیگر تشکیل می شود سمینار گفته می شود. با توجه به تعاریف ارائه شده می توان ویژگیهای زیر را برای سمینار برشمرد: ۱– صاحب نظران درباره موضوعی معین سخنرانی می کنند. ۲– موضوع سخنرانی از پیش مشخص می شود و افرادی پیرامون آن موضوع مطالعه کرده و نتیجه مطالعات و بررسیها را به شنوندگان می آموزند. ۳– سمینار بیشتر جنبه کارآموزی دارد و شرکت کنندگان در آن به منظور آموزش و یادگیری دور هم جمع می‌شوند. برنامه کاری یک سمینار با هدف تقویت مهارتهای افراد شرکت کننده تنظیم می‌شود. ۴– استاد یا متخصص فن همواره نقش رهبری ندارد بلکه در حالی که راهنمایی دانشجویان را برعهده دارد، از نظرات و آرای آنان نیز بهره مند می گردد. ۵– هدف از برپایی سمینار، صرف نظر از آموختن شیوه های کار، تبادل نظر درباره امری است و این که از نظرات تمامی حاضرین، اطلاع حاصل شده و مسیری انتخاب گردد که در پیشرفت کار موثر باشد. نحوه اجرای جلسات سمینارعموماً به این نحو است: دیالوگ و گفتگو به شیوه سقراطی تحت نظارت و رهبری یک رهبر یا استاد. نکته اصلی در سمینار شرکت همگانی حضار در جلسه و مباحث مطرح شده است. معمولاً شرکت کنندگان در جلسه نباید افراد تازه‌کار یا ناپخته باشند و سعی بر این است که از افراد ماهر و متخصص استفاده گردد. کارکرد و هدف سمینار افزایش اطلاعات شرکت کنندگان در مورد موضوع بحث است. به همین دلیل در این جلسات از افراد خواسته می‌شود که به صورت فعال در مباحث شرکت کنند.

در برخی دانشگاه‌های اروپایی سمینار ممکن است یک جلسه سخنرانی بسیار بزرگ باشد، مخصوصاً وقتی از استادان و متفکران مشهور برای سخنرانی دعوت شده باشد. در برخی کشورهای اروپایی غیر انگلیسی زبان به یک کار کلاسی یا پروژه‌ای که در طول یک ترم انجام می‌شود سمینار می‌گویند (آلمان، لهستان، اسلواکی) نقطه مقابل این کلاس‌ها سخنرانی‌های کلاسی یا کلاس‌های مبتنی بر سخنرانی

هستند، بنابراین در این کشورها واژه سمینار با معادل انگلیسی آن هم معنی نیست. در برخی مؤسسات دانشگاهی از واژه دیگری نیز برای القای مفهوم سمینار استفاده می‌کنند. این واژه «**preceptorial**» به معنی «کار وابسته به آموزگار یا مربی» است.

ممکن است با واژه های دیگری برخورد کنید که به عنوان مترادف سمینار به کار رفته اند از جمله:

discussion: مذاکره، بحث، گفتگو–**group discussion**: مباحثه دسته جمعی، گفتگوی جمعی–**open discussion**: گفتگوی آزاد، بحث آزاد–**work shop**: کارگاه، اتاق کار–**forum**: محل گردهم آمدن و میدان و مجمع–**Meeting**: جلسه

تفاوت سمینار و سمپوزیوم در این است که شنوندگان در سمپوزیوم مسئولیتی برای فراگیری موضوع مورد بحث ندارند در حالی که در سمینار این مسئولیت مشخص است و چه بسا شنوندگان مکلف شوند تا مطالبی را که فرا گرفته اند به دیگران یاد بدهند.

در کشورمان واژه "همایش" جایگزین سمینار شده است اما دیده می شود بسیاری از مجامع با اهدافی متفاوت از معنی ، با عنوان "همایش" برگزار می گردند.

سمپوزیوم

سمپوزیوم تلفظ فرانسه و سیمپوزیوم تلفظ انگلیسی این واژه لاتین است. این نام از دو بخش **Sym** : به معنی "باهم" و **Pinein** : به معنی" نوشیدن" تشکیل شده است. در یونان باستان سمپوزیوم به مهمانی باده نوشی پس از ضیافت شام گفته می شد که با تماشای برنامه های هنری و شنیدن موسیقی، شعر خوانی، مناظره ادبی و سرگرمی های دیگر همراه بود. از همین رو این نام به دیگر مهمانی ها و گردهمایی ها نیز که در آن از هر دری سخنی رانده می شد و افراد می توانستند آزادانه به مبادله آرا و نظرها بپردازند گفته شد. این مراسم نقشی کلیدی در جامعه یونان باستان داشت زیرا انجمنی برای گفتگو، مباحثه و حتی آشنا شدن با یکدیگر بود. گاهی نیز سمپوزیوم به مناسبت ورود یک جوان به جرگه اشراف (آریستوکراتها) برپا می شد. در سمپوزیوم شرکت کنندگان به هفت تا نه بالشی تکیه می دادند که در کنار سه دیوار اتاق چیده شده بودند و بخاطر کمبود جا تعداد افراد به ۱۴ تا ۲۷ نفر محدود می شد. بخشی از کتاب افلاطون که در آن سقراط به همراه چندین نفر دیگر در یک مهمانی درباره عشق صحبت و مباحثه می‌کنند نیز سمپوزیوم نام دارد. در روم باستان این آیین به نامهای **convivium** و **comissatio** خوانده می شد. امروزه به جلساتی که در آن متخصصان فن و دانشمندان متعدد نظرات خود را درباره یک موضوع اما از منظرهای مختلف ارائه می کنند گفته می شود در واقع، موضوع بحث یکی است اما هریک از سخنوران جنبه جداگانه ای را مورد بحث قرار می دهند. عنصر اصلی در سمپوزیوم، موضوع واحد آن است یعنی مجمعی که در آن اشخاص مختلف راجع به موضوعی واحد ،مقالاتی ارائه نموده و یا سخنرانی هایی ایراد نمایند. مانند سمپوزیوم فولاد یا سمپوزیوم حکمت و فلسفه و نظایر آن.

با توجه به تعاریف ارائه شده می توان ویژگیهای زیر را برای سمپوزیوم برشمرد: ۱– در سمپوزیوم موضوع خاصی مطرح می شود و این گردهمایی بیشتر برای بررسی و تحقیق در یک امر علمی و اجتماعی تشکیل می گردد. ۲– سخنرانان از پیش دعوت می شوند. ۳– همه ی سخنرانان درباره یک موضوع خاص از جنبه های گوناگون به ارائه نتایج پژوهش می پردازند. ۴– تعداد سخنرانان محدود است ولی تعداد شرکت کنندگان به طور معمول، بیش از سخنرانان است. ۵– هدف از سمپوزیوم، آگاهی متخصصان یک فن از نظریه های علمی همکاران خود و آشنایی با آخرین دگرگونی ها و پیشرفتهای آن رشته تخصصی است.

واژه های دیگری به عنوان مترادف سمپوزیوم به کار رفته اند از جمله:
Round table یا **Panel** : میزگرد **–Forum**: محل گرد هم آمدن – **Round robin**: سخنرانی نوبتی

کنفرانس

کنفرانس واژه ای لاتین مرکب از دو بخش **con** به معنی "با" و "با هم" و **ferre** به معنی "بردن" و "حمل کردن" است. (ریشه **ferre** را در واژه ترانسفر **transfer** به معنی منتقل کردن هم ملاحظه می کنید) در اصل، کنفرانس یعنی کاری را با هم و دسته جمعی به انجام رساندن بنابراین به اجتماعی که در آن لقبی، عنوانی یا جایزه ای به کسی اهدا می شود کنفرانس می گویند زیرا همه شرکت کنندگان در آن سهمی دارند. امروزه به نشستهای بزرگ که در آن افراد دیدگاه های خود را درباره مسائل و مشکلات مهم خواه علمی خواه اجتماعی یا اقتصادی، ارائه می کنند، یا به کمک هم به راه حل و سیاست اجرایی واحدی در قبال یک مشکل بین المللی می رسند کنفرانس گفته می شود. مانند کنفرانس سران اتحادیه اروپا. بی گمان کنفرانس خبری به گوشتان آشناست. در این نوع از کنفرانس، شخصیتی یا مقامی با خبرنگاران رسانه ها گفتگو می کند و به پرسشهای آنان پاسخ می دهد. به طور خلاصه می توان گفت که کنفرانس همایشی مشارکت‌جویانه است که برای بحث، حقیقت‌یابی، حل مشکل و مشاوره تشکیل می‌شود. در مقایسه با کنگره، کنفرانس معمولاً در مقیاسی کوچکتر اما از ویژگی بالاتری برخوردار است و در نتیجه تبادل اطلاعات راحت‌تر انجام می‌شود. اگرچه کنفرانس ذاتاً محدودیت زمانی ندارد اما معمولاً دارای دوره زمانی کوتاه و اهداف مشخصی است. کارکرد و هدف کنفرانس به مشارکت گذاشتن یافته‌ها و تبادل نظر در موضوع مورد بحث است. انتظار می‌رود که در کنفرانس، افراد شرکت کننده دارای تخصص در موضوع جلسه باشند. قالب اصلی و اولیه مطالب در یک کنفرانس، سخنرانی است. منتقدین یک سخنران نیز می‌توانند با هماهنگی مسئولان جلسه به سخنرانی بپردازند.

کنگره

کنگره هم از دو بخش لاتین **con** و **gradi** به معنی قدم زدن و رفتن یا آمدن ترکیب یافته است. بنابراین معنی قدیمی این واژه با هم رفتن یا با هم آمدن–یعنی گرد هم آمدن– است و در تلفظ باید گافِ وسط آن ساکن باشد. به اجتماعی از نمایندگان کشورها، ایالات، مؤسسات مستقل، گروه‌ها یا هر ساختار گروهی دیگر گفته می شود که پیرامون موضوعی که مربوط به منافع و مسائل مشترک آنان است، تبادل نظر و مشورت کرده و به بحث و گفتگو بپردازند. از این نظر تجمعی که برای طرح مسایل علمی و ادبی تشکیل می شود با جلسه هایی که برای بررسی موضوعات سیاسی و اجتماعی برپا می شوند تفاوتی ندارند و همه آنها کنگره نامیده می شوند مثلاً گردهم آمدن عده ای از باستان شناسان را که در باره کشفیات جدید به گفتگو می پردازند می توان کنگره نامید همچنان که اگر چند سازمان صنعتی به منظور پیشرفت کارخود جلساتی تشکیل دهند و به تبادل نظر و مشورت پردازند و برای رونق صنعت و بازده بیشتر فعالیتهای خود راههای جدیدتری پیدا کنند می توان گفت که گروههای صنعتی فوق کنگره ای تشکیل داده اند. کنگره‌ها در تقسیم‌بندی کلی به دو گونه تقسیم می‌شوند: ۱) کنگره‌های سیاسی ۲) کنگره‌های غیر سیاسی.

کنگره‌های غیر سیاسی می‌توانند علمی، فرهنگی، دینی یا غیره باشند. برخی مؤسسات و نهادها هم پیشوند کنگره دارند مانند:

کنگره ملی هند، کنگره ملی سودان و ...

در معنای غیر سیاسی، کنگره معادل یک کنفرانس بزرگ ملی یا فراملی در سطوح دانشگاهی است. به عنوان مثال "کنگره جهانی سلامت انسان"[۵]

این واژه برای اولین بار در علم سیاست آمریکا استفاده شد. نکته بارز و مشخصه اصلی کنگره این است که در آن باید یک یا چند نماینده از گروه‌های خاص در جلسه‌ها شرکت کنند. بیشتر کنگره‌های جهانی بصورت سالیانه برگزار می‌شوند. کنگره غالباً چند روز به طول می‌انجامد و دارای چندین جلسه همزمان است.

از میان کنگره های معروف می توان به کنگره وین (۱۵–۱۸۱۴) که منجر به عقد قرادادی برای اتحاد اروپا گردید، کنگره پاریس (۱۸۵۶) و کنگره ژنو (۱۸۶۴) که اولی سبب خاتمه جنگ کریمه شد و دومی کمیته بین المللی صلیب سرخ را پایه گذاری نمود، اشاره کرد. کنگره ریاضی، کنگره آمریکا، کنگره بین المللی روان شناسان و کنگره جهانی صلح از جمله مثالهای دیگر هستند.

دو نکته مهم

۱– گذاردن واژه هایی مانند "اولین" و یا " نخستین" در کنار کنفرانس، کنگره، جشنواره، و .... نادرست است. روش درست آن است که چنانچه برگزاری آن گردهمایی در موعد دیگری با همان اهداف و موضوع تکرار شد، در آن صورت کلمه شمارش "دومین"،"سومین" و غیره را در جلوی عنوان اضافه نمود.

۲– معمول شده است برگزارکنندگان اینگونه مجامع در پایان مراسم، قطعنامه و یا بیانیه ای را منتشر می نمایند. قطعنامه یا بیانیه محصول و عصاره مطالبی است که در اثر این اجتماع و مشورت و گفتگوها بدست آمده است اما این دو با هم تفاوت دارند : " قطعنامه" ناظر بر اجرا و مستلزم پیگیری مفاد آن است که بعضا" واجد الزامات حقوقی یا قانونی هم می باشد اما "بیانیه" سفارش نامه است، توصیه است و فاقد هرگونه الزامات. اگر در پایان مراسم، از واژه قطعنامه استفاده شده است، باید در مجامع آتی نتایج اجرای قطعنامه مجمع پیشین گفته شود، وگرنه بهتر است از واژه "بیانیه" استفاده گردد.

پی نوشت:

۱- **Seminar**

۲- **Conference**

۳- **Congress**

۴- **Symposium**

۵- **World congress on mans health (WCMH)**

مراجع:

1- **http://www.iusnews.ir/?pageid=2276**
2- **http://faribaolumi.persianblog.ir/post/10**
3- **http://www.sedayemojri.com/definitions.htm**
4- **http://en.wikipedia.org/wiki/Seminar**
5- **http://en.wikipedia.org/wiki/Symposium**
6- **http://en.wikipedia.org/wiki/Conference**

۷- حسینعلی احمدی گرجی، گزارش نویسی تخصصی در نظارت و بازرسی، نشر پلک، ۱۳۸۷، صفحات ۲۶۲-۲۶۸

التراسونیک به جای رادیوگرافی؛ چرا و چگونه؟

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در " نشریه مشانیر، شماره ۶۵، سال ۱۳۹۱" به چاپ رسیده است.

واژه های کلیدی: آزمونهای غیر مخرب، جوشکاری، استاندارد، التراسونیک، رادیوگرافی

پیشگفتار

به دلیل شرایط موجود کشور و تحریم های اعمال شده، به تازگی در پروژه های مختلف صنعتی از نفت و گاز تا پتروشیمی و نیروگاه، پیمانکاران درخواست می کنند تا با جایگزینی آزمون التراسونیک به جای آزمون رادیوگرافی موافقت گردد که این درخواستها پس از اینکه در خرداد ماه ۹۱ از سوی انجمن صنفی شرکتهای بازرسی و آزمایشهای غیر مخرب ایران انجام عملیات پرتونگاری از مصادیق فورس ماژور در تعهدات قراردادی اعلام گردید؛ بیشتر هم گردیده است.

اما در این بین پرسش های مهم و چالش برانگیزی مطرح می گردد: آیا همواره برای تمامی تجهیزات و تمام ضخامتها می توان این جایگزینی را انجام داد؟ از آنجایی که آزمون التراسونیک روشهای متفاوتی دارد؛ مناسبترین روش برای جایگزینی کدام است؟ چه الزامات و نکاتی باید در این جایگزینی مورد توجه قرار گیرند؟ کدها و استانداردها در این مورد چه رویکردی دارند؟ و پرسشهای دیگری که هر یک از آنها ممکن است ساعتها ذهن کارفرما و مشاور و دستگاه نظارت و بهره بردار را به خود مشغول نماید.

در نوشتاری که پیش روی شماست تلاش گردیده است تا زوایای مختلف این مهم به طور فشرده، بررسی گردد.

بازرسی و آزمون

انجام آزمون بخش اساسی هر فعالیت مهندسی است. در بسیاری از مراحل فرآیند پیچیده تولید مواد مهندسی، از شکل دادن این مواد و ساخت قطعه گرفته تا در اتصال این قطعات و ایجاد یک فرآورده مهندسی، بازرسی و آزمون انجام می شود. نیاز به آزمون با پایان یافتن تولید از بین نمی رود و لازم است محصول در طول عمر کاریش مورد بازبینی و آزمون قرار گیرد تا تغییرات احتمالی ایجاد شده در آن، مانند آسیبهای مربوط به خوردگی و خستگی، مشخص گردد.

در طی تولید و حمل و نقل امکان دارد که انواع عیوب با اندازه‌های مختلف در ماده یا قطعه به وجود آیند. ماهیت و اندازه هر عیب روی عملیات بعدی آن قطعه تاثیر خواهد داشت. عیوب دیگری نیز مانند ترکهای حاصل از خستگی یا خوردگی ممکن است در طی کار قطعه ایجاد شوند. بنابراین برای آشکار سازی وجود عیبها در مرحله تولید و نیز جهت تشخیص و تعیین سرعت رشد این نقصها در طول عمر قطعه یا دستگاه، استفاده از روشها و ابزار مطمئن ضروری است.

عیوبی که در مواد و قطعات یافت می‌شوند، عبارتند از :

- عیوبی که ممکن است طی ساخت مواد خام به وجود آیند (ناخالصیهای سرباره، حفره‌های گازی، حفره‌های انقباضی، ترکهای تنشی، تورق و ...).
- عیوبی که ممکن است طی تولید قطعات به وجود آیند (عیوب ماشینکاری، عیوب عملیات حرارتی، عیوب جوشکاری، ترکهای ناشی از تنشهای پسماند و ...).
- عیوبی که ممکن است طی مونتاژ قطعات به وجود آیند (مونتاژ نادرست، ترکهای ناشی از تنش اضافی و ...).
- عیوبی که در مدت کاربری و حمل و نقل به وجود می‌آیند (خستگی، خوردگی، سایش، خزش، ناپایداری حرارتی و ...).

انواع سیستمهای بازرسی

آزمونهای مخرب[1]

در این نوع، آزمایشهای مختلف بر روی نمونه های استاندارد تهیه شده از قطعات مورد آزمون انجام می شود و پس از انجام تست نمونه از بین می رود مانند آزمون کشش- سختی سنجی- ضربه و ...

آزمونهای غیر مخرب[۲]

به مجموعه‌ای از روش‌های ارزیابی و بازرسی گفته می‌شود که هیچ‌گونه آسیب یا تغییری در سامانه ایجاد نکنند.

تفاوتهای آزمونهای مخرب و آزمونهای غیر مخرب

در آزمونهای مخرب پس از اعمال آزمایش، قطعه کارایی خود را از دست می دهد در ضمن نمی توان تمام محصولات را تحت آزمایش قرار داد و باید به صورت تصادفی تعدادی از نمونه ها را آزمایش کرد. در این روش مخرب نیاز به تهیه نمونه استاندارد وجود دارد که برای آزمایش های مختلف متفاوت است.

گفتنی است آزمونهای مخرب و آزمونهای غیر مخرب در عرض یکدیگر قرار ندارند و انجام یک آزمون باعث بی نیازی از آزمون دیگر نمی شود.

ویژگیهای آزمونهای غیر مخرب

روشهای مختلف آزمونهای غیرمخرب در عمل می‌توانند با روشهای بسیار متفاوتی در عیب یابی به کار روند. اعتبار هر روش آزمون غیرمخرب سنجشی از کارایی آن روش در رابطه با آشکارسازی نوع و شکل و اندازه بخصوص عیبها است. بعد از آن که بازرسی تکمیل شد، احتمال معینی وجود دارد که یک قطعه عاری از یک نوع عیب با شکل و اندازه بخصوص باشد. هر قدر این احتمال بالاتر باشد اعتبار روش به کار رفته بیشتر خواهد بود. اما باید این واقعیت را به خاطر داشت که بازرسیهای غیرمخرب برای اغلب قطعات به وسیله انسان انجام می‌گیرد و در اصل دو نفر همیشه نمی‌توانند یک کار تکراری مشابه را بطور دقیق همانند یکدیگر انجام دهند. از این رو باید یک ضریب عدم یقین در برآورد اعتبار بازرسی به حساب آورده شود و ارزش تصمیماتی رد و یا قبول قطعه باید از رویدادهای آماری تخمین زده شود.

نقش بازرسی غیرمخرب این است که با میزان اطمینان معینی ضمانت نماید که در زمان بکارگیری قطعه برای بار طراحی، ترکهایی به اندازه بحرانی شکست در قطعه وجود ندارند. همچنین ممکن است لازم باشد که با اطمینان، عدم وجود ترکهای کوچکتر از حد بحرانی را نیز ضمانت کند. اما رشد ترکهای کوچکتر از حد بحرانی، به ویژه در مورد قطعاتی که در معرض بارهای خستگی قرار دارند و یا در محیطهای خورنده کار می‌کنند، اهمیت دارد، به طوری که این گونه قطعات، قبل از این که شکست ناگهانی در آنها اتفاق بیفتد، به یک حداقل عمر کار مفید برسند. در برخی حالتها، بازرسیهای مرتب و متناوب جهت اطمینان از نرسیدن ترکها به اندازه بحرانی ممکن است ضروری باشد.

بکارگیری ایده‌های مکانیک شکست در طراحی، برای توانایی روشهای مختلف آزمونهای غیرمخرب در آشکارسازی ترکهای کوچک، حد و مرز تعیین می‌کند. اختلاف بین کوچکترین ترک قابل آشکارسازی و اندازه بحرانی آن، میزان ایمنی یک قطعه است.

در هر برنامه خاص بازرسی، تعداد عیوب شناسایی شده (هر چند زیاد)، با تعداد واقعی آنها مطابقت پیدا نمی‌کند، بنابراین احتمال شناسایی یک قطعه سالم و بدون عیبهای با اندازه‌های گوناگون کاهش می‌یابد. اما هنگامی که قطعات بسیار مهم مورد نظر هستند، سعی بر این است تا حد امکان عیبهای بیشتری شناسایی شوند و تمایل به قبول تمام نشانه‌های وجود عیبها زیاد است. زیرا اگر قطعه‌ای در طی بازرسی مردود و غیرقابل مصرف معرفی شود، بهتر از آن است که هنگام استفاده منجر به شکست فاجعه آمیز شود. مسلم است مهندسی که ایده‌های مکانیک شکست را مورد استفاده قرار می‌دهد، علاقه‌مند است که بداند به چه اندازه عیبها را در هنگام بازرسی مورد نظر داشته باشد. انتخاب روش با این بررسی اولیه تعیین می‌شود و تمام پارامترهای دیگر در درجه دوم اهمیت قرار می‌گیرند.

یکی از فایده‌های بدیهی و روشن به کار بردن درست آزمونهای غیرمخرب، شناسایی عیوبی است که اگر بدون تشخیص در قطعه باقی بمانند، موجب شکست فاجعه آمیز قطعه و در نتیجه بروز خسارتهای مالی و جانی فراوان خواهند شد. استفاده از این روشهای آزمون می‌تواند فواید زیادی از این بابت، در بر داشته باشد.

به کارگیری هر یک از سیستمهای بازرسی متحمل هزینه است، اما اغلب استفاده موثر از روشهای بازرسی مناسب موجب صرفه‌جویی‌های مالی قابل ملاحظه‌ای خواهد شد. نه فقط نوع بازرسی، بلکه مراحل بکارگیری آن نیز مهم است. بکارگیری روشهای آزمون غیرمخرب روی قطعات ریختگی و کار شده کوچک بعد از آنکه کلیه عملیات ماشینکاری روی آنها انجام گرفت، معمولا بیهوده خواهد بود. در این گونه موارد باید قبل از انجام عملیات ماشینکاری پرهزینه، قطعات به دقت بازرسی شوند و قطعاتی که دارای عیوب غیرقابل قبول هستند کنار گذاشته شوند. باید توجه داشت کلیه معایبی که در این مرحله تشخیص داده می‌شوند، نمی‌توانند موجب مردود شدن قطعه از نظر بازرسی باشند. ممکن است قطعه‌ای دارای ناپیوستگیها و ترکهای سطحی بسیار ریز باشد که در مراحل ماشینکاری از بین بروند.

در زیر برخی از رایج ترین روش های آزمونهای غیر مخرب مورد استفاده در پروژه های صنعتی معرفی می شوند:

بازرسی چشمی[۳]

این روش پایه‌ای‌ترین، ابتدایی‌ترین و معمولاً ساده‌ترین روش آزمون کنترل کیفیت و پایش تجهیزات می‌باشد. در این روش مسئول کنترل کیفیت باید مواردی را بطور چشمی کنترل کند.

آزمون پرتو نگاری[۴]

تابش الکترومغناطیسی با طول موجهای بسیار کوتاه، یعنی پرتو ایکس یا پرتو گاما از درون مواد جامد عبور می‌کند اما بخشی از آن، توسط محیط جذب می‌شود. مقدار جذب پرتو در هنگام عبور از ماده به چگالی و ضخامت ماده و همچنین ویژگیهای تابش بستگی دارد. تابش عبوری از درون ماده می‌تواند به وسیله یک فیلم آشکار شود. اگر بخواهیم دقیقتر بگوییم، عبارت پرتو نگاری به معنی فرایندی است که در نتیجه آن، تصویری روی فیلم ایجاد شود. بررسی این فیلم را تفسیر می‌گوییم.

پس از این که فیلم پرتو نگاری ظاهر شد، تصویری سایه روشن با چگالی متفاوت مشاهده می‌شود. قسمتهایی از فیلم که بیشترین مقدار تابش را دریافت کرده‌اند، سیاهتر دیده می‌شوند. همچنانکه پیشتر گفته شد، مقدار تابش جذب شده توسط ماده، تابعی از چگالی و ضخامت آن خواهد بود. همچنین وجود عیوب خاص، مانند حفره‌ها و تخلخل درون ماده، بر مقدار تابش جذب شده تاثیر خواهد گذاشت. بنابراین پرتو نگاری می‌تواند برای آشکار سازی انواع خاصی از عیوب در بازرسی مواد و قطعات به کار رود.

استفاده از پرتو نگاری و فرآیندهای مربوط به آن باید به شدت کنترل شود، زیرا قرار گرفتن انسان در معرض پرتو می‌تواند منجر به آسیب بافت بدن شود.

آزمون التراسونیک (فراصوتی) [۵]

در این روش، امواج صوتی با بسامد ۰/۵ تا ۲۰ مگاهرتز به درون قطعه فرستاده می‌شود. این موج پس از برخورد به سطح مقابل قطعه باز تابیده می‌شود. با توجه به زمان رفت و برگشت موج، می‌توان ضخامت قطعه را تعیین کرد. حال اگر یک عیب در مسیر رفت و برگشت موج باشد، از این محل هم موجی بازتابیده خواهد شد که اختلاف زمانی نسبت به مرحله اول، محل عیب را مشخص می‌کند. روشهای فراصوتی به طور گسترده‌ای برای آشکارسازی عیوب داخلی مواد به کار می‌روند ولی می‌توان از آنها برای آشکارسازی ترکهای کوچک سطحی نیز استفاده کرد.

بازرسی با ذرات مغناطیسی[۶]

بازرسی با ذرات مغناطیسی، روش حساسی برای ردیابی عیوب سطحی و برخی نقصهای زیر سطحی قطعات فرو مغناطیسی است. پارامترهای اساسی فرآیند به مفاهیم نسبتاً ساده‌ای بستگی دارد. هنگامی که یک قطعه فرومغناطیسی، مغناطیس می‌شود، ناپیوستگی مغناطیسی که تقریباً در راستای عمود بر جهت میدان مغناطیسی واقع است، موجب ایجاد یک میدان نشتی قوی می‌شود. این میدان نشتی در رو و بالای سطح قطعه مغناطیس شده حضور داشته و می‌تواند آشکارا توسط ذرات ریز مغناطیسی دیدپذیر شود. پاشیدن ذرات خشک یا ذرات مرطوب با یک مایع محلول بر روی سطح قطعه، موجب تجمع ذرات مغناطیسی روی خط گسل خواهد شد. بنابراین پل مغناطیسی تشکیل شده، موقعیت، اندازه و شکل ناپیوستگی را نشان می‌دهد.

یک قطعه را می‌توان با به کاربردن آهنرباهای دائم، آهنرباهای الکتریکی و یا عبور یک جریان قوی از درون یا برون قطعه، مغناطیس کرد. با توجه به این که با روش آخر می‌توان میدانهای مغناطیسی با شدت زیاد در داخل قطعه ایجاد کرد، این روش به صورت گسترده‌ای در کنترل کیفی محصول به کار می‌رود زیرا این روش حساسیت خوبی برای شناسایی عیوب قطعات و آشکارسازی آنها عرضه می‌دارد.

آزمون مایع نافذ[۷]

ترکهای سطحی و منافذی که با چشم عادی قابل رویت نمی باشند بوسیله آزمون مایع نافذ شناسایی می شوند. این روش در شناسایی منافذ جوش کاربرد فراوانی دارد. شایان گفتن است که فولادهای آستنیتی و فلزات غیرآهنی که با روش ذرات مغناطیسی قابل آزمایش نیستند، از روش مایع نافذ ارزیابی می شوند.

آزمون مایع نافذ را به دو طریق، با استفاده از رنگ مرئی و فلورسنت می توان انجام داد ابتدا سطح قطعه مورد نظر تمیز و خشک شده و سپس بوسیله مایع نافذ[۸] سطح موردنظر پوشانده شده و بر اثر خاصیت مویینگی، نافذ به درون ترکها نفوذ می کند. ظاهر کننده[۹] که پودر سفید رنگی می باشد روی

سطح اسپری می شود. ظاهر کننده باعث می شود مایع نافذ از ترکها بیرون کشیده شود و درنتیجه رنگ بر روی سطح پس می زند. سپس بوسیله بازرسی چشمی تحت نور سفید (در صورت استفاده از رنگ مرئی) و یا نور ماورابنفش (در صورت استفاده از رنگ فلورسنتی) نشانه های رنگی ایجاد شده مشاهده شده و محل عیوب و ترکها مشخص می گردد.

ویژگی های آزمون غیر مخرب

به طور کلی انواع آزمونهای غیر مخرب از پارامترهایی برخوردارند که می توان انها را به صورت زیر دسته بندی کرد:

- منبع انرژی؛
- یک قطعه کار متناسب با منبع انرژی؛
- قطعه آزمون برای اندازه گیری تفاوت ها؛
- وسیله ای برای نشان دادن و ثبت نتایج آزمون؛
- اپراتور آموزش دیده و مفسر مسلط؛
- دستور العمل برای انجام آزمون؛ و
- سیستم ثبت و گزارش نتایج.

با همین رویکرد می توان مراحل زیر را برای آزمون غیر مخرب در نظر گرفت:

مرحله اول: استفاده از یک خاصیت فیزیکی جسم و محیط تست.

مرحله دوم: تغییر در خاصیت فوق به دلیل وجود عیب.

مرحله سوم: آشکار سازی تغییر ایجاد شده به کمک یک آشکارساز مناسب.

مرحله چهارم: تبدیل تغییر آشکار شده به نحوی که قابل تفسیر باشد.

مرحله پنجم: تفسیر نتایج.

مقایسه روش‌ها

در جدول زیر به صورت خیلی کلی به کاربردها و محدودیت های چند روش مرسوم پرداخته شده است:

روش	کاربردها	معایب و محدودیت‌ها
مایع نافذ	**مواد غیر متخلخل.** **برای بازرسی جوش، لحیم، آلیاژهای ریختگی، آلیاژهای کار شده، قطعات آلومینیومی، دیسک و پره‌های توربین، چرخ‌دنده.**	**نیاز به دسترسی به سطح مورد آزمایش.** **عیوب حتماً باید در سطح، شکستگی ایجاد کرده باشند. (راه به در).** **ممکن است سطح نیاز به تمیزکاری داشته باشد** **عیوب ترک مانند که بسیار باریک هستند، خصوصاً زمانی که تحت تأثیر نیرویی قرار گیرند که موجب بسته شدن آنها گردد و همچنین عیوب بسیار کم عمق به سختی قابل تشخیص هستند.** **عمق عیب قابل اندازه‌گیری نیست.**
ذرات مغناطیسی	**مواد دارای خاصیت آهنربایی.** **عیوب سطحی و عیوب نزدیک به**	**تشخیص عیوب تحت تأثیر عواملی مانند شدت میدان و جهت آن می‌باشد.**

	سطح با این روش قابل تشخیص می‌باشند. o قابل استفاده برای جوش، لوله، آلیاژهای ریختگی ، آلیاژهای کار شده، مواد اکسترود شده، محورها و دنده‌ها.	o نیاز به سطحی تمیز و نسبتاً هموار. o نیاز به بست نگهدارنده برای دستگاه ایجاد کننده میدان. o قطعه مورد آزمایش باید قبل از آزمون غیرآهنربایی شود که انجام این کار برای بعضی از قطعات و مواد دشوار است. o عمق عیوب را نمی‌توان اندازه گرفت.
رادیوگرافی گاما	o عموماً برای مواد ضخیم و با چگالی بالا استفاده می‌شود. o برای تمامی اشکال و فرمها به کار می‌رود؛ریخته‌گری، کار شده، جوش، قطعات الکترونیکی، صنایع هوایی، دریایی و خودروسازی.	o حساسیت این روش به اندازه اشعهx نیست. o خطرات تشعشع. o کاهش حساسیت با افزایش ضخامت قطعه.
فراصوتی (التراسونیک)	o مواد فلزی و غیر فلزی و کامپوزیت‌ها. o عیوب سطحی و غیر سطحی. o قابل استفاده برای جوش، اتصالات، آلیاژهای ریختگی ، آلیاژهای کار شده و همچنین برای تعیین ضخامت مواد. o برای پایش فرسودگی.	o عموماً تماسی است، گاهی به صورت مستقیم و گاه بواسطه محیط واسط. o نیاز به حسگرهای متفاوت برای کاربردهای مختلف؛ عموماً به لحاظ بازه فرکانسی. o حساسیت تابعی از فرکانس مورد استفاده‌است و بعضی از مواد به خاطر ساختارشان باعث پخش شدن قابل ملاحظه امواج فراصوت می‌گردند. امواج بازگشتی از این گونه امواج عموماً به سختی از نویز قابل تمیز است. o تشخیص برخی عیوب در قطعات نازک دشوار و گاه ناممکن است.
رادیوگرافی اشعه ایکس	o مواد فلزی و غیر فلزی و کامپوزیت‌ها. o برای تمامی اشکال به کار می‌رود؛ ریخته‌گری، کار شده، جوش، قطعات الکترونیکی، صنایع هوایی، دریایی و خودروسازی.	o نتایج آزمون تا حد زیادی وابسته به تعیین فاصله کانونی، ولتاژ و زمان قرارگیری در معرض تشعشع است. o خطرات تشعشع. o کاهش حساسیت با افزایش ضخامت قطعه. o برخی محدودیتها به دلیل اندازه دستگاه تولید اشعه ایکس.

اهمیت آزمونهای غیر مخرب در پروژه های نیروگاهی

روشهای مختلفی برای تولید وجود دارد که یکی از آنها استفاده از اتصال قطعات به یکدیگر است. این اتصال می تواند توسط پیچ، پرچ، چسب و جوش ایجاد گردد. در تمام دنیا به طور میانگین، جوشکاری در حدود ۸۰ درصد موارد به عنوان روش اتصال قطعات به یکدیگر کاربرد داشته و سه روش دیگر در ۲۰ درصد موارد به کار می روند. در پروژه های نیروگاهی از تولید تا انتقال و توزیع نیز شاهد هستیم که فرآیندهای مختلف جوشکاری کاربرد گسترده ای دارند و برای کنترل کیفیت، همواره از یکی از تکنیکهای آزمونهای غیر مخرب بر اساس استاندارد و کد مربوطه استفاده می شود.

آزمون رادیوگرافی و آزمون التراسونیک در کدها و استانداردهای مورد استفاده در طراحی و ساخت نیروگاه

تا چندین سال پیش عموما در کدها و دستورالعملهای فنی اولویت به رادیوگرافی داده می شد و حتی در برخی موارد صراحتا انجام آزمون التراسونیک به جای رادیوگرافی غیر مجاز دانسته شده بود. امروزه با پیشرفتهای صورت گرفته که دستاورد آن ابداع تکنیکهای جدیدی مانند PAUT (سر نام واژه های Phased Array UT) و نیز TOFD (سرنام واژه های Time of Flight Diffraction) می باشد، اینک در بسیاری از موارد دو روش رادیوگرافی و التراسونیک معادل هم در نظر گرفته می شوند. پژوهشهایی نیز در مراکز معتبر مرتبط مانند EPRI (سرنام واژه های Electric Power Research Institute) در این مورد به انجام رسیده است و مقاله هایی نیز با استناد به نتایج آزمونهای عملی منتشر شده اند.

در ویرایش جدید کدها و استانداردها این پیشرفتها بازتاب یافته اند و به عنوان مثال ASME Sec. IX که مربوط به جوشکاری است و تهیه بیشتر دستورالعملهای جوشکاری و گزارش کیفیت آنها[۱۰] و نیز آزمون مهارت جوشکاران[۱۱] در تمامی پروژه های نیروگاهی کشور بر اساس آن انجام می شود، در آخرین ویرایش خود (۲۰۱۰) این اجازه را داده است تا برای آزمون جوشکاران که تا پیش از این فقط از رادیوگرافی استفاده می شد بتوان از التراسونیک نیز استفاده نمود و به طور کلی به جای واژه RT از عبارت Volumetric NDE استفاده نموده است که هم رادیوگرافی و هم التراسونیک را شامل می گردد.

مشابه این در ASME Sec.I که مربوط به طراحی و ساخت بویلرهای نیروگاهی است نیز وجود دارد و این کد نیز عبارت Volumetric NDE را از سال ۲۰۱۰ به کار برده است و صراحتا در بند PW-11.1 استفاده از هر یک از دو روش رادیوگرافی یا التراسونیک را برای ضخامتهای بیش از ۱۳ میلیمتر مجاز دانسته است.

در حال حاضر پروژه های زیادی برای ساخت مخزن به منظور افزایش ذخیره سازی سوخت (مازوت–گازوئیل) در نیروگاه های کشور بر اساس استاندارد API 650 در حال انجام است، که از این استاندارد برای طراحی، ساخت و کنترل کیفیت این مخازن فلزی استفاده می گردد. در پیوست U این استاندارد استفاده از آزمون التراسونیک به جای رادیوگرافی برای ضخامت جوش بیش از ۱۰ میلیمتر مجاز دانسته شده است.

در مورد پایپینگ (البته فرآیندی و نه نیروگاهی) نیز راهکارهایی از سوی کمیته فنی کد در قالب Code Case ارائه شده است که تحت B31 CASE 181 با عنوان زیر منتشر شده است:

Use of Alternative Ultrasonic Examination Acceptance Criteria in ASME B31.3

برای مخازن تحت فشار، الزامات این جایگزینی در بند 7.5.5 از ASME Sec. VIII Div.2 آمده است.

شایان توجه است جایگزینی آزمون التراسونیک به جای رادیوگرافی در فورومهای بین المللی (تالارهای گفتگوی تخصصی اینترنتی) نیز به بحث گذاشته شده است و نظرات متفاوتی پیرامون چگونگی جایگزینی و روشهای مناسب جایگزین ابراز گردیده است.

شرایط موجود پروژه های نیروگاهی کشور

هم اکنون در پروژه های نیروگاهی، بیشتر آزمونهای رادیوگرافی با روش گاما انجام می گردد که باید پرتو را عناصر یا ایزوتوپهای طبیعی رادیو اکتیو که می توانند از خود اشعه ساطع کنند مانند Cobalt-60 (با نیمه عمر ۵ سال) یا Iridium-192 (با نیمه عمر ۷۴ روز) ایجاد کنند که به آنها چشمه[۱۲] گفته می شود. به دلیل شرایط موجود و تحریمهای اعمال شده، بنا بر اظهار پیمانکاران و نیز صنف مربوطه، از سال گذشته امکان واردات این چشمه ها وجود نداشته که باعث دشوار شدن و حتی در برخی موارد ناممکن شدن رادیوگرافی با روش گاما شده است.

راهکارهای موجود برای برون رفت از این چالش

همان گونه که پیشتر نیز اشاره شد برای ضخامتهای بالا استفاده از آزمون التراسونیک به جای رادیوگرافی توسط کدها و استانداردهای مربوطه مجاز دانسته شده اند اما برای ضخامتهای کم، کد ها و استاندارد ها فقط استفاده از رادیوگرافی را مجاز می دانند و بر این امر با آوردن واژه shall تاکید نموده اند.

به منظور انتخاب روش التراسونیک مناسب برای ضخامتهای زیاد (آیا از روش التراسونیک معمولی استفاده شود؟ آیا شرط recordable بودن نتایج الزامی است؟ آیا باید بر استفاده از روشهای جدیدی مانند PAUT یا TOFD که خوشبختانه در کشور ما به صورت تجاری درآمده اند و کارشناسان و اپراتورهای تائید صلاحیت شده و ماهر برای انجام آنها نیز وجود دارد، پافشاری نمود؟ آیا باید در موارد حساس از ترکیب PAUT+TOFD استفاده گردد؟) و نیز تصمیم گیری در مورد چگونگی بازرسی و آزمون ضخامتهای کم (با توجه به الزام کد و استاندارد بر انجام رادیوگرافی ضخامتهای کم، آیا بهتر است از روش رادیوگرافی اشعه گاما با همان چشمه های ضعیف موجود و با تغییر در نوع فیلم رادیوگرافی استفاده نمود؟ آیا استفاده از رادیوگرافی اشعه ایکس با توجه به حساسیت بسیار خوب آن و وجود امکانات و پرسنل آموزش دیده توصیه گردد؟ آیا می توان برای معیار ضخامت کم کد، relaxation قائل گردید و مثلا به جای ۱۰ میلیمتر، ضخامت ۸ میلیمتر را در نظر گرفت؟) باید با استفاده از تجارب موجود (مانند تجارب صنعت نفت در فازهای پارس جنوبی) و نیز قضاوت مهندسی[۱۳]، و با در نظر گرفتن تمامی جوانب فنی و نیز محدودیتهای موجود و همچنین در نظر گرفتن راهکارهایی جهت حصول اطمینان از درستی نتایج (مثلا cross check کردن نتایج آزمون رادیوگرافی و التراسونیک برای یک ضخامت معین)؛ در این مورد تصمیم گیری شود.

تصمیمی کلیدی و مهم

با توجه به اهمیت بازرسی و آزمون و تاثیر به سزای آن در کیفیت نهایی پروژه های نیروگاهی، روشن است که در مورد جایگزینی روش رادیوگرافی، باید سیاستی درست و یکنواخت برای تمام پروژه های جاری نیروگاهی اتخاذ گردیده و به تمام دست اندرکاران اطلاع رسانی گردد تا با در پیش گرفتن رویه ای واحد در بازرسی و آزمون و با تهیه دستورالعملهای مرتبط، حفظ کیفیت، تضمین گردد.

در این زمینه بایسته است نظر افراد و انجمنهای متخصص مانند انجمن صنفی شرکتهای بازرسی و آزمایشهای غیر مخرب ایران (که برای انجام مشاوره در این مهم اعلام آمادگی نموده است) یا انجمن جوشکاری و آزمایشهای غیر مخرب ایران که به نوعی مراجع آزمونهای غیر مخرب کشور محسوب می گردند، و یا سایر شرکتهای دانش محور و مجرب مجری آزمونهای غیر مخرب خواسته شود و حتی با فراخواندن آنها در جلساتی، این موضوع به بحث و پرسش گذاشته شود. حتی در این مورد می توان برگزاری همایش را نیز در نظر داشت تا تمامی نظرات متخصصان در قالب مقالاتی جمع آوری و نتیجه به دست آمده در عمل مورد استفاده قرار گیرد.

پی نوشت

۱- (Destructive testing)(DT)
۲- (Non-Destructive testing)(NDT)
۳- (Visual testing)(VT)
۴- (Radiography Testing)(RT)
۵- (Ultrasonic Testing)(UT)
۶- (Magnetic Particle Testing)(MT)
۷- (Penetrant Testing)(PT)
۸- Penetrant
۹- Developer
۱۰- WPS & PQR
۱۱- WPQ
۱۲- Source
۱۳- engineering judgment

مراجع

1- http://www.iran-eng.com/showthread.php/31254
2- http://fa.wikipedia.org/wiki
3- http://www.civilica.com/Paper-ICTINDT02-ICTINDT02_057.html
4- http://sadeqesfidan.blogsky.com/1391/05/08/post-46/
5- www.irsnt.com/index.php?option...id...
6- pbadupws.nrc.gov/docs/ML1016/ML101610106.pdf
7- www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr301.pdf
8- Walter J. Sperko, Summary of Changes in ASME Section IX, 2010 Edition, Welding Journal, August 2010
9- 2010 ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC), Section I: Rules for Construction of Power Boilers
10- API Std 650, Welded Tanks for Oil Storage, 11th Edition, Addendum 2 (2009)
11- Cases of the Code for Pressure Piping – B31
12- 2010 ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC), Section VIII, Division 2: Alternative Rules
13- http://www.ndt.net/forum/forum.php
14- http://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=312195
15- http://www.qcpage.com/index.php/

۱۶- آزمون مواد، ورنون جان، ترجمه: دکتر علی حائریان، دکتر محسن کهرم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۵
۱۷- اصول و کاربرد تستهای غیر مخرب در جوشکاری، ترجمه: مهندس مجید مصلی، نشر طراح، ۱۳۸۷

آن روی سکه

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در " مجله دانشمند، سال پنجاه و یکم، شماره ۱۰ (پیاپی۶۰۳)، دی ۱۳۹۲" به چاپ رسیده است.

واژه های کلیدی: سکه، مسکوک، دریک، پول

پیشگفتار

مردم دنیا با تلاش و فعالیت مداوم، نیرو و عمر خود را صرف می کنند و حاصل این کوشش ها و زحمات را بصورت پول دریافت می نمایند. بی گمان اساس گردش چرخهای اجتماع بر پول نهاده شده است. امروزه حتی کودکان هم می دانند پول چیست و چه ارزشی دارد و باید گفت که کمتر کسی پیدا می شود که هر روز با مقداری پول سر و کار نداشته باشد و به همین نسبت هم کمتر کسی از خود می پرسد که پول از کجا پیدا شده، تاریخچهٔ آن چیست و در قدیم چه چیزی به جای پول وجود داشته است.

در نوشتاری که پیش روی شماست تلاش گردیده است تا ضمن بیان چگونگی پیدایش سکه، به ویژگی های سکه های کنونی از نظر آلیاژ تشکیل دهنده و نیز روش تولید آن پرداخته شود.

پیش از پیدایش سکه

انسان همواره برای زندگی بهتر و رفع نیاز های روزانه در تلاش بوده است و همین اصل، تمدن را بوجود آورده و ملتها را به سوی انواع نوآوری ها و ساختن دنیایی زیباتر رهنمون شده است. کشف آتش و به کار بردن فلزات هر یک سرآغاز مهمی در پیشرفت بشر بوده است. از زمانی که نخستین جوامع بشری بوجود آمدند، انسان ها دریافتند که به یاری هم نیازمندند و با سعی و تلاش به رفع نیازهای همدیگر پرداخته و از دسترنج یکدیگر بهره مند گردیدند. شاید بتوان این را نخستین پایه داد و ستد و مبادله پایاپای دانست.

تمدنهای کهن بدون آشنایی با سکه، زندگی خود را از راه مبادله می گذراندند. در نقاشی ها و کنده کاری ها مصر قدیم، صحنه های معاملات و داد و ستد پایاپای دیده می شود. در اوستا درباره ی پرداخت مزد کارگران با مواد خوراکی یا پرداخت دستمزد پزشکان بوسیله چهارپایان بایسته هایی آمده است.

در گذشته استفاده از مهره در شمال آمریکا و صدف در آفریقا و آسیا به عنوان پول رایج بوده است. در جامعه فیجیان دندانهای نهنگ اهمیت مذهبی داشته و تا اواسط دهه ۱۹۶۰ به عنوان پول استفاده می شده است. در دورهٔ هومر چهار پایان اساس قیمتها بوده اند. درکاوش‌های شوش، حلقه‌هایی در ویرانه‌های معابد ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد به دست آمده است. همچنین در کاوش‌های تپه «نوشی جان» ملایر که متعلق به دوران مادها در قرن هفتم قبل از میلاد است، تعداد قابل ملاحظه‌ای حلقه نقره کشف شده است که بر روی آن علامت‌هایی دیده می‌شود. حلقه و میله از جنس مس مربوط به سه هزار سال ق.م در «موهنجودارو» پاکستان و همچنین در ارمنستان یافت شده و حلقه های پولی در مصر با عنوان اوتن نیز کشف شده اند.

در لغت‌نامه دهخدا از نخستین وسیله‌ای که در داد و ستد به کار رفته، با واژه «پاره» یاد شده است و چنین آمده است که "پاره یادآور نخستین مرحله سکه است. پیش از اینکه فلزات را سکه بزنند و آنها را به نقش یا خطی بیارایند، پاره فلزات از برای داد و ستد به‌کار می‌رفت"

پیدایش سکه

با پیشرفت تمدن و اختراع خط و آغاز شهر نشینی، ارتباط افراد با یکدیگر بیشتر گردید و کم کم داد و ستد و مبادله کالا به کالا، جای خود را به تجارت داد. با گذشت زمان و در پی تشکیل دولتها و پی ریزی قوانین مختلف، سکه نیز به وجود آمد.

به وجود آمدن سکه پس از پیدایش خط، بزرگترین پدیده بشری در داد و ستد است. با ضرب سکه، مبادلات بازرگانی بین المللی راحت تر، روانتر و سریعتر شد و این امر تحولی بزرگ در اقتصاد و تجارت بود. سکه، یک تکه کوچک فلزی با وزن معین و معمولا" دایره وار و تخت است که توسط یک دولت برای استفاده در داد و ستد اقتصادی یک جامعه به جریان می افتد. بر طبق دایره المعارف فارسی غلام حسین مصاحب سکه « تکه فلزی است، معمولا قرصی از طلا، نقره، نیکل، مس، آلومینیم که از طرف دولت ها با شکل و اندازه ی معینی ضرب می شود و دولت ارزش آن را ضمانت می کند و به عنوان پول به جریان می اندازد.»

روایات در مورد اولین سکه ها متفاوت است اما بیشتر مورخان لیدیها را نخستین قومی می دانند که سکه ضرب کرده اند. نخستین سکه های لیدی با مخلوطی از طلا و نقره که به آن الکتروم می گفتند ساخته شده بود که بر روی آن شیارهای موازی و پشت سکه چند فرورفتگی حک شده و گاهی در بعضی از این فرورفتگیها نقش حیوانی که شبیه روباه است دیده می شود.

بعدها در دوران سلطنت «کرزوس» پادشاه لیدی در سال ۵۵۰ پیش از میلاد سکه‌های زرین و سیمین با وزن و اندازه معین ضرب شد که بر آنها پیکر لاک‌پشت نقش شده بود. این سکه‌ها به «کرزوئید» شهرت یافت. سکه کرزوئید را نخستین سکه حقیقی می‌دانند زیرا هم دارای جنبهٔ هنری است و هم تمام شرایط سکه تا به امروز نیز در آن در نظر گرفته شده است.

ایرانی ها پس از کشور گشایی های پی در پی در آسیای صغیر به وجود سکه و لزوم آن پی بردند ولی پادشاهان هخامنشی مانند کمبوجیه و کوروش به ضرب آن اقدام نکردند، اما به شهرها و ممالکی که تابع ایران شده بودند اجازه دادند که به ضرب سکه ی محلی خود ادامه دهند.

در دوره داریوش اول، سومین پادشاه هخامنشی (۵۲۱ تا ۴۸۵ پیش از میلاد) و به فرمان وی نخستین سکه‌های زرین «دریک» و سیمین «شکل» که بعدها شهرت جهانی یافتند، ضرب شدند. سکه‌هایی که مردم می‌توانستند آنها را به راحتی در تمامی سرزمین پهناور ایران یعنی از مصر تا هندوستان که بخش عظیمی از جهان آن روز را تشکیل می‌داد، به کار برند و از این بابت مشکلاتی که میان اقوام و ایالت‌های مختلف ایران در امر داد و ستد وجود داشت، برطرف شد.

دریک را داریک هم گفته‌اند، اما آوایش درست آن دَریک است. بنابر نظریه ارنست هرتسفلد، دریک از نام داریوش گرفته شده است. ابراهیم پورداوود، ایران‌شناس، معتقد بود که یونانیان، نام سکه طلا در زمان داریوش بزرگ هخامنشی را چون منسوب به داریوش بود به یونانی «دریکوس» یا «داریک» یا «دریک» به معنی «داریوشی» می‌نامیدند. اما برخی پژوهشگران بر این باور هستند که دریک از واژه دَریگ یا زریگ در زبان پارسی باستان به معنی زرین (صفت نسبی واژه اوستایی «زَرَنیه» به معنی زر) گرفته شده است.

داریوش به خوبی دریافته بود که کامیابی یک ملت باید بر بنیاد اقتصادی سالم گذاشته شود و می دانست که ابتدا باید یک دستگاه منظم از وزنها و اندازه ها داشته باشد. سکه های «دریک» از طلای خالص و به وزن ۸/۴۱ گرم (هشت و چهل و یک صدم) و وزن سکه نقره ای ۵/۶ گرم (پنج و شش دهم) است. داریوش برای ترتیب اوزان، تناسب طلا و نقره را به کار برد. هر بیست «شکل» نقره ارزش یک «دریک» طلا را داشته است. (برخی مراجع این نسبت را یک به ده و یک به سیزده نیز ذکر نموده اند).

حدس می زنند که اولین سکهٔ داریوش در سال ۵۱۶ پیش از میلاد زده شده است. قطرش ۱۴ میلی متربوده و بریک سوی آن نگاره‌ای از یک کماندار هخامنشی است که کمانی در دست چپ و نیزه‌ای در دست راست دارد. پشت سکه طرح خاصی ندارد و فرورفتگی چهارگوش شکل و ناهمواری‌هایی دیده می شود. اینها اثر قسمت برجسته ی سندانی است که هنگام چکش‌زدن بر سکه گذاشته می‌شد. در دورهٔ ۲۰۰ ساله پادشاهی هخامنشیان، سکه‌های دو دریکی، نیم دریکی و یک چهارم دریکی نیز ضرب شدند.

عیار سکه‌های «دریک» بسیار بالا بود و با آزمایش روی نمونه‌های به دست آمده روشن شده است که فلزش تنها ۳٪ آلیاژ داشته است. (عیار همه سکه‌های گران‌بهای طلای فعلی مانند بهار آزادی ۹۰۰ در هزار است) این ناب بودن مایه ی رواج این سکه شد و همواره سکه‌های طلای هخامنشی سخت معتبر بودند. کیفیت سکه‌های زر در تمام دوران هخامنشی ثابت ماند.

ضرب سکهٔ «دریک» زرین در انحصار مرکز بود و هیچ‌یک از ساتراپ‌ها و فرمانداران محلی حق نداشتند بدون پروانه داریوش به نام خود سکه زنند و تنها اجازه داشتند سکه‌های سیمین مورد نیاز را در ضرابخانه‌های واقع در قلمرو فرمانروایی خود ضرب کنند.

مالیات ها و حقوق و غیره با این سکه ها پرداخت می شد. نقش کماندار پارسی در درازای دو سده پادشاهی هخامنشیان دگرگونی‌هایی داشت. از آنجا که سکه‌های هخامنشی تاریخ ضرب ندارند از روی نشانه‌های دیگر، نقش‌های مربوط به دوران هر پادشاه را تعیین کرده‌اند.

در دورهٔ هخامنشی پایهٔ پول بر طلا بود. از ضرابخانه های ایران در آن دوران اطلاعات دقیقی در دست نیست ولی سکه های کم ارزش نقره در مستعمرات یونانی، آسیای صغیر و فینیقیه زده می شد. داریوش نسبت به بدون غش بودن سکه ها بسیار حساس بود و علاقه داشت که عیار پول طلا (دریک) و پول نقره (شکل) همیشه یک اندازه باشد. این گونه بود که در هیچ نقطه ای از امپراطوری ایران در پول طلا و نقره بیش از میزان مقرر غش نمی زدند به همین جهت پول ایران مرغوب ترین پول دنیای قدیم بود و مورد اعتماد تقریباً تمام کشورهای آن روزگار قرار داشت. حتی اگر داریوش متوجه می شد که ضرابخانه ها که زیر نظر ساتراپها کار می کردند بیش از اندازه در سکه ها غش زده اند، به شدت برخورد می کرد. نمونهٔ آن والی باختر بود که به شدت مجازات شد.

در این دوره تهیه و به کار اندازی سکه در معاملات نه تنها در امور بازرگانی داخلی و خارجی تسهیلاتی فراهم کرد بلکه به توسعه بانکها که به تدریج رونق می گرفتند نیز کمک مؤثری کرد. در زمان خشایارشا دو سوم مزد را جنس و یک سوم را با سکه پرداخت می کردند و بدین ترتیب پس از تقریباً نیم قرن از ضرب اولین سکه، پول توانست جای خود را در معاملات گوناگون باز کند. شاهان هخامنشی خراج را به شکل زیر انبار می کردند: آنها طلا یا نقره را ذوب می کردند و درون کوزه ای می ریختند. وقتی که کوزه پر می شد، آن را انبار می کردند و هنگام نیاز آن قدر که لازم بود از کوزه ها را می شکستند و سکه ضرب می کردند. هنگامی که اسکندر شوش را تصرف کرد، با مقدار زیادی شمش خام روبرو شد. خراج در زمان کوروش و کمبوجیه ضرورت وجود پول را ایجاد نمی کرده است چون اقوام خراج خود را به صورت فلزات گرانبها پرداخت می کردند.

پس از هخامنشیان، سکه‌های ساسانی از جنس طلا، نقره، برنز و آلیاژی از قلع و سرب ضرب شدند. اشکانیان در مدت چهار قرن فرمانروایی تنها به ضرب سکه‌های نقره اکتفا نمودند اما اردشیر یکم برای رقابت با رومیان و نمایش قدرت سیاسی و اقتصادی، اقدام به ضرب سکه‌های طلا نمود. سکه‌های نقره را دراخم می‌گفتند. دراخم‌های ساسانی در عربی درهم خوانده می‌شدند. درهم واحد پول و وزن به شمار می‌آمد. وزن یک درهم تقریباً ۴ گرم بود. سکه‌های نقره علاوه بر درهم، شامل ۴ درهمی و نیم درهمی و یک ششم درهمی بوده‌اند که دانگ نامیده می‌شد. سکه‌های طلا را دینار می‌گفتند. (برگرفته از داریوس لاتین).

یکی از سکه‌های بسیار رایج روزگار ساسانی سکه‌های چهار درهمی مسین بود که به سکه‌های یک دوم و یک ششم نیز تقسیم شده بود. سکه‌های مسین به‌ندرت سالم مانده‌اند. کمیابی نسبی مضروبات مسین ساسانی با این واقعیت به خوبی همخوانی دارد که سکه‌های مسین کوچک به مثابه سکه‌ای ممتاز همچنان به صورت پول خرد در گردش پولی شهرهای بزرگ باقی ماند و وضع نامرغوب سکه‌های مسین اشکانی موجود نیز تا اندازه‌ای مبین این ادعاست.

ضرب سکه در چین پس از کشورهای دیگر متداول گردید ولی چینیها خودشان مستقلاً مبادرت به این کار کردند و آنرا از ملل دیگر نیاموختند. ژاپنی ها و کره ای ها ضرب سکه را از چین اقتباس نمودند.

اهمیت سکه های تاریخی

سکه‌ها پیام‌آور گذشته‌هایند که بی گمان از زمان‌های دور سخن می‌گویند. با مطالعه دقیق سکه‌ها، تاریخ فراموش‌شده قرون گذشته آشکار مـی شـود و در پیشگاه همگان قرار می‌گیرد. سکه توانسته است راهگشای شناخت حقایق و دستیابی پژوهشگران به بسیاری از واقعیت‌های تاریخی گذشته‌های دور و نزدیک تمدن بشری باشد. از همین روی امروزه سکه‌شناسی شاخه‌ای از باستان‌شناسی است. نقش و نوشته، نوع فلز و وزن سکه‌ها در شناخت عادات، آداب، خط، زبان، هنر، مذهب، تمدن، ارتباطات تجاری و وضع اقتصادی هر ملت و مملکتی کمک بـسیار شـایانی مـی‌کننـد و معیـاری سـودمند بـرای شناخت مقیاس ها و اوزان در ادوار گذشته به شمار می‌روند. گاه یک سکه اطلاعاتی در اختیار قرار می دهد که در کتاب‌ها و کتیبه‌هـا موجـود نیـست و حتی این امکان وجود دارد که با یافتن یک سکه، فصلی از تاریخ که به فراموشی سپرده شده است، دوباره گشوده شود.

سکه، کمک شایانی به تاریخ هنر دنیای قدیم نیز نموده است. روی بیشتر سکه های روم و یونان باستان صورت خدایان افـسانه ای و بناهـای تـاریخی مانند: کولیزه یا آکروپولیس و غیره منقوش گردیده است. این نمونه های دقیق و ظریف برای بازسازی بناها و ترمیم شکستگی های تندیسهای باستانی بزرگترین کمک و راهنما شده اند. قسمت مهمی از آثار هنری ساسانی فلزکاری و زرگری است و خوشبختانه نمونه های بسیار ارزنده ای از انواع جامها، ظروف و ... با صحنه های شکار، رزم و بزم از حفاریها بدست آمده است و توسط تطبیق با سـکه هـای آن دوره کـه دارای تـصویر کامـل هـر یـک از پادشاهان به همراه جزئیاتی مانند نوع لباس، تزئینات، آرایش مو و تاج است می توان این شاهکارهای هنری را منتسب بـه هـر یـک از شـاهان واقعـی نمود.

سکه زنی

پیدایش ضرابخانه به این دلیل بود که قطعات سکه باید هم وزن، هم اندازه و هم نقش باشند. ضرب سکه در ایران از زمان داریوش که نخستین سـکه ایرانی ضرب شد، تا امروز ادامه یافته و ضرابخانه‌ها پیوسته پیشرفت کرده اند و از سوی دیگر، تکنیک ضرب سکه نیز تکامل یافته است.

سکه در قدیم به دو روش ساخته می‌شد؛ یکی با ریختن فلز مذاب در یک قالب و دیگری با کوبیدن چکشی که نقش خاصی رویش حک شده بود، بر تکه‌ای فلز. روش نخست قالب‌ریزی و روش دوم، ضرب چکشی سکه نام گرفته است. در روش قالب ریزی، قالب ها معمولا از گچ و گل رس بوده که مواد مذاب را داخل قالب ریخته و پس از سرد شدن، قالب ها را می شکستند و البته قالب دارای نقش مورد نظر بود. استفاده از این روش در ایران به ندرت صورت می گرفت و از این روش بیش تر در چین و هند استفاده می شد. معمولاً سکه را با چکش ضرب می‌زدند و طریقه ضرب این گونه

مسکوکات آسان بود. قرن‌ها به این ترتیب عمل می‌کردند که ابتدا نقش پشت سکه را روی فلز مستحکمی که معمولاً فولاد بود به طور معکوس و منفی حکاکی می‌کردند و آن را در وسط سندان کار می‌گذاشتند و به همان شیوه عیناً نقش روی سکه را نیز در سر سنبه‌ای از فولاد حکاکی می‌کردند. پس از تعیین آلیاژ مناسب و تهیه شمش، آنها را به قطعه‌هایی با قطر و وزن لازم تبدیل کرده (که امروزه در صنعت ضرب سکه به آن پولک می گویند) و با نیروی چکش به صورت مسکوک درمی‌آوردند. این نوع سکه‌زدن ویژه کشور ما نبود و تقریباً در همه جای دنیا به همین شیوه عمل می‌شد.

بعدها به صورت بسیار ابتدایی از منگنه‌ها استفاده می‌کردند و پس از سال ۱۵۶۱ میلادی با اختراع ماشین ضرب سکه در اروپا، سکه‌های استاندارد رواج یافت. بر اساس نوشته‌ها و مدارک موجود در ایران، در زمان صفویه نظم و ترتیب خاصی برای ضرب سکه وجود داشت و ضرابخانه، سازمان اداری گسترده‌ای دارای مشاغل متنوع بود که تحت نظر معیرالممالک اداره می‌شد. عزل و نصب حکاکان، زرکشان، ضرباشی، ضابطان، صنعتگران، کارکنان و کارمندان با وی بود و هیچ یک از عاملین دیگر حق دخالت نداشتند. دستگاه‌های مهم ضرابخانه عبارت بودند از:

۱ - دستگاه سیاکی (گدازنده) برای ذوب و خالص کردن طلا و نقره ۲ -دستگاه قرص کوبی که فلزات را به شکل قرص در می‌آورد ۳ -دستگاه آهنگری برای شمش کردن فلزات ۴ - دستگاه چرخ کشی برای نوار کردن شمشها به ضخامت معین ۵ - دستگاه قطاعی برای قطعه قطعه کردن نوار فلزات ۶ - دستگاه کهله کوبی، فلزات قطعه شده را پهن کرده، به اندازه سکه در می‌آورد ۷ - دستگاه سفیدی گری، قرصهای زر و سیم را پاک می‌کرد ۸ - دستگاه تخش کنی، قرصهای کم وزن را جدا کرده، مجدداً با وزن صحیح آماده می‌کرد ۹ - دستگاه سکه کنی، قرصها را سکه می‌کرد.

تا دوران افشاریه و زندیه و تا اواسط قاجاریه وضع ضرب سکه کم و بیش به همین صورت بود. ضرب ماشینی سکه از اواخر سلطنت ناصرالدین شاه متداول شد.

در سال ۱۲۸۲ ناصرالدین شاه دستور داد ضرابخانه‌ای با روش جدید از فرانسه خریداری کنند و پس از وقفه‌ای ۱۲ ساله، ضرابخانه جدید در سال ۱۲۹۴ به دستیاری مستشار اتریشی، کار خود را آغاز کرد. فکر ایجاد چنین ضرابخانه‌ای سال‌ها قبل در زمان ولیعهدی عباس میرزا نایب‌السلطنه در تبریز مورد توجه بود که منجر به تهیه مسکوک چرخی یا ماشینی شد ولی به دلیل هزینه زیاد، حدود ۲۰۰ سکه سیمین تهیه و سپس ضرابخانه تعطیل شد.

امروزه مراحل زیر برای سکه زنی انجام می شود:

۱- طراحی اولیه برروی کاغذ و تائید شدن آن ۲- تولید مدل از جنس پلاستر ۳- تهیه روکش اپوکسی برروی مدل پلاستری ۴- تهیه هاب اصلی[۱] از روی قالب مدل ۵- مرحله قالب اصلی[۲] که در این مرحله از هاب اصلی، با دستگاه پرس برروی استیل، نقش سکه ایجاد می گردد و آنرا تحت حرارت گرم کرده و برای مرحله دوم پرسکاری آماده می کنند. در مرحله دوم، مجددا قطعه کار را با هاب اصلی زیر پرس قرارداده و پرس می کنند. مراحل فوق را هابینگ[۳] می گویند. در پایان مرحله هابینگ، قالب اصلی ایجاد گردیده است که بر روی آن نقش سکه بصورت منفی و فرورفته دیده می شود. معمولا دو قالب اصلی جهت هر روی سکه، تهیه می شود. ۶- هاب های کاری[۴] که در این مرحله، از قالب اصلی، و به همان شیوه ای که در مرحله هابینگ ذکر گردید، تولید هاب های کاری انجام می گردد و در روی هاب های کاری، نقش سکه بصورت مثبت و برآمده دیده می شود. ۷- قالبهای کاری[۵] که از روی هاب های کاری تولید شده و تصویر برروی قالبهای کاری بصورت منفی و فرورفته دیده می شود. از این پس مراحل ضرب سکه آغاز می گردد که در ابتدا بوسیله دستگاه پرس، ازورق فلز با آلیاژ معینی که از قبل مشخص شده است و به آن مطلس می گویند، استفاده شده و پولک سکه تولید می گردد. سپس توسط دستگاه کله زنی[۶] برروی پولک ها لبه[۷] ایجاد می گردد. سپس پولک ها به دستگاه سکه زنی ارسال و ضرب سکه[۸] صورت می گیرد. پس از ضرب، سکه از نظر کیفی بررسی شده و جهت بسته بندی ارسال می گردد. سکه به دو شکل بسته بندی می شود : الف) باکیسه پلاستیکی یا پارچه ای و بسته به ارزش اسمی سکه با تعداد متفاوت ب) بصورت رول و به تعداد متفاوت جهت هر نوع سکه.

آلیاژ سکه های امروزین

در طول تاریخ از فلزات مختلفی برای ساخت سکه استفاده شده است که ۳ عنصر گروه ۱۱ جدول تناوبی در میان آنها نقش ویژه ای داشته اند یعنی: طلا، نقره و مس.

برای انتخاب آلیاژ مناسب سکه، همانند هر فرآیند انتخاب مواد دیگری، باید پارامترهای موثر را بررسی کرد که در این مورد خاص، خواص مواد نقش اصلی را خواهند داشت. برخی از الزامات انتخاب آلیاژ سکه در زیر آمده است:

۱- سکه ها با ارزشهای متفاوت باید به نوعی قابل تشخیص باشند. (به عبارت دیگر باید بتوان در یک نگاه یا با حس لامسه، ۵۰۰ ریالی را از ۲۵۰ ریالی بازشناخت) که این تمایز می تواند از طریق تفاوت در رنگ، شکل یا اندازه، ایجاد شود. در مورد رنگ باید به این نکته توجه شود که آلیاژ انتخاب شده باید به گونه ای باشد که رنگ سکه پس از مدتی به آسانی مات و کدر نگردد.

۲- کاهش امکان جعل و تقلب نکته مهم بعدی است که نباید به آسانی بتوان سکه های تقلبی ضرب کرد. بیشتر دستگاه های فروش اتوماتیک[۹] برای تشخیص سکه های تقلبی از رسانایی الکتریکی بهره می برند که لازمه اش این است تا هر نوع سکه، ویژگی الکتریکی منحصر به فردی داشته باشد که می دانیم ویژگی الکتریکی وابسته به نوع آلیاژ است.

۳- آلیاژ باید نرمی و انعطاف پذیری مطلوبی داشته باشد تا بتوان سکه زنی انجام داده و نقشهای طراحی شده را روی سطح سکه ایجاد نمود.

۴- از سوی دیگر، آلیاژ سکه باید سختی و استحکام لازم را دارا باشد تا در برابر سایش مقاوم بوده و نقشهای سکه در طول زمان از بین نرفته و سکه ساییده نشود. شایان ذکر است که خود عملیات سکه زنی باعث انجام کار مکانیکی روی سکه و افزایش سختی آن می شود که اصطلاحا به آن کرنش سختی[۱۰] می گویند.

۵- میکرو ارگانیسمهای نامطلوب می توانند به راحتی بر سطح سکه ها قرار گیرند و برای حفظ سلامتی انسانها لازم است تا آلیاژ مورد استفاده تا حد امکان دارای ویژگی آنتی باکتریال باشد.

۶- مقاومت به خوردگی، اصل مهم دیگری است که باید مورد توجه باشد. آلیاژ باید مقاومت کافی در برابر اکسید شدن درهوا و سایر محیطهای موجود را از خود نشان دهد.

۷- دارا بودن قابلیت بازیافت[۱۱] نیز نباید فراموش گردد.

۸- بایسته است دقت شود تا ارزش مواد تشکیل دهنده سکه از ارزش قانونی سکه بیشتر نباشد چون در این صورت، سود جویان، سکه را جمع آوری و ذوب نموده و شمش حاصله را که ارزشی بیشتر از سکه ها دارد به فروش می رسانند.

این مورد آخر چندین سال پیش به علت کاهش ارزش ریال و افزایش قیمت فلزات در کشورمان اتفاق افتاد و سبب شد از سال ۱۳۸۳ تغییر آلیاژ سکه های رایج مس و نیکل در دستور کار قرار گیرد. در سایر کشورهای دنیا نیز این مورد وجود داشته است مثلا تا پیش از سال ۱۹۹۲، پنی انگلستان (سکه ای که معادل یک صدم پوند است) از مس با خلوص ۹۷ درصد ضرب می شد اما در سال ۲۰۰۸ بر اساس قیمت جهانی مس، قیمت هر سکه یک پنی به یک و نیم پنی رسیده بود. از این روی، پنی های جدید، از جنس فولاد با روکش مس هستند. سنت آمریکا (سکه ای که معادل یک صدم دلار است) نیزداستان مشابهی دارد و از ۱۹۸۲ میلادی، از جنس مس به آلیاژ مس با روکش روی تبدیل شده است. بدین ترتیب، افزایش قیمت جهانی مس و نیکل باعث شد استفاده از آلیاژ معروف cupronickel که معمولا شامل ۷۵ درصد مس و ۲۵ درصد نیکل و دارای جلای نقره ای بود پایان یابد و استفاده از آلیاژهای دیگر مرسوم گردد.

امروزه مس یکی از فلزاتی است که با آلیاژ شدن با فلزات دیگر به عنوان ماده اولیه تولید سکه به کار می رود. از سال ۲۰۰۲ میلادی که یورو به عنوان واحد پول اتحادیه اروپا در ۱۲ کشور به جریان افتاد، از مس و آلیاژهایش برای ساخت ۸ نوع سکه یورو استفاده کردند. سکه ۲ یورویی به بی متال[۱۲](دو فلزی) معروف است چون از یک حلقه خارجی نقره ای رنگ و یک دیسک طلایی رنگ تشکیل شده است (همانند سکه های ۵۰۰ و ۲۵۰ ریالی کشورمان که هنوز هم کم و بیش رایج هستند). جنس حلقه خارجی، 75Cu-25Ni است. دیسک میانی دارای ساختاری سه لایه ای است که دو سوی نیکل با خلوص بالا، توسط آلیاژ nickel brass (برنج نیکلی) شامل 75Cu–20Zn–5Ni روکش دهی شده است.

سکه یک یورویی هم بی متال است با این تفاوت که جای حلقه و دیسک عوض شده انـد. سـکه هـای ۱۰ و ۲۰ و ۵۰ سـنت یـورو از آلیـاژی بـه نـام Nordic Gold ضرب شده اند که شامل 89Cu-5Al-5Zn-1Sn است. سکه های ۱ و ۲و ۵ سنت یورو فولادی هستند که با مس پوشش داده شده اند.[۱۳]
متریالهای دیگری هم بعنوان آلیاژ سکه کاربرد یافته اند مثلا در هندوستان برخی از سکه ها از جنس فولاد زنگ نزن هستند که حدود ۸۲ درصد آهن و ۱۸ درصد کروم دارد. برخی کشورهای دیگر هم برای اینکه قیمت فلز سکه از خود سکه بیشتر نشود، به استفاده از انواع آلیاژهـای فـولادی روی آورده اند. بد نیست در اینجا به برخی از مواد عجیب برای سکه زنی هم اشاره ای داشته باشیم. در سال ۱۹۳۱ در چین، از آنتیموان برای ضرب سکه اسـتفاده شد همچنین در پی تورم وحشتناک پس از جنگ جهانی اول، تعدادی سکه زغال سنگی در آلمان ضرب شد!

پول در ایران معاصر

کلمهٔ قران در اصل صاحبقران بوده که در بسیاری از سکه‌های ایران از خانـدان صـفوی تـا ناصـرالدین شـاه قاجـار (۱۳۱۳–۱۲۶۴) دیـده شـده اسـت. ناصرالدین شاه در سال ۱۲۹۳ به یادبود ۳۰ سال پادشاهی خود در یک سکهٔ زرین ضرب تبریز به خود لقب «ناصرالدین شاه غازی خسرو صاحبقران» یا سلطان صاحبقران داد. نخستین بار در عهد فتحعلی شاه، قران با وزن ۱۴۲ قیراط نقره ضرب شد و از همین جا بود که قران نیز به بازار پول ایـران وارد شد که یک کلمهٔ عربی است. قران مساوی پنج عباسی یا ۲۰ شاهی بود و هر ۱۰ قران یک تومان بود و هر قران، ۱۵ شلینگ ارزش داشت. بـا کـاهش مجدد در وزن قران، سکه‌های نقرهٔ عباسی به تدریج از بین رفت. وزن قران چندین بار پایین آمد و تبدیل به مس و نیکـل شـد. در سـال‌هـای قبـل از انقلاب قران هنوز رواج داشت و معادل یک ریال بود.
تومان یا تومانی یک واژه مغولی است که با حملهٔ چنگیز به ایران رخنه کرد. تومان در آن روزگار نام سـکه‌ای بـوده کـه بـه ۱۰۰ هـزار دینـار تقـسیم می‌شده است. البته برخی مورخان گفته‌اند که تومان به معنای ۱۰ هزار است و معادل ۱۰ هزار دینار در زمان قاجار و صفویه بوده اسـت. دینـار در قـرن سیزدهم میلادی سکهٔ طلای ۵۲ قیراطی بوده است و تومان ۱۰ هزار دینار ارزش داشته است. در قرن ۱۶ میلادی و زمان شاه‌عبـاس، تومـان مـساوی ۵۰ عباسی سکه نقره به وزن ۱۳۰ قیراط بوده و ارزش تومان مساوی سه لیره و هفت شلینگ انگلیسی بوده است.
در زمان قاجار تومان معادل ۱۰۰ هزار دینار بوده است اما در سال ۱۳۰۸، حکومت رضاخان دینار جدید را معادل ۱۰۰ دینار قجری قرار داد و یک تومان معادل یک هزار دینار جدید و هر ریال معادل ۱۰۰ دینار جدید و هر تومان معادل ۱۰ ریال یا ۱۰ قران شد. به این ترتیب، دو صفر را از دینار کم کردنـد و به دینار جدید قدرت خرید بالاتری دادند.
در زمان رضاشاه، طبق قانون تعیین واحد و مقیاس پول قانونی ایران، ریال به جای قران با وزن خالص ۰/۳۶۶۱۱۹۱ گرم طلا انتخاب شد و به بـیش از یک قرن حاکمیت قران بر بازار پایان داد و ارزش دینار هم یک صدم ریال انتخاب شد. ریال هم یک واژه بیگانه و اسـپانیایی اسـت. از ۱۵۱۴ مـیلادی که پرتغالی‌ها جزیرهٔ هرمز را در خلیج‌فارس به دست آوردند (در زمان شاه اسماعیل اول) تا ۱۰۰ سال پس از آن که به دست شاه عبـاس جزیـرهٔ هرمـز آزاد شد، ایرانیان و پرتقالیها داد و ستد داشتند. وقتی اسپانیا، پرتغال را اشغال کرد اسپانیایی‌ها نیز با ایرانی‌ها مبادله را ادامه دادنـد و ریـال اسـپانیا را بـه ایرانیان معرفی کردند. ریال از قرن دهم هجری به ایران راه یافت که نام یک سکهٔ نقره بود و معنی آن معادل شاهی اسـت. (از واژه رویـال بـه معنـی سلطنتی)

سکه های امروزین کشورمان

طبق قانون پولی و بانکی مصوب سال ۱۳۵۱، ضرب سکه و انتشار اسکناس برعهده بانک مرکزی است که این وظیفه را در حال حاضر سـازمان چـاپ اسکناس و مسکوک بانک مرکزی بر عهده دارد. هم اکنون سکه های ضرب شده توسط این سازمان دارای پایه مس است و این در حالی است کـه در گذشته از آلیاژ مس و نیکل استفاده می شده است. سکه های ۵۰۰ ریالی که برای نخستین بار در سال ۸۳ با دو آلیاژ به بازار آمده بودند نیز در سال ۸۶ به سرنوشت ۲۵۰ ریالی های دوفلزی دچار و با آلیاژ مس – نیکل – آلومینیوم ضرب شده و کلیه سکه ها از رنگ سفید به رنگ زرد تبدیل شـدند. آلیـاژ این مسکوکات متشکل از ۹۲ درصد مس، ۲ درصد نیکل و ۶ درصد آلومینیوم است.
سالانه ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلیون قطعه سکه در کشور ضرب می شود و به تازگی به جای واردات ماده اولیه، مقرر شده تا شرکت مس شـهید بـاهنر، سـالانه حداقل ۲۵۰۰ تن مطلس به سازمان تولید اسکناس و مسکوک بانک مرکزی، تحویل دهد.
گفتنی است شاید کشور ما از معدود کشورهایی باشد که سالهاست هیچ سکه یا اسکناسی از یک "واحد" پول رایج خود ندارد! واحد پـول ایـران ریـال است و از سال ۱۳۷۴ به بعد، ضرب سکه ۱ ریالی انجام نشده است. دلیل این امر آن است که یک قران که روزگاری ۶۵۰ قیراط نقره می‌ارزید امروز به

جایی رسیده است که بی‌ارزش‌ترین کالا را هم نمی توانیم با یک قران یا یک ریال خریداری کنیم. یک ریال در سال ۱۳۰۸ معـادل ۰/۳۶۶۱۱۹۱ گـرم طلا ارزش داشت اما امروز به حدی کم‌ارزش است که نمی‌توان معادل آن سکه ضرب کرد.

نکاتی خواندنی از دنیای سکه ها

پیش ازاسلام در ایران سکه‌های مسی در میان مردم رایج بوده و پس از اسلام نیز تا دوران قاجاریه و حتی مدتی از دوره پهلوی ایـن نـوع سـکه نقـش مهمی را در امر داد و ستد مردم دارا بوده‌است. البته این سکه جزو کم بهاترین پول در جریان بوده و از آنجا که رنگ پول‌های مسی پس از مدتی سـیاه می‌شده، بدانها «پول سیاه» می‌گفتند و آنرا درمقابل «پول سفید» به کار می‌بردند که منظور سکه‌های سیمین بوده‌است. پول سیاه در طول تاریخ با نـام های فلس، پشیز، پاپاسی، کالکوی اشکانی، تنگه، غاز، قمری و ... آمده است.

گران قیمت ترین سکه جهان یک سکهٔ سیمین یک دلاری آمریکایی است که در سال ۱۸۰۳م ضرب شده است و شش نمونه از آن در جهان بیش تـر موجود نیست که در سال ۱۹۶۵میلادی به مبلغ ۲۸۰۰۰ دلار به فروش رسیده است.

سکه و پول در ضرب المثل ها و اشعار نیز همواره نمود داشته است از جمله:

سخن تا نگفتی به دینار مانی ولیکن چو گفتی پشیز مسینی " ناصر خسرو قبادیانی"

یکی پول دیگر بباید زدن شدن را ، یکی راه باز آمدن " فردوسی"

پی نوشت

۱- Master Hub
۲- Master Die
۳- Hubbing
۴- Working hub
۵- Working dies
۶- Upsetting
۷- Rim
۸- Striking
۹- Vending machines
۱۰- Strain hardening
۱۱- Recyclability
۱۲- Bimetallic
۱۳- Copper plated steel

مراجع

1- William D. Callister, David G. Rethwisch, Materials Science and Engineering; An Introduction, 8th Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2010, P. 416
2- http://9999hm.blogfa.com/post-89.aspx
3- http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%B3%DA%A9%D9%87
4- http://www.sekeha.com/index.php?dispatch=categories.view&category_id=547
5- http://sekemashini.blogfa.com/cat-4.aspx
6- http://iran-coins.com/page.php?6
7- http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%B3%DA%A9%D9%87_%D8%AF%D8%A7%D8%B1%DB%8C%DA%A9_%D8%AF%D9%88%D8%B1%D8%A7%D9%86_%D9%87%D8%AE%D8%A7%D9%85%D9%86%D8%B4%DB%8C
8- http://en.wikipedia.org/wiki/Coinage_metals
9- http://www.khabaronline.ir/detail/126990/
10- http://www.coincommunity.com/forum/topic.asp?TOPIC_ID=147481

11- http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%AF%D8%B1%DB%8C%DA%A9
12- http://coinshome.blogfa.com/8705.aspx
13- http://en.wikipedia.org/wiki/Electrum
14- http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%B3%DA%A9%D9%87%E2%80%8C%D8%B4%D9%86%D8%A7%D8%B3%DB%8C_%D8%A7%DB%8C%D8%B1%D8%A7%D9%86%DB%8C
۱۵- سایت خبری تابناک، سکه‌هایی با طرح‌های جدید در راه بازار، کد خبر: ۳۳۹۰۳۰، تاریخ انتشار: ۲۷ مرداد ۱۳۹۲
۱۶- محسن شمشیری، ماهنامه اقتصاد خانواده، تیر ماه ۱۳۸۷

الکترود جوشکاری، جوشان یا آرام؟

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در " بانک اطلاع رسانی بازرسی جوش، رنگ، عایق و خوردگی، اسفند ۹۰" منتشر گردیده است.

چندین سال پیش بود که برای نخستین بار این پرسش برایم پیش آمد که نوع فولاد الکترود جوشکاری از لحاظ روش اکسیژن زدایی چه باید باشد؟ به عبارت دیگر جوشان یا آرام و نیمه آرام؟

با توجه به جالب بودن موضوع و ارتباطش به مباحث دوره، این پرسش را بصورت یک اسلاید در بخش ۲.۱ دوره IWE که اول دوره بود مطرح کردم (از سال ۸۷) چون در انجا در مورد انواع فولاد آرام و نیمه آرام و جوشان بحث می شد و ویژگی های هر یک و اهمیت آنها در جوشکاری بیان می گردید؛ و از فراگیران خواستم در مورد پاسخش فکر کنند. جالب اینکه در پایان دوره گفته می شد که در مورد پاسخ، اتفاق نظر حتی بین مدرسان دوره وجود ندارد.

در زیر نشانی ۳ مرجعی را که توانسته ام برای پاسخ به این پرسش بیابم، آورده ام. گفتنی است IS:2879 که در مرجع اول به آن اشاره شده نشان دهنده استاندارد ملی هند (Indian Standard) است.

در پرس و جویی که انجام دادم یکی از تولید کنندگان داخلی این ادعا را داشت که اکثر سازندگان داخلی به دلایل برخی محدودیتهای فنی قادر به استفاده از فولاد جوشان برای تولید مغزی الکترود نیستند چون در فرآیند کشش مفتول دچار مشکل می شوند. به همین دلیل از فولادهای نیمه آرام استفاده می کنند اما Ref. 4 که نتایج آنالیز مغزی الکترود ۷۰۱۸ سه برند خارجی و سه برند ایرانی را نشان می دهد (نام برندهای ایرانی را حذف کرده ام) این ادعا را تایید نمی کند. (این آنالیز در یک مرکز پژوهشی معتبر به انجام رسیده است)

4.3.6 Electrode Core-wire Composition

According to AWS A5.1–81, the core wire for the electrodes in this specification is usually a rimmed or capped steel having a typical composition of 0.1% C, 0.45% Mn, 0.03% S, 0.02% P, and 0.01% Si. IS : 2879-1975 recommends rimming quality steel with the following composition (maximum percent) 0.1% C, 0.38–0.62% Mn, 0.03% S, 0.03% P, 0.03% Si, 0.15% Cu.

Ref.1) Md Ibrahim Khan, Welding science and technology, New Age International (P) Ltd. Publishers, 2007, p.77

Core Wire Material

The most suitable core material for steel electrodes is a high-grade rimmed steel. Killed or semi-killed steels do not function as well. A typical specification for a widely used type of electrode follows:

Carbon	.13 to .18%
Manganese	.40 to .60%
Silicon	0.06%
Sulphur	0.04%
Phosphorus	0.04%

The tensile strength of the metal, and to some extent, the smoothness and soundness of the deposit are affected by the carbon and manganese content. Minimum sulfur content is important; it should be as far below 0.04% as reasonably possible.

Ref.2) AWS Jefferson's Welding Encyclopedia, Edited by Robert L. O'Brien, AWS publications, 1997, p. 149

Wire Rods for Core Wire of Covered Electrode

1. Scope

This Japanese Industrial Standard specifies wire rods for core wire of covered electrode, hereinafter referred to as the "wire rods", to be used for the manufacture of the core wire of covered electrode which are principally used for arc welding of low carbon steel.

2. Classification and Symbol

The wire rods shall be classified into 2 classes, and their symbols shall conform to Table 1.

3. Chemical Composition

The wire rods shall have the chemical composition given in Table 1 with respect to finished product.

Table 1. Chemical Composition

Class symbol	Chemical composition %					
	C	Si	Mn	P	S	Cu
SWRY 11	0.09 max.	0.03 max.	0.35 to 0.65	0.020 max.	0.023 max.	0.20 max.
SWRY 21	0.10 to 0.15	0.03 max.	0.35 to 0.65	0.020 max.	0.023 max.	0.20 max.

Ref.3) JIS G 3503

جدول ۱-۱- ترکیب شیمیایی فلز الکترود

الکترود	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W	Sn	B	As	Fe
ESAB	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۴۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۳	*	۰/۰۰۶	۰/۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۰۵	*	۰/۰۰۲	*
HYUNDAI	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۵	۰/۰۱۱	۰/۰۰۸	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۲	*	۰/۰۰۶	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۰۵	*	۰/۰۰۲	*
BOHLER	۰/۰۷۵	۰/۰۲	۰/۶۲	۰/۰۰۹	۰/۰۱۲	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۶	*	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱۱	*	۰/۰۰۲	*
برند لوله 1	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۴۶	۰/۰۰۶	۰/۰۱۲	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۴	*	۰/۰۰۶	۰/۰۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۰۵	*	۰/۰۰۲	*
برند لوله 2	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۴۶	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱۵	*	۰/۰۰۵	*
برند لوله 3	۰/۱	۰/۰۳	۰/۴۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۰۵	*	۰/۰۰۲	*

Ref.4

مران خداپرستی- تیر ماه ۱۳۸۱

متالوگرافی غیر مخرب

مقدمه

بررسی ساختار فلزات معمولاً روی مقاطعی انجام می‌گیرد که از قطعه اصلی جدا شده‌اند این روش متالوگرافی مخرب نام دارد. در بعضی مواقع قطعات قابل جدا شدن از محل اتصال نیستند و باید در محل مورد بررسی قرار گیرند که در این صورت از متالوگرافی غیر مخرب استفاده می‌شود. به طور کلی سه مرحله برای تعیین ساختار فلزات وجود دارد که عبارتند از:

۱-آماده سازی سطحی

۲-گسترش طرحهای سطح فلز به گونه أی که بازتاب دهنده ساختار باشد.

۳-مشاهده آن

معرفی

استفاده از نوار نسخه برداری(Replica) روشی غیرمخرب برای ثبت توپوگرافی یک نمونه متالوگرافی بر روی فیلم پلاستیکی می‌باشد. رپلیکا می‌تواند توسط میکروسکپ نوری(LM) یا میکروسکپ الکترونی(SEM) مورد بررسی قرار گیرد. نمونه‌هایی که توسط SEM مطالعه می‌گردند در خلاء پوشش داده می‌شوند تا رسانا شوند. آماده‌سازی سطح نمونه مورد آزمایش برای بررسی دقیق در محل بسیار مهم و حیاتی است.

آماده‌سازی سطح

همانطور که ذکر شد در متالوگرافی غیر مخرب مرحله آماده سازی سطحی نقش بسیار مهمی در موفقیت عملیات بر عهده دارد. آماده سازی سطحی می‌تواند توسط روشهای پولیش دستی، مکانیکی یا الکترولیتیکی انجام پذیرد. در این مورد می توان از استاندارد ASTM E3 استفاده کرد . البته باید این استاندارد با توجه به نیازهای متالوگرافی غیر مخرب (در محل for field use) مورد بازنگری قرار گیرد.لازم به یادآوریست که نکات ظریفی نیز در امر آماده‌سازی سطحی وجود دارد که حتما باید مورد توجه قرار گیرد از جمله اگر قطعه قبلا با روش ذرات مغناطیسی (magnetic particle) مورد آزمایش قرار گرفته باشد حتما باید دی‌مغناطیس شده و سپس عملیات آغاز گردد.از جمله مسائل دیگری که باید به آن توجه نمود مسئله لایه دی کربوره سطحی است. سختی قطعه در حین عملیات سمباده زنی باید توسط دستگاه سختی سنج پرتابل مورد بررسی قرار گیرد تا پس از اتمام ناحیه دی کربوره، عملیات

آماده سازی نهایی سطح و در نهایت مشاهده ساختار آغاز گردد. البته اگر هدف اولیه، بررسی ناحیه دی کربوره باشد مسلماً عملیات آماده سازی سطحی باید روی این ناحیه متمرکز گردد.
از جمله نکات دیگری که توجه به آنها می‌تواند کیفیت متالوگرافی غیر مخرب را افزایش دهد دقت در برداشته نشدن رسوبها، کاربیدها و آخالهای غیر فلزی (اکسیدها و سولفیدها) در حین عملیات پولیش یا اچ است.پس از آماده سازی سطحی، مرحله اچ کردن از اهمیت خاصی برخوردار می‌شود که باید مطابق استاندارد ASTM E 407 به انجام برسد.

تکنیکهای تهیه رپلیکا

به طور کلی مساحتی در حدود ۱۲×۱۸ میلیمتر مربع برای تهیه رپلیکا در نظر گرفته می‌شود و سپس توسط یکی از دو روش زیر نسخه‌ای از توپوگرافی توسط رپلیکا ثبت می‌گردد:

۱-یک طرف فیلم پلاستیکی توسط حلال مناسبی نظیر استون یا متیل استات پوشیده شده و سپس روی ناحیه آماده سازی شده قرار می‌گیرد.

۲-سطح آماده شده توسط یک حلال مناسب (استون یا متیل استات) پوشیده می‌شود و سپس نوار پلاستیکی (معمولاً استات سلولز) روی آن قرار می گیرد.

در تهیه رپلیکا هم نکاتی باید مورد توجه قرار گیرد از جمله بلافاصله پس از آماده سازی سطح از رپلیکا استفاده گردد تا اثراتی نظیر اکسید شدن سطح یا آلودگی آن به رپلیکا منتقل نگردد.نکته حائز اهمیت دیگر این است که پس از خشک شدن فیلم پلاستیکی، باید آن را در محفظه‌ای خشک نگهداری کرد و آن را دور از هر گونه ضربه یا آسیب دیگری نگه‌داشت.

بررسي ميكروسكپي رپليكا

برای افزایش کنتراست رپلیکا در زیر میکروسکپ(به ویژه در بزرگنمایی‌های پایین)معمولاً رپلیکا روی یک آینه قرار می‌گیرد. اگر رپلیکا نیاز به بررسی‌های SEM داشته باشد، استفاده از طلا به‌عنوان پوشش توصیه شده است.(ASTM STP 547)

در در تهیه گزارش توجه به این موضوع لازم است که مشخصات ساختار باید به وضوح ذکر شود مثلاً در مورد جوش باید ساختار فلز پایه ، فلز جوش و ناحیه متاثر از جوش(HAZ) حداقل در ناحیه‌ای به طول ۱۳ میلیمتر بررسی گردد. در ضمن تمام مرز دانه ها، رسوبهای مرزدانه ای، ترکهاو حفره ها باید در حد امکان به وضوح مشخص شده باشند. رسوبها و آخالهایی که بزرگتر از ۰/۱ میکرون می‌باشند باید به طور کامل روی رپلیکا ثبت شده باشند. در ضمن همانطور که قبلاً نیز اشاره شد کاربیدهای اولیه و ثانویه، کربونیتریدها یا آخالهای غیر فلزی نباید در مرحله پولیش یا اچ از بین رفته باشند.

گزارش نویسی

۱-معمولاً بررسیها برروی رپلیکا برای میکروسکپ نوری در بـــزرگنمـایی ۵۰ تـا ۱۰۰۰ برابـر و برای بررسی با SEM در دامنه ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ برابر گزارش می‌شوند.

۲-هر رپلیکا باید کاملاً معرفی گردد. حداقل معرفی شامل شماره، نام، وجود پوشش روی رپلیکا و نام آماده کننده باشد.

مراجعی جهت مطالعه بیشتر:

"Metals Handbook".,Vol. 9 , Metallography and Microstructures, Ninth ed. , PP. 34-70

" ASTM Standards" , A 335/A 335M, Specification for seamless Ferritic Alloy Steel Pipe for High – Temperature Service.

"ASTM Standards", E 3, Methods of Preperation of Metallographic Specimens.

"ASTM Standards", E 7, Terminology Relating to Metallography.

"ASTM Standards", E 407, Practice for Microetching Metals and Alloys

"ASTM Standards", E 1351, Standard Practice for Production and Evaluation of Field Metallographic Replicas

دوره آموزشی

دستورالعمل جوشکاری،گزارش تائید آن و تائید صلاحیت جوشکار
بر اساس کد ASME

WPS - PQR - WPQ
Based on ASME Code Section IX

گردآوری و تنظیم:
کامران خداپرستی

ویرایش اول
آذرماه ۱۳۸٦

خواننده گرامی

از آنجایی که جزوه آموزشی پیش رو در سال ۱۳۸۶ بر پایه ویرایش سال ۲۰۰۴ کد آماده شده است و تا کنون فرصت ویرایش آن را نیافته ام، بایسته است همواره برای حفظ همگامی با آخرین تغییرات و نیز پرهیز از اشتباه، ویرایش روزآمد و جاری کد را هنگام مطالعه و استفاده از این جزوه به کار برید.

با سپاس فراوان - کامران خداپرستی- ۱۳۸۹

پیشگفتار

استفاده از جوشکاری به زمانهای بسیار دور و آغاز کار با فلزات باز می گردد و امروزه کاربرد آن به دلیل صرفه اقتصادی، قابلیت اطمینان بالا و نیـز داشـتن ایمنی، روز به روز افزایش می یابد. در مقایسه با سایر روشهای اتصال دهی همانند پرچ کاری؛ سازه جوشکاری شده استحکام بیشتر، وزن و هزینـه کمتـری دارد. تکنولوژی جوشکاری حدودا شامل ۱۰۰ فرآیند بوده که شامل روشهایی برای جوشکاری پلیمرها، فلزات، سرامیکها، کامپوزیتها و سـایر مـواد مهندسـی می باشد. این تکنولوژی های متعدد سبب انعطاف پذیری فراوان در طراحی قطعاتی که به هم جوش داده می شوند، می‌گردد. جوشکاری بـه طـور معمـول آخرین فرآیند در مونتاژ قطعات است و نقش بسیار مهمی را در اطمینان از کارایی قطعه ایفا می‌کند. همچنین نقش جوشکاری در تعمیرات و افـزایش طـول عمر قطعات تولید شده نیز بسیار حیاتی است.

با توجه به مطالب گفته شده عجیب نخواهد بود اگر بشنویم که امروزه صنعت جوش به عنوان یک صنعت زیربنائی در توسعه ملل مورد توجه استراتژیست های توسعه قرار گرفته است. آنچه در این میان باید به آن توجه نمود این است که محیط جهانی کنونی ایجاب می نماید که صنایع، فعالیت های خـود را همگام با روند جهانی به انجام رسانده تا بدین ترتیب با کاهش زمان و هزینه و افزایش کیفیت موجب ارتقاء اثربخشی و کارآیی خود گردند. بـا توجـه بـه واقعیت پیوستن ایران به **WTO** با رویکرد جهانی در آینده نزدیک، فرآیندهای اصلی تولید در صنایع نیازمند توجه ویژه و به کارگیری استانداردهای رایـج در سطوح بین المللی است .

مطابق استانداردهای جهانی، جوشکاری از فرآیندهای خاص می باشد و تنها با کنترل کیفیت محصول پس از تولید، امکان تـصمیم گیـری در خـصوص کیفیت محصول وجود ندارد و برای اطمینان از کیفیت، باید قبل و در حین تولید نیز نظارت و بازرسی روی محصول وجود داشته باشـد. اطمینـان از امـر کیفیت در جوشکاری به عنوان یک فرآیند خاص، نیازمند کفایت کیفیت در بخش های مختلف درگیر در تولید شامل مواد اولیه، تجهیزات، نیروی انسانی، استانداردها، فرآیندهای تولید، مدیریت و ... بوده و به عبارت دیگر مستلزم کارا بودن سیستم مدیریت کیفیت جوش می‌باشد.

آنچه در این دوره آموزشی به آن پرداخته خواهد شد سه حلقه از زنجیره سیستم مدیریت کیفیت جوش است که عبارتند از چگونگی تنظیم و بررسی مـدارک *دسـتورالعمل جوشـکاری* (***Welding Procedure Specification***) کـه کوتـاه شـده آن ***WPS*** اسـت ، *گـزارش تائیـد دسـتورالعمل جوشـکاری* (***Procedure Qualification Record***) که به اختصار ***PQR*** خوانده می‌شود و *تائیـد صـلاحیت جوشـکار* کـه ***WPQ*** نامیـده مـی‌گـردد و مخفـف ***Welder Performance Qualification*** است.

در کشور ما تهیه مدارک جوشکاری در پروژه های صنعتی در بیشتر موارد بر اساس **ASME Sec. IX** انجام می‌شود و به همین دلیل نیـز ایـن دوره بـر اساس ویژگیها و شرایط این کد طراحی گردیده است اما برای روشنتر شدن موضوع و یا انجام مقایسه، در برخـی مـوارد بـه اسـتانداردهای مـشابه ماننـد **AWS D1.1**نیز اشاره گردیده است.

اگر این مجموعه بتواند به عنوان یک راهنما مورد استفاده قرار گیرد، هدف نگارنده در گردآوری و تنظیم آن برآورده شده است.

ناگفته پیداست، خطا همزاد هر اقدام است و نظرات و پیشنهادهای خوانندگان گرامـی مـی توانـد ایـن مجموعـه را پربـارتر و کـاربردی تـر کنـد. بنـابراین خواهشمندم دیدگاه های خود را از طریق شماره ۰۹۱۲۴۲۵۶۷۸۵ اعلام فرموده یـا بوسـیله پـست الکترونیکـی **kkhodaparasti@yahoo.com** ارسال فرمایید.

کامران خداپرستی
آذرماه ۱۳۸۶

بخش اول

آشنایی با چگونگی تنظیم

دستورالعمل جوشکاری(WPS)

مقدمه

با توجه به نیازمندیهای صنعتی دنیای امروز، لازم است تمامی عملیات صنعتی و از آن جمله فعالیتهای مرتبط با جوشکاری بر اساس رویه های تدوین شده ای انجام گردند. بر این اساس لازم است برای انجام هر کاری دستورالعمل اجرایی تهیه شود و پس از آن با انجام آزمایشهایی قابلیت اجرایی دستورالعمل و توانایی تحقق خواسته ها به اثبات برسد.

WPS یک دستورالعمل نوشته شده است که مسیر را برای جوشکار در اجرای جوشکاری بر اساس کد یا استاندارد مورد نظر مشخص می‌کند. پس از تهیه **WPS** باید این مطلب ارزیابی شود که آیا با انجام جوشکاری بر اساس این **WPS**، جوش ایجاد شده مطابق با مشخصات جوش طراحی شده خواهد بود؟ به عبارت دیگر آیا می تواند اهداف مورد نظر را برآورده سازد؟ از این روی باید **WPS** به بوته آزمایش گذاشته شود و این کار توسط تهیه مدرک **PQR** به انجام می رسد. برای این کار **test plate** (به آن **test coupon** یا نمونه آزمون نیز گفته می شود) با ویژگیهای ذکر شده در کد یا استاندارد مورد نظر آماده شده و برای انجام آزمونهای لازم به آزمایشگاه فرستاده می‌شود. آزمایشگاه از نمونه ارسالی نمونه های کوچکتری به نام آزمونه (**specimen**) تهیه کرده و مورد آزمایش قرار می دهد. آزمونهای لازم و نیز معیارهای پذیرش نتایج آزمون، در کد یا استاندارد مورد استفاده مشخص شده اند. اگر معیارهای کیفی و کمی استاندارد یا کد مورد نظر برآورده شوند، می توان **WPS** را تصویب شده تلقی کرد و آن **WPS** قابلیت اجرا پیدا می کند. ناگفته پیداست که تصویب **WPS** تنها خصوصیات جوش را تضمین می کند و نه مهارت جوشکار یا اپراتور جوشکاری را. آشکار است که برای انجام جوشکاری لازم است از فردی که صلاحیت انجام این کار را داشته باشد استفاده گردد. بنابراین باید جوشکار، تایید صلاحیت گردد. فرآیند تائید صلاحیت جوشکار که به کار او اعتبار می بخشد، **Welder Performance Qualification** نام دارد که به طور اختصاری به **WPQ** موسوم است. چگونگی تایید صلاحیت جوشکار در استاندارد یا کد مورد نظر با ذکر جزئیات ذکر شده است. ذکر این نکته لازم است که برخی استانداردها به جای **WPQ** از **WQR** که مخفف **Welder Qualification Record** است استفاده می کنند.

استانداردها و کدهای مورد استفاده

اصولا استانداردها و کدهای زیادی به مبحث چگونگی و فرمت مدارک مورد نیاز برای دستورالعمل جوشکاری و گزارش تائید آن و نیز چگونگی تائید صلاحیت جوشکاران پرداخته اند که برخی از مهمترین آنها عبارتند از:

ASME Sec.IX (Boiler and Pressure Vessel Code)
ASME B31.1(Power Piping)
ASME B31.3 (Process Piping)
AWS D1.1 (Structural Welding Code-Steel)
API 650 (Welded Steel Tanks for Oil Storage)
API 1104 (Welding of Pipelines and Related Facilities)
EN 288 (Specification and Approval of Procedures for Welding Metallic Materials)

روشن است که مفاد قرارداد مشخص کننده استاندارد یا کد مورد استفاده در تهیه مدارک **WPS, PQR** و **WPQ** خواهد بود. به عبارت دیگر مدارک باید بر اساس نیازهای کارفرما و بنا به تایید مشاور طرح توسط سازنده(پیمانکار) تهیه شود. لازم به تذکر است که هدف تمامی استانداردهای ذکرشده یکسان و ایجاد اطمینان ازکیفیت جوشکاری است و تنها در پاره ای از موارد با یکدیگر تفاوت خواهند داشت اما در بحث کلان تر مدیریت کیفیت جوشکاری، به استانداردهای دیگری نیز باید توجه کرد.

نیاز به اطمینان از کیفیت سازه های جوشکاری شده، اساس گسترش بسیاری از استانداردها در این زمینه بوده است. این استانداردها در ابتدا در ارتباط با فرآیند جوش و خصوصیات اتصال بوده و اخیراً تمام فعالیت های مرتبط با تکنولوژی جوشکاری در یک شرکت را پوشش می دهند. **CEN**(کمیته استانداردهای اروپایی)در سال ۱۹۹۴ اولین ویرایش استاندارد **EN 729** که هدف آن تعیین الزامات کیفی برای جوشکاری ذوبی مواد فلزی بود را منتشر کرد. از آن زمان به بعد بر ای شرکتهای سازنده استفاده کننده از جوشکاری که بر اساس الزامات این استاندارد فعالیت کرده اند، گواهینامه **EN 729**صادرگردیده است. همچنین در همان سال، **ISO** (سازمان استانداردسازی جهانی) استاندارد معادل**EN 729** را با شماره **ISO 3834** منتشر کرد که در حال حاضر ویرایش ۲۰۰۵ این استاندارد جاری است. **EWF** (فدراسیون جوشکاری اروپا) نیز سیستمی برای پشتیبانی شرکتها در استقرار **EN 729**

ایجاد کرده است که این سیستم هم اکنون برای برآورده سازی الزامات **ISO EN 3834** تنظیم شده است. استاندارد عمومی تعیین کیفیت جوش قبل از **EN 729**، در انگلستان **BS 4870** بوده است.
این مهم در سطح جهانی در شرکت ها و موسساتی که جوشکاری از فرآیندهای اصلی تولید محصولات آنهاست، با استقرار نظام کیفی بر اساس استانداردهای **EN 729/ISO 3834** به عنوان زیربنای مدیریت در ارتقای کیفیت در صنعت جوش صورت می پذیرد. امروزه خواسته های کیفیتی جوش برای کسب استانداردهای **ISO 9001** باید بر اساس این دو استاندارد تنظیم گردد.

WPS چیست؟

استانداردهای مختلف تعاریف متفاوتی ارائه می دهند. بعنوان مثال **ASME** بیان می کند**" WPS** مدرکی است که راهنمایی های لازم را برای انجام جوشکاری بر اساس الزامات کد ارائه می کند**"**. به بیان دیگر هدف از تنظیم یک **WPS** مشخص کردن جزئیات فرآیند جوشکاری قطعه مورد نظر است. دستورالعمل جوشکاری در حقیقت از پیش مقادیر و محدوده تغییرات پارامترهای دخیل در جوشکاری را مشخص کرده و مشخصات مواد مورد جوشکاری را نیز دارا است. پس یک دستورالعمل جوشکاری کنترل کننده و متضمن کیفیت قطعه جوشکاری شده می باشد. بدین ترتیب شرط لازم برای آغاز هر فعالیت جوشکاری در دست داشتن **WPS** می باشد.

جزئیات فرم WPS

استانداردها و کدهای مختلف، فرمهای متفاوتی برای **WPS** ارائه می دهند که برای آشنایی خوانندگان ارجمند با این فرمها، برخی از رایج ترین آنها در شکلهای شماره ۱ تا ۴ آمده اند. البته در استانداردهای مربوطه نیز ذکر شده است که آنها فقط به عنوان راهنمایی داده شده اند و بسته به شرایط کاری هر شرکت، این فرمت تا حدی قابل تغییر است. اما آنچه رایج است این است که همین فرمتها با تغییراتی جزئی به کار می روند.

Menu

ANNEX E AWS D1.1/D1.1M:2004

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) Yes ☐
PREQUALIFIED _____ QUALIFIED BY TESTING _____
or PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR) Yes ☐

Identification # _____
Revision _____ Date _____ By _____
Company Name _____ Authorized by _____ Date _____
Welding Process(es) _____ Type—Manual ☐ Semi-Automatic ☐
Supporting PQR No.(s) _____ Machine ☐ Automatic ☐

JOINT DESIGN USED
Type:
Single ☐ Double Weld ☐
Backing: Yes ☐ No ☐
Backing Material:
Root Opening _____ Root Face Dimension _____
Groove Angle: _____ Radius (J–U) _____
Back Gouging: Yes ☐ No ☐ Method _____

BASE METALS
Material Spec. _____
Type or Grade _____
Thickness: Groove _____ Fillet _____
Diameter (Pipe) _____

FILLER METALS
AWS Specification _____
AWS Classification _____

SHIELDING
Flux _____ Gas _____
Composition _____
Electrode-Flux (Class) _____ Flow Rate _____
Gas Cup Size _____

PREHEAT
Preheat Temp., Min _____
Interpass Temp., Min _____ Max _____

POSITION
Position of Groove: _____ Fillet: _____
Vertical Progression: Up ☐ Down ☐

ELECTRICAL CHARACTERISTICS
Transfer Mode (GMAW) Short-Circuiting ☐
Globular ☐ Spray ☐
Current: AC ☐ DCEP ☐ DCEN ☐ Pulsed ☐
Other _____
Tungsten Electrode (GTAW)
Size: _____
Type: _____

TECHNIQUE
Stringer or Weave Bead: _____
Multi-pass or Single Pass (per side) _____
Number of Electrodes _____
Electrode Spacing Longitudinal _____
Lateral _____
Angle _____
Contact Tube to Work Distance _____
Peening _____
Interpass Cleaning: _____

POSTWELD HEAT TREATMENT
Temp. _____
Time _____

WELDING PROCEDURE

Pass or Weld Layer(s)	Process	Filler Metals		Current		Volts	Travel Speed	Joint Details
		Class	Diam.	Type & Polarity	Amps or Wire Feed Speed			

Form E-1 (Front)

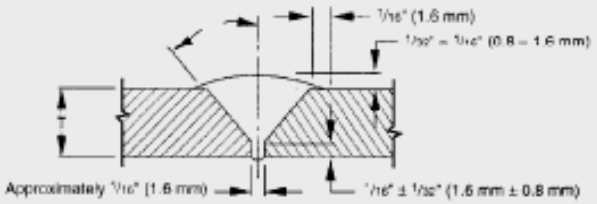
شکل۱– فرم **WPS** استاندارد **AWS D1.1**

Reference: API Standard 1104, 5.2

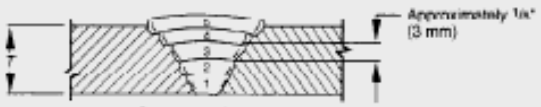
PROCEDURE SPECIFICATION NO. _____

For _____ Welding of _____ Pipe and fittings
Process _____
Material _____
Diameter and wall thickness _____
Joint design _____
Filler metal and no. of beads _____
Electrical or flame characteristics _____
Position _____
Direction of welding _____
No. of welders _____
Time lapse between passes _____
Type and removal of lineup clamp _____
Cleaning and/or grinding _____
Preheat/stress relief _____
Shielding gas and flow rate _____
Shielding flux _____
Speed of travel _____
Plasma gas composition _____ Plasma gas flow rate _____
Plasma gas orifice size _____
Sketches and tabulations attached _____

Tested _____ Welder _____
Approved _____ Welding supervisor _____
Adopted _____ Chief engineer _____



Standard V-Bevel Butt Joint



Sequence of Beads

Note: Dimensions are for example only.

ELECTRODE SIZE AND NUMBER OF BEADS

Bead Number	Electrode Size and Type	Voltage	Amperage and Polarity	Speed

شکل۲– فرم **WPS** استاندارد **API 1104**

Manufacturer's welding procedure specification (WPS)

Location: _____ Examiner or examining body: _____
Manufacturer's Welding Procedure: _____
Reference no: _____ Method of preparation and cleaning: _____
WPAR No: _____ Parent material specification: _____
Manufacturer: _____ Material thickness (mm): _____
Welding process: _____ Outside diameter (mm): _____
Joint type: _____ Welding position: _____
Weld preparation details (sketch)*): _____

Joint design	Welding sequence

Welding details

Run	Process	Size of filler metal	Current A	Voltage V	Type of current/ Polarity	Wire feed speed	Run-out length/Travel speed*)	Heat input*)

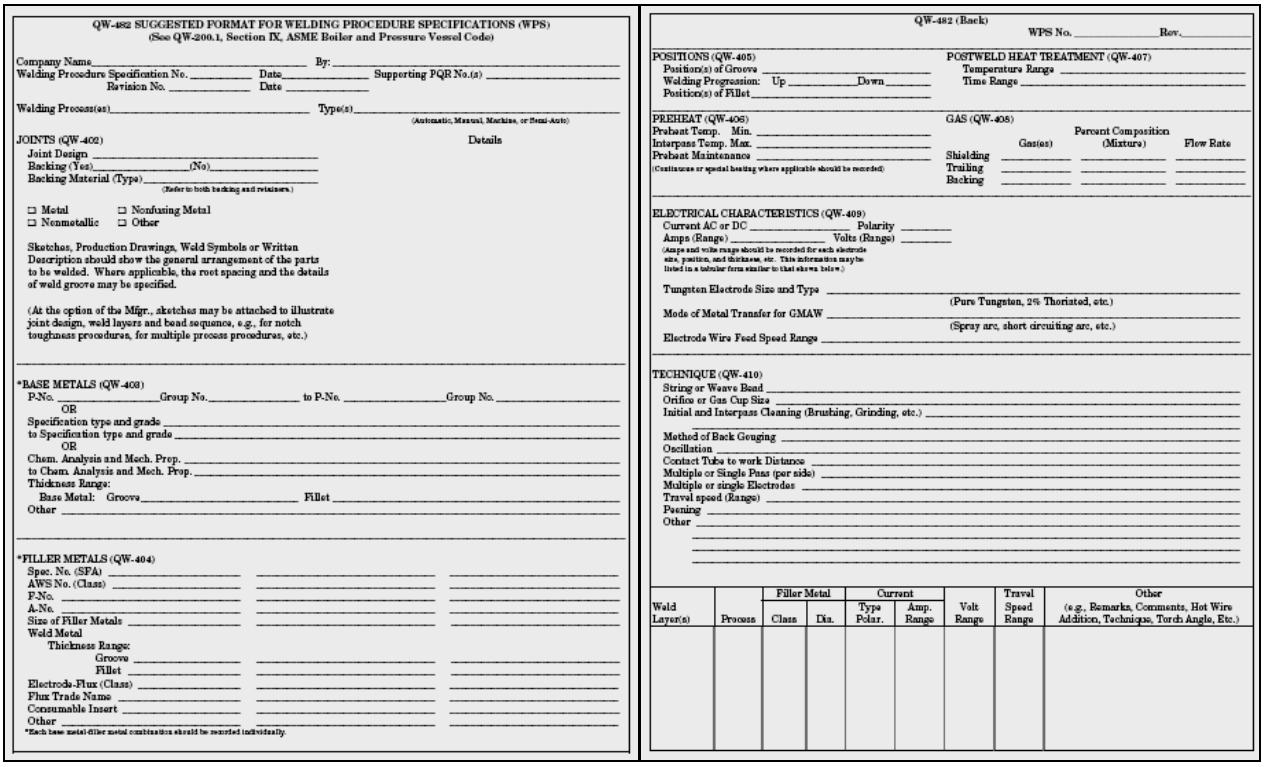
Designation of welding consumables
and trade name: _____ Other information*), e.g.: _____
Any special baking or drying: _____ Weaving (maximum width of run): _____
Gas/flux: Shielding: _____ Oscillation: amplitude, frequency, dwell time: _____
Backing: _____ Pulse welding details: _____
Gas flow rate: Shielding: _____ Contact tube-to-workpiece distance: _____
Backing: _____ Plasma welding details: _____
Tungsten electrode type/size: Torch angle: _____
Details of back gouging/backing: _____
Preheat temperature: _____
Interpass temperature: _____

Post-weld heat treatment and/or ageing: _____
Time, temperature, method: _____
Heating and cooling rates*): _____

Manufacturer Examiner or examining body

(name, date and signature) (name, date and signature)

شکل۳- فرم **WPS** استاندارد **EN 288-2**



QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
(See QW-200.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Company Name _____ By: _____
Welding Procedure Specification No. _____ Date _____ Supporting PQR No.(s) _____
Revision No. _____ Date _____

Welding Process(es) _____ Type(s) _____
(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Auto)

JOINTS (QW-402) Details
Joint Design _____
Backing (Yes) _____ (No) _____
Backing Material (Type) _____
(Refer to both backing and retainers.)

☐ Metal ☐ Nonfusing Metal
☐ Nonmetallic ☐ Other

Sketches, Production Drawings, Weld Symbols or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing and the details of weld groove may be specified.

(At the option of the Mfgr., sketches may be attached to illustrate joint design, weld layers and bead sequence, e.g., for notch toughness procedures, for multiple process procedures, etc.)

*BASE METALS (QW-403)
P-No. _____ Group No. _____ to P-No. _____ Group No. _____
OR
Specification type and grade _____
to Specification type and grade _____
OR
Chem. Analysis and Mech. Prop. _____
to Chem. Analysis and Mech. Prop. _____
Thickness Range:
Base Metal: Groove _____ Fillet _____
Other _____

*FILLER METALS (QW-404)
Spec. No. (SFA) _____
AWS No. (Class) _____
F-No. _____
A-No. _____
Size of Filler Metals _____
Weld Metal
Thickness Range:
Groove _____
Fillet _____
Electrode-Flux (Class) _____
Flux Trade Name _____
Consumable Insert _____
Other _____
*Each base metal-filler metal combination should be recorded individually.

QW-482 (Back)
WPS No. _____ Rev. _____

POSITIONS (QW-405)
Position(s) of Groove _____
Welding Progression: Up _____ Down _____
Position(s) of Fillet _____

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)
Temperature Range _____
Time Range _____

PREHEAT (QW-406)
Preheat Temp. Min. _____
Interpass Temp. Max. _____
Preheat Maintenance _____
(Continuous or special heating where applicable should be recorded)

GAS (QW-408)
Gas(es) | Percent Composition (Mixture) | Flow Rate
Shielding _____ _____ _____
Trailing _____ _____ _____
Backing _____ _____ _____

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)
Current AC or DC _____ Polarity _____
Amps (Range) _____ Volts (Range) _____
(Amps and volts range should be recorded for each electrode size, position, and thickness, etc. This information may be listed in a tabular form similar to that shown below.)
Tungsten Electrode Size and Type _____
(Pure Tungsten, 2% Thoriated, etc.)
Mode of Metal Transfer for GMAW _____
(Spray arc, short circuiting arc, etc.)
Electrode Wire Feed Speed Range _____

TECHNIQUE (QW-410)
String or Weave Bead _____
Orifice or Gas Cup Size _____
Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.) _____
Method of Back Gouging _____
Oscillation _____
Contact Tube to work Distance _____
Multiple or Single Pass (per side) _____
Multiple or single Electrodes _____
Travel speed (Range) _____
Peening _____
Other _____

Weld Layer(s)	Process	Filler Metal Class	Filler Metal Dia.	Current Type Polar.	Current Amp. Range	Volt Range	Travel Speed Range	Other (e.g., Remarks, Comments, Hot Wire Addition, Technique, Torch Angle, Etc.)

شکل۴- فرم **WPS** استاندارد **ASME Sec.IX**

چگونگی تنظیم WPS بر اساس ASME Sec.IX

فرم **WPS** که در شکل ۴ آمده است را ببینید. می خواهیم از همان ابتدا با ذکر جزئیات به نحوه تکمیل کردن **WPS** بپردازیم. در بالای فرم سمت چپ، **QW-482** به چشم می خورد. در توضیح باید گفت که **ASME Section IX** به دو بخش اصلی **QW** و **QB** تقسیم می گردد که بخش **QW** مربوط به الزامات جوشکاری است و خود به پنج **Article** تقسیم می شود(**Q** از ابتدای واژه **Qualification** گرفته شده است) که عبارتند از:

QW-100 General introduction to testing requirements etc.
QW-200 Procedure qualification details.
QW-300 Performance qualifications (welder approvals) details.
QW-400 Welding data .This is the biggest section of the code and covers data for both procedure and performance qualification.It includes:
-Material and consumable data
-Approval range for thickness, diameter, joint
-Configuration and welding positions.
-Definitions used in code.
QW-500 Standard Welding Procedure Specifications (SWPSs)

مطابق آنچه در **QW-200.1(d)** کد **ASME Section IX** آمده است، این فرم که در ضمیمه **B** کد وجود دارد بعنوان یک راهنما در تنظیم **WPS** به کار می رود (اگر به این ضمیمه مراجعه کنید خواهید دید که عنوان آن **Nonmandatory Appendix B** است یعنی غیر الزامی است) این فرم شامل اطلاعات لازم برای فرآیندهای **SMAW, SAW, GMAW و GTAW** است و تمام اطلاعات لازم برای سایر روشهای جوشکاری در آن درج نشده است. این فرم همچنین بعضی متغیرهایی را که به همه فرآیندها مرتبط نمی شود را درج کرده است(بعنوان مثال گاز محافظ در روش **SAW** کاربردی ندارد اما در فرم وجود دارد) در ضمن از این فرم نمی توان به آسانی در فرآیندهای چندگانه(مثلا **GTAW** برای جوشکاری پاس ریشه و **SMAW** برای جوشکاری بقیه پاسها) استفاده کرد و نیاز به تغییرات جزئی دارد.

نام شرکت (Company Name)

در این قسمت از فرم نام شرکت متبوع ذکر می گردد. چون در یک پروژه صنعتی علاوه بر تکمیل **WPS** باید مدارک زیاد دیگری نیز تکمیل شوند که در تمام آنها باید نام شرکت بیاید، پیشنهاد می گردد از مخفف یا کوتاه شده نام استفاده شود.

تنظیم کننده و گواهی کننده (By)

اگرچه در **ASME Section IX** روشی برای گواهی نمودن (**authorization or certification**) مدرک **WPS** ذکر نشده است اما به دلیل اهمیت این مدرک بهتر است ترتیبی اتخاذ شود تا این مدرک پس از تنظیم، بازبینی و تائید گردد. در حال حاضر آنچه رایج است این است که روبروی **By** نام تهیه کننده مدرک ذکر شده و معمولا **WPS** در قالب یک مدرک داده می شود که در صفحه ابتدایی آن نام تهیه کننده**(Prepared by)**، بازبینی کننده (**Checked by**) و تائید کننده (**Approved by**) درج می گردد.

شماره WPS (.WPS No)

اگرچه در **ASME Section IX** روشی برای شماره گذاری مدرک **WPS** ذکر نشده است اما اگر سیستم کیفیت در شرکت وجود داشته باشد، مسلما به هر **WPS** یک شماره یکتا (**unique**) باید اختصاص یابد به این معنی که در آن پروژه نباید دو **WPS** وجود داشته باشند که هر دو دارای یک شماره باشند. همانند هر سیستم شماره گذاری دیگری می توان به گونه ای **WPS** را شماره گذاری کرد تا در نگاه اول به آن شماره بتوان برخی اطلاعات را بدست آورد. بعنوان مثال شماره ۱۳۴ می تواند این اطلاعات را به ما بدهد:

1 = ASME P-No. 1 (Carbon Steel Base Metals)
3 = F-No. 3 (E6010) SMAW
4 = F-No. 4 (E7018) SMAW

یا مثلا **T-2** مربوط به جوشکاری مخزن و **P-11** مربوط به جوشکاری **Piping** است. یا اگر چند پروژه به طور همزمان انجام می شوند، می توان از نام اختصاری پروژه ها در شماره گذاری **WPS** استفاده کرد تا نوعی تفکیک بین مدارک صورت گرفته باشد. همانطور که دیده می شود روش شماره گذاری کاملا سلیقه ای است.

تاریخ تنظیم (Date)

در این بخش، تاریخ تنظیم یا تائید **WPS** ذکر می گردد.

شماره بازبینی (Revision)

معمولا وقتی یک **WPS** برای نخستین بار تنظیم می گردد در این قسمت شماره **0** درج می شود. پس از تنظیم **WPS** ممکن است به دلیل توصیه های مشاور پروژه یا تغییرات پیش آمده، لازم باشد تا بخشهایی از **WPS** دچار تغییر گردند. پس از اعمال تغییرات لازم شماره بازبینی نیز تغییر کرده و مثلا به **1** تبدیل می گردد. برای اطلاعات بیشتر می توانید **QW-200.1(c)** را ببینید.

تاریخ بازبینی (Revision Date)

همانطور که از عنوان مشخص است در این بخش باید تاریخ بازبینی **WPS** ذکر گردد. همانطور که پیش از این ذکر شد، معمولا **WPS** در قالب یک مدرک داده می شود که باید شماره و تاریخ بازبینی در بخش مربوطه ذکر شده و گواهی شود.

شماره یا شماره های PQR ((Supporting PQR No.(s))

مطابق **QW-200.1(b)** در این قسمت باید شماره **PQR** تایید کننده این **WPS** درج شود. یادآوری این نکته لازم است که گاهی برای پوشش دادن تمامی دامنه متغیرهای اساسی (**essential variable**) به بیش از یک **PQR** نیاز خواهد بود و در این حالت در این بخش بیش از یک شماره درج خواهد گردید.

فرآیند یا فرآیندهای مورد استفاده برای جوشکاری ((Welding Process(es))

در **QW-253** از فرآیند جوشکاری به عنوان یک متغیر اساسی (**essential variable**) نام برده نشده است اما در **QW-401** از آن به عنوان یک متغیر اساسی یاد شده است. به هر صورت در این بخش از فرم **WPS** باید نوع فرآیند جوشکاری ذکر شود. به دلیل کثرت استفاده بهتر است فرآیندهای جوشکاری با نام اختصاری نشان داده شوند. شکل ۵ انواع فرآیندهای جوشکاری و سایر روشهای وابسته به آن را نشان می دهد. اسامی اختصاری برخی فرآیندهای جوشکاری پر کاربرد تردر جدول شماره ۱ آمده است.

در بسیاری موارد اتصال طراحی شده را می توان با چند فرآیند جوشکاری مختلف ایجاد نمود. اما همواره یک فرآیند است که بهترین نتیجه را (در مجموع) ایجاد می کند. بنابراین یک متخصص جوش باید بتواند با روشی مقبول، یکی از فرآیندهای ممکن را برای اتصال مورد نظر تعیین نماید. در اینجا شما با روال انتخاب فرآیند جوشکاری مناسب آشنا می شوید. این روال شامل ۴ مرحله می گردد:

مرحله اول: بررسی ویژگیهای مورد نیاز اتصال

در این مرحله باید بزرگ یا کوچک بودن اتصال جوش، موقعیت و جهت جوشکاری و ضخامت فلز پایه باید بررسی گردد. در جوشکاری، ملزومات هر اتصال را می توان در ۴ ویژگی خلاصه کرد: پرکنندگی سریع(آهنگ رسوب بالا)، انجماد سریع (در موقعیتهای دشوار جوشکاری)، سرعت جوشکاری زیاد (سرعت حرکت قوس زیاد و بستر جوش بسیار کوچک) و نفوذ (عمق نفوذ جوش در فلز پایه).

پرکنندگی سریع هنگامی نیاز است که به مقدار زیادی فلز جوش برای پر کردن اتصال احتیاج باشد. بستر جوشهای بزرگ را تنها می توان با آهنگ رسوب بالا در زمان کم ایجاد کرد. در بستر جوشهای کوچک، پرکنندگی سریع یک پارامتر فرعی می باشد.

انجماد سریع در جوشکاری موقعیتهای دشوار (بالا سری و عمودی) مد نظر قرار می گیرد که نیاز است حوضچه مذاب جوش خیلی سریع منجمد گردد.

سرعت جوشکاری بالا به معنی پیشروی سریع قوس و فلز مذاب و ایجاد یک بستر جوش پیوسته و مناسب بدون انقطاع و بریدگی می باشد. این خصوصیت در جوشهای تک پاسه کوچک مانند جوشکاری ورقها مد نظر است.

نفوذ با نوع اتصال تغییر می یابد. در بعضی اتصالات نفوذ باید عمیق باشد تا به مقدار کافی از فلز پایه با فلز جوش ترکیب شود و در برخی دیگر باید نفوذ محدود شود تا از سوختگی و ترک جلوگیری گردد.

هر اتصال جوشی را می توان بر اساس ۴ پارامتر مذکور دسته بندی کرد.

مرحله دوم: تطبیق ویژگیهای مورد نیاز اتصال با فرآیندهای جوشکاری

اغلب سازندگان دستگاه های جوش اطلاعات مختلفی را در ارتباط با ویژگیها و توانایی دستگاه های خود ارائه می دهند که می توان از آنها استفاده نمود. در این مرحله با توجه به خصوصیات هر دستگاه و ویژگیهای هر فرآیند می توان یک یا چند فرآیند را به گونه ای انتخاب کرد که خصوصیات تعیین شده برای اتصال را فراهم سازد. در این حالت به ندرت پیش میاید که تنها یک فرآیند انتخاب شود و معمولا دو یا چند فرآیند خصوصیات مد نظر را تامین می کنند.

مرحله سوم: تهیه چک لیستی برای تعیین توانایی فرآیندهای انتخاب شده در تطبیق با شرایط خاص کاری

پارامترهای دیگری نیز علاوه بر اتصال روی انتخاب فرآیند تاثیر می گذارند. بسیاری از آنها مختص شرایط کار و کارگاه جوشکاری شما مـی باشـند. گـاهی این پارامترها تاثیر زیادی بر حذف برخی فرآیندهای انتخاب شده دارند. در این مرحله باید تمـامی ایـن پارامترهـا را بـصورت چـک لیـست درآورده و یکـی یکی بررسی نمود.

حجم تولید: باید هزینه دستگاه جوش را با مقدار کار یا تولید مورد نیاز تطبیق داد. اگر حجم کار برای یک کـاربرد بانـدازه کـافی نباشـد، مـی تـوان کـاربرد دیگری را نیز بطور موازی در نظر گرفت تا هزینه ها تعدیل گردد.

خصوصیات جوش: در صورتیکه یک فرآیند نتواند خواص جوش تعیین شده را تامین نماید، از لیست انتخابها حذف می گردد.

مهارت کاربر: کاربران ممکن است که مهارت کار با یک فرآیند را خیلی سریعتر از فرآیندهای دیگر کسب نمایند. آموزش کاربران برای یـک فرآینـد جدیـد هزینه ساز است.

تجهیزات کمکی: هر فرآیند دارای منبع تغذیه و تجهیزات کمکی خاص خود می باشد. اگر یک فرآیند را بتوان با تجهیزات موجود اجـرا نمـود، هزینـه اولیـه بسیار کاهش میابد.

تجهیزات جانبی: قابلیت دسترسی و هزینه تجهیزات جانبی مورد نیاز باید مد نظر قرار گیرد.

شرایط فلز پایه: زنگار، روغن، لبه سازی، جوش پذیری و سایر شرایط فلز پایه باید مد نظر قرار گیرد. این پارامترها می توانند قابلیت یـک فرآینـد را محـدود نمایند.

وضعیت قوس: در صورتی که درز اتصال نامنظم باشد، استفاده از فرآیندهای با قوس آزاد ترجیح داده می شوند. اما در مواردی که بتوان درز جـوش را بطـور مناسبی قرار داد استفاده از فرآیند زیرپودری ارجح است.

قید و بست: در برخی فرآیندها (بخصوص فرآیندهای نیمه خودکار) نیاز به قید و بست های خاص وجود دارد که باید مد نظر قرار گیرد.

تنگناهای تولیدی: اگر فرآیندی هزینه تولید را کاهش دهد اما محدودیتها و مشکلاتی برای تولید ایجاد نماید، ارزش خود را از دست می دهد. دستگاه هـای بسیار پیچیده که نیاز به سرویس کاری مداوم توسط افراد ماهر دارند می توانند باعث کاهش سرعت تولید شوند.

چک لیست تهیه شده باید تمامی فاکتورهای موثر بر اقتصاد تولید را در بر داشته باشد. فاکتورهای دیگری که می توان اشاره کرد عبارتند از:

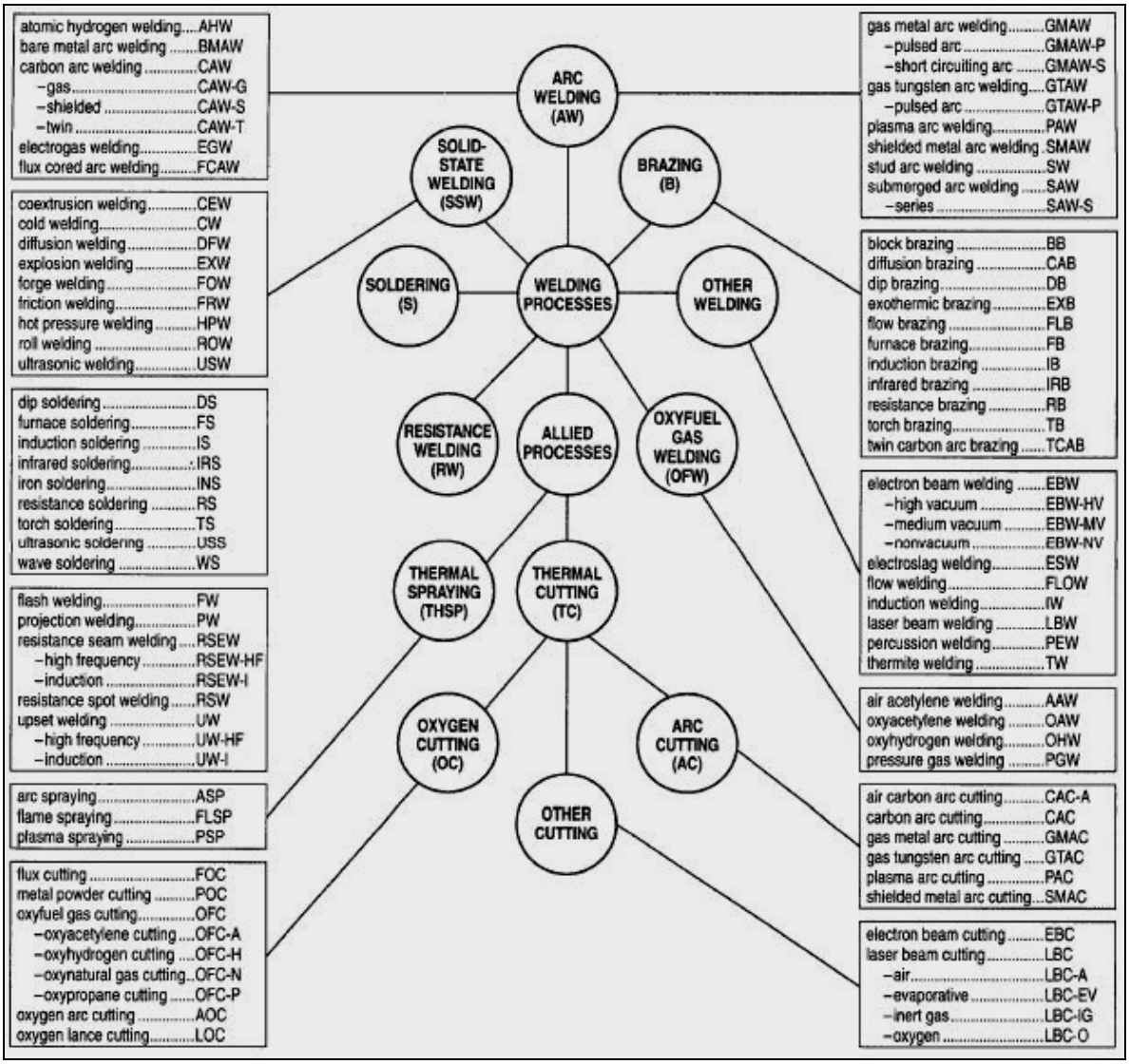
الزامات تولید، محدوده ابعادی جوش، انعطاف پذیری در کاربرد، طول درز جوش، زمان تنظیم و راه اندازی، هزینه اولیه، الزامات زیست محیطی و ایمنی

با تعیین این فاکتورها می توان فرآیند مناسب را از بین فرآیندهای انتخاب شده تعیین نمود. در صورتیکه تمامی شرایط یکسان باشد، معیـار انتخـاب هزینـه کلی خواهد بود.

مرحله چهارم: بازنگری فرآیند با اطلاعات سازنده دستگاه جوش برای تایید توانایی آن

در این مرحله باید چک لیست تهیه شده و ویژگیهای مورد نیاز با نماینده سازنده دستگاه جوش مورد بازنگری قـرار گیـرد تـا از توانـایی دسـتگاه و انتخـاب صحیح اطمینان حاصل شود.

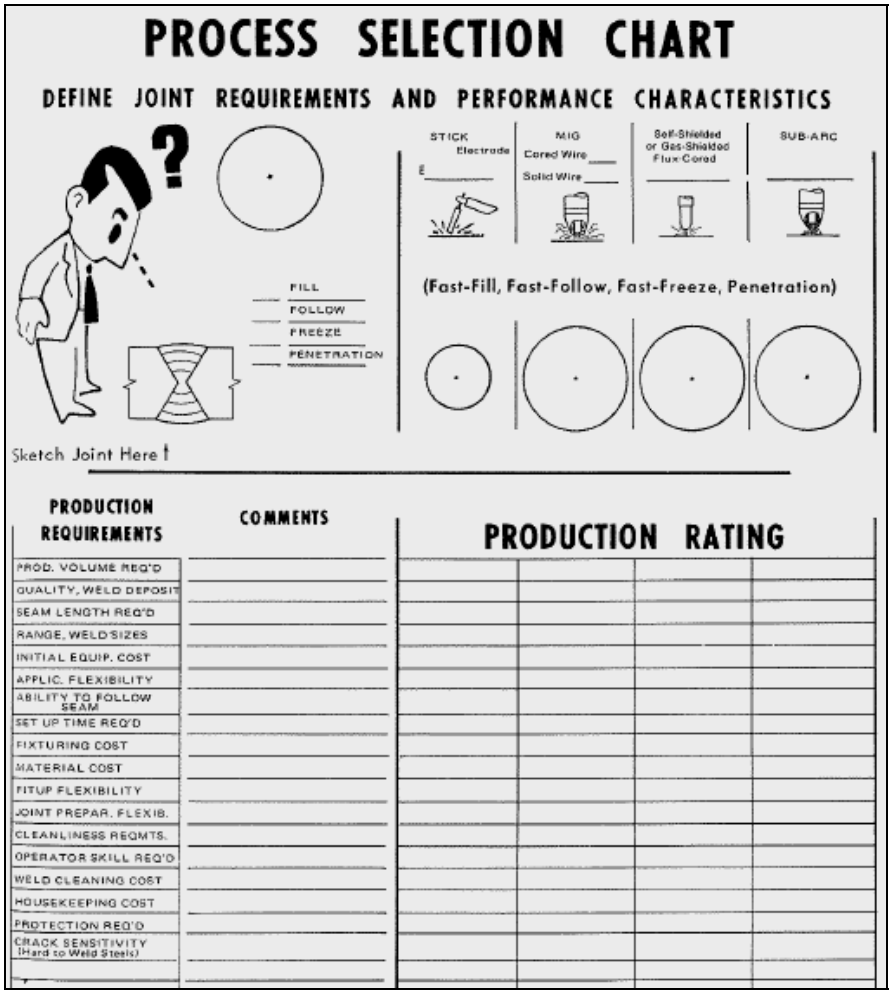
در شکل ۶، نمودار انتخاب فرآیند جوشکاری آمده است.



شکل۵– انواع فرآیندهای جوشکاری و سایر روشهای وابسته به آن

Letter Designation	Welding Process	فرآیند جوشکاری
SMAW(USA) MMA(UK)	Shielded Metal Arc Welding Manual Metal Arc Welding Stick Welding	جوشکاری قوسی با الکترود پوشش دار
GMAW(USA)	Gas Metal Arc Welding	جوشکاری قوسی با محافظت گاز
MIG(UK)	Metal Inert Gas Welding	جوشکاری قوسی با گاز محافظ خنثی
MAG(UK)	Metal Active Gas Welding	جوشکاری قوسی با گاز محافظ فعال(CO_2)
GTAW TIG(UK)	Gas Tungsten Arc Welding Tungsten Inert Gas Welding	جوشکاری قوسی با الکترود تنگستن و گاز خنثی جوشکاری قوسی با الکترود تنگستن و گاز خنثی
FCAW	Flux Cored Arc Welding	جوشکاری قوسی با الکترود تو پودری
PAW	Plasma Arc Welding	جوشکار ی قوس پلاسما
OFW	Oxy-Fuel Gas Welding	جوشکاری با سوخت گازی
ESW	Electro Slag Welding	جوشکاری سر باره الکتریکی
EGW	Electro Gas Welding	جوشکاری گاز الکتریکی
EBW	Electron Arc Welding	جوشکاری پرتو الکترونی
SAW	Submerged Arc Welding	جوشکاری قوسی زیر پودری

جدول ۱- اسامی اختصاری برخی از فرآیندهای جوشکاری



شکل۶- نمودار انتخاب فرآیند جوشکاری

نحوه انجام فرایند جوشکاری (Type)

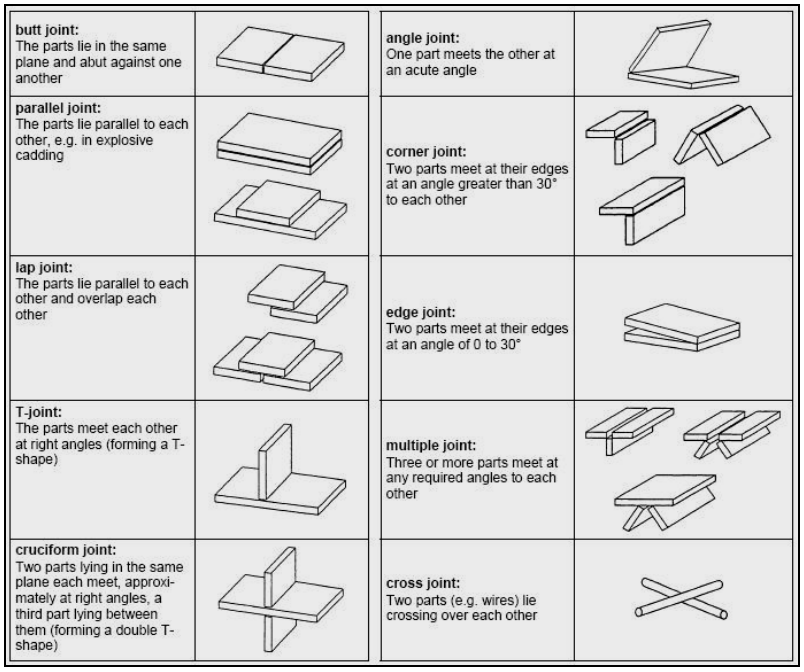
روشهای مختلف اعمال یک فرآیند جوشکاری می تواند دستی**(Manual)**، خودکار**(Automatic)**، نیمه خودکار **(Semi-Automatic)** یا ماشینی**(Machine)** باشد. جوشکاری قوسی با الکترود پوشش دار(روکش دار) در صورت استفاده از الکترود هایی با طول محدود، به صورت دستی تلقی می شود. روشهایی مانند **FCAW** و **GMAW** درصورت جوشکاری دستی، نیمه خودکار به حساب می آیند و اگر پیک آنها بر روی دستگاه قرار گیرد و به طور خودکار حرکت کند، از آنجایی که حرکت مفتول نیز خودکار بوده، فرآیندی ماشینی یا تمام اتوماتیک به حساب می آید. در جدول ۲ نحوه انجام برخی از فرآیندهای جوشکاری آمده است.

Welder or Operator	Process	Process Type	Comments
Welder	SMAW, GTAW	manual	hand held torches or electrode holders
Welder	GMAW, FCAW, SAW	semi-automatic	wire fed hand held torches
Welding Operator	GMAW, FCAW, GTAW, SAW	machine	adjustments can be made by welding operator
Welding Operator	GMAW, FCAW, GTAW, SAW	automatic	adjustments can not be made by welding operator

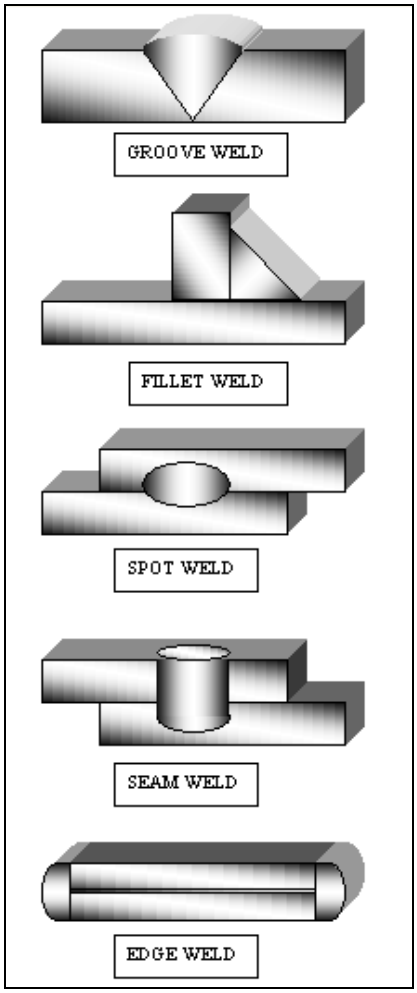
جدول ۲- نحوه انجام برخی از فرآیندهای جوشکاری

طرح اتصال(Joint Design)

مشخصات طرح اتصالی که دستورالعمل جوشکاری برای آن نوشته می شود باید دراین قسمت از فرم **WPS** درج شود. در واقع اتصال(**Joint**) را می توان نحوه قرار گرفتن قطعاتی که باید جوشکاری شوند در کنار یکدیگر، تعریف کرد. شکل ۷ انواع اتصالات رایج در جوشکاری را به نمایش گذاشته است.برخی از رایج ترین اتصالات عبارتند از: اتصال سر به سر که به آن لب به لب نیز گفته می شود (**Butt joint**)، اتصال لب رو لب که به آن روی هم نیز گفته می‌شود(**Lap joint**) و اتصال سپری (**T joint**). برای کامل شدن این قسمت باید به نوع جوش نیز اشاره کرد که آیا شیاری(**Groove Weld**) است یا گوشه ای(**Fillet Weld**). البته این دو نوع مرسوم تر هستند اما انواع دیگر جوشها نیز وجود دارندکه می توانید برخی از رایج ترین آنها را در شکل شماره ۸ ملاحظه نمایید.

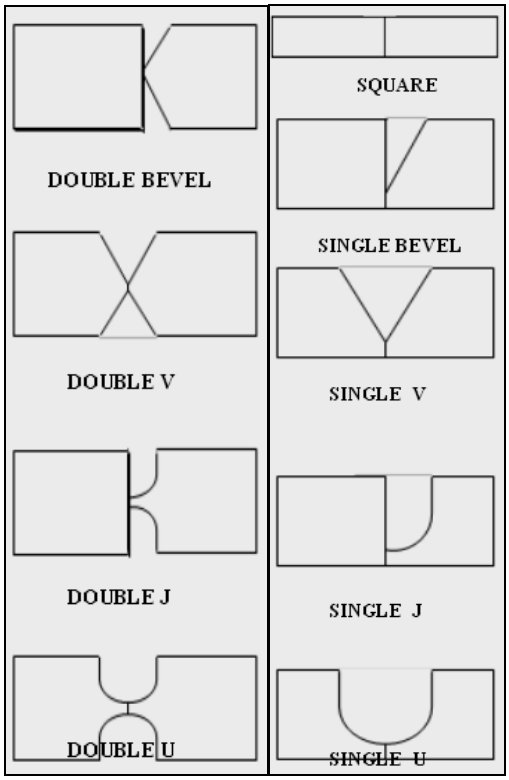


شکل ۷ – انواع اتصالات رایج در جوشکاری



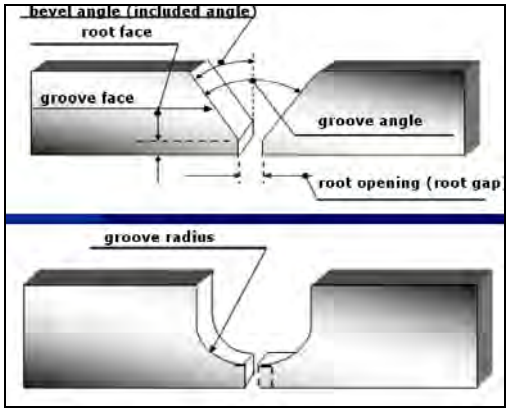
شکل ۸ – انواع جوشها

حال که با انواع اتصالات و انواع جوشها آشنا شدیم باید در مورد آماده سازی شیار یا پخ سازی نیز مطالبی بدانیم. معمولاً آماده سازی شیار یا پخ جوشکاری(**Bevel**) به یکی از روشهای برش اکسیژن، استفاده از الکترودهای کربنی، برش قوس یا روشهای مختلف ماشینکاری انجام می شود. بهتر است ماشینکاری و سنگ زنی پس از آماده سازی به روشهای دیگر نیز اعمال شوند. در نهایت تمیزکاری شیار یا پخ جوش باعث بهبود کیفیت کار می شود. به طور کلی انواع آماده سازیها را به دو دسته یک طرفه(**Single sided**) و دو طرفه(**Double Sided**) می توان تقسیم کرد. معمولا از آماده سازی یک طرفه در زمانی که قطعه کار نازک است یا دسترسی به هر دو طرف قطعه میسر نیست، استفاده می شود. برای کنترل پیچیدگی(**Distortion**) قطعات ضخیم تر و نیز وقتی دسترسی به هر دو سوی قطعه امکان پذیر باشد از روش دوطرفه استفاده می شود. در شکل شماره ۹ انواع آماده سازیها را به همراه نام آنها می بینید.



شکل ۹ – انواع آماده سازی شیار

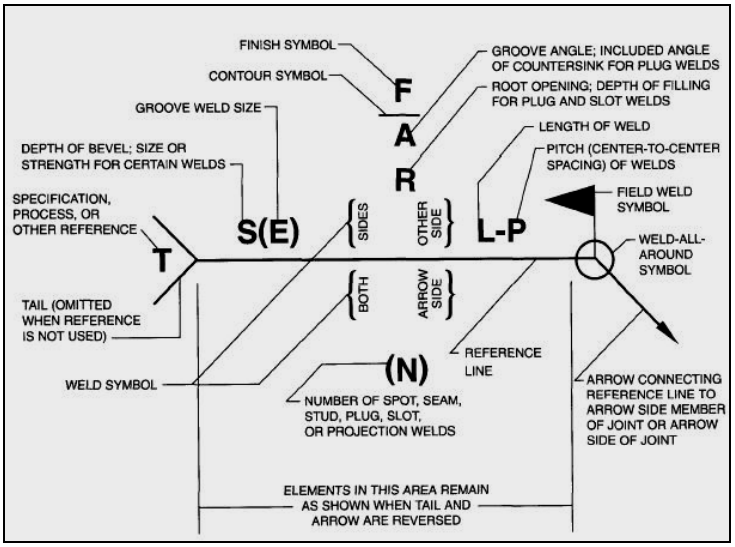
واژه های مختلفی برای نشان دادن بخشهای مختلف شیار آماده شده وجود دارد که باید با آنها آشنا باشیم. این تعابیر و اصطلاحات در شکل ۱۰ آمـده اند.



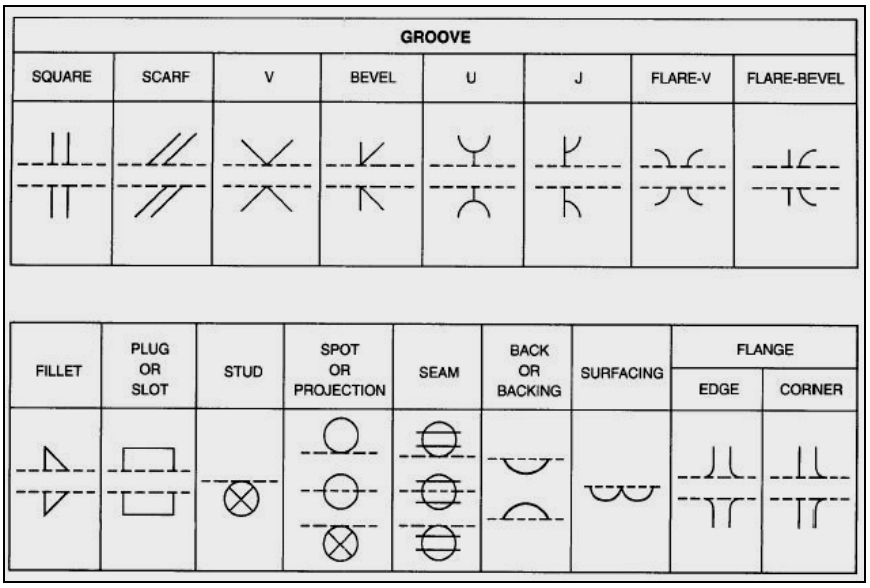
شکل ۱۰ – انواع اصطلاحات مرتبط با آماده سازی شیار

نکته دیگری که باید به آن در اینجا اشاره گردد بحث نقشه خوانی جوش است. . در برخی موارد شکل طرح اتصال نیز در **WPS** ترسیم می شود در چنـین مواردی اطلاع از علامات اختصاری طرح اتصال موجب تسهیل و تسریع انتقال طرح جوش از نقشه به قسمت مربوطه در **WPS** می شود. در ایـن حالـت

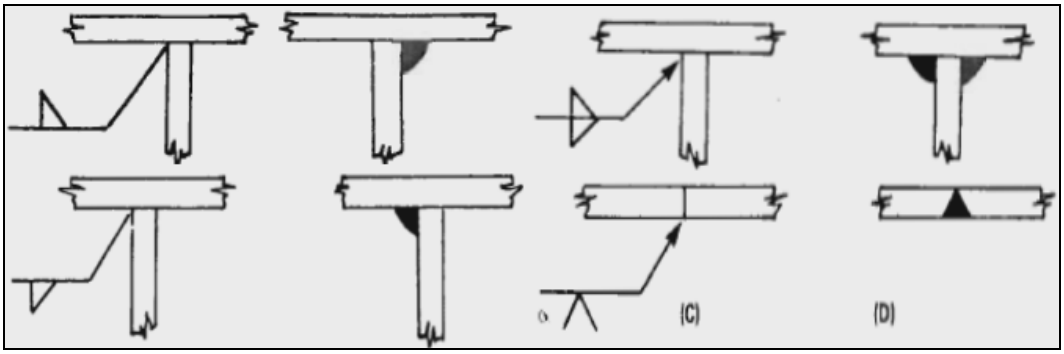
علامت جوش به همراه یک فلش، مشخص کننده ابعاد و مشخصات کامل پخ جوش می باشد. نحوه ترسیم این فلـش در شـکل ۱۱ بـر اسـاس اسـتاندارد آمریکایی به اختصار بیان شده است. اصولا نحوه نمایش اطلاعات مربوط به جوش در استانداردهای مختلف با هم تفاوتهایی دارند که در هر مـورد بایـد بـه استاندارد مربوطه مراجعه کرد. به عنوان مثال برای شرح کامل را بر اساس سیستم آمریکایی می توان در **AWS A2.4** یافت . سایر استانداردهای مـرتبط با نقشه خوانی جوش عبارتند از: **BS 499-2 ,EN 22553,ISO 2553** . البته در کشور ما سیستم آمریکایی برای این منظور رایج تر است. در شکل ۱۲ سمبل های گوناگون مورد استفاده جهت نشان دادن شیار آمده است. همچنین در شکل ۱۳ چند مثال از نحوه علامت گذاری جوش نشان داده شده است.

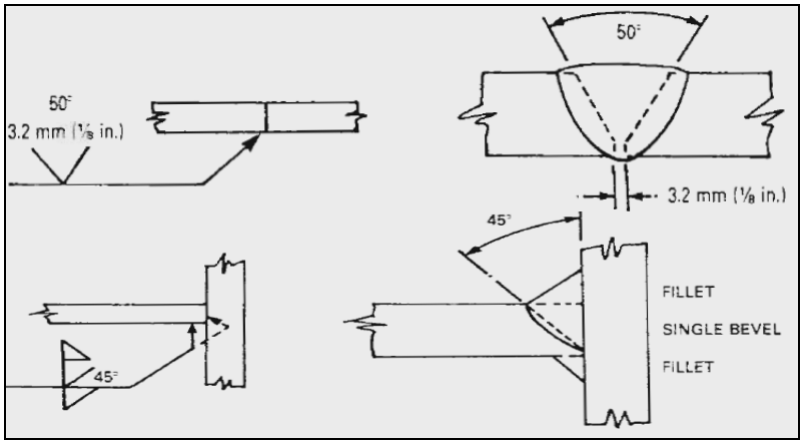


شکل ۱۱ – معرفی بخشهای مختلف علامت جوش



شکل ۱۲ – سمبل های گوناگون مورد استفاده جهت نشان دادن شیار جوش





شکل ۱۳ – چند مثال از نحوه علامت گذاری جوش

پشت بند(Backing)

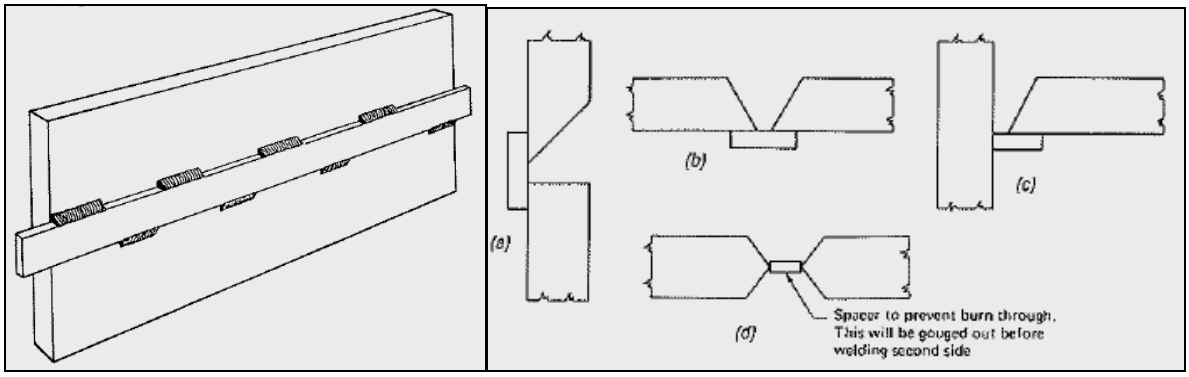
بنا بر شرایط طراحی و به منظور مواردی چون جلوگیری از اکسیدشدن مذاب شیارجوش، عدم ریزش مذاب از پشت جوش، اطمینان از خالی نماندن یا ایجاد سوختگی جوش در قسمت پشتی جوش و غیره از تسمه فلزی، جریان گاز یا فلاکس به عنوان پشت بند استفاده می شود. چند مثال از نحوه قرار گرفتن پشت بند در شکل ۱۴ آمده است.

نوع و جنس مواد پشت بند ((Backing Material (Type)

در صورت تایید قسمت قبل یعنی نیاز به استفاده از پشت بند، درج جنس و نوع مواد مورد نظرجهت پشت بند الزامی است. موادی که عمدتاً به عنوان پشت بند استفاده می شوند عبارتند از:

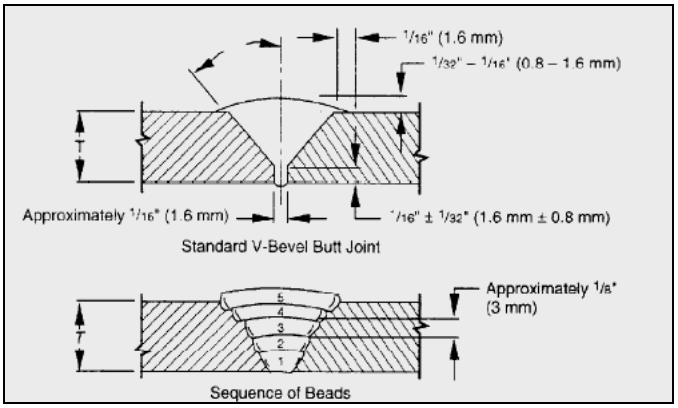
الف– تسمه های فولاد کربنی ساده ب– ورقهای مس

پ– جریان گازهای محافظ مانند آرگون یا CO_2 ت– فلاکس یا پودر جوش



شکل ۱۴ – چند مثال از نحوه قرار گرفتن پشت بند فلزی

مطلب دیگری که معمولاً باید در **WPS** به آن اشاره شود، ترسیم و نمایش توالی پاسهای جوشکاری(**Bead**) است. چگونگی انتخاب این توالی بستگی به احتمال پیچیدگی **(Distortion)** جوش دارد. اما در قسمت طرح اتصال پس از رسم پخ جوش توالی جوشکاری پاسها به همراه شماره گذاری باید رسم شوند(شکل ۱۵). طرحهای جوشی که از نظرجنس ورق ونوع الکترود مورد مصرف مشابه بوده و به همین دلیل بوسیله یک **WPS** پوشش داده می شوند باید به صورت مجزا ترسیم و توالی پاسهای آنها نشان داده شوند.



شکل ۱۵ – نمایش توالی پاسهای جوشکاری

فلزات پایه (Base Metals)

ذکر نوع و ترکیب شیمیایی فلز مورد جوشکاری از جمله مهمترین مطالب قابل ذکر در **WPS** است. این امر در انتخاب سایر مشخصات فرآیند جوشکاری از قبیل پیش گرم کردن، پس گرمایی، انتخاب الکترود و تکنیک کار دخیل است.

عدد مشخصه P (P-No.)

جهت کاهش تعداد فرمهای **WPS** و **PQR**، فلزات پایه تحت عددی به نام **P** تقسیم بندی می شوند. در صورتی که برای بررسی کیفیت فولاد، آزمون ضربه لازم باشد، تقسیم بندی جزئی تر شده و **Group No.** نیز مطرح می شود. اساس تقسیم بندی های فوق، ترکیب آلیاژ، جوش پذیری و خصوصیات مکانیکی است. روشن است که با استناد به عدد **P** یا **Gr.** مشابه نمی توان ادعا کرد که دو آلیاژ از نظر خواص متالورژیکی، عملیات حرارتی پس از جوشکاری، طراحی و برخی خواص مکانیکی قابل جایگزینی می باشند. در جدول ۳ کدهای مربوط به آلیاژهای مختلف که با مراجعه به آن **P No.**

مشخص می شود آمده است. برای دیدن لیست کاملی از **P No.** ها به **QW-422** مراجعه کنید.(در شکل ۱۷ نمونه ای از جداول **QW-422** را مشاهده می کنید)

راهنمایی هایی در مورد **P No** های ۵، ۹ و ۱۰ در **QW-403.13** بیان شده است. در شکل ۱۶ تقسیم بندی جزئی تری برای انواع مختلف آلیاژهای فولادی آمده است. (جالب اینجاست که**P No. 2** وجود ندارد!!)

نوع آلیاژ	کد مربوط به ASME IX	عدد P برای جوشکاری
فولادها	QW-422.11 تا QW-422.1	1-11
آلومینیوم وآلیاژهای پایه Al	QW-422.25 تا QW-422.21	21-25
مس وآلیاژهای پایه Cu	QW-422.35 تا QW-422.31	31-35
تیتانیوم وآلیاژهای پایه Ti	QW-422.47 تا QW-422.41	41-47
زیرکونیوم وآلیاژهای پایه Zr	QW-422.62 تا QW-422.61	61-62

جدول ۳- شماره های مربوط به عدد **P** فلزات مختلف

P No.	Type of Steel
1	Carbon Steel
3	Alloy Steel (Cr<0.75% , Sum of the Alloying elements< 2%)
4	Alloy Steel (0.75<Cr<2% , Sum of the Alloying elements< 2.75%)
5	Alloy Steel (Sum of the Alloying elements< 10%)
6	Martensitic Stainless Steel
7	Ferritic Stainless Steel
8	Austenitic Stainless Steel
9	Ni Alloy Steel
10	Other Alloy Steels
11	High Strength Ni Alloy Steel High Strength Ni,Mn,Mo Steel High Strength Cr,Mo Steel

شکل ۱۶ – شماره های مربوط به عدد **P** آلیاژهای فولادی

Spec. No.	Type & Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile ksi	Welding			
				P-No.	Group No.	S-No.	Group No.
SA-36	...	K02600	58	1	1	...	...
SA-53[a]	Type E Gr. B	K03005	60	1	1	...	...
SA-53[a]	Type S Gr. B	K03005	60	1	1	...	...
SA-105	...	K03504	70	1	2	...	...
SA-106	B	K03006	60	1	1	...	...
A 108	1018 CW	G10180	60	...	...	1	1
A 134	A 285 B	K02200	50	...	...	1	1
SA-182[b]	F11, Cl. 2	K11572	70	4	1	...	...
SA-182[b]	F22, Cl. 1	K21590	60	5A	1	...	...
SA-182[b]	F304L	S30403[c]	70	8	1	...	...
A 211	A 570 Gr. 30	K02502	49	...	...	1	1
SA-234	WPB	K03006	60	1	1	...	...
SA-234	WP5	K41545	60	5B	1	...	...
SA-240	Type 304L	S30403[c]	70	8	1	...	...
SA-335	P22	K21590	60	5A	1	...	...
SA-387	11, Cl. 1	K11789	60	4	1	...	...
SA-516	Grade 60	K02100	60	1	1	...	...
API5L	Grade B	...	60	...	...	1	1

شکل ۱۷ – نمونه ای از جداول **QW-422**

همانطور که در ستون اول شکل ۱۷ نیز مشخص است فولادها درکد **ASME** با **SA** شروع می شوند. بخش از این استاندارد کـه شـامل اسـتاندارد مـواد برای کاربرد آنهاست عبارتست از:

ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section II, Part A and B

در این بخش ها از تطبیق استاندارد **ASTM** با کد **ASME** استفاده شده است و حرف **" S "** جلو شماره استاندارد **ASTM** مربوطه اضافه می شود تـا نشان دهد که این مربوط به کد **ASME** است.

Part A از **Section II** کد **ASME** مربوط به فلزات آهنی و **Part B** مربوط به فلزات غیر آهنی است. مثال زیر ارتباط بین سیستم های نامگذاری **ASME** و **ASTM** را نشان می دهد.

ASME SA 516/SA-516M-01 Grade 70 - Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate - and Lower – Temperature Service

این استاندارد همانند **ASTM A 516/516-01 Grade 70** است با این تفاوت که **" SA"** نشان می دهد این اسـتاندارد بـا کـد **ASME** منطبـق شده است.

در **QW-420.2** با **S No.** مواجه خواهید شد. اگر فلزی در کد **ASME B 31** یا سایر بخشهای استاندارد **ASME** پذیرفته شده باشد اما در **Section II** کد **ASME** وجود نداشته باشد، در اینصورت از **S No.** استفاده خواهد شد.

اشاره به این نکته لازم است که در **Appendix D** موجود در **ASME Sec. IX** تمامی **P No.** ها به ترتیب شماره مرتب شده اند.

لازم به ذکر است که می توان مشخصات**(Specification)**، نـوع و درجـه**(Type & Grade)** ، ترکیـب شـیمیایی**(Chemical Analysis)** ،یـا خصوصیات مکانیکی**(Mechanical Properties)** آلیاژ مورد جوشکاری را نیز در **WPS** قید کرد.

محدوده ضخامت (Thickness Range)

ضخامت مقطع جوشکاری در این قسمت ذکر می شود. بر اساس**QW-451.1** برای کمتر شدن تعداد **WPS** می توان از محدوده ضخامت زیر استفاده کرد:

الف- ضخامت کمتر از **1/16 in. (1.6mm)**
ب- **3/8 in. (10mm)** ≥ضخامت > **1/16 in. (1.6mm)**
پ- **3/4 in. (19mm)** >ضخامت > **3/8 in. (10mm)**
ت- **1½ in. (38mm)** >ضخامت ≥ **3/4in. (19mm)**
ث- ضخامت **1½ in. (38mm)** و بالاتر

محدوده قطر لوله (Pipe Diameter Range)

در صورتیکه قطعه مورد جوشکاری لوله باشد، علاوه بر ذکر محدوده ضخامت لازم است تا قطر لوله مورد جوشکاری هم در این قسمت از **WPS** ذکر شود. قطر خارجی با علامت **O.D.**و قطر داخلی با علامت **I.D** مشخص می شوند.

فلزات پر کننده(Filler Metals)

اصولاً در اکثر فرایندهای جوشکاری برای ایجاد اتصال بین فلزات پایه ، به یک پل واسط فلزی نیاز داریم .فلزات مورد استفاده برای این منظور به عنوان فلزات پر کننده شناخته می شوند . با در نظر گرفتن فرایند جوشکاری و پارامتر های مختلف موثر ، صحیح ترین فلز پر کننده را انتخاب می کنیم .پارامترهای انتخاب صحیح فلز پر کننده عبارتند از:

الف) فرآیند جوشکاری
ب) ترکیب شیمیایی فلز پایه
پ) وضعیت جوشکاری
ت) شرایط کاربردی
ث) میزان نفوذ جوش (عمق نفوذ)
ج) کیفیت محل جوش
چ) هزینه جوش
ح) مهارت جوشکاری

بطور کلی فلزات پرکننده به دو دسته الکترودها (**Electrode**) و سیم جوشها (**Rod**) تقسیم بندی می شوند . تقسیم بندی **Filler Metal** در **AWS** از **A5.1** تا **A5.31** آمده است. تطبیق **ASME** برای الکترودها و سیم جوشها به این صورت است که جلوی شماره **AWS** مربوطه **SF** اضافه می کند یعنی می توانید **AWS A5.12** را تحت **SFA5.12** در **Part C** از **Section II** کد **ASME** بیابید. شکل ۱۸ تقسیم بندی **Filler Metals** را به نمایش گذاشته است. لازم به یادآوری است که در صورت نیاز به دانستن تقسیم بندی **Filler Metals** در استانداردهای دیگر، باید به آن استانداردها رجوع کرد(همانند **EN 12072,EN 785,EN 499,ISO 2560**).

AWS Designation	Title
FMC	Filler Metal Comparison Charts
A4.2	Standard Procedures for Calibrating Magnetic Instruments to Measure the Delta Ferrite Content of Austenitic Stainless Steel Weld Metal
A4.3	Standard Methods for Determination of the Diffusible Hydrogen Content of Martensitic, Bainitic, and Ferritic Steel Weld Metal Produced by Arc Welding
A5.01	Filler Metal Procurement Guidelines
A5.1	Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
A5.2	Specification for Carbon and Low Alloy Steel Rods for Oxyfuel Gas Welding
A5.3	Specification for Aluminum and Aluminum Alloy Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
A5.4	Specification for Stainless Steel Welding Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
A5.5	Specification for Low Alloy Steel Covered Arc Welding Electrodes
A5.6	Specification for Covered Copper and Copper AlloyArc Welding Electrodes
A5.7	Specification for Copper and Copper Alloy Bare Welding Rods and Electrodes
A5.8	Specification for Filler Metals for Brazing and Braze Welding
A5.9	Specification for Corrosion-Resisting Chromium and Chromium-Nickel Steel Bare and Composite Metal Cored and Stranded Welding Electrodes and Welding Rods
A5.10	Specification for Bare Aluminum and Aluminum Alloy Welding Electrodes and Rods
A5.11	Specification for Nickel and Nickel Alloy Welding Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
A5.12	Specification for Tungsten and Tungsten Alloy Electrodes for Arc Welding and Cutting
A5.13	Specification for Solid Surfacing Welding Rods and Electrodes
A5.14	Specification for Nickel and Nickel Alloy Bare Welding Electrodes and Rods
A5.15	Specification for Welding Electrodes and Rods for Cast Iron
A5.16	Specification for Titanium and Titanium Alloy Welding Electrodes and Rods
A5.17	Specification for Carbon Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding
A5.18	Specification for Carbon Steel Filler Metals for Gas Shielded Arc Welding
A5.19	Specification for Magnesium Alloy Welding Rods and Bare Electrodes
A5.20	Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding
A5.21	Specification for Composite Surfacing Welding Rods and Electrodes
A5.22	Specification for Flux Cored Corrosion-Resisting Chromium and Chromium-Nickel Steel Electrodes
A5.23	Specification for Low Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding
A5.24	Specification for Zirconium and Zirconium Alloy Welding Electrodes and Rods
A5.25	Specification for Carbon and Low Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Electroslag Welding
A5.26	Specification for Carbon and Low Alloy Steel Electrodes for Electrogas Welding
A5.27	Specification for Copper and Copper Alloy Rods for Oxyfuel Gas Welding
A5.28	Specification for Low Alloy Steel Filler Metals for Gas Shielded Arc Welding
A5.29	Specification for Low Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding
A5.30	Specification for Consumable Inserts
A5.31	Specification for Fluxes for Brazing and Braze Welding

شکل ۱۸ – تقسیم بندی **Filler Metals**

هنگام ارائه مشخصات جوشکاری توجه به نکات زیر در مورد روشهای مختلف جوشکاری مهم است:

الف– در روش جوشکاری با الکترود دستی با الکترود **E 70xx** بیشترین اندازه جوش گوشه ای با یک پاس، **6.4mm** و برای جوشهای شیاری نیز در یک پاس، **6.4mm** است.

ب– در روش جوشکاری زیر پودری با الکترود **E 7x** بیشترین اندازه جوش گوشه ای یا شیاری قابل اجرا در یک پاس، **8mm** است.

پ– در جوشکاری های قوس– فلز با محافظت گاز با الکترود **E 70S-x** بیشترین اندازه جوش گوشه ای یا شیاری در یک پاس، **8mm** است.

ت– در جوشکاری با الکترود تو پودری با الکترود **E 70T-x** بیشترین اندازه جوش گوشه ای یا شیاری در یک پاس، **8mm** است.

ث– الکترودها می بایست قبل از مصرف خشک شوند. روکش تمام کلاسهای الکترود، تقریباً کم هیدروژن است. الکترودهـای کـلاس **AWS A5.1** نیـز باید به منظور عدم جذب هیدروژن توسط روکش کاملاً عایق بسته بندی شوند.

الکترودهای کلاس **AWS A5.5** روکش کم هیدروژنی دارند از این رو می بایست قبل از مصرف ۱ تا ۲ ساعت در دمای **350-430°C** (بسته به توصیه سازنده الکترود) پخت شوند و پس از آن تا زمان مصرف در دمای **120-150°C** نگهداری شوند. برای این الکترودها حداکثر ۲ بار پخت مجاز است. الکترودهای خیس شده به هیچ وجه قابل استفاده نیستند.
با توجه به **QW-404** مشخصات فلز پر کننده در قسمتهای مرتبط از فرم نمونه **WPS** به شرح زیرآمده است.

عدد مشخصه F (F-No)

در حقیقت **F-No** یک تقسیم بندی برای الکترودهاست که در **QW-432** طی جداولی به آن اشاره شده است. اساس تقسیم بندی موارد استفاده، کاهش تعداد **WPS** و **PQR** های یک پروژه و مشابهت خصوصیات جوشکاری الکترودها و سیم جوش ها بوده است. در جدول ۴ چگونگی تقسیم بندی **F-No** آلیاژهای گوناگون آمده است و در شکل ۱۹ مثالهایی برای آشنایی بیشتر ذکر شده اند.

QW	F-No	نوع آلیاژ
432.1	1-6	آلیاژهای فولادی
432.2	21-24	آلومینیوم وآلیاژهای پایه Al
432.3	31-37	مس وآلیاژهای پایه Cu
432.4	41-45	نیکل و آلیاژهای پایه Ni
432.5	51	تیتانیوم وآلیاژهای پایه Ti
432.6	61	زیرکونیوم وآلیاژهای پایه Zr
432.7	71-72	آلیاژهای روکش کاری و سخت کاری سطحی

جدول ۴- **F-No** برای آلیاژهای مختلف

F NUMBERS		
GROUP DESIGNATION	**METAL TYPES**	**AWS ELECTRODE CLASSIFICATION**
F1	Carbon Steel	EXX20, EXX24, EXX27, EXX28
F2	Carbon Steel	EXX12, EXX13, EXX14
F3	Carbon Steel	EXX10, EXX11
F4	Carbon Steel	EXX15, EXX16, EXX18
F5	Stainless Steel	EXXX15, EXXX16
F6	Stainless Steel	ERXXX
F22	Aluminum	ERXXXX

شکل ۱۹ - مثالهایی از **F-No**

آنالیز فلز جوش یا عدد A (A-No)

عدد **A-No** تنها در مورد آلیاژهای آهنی کاربرد دارد. بر اساس **QW-404.5** عدد **A** استخراج شده و درج می شود. (جدول ۵)

الف- برای **SMAW, GTAW, PAW** یا آزمایشی برای تشخیص آنالیز جوش انجام می شود ویا بر اساس مدرک کیفیت جوش سازنده، آنالیز مربوطه ارائه شده مورد قبول قرار می گیرد. در صورت نیاز به انجام آزمایش، این آزمایش باید مشابه آزمایش آنالیز استاندارد سیم جوش صورت پذیرد.
ب- برای **ESW** و **GMAW** یا از مشخصات ارائه شده توسط سازنده استفاده می شود یا آنالیز نمونه در شرایط استاندارد انجام می شود. در هر دو صورت گاز محافظ باید گاز مورد استفاده در فرآیند باشد.
پ- برای**SAW** نیز یا از مشخصات سازنده تحت شرایط استفاده از فلاکس مشابه فرایند اجرائی استفاده می شود و یا تحت شرایط کاری نمونه آنالیز تهیه می شود.

QW-442
A-NUMBERS
Classification of Ferrous Weld Metal Analysis for Procedure Qualification

A-No.	Types of Weld Deposit	Analysis, % [Note (1)] C	Cr	Mo	Ni	Mn	Si
1	Mild Steel	0.20	...	...	...	1.60	1.00
2	Carbon-Molybdenum	0.15	0.50	0.40–0.65	...	1.60	1.00
3	Chrome (0.4% to 2%)–Molybdenum	0.15	0.40–2.00	0.40–0.65	...	1.60	1.00
4	Chrome (2% to 6%)–Molybdenum	0.15	2.00–6.00	0.40–1.50	...	1.60	2.00
5	Chrome (6% to 10.5%)–Molybdenum	0.15	6.00–10.50	0.40–1.50	...	1.20	2.00
6	Chrome-Martensitic	0.15	11.00–15.00	0.70	...	2.00	1.00
7	Chrome-Ferritic	0.15	11.00–30.00	1.00	...	1.00	3.00
8	Chromium–Nickel	0.15	14.50–30.00	4.00	7.50–15.00	2.50	1.00
9	Chromium–Nickel	0.30	19.00–30.00	6.00	15.00–37.00	2.50	1.00
10	Nickel to 4%	0.15	...	0.55	0.80–4.00	1.70	1.00
11	Manganese–Molybdenum	0.17	...	0.25–0.75	0.85	1.25–2.25	1.00
12	Nickel–Chrome—Molybdenum	0.15	1.50	0.25–0.80	1.25–2.80	0.75–2.25	1.00

NOTE:
(1) Single values shown above are maximum.

جدول ۵- آنالیز جوش و تقسیم بندی **A-No**

شماره مشخصات فلز پرکننده (Spec. No.)

حدود سی شماره توسط **AWS** برای طبقه بندی مشخصات فلز پر کننده تعیین شده است. این تقسیم بندی در **ASME** با پیشوند **SF** استفاده شده است. پیش از این در شکل۱۸ عنوان این تقسیم بندی ها آمده بود و در اینجا در شکل ۲۰ همان جدول بصورت ترجمه شده آمده است.

شماره مشخصه	**نوع فلز پر کننده**

SFA-5.1	مشخصات الکترودهای فولاد کربنی برای جوشکاری قوس الکترود روپوش دار
SFA-5.2	مشخصات سیم جوش فولاد کربنی و کم آلیاژی برای جوشکاری با سوخت گاز
SFA-5.3	مشخصات الکترودها ی آ لو مینیومی و آلیاژهای آن برای جوشکاری قوس الکترود روپوش دار
SFA-5.4	مشخصات الکترودهای فولاد زنگ نزن برای جوشکاری قوس الکترود روپوش دار
SFA-5.5	مشخصات الکترودهای فولاد کم آلیاژی برای جوشکاری قوس الکترود روپوش دار
SFA-5.6	مشخصات الکترودهای روپوش دار مسی و آلیاژهای مس برای جوشکاری قوسی
SFA-5.7	مشخصات الکترود و سیم جوشهای بدون پوشش مسی و آلیاژی مس
SFA-5.8	مشخصات الکترود و سیم جوشهای بدون پوشش فولاد زنگ نزن
SFA-5.9	مشخصات الکترود و سیم جوشهای بدون پوشش آلومینیومی و آ لیاژهای آن
SFA-5.10	مشخصات الکترودهای نیکلی و آلیاژهای آن برای جوشکاری قوس الکترود روپوش دار
SFA-5.11	مشخصات الکترودهای نیکلی و آلیاژهای آن برای جوشکاری قوس الکترود روپوش دار
SFA-5.12	مشخصات الکترودهای تنگستنی و آلیاژهای آن برای جوشکاری و برشکاری قوسی
SFA-5.13	مشخصات الکترود و سیم جوشهای جوش روکس کاری (**Solid Surfacing**)
SFA-5.14	مشخصات الکترود و سیم جوشهای بدون پوشش نیکلی و آلیاژهای آن
SFA-5.15	مشخصات الکترود و سیم جوشها برا یجوشکاری چدن
SFA-5.16	مشخصات الکترود و سیم جوشهای تیتانیومیو آ لیاژهای آن
SFA-5.17	مشخصات الکترود و فلاکس های فولاد کربنی برای جوشکاری قوس – زیر پودری
SFA-5.18	مشخصات الکترود سیم جوش فولاد کربنی برای جوشکاری قوس فلزی با گاز
SFA-5.20	مشخصات الکترودهای فولاد کربنی برای جوشکاری قوس با الکترود توپودری
SFA-5.21	مشخصات الکترود و سیم جوشهای جوش روکش کاری مرکب (**Composite Surfacing**)
SFA-5.22	مشخصات الکترودهای فولاد زنگ نزن برای جوشکاری قوس با الکترود توپودری و سیم جوشهای فولاد زنگ نزن برای جوشکاری قوس تنگستنی
SFA-5.23	مشخصات الکترود و فلاکس های فولاد کربنی برای جوشکاری قوس – زیر پودری
SFA-5.24	مشخصات الکترود و سیم جوشهای زیر کنیومی و آلیاژهای آن
SFA-5.25	مشخصات الکترود و فلاکس های فولاد کربنی و کم آلیاژی برای جوشکاری سرباره الکتریکی
SFA-5.26	مشخصات الکترودهای فولاد کربنی و کم آلیاژی برای جوشکاری گاز الکتریکی
SFA-5.28	مشخصات الکترود و سیم جوشهای فولاد کم آلیاژی برای جوشکاری قوس فلزی با گاز
SFA-5.29	مشخصات الکترودهای فولاد کم آلیاژی برای جوشکاری قوس با الکترود توپودری
SFA-5.30	مشخصات لایی های مصرف شدنی
SFA-5.31	مشخصات فلاکس برای لحیم کاری سخت و لحیم کاری جوشکاری

شکل ۲۰ – تقسیم بندی **Filler Metals**

شماره کلاس و استاندارد AWS الکترود ((AWS No. (Class No.)

استانداردهای گوناگونی برای نام گذاری الکترودها وجود دارد. برای نامگذاری الکترود های روکش دار کلاس **A 5.1** از فرمت **E xxxx** استفاده می شود. حرف **E** به معنای الکترود است. دو عدد اول پس از **E** نشان دهنده استحکام کششی فلز جوش الکترود بر حسب **ksi** می باشد (در الکترودهای استحکام بالا، سه عدد اول مانند **E 11013G**) مثلاً:

E 60xx, E 70xx, E 80xx, E90xx, E 110xx, E120xx

اولین عددی که پس از دو رقم استحکام می آید نشان دهنده وضعیت جوشکاری قابل اجرا با این نوع الکترود است:

الف– **E xx1x** : جوشکاری در چهار وضعیت**(OH,H,V,F)** امکان پذیر است.

ب- **E xx2x** : جوشکاری در وضعیتهای تخت وافقی**(H,F)** امکان پذیر است.

پ- **E xx3x** : جوشکاری فقط در وضعیت تخت**(F)** امکان پذیر است.

آخرین عددی که در نامگذاری الکترود به روش **AWS** می آید بین **0** تا **8** متغیر است و نشان دهنده کلاس روپوش الکترود، نوع جریان برق و سایر خصوصیات می باشد که در جدول ۶ به آنها اشاره شده است.

در مورد الکترود یا سیم جوشهای کلاس**A 5.4** فولادهای زنگ نزن، نام استاندارد **ASTM** فولاد زنگ نزنی که آنالیز مشابه با سیم جوش یا الکترود دارد پس از حرف **E** آورده می شود. به عنوان مثال **E 316 L-16** یا **E 310** یا **E 304**

سیم جوشهای ویژه جوشکاری با فرایندهای **OFW** بجای حرف **E** با **G** آغاز می شوند مانند **G 316**

به منظور فراگیری نحوه نامگذاری سایر الکترود ها می توان به استاندارد **AWS** مراجعه کرد.

شکل ۲۱ - روش نامگذاری الکترودها

رقم چهارم	پوشش الکترود	نوع جریان الکتریکی
0	پر سلولز ، سدیم (الف) - پر اکسید آهن (ب)	جریان مستقیم با قطب معکوس (الف) - جریان متناوب یا مستقیم با قطب معکوس (ب)
1	پر سلولز ، پتاسیم	جریان متناوب یا مستقیم با قطب معکوس
2	پر تیتان ، سدیم	جریان متناوب یا مستقیم با قطب مستقیم
3	پر تیتان ، پتاسیم	جریان متناوب یا مستقیم
4	پودر آهن ، تیتان	جریان متناوب یا مستقیم
5	کم هیدروژن ، سدیم	جریان مستقیم با قطب معکوس
6	کم هیدروژن، پتاسیم	جریان متناوب یا مستقیم با قطب معکوس
7	پر اکسید آهن ، پودر آهن	جریان متناوب یا مستقیم
8	کم هیدروژن، پتاسیم، پودر آهن	جریان متناوب یا مستقیم با قطب معکوس
9	اکسید آهن، تیتان، پتاسیم	جریان متناوب یا مستقیم

جدول ۶- روکشها و جریانهای مناسب مربوط به رقم چهارم شناسایی الکترودها

اندازه الکترود(Size of Electrode)

برای انجام با صرفه ترین جوش، انتخاب اندازه الکترود (قطر میله مغزی) به اندازه انتخاب نوع الکترود اهمیت دارد. در انتخاب موارد زیر مورد توجه قرار می‌گیرند: طرح اتصال، ضخامت لایه های جوش، حالت جوشکاری، حرارت قابل تحمل توسط قطعه و مهارت جوشکار. قاعده کلی آن است که هرگز نباید از الکترودی که اندازه آن بزرگتر از ضخامت قطعه کار است ، استفاده کرد . الکترود کلفت برای جوشکاری در وضعیت عمودی یا قائم و بالاسری یا سقفی مناسب نیست، زیرا کنترل حوضچه جوش حجیم در این شرایط مشکل است. در مورد جوشکاری ورقهای ضخیم با لبه های آماده شده بصورت **V** یا **K** اولین پاس جوشکاری با الکترود نازک و پاس های بعدی با الکترود های کلفت تر انجام می شود.
تعدادلایه ها یا پاسهایی که جوش احتیاج دارد بطور عمده بستگی دارد به طرح اتصال، اندازه الکترود، ضخامت فلز پایه، حالت جوشکاری و مهارت جوشکار. اندازه مناسب الکترود برای مصرف در جوشهای مختلف برای اتصالات و حالتهای جوشکاری متفاوت ذیلاً بیان شده است:

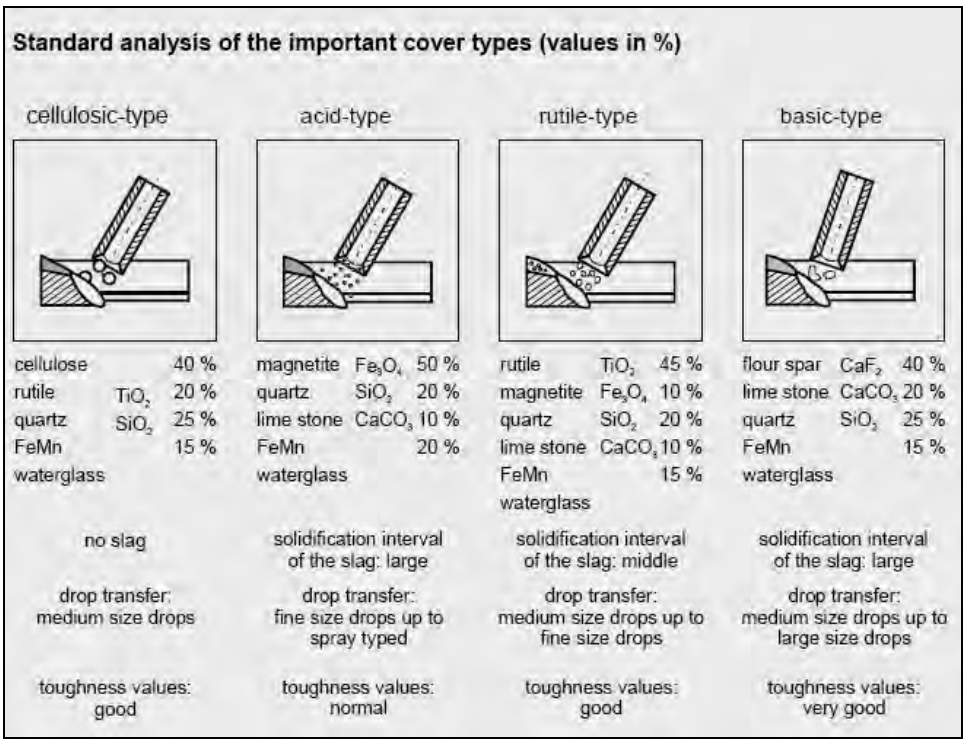
۱- برای جوش لوله با اتصالاتی که احتیاج به ذوب کافی در ریشه جوش دارد و امکان جوشکاری از پشت جوش نیست، حداکثر قطر الکترود برای پاس اول ۳/۲۵ میلی متر پیشنهاد می شود. برای جوشکاری پاس های بعدی از الکترود های به قطر ۴ یا ۵ میلی متر استفاده می شود. لازم به ذکر است، در لوله های با قطر کم پاس اول با الکترود ۲/۵میلی متر جوشکاری شده و پاسهای بعدی را با الکترودهای ۳/۲۵ یا ۴ میلی متر جوش می دهند.
۲- در جوشکاری اتصالات **V** شکل یا جناغی یک طرفه که دارای تسمه ای در پشت اتصال می باشند در حالت تخت می توان برای پاس اول از الکترود به قطر ۴ یا ۵ میلی متر و برای پاس های بعدی از الکترود های بزرگتر استفاده کرد .
۳- برای جوشهای گلویی در حالت تخت و سر به سر غیر تخت ، حداکثر قطر الکترود مصرفی ۵ میلی متر است. اغلب، پاس اول را با الکترود هایی به قطر ۳/۲۵ یا ۴ میلی متر جوش می دهند . در جوشهای گوشه ای با پای جوش کمتر از ۱۰ میلی متر استفاده از الکترود ۳/۲۵ یا ۴ میلی متر پیشنهاد می گردد.

محدوده ضخامت فلز جوش (Deposited Weld Metal Thickness Range)

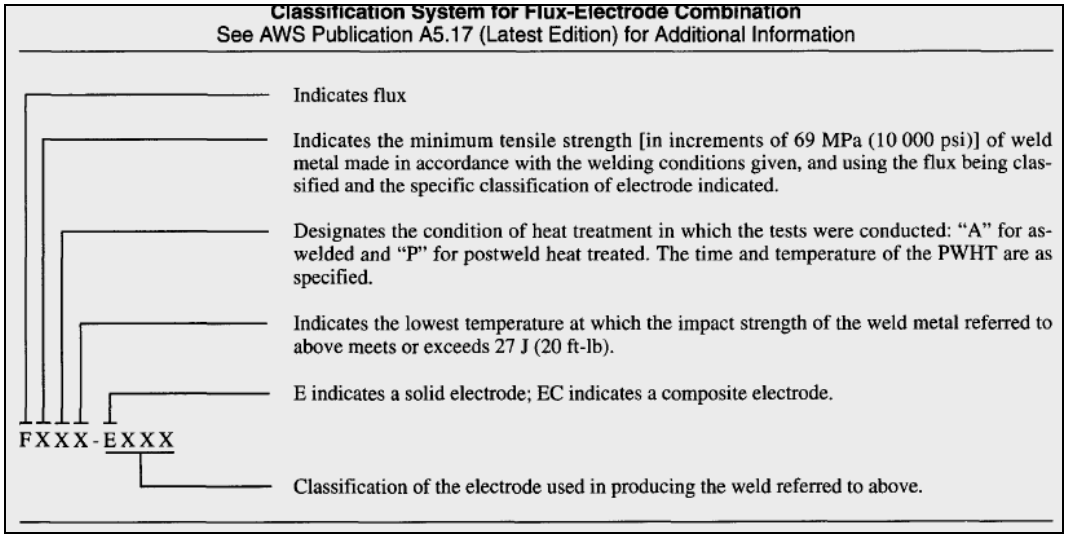
در این قسمت از **WPS** محدوده ضخامت فلز جوش رسوب داده شده درج می شود که تغییر در مقدار آن بر اساس بند **QW-451** تعریف می شود .

کلاس فلاکس (پودر جوش) (Electrode- Flux (Calss))

هر گونه مشخصات و استانداردهای مربوط به فلاکس های جوشکاری زیر پودری مطابق با **SFA-5.17** برای الکترود و فلاکس های فولاد ساده کربنی و **SFA-5.23** برای الکترود و فلاکس های فولاد کم آلیاژ در این قسمت درج می گردد. در ضمن در صورت لزوم می توان هر گونه مشخصات یا شماره استاندارد روکش الکنرود را در این قسمت ذکر کرد. اصولا الکترودهای روکش دار از نظر نوع روکش به ۴ گروه اصلی تقسیم می شوند که در شکل ۲۲ اطلاعات کاملی در مورد آنها آمده است. در شکل ۲۳ نیز می توانید نحوه نامگذاری روکش الکترود را ببینید.



شکل ۲۲ – ۴ گروه اصلی روکش الکترود



شکل۲۳ – نحوه نامگذاری روکش الکترود

لایی مصرف شدنی (Consumable insert)

گاهی به منظور حفظ مشخصات طرح اتصال و نیز اطمینان از جوش نفوذی در پاس ریشه، از لایی های مصرف شدنی استفاده می شود . مشخصات این لایی های مصرف شدنی در **ASME Sec.ll, Part C, SFA 5.30** ذکر شده است. در مواردی که آنالیز و مشخصات لایی بر اساس **SFA 5.30** است، **F.No** نیز باید بر اساس **QW-432** با سیم جوش مصرفی، هماهنگ باشد.

موارد دیگر (Other)

نام تجاری، کد سازنده و یا دیگر مشخصات فلز پرکننده و لایی مصرف شدنی در این قسمت ذکر می گردد.

وضعیت جوشکاری(Positions)

اصولاً جوشکاری در چهار وضعیت کلی قابل انجام است:

۱) تخت **Flat**
۲) افقی **Horizontal**
۳) عمودی **Vertical**
۴) بالا سری **Overhead**

استاندارد مربوط به وضعیت جوشکاری**QW-405** می باشد. در استاندارد **ASME Sec. IX** در بند **QW-461** وضعیت های مختلف جوشکاری ذکر شده است. موارد پیشنهادی برای ارائه در این قسمت عبارتند از : وضعیت شیاری یا گوشه ای و جهت پیشروی

وضعیت شیاری یا گوشه ای (Position(s) of Groove / Position(s) of Fillet)

برای وضعیت جوشکاری حروف اختصاری پیشنهاد شده، در جدول ۷ و شکل ۲۴ دیده می شوند.(در این ها مقایسه بین حروف اختصاری در استانداردهای آمریکایی، اروپایی و بین المللی نیز داده شده است) وضعیت جوشکاری بستگی به : نوع فرآیند جوشکاری ، قابلیت دسترسی خطوط جوش ، ابعاد و اندازه قطعه کار ، نحوه ساخت و امکانات موجود دارد.

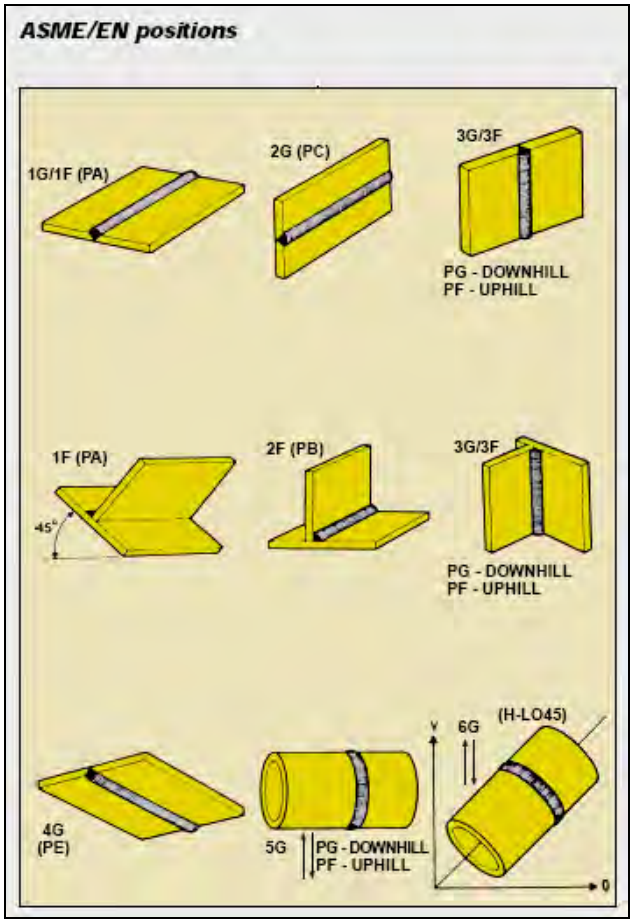
Welding Positions For Groove welds:-

Welding Position	Test Position	ISO and EN
Flat	1G	PA
Horizontal	2G	PC
Vertical Upwards Progression	3G	PF
Vertical Downwards Progression	3G	PG
Overhead	4G	PE
Pipe Fixed Horizontal	5G	PF
Pipe Fixed @ 45 degrees Upwards	6G	HL045
Pipe Fixed @ 45 degrees Downwards	6G	JL045

Welding Positions For Fillet welds:-

Welding Position	Test Position	ISO and EN
Flat (Weld flat joint at 45 degrees)	1F	PA
Horizontal	2F	PB
Horizontal Rotated	2FR	PB
Vertical Upwards Progression	3F	PF
Vertical Downwards Progression	3F	PG
Overhead	4F	PD
Pipe Fixed Horizontal	5F	PF

جدول ۷- حروف اختصاری پیشنهاد شده برای وضعیت جوشکاری



شکل۲۴ – برخی از وضعیت های جوشکاری

جهت پیشروی (Welding Progression)

در این قسمت جهت پیشروی جوشکاری ذکر می گردد که عمدتاً برای جوشهای عمودی جهت پیشروی از پائین به بالا (**Upward**) می باشد.

پیش گرم کردن (Preheat)

معمولاً برای جلوگیری از ترکیدگی، پیچیدگی و اعوجاج، پیدایش فازهای ناخواسته و ... قبل از جوشکاری، قطعه کار پیش گرم می شود. همچنین در حین عملیات جوشکاری، کنترل دمای بین پاسها برای جلوگیری از کاهش دمای قطعه کار به کمتر از دمای پیش گرم و بالا رفتن از حد مجاز - دمای بازگشت نهایی (**Tempering**) - لازم است. کنترل این عمل توسط گچ های حرارتی صورت می پذیرد.

بنا به تغییر رنگ و یا ذوب شدن گچ های حرارتی در در جه حرارتی خاص، دمای قطعه کار قابل کنترل است . حداقل دمای پیش گرم و دمای بین پاسی با توجه به ضخامت ورق مربوطه تعیین می شود. در صورتی که درجه حرارت محیط کمتر از $18\ ^0C$ باشد انجام عملیات جوشکاری صحیح نیست. دمای پیش گرم کردن باید حداقل به فاصله ۷۶ میلی متر (۳ اینچ) در اطراف محل جوش ثابت باشد. بند مرتبط با پیش گرم کردن **QW-406** است .

موارد پیشنهادی برای ارائه در این قسمت عبارتند از : حداقل دمای پیش گرم کردن، حداکثر دمای بین پاسی، نگهداری پیشگرم

حداقل دمای پیش گرم کردن (Preheat Temp.(min))

همانطور که قبلاً ذکر شد، درجه حرارت پیش گرم کردن با توجه به جنس قطعه و ضخامت آن تعیین می شود. لازم به ذکر است در صورت تفاوت مقدار پیش گرم لازم برای دو فلز پایه ، حداقل دمای پیش گرم برای جوشکاری، بالاترین دمای پیش گرم بین دو قطعه است. البته در استاندارد های:

ASME B31.1 ، ASME B31.3 table 330.1.1، AWS D1.1 table 3.2، ASME Sec. Vlll Div.1

دمای پیش گرم کردن برای فلزات مختلف با توجه به ضخامت پیشنهاد شده است. برخی مراجع معتبر نظیر انستیتو بین المللی جوشکاری(**IIW**) نیز با استفاده از فرمول کربن معادل (**CE**) جداولی ارائه داده اند که نمونه ای از آنها در جدول ۸ آمده است.(در این جدول کربن معادل با **K** نمایش داده شده است) در جدول ۸ مبنای کار استفاده از فرمول زیر است: (این فرمول در **QW-403.26** نیز پذیرفته شده است)

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$$

Table 1: Pre-heating temperature

K	Diameter of the electrode	Plate thickness in mm							
		Butt weld				Fillet weld			
		6	12	25	50	6	12	25	50
0,35	3,25	0	0	0	0	0	0	0	100
	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0
0,40	3,25	0	0	0	150	0	0	100	200
	4	0	0	0	0	0	0	0	150
	5	0	0	0	0	0	0	0	100
	6	0	0	0	0	0	0	0	100
0,45	3,25	0	0	150	250	0	100	250	300
	4	0	0	100	200	0	0	200	250
	5	0	0	0	150	0	0	100	200
	6	0	0	0	100	0	0	0	150
0,50	3,25	0	0	250	350	0	150	350	(450)
	4	0	0	150	300	0	100	250	400
	5	0	0	100	200	0	0	200	350
	6	0	0	0	150	0	0	150	300
0,55	3,25	0	150	400	(550)	100	300	(550)	–
	4	0	0	300	(450)	0	200	(450)	–
	5	0	0	150	350	0	100	350	(600)
	6	0	0	150	300	0	0	300	(600)
0,60	3,25	150	400	–	–	350	–	–	–
	4	100	250	–	–	250	(600)	–	–
	5	0	100	(500)	(600)	150	300	(600)	–
	6	0	0	350	(500)	0	150	(500)	–
0,65	3,25	300	–	–	–	–	–	–	–
	4	200	350	–	–	–	–	–	–
	5	0	150	(600)	–	200	(600)	–	–
	6	0	0	(500)	–	100	300	–	–
0,70	3,25	400	–	–	–	–	–	–	–
	4	300	500	–	–	–	–	–	–
	5	200	400	–	–	400	(600)	–	–
	6	0	200	(600)	–	200	400	–	–
0,75	3,25	600	–	–	–	–	–	–	–
	4	500	–	–	–	–	–	–	–
	5	400	500	–	–	(600)	–	–	–
	6	200	400	–	–	(450)	(600)	–	–

جدول ۸- روش **IIW** برای محاسبه دمای پیش گرم کردن

برای به دست آوردن اطلاعات بیشتر در مورد فرمولهای مختلف **CE** و ارائه دهندگان آن به بند **6.1.3** استاندارد **API 5L** مراجعه فرمائید.

حداکثر دمای بین پاسی (Interpass Temp.(max))

حداقل دمای بین پاسی از مراجع مختلف همانند **AWS D1.1 table 3.2** تعیین می شود. حداکثر دمای بین پاسی نیز حداکثر دمای بازگشت نهایی (**Tempering**) فلز پایه می باشد. به عنوان مثال حداکثر دمای بین پاسی برای فلزات موجود در **P No. l** حدود **300 ^{0}C** پیشنهاد می شود.

نگهداری پیش گرم (Preheat Maintenance)

محدوده حرارتی که این **WPS** در اثر تغییرات پیش گرم در آن صدق می کند در این قسمت عنوان می شود.

عملیات حرارتی پس از جوشکاری (پس گرمایی) (Post Weld Heat Treatment)

این مطلب بوسیله **QW-407** تشریح می شود. در این بند عملیات حرارتی پس از جوشکاری موادی که **P.No** آنهـا عبـارت از **1 , 3 , 4 , 5 , 6 , 9 , 10 11** می باشد از قرار زیر تقسیم بندی شده است:

الف- بدون **PWHT**

ب-**PWHT** زیر درجه حرارت بحرانی پائینی

پ-**PWHT** بالای درجه حرارت بحرانی بالائی (مانند نرماله کردن)

ت-**PWHT** بالای درجه حرارت بحرانی بالائی به همراه عملیات حرارتی ثانویه زیر درجه حرارت بحرانی پائینی (مانند کوئنچ – تمپر)

ث-**PWHT** بدون ذکر محدوده درجه حرارتی مشخص.

در **WPS** قسمتهایی به عملیات حرارتی پس از جوشکاری مربوط می شود . معمولا این قسمتها به روش زیر تکمیل می شوند**.**

دامنه درجه حرارت (Temperature Range)

همانطور که ذکر شد هریک از حالات (الف – ث) محدوده حرارتی ویژه ای را شامل می شوند. اما از آنجائیکه رایج ترین حالت عملیات حرارتی تنش زدائی پس از جوشکاری حالت ب است معمولا درجه حرارت مربوط به تنش زدائی جوش به شرح ذیل در این قسمت ذکر می شود :

الف- در مورد فولادهای کوئنچ تمپر حداکثر (**1100 ^{0}F**) **590 ^{0}C**

ب- برای سایر فولادها در محدوده (**1100-1200 ^{0}F**) **650 ^{0}C**

پ- درجه حرارت کوره به هنگام قرار دادن نمونه در آن نباید از (**315 ^{0}C**)**600 ^{0}F** تجاوز نماید.

ت- بالای**315 ^{0}C** آهنگ گرم کردن نباید از **220 ^{0}C/hr** تجاوز نماید. آهنگ گرم کردن با استفاده از فرمول **220/t** که در آن **t** ضخیمترین بخش قطعه بر حسب اینچ است محاسبه می شود.

ث- در حین گرم کردن اختلاف دمای دو قسمت از قطعه به فاصله **4.6m** نباید از **140 ^{0}C** تجاوز نماید.

ج- در حین نگهداری در درجه حرارت تنش زدائی اختلاف دمای هیچ دو نقطه ای از قطعه نباید از **83 ^{0}C** تجاوز نماید.

چ- در سرد کردن قطعه آهنگ سرمایش نباید از **260 ^{0}C/hr** تجاوز نماید. این آهنگ با فرمول **260/t** که در آن **t** ضخیمترین بخش قطعه بر حسب اینچ است محاسبه می شود.

۲- برای تنش زدائی لوله ها ، مخزن ها و اشکال دوار با استفاده از رابطه **D+1270/120** که در آن **D** قطر لوله بر حسب میلیمتر است ضـخامت معـادل مقطع محاسبه شده و پس از مقایسه بیشترین ضخامت مقطع حقیقی قطعه با مقدار فوق الذکر، زمان نگهداری و آهنگ گرمایش و سرمایش بدست می آید.

لازم به ذکر است که می توان از منابع زیر نیز برای عملیات حرارتی پس از جوشکاری بهره برد:

AWS D1.1 item 5.8 , ASME B31.3 table 331.1.1

زمان نگهداری (Time Range)

زمان نگهداری برای تنش زدایی بسته به ضخامت قطعه تغییر می کند . معمولاً زمان نگهداری فولاد های کوئنچ - تمپر بـا توجـه بـه کمتـر بـودن درجـه حرارت، بیش از دیگر فولادهاست. می توان از منابع ذکر شده در بخش پیشین برای راهنمایی بیشتر استفاده کرد.

مسائل دیگر (Other)

در این قسمت می توان به نکاتی چون آهنگ گرم کردن، نوع کوره، عملیات حرارتی مطلوب، نیاز به عملیات حرارتی ثانویه یا مشخصات عملیات حرارتی دو مرحله ای و حتی در برخی **WPS**ها گراف عملیات مورد نیاز را ذکر کرد و یا در صورت وجود ضمیمه های عملیات حرارتی برای این **WPS** شماره آن را درج کرد.

گاز (Gas)

یکی از وظایف مهم گاز محافظ، حفاظت حوضچه مذاب از آلودگی ناشی از اتمسفر می باشد. مشخصات گاز محافظ در این قسمت از **WPS** بر اساس بند **QW-408** عنوان می شود. موارد پیشنهادی برای ارائه در این قسمت عبارتند از :

۱) نوع گاز محافظ – کمکی – پشتی ۲) درصد ترکیب گاز محافظ – کمکی – پشتی ۳) آهنگ جریان گاز محافظ – کمکی – پشتی

نوع گاز محافظ ((Shielding Gas(es)

گازهای **N_2**، **He**، **CO_2**، **Ar** یا مخلوطی از این گازها برای حفاظت استفاده می شوند. هر یک از این گازها به تنهایی یا بصورت مخلوط با دیگر گازها مصرف می شوند. انتخاب بهترین گاز محافظ بستگی به نفوذ و ذوب مورد در خواست ، شکل جوش ، نوع فلز پایه ، شرایط انتقال فلز و سرعت جوشکاری دارد. ممکن است در فرآیندهای جوشکاری با الکترود توپودری یا حتی الکترود روپوش دار نیز از گازی خنثی استفاده شود .(مانند دمیدن گاز در پشت شیار جوش) در چنین مواردی نیز قید نام گاز مورد نظر در این قسمت لازم است . در فرآیندهای جوشکاری با سوخت گازی (**OFW**) در این قسمت سوخت مورد مصرف قید می شود، به عنوان مثال : اکسیژن، اکسی استیلن، بوتان یا مخلوط اکسیژن و اکسی استیلن. در جدول ۹ توضیحاتی در مورد انواع این گازها مشاهده می کنید.

Gas Type	Process	Used for	Characteristic
Pure Argon	MIG	**Spray or Pulse** Welding of Steels and Aluminium alloys	**Very stable arc with poor penetration and low spatter levels.**
Pure CO_2	MAG	**Dip Transfer** Welding of Steels	**Good penetration Unstable arc and high levels of spatter.**
Argon + 5 – 20% CO_2	MAG	**Dip Spray or Pulse** Welding of Steels	**Good penetration with a stable arc and low levels of spatter.**
Argon + 1-2% O_2	MAG	**Spray or Pulse** Welding of **Austenitic or Ferritic Stainless Steels Only**	**Active additive gives good fluidity to the molten stainless, and improves toe blend.**

جدول ۹– برخی از انواع گاز محافظ

درصد ترکیب مخلوط گاز ((Percent Composition (Mixture)

ترکیب گاز بر روی شکل ، نفوذ و پهنای جوش تاثیر می گذارد. ذکر درصد خلوص و در صورت استفاده از مخلوطهای گازی درصد ترکیب تشکیل دهنده در این قسمت از فرم مربوطه انجام می شود. مثلا: **Co_2-99%** یا **Co_2-20% + Ar-80%**. در **WPS** فرآیند های **OFW** می توان درصد ترکیب گاز مورد نظر جهت سوختن را در این قسمت ذکر کرد. به عنوان مثال در جوشکاری اکسی استیلن برای فراهم کردن شعله اکسیدی، خنثی یا احیائی درصد هریک از گازها متغیر بوده و در اینجا ذکر می شود.(تذکر این نکته بد نیست که برخی استانداردها درصد خلوص گازها را نیز مشخص کرده اند که نمونه ای از آنها را در جدول ۱۰ می بینید)

Purity of gases and gas mixtures according to EN 439

Group	Min. Purity % by Volume
R	99.95
I	99.99
M1	99.70
M2	99.70
M3	99.70
C	99.70
F	99.50

جدول ۱۰- درصد خلوص گازها بر اساس استاندارد اروپایی

آهنگ جریان گاز (Flow Rate)

آهنگ جریان گاز بر حسب لیتر در واحد زمان سنجیده می شود و باید به نحوی تنظیم گردد که علاوه بر محافظت کامل حوضچه مذاب، باعث اختلاط شدید مذاب و خروج از حوضچه نشود. آهنگ جریان گاز به قطر نازل و شکل جوش بستگی دارد. در حالت کلی این مقدار در حدود مقادیر کلی **5-15 lit/ min** است. جدول ۱۱ آهنگ جریان گاز تقریبی برای برخی فلزات را نشان می دهد.

METAL		GAS FLOW CU. FT./HR. (CFH)		
KIND	THICKNESS	ARGON	HELIUM	*CO_2
Steel	.035-3/32	8-10	20-30	8-10
Cast Iron	1/4	16	40	---
Stainless Steel	1/16-1/8	11	30	---
Stainless Steel	3/16-1/4	13	32	---
Copper	1/16-1/4	15	38	---
Magnesium	1/16-1/8	10	25	---
* Pure CO_2 is currently used exclusively on steel.				

جدول ۱۱- آهنگ جریان گاز برای برخی فلزات

مشخصات الکتریکی (Electrical Characteristics)

تغییر در نوع و قطبیت جریان الکتریکی ، افزایش در گرمای ورودی و یا افزایش حجم و میزان فلز جوش رسوب داده شده در واحد طول ، باعث تغییر در کیفیت جوش می شود. همچنین میزان فلز جوش با افزایش اندازه گرده جوش و یا کاهش طول خط جوش به ازای هر الکترود ، متناسب است. مشخصات الکتریکی بر اساس بند **QW-409** می باشد. میزان گرمای وارده از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$\text{Heat Input} = \frac{\text{Amps x Volts x 60}}{\text{Travel Speed (in/min)}}$$

موارد پیشنهادی برای ارائه در این قسمت عبارتند از :
نوع جریان، قطبیت، آمپر، ولتاژ، اندازه و نوع الکترود و تنگستن، نوع انتقال فلز مذاب، سرعت تغذیه سیم جوش

نوع جریان (Current AC or DC)

برخی الکترودها با جریان **DC** و برخی با جریان **AC** نتیجه بهتری بدست می دهند . در صورت استفاده از جریان **DC** ذکر قطبیت نیز لازم است. برای انتخاب جریان می توان به توصیه سازندگان الکترود مراجعه کرد. باید توجه داشت که شروع قوس با **AC** مشکلتر است.

قطبیت (Polarity)

در صورت انتخاب جریان **DC** باید قطبیت را نیز مشخص کرد. قطبیت می تواند مستقیم یا معکوس باشد. در قطبیت مستقیم، الکترود به قطب منفی و قطعه کار به قطب مثبت وصل می شود. در این حالت به علت تمرکز حرارتی کمتر روی الکترود میزان کمتری از الکترود ذوب شده و نفوذ نیز کمتر می‌شود در قطبیت معکوس، الکترود به قطب مثبت و قطعه کار به قطب منفی وصل می شود و این باعث تمرکز حرارت روی الکترود، ذوب و نفوذ بیشتر می گردد علائم اختصاری زیر قطبیت را نشان می دهند.

الف) اتصال الکترود به قطب مثبت در جریان **DC** :

DCEP: Direct Current Electrode Positive
DCRP: Direct Current Reverse Polarity

ب) اتصال الکترود به قطب منفی در جریان **DC** :

DCEN: Direct Current Electrode Negative
DCSP: Direct Current Straight Polarity

شدت جریان ((Amps (Range)

بسته به نوع فرآیند، قطر الکترود، سرعت حرکت، میزان نفوذ و .... شدت جریان تعیین می شود. می توان گفت بصورت سرانگشتی در فرآیند **SMAW** به ازای هر ۱ میلیمتر از قطر الکترود حدود ۳۰– ۴۵ آمپر جریان مورد نیاز است.(جداول ۱۲ و ۱۳ به عنوان راهنما ارائه شده اند)

GTAW			
Tungsten Size (mm)	**Current(A)**	**Volts(v)**	**Travel Speed (Cm/min.)**
1	**50-80**	**7-13**	**5-10**
1.6	**60-140**	**7-13**	**5-10**
2.4	**80-160**	**7-13**	**5-10**
3.2	**150-300**	**7-13**	**5-10**
4.0	**250-500**	**7-13**	**5-10**

جدول۱۲– شدت جریان الکتریکی مورد استفاده

SMAW					
Position	**Diameter**	**Polarity**	**Current(A)**	**Volts(v)**	**Travel Speed (Cm/min.)**
Flat & Horizontal	**2.5**	**AC or DCRP**	**80-120**	**16-20**	**10-20**
	3.2		**110-150**	**18-22**	**10-20**
	4.0		**150-200**	**19-25**	**10-20**
	5.0		**200-250**	**19-25**	**10-20**
Vertical & Overhead	**2.5**	**AC or DCRP**	**80-100**	**16-20**	**8-13**
	3.2		**80-120**	**18-22**	**8-13**
	4.0		**100-160**	**19-25**	**8-13**
	5.0		**160-220**	**19-25**	**8-13**

جدول۱۳- شدت جریان الکتریکی مورد استفاده

ولتاژ ((Volts (Range)

ولتاژ دستگاه معمولاً بصورت مدار باز اندازه گیری می شود. دستگاه های جوشکاری دستی در اقسام مختلف **20-24** ولت و **50-60** ولت موجود می باشند دستگاه های جوشکاری زیر پودری نیز درهمین ولتاژ کار می کنند (**30-40** ولت). در حین جوشکاری با کوتاه و بلند شدن قوس، ولتاژ تغییر می کند. در جدول ۱۴ مشخصات الکتریکی و فنی منبع تغذیه های مختلف مورد استفاده در جوشکاری را ملاحظه می کنید.

characteristics	transformer	welding converter	welding rectifier with	
			transductor	inverter
electric parameter				
main connection	one-phased /AC	three-phase current	three-phase current	three-phase current
network load	unbalanced	symmetrical	symmetrical	symmetrical
influence from mains fluctuations	proportional	not critical	proportional	compensation in the areas ± 10% usal
efficiency η	80...90%	50...60%	70...75%	70 - 80 %
efficiency factor cos φ	0,4 - 0,8	0,8 - 0,9	0,6 - 0,7	0,96 - 0,99
welding-engineering				
ingnition characteristics	satisfying	good to excellent	satisfying to good	good to excellent
welding characteristics	satisfying	good to excellent	satisfying to good	good to excellent
blowing effect	no	strong	strong	strong
remote adjustment	no	possible	possible	possible
other				
maintenance costs	low	higher	low	higher
weight	normal	very high	normal	low
noise creation	low	disturbing	little disturbance	little disturbance

جدول۱۴– مشخصات الکتریکی و فنی منبع تغذیه های مختلف مورد استفاده

اندازه و نوع الکترود تنگستن (Tungsten Electrode Size and Type)

در فرآیند **GTAW**، الکترود تنگستن مصرف نشدنی است. این الکترود با توجه بـه نقطـه ذوب بـالا، در حـین جوشـکاری ذوب نمـی شـود. الکترودهـای تنگستن به سه گروه تقسیم می شوند :

تنگستن خالص، تنگستن - زیرکونیوم ، تنگستن - توریم. متداولترین الکترود مصرفی برای فولاد ها، الکترود تنگستن - توریم اسـت کـه در آن **0.8** تـا **2.2** درصد توریم به تنگستن اضافه شده است. توریم باعث برقرار شدن آسان تر قوس می شود. قطر الکترود تنگستن بر اساس شرایط کـاری تعیـین مـی شود

(در این مورد می توانید به استانداردهای **AWS A 5.12** یا **EN 26848** مراجعه کنید). جـدول ۱۵ برخـی مشخـصات ایـن نـوع الکترودهـا را نـشان می‌دهد.

AWS CLASSIFICATION	COLOR[A]	ALLOYING ELEMENT	ALLOYING OXIDE	ALLOYING OXIDE, WT%
EWP	GREEN	. . .	. . .	
EWCE-2	ORANGE	CERIUM	CEO_2	2
EWLA-1	BLACK	LANTHANUM	LA_2O_3	1
EWTH-1	YELLOW	THORIUM	THO_2	1
EWTH-2	RED	THORIUM	THO_2	2
EWZR-1	BROWN	ZIRCONIUM	ZRO_2	0.25
EWG	GRAY	NOT SPECIFIED[B]	. . .	. . .

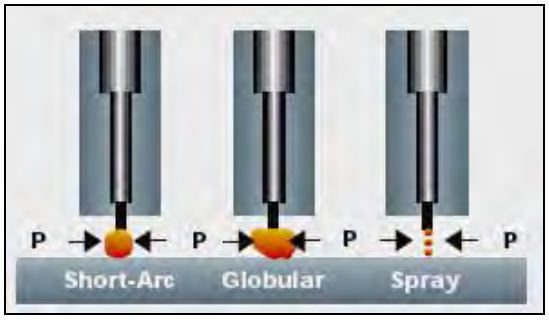
جدول۱۵– مشخصات الکترودهای تنگستنی

نوع انتقال فلز مذاب برای GMAW (Mode of Metal Transfer for GMAW)

در جوشکاری **GMAW** ، شدت جریان و ترکیب گاز محافظ بر روی روش انتقال فلز مذاب تاثیر می گذارد . روشهای انتقال فلز مذاب عبارتند از : اتصال کوتاه (**Short Circuiting**) ، افشانکی (**Spray**) ، قطره ای(**Globular**) و ...

لازم به ذکر است در انتقال فلز به روش افشانکی، حرارت بیشتری به فلز انتقال یافته و نفوذ بیشتر می شود ولی در روش اتصال کوتاه حرارت کمتری به فلز پایه اعمال شده و لذا فلزات نازکتر را در همه وضعیت ها با این روش انتقال می توان جوش داد. با استفاده از آرگن و یا گاز مخلوطی که درصد بیشتری آرگون دارد و شدت جریان بالاتر، انتقال فلز بصورت افشانکی خواهد بود با کاهش شدت جریان در همین شرایط انتقال بصورت قطره ای خواهد بود .

در پائین ترین حد محدوده شدت جریان و قطر الکترود، حالت اتصال کوتاه حاکم است. کمترین شدت جریانی که در آن انتقال افشانکی رخ می دهد را شدت جریان انتقالی می نامن . در زیر این شدت جریان تعداد قطرات در واحد زمان کم واندازه قطرات بزرگ است. در بالاتر از این حد قطرات بسیار کوچک و تعداد قطرات در واحد زمان زیاد است. شکل ۲۵ انواع اینها را نشان می دهد.



شکل۲۵ – روشهای مختلف انتقال فلز مذاب

سرعت تغذیه سیم جوش (Eloctrode Wire Feed Speed Range)

در این قسمت سرعت تغذیه سیم جوش به حوضچه مذاب تعیین می شود.

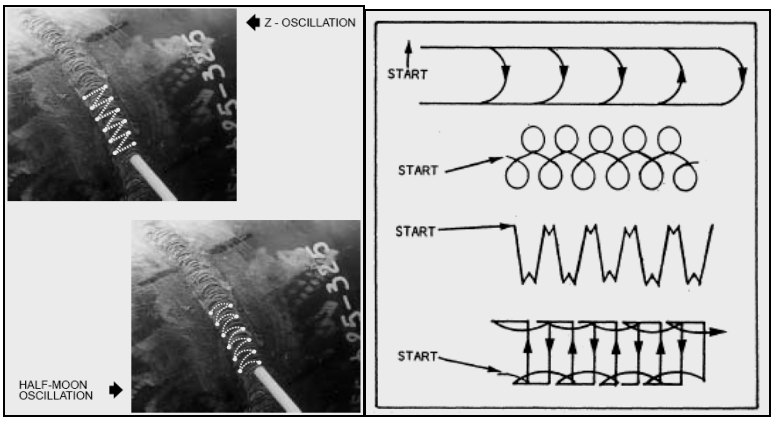
تکنیک و روش کار (Technique)

نکات تکنیکی روش جوشکاری بر اساس **QW-410** می باشند. موارد پیشنهادی برای ارائه در این بخش عبارتند از :

۱. گرده (مهره) جوش نواری یا موجی (بافته ای)
۲. اندازه کلاهک یا نازل عبور گاز
۳. تمیز کاری اولیه و بین پاسی
۴. روش برداشتن پشت جوش
۵. نوسان
۶. محدوده فاصله تماس لوله با کا ر
۷. جوش تک پاسه یا چند پاسه در هر طرف
۸. الکترود های تکی یا چند تایی
۹. سرعت جوشکاری
۱۰. چکش کاری

مهره جوش نواری یا بافته ای (String or Weave Bead)

در این قسمت شکل گرده (مهره) مورد نظر ذکر می شود. در موارد ی که گرده های نازک کافی باشد و یا کمترین حرارت وارده بـه قطعـه لازم اسـت، از گرده های نواری استفاده می شود زیرا سرعت حرکت دست در این تکنیک بیشتر است. گرده های بافته ای به اشکال گردشی، هلالـی، **8** اجـرا مـی‌شـود. (شکل ۲۶ را ببینید)



شکل۲۶ – اشکال مختلف شکل گرده جوش

سایز کلاهک یا نازل عبور گاز (Orifice or Gas Cup Size)

در فرآیند های جوشکاری با گاز محافظ ، اشاره به مورد فوق ضروری است .

تمیز کاری اولیه و بین پاسی (برس زدن ، سنگ زدن و .....)(...,Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding

تمیز کردن سطح قبل از انجام جوشکار ی سطح قبل از انجام جوشکاری مانند زدودن زنگارها (اکسیدها)، چربی و کثیفـی قطعـه، باعـث افـزایش کیفیـت جوش می شود. همچنین در حین عملیات جوشکاری چند پاسه و در اتمام کار، تمیز کردن سطح اعم از پاک کردن سرباره و ... باعث کاهش و حذف عیوب جوش نظیر سرباره حبس شده در مذاب خواهد شد.

روش برداشتن پشت جوش (Method of Back Gouging)

در صورت نیاز به جوشکاری از پشت جوش، لازمست تا ابتدا اولین پاس جوش، از پشت اتصال توسط یکی از روشهای زیر برداشته شود :

الف) قوس حاصل از الکترود کربنی **Electric Arc gouging**

ب) برداشتن بوسیله شعله اکسی استیلن **Oxyfuel gouging**

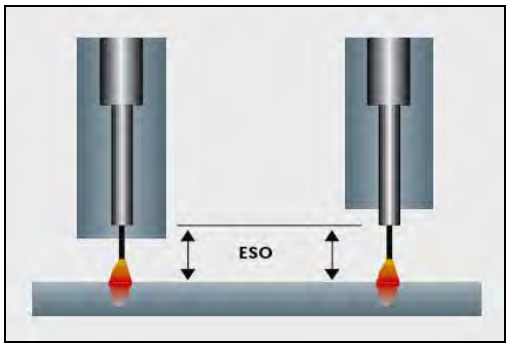
پ) سنگ زدن یا براده برداری **Grinding and Chipping**

نوسان (Oscillation)

پارامترهای موثر بر حرکت نوسانی الکترود در فرآیندهای خودکار در این قسمت عنوان می گردند. عرض حرکـت نوسـانی، تـواتر یـا فرکـانس حرکـت و ... مسائل قابل طرح می باشند.

محدوده فاصله تماس لوله با کار(Contact Tube toWork Distance)

تنها برای فرآیندهای **GMAW** و **SAW** قابل ذکر بوده و عبارتست از فاصله بین نازل نگهدارنده الکترود با قطعه کار. در برخی مراجع آنرا با **ESO** نمایش می دهند که کوتاه شده عبارت **Electrical Stick-Out** است. برخی مراجع نیز آنرا با **TWD** یاد می کنند که از عبارت فاصله نارل تا قطعه کار **Tip to Work Distance** گرفته شده است.(به شکل ۲۷ رجوع کنید)



شکل۲۷– محدوده فاصله تماس لوله با کار

جوش تک پاسه یا چند پاسه در هر طرف((Multiple or Single Pass(per side)

در صورتیکه هر طرف از طرح پخ نیاز به یک یا چند پاس جوش داشته باشد در این قسمت درج می شود.

الکترودهای چند تایی یا تکی (Multiple or Single Electrode)

در فرآیندهایی نظیر **SAW** استفاده از چند الکترود نازک به صرفه تر و باعث افزایش آهنگ رسوب نسبت به یک الکترود ضخیم می شود. در برخی موارد از الکترودهای صفحه ای نیز برای پوشش دادن سطوح بزرگ استفاده شده است.

دامنه سرعت حرکت ((Travel Speed(range)

این پارامتر بویژه در جوشکاری خودکار اهمیت دارد.

کوبیدن یا چکش زنی (Peening)

کوبیدن یا چکش زنی می تواند برای حذف تنشهای باقیمانده در جوش به کار رود اما برخی استانداردها و دستورالعملهای فنی اجازه این کار را برای پاس ریشه و پاس آخر به دلیل امکان ایجاد عیوب نمی دهند.

نکات لازم در نوشتن WPS

آنچه تا کنون ارائه شد، تشریح و نحوه تنظیم یک **WPS** در حالت کلی بود. بر اساس استاندارد **ASME** در هر فرایند، متغیرهای موجود به سه دسته تقسیم می شوند:

a. متغیر های اساسی
b. متغیر های تکمیلی
c. متغیر های غیر اساسی

*متغیر های اساسی (**Essential Variables**)* : متغیر هایی هستند که تغییر در آنها باعث نوشتن یک **WPS** یا **PQR** جدید می شود .

*متغیر های تکمیلی (**Supplementary Essential Variables**)* : این متغیر ها در صورتی باعث نوشتن یک **WPS** یا **PQR** جدید می شوند که در مشخصات فنی اشاره ای به آزمون ضربه جهت تعیین کیفیت شده باشد .

*متغیر های غیر ضروری (**Nonessential Variables**) :*متغیر هایی که تغییر آنها باعث نوشتن یک **WPS** یا **PQR** جدید نمی شود .

بر اساس کد **ASME Sec.IX** متغیرهای مختلف هر فرآیند در بندهای **QW-252** تا **QW-262** ذکر شده اند.

در ابتدا چنین به نظر می رسد که برای هر شکل اتصال باید یک **WPS** مجرا نوشت اما با استفاده از متغیر های اساسی می توان چندین طرح اتصال را در یک **WPS** گنجاند. لذا می توان گفت استفاده از متغیر ها ی اساسی و تکمیلی باعث کاهش تعداد **PQR** و **WPS** های لازم و مورد استفاده برای یک پروژه می گردد.

دستورالعمل جوشکاری استاندارد (Standard WPSs)

استانداردهای مختلفی برای کنترل کیفی و چگونگی اجرای عملیات جوشکاری وجود دارد. اما تقریبا تمامی کدها و استانداردهای موجود اجرای عملیات جوشکاری را بر اساس یک دستورالعمل جوشکاری **(WPS)** تایید شده الزام کرده اند. هر اتصال باید دارای یک **WPS** و هر یک یا چند **WPS** باید بر اساس الزامات کد مربوطه دارای یک **PQR** باشند. از طرفی تدوین یک **PQR** دارای مراحل مختلفی است که کاری زمان بر و پر هزینه می باشد. از توضیحات ارائه شده چنین استنباط می شود که تدوین مستندات جوشکاری کاری دشوار است که در بسیاری موارد چنین نیز هست.!!

به همین منظور برخی موسسات استاندارد اقدام به ارائه راهکارهایی جهت کاستن از این مشکلات نموده اند. از جمله این راهکارها تدوین دستورالعملهای جوشکاری از قبل تایید شده(**PreQualified WPSs**) در برخی کدها مانند **AWS D1.1** است که مصارف مشخص و محدود به کاربرد کد مربوطه را دارند. راهکار دیگری که مصرف گسترده تری دارد انتشار **WPS**های استاندارد می باشد. بدین ترتیب که سازمان **AWS** بر اساس میزان کاربرد، کدهایی را تدوین نموده که شامل اطلاعات و پارامترهای دستورالعمل جوش برای موارد پرکاربرد میباشد. این کدها بر اساس نوع ماده، فرآیند جوشکاری، ضخامت قطعه و الکترود مصرفی دسته بندی شده اند. برای هر یک از **WPS**های استاندارد نیز **PQR** لازم وجود داشته و شماره آن در کد مربوطه آمده است. بنابراین در صورتیکه پارامترهای **WPS** تدوین شده توسط سازنده در محدوده تعیین شده توسط یکی از این کدها باشد تحت شرایطی دیگر نیازی به تهیه **PQR** مجزا نمی باشد. (**AWS D1.1 Section 3** را ببینید)

خوشبختانه کد **ASME** نیز استفاده از دستورالعملهای استاندارد **AWS** را تحت شرایطی که در **ASME IX Article V** آورده است؛ مجاز می داند. (از سال ۲۰۰۰ میلادی) این شرایط اگرچه سخت گیرانه تر از شرایط **AWS** است اما به هر حال کار را از حالت عادی بسیار ساده تر کرده و نیاز به **PQR** را در بسیاری موارد برطرف می سازد. از جمله شرایط استفاده از این کدها در **ASME** این است که سازنده باید برای هر کد دستورالعمل استاندارد یک نمونه با ثبت کلیه پارامترهای جوشکاری تهیه کرده و تحت بازرسی چشمی، آزمونهای مکانیکی یا رادیوگرافی قرار دهد که در صورت تایید نمونه می تواند از آن دستورالعمل برای اتصالات دیگری که در محدوده آن قرار می گیرند، بدون تهیه **PQR** استفاده نماید. (**QW-510(d)** را ببینید)

نکات قابل توجه در تنظیم دستورالعمل جوشکاری

بر اساس استاندارد های**AWS** نکاتی در هر فرآیند وجود دارد که در زیر به برخی از آنها اشاره می شود.

جوشکاری قوس با الکترود روپوش دار

بهتر است که قطعه در وضعیت تخت قرار گیرد .

کلاس و اندازه الکترود، طول قوس، ولتاژ و آمپر باید متناسب با ضخامت قطعه، شکل شیار، وضعیت جوشکاری و ... انتخاب شوند. بهتر است کـه آمپـر بـا توجه به پیشنهاد تولید کننده الکترود انتخاب شود .

بالاترین قطر الکترود مجاز در حالت مختلف جوشکاری به صورت زیر است :

۸ میلی متر برای تمامی جوشهای تخت به جز در پاس ریشه .

۶/۴ میلی متر برای جوشهای گلویی در حالت تخت و پاس ریشه جوشهای در حالت تخت که دارای پشت بند بوده و درز اتصال ۶/۴ میلی متر باشد .

۴ میلی متر برای جوشهای که با الکترود **EXX14** و الکترود های کم هیدروژن در وضعیتهای عمودی و بالا سری انجام می شوند.

۴ میلی متر برای پاس ریشه جوشهای شیاری و کلیه حالات غیر از موارد فوق الذکر

حداقل اندازه الکترود مورد استفاده در پاس ریشه باید به اندازه ای باشد که ترک ایجاد نشود.

بالاترین ضخامت پاس ریشه در جوشهای شیاری نباید از ۶/۴ میلی متر تجاوز نماید.

حداکثر ضخامت پاس ریشه جوشهای گلویی تک یا چند پاسه نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید :

۹/۵ میلی متر در وضعیت تخت.

۸ میلی متر در وضعیت های افقی و بالا سری.

۱۲/۷ میلی متر در وضعیت عمودی.

بیشترین ضخامت لایه های بعد از پاس ریشه در جوشکاری های شیاری و گلویی بصورت زیر است :

۳ میلی متر برای جوشهایی که در وضعیت تخت قرار دارند.

۴ میلی متر برای جوشهایی که در وضعیتهای افقی ، بالا سری و عمودی قرار دارند.

جهت پیشروی تمامی پاسها در جوشکاری با وضعیت عمودی باید رو به بالا باشد مگر اینکه هدف ترمیم سوختگی کنـاره جـوش بـوده و پیـشگرم مطـابق جداول و حداقل $\mathbf{21^0C}$ در نظر گرفته شود . در مورد جوشکاری مقاطع گرد، ممکن است جوشکاری سر بالا یا سر پائین شود. لذا لازم است جوشـکار قـبلاً امتحان شده باشد.

در جوشکاری شیاری که نیاز به نفوذ کامل است و از پشت بند نیز استفاده نمی شود، پس از جوشکاری از یـک سـمت، پـشت جـوش بـا سـنگ زنـی و .... برداشته شده و پس از آن جوشکاری انجام می شود. در جوشکاری لوله هایی با قطر کم که امکان دسترسی به پشت جوش نیست، باید از شیارهای خاص و الکترودهای پر نفوذ سلولزی استفاده کرد .

جوشکاری قوس زیر پودری با یک الکترود

منظور از یک الکترود آن است که تنها یک مفتول یا الکترود به یک سیستم مولد نیرو متصل باشد.

تمامی جوشهای قوس زیر پودری بجز جوشهای گلویی باید در حالت تخت انجام شوند. جوشهای گلویی ممکن است در یکی از وضـعیت هـای تخـت یـا افقی انجام شوند . ضخامت جوشهای گلویی تک پاسه در حالت افقی نباید از ۸ میلی متر تجاوز نماید. ضخامت لایه های جوش، بجز لایـه هـای ریـشه و سطحی نباید از ۶/۴ میلی متر بیشتر شود. در صورتیکه اندازه درز اتصال بیش از ۱۲/۷ میلی متر باشد، باید از روش چند پاسـه اسـتفاده شـود. در صـورتیکه پهنای جوش از ۱۵/۹ میلی متر بیشتر شود نیز باید از جوشکاری چند پاسه استفاده کرد. شدت جریان الکتریکی ، ولتـاژ قـوس و حرکـت بایـد بـه گونـه ای انتخاب شوند که ذوب کامل فلز پایه و امتزاج آن با مذاب حاصل از سیم جوش، انجام شده و هیچگونه سر رفتن و سوختگی کناره جوش اتفاق نیفتد .

بیشترین شدت جریان جوشکاری برای شیارهایی که لازم است ذوب در هر دو وجه شیار انجام پذیرد۶۰۰ آمپر باشد، بجز در آخرین لایه که استفاده از جریانهای بیشتر نیز مجاز است. بیشترین شدت جریان در وضعیت تخت ۱۰۰۰ آ مپر است .

جوشکاری قوس فلزی با گاز محافظ و جوشکاری قوس با الکترود توپودری (تک الکترود)

حداکثر قطر الکترود برای وضعیت های تخت و افقی ۴ میلی متر، در وضعیت عمودی ۲/۴ میلی متر و در وضعیت بالاسری ۲ میلی متر است.
حداکثر اندازه جوش گلویی مجاز در یک پاس برای وضعیت های تخت و عمودی ۱۲/۷ میلی متر، برای وضعیت افقی ۹/۵ میلی متر و برای وضعیت بالاسری ۸ میلی متر است.
در فرایند **GMAW** ضخامت لایه های جوش در حالت پخ سازی شده بجز پاس ریشه و پاس نهایی نباید از ۴/ ۶ میلی متر تجاوز نماید. در صورتیکه درز اتصال از ۱۲/۷ میلی متر بیشتر باشد، باید جوشکاری طی چند پاس انجام شود. در مورد پخ هایی که پهنایشان از ۱۵/۹ میلی متر بیشتر است، باید از روشهای چند پاسه استفاده کرد.
در فرآیند **FCAW** ضخامت لا یه های جوش در حالت پخ سازی شده بجز پاس ریشه و پاس نهایی نباید از ۶/۴ میلی متر تجاوز نماید. در صورتیکه درز اتصال از ۱۲/۷ میلی متر بیشتر باشد، باید جوشکاری طی چند پاس انجام شود. جوشکاری پخ هایی که در وضعیت های تخت، افقی یا بالا سری پهنایی بیش از ۱۵/۹میلی متر دارند نیز بصورت چند پاسه انجام می شود.
شدت جریان الکتریکی، ولتاژ قوس، نرخ خروج گاز، نحوه انتقال فلز مذاب و سرعت حرکت باید به گونه ای انتخاب شوند که در هر پاس، دو طرف پخ بخوبی ذوب شود. ضمناً سر رفتن ، خلل و فرج و سوختگی کناره جوش اتفاق نیفتد.
جهت جوشکاری برای وضعیت عمودی باید همواره به سمت بالا باشد. مگر اینکه جوشکاری ترمیمی برای رفع سوختگی کناره جوش انجام شود. پیشگرم حداقل 21^0C در نظر گرفته شود. در مورد جوشکاری مقاطع گرد، ممکن است جوشکاری سر بالا یا سر پایین شود. لذا لازمست جوشکار قبلاً امتحان شده باشد.
در جوشکاری شیاری که نیاز به نفوذ کامل است و از پشت بند نیز استفاده نمی شود، پس از جوشکار یاز یک سمت، پشت جوش با سنگ زنی و .... برداشته شده و پس از آن جوشکاری یک پاس از پشت انجام می شود.
فرآیند **GMAW** نباید در معرض باد انجام شود، مگر اینکه قسمت جوشکاری به گونه ای محافظت شود. محافظ باید به شکلی باشد که مانع افزایش سرعت باد از ۵ مایل بر ساعت در اطراف محل جوش شود .
به منظور پیشگیری از ذوب ریشه جوش بهتر است از پشت بندهایی از جنس مس ، فلاکس و ...استفاده شود. بویژه در مواردی که الکترود مصرفی از نوع کم هیدروژن باشد .

بخش دوم

آشنایی با چگونگی تنظیم

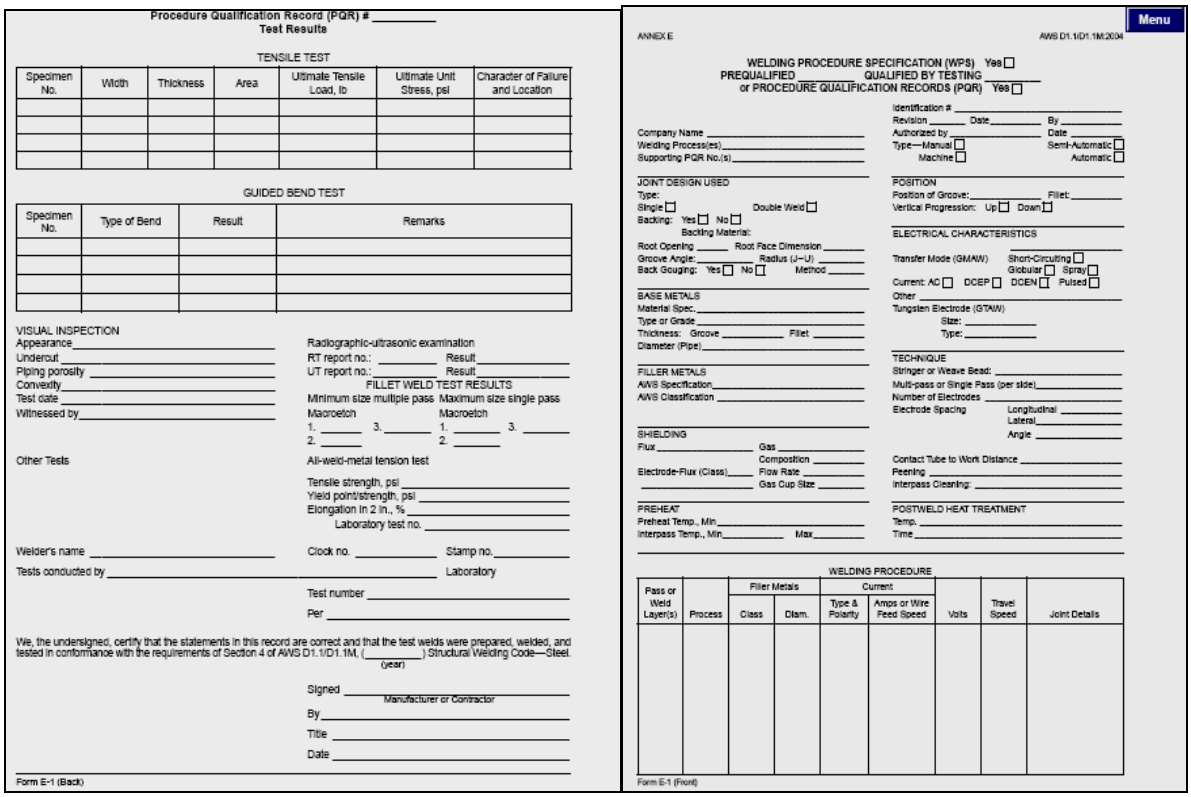
گزارش تائید دستورالعمل جوشکاری(PQR)

مقدمه

هدف از انجام آزمایشهای تایید دستور العمل جوشکاری آن است که نشان دهیم دستور العمل جوشکاری تدوین شده **(WPS)** جوشی سالم و با خواص مکانیکی مطلوب و قابل پذیرش در محدوده استاندارد مربوطه، بوجود می آورد. نتیجه آزمایشها در فرم خاصی ثبت می شود که به آن گزارش تایید دستورالعمل جوشکاری**(PQR)** می گویند. مسئولیتها در تهیه این مدرک در بند **QW-201** به روشنی بیان شده اند.

جزئیات فرم PQR

استانداردها و کدهای مختلف، فرمهای متفاوتی برای **PQR** ارائه می دهند که برای آشنایی خوانندگان ارجمند با این فرمها، برخی از رایج ترین آنها در شکلهای شماره ۲۸ تا ۳۰ آمده اند. البته در استانداردهای مربوطه نیز ذکر شده است که آنها فقط به عنوان راهنمایی داده شده اند و بسته به شرایط کاری هر شرکت این فرمت تا حدی قابل تغییر است. اما آنچه رایج است این است که همین فرمتها با تغییراتی جزئی به کار می روند.



Procedure Qualification Record (PQR) # _____
Test Results

TENSILE TEST

Specimen No.	Width	Thickness	Area	Ultimate Tensile Load, lb	Ultimate Unit Stress, psi	Character of Failure and Location

GUIDED BEND TEST

Specimen No.	Type of Bend	Result	Remarks

VISUAL INSPECTION
Appearance _____
Undercut _____
Piping porosity _____
Convexity _____
Test date _____
Witnessed by _____

Radiographic-ultrasonic examination
RT report no.: _____ Result _____
UT report no.: _____ Result _____

FILLET WELD TEST RESULTS
Minimum size multiple pass Maximum size single pass
Macroetch Macroetch
1. _____ 3. _____ 1. _____ 3. _____
2. _____ 2. _____

Other Tests

All-weld-metal tension test
Tensile strength, psi _____
Yield point/strength, psi _____
Elongation in 2 in., % _____
Laboratory test no. _____

Welder's name _____ Clock no. _____ Stamp no. _____
Tests conducted by _____ Laboratory

Test number _____
Per _____

We, the undersigned, certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in conformance with the requirements of Section 4 of AWS D1.1/D1.1M, (_____) Structural Welding Code—Steel.
(year)

Signed _____
Manufacturer or Contractor
By _____
Title _____
Date _____

Form E-1 (Back)

Menu

ANNEX E AWS D1.1/D1.1M:2004

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) Yes ☐
PREQUALIFIED _____ QUALIFIED BY TESTING _____
or PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR) Yes ☐

Company Name _____
Welding Process(es) _____
Supporting PQR No.(s) _____

Identification # _____
Revision _____ Date _____ By _____
Authorized by _____ Date _____
Type—Manual ☐ Semi-Automatic ☐
Machine ☐ Automatic ☐

JOINT DESIGN USED
Type:
Single ☐ Double Weld ☐
Backing: Yes ☐ No ☐
Backing Material:
Root Opening _____ Root Face Dimension _____
Groove Angle: _____ Radius (J–U) _____
Back Gouging: Yes ☐ No ☐ Method _____

POSITION
Position of Groove: _____ Fillet: _____
Vertical Progression: Up ☐ Down ☐

ELECTRICAL CHARACTERISTICS
Transfer Mode (GMAW) Short-Circuiting ☐
Globular ☐ Spray ☐
Current: AC ☐ DCEP ☐ DCEN ☐ Pulsed ☐
Other _____
Tungsten Electrode (GTAW)
Size: _____
Type: _____

BASE METALS
Material Spec. _____
Type or Grade _____
Thickness: Groove _____ Fillet _____
Diameter (Pipe) _____

FILLER METALS
AWS Specification _____
AWS Classification _____

TECHNIQUE
Stringer or Weave Bead: _____
Multi-pass or Single Pass (per side) _____
Number of Electrodes _____
Electrode Spacing Longitudinal _____
Lateral _____
Angle _____

SHIELDING
Flux _____ Gas _____
Composition _____
Electrode-Flux (Class) _____ Flow Rate _____
Gas Cup Size _____

Contact Tube to Work Distance _____
Peening _____
Interpass Cleaning: _____

PREHEAT
Preheat Temp., Min _____
Interpass Temp., Min _____ Max _____

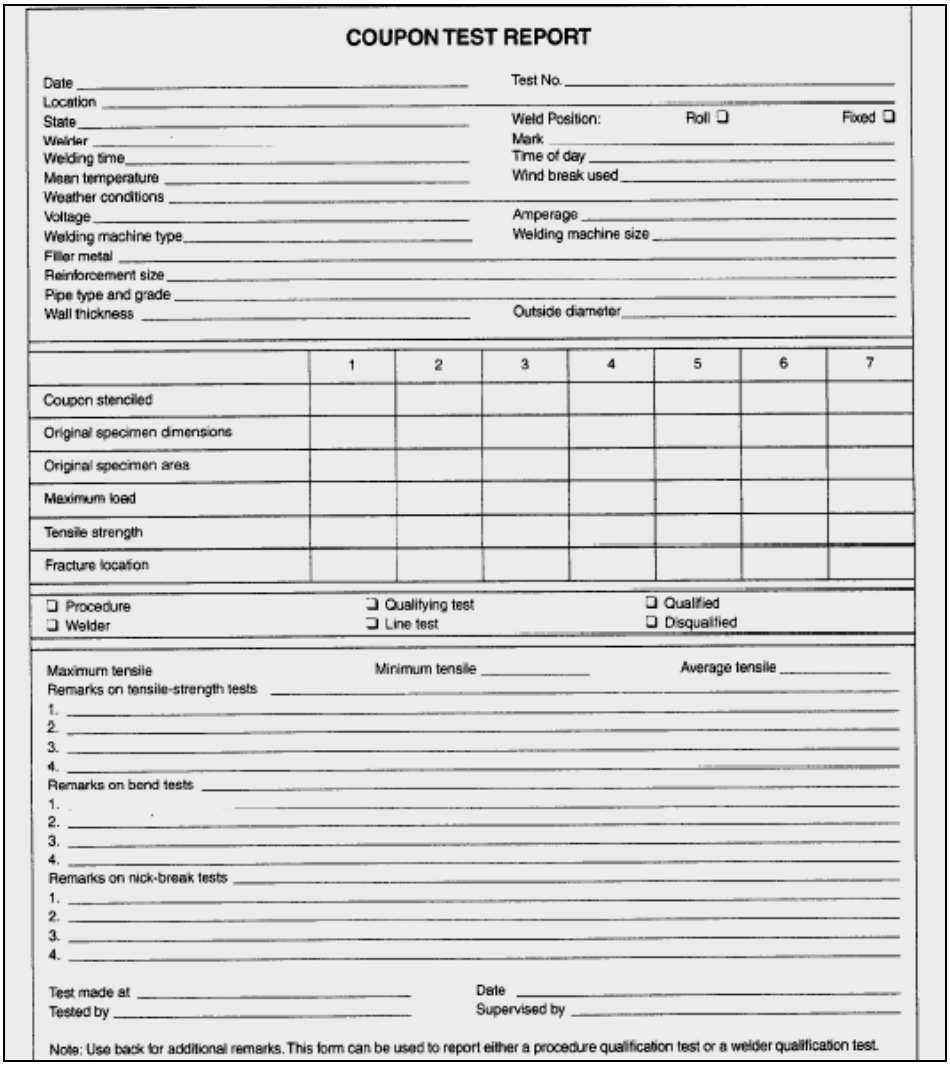
POSTWELD HEAT TREATMENT
Temp. _____
Time _____

WELDING PROCEDURE

Pass or Weld Layer(s)	Process	Filler Metals		Current		Volts	Travel Speed	Joint Details
		Class	Diam.	Type & Polarity	Amps or Wire Feed Speed			

Form E-1 (Front)

شکل۲۸– فرم **PQR** استاندارد **AWS D1.1**



COUPON TEST REPORT

Date _____ Test No. _____
Location _____
State _____ Weld Position: Roll ❑ Fixed ❑
Welder _____ Mark _____
Welding time _____ Time of day _____
Mean temperature _____ Wind break used _____
Weather conditions _____
Voltage _____ Amperage _____
Welding machine type _____ Welding machine size _____
Filler metal _____
Reinforcement size _____
Pipe type and grade _____
Wall thickness _____ Outside diameter _____

	1	2	3	4	5	6	7
Coupon stenciled							
Original specimen dimensions							
Original specimen area							
Maximum load							
Tensile strength							
Fracture location							

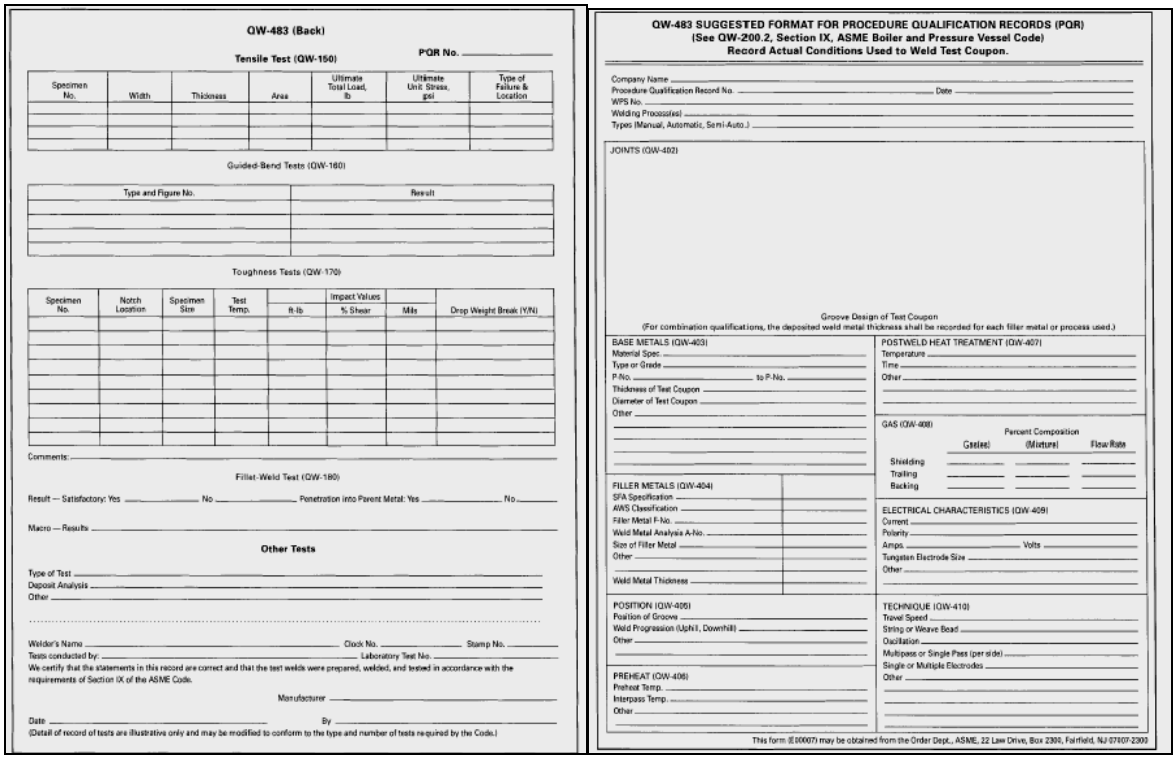
❑ Procedure ❑ Qualifying test ❑ Qualified
❑ Welder ❑ Line test ❑ Disqualified

Maximum tensile _____ Minimum tensile _____ Average tensile _____
Remarks on tensile-strength tests _____
1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
Remarks on bend tests _____
1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
Remarks on nick-break tests _____
1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Test made at _____ Date _____
Tested by _____ Supervised by _____

Note: Use back for additional remarks. This form can be used to report either a procedure qualification test or a welder qualification test.

شکل۲۹- فرم **PQR** استاندارد **API 1104**



QW-483 (Back)

Tensile Test (QW-150) PQR No. _____

Specimen No.	Width	Thickness	Area	Ultimate Total Load, lb	Ultimate Unit Stress, psi	Type of Failure & Location

Guided-Bend Tests (QW-160)

Type and Figure No.	Result

Toughness Tests (QW-170)

Specimen No.	Notch Location	Specimen Size	Test Temp.	Impact Values ft-lb	Impact Values % Shear	Impact Values Mils	Drop Weight Break (Y/N)

Comments: _____

Fillet-Weld Test (QW-180)

Result — Satisfactory: Yes _____ No _____ Penetration into Parent Metal: Yes _____ No _____

Macro — Results _____

Other Tests

Type of Test _____
Deposit Analysis _____
Other _____

Welder's Name _____ Clock No. _____ Stamp No. _____
Tests conducted by: _____ Laboratory Test No. _____
We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code.

Manufacturer _____

Date _____ By _____
(Detail of record of tests are illustrative only and may be modified to conform to the type and number of tests required by the Code.)

QW-483 SUGGESTED FORMAT FOR PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR)
(See QW-200.2, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)
Record Actual Conditions Used to Weld Test Coupon.

Company Name _____
Procedure Qualification Record No. _____ Date _____
WPS No. _____
Welding Process(es) _____
Types (Manual, Automatic, Semi-Auto.) _____

JOINTS (QW-402)

Groove Design of Test Coupon
(For combination qualifications, the deposited weld metal thickness shall be recorded for each filler metal or process used.)

BASE METALS (QW-403)
Material Spec. _____
Type or Grade _____
P-No. _____ to P-No. _____
Thickness of Test Coupon _____
Diameter of Test Coupon _____
Other _____

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)
Temperature _____
Time _____
Other _____

GAS (QW-408)

	Percent Composition (Gases)	(Mixture)	Flow Rate
Shielding			
Trailing			
Backing			

FILLER METALS (QW-404)
SFA Specification _____
AWS Classification _____
Filler Metal F-No. _____
Weld Metal Analysis A-No. _____
Size of Filler Metal _____
Other _____
Weld Metal Thickness _____

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)
Current _____
Polarity _____
Amps. _____ Volts _____
Tungsten Electrode Size _____
Other _____

POSITION (QW-405)
Position of Groove _____
Weld Progression (Uphill, Downhill) _____
Other _____

TECHNIQUE (QW-410)
Travel Speed _____
String or Weave Bead _____
Oscillation _____
Multipass or Single Pass (per side) _____
Single or Multiple Electrodes _____
Other _____

PREHEAT (QW-406)
Preheat Temp. _____
Interpass Temp. _____
Other _____

This form (E00007) may be obtained from the Order Dept., ASME, 22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300

شکل۳۰- فرم **PQR** استاندارد **ASME Sec.IX**

مراحل تهیه PQR

برای این کار **test plate** (به آن **sample** یا نمونه آزمون و **test coupon** نیز گفته می شود) با ویژگیهای ذکر شده در کد یا استاندارد مورد نظر آماده شده و برای انجام آزمونهای لازم به آزمایشگاه فرستاده می شود. آزمایشگاه از نمونه ارسالی نمونه های کوچکتری به نام آزمونه (**specimen**) تهیه کرده و مورد آزمایش قرار می دهد. آزمونهای لازم و نیز معیارهای پذیرش نتایج آزمون، در کد یا استاندارد مورد استفاده مشخص شده اند. اگر معیارهای کیفی و کمی استاندارد یا کد مورد نظر برآورده شوند، می توان **WPS** را تصویب شده تلقی کرد و آن **WPS** قابلیت اجرا پیدا می کند.

برای تهیه یک **PQR** چهار مرحله زیر طی می شود :

۱- آماده سا ز ی و جوشکاری نمونه های مناسب

۲- تهیه آزمونه و آزمایش آنها

۳- ارزیابی نتایج و نتیجه گیری

۴- ثبت و تائید نتایج (در صورت قابل پذیرش بودن آنها)

معمولاً نمونه ها به نحوی مونتاژ و ساخته می شوند که درز اتصال در وسط نمونه قرار بگیرد. مواد، نحوه و جزئیات جوشکاری نمونه ها باید مطابق با **WPS** مربوط باشد، به عبارت دیگر متغیر هایاساسی باید یکسان باشند (**QW-211**). شکل نمونه آزمون(ورق، لوله و ...) انتخابی است. تائید نهایی **PQR** بر اساس نمونه آزمون لوله باعث تائید جوشکاری بر روی ورق خواهد بود و برعکس.

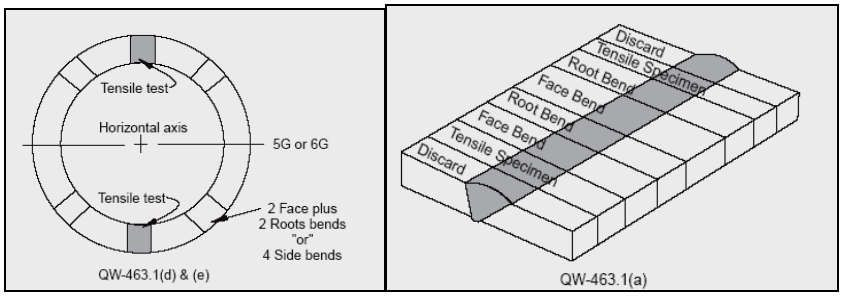
نوع و تعداد نمونه ها برای جوش شیاری باید با مقادیر ذکر شده در استاندارد (**QW-451**) مطابقت داشته باشد. (جدول ۱۶) نحوه انتخاب و جدا سازی آزمونه از ورق و لوله در **QW-463.1** (شکل ۳۱) آمده است. برای مشاهده موارد مربوط به جوش گوشه ای(**fillet**) باید به **QW-202.2(c)** و همچنین **QW-202.2(d)** مراجعه کرد.

QW-451.1
GROOVE-WELD TENSION TESTS AND TRANSVERSE-BEND TESTS

Thickness T of Test Coupon, Welded, in. (mm)	Range of Thickness T of Base Metal, Qualified, in. (mm) [Notes (1) and (2)] Min.	Max.	Maximum Thickness t of Deposited Weld Metal, Qualified, in. (mm) [Notes (1) and (2)]	Type and Number of Tests Required (Tension and Guided-Bend Tests) [Note (2)] Tension, QW-150	Side Bend, QW-160	Face Bend, QW-160	Root Bend, QW-160
Less than $\frac{1}{16}$ (1.5)	T	$2T$	$2t$	2	...	2	2
$\frac{1}{16}$ to $\frac{3}{8}$ (1.5 to 10), incl.	$\frac{1}{16}$ (1.5)	$2T$	$2t$	2	Note (5)	2	2
Over $\frac{3}{8}$ (10), but less than $\frac{3}{4}$ (19)	$\frac{1}{16}$ (5)	$2T$	$2t$	2	Note (5)	2	2
$\frac{3}{4}$ (19) to less than $1\frac{1}{2}$ (38)	$\frac{1}{16}$ (5)	$2T$	$2t$ when $t < \frac{3}{4}$ (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
$\frac{3}{4}$ (19) to less than $1\frac{1}{2}$ (38)	$\frac{1}{16}$ (5)	$2T$	$2T$ when $t \geq \frac{3}{4}$ (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
$1\frac{1}{2}$ (38) and over	$\frac{1}{16}$ (5)	8 (200) [Note (3)]	$2t$ when $t < \frac{3}{4}$ (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
$\frac{3}{4}$ (38) and over	$\frac{1}{16}$ (5)	8 (200) [Note (3)]	8 (200) [Note (3)] when $t \geq \frac{3}{4}$ (19)	2 [Note (4)]	4	...	...

NOTES:
(1) The following variables further restrict the limits shown in this table when they are referenced in QW-250 for the process under consideration: QW-403.9, QW-403.10, QW-404.32, and QW-407.4. Also, QW-202.2, QW-202.3, and QW-202.4 provide exemptions that supersede the limits of this table.
(2) For combination of welding procedures, see QW-200.4.
(3) For the welding processes of QW-403.7 only; otherwise per Note (1) or $2T$, or $2t$, whichever is applicable.
(4) See QW-151.1, QW-151.2, and QW-151.3 for details on multiple specimens when coupon thicknesses are over 1 in. (25 mm).
(5) Four side-bend tests may be substituted for the required face- and root-bend tests, when thickness T is $\frac{3}{8}$ in. (10 mm) and over.

جدول۱۶– نوع و تعداد نمونه ها برای جوش شیاری



شکل۳۱– نحوه انتخاب آزمونه ها

تذکر این نکته لازم است که همانطور که در جدول ۱۶ مشاهده می شود نمونه های خمش از نوع عرضی (**transverse**) هستند. اگر یکی از فلزات پایه از دیگری نرمتر باشد یا فلز پایه و فلز جوش دارای داکتیلیتی متفاوتی باشند، **QW-202.1** این اجازه را می دهد که مطابق **QW-451.2** از نمونه های خمش طولی استفاده گردد. به عبارت دیگر در صورتیکه جنس و خصوصیات مکانیکی دو فلز پایه یا الکترود و فلز پایه متفاوت باشد، بهتر است بجای آزمایش خمش عرضی (رویه و ریشه) از آزمایشات خمش طولی رویه و ریشه استفاده شود.

آزمایش آزمونه های تهیه شده

آزمایشهای مورد نیاز برای جوشهای شیاری عبارتند از :
بازرسی چشمی (**Visual Inspection**)
آزمایش کشش برای اندازه گیری استحکام کششی (**Tensile test**)
آزمایش خمش ریشه برای سلامت جوش (**Root Bend test**)
آزمایش خمش جانبی برای سلامت جوش **(Side Bend test**)

آزمایش خمش رویه(گرده) برای سلامت جوش (**Face Bend test**)
آزمایش کشش از فلز جوش برای تعین خواص مکانیکی فرآیندهای **EGW** و**ESW** (**All weld metal tension test**)
آزمایش ضربه برای تعیین چقرمگی و انرژی ضربه (**Impact test**)
آزمایش ماکرواچ برای سلامت و نفوذ موثر ساق جوش (**Macroetch test**)
آزمایش رادیوگرافی یا اولتراسونیک (**Non destructive test :RT, UT**)

همچنین برای جوشهای گلویی (**Fillet**) آزمایشهای زیر مورد نیاز است :
بازرسی چشمی (**Visual Inspection**)
آزمایش ماکرواچ برای اطمینان از سلامت و ذوب کافی جوش (**Macroetch test**)
آزمایش خمش جانبی برای سلامت جوش(**Side Bend test)**
آزمایش کشش از فلز جوش برای تعین خواص مکانیکی (**All weld metal tension test**)

تعداد ، نوع و چگونگی انجام آزمایشها در استاندارد های گوناگون تفاوتهای مختصری با هم دارند. مثلا بنـد **4.4** اسـتاندارد **AWS D1.1** بـه ایـن مـوارد می‌پردازد (شکلهای ۳۳ و ۳۴) تعداد و نوع نمونه ها به ضخامت ورق بستگی دارد . نکته قابل توجه در این جدول آن اسـت کـه، بـسته بـه ضـخامت طـرح جوش می توان از یک ورق نمونه آزمایشی، برای سنجش کیفیت محدوده ای از ضخامتها استفاده کرد. در مورد لوله نیـز معیـار آزمـایش هـا، قطـر لولـه و ضخامت لوله است. برای هر مورد خاص می توان به زیر بند مربوطه مطابق راهنمایی های زیر مراجعه کرد:

(1) Visual Inspection (see 4.8.1)
(2) NDT (see 4.8.2)
(3) Face, root and side bend (see 4.8.3.1)
(4) Reduced Section Tension (see 4.8.3.4)
(5) All-Weld-Metal Tension (see 4.8.3.6)
(6) Macroetch (see 4.8.4)

جدول ۱۷ الزامات استاندارد **API 1104** را در مورد نوع و تعداد آزمونه ها نشان می دهد.

Table 2—Type and Number of Test Specimens for Procedure Qualification Test

Outside Diameter of Pipe		Number of Specimens					
Inches	Millimetres	Tensile Strength	Nick-Break	Root Bend	Face Bend	Side Bend	Total
Wall Thickness ≤ 0.500 inch (12.7 mm)							
< 2.375	< 60.3	0[b]	2	2	0	0	4[a]
2.375–4.500	60.3–114.3	0[b]	2	2	0	0	4
> 4.500–12.750	114.3–323.9	2	2	2	2	0	8
> 12.750	> 323.9	4	4	4	4	0	16
Wall Thickness > 0.500 inch (12.7 mm)							
≤ 4.500	≤ 114.3	0[b]	2	0	0	2	4
> 4.500–12.750	> 114.3–323.9	2	2	0	0	4	8
> 12.750	> 323.9	4	4	0	0	8	16

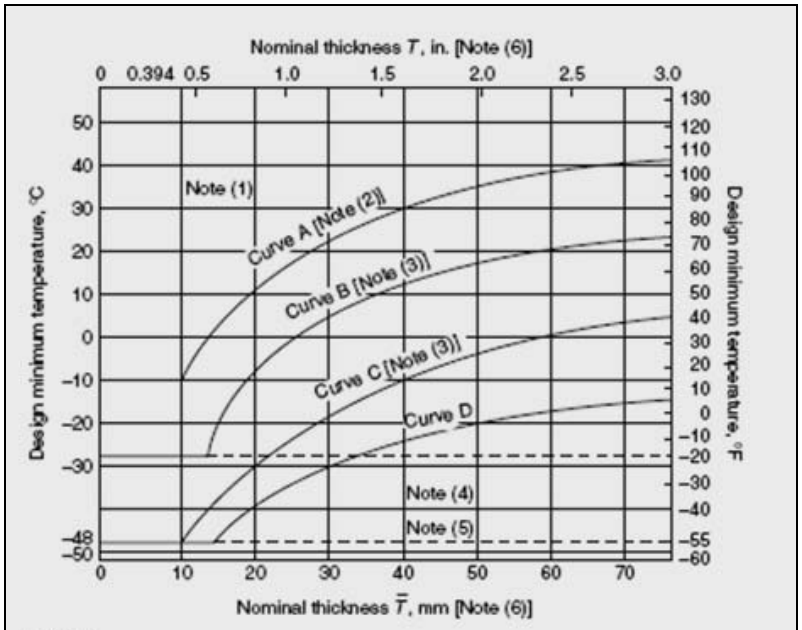
[a]One nick-break and one root-bend specimen shall be taken from each of two test welds, or for pipe less than or equal to 1.315 inches (33.4 mm) in diameter, one full-section tensile-strength specimen shall be taken.
[b]For materials with specified minimum yield strengths greater than 42,000 psi (290 MPa), a minimum of one tensile test shall be required.

جدول۱۷– نوع و تعداد نمونه ها بر اساس الزامات استاندارد **API 1104**

یادآوری این نکته لازم است که در استاندارد **ASME Sec.IX** به صراحت مشخص نشده است که چه هنگام باید آزمـون ضـربه انجـام شـود و حتـی از تعداد و چگونگی آماده سازی آزمونه ها نیز سخنی به میان نیامده است؛ بلکه در همه جا(**QW-171.1, QW-171.2, QW-171.3**) ذکر شـده اسـت که این آزمون در هنگام الزام توسط بخشهای دیگر این کد(بعبارت دیگر کد ساخت) باید انجام شود. در مورد تعداد و نحوه آمـاده سـازی آزمونـه هـا و نیـز

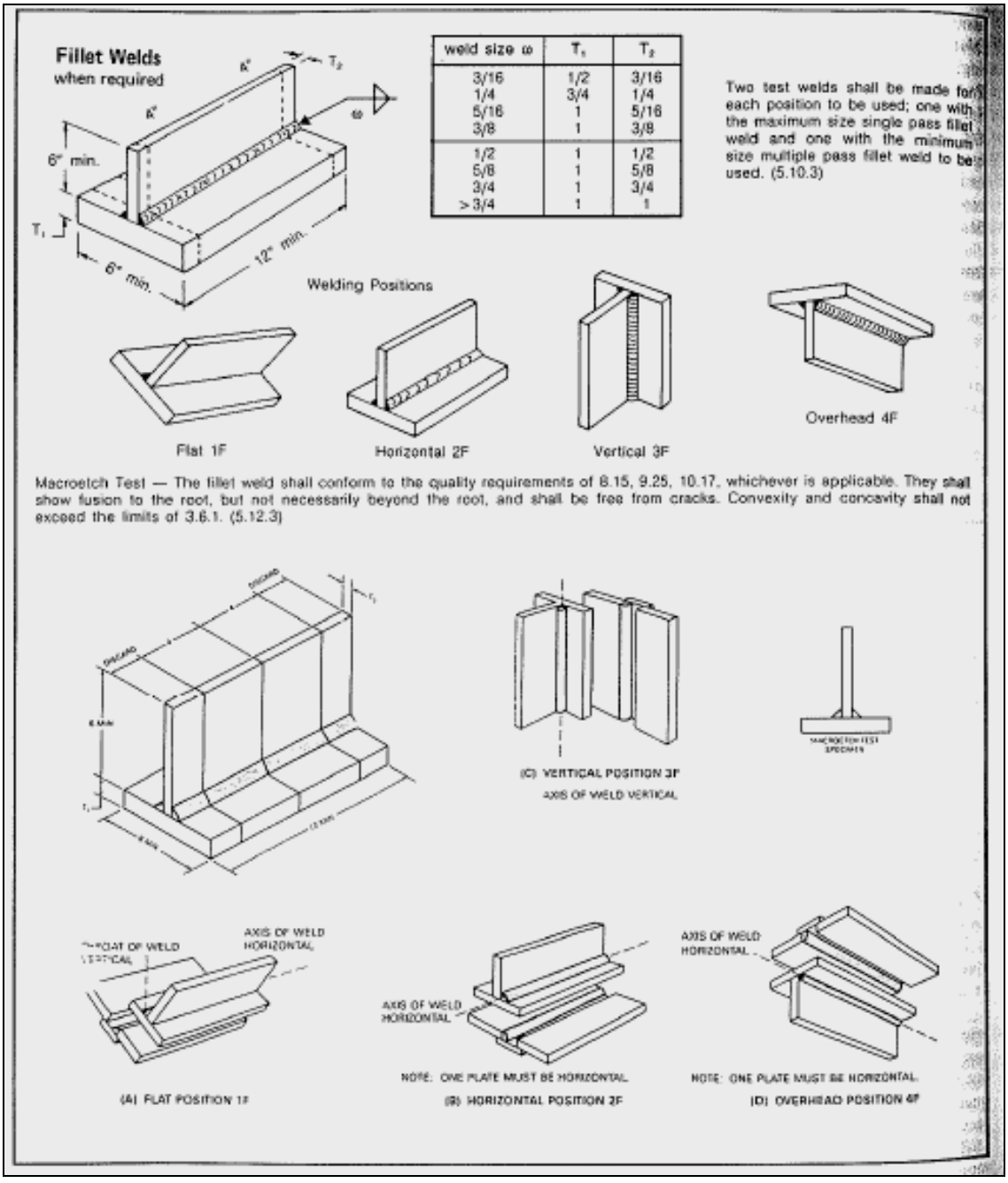
معیار پذیرش نتایج آزمون نیز مطلب مشابهی بیان شده است. برای روشن شدن مطلب می توان گفت بعنوان مثال اگر سیستم **piping** بر اساس استاندارد **ASME B 31.3** طراحی و اجرا می گردد می توان بر اساس شکل **323.2.2A** این استاندارد که در شکل ۳۲ آمده است، در مورد آزمون ضربه تـصمیم گیری کرد.

برای مطالعه موارد مربوط به آزمون ضربه در استاندارد **AWS D1.1** ، به **Annex III** آن رجوع کنید.



NOTES:
(1) Any carbon steel material may be used to a minimum temperature of –29°C (–20°F) for category D fluid service.
(2) X grades of API 5L, and ASTM A 381 materials, may be used in accordance with curve B if normalized or quenched and tempered.
(3) The following materials may be used in accordance with curve D if normalized:
(a) ASTM A 516 plate, all grades;
(b) ASTM A 671 pipe, grades CE55, CE60, and all grades made with A 516 plate;
(c) ASTM A 672 pipe, grades E55, E60, and all grades made with A 516 plate.
(4) A welding procedure for the manufacture of pipe or components shall include impact testing of welds and HAZ for any design minimum temperature below –29°C (–20°F), except as provided in Table 323.2.2, A-3(b).
(5) Impact testing in accordance with para. 323.3 is required for any design minimum temperature below –48°C (–55°F), except as permitted by note (3) in Table 323.2.2.
(6) For blind flanges and blanks, $\overline{T}$ shall be 1/4 of the flange thickness.

شکل۳۲- شکل **323.2.2A** استاندارد **ASME B 31.3** در مورد کمترین دمای کاربرد فولاد کربنی بدون نیاز به آزمون ضربه

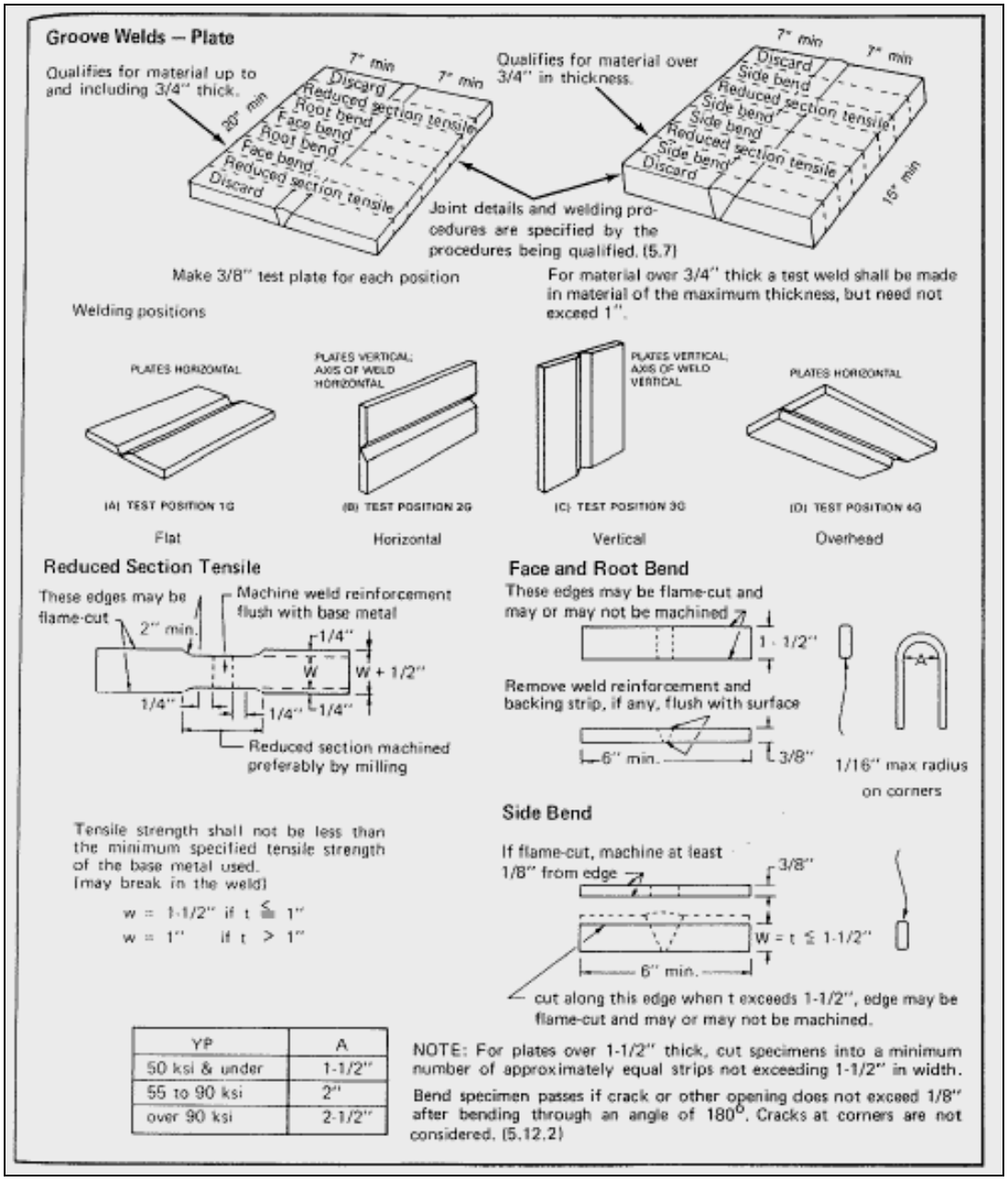


weld size ω	T_1	T_2
3/16	1/2	3/16
1/4	3/4	1/4
5/16	1	5/16
3/8	1	3/8
1/2	1	1/2
5/8	1	5/8
3/4	1	3/4
> 3/4	1	1

Two test welds shall be made for each position to be used; one with the maximum size single pass fillet weld and one with the minimum size multiple pass fillet weld to be used. (5.10.3)

Macroetch Test — The fillet weld shall conform to the quality requirements of 8.15, 9.25, 10.17, whichever is applicable. They shall show fusion to the root, but not necessarily beyond the root, and shall be free from cracks. Convexity and concavity shall not exceed the limits of 3.6.1. (5.12.3)

شکل۳۳- جزئیات انجام آزمونهای **PQR** بر اساس **AWS D 1.1** برای جوش گوشه ای



شکل۳۴- جزئیات انجام آزمونهای **PQR** بر اساس **AWS D 1.1** برای جوش شیاری

با توجه به مطالب گفته شده می توان گفت تعداد، نوع و روش آماده سازی نمونه های آزمایش جوش مورد جوش سر به سر ورق فولاد کربنی بـا ضـخامت کمتر از ۱۰ میلی متر بصورت زیر است:

استاندارد **ASME Sec. IX** : دو عدد آزمایش کشش عرضی، دو عدد خمش رویه (گرده) (**180^0**)، دو عدد خمش ریشه (**180^0**)

استاندارد **AWS D l.l** : دو عدد آزمایش کشش عرضی، دو عدد خمش رویه (گرده) (**180^0**)، دو عدد خمش ریشه (**180^0**)، آزمون غیر مخرب

آزمونهای غیر مخرب

بر اساس کد **AWS D 1.1** ، قبل از آماده کردن نمونه ها برای آزمایشهای مخرب ورق یا لوله ، نمونه ها به منظور تشخیص سلامت جوش بصورت غیر مخرب آزمایش می شوند :

الف) به غیر از قسمتهای دور ریز دو انتهای ورق نمونه، آزمایشهای غیر مخرب (آزمایش رادیوگرافی یا اولتراسونیک) ورق و جوش دور تا دور لوله ها بر اساس **ASW.DI.1 .Sec 6 Part C, E,F** انجام می شود .

ب) بهتر است برای قابل قبول تر شدن نتایج آزمایشها و اطمینان از حصول کیفیت، پس از تائید نمونه توسط اولتراسونیک یا رادیو گرافی، آزمایشهای زیر نیز بر روی نمونه انجام شود:

بازرسی چشمی، آزمایش ذرات مغناطیسی برای تشخیص ترک، آزمایش مایعات نافذ برای تشخیص ترک های سطحی

روش انجام آزمونهای مکانیکی (مخرب)

بطور کلی آزمونهای متنوعی برای اطمینان از کیفیت جوش قابل انجام است که یا کمی (**Quantitative**) هستند و یا کیفی(**Qualitative**). بعبارت ساده تر نتایج حاصل از آزمونهای دسته اول دارای واحد است و بصورت عدد بیان می شود و نتایج دسته دوم عددی نیستند و بصورت تعابیری کیفی بیان می‌شوند. خلاصه ای از اینها در جدول ۱۸ آمده است.

Name	Property If applicable	Qualitative or Quantitative	Units, if applicable	Used mainly for
Rockwell scale	Hardness	Quantitative	Scale C is used for Steels	Welding Procedure tests
Vickers pyramid	Hardness	Quantitative	VPN	Welding Procedure tests
Brinell	Hardness	Quantitative	BHN	Welding Procedure tests
Shore Schlerescope	Hardness	Quantitative	Measures Resilience mm	Measuring Stock materials
Charpy V	Toughness	Quantitative	Joules, Energy absorbed	Welding Procedure tests
Izod	Toughness	Quantitative	Ft.lbs	Welding Procedure tests
CTOD	Notch Ductility Toughness	Quantitative	0.0000 mm + a detailed report	Welding Procedure tests
Transverse Reduced Tensile	Tensile Strength Ductility	Quantitative	N/mm^2 or PSI % Reduction Area	Welding Procedure tests
All Weld Metal Tensile	Tensile Strength Ductility	Quantitative	N/mm^2 or PSI Elongation %	Welding Consumable tests
Radius Reduced Transverse Tensile	Tensile Strength of weld metal	Quantitative	N/mm^2 or PSI	Welding Procedure tests
Macro	N/A	Qualitative	N/A	Welder Approval or Procedure tests
Bends Face Root or Side	Ductility may be observed	Qualitative	N/A	Welder Approval or Procedure tests
Fillet Weld Fracture T & Lap Joints	N/A	Qualitative	N/A	Welder Approval or Procedure tests
Nick Break Test Butt Joints	N/A	Qualitative	N/A	Welder Approval or Procedure tests

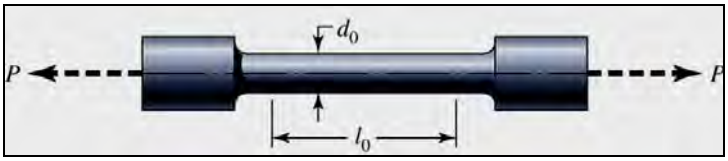
جدول۱۸– آزمونهای مختلف برای اطمینان از کیفیت جوش

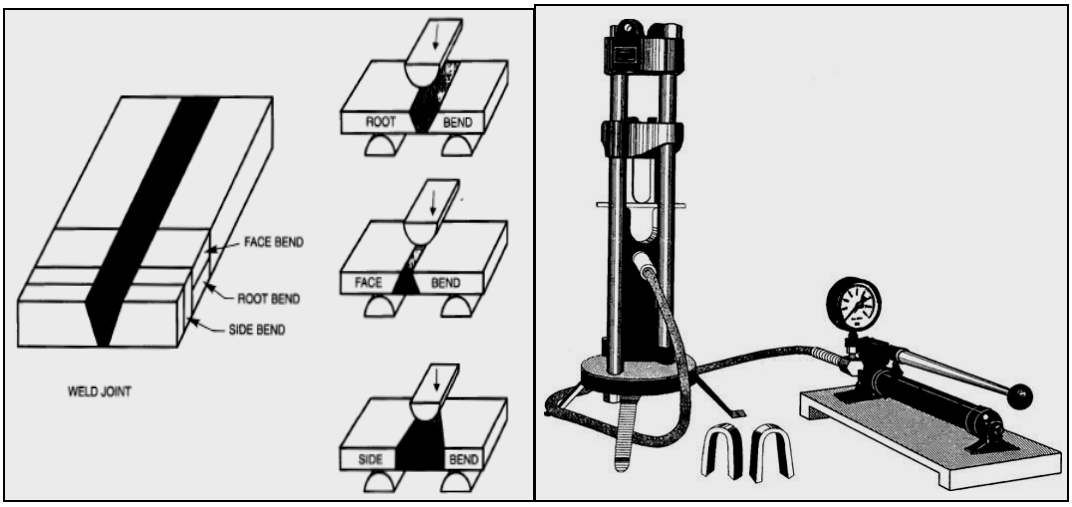
آزمون کشش

قبل از انجام آزمایش تمام اندازه های آزمونه کنترل می شوند. سپس آزمونه در فک های دستگاه قرار گرفته و نمونه تحت کشش قرار می گیرد. آزمایش تا گسیختگی نمونه ادامه می یابد. اگر حداکثر نیروی وارده را بر مساحت سطح مقطع آزمونه تقسیم کنیم، استحکام کششی بدست خواهد آمد. همچنین از روی تفاوت طول آزمونه، قبل و بعد از آزمایش (اندازه ثانویه با کنار هم قرار دادن نمونه های شکسته شده اندازه گیری می شود) امکان محاسبه در صد ازدیاد طول نسبی(**Elongation**) وجود دارد.

استانداردهای مختلفی برای انجام این آزمون وجود دارد که برخی از مهمترین آنها عبارتند از:

ASTM E 8, DIN 50 125, EN 10 002, ISO 6892





شکل۳۵- نمونه ای از دستگاه کشش و یک آزمونه (بالا)، نمونه ای از دستگاه خمش و چگونگی انجام آزمون(پایین)

آزمون خمش

نمونه باید بر روی قالب قرار گرفته و سپس سنبه سرگرد موجب خمیدگی نمونه شود. به هنگام قرار دادن نمونه ها باید به نکات زیر توجه کرد:

الف) نمونه های خمشی جانبی از پهلوی جوش بر روی قالب قرار می گیرند.

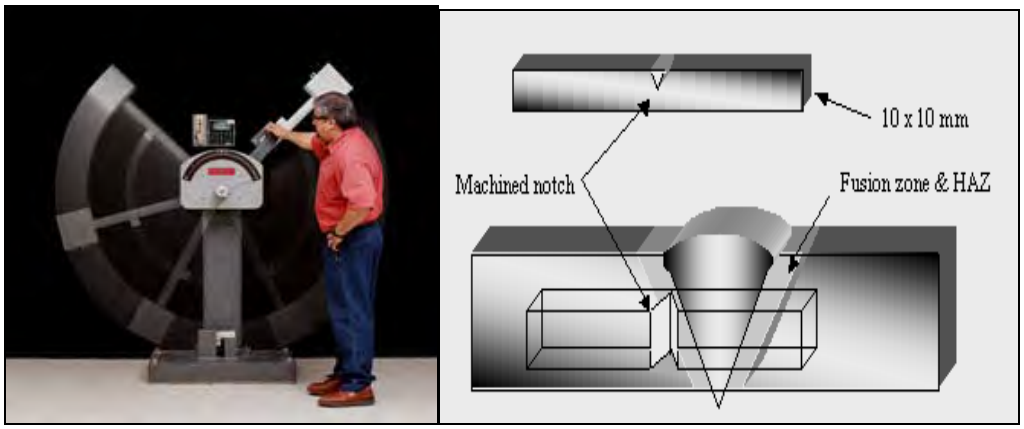
ب) نمونه های خمشی ریشه و نمونه های تعیین سلامت جوش گلویی از قسمت زیر جوش روی قالب قرار می گیرند.

ج) نمونه های خمشی رویه از قسمت روی جوش بر روی قسمت خالی قالب قرار می گیرند.

نمونه ها پس از اعمال فشار باید کاملاً به شکل **U** در آمده باشند. ضمن اینکه فلز جوش و ناحیه متأ ثر از حرارت (**HAZ**) باید کاملاً در مرکز قالب قرار گرفته و پس از انجام آزمایش خمش میان قسمت خمیده قرار بگیرند. شکل ۳۵ نمونه ای از دستگاه خمش و چگونگی انجام آزمون را نشان می دهد.

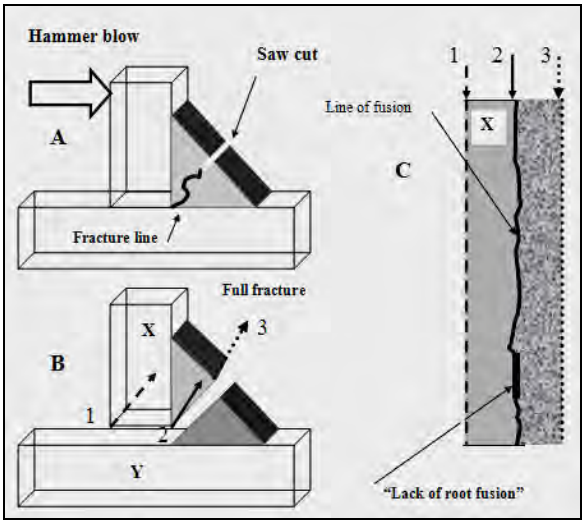
آزمون ضربه

این آزمون بر اساس **ASTM E 23** قابل انجام است. به دلیل پراکندگی نتایج آزمون معمولا از ۳ یا ۵ آزمونه استفاده می گردد. شکل ۳۶ نمونه ای از دستگاه ضربه و موقعیت یک آزمونه را به نمایش گذاشته است.

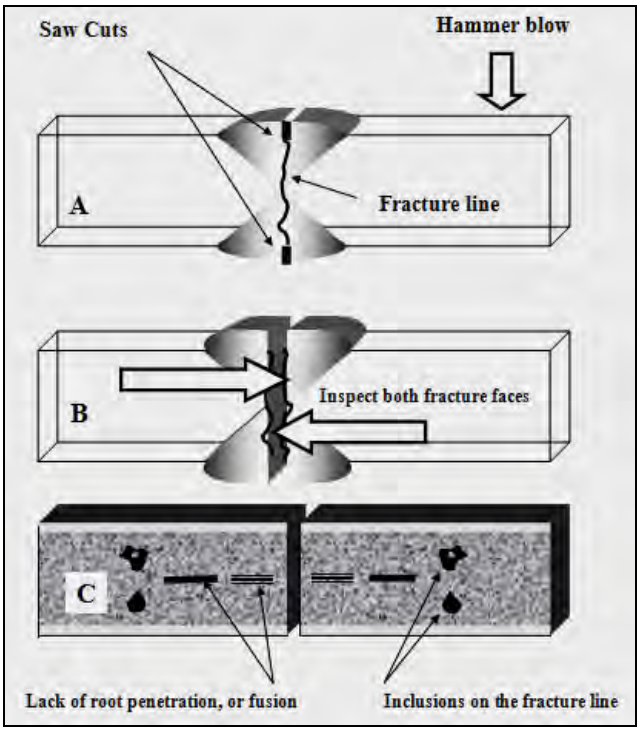


شکل۳۶- نمونه ای از دستگاه ضربه و موقعیت یک آزمونه

از سایر آزمونها می توان به **Fillet weld fracture testing** و **Butt weld Nick-break testing** اشاره کرد که در شکلهای ۳۷ و ۳۸ نمایش داده شده اند.



شکل۳۷- **Fillet weld fracture testing**

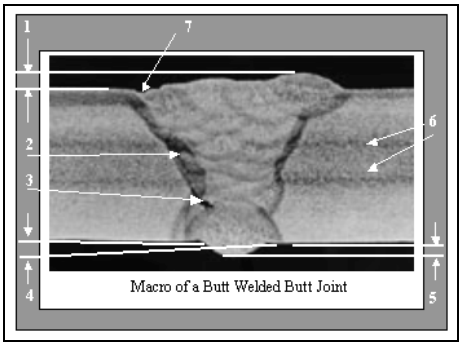


شکل۳۸- **Butt weld Nick-break testing**

در آزمون ماکرواچ ابتدا مقطعی از نمونه بریده شده و توسط سنگ صاف می شود. سپس با سنباده زنی متوالی با سنباده های مختلف، سطح نمونه صیقلی می شود. برای اچ کردن محلولهای مختلفی(**Etchant**) وجود دارد که انواع آن در بند **QW-470** ذکر شده است . برخی از استانداردهای انجام این آزمون عبارتند از:

ASTM E 340, ASTM E 7, ASTM E 883

شکل ۳۹ ساختار فلز جوش را پس از ماکرو اچ نشان می دهد.



شکل ۳۹- ساختار فلز جوش

ارزیابی نتایج آزمونها

آزمون کشش (QW-153.1)

معیار پذیرش آزمایش فوق بصورت زیر است :

استحکام کششی حاصله، از حداقل استحکام کششی تعیین شده برای فلز پایه کمتر نباشد.

در اتصال دو فلز پایه با استحکام های کششی مختلف، استحکام کششی حاصله، از حداقل استحکام کششی فلز پایه ضعیف تر بیشتر باشد.

در صورتیکه استحکام فلز جوش در دمای اتاق کمتر از فلز پایه باشد، استحکام کششی حاصله، از استحکام کششی فلز جوش کمتر نباشد.

اگر نمونه آزمایش از فلز پایه، در محلی خارج از خط جوش گسیخته شود، آزمایش پذیرفته است. البته استحکام کششی نباید از**95** ٪ حداقل استحکام کششی تعیین شده فلز پایه کمتر باشد.

آزمون خمش (QW-163)

معیار پذیرش ازمایش فوق بصورت زیر است:

ناپیوستگی سطحی بزرگتر از ۳/۲ میلی متر در هر جهتی روی سطح خارجی (محدب) نمونه پس از خمش در منطقه جوش یا منطقه متاثراز حرارت **(HAZ)** پذیرفته نیست.

ناپیوستگیهای سطحی که در گوشه های نمونه در حین آزمایش به وجود می آید، قابل صرف نظر کردن هستند مگر اینکه ناپیوستگیها ناشی از ذوب ناقص یاآخالهای سرباه محبوس شده در جوش یا دیگر عیوب داخلی باشند.

آزمون ضربه (QW-171.2)

معیار پذیرش نتایج آزمایش ضربه مطابق با استاندارد و بخش هایی است که انجام این آزمایش را ضروری دانسته اند .

آزمون ماکرواچ

برای تایید کیفیت نمونه ماکرواچ شده از طریق بازرسی چشمی نکات زیر را باید لحاظ کرد:

در ناحیه فلز جوش و **HAZ**، ذوب باید تا ریشه اتصالات انجام شده باشد و عاری از ترک باشد.

در جوشهای گوشه ای نباید اختلاف بیش از ۳ میلیمتر در اندازه های ساق وجود داشته باشد .

آزمون غیر مخرب (اولتراسونیک - رادیوگرافی)

نحوه انجام آزمایش رادیوگرافی مطابق با بند **QW-191** خواهد بود . معیار پذیرش نیز مطابق با **QW-191** است .

ثبت و تایید نتایج

نتایج آزمایشهای تعیین کیفیت باید در فرم **PQR** ثبت شوند. همانطور که در شکل ۳۰ دیده می شود، فرم **PQR** دو صفحه ای است. در صفحه اول **PQR** ، اطلاعات و پارامترهای لازم برای انجام فرآیند جوشکاری ذکر می شود که نحوه تنظیم آن همانند نحوه تنظیم فرم **WPS** است وبه عبارت دیگر در صفحه اول اطلاعاتی نظیر : روش جوشکاری ، طرح اتصال ، فلز پایه ، فلز پرکننده ، وضعیت جوشکاری ، پیشگرم و ..... ذکر می گردد. در صفحه دوم فرم **PQR** نتایج آزمونهای کشش، خمش، ضربه و در صورت نیاز دیگر آزمایشها نظیر سختی سنجی، آنالیز شیمیایی و ... درج می گردد.

الف)اطلاعات حاصل از آزمایش کشش بر اساس کد **QW-150** درج می گردد.

برای تفکیک نمونه های آزمایش ، نمونه ها شماره گذاری شده و در ستون اول جدول نوشته می شود.

پهنای نمونه های کشش تخت و یا قطر نمونه های کشش استوانه ای از روی نمونه ها اندازه گیری شده و در ستون دوم جدول درج می گردد.

ضخامت نمونه های تخت که مطابق استاندارد تهیه شده اند، به طور دقیق اندازه گیری و در ستون سوم جدول نوشته می شود.

بر اساس ضخامت و پهنای نمونه که در جدول ذکر شده، مساحت سطح مقطع نمونه کشش در ستون چهارم نوشته می شود.

در ستون پنجم جدول، حداکثر نیروی وارده قبل از شکست نمونه ذکر می گردد . درج واحد نیرو نیز الزامیست.

در ستون ششم ، تنش کششی که از تقسیم نیروی وارد بر مساحت سطح مقطع (اطلاعات مندرج در ستونهای چهارم و پنجم جدول) نوشته می شود. ذکر واحد تنش نیز ضروریست .

در ستون هفتم به مشخصات نحوه شکست و محلی که شکست در نمونه رخ داده، اشاره می شود.

ب) اطلاعات حاصل از آزمایش خمش بر اساس **QW-160** درج می گردد.

در ستون اول ، نوع وشماره نمونه آزمایش خمش اعم از نوع ریشه ای، جانبی یا رویه ای(گرده ای) در این قسمت با توجه به **QW-462** ذکر می شود.

در ستون دوم، نتایج حاصل از آزمایش خمش به یکی از اشکال زیر درج می گردد:

Acceptable
No open defect
Satisfactory
Good

لازم به ذکر است که در بیشتر گزارشها از دو مورد اول استفاده می شود و **Satisfactory** و **Good** به ندرت به کار می روند.

پ) اطلاعات حاصل از آزمایش ضربه بر اساس **QW-170** در این قسمت درج می گردد.

در ستون اول، شماره شناسایی نمونه آزمایش نوشته می شود.

محل قرار گرفتن شیار نمونه ضربه در ستون دوم درج می شود . شیار می تواند در فلز جوش، منطقه متاثر از حرارت و فلز پایه قرار داشته باشد که معمولا با علائم اختصاری **W.M.** ، **H.A.Z.**، **B.M.** نوشته می شود.

در ستون سوم جدول ، نوع شیار نمونه ضربه ذکر می گردد. شیار ممکن است شارپی (**Charpy**) ،ایزود (**Izod**) ، سوراخ کلیدی (**Key hole**) بوده و یا نمونه بدون شیار باشد.

درجه حرارت آزمایش در ستون چهارم جدول نوشته می شود.

در ستون پنجم جدول، مقدار انرژی ضربه عمدتا بر حسب پوند بر فوت (**lb-ft**) یا ژول درج می گردد.

سطح مقطع شکست نمونه ضربه از دو ناحیه ترد و نرم تشکیل شده است. معمولاً سطح مقطع شکست ترد، براق و سطح مقطع شکست نرم دارای پستی بلندی و کدر است. با اندازه گیری نسبی این دو سطح، درصد هر یک از مکانیزم های شکست (نرم یا ترد) مشخص می شود. این مقادیر در ستونهای ششم و هفتم جدول نوشته می شود. برای شبیه سازی رفتار سازه در اندازه واقعی از وزنه های مختلفی برای آزمایش ضربه استفاده می شود که به آزمون

وزنه افتادنی پلینی موسوم است.(**(Drop-weight test (Pellini test)** و استاندارد انجام آن **ASTM E 208** است (البته امروزه دیگر کمتر انجام می‌شود). وزن نمونه ها در ستون هشتم جدول درج می گردد.

ت) اطلاعات حاصل از آزمایش جوش گوشه ای بر اساس کد **QW-180** در این قسمت درج می گردد.

در صورت رضایتبخش بودن نتیجه آزمایش جوش گلویی در قسمت نتیجه **Satisfactory** علامت زده می شود.

ث) نتیجه مشاهده نمونه ماکرواچ شده در مورد نفوذ جوش به فلز پایه در قسمت **Penetration into Parent Metal** علامت زده شده و دیگر موارد مشاهده شده در قسمت **Macro-result** درج می شود.

ج) در برخی موارد آزمایشهائی چون سختی سنجی در مناطق فلز جوش (**WM**) ، فلز پایه **(BM)** یا منطقه متاثر از حرارت **(HAZ)** یا آزمایشهای غیر مخرب نیز باید انجام پذیرد . در قسمت نوع آزمایش(**Type of Test**) ، آزمایش انجام شده (سختی سنجی و ...) نوشته می شود . آنالیز شیمیایی فلز جوش ممکن است جزء موارد مورد نیاز باشد . در این صورت ترکیب شیمیایی فلز جوش در قسمت آنالیز فلز رسوب داده شده (**(Deposit Analysis** درج می گردد. هر گونه اطلاعات و آزمایشهای اضافه در قسمت دیگر موارد(**Other**) نوشته می شود.

چ) اطلاعات تکمیلی

جوشکاری در سایت یا کارگاه در صورتی مورد تائید است که جوشکار آن همان جوشکار **PQR** باشد، لذا ذکر نام جوشکار نمونه آزمایش در این قسمت الزامیست. مواردی چون شماره پرسنلی و درجه کیفیت کار جوشکار نیز در **PQR** نوشته می شود . نام تنظیم کننده آزمایش و شماره گزارش آزمایشها نیز در **PQR** درج می گردد. تنظیم کننده **PQR** نهایتاً با ذکر تاریخ، گزارش را امضاء می کند.

نکات تهیه PQR (محدودیت متغیرها)

جهت کاهش هزینه و زمان ناشی از آزمایشهای تعیین کیفیت، لازمست تا محدوده ای برای متغیر ها ی **PQR** در نظر گرفته شود . بدیهی است تغییر هر یک از متغیر ها در خارج از محدوده تعریف شده، منجر به نوشتن **WPS** و **PQR** جدید می شود. بر اساس **QW-200** هر تولید کننده موظف به ارائه **WPS** جهت مشخص کردن روش جوشکاری است و هر **WPS** باید به کمک آزمایشهای کنترل کیفی (**PQR**)، تائیدیه کیفیت دریافت کند . پس هر **WPS** به یک **PQR** نیاز دارد. اما با توجه به نکات **QW-252** تا **QW-262** امکان تنظیم یک **PQR** برای تضمین کیفیت چندین **WPS** وجود دارد. در جداول کد **QW-262** تا **QW-252**، امکان تغییر (افزایش یا کاهش) هر یک از متغییرها ی اساسی، تکمیلی و غیر اساسی فرآیند های مختلف جوشکاری مورد مقایسه قرار گرفته است. لازم به ذکر است در **QW-200** تا **QW-218** مطالبی که باید در تنظیم و استفاده از **PQR** مد نظر قرارداد، ذکر شده است .

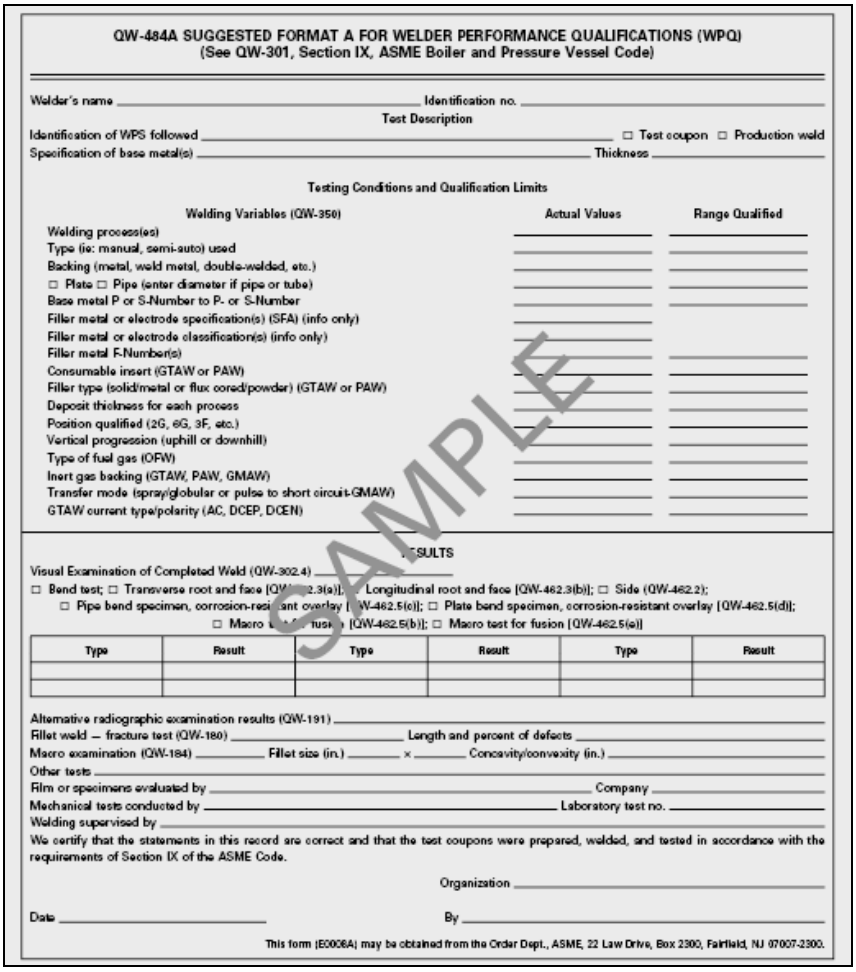
بخش سوم

آشنایی با چگونگی انجام

تائید صلاحیت جوشکار (WPQ)

مقدمه

ناگفته پیداست که برای انجام جوشکاری لازم است از فردی که صلاحیت انجام این کار را داشته باشد استفاده گردد. بنابراین باید جوشکار، تایید صلاحیت گردد. این فرآیند **Welder Performance Qualification** نام دارد که به طور اختصاری به **WPQ** موسوم است. چگونگی تایید صلاحیت جوشکار در استاندارد یا کد مورد نظر با ذکر جزئیات ذکر شده است. ذکر این نکته لازم است که برخی استانداردها به جای **WPQ** از **WQR** که مخفف عبارت**Welder Qualification Record** است استفاده می کنند. شکل ۴۰ فرم **WPQ** را بر اساس استاندارد **ASME Sec.IX** نشان می دهد.



QW-484A SUGGESTED FORMAT A FOR WELDER PERFORMANCE QUALIFICATIONS (WPQ)
(See QW-301, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Welder's name _____ Identification no. _____

Test Description

Identification of WPS followed _____ ☐ Test coupon ☐ Production weld

Specification of base metal(s) _____ Thickness _____

Testing Conditions and Qualification Limits

Welding Variables (QW-350)	Actual Values	Range Qualified
Welding process(es)		
Type (ie: manual, semi-auto) used		
Backing (metal, weld metal, double-welded, etc.)		
☐ Plate ☐ Pipe (enter diameter if pipe or tube)		
Base metal P or S-Number to P- or S-Number		
Filler metal or electrode specification(s) (SFA) (info only)		
Filler metal or electrode classification(s) (info only)		
Filler metal F-Number(s)		
Consumable insert (GTAW or PAW)		
Filler type (solid/metal or flux cored/powder) (GTAW or PAW)		
Deposit thickness for each process		
Position qualified (2G, 6G, 3F, etc.)		
Vertical progression (uphill or downhill)		
Type of fuel gas (OFW)		
Inert gas backing (GTAW, PAW, GMAW)		
Transfer mode (spray/globular or pulse to short circuit-GMAW)		
GTAW current type/polarity (AC, DCEP, DCEN)		

SAMPLE

TSULTS

Visual Examination of Completed Weld (QW-302.4) _____

☐ Bend test; ☐ Transverse root and face [QW-462.3(a)]; ☐ Longitudinal root and face [QW-462.3(b)]; ☐ Side (QW-462.2);
☐ Pipe bend specimen, corrosion-resistant overlay [QW-462.5(c)]; ☐ Plate bend specimen, corrosion-resistant overlay [QW-462.5(d)];
☐ Macro test for fusion [QW-462.5(b)]; ☐ Macro test for fusion [QW-462.5(e)]

Type	Result	Type	Result	Type	Result

Alternative radiographic examination results (QW-191) _____

Fillet weld — fracture test (QW-180) _____ Length and percent of defects _____

Macro examination (QW-184) _____ Fillet size (in.) _____ × _____ Concavity/convexity (in.) _____

Other tests _____

Film or specimens evaluated by _____ Company _____

Mechanical tests conducted by _____ Laboratory test no. _____

Welding supervised by _____

We certify that the statements in this record are correct and that the test coupons were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code.

Organization _____

Date _____ By _____

This form (E0006A) may be obtained from the Order Dept., ASME, 22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300.

شکل۴۰– فرم **WPQ** استاندارد **ASME Sec.IX**

مراحل زیر در تنظیم یک **WPQ** باید طی شود: (**QW-350**)

باید برای دانستن متغیرهای اساسی هر فرآیند به دقت مطالعه گردد.

استفاده کننده از کد باید بر تمام مراحل نظارت کامل داشته باشد.

نمونه آزمون (**test plate**) باید بر مبنای **WPS** تائید شده، جوشکاری شود.

نمونه های آزمون باید پیش از تهیه آزمونه جهت ارسال به آزمایشگاه توسط آزمون رادیوگرافی یا بررسی چشمی(بسته به فرآیند) کنترل شوند.

پس از انجام آزمونهای لازم، باید فرم **WPQ** تکمیل شود.
در این بخش به چگونگی انجام آزمونها و نوع آنها بر اساس استاندارد **ASME Sec.IX** می پردازیم.

فلز پایه

تائید صلاحیت با هر یک از فلزات از **P No.1** تا **P No.11** باعث می گردد تا جوشکار صلاحیت انجام جوشکاری بر روی تمام این گروه ها و زیر گروها را داشته باشد.(**QW-423.1** را ببینید)

مواد مصرفی

اگر **F No.** عوض شود نیاز به تائید صلاحیت مجدد خواهد بود. البته در مورد فرآیند**SMAW** تائید صلاحیت با هر یک از **F No.** از ۱ تا ۴ باعث تائید صلاحیت جوشکار در استفاده از **F No.** های کمتر خواهد شد(برای جوشهای دو طرفه یا با پشت بند) (**QW-404.11** را ببینید)

لازم به ذکر است که **A No.** در بحث تائید صلاحیت جوشکار کاربردی ندارد.

متغیرها

برای هر فرآیند جوشکاری لیستی از متغیرهای اساسی، غیر اساسی و تکمیلی در **QW-352** تا **QW-357** داده شده است که الزاما همانند متغیرهای مربوط به **PQR** نیستند. روشن است که متغیرهای اساسی نباید عوض شوند.

محدوده قطر

محدوده قطر برای تمامی جوشهای دایروی اعم از گوشه ای و شیاری در **QW-452.3** داده شده است. حد بالایی قطر برای تائید صلاحیت وجود ندارد و تائید صلاحیت با لوله باعث تائید صلاحیت برای ورق خواهد شد.

محدوده ضخامت برای جوش شیاری

محدوده ضخامت فقط به ضخامت فلز جوش راسب شده اعمال می گردد نه به ضخامت ورق. تائید صلاحیت با جوش شیاری باعث تائید صلاحیت برای جوش گوشه ای خواهد شد.

محدوده ضخامت برای جوش گوشه ای

بر اساس **QW-452.5** آزمون با ورق ضخیمتر از ۴/۸ میلیمتر تمام ضخامتها برای جوش گوشه ای را پوشش خواهد داد.

دامنه تائید

برای این مورد باید به **QW-461.9** مراجعه کرد.

نکات دیگر

توجه به نکات زیر مفید خواهد بود.
جوشکار یا اپراتور جوشکاری می تواند بوسیله رادیوگرافی نمونه آزمون، رادیوگرافی جوشهای اولیه تولیدیش یا بوسیله آزمایشهای خمش نمونه های جوش داده شده، تائید صلاحیت شود. (**QW-300.1**) توجه گردد که انجام آزمون التراسونیک به جای رادیوگرافی مجاز نیست.

برای آزمون تائید صلاحیت جوشکار می توان پیش گرم کردن یا عملیات حرارتی پس از جوشکاری را حذف نمود.(**QW-301.2**)

وقتی تائید صلاحیت جوشکار لوله برای تمام حالات(**All Position Qualification**) لازم است یک نمونه آزمون در حالت **2G** و یک نمونه در حالت **5G** ضروری است ولی به جای آن می توان فقط از **6G** استفاده نمود.

نمونه آزمون جوش شیاری یکطرفه با پشت بند یا نمونه آزمون جوش شیاری دو طرفه، جوشکاری با پشت بند به حساب می آیند.
جوشهای شیاری با نفوذ جزئی و جوشهای گوشه ای، جوشکاری با پشت بند به حساب می آیند.
جوشکاری که نمونه **PQR** مورد قبول را جوش داده است، بصورت خودکار برای دامنه ذکر شده در بندهای **QW-303,QW-304,QW-305** مورد تائید خواهد بود.(**QW-301.2**)

الزامات آزمون جوشکار برای جوش شیاری (QW-452)

این بند استاندارد موارد زیر را بیان کرده است:

یک آزمون خمش رویه و یک آزمون خمش ریشه به غیر از جوشکاری در حالتهای **5G** و **6G** که نیاز به ۴ خمش دارد (به **QW-452.1** توجه کنید) اگر ضخامت ورق بیش از ۹/۵ میلیمتر باشد می توان از آزمون خمش جانبی استفاده کرد. برای جزئیات بیشتر می توانید **QW-466** را ببینید. یادآوری این نکته لازم است که در بیشتر مواقع بجای آزمون خمش از رادیوگرافی استفاده می شود اما باید توجه داشت در فرآیندهایی نظیر **GMAW** با روش اتصال کوتاه و جوشکاری فلزات خاص، رادیوگرافی باید با آزمون خمش تکمیل گردد (**QW-304**)

الزامات آزمون جوشکار برای جوش گوشه ای (QW-452.5)

در این حالت به یک آزمون ماکرواچ (**QW-184**) و یک آزمون شکست (**Fracture test**)(**QW-182**) نیاز است. چگونگی انتخاب آزمونه ها در **QW-463** بیان شده است.

رادیوگرافی(QW-191)

حداقل طول ۱۵ سانتیمتر باید برای ورق یا جوش محیطی لوله مورد بررسی قرار گیرد. اگر جوش محیطی لوله کمتر از ۱۵ سانتیمتر باید نمونه های بیشتری (تا ۴ نمونه) مورد بررسی قرار گیرند(**QW-302.2**)

بازرسی چشمی(QW-302.2,QW-190)

نمونه های جوشکاری شده باید نشان دهنده نفوذ و ذوب کامل باشند.

فرآیندهای خاص

برای دیدن جزئیات تائید صلاحیت جوشکار در فرآیندهای ویژه ای نظیر **corrosion resistant overlay** یا **hard facing** باید به بندهای **QW-453, QW-252, QW-380, QW-402.16, QW-405.4, QW-381** مراجعه کرد.

آزمایش مجدد و تجدید صلاحیت

جوشکار یا اپراتور جوشکاری که در یک یا چند آزمایش مردود می شود، ممکن است تحت شرایط زیر آزمایش مجدد شود.

آزمایش مجدد فوری با استفاده از آزمایش مکانیکی

وقتی نمونه تائید صلاحیت در آزمون مکانیکی مردود شد، آزمایش مجدد باید آزمایش مکانیکی باشد. وقتی آزمون مجدد فوری انجام شود، جوشکار یا اپراتور جوشکاری باید برای هر حالتی که مردود شده است دو نمونه پیاپی جوش دهد. تمامی نمونه ها باید معیارهای پذیرش را برآورده سازند.

آزمایش مجدد با استفاده از رادیوگرافی

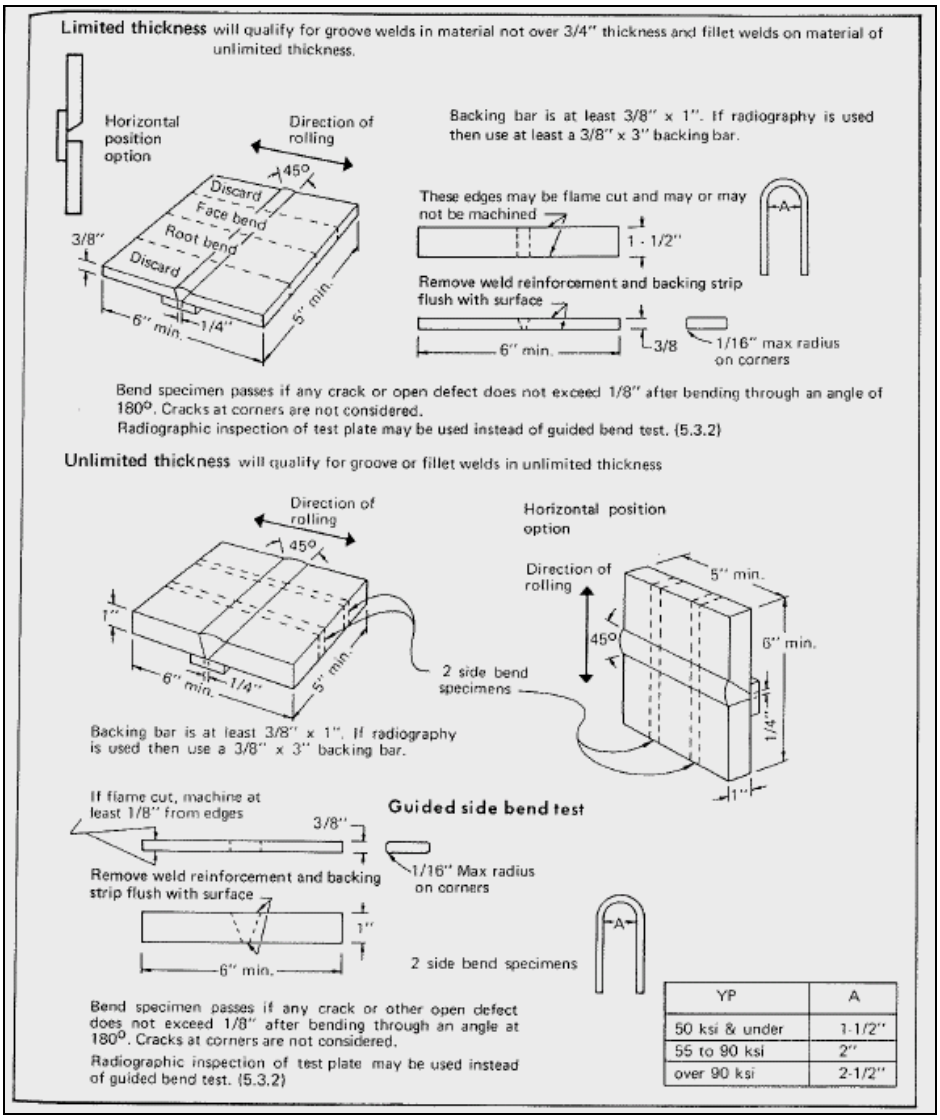
وقتی نمونه تائید صلاحیت در آزمون رادیوگرافی مردود شده، آزمون مجدد فوری باید به روش رادیوگرافی باشد. برای جوشکاران یا اپراتورهای جوشکاری، آزمون مجدد باید دو نمونه ورق به طول ۱۵ سانتیمتر؛ برای لوله باید دو لوله جمعا ۳۰ سانتیمتری باشد.
به اختیار سازنده، جوشکاری که در آزمون جوش تولیدی مردود شد ممکن است به وسیله رادیوگرافی طول ۳۰ سانتیمتر از همان جوش تولیدی، مورد آزمون مجدد قرار گیرد. اگر این طول جوش پذیرفته گردد؛ جوشکار تائید صلاحیت می گردد و ناحیه ای از جوش که در آن پیش از این مردود شده بود باید توسط او یا شخص دیگری ترمیم (تعمیر) گردد.
اگر این ۳۰ سانتیمتر طول جوش؛ معیار رادیوگرافی را برآورده نسازد، جوشکار مردود می شود. جوش آزمون مجدد و تمام جوشهای تولیدی ا نجام شده به وسیله این جوشکار باید به طور کامل رادیوگرافی شود و به وسیله جوشکار تائید شده؛ ترمیم (تعمیر) شود.
زمانی که جوشکار آموزش بیشتری دید، آزمون جدید باید برای هر حالتی که در آن برای برآورده ساختن الزامات مردود شده بود، انجام شود.

انقضا و تجدید صلاحیت(Expiration and renewal)(QW-322.2)

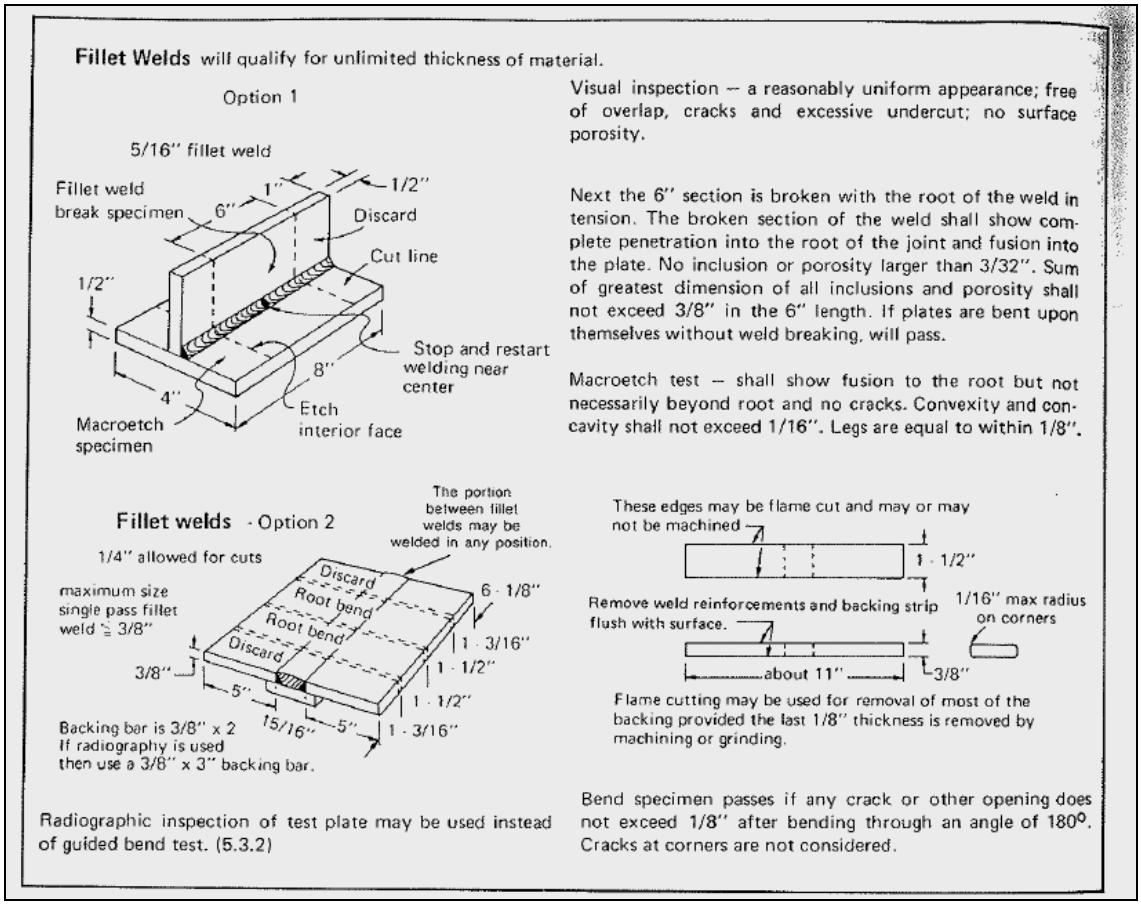
انقضای تائید صلاحیت جوشکار یا اپراتور جوشکاری زمانی است که یکی از شرایط زیر پیش می آید :
الف) وقتی جوشکار در طول ۶ ماه گذشته یا بیشتر با آن فرآیند جوشکاری نکرده باشد ؛
ب) وقتی دلیل مشخصی برای زیر سوال رفتن توانایی جوشکار وجود داشته باشد.
تجدید صلاحیت برای هر فرآیند توسط جوشکاری یک نمونه آزمون ورق یا لوله از هر جنس با هر ضخامت یا قطر در هر وضعیت جوشکاری و سپس آزمایش آن نمونه انجام می گردد. در صورت مثبت بودن نتیجه آزمون، تائید صلاحیت قبلی جوشکار برای مواد، ضخامتها، قطرها، وضعیتها، و متغیرهای دیگری که قبلا تائید صلاحیت شده است، تجدید خواهد شد.

الزامات استاندارد AWS D1.1 برای تائید صلاحیت جوشکار

همانگونه که بارها ذکر شده؛ تعداد، نوع و چگونگی انجام آزمایشها در استاندارد های گوناگون تفاوتهای مختصری با هم دارند. الزامات استاندارد **AWS D1.1** در این موارد به طور چکیده در شکلهای ۴۱ و ۴۲ آمده اند.



شکل۴۱– الزامات آزمون جوشکار برای جوش شیاری بر اساس استاندارد**AWS D1.1**



شکل۴۲- الزامات آزمون جوشکار برای جوش گوشه ای بر اساس استاندارد**AWS D1.1**

مراجع(مطالب، شکلها و جداول)

1- **ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section IX, Welding and Brazing Qualifications, 2004**
2- **AWS D1.1, Structural Welding Code-Steel, 2004**
3- **International Welding Engineer (IWE) Course Book, SLV Duisbug, 2004**
4- **The Procedure Handbook of Arc Welding, The Lincoln Electric Company, 13 th ed.,1994**
5- **Jefferson's Welding Encyclopedia, AWS Publications, 1997**

۶- مهندس خانیانی، جزوه دوره آموزشی آشنایی با تست جوشکاری و دستورالعمل جوشکاری، مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران

۷- امیر حسینی کلورزی، وبلاگ مهندسی جوش، آذر ماه ۱۳۸۶

۸- مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی بازرسی فنی و آزمون غیر مخرب، تهران، ۱ و ۲ آبان ماه ۱۳۸۶

۹- مجموعه مقالات هفتمین کنفرانس ملی جوش و بازرسی، تهران، ۱۵ و ۱۶ آذر ماه ۱۳۸۴

چند پرسش و پاسخ درباره WPS و PQR

گردآوری و تالیف: کامران خداپرستی

ویرایش نخست- اسفند ۱۳۹۰

چند پرسش و پاسخ درباره WPS و PQR

کامران خداپرستی

kkhodaparasti@yahoo.com

این مقاله پیش از این در " نشریه مشانیر، شماره های ۶۰ و ۶۱ و ۶۲، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱" به چاپ رسیده است.

پیشگفتار

ASME Sec. IX یک کتابچه راهنما برای چگونه انجام دادن[۱] نیست بلکه مجموعه ای از حداقل الزامات است. این کد، آگاهانه تمام جنبه های جوشکاری را پوشش نمی دهد (پارامترهای بسیار زیادی در تائید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری و جوشکاران وجود دارد که بیان تمامی آنها در یک کد بسیار دشوار و شاید نشدنی باشد) بلکه با قائل شدن انعطاف برای کاربر کد[۲]، قواعدش را معمولا در حالت کلی بیان کرده است. در فعالیتهای مهندسی بنا بر الزامات و شرایط گاهی پیش می آید به موضوعی بر می-خوریم که به صورت شفاف در کد بیان نگردیده است که در این صورت باید یا به تفسیر[۳] کد استناد کرد و یا از قضاوت مهندسی[۴] و تجارب مهندسی موجود[۵] بهره جست. نگارنده در این نوشتار ضمن بیان برخی از این موضوعات، تلاش خواهد کرد با محور قرار دادن کد ASME Sec. IX و با کمک گرفتن از تجربیات شخصی و منابعی مانند سایتهای اینترنتی معتبر و برخی از کتابهای مرتبط، به بررسی آن موضوع در قالب پرسش و پاسخی فرضی بپردازد.

بایسته است توجه خوانندگان گرامی را به دو نکته جلب کنم:

نخست آنکه در متن هر جا از واژه کد استفاده شده است به منظور اشاره به ASME Sec. IX است. کد ساخت (Construction Code) اشاره به کد ساخت تجهیز مانند Section VIII Div 1 یا B 31.1 یا ... دارد.

دوم آنکه ویرایش (سال انتشار) کد یا استانداردی که در متن آمده است، در بخش مراجع درج شده است. بدین ترتیب در متن هر جا به بندی از استاندارد یا کد اشاره شده است، خواننده باید به آن ویرایش مراجعه نماید زیرا ممکن است در ویرایش دیگری شماره بند مورد اشاره تغییر یافته باشد و یا حتی آن موضوع وجود نداشته باشد. یادآور می گردد تلاش بر این بوده تا همواره از آخرین ویرایش کد یا استاندارد استفاده شود مگر در مواردی که به دلایل مختلف دسترسی به آن وجود نداشته است.

کامران خداپرستی
تهران– اسفندماه ۱۳۹۰
kkhodaparasti@yahoo.com

۱	در چه بخشی از کد به این موضوع اشاره شده است که باید مدارک WPS و PQR پیش از آغاز جوشکاری به تایید برسند؟	به این مورد در کد پرداخته نشده است اما آن را یا در کد ساخت تجهیز مانند بند UW-26(c) ازکد ASME Sec. VIII (ساخت مخازن تحت فشار) می توان یافت که به صراحت این الزام را بیان کرده است، و یا آن را باید در قرارداد یا سایر استانداردها و دستورالعملهای فنی مورد پذیرش جستجو کرد.
۲	آیا باید از آخرین ویرایش کد استفاده نمود؟	بلی– آخرین پاراگراف QW-100.3 را ببینید.
۳	آیا فرآیند جوشکاری(welding process) یک متغیر اساسی (Essential Variable) است؟	در QW-253 از فرآیند جوشکاری به عنوان یک متغیر اساسی نام برده نشده است اما درQW-401 از آن به عنوان یک متغیر اساسی یاد شده است.
٤	در Appendix E کد، در کنار مفاهیم آشنای P No. و S No. به M No. نیز اشاره شده است. منظور از M No. چیست؟	برخی استانداردها مواد را با روش خاصی دسته بندی می کنند مثلا ASME Sec. IX در QW-420 مواد فلزی را تحت P No. و G No. طبقه بندی می‌کند یا API 1104 در بند 5.4.2.2 مواد را براساس حداقل استحکام تسلیم در سه گروه جای می‌دهد. AWS B2.1 نیز فلزات پایه (آهنی و غیر آهنی) را در قالب M No. که کوتاه شده Material Number است، از شماره ۱ تا ۸۳ طبقه‌بندی کرده است. چدنها در این استاندارد به سه گروه A,B,C بر اساس AWS D11.2 تقسیم شده اند.
٥	بر اساس کد ساخت باید آزمون ضربه انجام شود. آیا می توان برای جوشکاری این تجهیز از SWPS استفاده کرد؟	خیر– مطابق QW-500 در صورت الزامی بودن انجام آزمون ضربه WPS توسط کد ساخت، استفاده از SWPS پذیرفته نیست.
٦	آیا یک پیمانکار می‌تواند از WPS دیگران (پیمانکار یا پروژه دیگری) استفاده کند؟	QW-201 مسئولیت تهیه این دو مدرک را بر عهده پیمانکار یا سازنده گذاشته است و بر اساس این بند از کد استفاده از WPS-PQR پیمانکار یا سازنده دیگری مجاز نیست اما در بین کدهای ساخت متداول، ASME B31.1 در بند 127.5.3 و ASME B31.3 در بند 328.2.2 برای پرهیز از دوباره کاری، با موافقت کارفرما این مجوز را می‌دهند که با برآورده ساختن شرایطی خاص، بتوان از WPS موجود استفاده نمود.
۷	آیا فرد مسئول در تهیه WPS-PQR باید مدرک خاصی داشته باشد؟	به این مورد در کد پرداخته نشده است. در ISO 3834 اشاره شده است که یکی از وظایف هماهنگ کننده جوشکاری (Welding Coordinator) می تواند تهیه این مدارک باشد اما برای این فرد درجه تحصیلی یا سابقه کاری مشخصی ذکر نشده و در پیوست A از ISO 3834-5 فقط پیشنهاد شده است که به منظور برآورده شدن الزامات این استاندارد می‌تواند دارای مدارکی نظیر IWE (مهندس بین-المللی جوش) یا IWS (متخصص بین المللی جوش) یا IWT (تکنولوژیست بین المللی جوش) باشد. در برخی از کدهای ساخت شرایطی برای بازرس (Inspector) پیش‌بینی شده است که در بند 340.4 از ASME B31.3 و 136.1.4 از ASME B31.1 آمده‌اند.
۸	منظور از کاربر کد (Code user) چیست؟	برآیند بندهای مختلف کد این است که کاربر کد به معنای بخشی است که مسئولیت تایید صلاحیت (qualification)جوشکار یا دستور العمل جوشکاری را به عهده دارد و می تواند هر یک از این موارد را شامل گردد: سازنده (manufacturer)، پیمانکار (contractor)، assembler، نصاب (installer)، کارفرما/بهره بردار (owner/user)، قسمت تعمیرات (repair organization) و غیره.
۹	گاهی از جوشکاری با عنوان "فرآیند ویژه" (special process) یاد می‌شود. این تعریف در کجای کد وجود دارد؟	این تعریف در کد وجود ندارد بلکه برگرفته از بند 3.4.1 استاندارد معروف ISO 9000 است که بیان می دارد فرآیندی که انطباق محصول حاصل از آن را نتوان به آسانی یا به طور اقتصادی مورد تصدیق قرار داد، غالبا "فرآیند ویژه" می‌نامند. در مقدمه (introduction) استاندارد ISO 3834-1 چنین بیان شده است که چون کیفیت جوشکاری به آسانی قابل تصدیق نیست پس جوشکاری در زمره فرآیندهای ویژه تعریف شده در ISO 9000 قرار می گیرد.
۱۰	آیا می‌توان از کد، برای تهیه WPS و PQR	خیر– درست است که هر دو ASME هستند اما در بند 823.2.1 از B 31.8 اشاره شده است که در

	جوشکاری هنگام سرویس (in-service welding) خطوط انتقال گاز که طراحی آن بر اساس ASME B 31.8 انجام شده است، استفاده کرد؟	این مورد باید از API 1104 استفاده کرد. این مثال نشانگر این موضوع است که در دست داشتن یک WPS تایید شده، تضمینی برای قابل پذیرش بودن آن برای تمام کدهای ساخت نیست. باید توجه داشت که عموما کد ساخت الزاماتی فراتر از الزامات Sec. IX دارد (overrule)
۱۱	بندهای کد با QW معرفی می شوند مانند QW-240 یا QW-100.3 . اینها کوتاه شده چه عبارتهایی هستند؟	هدف کد تایید صلاحیت (Qualification) جوشکار و دستورالعمل جوشکاری است و از این روی Q کوتاه شده Qualification و W کوتاه شده Welding است. شماره های پس از آن اشاره به article های پنجگانه کد دارند: Article I که با شماره های ۱۰۰ تا ۱۹۹ مشخص می گردد مربوط به کلیات است، Article II با شماره‌های از ۲۰۰ تا ۲۹۰ برای دستور العمل (procedure)، Article III با شماره‌های از ۳۰۰تا ۳۸۵ برای تایید صلاحیت جوشکار یا اپراتور جوشکاری (performance)، Article IV با شماره‌های ۴۰۰ تا ۴۹۲ برای داده‌های جوشکاری و Article V با شماره های ۵۰۰ تا ۵۴۰ مربوط به SWPS است.
۱۲	چرا در جداول کد، P No. 2 وجود ندارد؟	در گذشته عدد ۲ به wrought iron اختصاص یافته بود که با توجه به عدم استفاده صنعتی از آن در دهه‌های اخیر، حذف شده است.
۱۳	منظور از S No. چیست؟	همانگونه که در QW-420 اشاره شده است، S No. نشانگر متریالی است که برای استفاده تحت کدهای B 31 پذیرفته شده است اما در جداول ASME SEC II نیامده است مانند لوله API 5L. گفتنی است از سال ۲۰۰۹ به این سو، S No. از کد برداشته شده است.
۱٤	در جداول QW-422 در برخی موارد برای حداقل استحکام کششی، عددی داده نشده است. چرا؟	اگر QW-420 را ببینید اینها موادی هستند که نباید برای PQR با جوش شیاری (Groove weld) به کار روند.
۱۵	در پروژه‌ها مرسوم است که برای لوله با قطر زیر ۲ اینچ یک WPS و برای قطر بیش از ۲ اینچ، WPS دیگری نوشته می‌شود. آیا این بر مبنای کد است؟	خیر- کد برای قطر لوله محدودیتی نگذاشته است اگر چنین بود این موضوع در فرمت پیشنهادی WPS که در پیوست B کد با شماره QW-482 آمده است، با عنوانی مانند pipe dia. Range نمود پیدا می کرد. آنچه در این مورد به اشتباه بدان استناد می شود بند QW-452.3 است که سه دامنه برای قطر خارجی لوله تعریف کرده است اما اگر به عنوان QW-452 توجه کنیم می‌بینیم بحث performance مطرح است یعنی تایید صلاحیت جوشکار نه WPS. البته در پروژه‌هایی آگاهانه برای لوله های زیر ۲ اینچ از فرآیند TIG و برای لوله‌های با قطر بالاتر از SMAW استفاده می شود که مستلزم نوشتن دو WPS جداگانه است که این کار به خاطر سوراخ نشدن (نسوختن) لوله با قطر کم انجام می شود نه به دلیل الزام کد.
۱٦	آیا استفاده از مدرک PQR محدودیت زمانی (time limit) دارد؟ به عنوان مثال آیا مدرک PQR با تاریخ ۱۰ سال پیش، در پروژه ای که قرار است اجرا شود، قابل استفاده است؟	برابر بند QW-100.3 کد، استفاده از هر یک از مدارک WPS-PQR-WPQ تایید صلاحیت شده (qualified) در هر تاریخ گذشته (۱۹۶۲ میلادی به بعد) پذیرفته است. تفسیر شماره IX-04-10 که در ۱۰ ژوئن ۲۰۰۴ میلادی انتشار یافته است نیز به آن صحه گذارده است. یادآور می گردد کارفرما یا یک مشخصات فنی می تواند الزامات دیگری در این مورد لحاظ کرده باشد مانند انجام آزمون PQR پیش از آغاز پروژه در حضور ناظران یا استفاده از مدرک PQRی که بیش از ۳ سال (کد هر ۳ سال یکبار ویرایش می گردد) از زمان تهیه آن سپری نشده باشد.
۱۷	چرا گفته می شود کد ASME Sec. IX و نه استاندارد ASME Sec. IX ؟ آیا کد و استاندارد دو مفهوم متفاوت هستند ؟	کد که برگردان آن به فارسی آیین نامه است، دارای الزامات قانونی (force of law) است همانند آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله در مبحث ساختمان که در صورت اجرا نشدن آن پایان کار ساختمان داده نمی شود. در واقع می توان کد را نوعی از قانون در نظر گرفت. در ایالات متحده، AWS D1.1 یا ASME B & PVC از نمونه های پر کاربرد کدها هستند. اجرای استانداردها داوطلبانه است و تنها زمانی اجرای

		استاندارد الزامی می گردد که یا آن استاندارد به عنوان بخشی از یک قرارداد آمده باشد و یا به عنوان بخشی از یک دستور العمل قانونی ذکر گردد. البته باید دقت داشت که کد فقط در ایالات متحده امریکا اجباری است و در سایر کشورها در صورتی که در قرارداد یا مراجع قانونی الزام نشده باشد با آن همانند استاندارد رفتار می شود. اما اینکه چرا ASME B & PVC که Sec. IX نیز بخشی از آن است به صورت کد در نظر گرفته شده است داستانی تاریخی دارد و مربوط به انفجار بویلرها و تلفات انسانی بسیار زیاد آن بوده است. (بین سالهای ۱۸۹۸ تا ۱۹۰۵ تعداد ۳۶۱۲ بویلر منفجر شد یعنی به طور میانگین روزی یک انفجار و در این حوادث حدود ۷۶۰۰ تن جان باختند) نخستین قوانین مربوط به طراحی بویلر در ایالت ماساچوست در سال ۱۹۰۷ نوشته و اجباری شد. Sec. I در ۱۹۱۴ منتشر گردید و به دنبال آن سایر بخشهای B & PVC منتشر شدند که Sec. IX در ۱۹۳۷ نخستین بار به عنوان بخشی از Sec. VIII و سپس در ۱۹۴۱ به صورت مستقل منتشر گردید. شایان گفتن است واژه های دیگری نظیر specification و guide وRP و ... نیز در کاربردهای مهندسی وجود دارند که علاقه مندان می توانند برای مطالعه بیشتر به مراجعی مانند AWS D1.1 CCRM یا AWS WHB-5 یا پیشگفتار Sec. IX مراجعه نمایند.
۱۸	معمولا برای جوشکاری نمونه آزمون PQR جهت ارسال به آزمایشگاه از لوله استفاده می شود. آیا جوشکاری لوله نسبت به ورق مزیتی دارد؟	بند QW-211 روشن می کند که انتخاب نوع مقطع نمونه آزمون به عهده پیمانکار است و ورق و لوله تفاوتی نداشته و پاسخ مثبت روی هر یک باعث تایید دیگری نیز می شود. بنابراین استفاده از لوله مزیت خاصی ندارد. فقط شاید بتوان گفت از آنجایی که برابر بند QW-301.2 ، آن جوشکاری که نمونه PQR را با موفقیت جوشکاری کرده است به طور خودکار تایید صلاحیت می شود ، ممکن است به دلیل کاهش هزینه ها، از این مجوز کد برای تایید صلاحیت جوشکار لوله بهره گرفته شود. البته بایسته است دقت شود متغیرهای اساسی تایید صلاحیت جوشکار (QW-350) با متغیرهای اساسی PQR (QW-250) برای یک فرآیند، قدری متفاوت هستند. همچنین باید در این حالت علاوه بر تکمیل فرم PQR، فرم WPQ نیز با درج متغیرها و دامنه تایید صلاحیت تکمیل گردد.
۱۹	چرا در QW-253 تغییر در قطبیت یا شدت جریان و نیز تغییر از چند پاس به تک پاس هم متغیر تکمیلی (مکمل اساسی)(supplementary essential) است و هم غیر اساسی (non-essential) ؟ منظور چیست؟	مطابق QW-100.1 باید متغیرهای اساسی و غیراساسی در WPS درج شوند و متغیرهای اساسی نیز حتما باید در PQR به همراه متغیرهای موردنیاز آورده شوند. در صورت الزام آزمون ضربه، متغیرهای اساسی تکمیلی نیز باید در هر دو فرم WPS و PQR درج گردند. بند QW-409.4 (یعنی تغییر AC به DC یا بالعکس و همچنین تغییر قطبیت در DC) یک متغیر غیر اساسی دانسته شده و در نتیجه باید در WPS آورده شود که از چه جریانی (AC یا DC) و یا از چه قطبیتی (در صورت به کار رفتن جریان DC) استفاده شده است. همچنین همانگونه که می دانید متغیرهای تکمیلی نیازی به ثبت در WPS ندارند و فقط در صورتی که آزمون ضربه اجباری باشد باید در WPS/PQR ثبت شوند. به همین دلیل این متغیر پر اهمیت بوده به ویژه هنگامی که آزمون ضربه الزامی است بنابراین هم متغیر غیر اساسی است و هم تکمیلی. (یعنی اگر فقط متغیر تکمیلی فرض شود در آنصورت هیچ الزامی برای ثبت آن در WPS نخواهیم داشت). در مرور متغیرهایی که تکمیلی هستند نتیجه جالبی بدست می آید یعنی برای هر متغیر تکمیلی متغیری بصورت غیر اساسی وجود دارد که اطلاعات آن در WPS ثبت شود ولی برای قطبیت و جریان یا مورد مشابه یعنی QW-410.9 چنین چیزی وجود ندارد.ضمنا اگر قرار باشد که تمام شرایط QW-409.4 را در WPS لحاظ نماییم در صورتی که آزمون ضربه هم الزامی باشد باید برای الکترودی مانند E7018 که با هر دو منبع قابل جوشکاری است، ۳ عدد PQR تهیه شود. به طور خلاصه چنین پاراگرافهایی چه آزمون ضربه داشته باشند و چه نداشته باشند باید وضعیت آنها در WPS روشن شود.v
۲۰	آیا فقط کدها و استانداردهای ASME از کاربر می خواهند مدارک WPS و PQR را بر اساس Sec. IX تهیه کنند؟	افزون بر کدهای ساخت ASME مانند Sections I, III, IV, VIII, XI و B 31.1 یا B 31.3، کدهای API مانند۵۱۰، ۵۷۰ ، ۶۵۰ و ۶۵۳ نیز از کاربر می خواهند مدارک WPS و PQR بر اساسSec. IX تهیه گردد. استاندارد ASTM نیز هر جا نیاز به جوشکاری تعمیری وجود داشته باشد و

		کد ساخت یا استفاده از قطعه یا تجهیز ASME B & PVC باشد به Sec. IX ارجاع می دهد (مانند بند ۹.۲ استاندارد ASTM A 487) در سایر موارد، ASTM A 488 برای تهیه مدارک WPS و PQR و نیز تایید صلاحیت جوشکاران الزام می گردد. شایان ذکر است کدها، استانداردها و spec. های دولتی، نظامی و ... در سراسر دنیا وجود دارند که استفاده از Sec. IX را پیشنهاد داده یا الزام نموده اند. البته همانگونه که می دانید Sec. IX با این که بسیار فراگیر است اما تنها مرجع تهیه WPS و PQR نیست و استانداردها و کدهای دیگری نظیر AWS D1.1، API 1104 و EN ISO 15614 به این منظور وجود دارند.
۲۱	چرا کد در مورد اینکه سوابق و مستندات PWHT (گراف، نتایج سختی سنجی و ...) تا چند سال باید نگهداری شوند، اظهار نظر نکرده است؟	این کد، آگاهانه تمام جنبه های جوشکاری را پوشش نمی دهد (پارامترهای بسیار زیادی در تائید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری و جوشکاران وجود دارد که بیان تمامی آنها در یک کد بسیار دشوار و شاید نشدنی باشد) بلکه با قائل شدن انعطاف برای کاربر کد، قواعدش را معمولا در حالت کلی بیان کرده است. در این مورد نیز باید به سایر استانداردها و دستور العملها مراجعه نمود. ISO/TS 29001 که سال ۲۰۰۳ منتشر شده است و الزامات سیستم کیفیت را برای صنایع نفت و گاز و پتروشیمی بیان می کند می تواند راهنمای مناسبی در این مورد باشد. این استاندارد بازه زمانی ۵ ساله را برای نگهداری مدارک و اسناد مشخص نموده است. ISO 9000 نیز ۵ سال را مناسب می داند.
۲۲	آیا جنس نمونه آزمون PQR جهت ارسال به آزمایشگاه باید همانند متریال WPS باشد؟	در QW-211 پیش از ویرایش سال ۱۹۹۸ کد، مشابه بودن الکترود یا سیم جوش و فلز پایه با یکی از موارد درج شده در WPS خواسته شده بود اما در حال حاضر چنین جمله ای در کد وجود ندارد. البته برای لحیم کاری سخت در بند QB-211 این الزام همچنان وجود دارد. QW-403.5 نیز در این مورد می تواند کمک کند. در کد بند QW-424 برای راهنمایی انتخاب جنس نمونه PQR با توجه به جنس فلز پایه WPS آمده است.
۲۳	در نمونه های خمش ریشه که پس از انجام آزمون از آزمایشگاه بازپس گرفته ام، مشاهده می شود سطح گرده جوش سنگ خورده و با فلز پایه همسطح شده است و در واقع reinforcement جوش برداشته شده است. آیا این کار درست است؟	هدف آزمون خمش در PQR بررسی داکتیلیتی جوش است نه کنترل بی عیب بودن جوش و از این روی انجام مورد بالا پذیرفتنی است.
۲۴	در QW-151.1، ٤ قانون برای جدا کردن آزمونه از نمونه برای بدست آوردن مشخصات مکانیکی توسط آزمون کشش گفته شده است. بر اساس بند (d) اگر ضخامت نمونه ارسالی زیاد باشد می توان چند آزمونه از آن جدا کرد اما باید این برش توسط روشهای مکانیکی انجام شود و استفاده از روشهایی مانند برش پلاسما مجاز نیست. چرا؟	فرآیندهای برش حرارتی با افزایش حرارت ورودی به نمونه ممکن است باعث تحت تاثیر قرار گرفتن خواص آن شوند و این الزام به این دلیل آورده شده است.
۲۵	در عنوان آخرین ستون جدول کشش فرمت پیشنهادی برای PQR، درج کردن نوع شکست (نرم یا ترد) پیش بینی شده است. کد در مورد تکمیل این بخش چه الزاماتی	در کد برای این مورد هیچ قانون یا الزامی نیامده است.

	دارد؟	
۲۶	لوله های پلی اتیلن در هر نیروگاه و پتروشیمی و پالایشگاه کاربرد گسترده ای دارند. آیا کد به چگونگی تهیه مدارک جوشکاری آنها پرداخته است؟	B 31.1 و B 31.3 برای اتصال لوله های غیر فلزی واژه جوشکاری را به کار نمی برند بلکه از bonding استفاده کرده و بجای واژه WPS از BPS استفاده می کنند. راهنمایی ها و الزاماتی در مورد چگونگی جوشکاری و کنترل پس از آن در App. III-5.1 و App.III-6 از B 31.1 و نیز Chapter VII از B 31.3 ذکر شده اند. Sec. IX پیش از این در برخی از code case ها، در مورد اتصال HDPE اظهار نظر کرده بود و شنیده ها حاکیست که قرار است در ویرایش سال ۲۰۱۳ بخش جدیدی با عنوان QP برای پرداختن به اتصال پلاستیکها به کد افزوده شود.
۲۷	در کد به ویژه در بحث PQR ، به واژه هایی مانند test coupon, sample, test piece, test specimen برمی خوریم که به نظر مشابه می رسند. معنی دقیق هر یک چیست؟	در بند QW/QB-492 به ترمینولوژی پرداخته شده و واژه ها تعریف شده اند. در فارسی می توان بر اساس آنچه در استانداردهای ملی ایران پذیرفته شده است چنین گفت "نمونه" که معادل specimen یا sample در نظر گرفته می شود عبارت است از نمونه برداشته شده از محصول و "آزمونه" که برابر test piece انتخاب شده است عبارت است از قسمتی از نمونه که پس از آماده سازی تحت آزمون قرار می گیرد. test coupon را می توان همان "نمونه" در نظر گرفت.
۲۸	در بحث PWHT دمای دگرگونی پائینی و بالایی یعنی upper transformation و lower transformation وجود دارد اما در کد هیچ تعریفی از آنها داده نشده است. درکجا این تعاریف را بیابم؟	این دماها به ترکیب شیمیایی فلز مرتبط هستند. برای فولادهای کربنی و کم آلیاژ با گرم کردن فولاد، ریز ساختار در دمای دگرگونی پائینی به بیش از یک فاز تغییر یافته و با ادامه گرمایش در دمای دگرگونی بالایی فقط یک فاز به نام آستنیت وجود خواهد داشت. جدول 129.3.2 از ASME B 31.1 دمای دگرگونی پائینی چند آلیاژ پر کاربرد را داده است.
۲۹	در تنظیم یک WPS، حداکثر دمای بین پاسی چگونه تعیین می شود؟ آیا استاندارد یا کدی در این زمینه وجود دارد؟ مثلا دمای بین پاسی در جوشکاری فولاد SA-182 چگونه مشخص می شود؟	دمای بین پاسی عبارتست از دمای قطعه در ناحیه جوش درست پیش از آغاز جوشکاری پاس بعدی. در عمل، حداقل دمای بین پاسی اغلب برابر است با حداقل دمای پیش گرم قطعه هر چند طبق تعریف، این مورد الزامی نیست. استحکام تسلیم و استحکام نهایی فلز جوش تابع دمای بین پاسی است و مقادیر بالای دمای بین پاسی باعث کاهش استحکام فلز جوش می شود و زمانی که دستیابی به خواص مکانیکی مشخصی برای فلز جوش مورد نظر باشد، کنترل حداکثر دمای بین پاسی اهمیت ویژه ای پیدا می کند. دماهای بین پاسی بالا اغلب باعث بهبود خواص ضربه ای و تافنس جوش می شود گرچه باید توجه داشت در صورت افزایش این دما به بالاتر از ۲۶۰ درجه سانتیگراد این اثر معکوس می شود. کنترل حداکثر دمای بین پاسی در جوشکاری فولادهای زنگ نزن و نیز کوئنچ- تمپر مانند A 514 اهمیت خاصی دارد و اصولا در مورد فلزات حساس، حداقل دمای بین پاسی باید در حدی باشد تا از ایجاد ترک جلوگیری شده و حداکثر دمای بین پاسی نیز برای رسیدن به خواص مکانیکی مطلوب، کنترل گردد. برای ایجاد این تعادل باید پارامترهایی مانند: زمان بین پاسی، ضخامت فلز پایه، دمای پیشگرم، شرایط محیطی و حرارت ورودی مد نظر قرار گیرد . اما چگونه حداکثر دمای بین پاسی را تعیین کنیم؟ اگر از ASME Sec. IX برای نوشتن WPS استفاده می کنید، این کد در این مورد راهنمایی نکرده است زیرا فقط در جدول QW-253 افزایش بیش از ۵۵ درجه سانتیگراد در این دما به عنوان متغیر اساسی تکمیلی در نظر گرفته شده است. البته بر اساس بند QW-406.3 اگر PWHT در دمایی بالاتر از دمای دگرگونی بالایی انجام شود یا اگر متریال از نوع آستنیتی یا P No. 10H بوده و پس از جوشکاری تحت solution annealing قرار می گیرد، نیازی به محدود کردن حداکثر دمای بین پاسی نیست API RP 582 .که راهنمایی هایی برای جوشکاری در صنایع نفت و گاز و صنایع مشابه ارائه می دهد، در بند 8.3 بیان کرده است که حداکثر دمای بین پاسی فقط برای فولادهای زنگ نزنی آستنیتی و دوپلکس و نیز فلزات غیر آهنی در WPS باید مشخص گردد. بر اساس این بند، فولادهای کربنی و کم آلیاژ فقط در صورت وجود الزام آزمون ضربه نیاز به مشخص نمودن این دما دارند. (در این مورد کد ساخت تعیین کننده است). خوشبختانه این

		استاندارد در جدول 8.1 برای مواد مختلف، دماهای پیشنهادی را درج کرده است. مورد پرسش شما یعنی SA-182دارای گریدهای بسیار زیادی است که P No. های متفاوتی مانند ۳-۴-۵-6-5C-5B-A و 7-8-9A-10H را داراست و با مشخص کردن گرید می توانید از این جدول استفاده کنید. استاندارد اروپایی EN 1011-2 دردو جدول c.5 وc.6 ، حداکثر دمای بین پاسی را برای چند نوع فولاد بر اساس ضخامت داده است. گرچه به مورد پرسش شما مرتبط نیست اما شایان توجه است اگر کد طراحی یا ساخت مورد استفاده شما AWS D1.1 باشد، اصلا نیازی به درج حداکثر دمای بین پاسی ندارید.(البته اگر از حالت پیش پذیرفته یا prequalified استفاده می کنید باید به جدول 3.2 توجه داشته باشید) اگر زمانی به نکات عملی چگونگی اندازه گیری این دما نیاز داشتید، استاندارد ISO 13916 راهگشا خواهد بود. AWS D 1.1(5.6) و AWS D 1.5(4.2.7) نیز در این مورد راهنمایی هایی دارند.
۳۰	**من یه منبعی نیاز دارم که نمونه های آماده WPS را بتوانم تهیه کنم. می توانید راهنمایی کنید؟**	نرم افزارهایی برای تکمیل فرمهای مختلف جوشکاری وجود دارند مانند: http://www.cspec.com/ http://www.wpsamerica.com/welding_software_demo3.php http://softwaretopic.informer.com/wps-welding-program/ نکته ای که باید به آن توجه کنید این است که اینها رایگان نیستند و فقط می توانید از دموی بعضی از آنها استفاده کنید. راه دیگر، استفاده از جستجوی اینترنتی و یافتن نمونه های WPS – PQR با فرمت wordیا excel است تا آنها را بر اساس نیازهای خود تغییر دهید. اگر از این روشها به نتیجه مطلوب نرسیدید و در استفاده از کامپیوتر مهارت دارید می توانید با اندکی صرف وقت، فرمهای مورد نیازتان را خود ایجاد کنید. به عنوان آخرین نکته گفتنی است این فرمها معمولا غیر الزامی هستند و نیازی نیست دقیقا مشابه آنچه در کد یا استاندارد آمده است تهیه شوند، مثلا فرم WPS کد Sec. IX که در Appendix B آمده است یک فرمت پیشنهادی است و کاربر بر اساس نیازهای خود می تواند تغییراتی در آن بدهد. البته برخی مشاوران یا کارفرمایان به دلیل راحتتر بودن بازبینی مدارک و کاهش زمان، از پیمانکار می خواهند حتما از فرمهای استاندارد استفاده گردد و تغییری در آن داده نشود.
۳۱	**فرض کنید ضخامت های از ۱۰ تا ۲۰ میلیمتر در سازه داریم. اگر WPS-PQR برای ضخامت ۱۰ تهیه شود تا دو برابر ضخامت یعنی ۲۰ میلیمتر را بر اساس ASME پوشش می دهد. ضخامت ۱۰ برای جنسی با طرح اتصال خاص، شاید نیاز به پیش گرم نداشته باشد ولی این تضمین وجود ندارد که ضخامت ۲۰ نیز پیش گرم نخواهد. اگر ضخامت ۲۰ پیش گرم نشود مشکلات جوشکاری خاص خود پدید می آورد و اگر پیش گرم بشود طبق ASME این پیش گرم نیاز به تایید مجدد PQR دارد. چه باید کرد؟**	پیش از هر چیز یادمان باشد قانون دو برابر ضخامت همواره درست نیست زیرا بر اساس بند QW-407.4 در صورت وجود برخی شرایط (مثلا PWHT یک فولاد کربنی در دمای ۶۷۰ درجه سانتیگراد) دو برابر به ۱/۱ برابر کاهش می یابد. اما برگردیم به پرسشتان. نگفته اید این سازه چه نوع سازه ایست. نخست باید ببینید بر اساس کد ساخت تجهیز آیا نیاز به پیشگرم وجود دارد یا نه. مثلا اگر پایپینگ یک پالایشگاه است باید به جدول 330.1.1 کد B31.3 مراجعه کنید یا اگر یک مخزن تحت فشار ساخته می شود باید ASME Sec. VIII, Div. 1, Appendix R را ببینید. به این ترتیب دیگر با شک و گمان در مورد ضرورت انجام پیش گرم تصمیم نمی گیرید. پس از این مرحله باید از همان کد ساخت تجهیز استفاده کنید و ببینید آیا آزمون ضربه الزامی است یا نه. با این اطلاعات می توانید بر اساس نوع متغیر پیش گرم مطابق QW-253 برای انتخاب دامنه ضخامت WPS و به دنبال آن ضخامت نمونه PQR تصمیم گیری نمایید.
۳۲	**چگونه می توانم WPS های آماده برای فلزات مختلف از جمله فولاد و آلومینیوم داشته باشم تا در پروژه از آنها استفاده کنم؟**	نمونه های این مدارک را با جستجوی اینترنتی می توانید بیابید. از گوگل و کلید واژه های زیر استفاده کنید. weld procedure specification

		sample welding procedure specification wps sample به تازگی یک کتاب فارسی نیز منتشر شده است که wps های نمونه برای مواد مختلف ارائه داده است. اگر دوستانی در شرکتهای مهندسی دارید می توانید از آنها بخواهید تا نمونه هایی در اختیارتان قرار دهند. این نمونه ها می توانند به عنوان یک الگو مورد استفاده قرار گیرند اما در استفاده از آنها باید تمام جوانب را بسنجید زیرا نکته مهم این است که Sec. IX به تنهایی برای تهیه WPS – PQR کافی نیست (not a standalone code) بلکه باید همواره یک چشممان به کد ساخت مانند B 31.3 یا Sec. VIIIیا API 650 و نیز spec. ها نظیر NIOEC یا IPS و ... هم باشد زیرا عموما کد ساخت یا spec. الزاماتی فراتر از الزامات Sec. IX دارد (overrule) و باید همیشه به یاد داشته باشیم در دست داشتن یک WPS تایید شده، تضمینی برای قابل پذیرش بودن آن برای تمام کدهای ساخت نیست. حتی اگر نمونه WPS یک پروژه را در اختیار داشته باشید باید دقت کنید تغییر در محدوده ضخامت یا دمای طراحی آن تجهیز و یا تغییر سایر متغیرها، ممکن است الزامات جدیدی را پدید آورد. مثلا اگر از WPS – PQR برای جوشکاری مخزن تحت فشار ایستگاه تقویت فشار گاز (فضای باز) شهر نکا با حداقل دمای طراحی فلز ۲- درجه سانتیگراد استفاده شده باشد، همان مدارک را نمی توان برای همین تجهیز با شرایط مشابه اما در شهر اردبیل با MDMT حدود ۳۰- درجه سانتیگراد به کار برد زیرا الزام آزمون ضربه وجود خواهد داشت.
۳۳	**آیا تغییر جنس پشت بند در جایی که مثلا استفاده از پشت بند سرامیکی در مدارک اشاره شده است به پشت بند مسی مجاز است؟ آیا نیاز به PQR مجدد داریم؟**	نخست باید توجه داشت که Sec. IX پشت بند (backing) را از retainer جدا می کند (تعاریف واژگان QW/QB-492 را ببینید. در ضمن در فرمت پیشنهادی WPS در QW-482 در توضیح backing material اشاره شده که این آیتم هم به backing و هم به retainer اشاره دارد.) اما AWS هر دو را با یک تعریف مشخص نموده است. به این ترتیب اگر با Sec. IX کار می کنید باید به دو بند QW-402.4 و QW-402.11 توجه داشته باشید. پرسش شما یعنی پشت بندهای سرامیکی و مسی در دسته retainer قرار می گیرند که می توان نوع سرامیکی را non-metallic retainer و نوع مسی را non-fusing metal retainer بر اساس تقسیم بندی QW-402.11 در نظر گرفت. بر اساس جدول QW-253 گذاشتن یا برداشتن آن جزو متغیرهای غیر اساسی محسوب شده و روشن است که تغییر جنس آن نیز نیاز به PQR دوباره نخواهد داشت. شایان گفتن است، Sec. IX هیچ راهنمایی یا الزامی برای تکمیل بخش Backing Material (type) از فرمت پیشنهادی WPS در فرآیند SMAW ندارد. فقط در QW-402.5 آمده است برای فرآیند GTAW باید ترکیب شیمیایی پشت بند در WPS درج گردد.
۳٤	**آیا در مورد انتخاب آمپر و ولتاژ و نیز سرعت حرکت جوشکاری با توجه به جنس و ضخامت و نیز روش جوشکاری در نوشتن WPS مرجعی داریم؟**	نخست باید توجه داشت که Sec. IX در این موارد راهنمایی نکرده است. می توانید از اطلاعات ارایه شده توسط شرکت سازنده الکترود یا از AWS welding handbook VOL.2 یا VOL.3 و VOL.4 استفاده نمایید.
۳۵	**اگر در پروژه ای، WPS و PQR ها بر اساس استاندارد اروپایی تعیین شده باشند، برای پروژه ای دیگر که محدوده ضخامت ها و متریال از یک خانواده بوده و تنها WPS های جدید توسط سازمان دیگری تهیه شده باشد، با فرض مطابقت مواد مصرفی و موارد دیگر، آیا کارفرما می تواند به استناد پذیرش**	در مورد استاندارد اروپایی مطمئن نیستم اما کد در بند QW-201 مسئولیت تهیه این دو مدرک را بر عهده پیمانکار یا سازنده گذاشته است و بر اساس این آیتم از کد استفاده از WPS-PQR پیمانکار یا سازنده دیگری مجاز نیست اما در بین کدهای ساخت متداول ASME B31.1 در آیتم 127.5.3 و ASME B31.3 در آیتم 328.2.2 (هر دو پایپینگ هستند اولی برای نیروگاه و دومی برای صنایع فرآیندی نظیر پتروشیمی و پالایشگاه) برای پرهیز از دوباره کاری، با موافقت کارفرما این مجوز را می دهند که با برآورده ساختن شرایطی خاص، بتوان از WPS موجود استفاده نمود. برابر بند QW-100.3 کد، استفاده از هر یک از مدارک WPS-PQR-WPQ تایید صلاحیت شده در

	PQR پروژه قبلی، از PQR برای پروژه جاری چشم پوشی کند و یا سازمان تهیه کننده WPS های پروژه جدید با علم به این موضوع از تهیه PQR خودداری کرده و خواهان استناد به PQR پروژه قبلی شود؟	هر تاریخ گذشته (۱۹۶۲ میلادی به بعد) پذیرفته است. تفسیر شماره IX-04-10 که در ۱۰ ژوئن ۲۰۰۴ میلادی انتشار یافته است نیز به آن صحه گذارده است. یادآور می گردد کارفرما یا یک مشخصات فنی می تواند الزامات دیگری در این مورد لحاظ کرده باشد مانند انجام آزمون PQR پیش از آغاز پروژه در حضور ناظران یا استفاده از مدرک PQR ی که بیش از ۳ سال (کد هر ۳ سال یکبار ویرایش می گردد) از زمان تهیه آن سپری نشده باشد.
۳۶	**در توضیحات مربوط به الکترود دریک WPS به MIL-SPEC اشاره شده بود. منظور چیست؟**	استانداردها و دستورالعملهای وزارت دفاع آمریکا (MIL-SPEC) (MIL-STD) و وزارت دفاع انگلستان (MOD) را می توان از دسته استانداردهای انجمنی یا صنفی به شمار آورد گرچه به لحاظ تنوع موضوعی و کیفیت فنی جزو بهترین استانداردهای دنیا به شمار می آیند به گونه ای که به طور مثال در مجموع استانداردهای MIL می توان مجموعه ای از استانداردهای صنعتی، طراحی، مهندسی، آزمایشگاهی، تولیدی ، کنترل کیفیت و .... را در زمینه های مختلف فلزات، غیر فلزات، محصولات نفتی و پالایشگاهی، رنگ و پوشش، موتور و اجزاء آن، گیربکس، چسب وسیلانت، پمپ، اسلحه، تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی، آزمونهای غیر مخرب و ... یافت. این چندان عجیب نیست زیرا در سراسر تاریخ، لزوم پیروزی در جنگ منجربه ابداعات بسیاری شده که ما امروزه از آنها استفاده می کنیم مثلا در۱۹۶۹، وزارت دفاع ایالات متحده در جست و جوی راه جدیدی برای ارسال و دریافت اطلاعات دیجیتال بود که اینترنت از این جست و جو پدید آمد. پروژه ای در وزارت دفاع آمریکا برای دسترسی رایگان به مجموعه مدارک شامل استاندارد، دستورالعمل و ... تعریف شد که می توانید از لینک زیر استانداردها یا دستورالعملهای مختلف را (مثلا در حوزه جوشکاری) دریافت نمایید. http://www.assistdocs.com
۳۷	**مشاور در بررسی مدرک WPS، به تفسیر کد اشاره کرده است. این تفسیرها در کدام قسمت Sec. IX وجود دارند؟**	همانگونه که می دانید اگر کاربر کد نتواند قانون یا الزامی را تفسیر کند، می تواند درخواست تفسیر را به کمیته ASME BPVC ارسال نماید. پس از بررسی درخواست تفسیر، در صورت دارا بودن شرایط لازم، پاسخ آن به شخص درخواست کننده ارسال می گردد. همچنین این پرسش و پاسخ تحت نام interpretation دو بار در سال توسط ASME منتشر می گردد. هر یک از این پرسش و پاسخ ها با یک سیستم شماره گذاری مشخص می شوند مثلا تفسیر IX-10-14 دارای این اجزا است: * IX نشان دهنده مربوط بودن این تفسیر به Sec. IX است. * 10 سال ویرایشی از کد را نشان می دهد که این تفسیر مربوط به آن است (در این مثال ویرایش ۲۰۱۰ کد) * 14 یک شماره ترتیبی است و نشانگر این است که این تفسیر چهاردهمین تفسیری است که در ارتباط با ویرایش ۲۰۱۰ کد منتشر شده است. اگر R به دنبال نشانه بیاید گویای آن است که این تفسیر نسبت به اولین انتشارش تغییر کرده است مانند IX-89-100 که سپس به صورت IX-89-100R انتشار یافته است. دو لینک زیر برخی از این تفسیرها را در اختیارتان می گذارد. http://www.pdf-txt.com/pdf/ASME-interpretation.html http://cstools.asme.org/interpretations.cfm
۳۸	**می توانید این WPS را برای من تفسیر کنید؟ منظورم از تفسیر این است که چرا پارامترها به این صورت انتخاب شده اند مثل درصد ترکیب گاز.**	هرWPS تبلوری از دانش و تجربه است و شما هنگام نوشتن یا بررسی آن باید به الزامات و راهنمایی های استاندارد یا کد تهیه WPS، استاندارد یا کد ساخت، تجارب مهندسی موجود، وضعیت تجهیز، امکانات و ... توجه داشته باشید. به عنوان نمونه انتخاب بهترین گاز محافظ و درصد آن به عوامل زیادی مانند نفوذ و ذوب مورد در خواست، شکل جوش، نوع فلز پایه، شرایط انتقال فلز و سرعت جوشکاری بستگی دارد. ممکن است به دلایلی در فرآیندهای جوشکاری با الکترود توپودری یا حتی الکترود روپوش دار نیز از گازی خنثی استفاده شود.(مانند دمیدن گاز در پشت شیار جوش) کتابها و مراجع بسیار متنوع و

		فراوانی وجود دارند و شما با در نظر گرفتن پارامترهای ذکر شده می توانید از راهنمایی های این منابع استفاده نمایید.
۳۹	در چه مواردی در PQR طبق ASME نیاز به تافنس داریم؟در چه دمایی باید تست شود و معیار مقایسه و پذیرش تافنس چیست؟	نخست باید گفت Sec. IX از واژه notch-toughness test در بند QW-200.3 استفاده می کند در حالیکه در Sec. VIII به واژه های دیگری برای توصیف این مفهوم برمی خوریم مانند Charpy impact test, Charpy V-notch test, impact test در ASME Sec. IX به صراحت مشخص نشده است که چه هنگام باید آزمونهای تعیین چقرمگی (آزمون ضربه شارپی یا پلینی) انجام شود و حتی از تعداد و چگونگی آماده سازی آزمونه ها نیز سخنی به میان نیامده است؛ بلکه در QW-170 ذکر شده است که این آزمونها در هنگام الزام توسط بخشهای دیگر این کد(بعبارت دیگر کد ساخت) باید انجام شود. در مورد تعداد و نحوه آماده سازی آزمونه ها و نیز معیار پذیرش نتایج آزمون نیز مطلب مشابهی بیان شده است. برای روشن شدن مطلب می توان گفت بعنوان مثال اگر سیستم piping فولادی بر اساس استاندارد ASME B 31.3 طراحی و اجرا می گردد می توان بر اساس جدول 323.2.2 این استاندارد در مورد آزمون ضربه تصمیم گیری کرد. اگر کد ساخت Sec. VIII باشد باید نخست به نمودار UCS-66 و سپس برای مراحل اجرایی به UG-84 مراجعه کرد . به این ترتیب شما باید در این مورد به کد ساخت مراجعه نمایید.
٤٠	در تهیه PQR طبق کد ASME IX، چه زمانی از تست سختی استفاده می شود و معیار برای مقایسه سختی جهت اطمینان از سلامت نتایج چیست؟	لزوم انجام آزمون سختی سنجی برای PQR یکی از تفاوتهای کد ASME با استانداردهای دیگری مانند EN ISO 15614 (پیش از این EN 288) است که این استاندارد، انجام آزمون سختی سنجی را الزامی می داند (مثلا استفاده از روش ویکرز با نیروی ۱۰ کیلوگرم برای فولاد کربنی) و تعداد و مکانهای سختی سنجی به همراه معیار پذیرش را مشخص نموده است در حالیکه Sec IX لزوم انجام شدن یا نشدن و چگونگی سختی سنجی و معیار پذرش نتایج را به کد ساخت construction code واگذار نموده است و صرفا برای جوشکاری به روشهای temper bead و overlay الزاماتی در مورد تعداد و مکانهای سختی سنجی دارد و در مورد معیار پذیرش به این نکته اکتفا کرده که عدد سختی باید از حداقل مشخص شده در کد ساخت بالاتر باشد. (بندهای QW-290.5(c),QW-462.12,QW-453,QW-462.5.) به این ترتیب شما باید در این مورد به کد ساخت مراجعه نمایید.
٤١	میخواهیم جهت گرفتن PQR برای دو قطعه استیل ۳۲۱ به فولاد کربنی از ورق های به ضخامت ۸ میلیمتر استفاده نماییم. چه مقدار از این ضخامت را با جوش آرگون و چه مقدار از ضخامت را با الکترود جوشکاری نماییم تا بتوانیم از هردوی آنها در پروسه جوشکاری استفاده نماییم.؟ ضخامت جوشکاری ما در پروسه جهت جوش آرگون ٤ میلیمتر و ضخامت ما جهت جوشکاری با الکترود ٦ میلیمتر می باشد.	براساس بند QW-451.1 شما تا دو برابر فلز جوش راسب شده در نمونه PQR را پس از تایید می توانید در جوش اصلی راسب کنید. با توجه به ضخامت ورق های نمونه PQR شما باید حداقل ۲ میلیمتر با روش تیگ و حداقل ۳ میلیمتر با روش الکترود دستی جوش بدهید. اگر هم تمام ۸ میلی متر را بخواهید جوشکاری نمایید، نسبت به اختیار شماست مثلا ۳ میلی متر تیگ و ۵ میلی متر دستی می توانید بزنید. **Figure 7.17 casti book**
٤٢	آیا می توان با دو PQR جداگانه یکی با فرآیند GTAW و دیگری SMAW ، مدرک WPS ترکیبی GTAW+SMAW را پشتیبانی کرد؟	بلی. فقط باید به یاد داشت بر پایه ی بند QW-200.4(b) نمونه PQR برای پشتیبانی فرآیند نخست، باید حداقل ۱۳ میلیمتر ضخامت داشته باشد.

٤٣	**آیا انجام تست میکرو طیق کد ASME می بایست همیشه انجام شود؟ با انجام تست میکرو چه چیزی باید محقق شده باشد؟**	من دقیقا منظورتان را از "تست میکرو" متوجه نشدم. حدس می زنم شاید منظورتان "بررسیهای ماکرو" باشد. اگر چنین است باید گفت در آزمون ماکرواچ ابتدا مقطعی از نمونه بریده شده و توسط سنگ صاف می شود. سپس با سنباده زنی متوالی با سنباده های مختلف، سطح نمونه صیقلی می شود. برای اچ کردن محلولهای مختلفی(Etchant) وجود دارد که انواع آن در بند QW-470 ذکر شده است . برخی از استانداردهای انجام این آزمون عبارتند از: ASTM E 340, ASTM E 7, ASTM E 883 برای پذیرش نمونه ماکرواچ شده از طریق بازرسی چشمی نکات زیر را باید لحاظ کرد:(QW-183) در ناحیه فلز جوش و HAZ، ذوب باید تا ریشه اتصالات انجام شده باشد و عاری از ترک باشد. در جوشهای گوشه ای نباید اختلاف بیش از ۳ میلیمتر در اندازه های ساق وجود داشته باشد. اگر نمونه ی PQR ی که تهیه می کنید با جوش گوشه (fillet) باشد، بر اساس QW-181.1 باید بررسی ماکرواچ روی آن انجام شود. معیار پذیرش را که در بالا به آن اشاره کردم می توانید در QW-183 ببینید. برای آگاهی بیشتر، بند QW-202.2(c) را حتما مطالعه کنید. باید بگویم آنچه بیشتر دیده ام، آزمون ماکرواچ نمونه های PQR سازه فلزی بر اساس AWS D1.1 بوده است. بررسیهای ماکرو در D1.1 با واژه Macroetch test معرفی شده است و برای تایید صلاحیت WPS در حالتهای جوش شیاری با نفوذ نسبی (PJP) و جوش گوشه (fillet) باید انجام شود. برای آگاهی از تعداد نمونه ها و سایر الزامات، جداول 4.3 و 4.4 و نیز بندهای 4.10.2 و 4.10.3 و 4.10.4 این استاندارد را ببینید. معیار پذیرش نتایج آزمون ماکرو اچ در بند 4.8.4.1 بیان شده است.
٤٤	**API 5L X65B به عنوان BASE METAL در WPS نوشته شده است. چگونه بفهمیم که چه آلیاژی است؟**	API 5L X65B نداریم و آنچه وجود دارد API 5L X65 است که معرفی یک گرید از لوله های فولادی کربنی برای انتقال فرآورده های نفتی است. مشخصات آن را در استاندارد API 5L می یابید. استاندارد API 5L در کشور ما کاربرد فراوانی دارد واگر بخواهید از لوله ی فولاد کربنی در پروژه (و WPS) استفاده کنید به احتمال بسیار زیاد یکی از ۳ نوع API 5L-B یا ASTM A 106-B یا ASTM A 53-B خواهد بود. اگر به مورد مشابه دیگری در WPS برخورد کردید نخست آن را در جدول QW-422 از ASME Sec.IX جستجو کنید تا اطلاعاتی در مورد آن فلز پایه بدست بیاورید و سپس به استاندارد مربوطه مراجعه کنید، یا جستجو را از ابتدا در ASME Sec.II انجام دهید.Part A از Section II کد ASME مربوط به فلزات آهنی و Part B مربوط به فلزات غیر آهنی است. ممکن است در برخی از WPS ها از استانداردهای اروپایی فلز پایه نام برده شده باشد (در صنعت ما این مورد رایج است بویژه در مورد فولادهای سازه ای نظیر St 37 یا St 52-3 و نیز برخی آلیاژهای آلومینیومی و سایر غیر آهنی ها) که در این صورت استفاده از گوگل می تواند شما را به استاندارد مربوطه هدایت کند تا اطلاعات بیشتری در مورد آن فلز پایه بدست آورید. با دیدن WPS های بیشتر و افزایش تجربه، با دیدن گرید یا کد نامگذاری فلز پایه، به راحتی خواهید دانست در کجا اطلاعات بیشتر را پیدا کنید.
٤٥	**آیا PQR برای مخزنی که تنش زدایی خواهد شد باید حتما با PWHT باشد؟**	هر مخزنی که عملیات حرارتی PWHT نیاز داشته باشد می بایست PQR آن نیز تحت عملیات حرارتی PWHT قرار گیرد زیرا بر اساس QW-407.1 عملیات PWHT در زمره متغیرهای اساسی قرار می گیرد یعنی انجام دادن یا انجام ندادن عملیات حرارتی PWHT نیاز به PQR جداگانه دارد.. بدین ترتیب مدرک PQR بدون PWHT نمی تواند WPS را با PWHT پشتیبانی نماید. اگر کد ساخت تجهیز ASME Section VIII-Div. 1 باشد چند پارامتر تعیین کننده ی لزوم انجام PWHT هستند: سرویس مخزن مطابق با UW2 وUCS-68 (اگر سرویس مخزن کشنده (lethal) باشد در هر ضخامتی نیاز به PWHT خواهید داشت اما اگر سرویس معمولی باشد برای P No.1 تا ضخامت ۳۸ میلیمتر نیازی به PWHT وجود ندارد.) جنس متریال مخزن مطابق باUCS-56 PNo. 3 Gr.3

		ضخامت بر اساس جنس متریال مخزن مطابق باUCS-56, UHA-32, UNF-56 عملیات فرمینگ سرد مطابق با UCS-79 فرایند جوشکاری مطابق باUCS 56-a
٤٦	در چند WPS دیده ام که الکترودهایی مانند ۷۰۱۸ را فقط با جریان DC مشخص کرده است. آیا استانداردی وجود دارد که بر اساس نوع الکترود، پلاریته مشخص شود؟	نوع پلاریته مناسب هر الکترود رابطه مستقیمی با ترکیبات به کار رفته در پوشش آن دارد. اغلب ترکیبات موجود در پوشش الکترود در قوس تجزیه می شوند و به صورت یون در می آیند. قابلیت حمل جریان متفاوت آنیونها و کاتیونهای حاصله است که تعیین می کند آن الکترود خاص در چه پولاریته ای قوسی پایدار ایجاد می کند. در این مورد باید به مشخصات ذکر شده توسط سازنده الکترود مراجعه کنید تا ببینید برای چه موقعیت و پولاریته ای الکترود را توصیه کرده است. برای مثال یک سازنده ممکن است دو نوع ۶۰۱۰ تولید کند که یکی در DCEN و دیگری در DCEP بهترین نتیجه را بدهد. مورد مشابه دیگری که در دستور العملها یا مدارک جوشکاری پروژه استفاده از راهنمایی های سازنده الکترود توصیه می شود در مورد زمان و دمای خشک کردن الکترودهای کم هیدروژن (مانند E7018) است. در پاسخ به پرسشتان در مورد معرفی استاندارد مرتبط با این بحث باید گفت انجمن جوشکاری آمریکا، مجموعه ای از چند استاندارد پر کاربرد و معروف دارد که سری A5 نامیده می شود و در آنها به مشخصات filler metal (الکترود و سیم جوش و فلاکس جوشکاری) پرداخته است. به عنوان مثال اگر از الکترودهای زنگ نزن با فرآیند SMAW استفاده می کنید برای تعیین پلاریته (قطبیت) الکترود باید به جدول ۲ از A 5.4 مراجعه نمایید یا اگر فرآیند جوشکاری GTAW است باید جدول A.1 استاندارد A 5.12 را ببینید. معمولا کتابها و هندبوکهای جوشکاری نیز در معرفی هر فرآیند، بخشی را به انواع جریانها و پلاریته مناسب فیلرهای مختلف آن فرایند اختصاص می دهند. برای نمونه می توانم به AWS WHB-2 اشاره کنم. این کتابها و استانداردها در مواردی چند انتخاب پیش پای شما می گذارند مثلا DCEP و DCEN هردو مجاز است، پس آنطور که نوشته اید برای "اطمینان" از درستی انتخابتان باید از تجارب موجود (مطالعه ی کتابهای کاربردی در این زمینه، دیدن WPS های مشابه، مشورت با مهندسان باسابقه و ...) استفاده نمایید.
٤٧	آیا برای گرفتن PQR دوجنس متفاوت مثل SA-414 grade E و SA-240 TYP 321 می توان از PQR موجود در آرشیو که از جنس ST 37 و S.S. 316 که P. No. و G. No. مشابه دارند استفاده نمود؟	می دانیم St 37-2 از نوع assigned material نیست یعنی در جداول QW-422 وجود ندارد و معمولا با ید تایید کارفرما برای معادل بودن آن با SA-36 گرفته شود. حدس می زنم با توجه به SA-414 و SA 240 که ورقهای مخزن تحت فشار هستند، کد ساخت شما ASME Sec.VIII باشد. اگرچه این مورد درباره ی متریالهای فوق کاربردی ندارد ولی بد نیست به یاد داشته باشیم اگر آزمون ضربه الزامی باشد، بر اساس UG-84(h) (2) باید علاوه بر یکسان بودن P No. و G No. شرایط عملیات حرارتی (نرمالیزه بودن، کوئنچ– تمپر و...) دو متریال PQR و WPS نیزیکسان باشد. پاسخ پرسش شما بلی است. با توجه به توضیحاتتان، اگر سایر متغیرهای اساسی (و در صورت وجود لزوم آزمون ضربه، اساسی تکمیلی) نیز یکسان هستند شما می توانید از PQR آرشیوی مورد اشاره استفاده کنید. البته مانند همیشه کارفرما، قرارداد، دستور العمل فنی و... می توانند الزامات دیگری داشته باشند و مثلا به شما دیکته کرده باشند تا PQR را با فلزات پایه مشابه WPS ارائه نمایید. البته در این صورت هم یک روش مناسب می تواند استفاده از SWPS باشد.(Sec IX App.E) شایان گفتن است اگر الزامی در کد ساخت برای آزمون ضربه وجود نداشته باشد، توجه به G No. ضرورتی ندارد زیرا اگر جداول QW-252 تا QW-265 را برای فرآیندهای مختلف ببینید، در بیشتر موارد G No. یک متغیر اساسی تکمیلی supplementary essential variable است.
٤٨	رشته ی من مکانیک گرایش طراحی جامدات هست، در مورد PQR اگر اطلاعاتی	تنها با کنترل کیفیت پس از جوشکاری، امکان تصمیم گیری در خصوص کیفیت وجود ندارد و برای اطمینان، باید پیش از جوشکاری و در هنگام آن نیز نظارت و بازرسی وجود داشته باشد. آنچه در دوره

دارید بفرمایید چون جایی شنیدم برای بازرسی جوش از بقیه واجب تراست. PQR چیست؟

آموزشی به نام WPS-PQR به مدت ۳ روز(برخی مراکز آموزشی۴ یا ۵ روزه هم برگزار می کنند) به آن پرداخته خواهد شد سه حلقه از زنجیره ی سیستم مدیریت کیفیت جوش پیش از آغاز جوشکاری است که عبارتند از چگونگی تنظیم و بررسی مدارک دستورالعمل جوشکاری (Welding Procedure Specification) که کوتاه شده آن WPS است، گزارش تائید دستورالعمل جوشکاری (Procedure Qualification Record) که به اختصار PQR خوانده می‌شود و تائید صلاحیت جوشکار که WPQ نامیده می‌گردد و مخفف Welder Performance Qualification است. (برخی استانداردها به آن WQT یا WQR نیز می گویند)

WPS یک دستورالعمل نوشته شده است که مسیر را برای جوشکار در اجرای جوشکاری بر اساس کد یا استاندارد مورد نظر مشخص می‌کند. به بیان دیگر هدف از تنظیم یک WPS مشخص کردن جزئیات فرآیند جوشکاری قطعه مورد نظر است. دستورالعمل جوشکاری در حقیقت از پیش، مقادیر و محدوده تغییرات پارامترهای دخیل در جوشکاری را مشخص کرده و مشخصات مواد مورد جوشکاری را نیز دارا است. پس یک دستورالعمل جوشکاری کنترل کننده و متضمن کیفیت قطعه جوشکاری شده می باشد. بدین ترتیب شرط لازم برای آغاز هر فعالیت جوشکاری در دست داشتن WPS می باشد.

پس از تهیه WPS باید این مطلب ارزیابی شود که آیا با انجام جوشکاری بر اساس این WPS، جوش ایجاد شده مطابق با مشخصات جوش طراحی شده خواهد بود؟ به عبارت دیگر آیا می تواند اهداف مورد نظر را برآورده سازد؟ از این روی باید WPS به بوته ی آزمایش گذاشته شود و این کار توسط تهیه مدرک PQR به انجام می رسد. برای این کارtest plate (به آن test coupon یا نمونه آزمون نیز گفته می شود) با ویژگیهای ذکر شده در کد یا استاندارد مورد نظر آماده شده و برای انجام آزمونهای لازم به آزمایشگاه فرستاده می‌شود. آزمایشگاه از نمونه ارسالی نمونه های کوچکتری به نام آزمونه (specimen) تهیه کرده و مورد آزمایش قرار می دهد. آزمونهای لازم و نیز معیارهای پذیرش نتایج آزمون، در کد یا استاندارد مورد استفاده مشخص شده اند. اگر معیارهای کیفی و کمی استاندارد یا کد مورد نظر برآورده شوند، می توان WPS را تصویب شده تلقی کرد و آن WPS قابلیت اجرا پیدا می کند. پس به طور خلاصه هدف از انجام آزمایشهای تایید دستور العمل جوشکاری آن است که نشان دهیم دستور العمل جوشکاری تدوین شده جوشی سالم و با خواص مکانیکی مطلوب و قابل پذیرش در محدوده استاندارد مربوطه، بوجود می آورد. نتیجه آزمایشها در فرم خاصی ثبت می شود که به آن گزارش تایید دستورالعمل جوشکاری (PQR) می گویند.

ناگفته پیداست که تصویب WPS تنها خصوصیات جوش را تضمین می کند و نه مهارت جوشکار یا اپراتور جوشکاری را. آشکار است که برای انجام جوشکاری لازم است از فردی که صلاحیت انجام این کار را داشته باشد استفاده گردد. بنابراین باید جوشکار، تایید صلاحیت گردد. فرآیند تائید صلاحیت جوشکار که به کار او اعتبار می بخشد، Welder Performance Qualification نام دارد که به طور اختصاری به WPQ موسوم است. چگونگی تایید صلاحیت جوشکار در استاندارد یا کد مورد نظر با ذکر جزئیات ذکر شده است.

به این نکته هم دقت کنید که در کشور ما و در دنیا تهیه مدارک جوشکاری در پروژه های صنعتی نفت و گاز و نیروگاه و کشتی سازی و فراساحل و... در بیشتر موارد بر اساس ASME Sec. IX انجام

		می‌شود اما برای جوشکاری و بازرسی سازه های فلزی فولادی از AWS D1.1 استفاده می شود. API 1104 نیز برای خطوط لوله انتقال فراورده های نفتی کاربرد دارد. این مطلب از این جهت مهم است که اگر به بازرسی در حوزه ای خاص علاقه مند هستید (یا شرایطش برایتان ایجاد شده است) در دوره تخصصی آن استاندارد شرکت نمایید.(البته سیلابس دوره در برخی مراکز آموزشی به گونه ای است که ASME Sec. IX و AWS D1.1 را با هم پوشش می دهد).
۴۹	**با اینکه اصولا Sec.VIII div.1 برای سختی سنجی PQR الزامی ندارد، در چند مورد PQR برای ساخت مخازن پالایشگاهی دیده ام که سختی سنجی انجام شده است. چرا؟**	همیشه کارفرما، قرارداد، دستور العمل فنی و... می توانند الزامات دیگری داشته باشند و مثلا به شما دیکته کرده باشند تا PQR را با نتایج سختی سنجی ارائه نمایید.(اصطلاحا می گویند الزاماتی فراتر از استاندارد یا overrule). علاوه بر اینها جمله ی معروفی هست که می گوید" صورتجلسات اجرایی با ضمانت حسن انجام کار، نافذ بر موارد پیمان است" به عبارت ساده تر، کارفرما (مشتری) یا نماینده اش (مشاور) می تواند حتی موضوعی خارج از قرارداد را (با پذیرش هزینه ها) درخواست نماید. در مورد ساخت مخازن پالایشگاهی مورد اشاره ی شما نیز با توجه به سکوت Sec. VIII div.1 در مورد سختی سنجی، بدون گمان یکی از موارد بالا الزام را ایجاد کرده است. سختی سنجی در پروژه ها بسته به حساسیت کار ممکن است رایج باشد (مانند sour service) به عنوان مثال کارفرما ممکن است از پیمانکار بخواهد مدرک PQR با نتایج سختی سنجی را بر اساس بند 12.6 استاندارد API RP 582 ارائه دهد که نباید سختی از 248 HV10 بیشتر شود یا ممکن است برای معیار پذیرش عدد سختی به مرجعی مانند NACE RP 0472 ارجاع دهد. (جدول ۱ این استاندارد) روشن است در صورت الزام کارفرما به سختی سنجی PQR اگر عدد سختی بیش از حد تعیین شده باشد آن PQR غیر قابل پذیرش خواهد بود
۵۰	**آیا جدولی در ASME هست که بهترین محدوده آمپر را مشخص کرده باشد؟ محدوده جریان را خودم با توجه به تست PQR که گرفتم می دانم چقدر هست اما میخواهم بدانم محدوده آمپری که در WPS نوشتم درست است یا نه. تا آنجایی که می دانم طبق ASME بهترین آمپر از ضرب قطر خارجی الکترود به اینچ در هزار بدست می آید.**	بسته به نوع فرآیند، قطر الکترود، سرعت حرکت، میزان نفوذ و .... شدت جریان تعیین می شود. مراجعی که می توانید به آنها مراجعه کنید: ۱–به مشخصات ذکر شده توسط سازنده الکترود (دفترچه راهنما) مراجعه کنید تا ببینید چه آمپراژی را توصیه کرده است. ۲– انجمن جوشکاری آمریکا، مجموعه ای از چند استاندارد پر کاربرد و معروف دارد که سری A5 نامیده می شود و برای هر فرآیند می توانید مقادیر پیشنهادی استاندارد را در جدولی بیابید. برای SMAW با الکترود از جنس فولاد کربنی جدول A.4 استاندارد AWS A5.1 این مقادیر را داده است. ۳– معمولا کتابها و هندبوکهای جوشکاری نیز در معرفی هر فرآیند، بخشی را به شدت جریان مناسب اختصاص می دهند. ۴– اگر زمانی به هیچ یک از موارد بالا دسترسی نداشتید به یاد داشته باشید بصورت سرانگشتی در فرآیند SMAW به ازای هر ۱ میلیمتر از قطر الکترود حدود ۳۰– ۴۵ آمپر جریان مورد نیاز است. البته

		بر خلاف گفته ی شما این مورد در استاندارد ذکر نشده است.
۵۱	آیا درWPSای که درآن گاز مورد استفاده در فرآیند GMAW، آرگون بوده و تایید شده، می توان از گاز آرگون به همراه ۲.۵٪ اکسیژن و یا CO_2 استفاده کرد بدون اینکه نیاز به تایید مجدد WPS با شد؟	اگر به QW-255 و QW-256 که نوع متغیرها را برای GMAW و GTAW مشخص کرده اند، مراجعه نمایید؛ ملاحظه خواهید کرد که در مورد GAS هر دو مشابه هستند. مورد پرسش شما که فرآیند GMAW را در بر دارد، بر اساس QW-255 متغیر اساسی به شمار می رود.(QW-408.2(b بیان می دارد تغییراز یک گاز محافظ به مخلوطی از گازهای محافظ و برعکس نیاز به PQR جداگانه ای خواهد داشت.به طور خلاصه QW-408.2 که مربوط به گاز محافظ است در زمره ی متغیرهای اساسی بوده و هر یک از موارد زیر نیاز به PQR جدید خواهد داشت: تغییر گاز محافظ به گازی دیگر- تغییراز یک گاز محافظ به مخلوطی از گازهای محافظ و برعکس- تغییر در درصد مشخص شده ترکیب مخلوط گازهای محافظ- افزودن یا حذف گاز محافظ یاد آور می گردد برای انتخاب درست ترکیب گازهای محافظ می توان از جدول ۴ استاندارد AWS A5.32 به عنوان راهنما بهره برد.
۵۲	آیا یک PQR با جوش شیاری می تواند یک WPS با جوش گوسه ای (فیلت) را پشتیبانی نماید؟	بر اساس جدول QW-451.4 که همراه QW-202 (c) به کار می رود، پاسخ مثبت است یعنی کد بیان می کند PQR با جوش شیاری می تواند برای پشتیبانی WPS جوش فیلت با هر اندازه ای (طول ساق)، هر ضخامت فلز پایه و هر قطر لوله به کار رود. همانگونه که می بینید این بند به هیچ روی سخت گیری نکرده و دست کاربر را کاملا باز گذاشته است. بهتر است در این وضعیت، عمر کاری و کاربرد تجهیز و قطعه جوشکاری شده بررسی گردد و الزامات محدود کننده ای در نظر گرفته شود.
۵۳	برای تایید یکWPS شیاری با ضخامت ورق های ۱۰میلیمتر و فلزات پایه غیر همجنس St-52+SA240 type 321 چه آزمایشهایی می بایست برروی نمونه انجام گیرد؟ ابعاد قطعه مورد آزمایش چه مقدار باید باشد؟	تلاش می کنم پرسش شما را در چند بند پاسخ دهم: ۱ - نمونه PQR(test coupon) لوله باشد یا ورق؟ بند QW-211 استانداردASME روشن می کند که انتخاب نوع مقطع نمونه آزمون به عهده پیمانکار است و ورق و لوله تفاوتی نداشته و پاسخ مثبت روی هر یک باعث تایید دیگری نیز می شود. ۲- ابعاد نمونه PQR(test coupon): در بند QW-463.1 استاندارد ASME به نمونه PQR با شکل ورق یا لوله پرداخته شده است اما سخنی از ابعاد آن به میان نیامده است. در این مورد شکلهای 4.10 و 4.11 استاندارد AWS D1.1 می تواند راهنمای مناسبی باشد. ۳- آزمایشهای مورد نیاز: در QW-451.1 انواع آزمونهای لازم آمده است. توجه به این نکته لازم است که ممکن است کد ساخت یا دستورالعمل یا کارفرما علاوه بر این آزمونها، آزمونهای دیگری را نیز درخواست نماید مانند: آنالیز شیمیایی، سختی سنجی، آزمون ضربه، آزمون SSC، آزمون HIC و ... . شایان توجه است که اگر یکی از فلزات پایه از دیگری نرمتر باشد یا فلز پایه و فلز جوش دارای داکتیلیتی متفاوتی باشند، QW-161.5 این اجازه را می دهد که مطابق QW-451.2 از نمونه های خمش طولی استفاده گردد. به عبارت دیگر در صورتیکه جنس و خصوصیات مکانیکی دو فلز پایه یا الکترود و فلز پایه متفاوت باشد، بهتر است بجای آزمایش خمش عرضی (رویه و ریشه) از آزمایش های خمش طولی (longitudinal)

		رویه و ریشه استفاده شود.
٥٤	**اگرجنس قطعه ای در استاندارد ذکر نشده باشد یعنی از نوع listed material نباشد (در جداول QW-422 وجود نداشته باشد) جهت تهیه WPS & PQR چه اقدامات و مراحلی باید انجام پذیرد؟**	تا جایی که می دانم اصطلاح listed material در استانداردهای پایپینگ مانند B31.3 یا B31.1 کاربرد دارد. بر اساس بند QW-424 از ASME Sec.IX، موادی که در جداول QW/QB-422 آمده اند چون به آنها P No. اختصاص یافته است، با عبارت assigned metals معرفی شده و آنهایی که در این جداول نیستند، unassigned metals نامیده می شوند مگر متریالی که شماره ی UNS آن با هر یک از شماره های UNS مواد جداول QW/QB-422 یکسان باشد که در آنصورت می توان از آن P No. برای این متریال استفاده کرد. (درباره ی UNS گفتنی است که متخصصان و کارشناسان ASTM و SAE در سال ۱۹۶۷ میلادی مطالعاتی را به منظور ایجاد سیستم شماره گذاری یکسان (Unified Numbering System : UNS) برای فلزات و آلیاژها آغاز نمودند. این برنامه سه وجه مختلف را دنبال می کرد. ۱- ساده کردن سیستمهای نامگذاری متعددی که در طول سالهای گذشته به طور مستقل ایجاد شده بودند. ۲- اختصاص دادن شماره ای مشابه برای نامهای تجاری بویژه در مواقعی که چند شرکت، یک آلیاژ را تحت نام های تجاری گوناگون تولید می کنند. ۳- ایجاد یک سیستم جدید سازگار با رایانه توسط توسعه یک روش ثابت. در سال ۱۹۶۹ میلادی ارتش آمریکا این پروژه را تحت حمایت قرار دارد. در سال ۱۹۷۵ میلادی نخستین چاپ UNS بطور مشترک توسط ASTM و SAE انجام شد. جزئیات نامگذاری به این روش در استاندارد ASTM E 527 : Standard Practice for Numbering Metals and Alloys in the Unified Numbering System (UNS) آمده است.) در ادامه ی بند QW-424 می خوانیم که unassigned metals باید با درج specification, type and grade یا درج آنالیز شیمیایی و خواص مکانیکی درWPS-PQR مشخص شوند. اگر استحکام کششی فلز در Spec. آن مشخص نشده باشد، باید حداقل استحکام کششی توسط سازمانی(مرجع-استانداردی) که آن فلز را معرفی کرده است، معین گردد. حال بازگردیم به پرسش شما: اگر شما یک متریال unassigned دارید، نخست باید شماره ی UNS آن را با موارد موجود در جدول مقایسه کنید و اگر مورد مشابهی یافتید از P No. آن استفاده کنید. دوم اینکه می توانید موافقت با معادل سازی را از کارفرما بگیرید. آنچه در مورد سازه های فلزی (D1.1) رایج است معادل سازی St 37-2 با A36 است. البته در بسیاری موارد اینکار انجام نمی شود و مثلا RSt 37-2 در WPS یا PQR نوشته شده و برای بررسی نتایج آزمون کشش از اعداد کلید فولاد یا

		استاندارد مربوطه(DIN 17100) استفاده می شود (گفتنی است DIN 17100 با EN 10025 جایگزین شده و نامگذاریها نیز تغییر کرده اند و RSt 37-2 در استاندارد جدید به S235JR تغییر یافته است . خوشبختانه در ویرایش ۲۰۱۰ کد Sec.IX برخی از استانداردهای پایه اروپایی توسط ASME پذیرفته شده اند و بصورت SA/EN در جدول QW/QB-422 درج شده اند. اگر این جدول را ببینید S235JR را در کنار SA/EN 10025-2 خواهید یافت که به آن P No یک اختصاص یافته است.) در قسمت other فرم WPS نیز اگر اطلاعات دیگری از متریال unassigned دارید، مانند استاندارد یا نام تجاری و غیره ذکر نمایید. پرسشی که ممکن است پیش بیاید این است که اگر که هیچکدام از روشهای گفته شده نیز مشکل را مرتفع نکرد آنگاه چه مراحلی را باید پیش برد تا WPS&PQR جهت فلز مجهول صادر گردد؟ تا جایی که دیده ام در این مورد Sec.IX سخنی نگفته است اما در ASME Sec.VIII div.1 بخشUG-10 جایی که ویژگیهای مواد ساخت مخزن بیان شده است از سه حالت: دارا بودن گواهینامه، صدور recertificate توسط سازنده ی مخزن و ورقی که not fully identified است سخن به میان آمده است که با توجه به پرسش شما بد نیستUG-10(c) را مطالعه فرمایید و ببینید آیا امکان استفاده از الزامات آن برای کاربرد در WPS-PQR وجود دارد یا خیر.
۵۵	**یاجوشکاری فولاد CK45 با ضخامت ۳۰میلیمتر (به شکل میلگرد) (استفاده از سیم جوش ER70S) نیاز به عملیات PWHT دارد؟ اطلاعات عملیات حرارتی بعد از جوش مربوط به این گونه فولاد هارا از کجا باید استخراج کرد؟ در صورتی که از ER309 استفاده شود، آیا به پیش گرم و عملیات حرارتی نیاز دارد؟**	Sec. IX در مورد دماهای پیشگرم و PWHT برای آلیاژهای مختلف سخنی نگفته است. برخی از کدها و استانداردها در این مورد راهنمایی هایی دارند مثلا برای دمای پیش گرم : ASME Sec. VIII, Div. 1 Appendix R AWS D1.1Annex I ASME B31.3 table 330.1.1 برای دما و زمان PWHT: ASME B31.3 Table 331.1.1 ASME Sec. VIII div. 1 UCS-56 ASME Sec. I table PW-39 Item 5.8 of AWS D1.1 برای یافتن اطلاعات می توانید از کتابهای کاربردی نیز بهره ببرید. حتی می توانید با استفاده از اینترنت، بصورت آنلاین نیازتان را برطرف کنید از جمله با: http://www.gowelding.com/weld/preheat/preheatcalc.htm که بر اساس EN1011 Part 2 محاسبات مربوط به پیش گرمایی را انجام می دهد.

٥٦	**P No میله فولادی CK45 را چگونه باید تعیین کرد؟**	چون CK45 در زمره متریال unassigned قرار دارد، نخست پیشنهاد می کنم پاسخ پرسش ۵۴ را ملاحظه فرمایید تا از الزامات کد Sec. IX در این مورد آگاه شوید. اما گفتنی است CK45 (بر اساس استاندارد آلمانی DIN 17200) با شماره مواد 1.1191 یک فولاد عملیات حرارتی پذیر بسیار پر کاربرد است که در استاندارد جدید اروپایی EN 10083 به C45E تغییر نام یافته است. نزدیکترین فولاد به این گرید در استانداردهای آمریکایی همان فولاد معروف 1045 بر اساس استاندارد SAE J403 است که شماره UNS آن G10450 خواهد بود. (بدین ترتیب با مبنا قرار دادن ترکیب شیمیایی (C= 0.42 - 0.5 وCr+Ni+Mo ≤ 0.63) می توانید P No. 1 را برای آن در نظر بگیرید) بر اساس شکل محصول شما می توانید مشخصات 1045 را در استانداردهای مختلف ASTM بیابید که دو مورد آنها به میله (bar) اختصاص دارند: A29 و A108. فشرده بحث اینکه برای تکمیل فرمهای WPS و PQR بر اساس الزامات کد عمل کنید اما برای نوشتن دماهای پیشگرم یا PWHT می توانید با فرض P No. 1 از جداول کد ساخت استفاده نمایید.
٥٧	**آیا به هنگام تهیه PQR اگر عیبی نظیر porosity و یا گرده اضافی بوجود آمد، جوشکار مجاز به رفع عیوب خواهد بود؟ منظورم عیوبی است که به مهارت جوشکار مربوط است و نه به pWPS تدوین شده.**	زمانی که PQR تهیه گردید ابتدا مورد بازرسی چشمی (VT) قرار می گیرد تا مشخص شود که سطح جوش عاری از عیوب سطحی است. پس از این مرحله معمولا قطعه PQR برای انجام رادیو گرافی ارسال می شود. انجام رادیگرافی بر اساس کد الزامی نیست اما برای اطمینان از سالم بودن جوش از عیوبی که ممکن است در هنگام آزمونهای مخرب باعث مردود شدن نتیجه گردد، انجام می شود. چنانچه پس از رادیوگرافی مشخص شود بخشی از جوش PQR دارای عیب است، اگر PQR بر روی ورق یا لوله سایز بالا باشد معمولا اگر منطقه عیب کوچک باشد، ان منطقه با رنگ مشخص شده (mark-up) و با آزمایشگاه هماهنگی می شود تا از منطقه رنگ شده، نمونه آزمایش تهیه نگردد اما اگر این منطقه بزرگ باشد یا اگر سایز لوله PQR معیوب کوچک باشد، قطعه PQR باید مردود اعلام گردد و دوباره PQR تهیه شود. یادآور می گردد معمولا قطعه PQR تعمیر نمی شود هر چند کد در این مورد منعی اعلام نکرده است اما به دلیل اینکه شرایط PQR با شرایط واقعی باید یکی باشد بنابر این تعمیر نمی کنند هرچند در QW-202.3 به صراحت اعلام شده که PQR مربوط به جوشهای شیاری، جوشهای تعمیری و حالت buildup را تایید می کند که بنا بر این بند می توان اینطور نتیجه گرفت که وقتی PQR جوش سالم، جوش تعمیری را تایید می کند بنابراین عکس آن هم درست است به دلیل اینکه در کد منعی در رابطه با عدم تعمیر PQR نیست. برای تایید این سخن کافیست به پاراگراف زیر که در ابتدای کد در بخش FOREWORD آمده است، دقت کنیم: This Code contains mandatory requirements, specificprohibitions, and nonmandatory guidance for construction activities. The Code does not address all aspects of these activities and those aspects

		which are not specifically addressed should not be considered prohibited . ترجمه: کد حاوی الزامات اجباری، ممنوعیتهای خاص و راهنمایی های غیر الزام آور برای فعالیتهای ساخت می باشد. کد تمامی جنبه های این فعالیتها را مورد خطاب قرار نمی دهد، آن جنبه هایی که به طور ویژه مورد خطاب قرار نگرفته اندنباید به عنوان موارد ممنوعه در نظر گرفته شوند. اما با تمام این توضیحات آنچه در عمل اتفاق می افتد این است که PQR را تعمیر نمی کنند اما چنانچه قرار شد PQR تعمیر شود بر اساس کد منعی وجود ندارد مگر اینکه بر پایه مشخصات فنی خاص یک پروژه، این کار منع شده باشد. بد نیست به الزامات استانداردهای اروپایی در این مورد هم اشاره شود. بند 7.2 استاندارد EN ISO 15614-1 بیان می دارد: It is acceptable to take the test specimens from locations avoiding areas which have imperfections within the acceptance limits for the NDT method(s) used. که در عمل معیار پذیرش ناپیوستگی ها که استاندارد ISO 5817 است معیار قرار گرفته و در صورت قابل پذیرش بودن، آن منطقه با رنگ مشخص شده (mark-up) و با آزمایشگاه هماهنگی می شود تا از منطقه رنگ شده، نمونه آزمایش تهیه نگردد.
۵۸	بر اساس کد، مود انتقال short circuit در تهیه PQR فقط مود short circuit را پوشش می دهد و نه globular را. دلیل این امر چیست؟	تغییر مود انتقال در فرآیند GMAW در استانداردهای دیگر نیز بعنوان متغیر اساسی محسوب می شود. (مانند استاندارد EN ISO 15614-1) دلیل آنهم اینست که پارامترها و تکنیک اجرایی و همچنین اشکالات احتمالی هریک از آنها متفاوت است. بعنوان مثال برخی از تفاوتهای همین دو مود را در ادامه آورده ام که با درنظر گرفتن اینها علت اساسی بودن تغییر آنرا می توان درک کرد. در مود اتصال کوتاه همانطور که از نامش پیداست، طول قوس کوتاه است و انتقال هر قطره با اتصال کوتاه و در نتیجه قطع قوس همراه است. در این مود حدود ۷۰ قطره در ثانیه انتقال داریم که منجر به ۷۰ بار قطع و وصل شدن قوس درهر ثانیه می شود. معنی آن اینست که حرارت ورودی در این حالت خیلی کمتر از مودهای دیگر است. برای همین است که مذاب در این مود سیالیت کمی داشته و با استفاده از این مود میتوان در همه وضعیتها جوشکاری کرد. البته مشکلاتی نیز دارد. قطع و وصل مداوم قوس باعث ایجاد صدای زیاد و جرقه و پاشش خیلی زیاد در این حالت می گردد. همچنین در جوشکاری قطعات ضخیم بدلیل نیاز به طول قوس کوتاه، باید تورچ را درون شیار جوش فرو برد که در این حالت امکان دادن حرکت موجی جانبی به تورچ وجود ندارد در نتیجه با درنظر گرفتن حرارت ورودی کمتر این مود ریسک ایجاد نقص عدم ذوب دیواره بسیار بالا می رود. در مود انتقال قطره ای طول قوس بالاست (نام دیگر این مود طول قوس بلند است) و فلز مذاب بصورت قطرات نسبتا درشت و با فرکانس ۷۰ تا ۱۰۰ قطره در ثانیه انتقال می یابند. در این حالت گاهی به دلیل درشت شدن قطرات و نزدیک شدن سطح قطره با سطح حوضچه مذاب، در اثر کشش سطحی، قطره

		پیش از جدا شدن، جذب حوضچه شده و اتصال کوتاه ایجاد می شود. در این حالت میزان جرقه و پاشش کمتر ولی حرات ورودی بالاتر است. دراثر حرارت ورودی بالاتر، ویسکوزیته مذاب پایین آمده و نمی توان جوش را در وضعیتهایی غیر از تخت و گوشه انجام داد. در این حالت احتمال عیوبی مانند شره کردن، نفوذ اضافی و سررفتگی (overlap) بیشتر است.
۵۹	**چرا براساس کد ASME میزان root gap جزو متغیر های غیر اساسی می باشد در حالی که مثلا در AWS WHB-2 برای آن مقادیر حداقل و حدکثر قرار داده است؟**	اندازه دهانه ریشه جوش در فرایندهای مختلف متفاوت است. برای مشخص شدن این فاصله برای فرآیندهای SMAW و SAW می توان به شکلهای Fig. 3.3 و Fig. 3.4 استاندارد AWS D 1.1 مراجعه نمود. در این شکلها اندازه دهانه ریشه جوش R بنا بر نوع فرآیند جوشکاری تعیین شده اند. برای تعیین این پارامتر در فرآیند GTAW به استاندارد AWS B2.1-1-207 مراجعه شود. بر اساس QW-401.4 تغییرات در شرایط جوشکاری که بر خواص مکانیکی قطعه جوشکاری شده تاثیری نداشته باشد را متغیرهای غیر اساسی می نامند (مانند طرح اتصال، روش تمیز کاری و ...) که بر اساس این تعریف، root gap نیز در این زمره قرار می گیرد و ذکر دامنه مقادیر برای آن (مثلا در AWS D 1.1 یا آنگونه که ذکر کرده اید در AWS WHB-2) تغییری در این مفهوم ایجاد نمی کند.
۶۰	**استاندارد یا کد مربوط به جوشکاری دو میلگرد جهت تهیه PQR با فرآیند SMAW چیست؟**	استاندارد AWS D 1.4 با عنوان Structural Welding Code-Reinforcing Steel به این منظور وجود دارد که می توانید نمونه فرمها را در پیوست A این استاندارد بیابید. در مورد ملاحظات مربوط به جوشکاری میلگردهای تسلیح بتون دیدن استانداردهای زیر مفید خواهد بود: پیوست الف استاندارد ملی ایران به شماره ۳۱۳۲(استانداردهای ملی ایران به رایگان از وبسایت موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به آدرس www.isiri.org قابل دریافت است). البته این استاندارد در دست تجدید نظر است و تا پایان سال با شماره جدیدی جایگزین خواهد گردید. استاندارد ISO 6935-3 استاندارد DIN 488-7 استاندارد DIN 4099
۶۱	**می خواهم برای جوشکاری ناودانی و نبشی WPS بنویسم. معادل اینها به انگلیسی چیست؟**	ناودانی برگردان واژه channel و نبشی برگردان واژه angle است. ترمینولوژی مقاطع فولادی را می توانید در EN 10079 و ASTM A 6 بیابید.
۶۲	**آیا ضخامت آزمونه خمش برای PQR می تواند کمتر از ضخامت فلز پایه باشد؟**	یادمان باشد در تهیه آزمونه، گرده جوش و ورق پشت بند و یا رینگ پشت بند در صورت وجود، تا همسطح شدن با سطح فلز پایه باید برداشته شوند. (QW-462.3(a) & (b) و همچنین QW-462.2). برای تهیه نمونه subsize در توضیح شکل QW-462.2 برای خمش جانبی آمده است: زمانی که ضخامت فلز جوش رسوب یافته (t) کمتر از ضخامت نمونه (کوپن) (T) باشد ضخامت آزمونه

		خمش جانبی را می توان t در نظر گرفت. زمانی که ضخامت نمونه (کوپن) (T) برابر یا بیش از ۳۸ میلیمتر باشد، یکی از دو روش زیر به کار می رود: الف) از نمونه اصلی ۴ آزمونه با ضخامت y در اندازه های تقریبا برابر (از ۱۹ میلیمتر تا ۳۸ میلیمتر) تهیه شود ؛ ب) آزمونه ممکن است از پهنایش خم شود. برای لوله (pipe) همانگونه که در QW-161.4 با عنوان Subsize Transverse Face and Root Bends آمده است برای آزمونه هایی که از لوله هایی با قطر کم تهیه می شوند، بر اساس توضیح b از QW-462.3(a) می توان عمل کرد. بند QW-462.3(a),(b) را اگر ببینید استنباط من از جداول ارائه شده در بند مذکور به شرح زیر می باشد: چنانچه ضخامت فلز پایه کمتر از ۱۰میلیمتر باشد ضخامت آزمونه باید برابر ضخامت فلز پایه باشد . چنانچه ضخامت فلز پایه بیش از ۱۰ مبلیمتر باشد ضخامت آزمونه می تواند برابر ۱۰ میلیمتر در نظر گرفته شود. با توجه به توضیحات فوق یعنی ضخامت آزمونه خمش می تواند در ضخامتهای بالاتر از ۱۰میلیمتر برابر ۱۰میلیمتر تهیه گردد و صرفا در ضخامتهای کمتر از ۱۰میلیمتر الزام بر رعایت همسانی ضخامت آزمونه با ضخامت فلز پایه وجود دارد.
۶۳	**عموما در تهیه یک Spec. شرایط سختگیرانه تری نسبت به کد و استانداردهای مرجع لحاظ می گردد، حال سوال این است که با توجه به آنکه کدها و استانداردها معمولا مینیمم شرایط قابل قبول و امن را اعلام می کنند، آیا می شود در یک Spec. تهیه شده برخی پارامترها به صلاحدید گروه فنی سهل گیرانه تر از کد و استاندارد رایج مربوطه وضع شود؟**	خست آنکه چرا Spec نوشته می شود؟ اصولا کد و استاندارد آگاهانه به تمام جزئیات نمی پردازند و جایگزین تجربه و تحصیلات دانشگاهی و قضاوت مهندسی نیستند. در حقیقت خیلی از آنها هندبوک نیستند بلکه این وظیفه technical specification است که ابهامات را روشن کند و ناگفته ها را بیان نماید و با در نظر گفتن شرایط کار، راهکارهای عملی ارائه دهد. تعاریف مختلفی از technical specification وجود دارد (از جمله در ISO/IEC Guide 2 که عنوانش Standardization and related activities -- General vocabularyاست) از دیدگاه من می توان آن را اینگونه هم تعریف کرد: Standard/Code + Engineering Judgment + Scope of work requirements نکته مهم آن است که چون code الزام آور است، و به نوعی برخی موارد ایمنی و کارایی محصول را به طور ضمنی تضمین کرده است، Spec. اگر بر مبنای آن نوشته شود نباید از حداقلهای کد پایینتر بیاید. برای شاهد این سخن می توانم به پیشگفتار ASME BPVC اشاره کنم: Engineering judgments must be consistent with Code philosophy and such judgments must never be used to overrule mandatory requirements or specific prohibitions of the Code. اما اگر Spec. بر مبنای استاندارد باشد می تواند بنا بر قضاوت مهندسی و نیز شرایط کار، عدول داشته

		باشد. می توان در این مورد استانداردهای نفت ایران IPS را مثال زد که در اندک مواردی(شاید حدود ۱ درصد) از حداقلهای استاندارد پایینتر آمده اند (مثلا در مورد برخی از الزامات استانداردهایNACE)
٦٤	**طبق استاندارد EN15614-1 بند 8.4.5 این طور متوجه می شوم برای فرآیند MIG ، اگر سیم جوش ساخت شرکت ایساب را در تهیه PQR داشته باشیم و به هنگام جوشکاری از سیم جوشهای شرکت هیوندای استفاده کنیم نیاز به PQR مجدد است. آیا این برداشت درست است؟**	مطابق بند 8.4.5 استاندارد آزمون ضربه برای فرایندهایی که مواد مصرفی آنها دارای پودر می باشد مثل الکترود دستی و زیر پودری و توپودری وقتی که سازنده الکترود تغییر می کند الزام می شود و نحوه آن بدین صورت است که نمونه جدید با الکترود جدید جوشکاری شود وآزمون ضربه از فلز جوش انجام گیرد. دلیل اینست که خواص مقاومت به ضربه در این نوع الکترودها از پودر تامین می شود که حتما قلیایی هستند. این بند در مورد فرایندهایی مثل TIG و MIG/MAG که سیم جوش انها جامد است صدق نمی کند به شرطی که تغییر ترکیب شیمیایی سیم جوش را نداشته باشیم. پس نتیجه می گیریم که در پرسش مطرح شده نیاز به PQR مجدد نیست.
٦٥	**موقعیت آزمونه ضربه از نمونه PQR چگونه باید باشد؟ منظور این که وقتی شما قطعه ای به ضخامت ۲۰میلیمتر دارید که می خواهید PQR بگیرید، نمونه های ضربه که ضخامت ۱۰میلیمتر دارند از کدام موقعیت نسبت به سطح یا ریشه جوش باید انتخاب شوند؟ آیا این مهم هست؟ ارزیابی آزمون ضربه برای نمونه با ضخامت ۵میلیمتر چگونه باید باشد؟ آزمونه با چه اندازه ای باید تهیه شود؟**	پرسش خوبی است است زیرا اکثر بازرسانی که درآزمونهای های مخرب حضور می یابند متاسفانه صرفا فقط به نتایج بسنده نموده و از بازرسی و بررسی مراحل آماده سازی و تاثیر آن بر نتایج غافل می مانند. محل انتخاب آزمونه ضربه نسبت به ضخامت قطعه در استانداردی که PQR را بر اساس آن انجام می دهند یا SPEC پروژه ذکر شده است. طبق ASTM A370 در صورتی که ضخامت نمونه فلت کمتر از ۱۱میلیمتر باشد امکان تهیه آزمونه شارپی FULL SIZE مقدور نبوده و از آزمونه های شارپی SUB SIZE استفاده می شود که سایز(ضخامت) آنها در استاندارد های مختلف از قبیل ASTM A370 و API 5L و ASME SEC IX و AWS D1.1 ذکر شده است. (A370 در اکثر استاندارد ها و اسپک ها رفرنس است) در خصوص قطعاتی که بصورت لوله بوده و آزمون و PQR بر حسب API 5L می باشند الزام به نمونه گیری و تعیین سایز نمونه بستگی به قطر و ضخامت لوله دارد که در TABLE 14 (REV 2004)) یا TABLE 22 (REV 2008) ذکر شده است. نمونه های SUB SIZE در استاندارد های مختلف متفاوت می باشد بعنوان مثال در API 5L ضخامت نمونه ها بصورت ۲/۱ ، ۳/۲ و ۴/۳ ضخامت نمونه FULL SIZE است در حالیکه در ASTM A370 بصورت ۴/۱، ۳/۱ و ۲/۱ ، ۳/۲ و ۴/۳ ضخامت نمونه FULL SIZE است. باید از بزرگترین سایز ممکن استفاده نمود. طبق ASME IX QW.171.3 محل نمونه گیری شارپی باید توسط هر section از ASME که این تست را الزام نموده است مشخص شود. بعنوان مثال طبق ASME VIII UG.84 سطح نمونه شارپی باید حدود ۱.۵ میلیمتر زیر سطح قطعه اصلی باشد. این فاصله در بیشتر اسپک ها ۲ میلیمتر است. در صورتیکه جوش دو طرفه باشد معمولا نمونه بگونه ایی تهیه می شود که محل تلاقی جوش ها در نمونه قرار گیرد. همچنین اگر ضخامت قطعه بالا باشد نمونه از ROOT و CAP تهیه می شود.(مراجعه به اسپک) شایان گفتن است اگر استاندارد اروپایی مرجع باشد EN 875 انواع موقعیت آزمونه های شارپی را به خوبی توضیح داده است. در این مورد ISO 9016 با عنوان Destructive tests on welds in metallic materials - Impact tests -Test specimen location, notch orientation and examination

		نیز وجود دارد که به صورت Identical از سوی سازمان ملی استاندارد پذیرفته شده و با شماره ISIRI ISO 9016 در خردادماه ۱۳۹۰ منتشر شده است.
٦٦	در خصوص موقعیت (POSITION) آزمون سختی برای نمونه PQR محدودیتی در استاندارد ASME sec.VII , ASME SEC.XIتعریف نشده است ولی در استانداردهای اروپائی برای این که سختی سنجی نمونه PQR بتواند کلیه موقعیتها را پوشش دهد باید در موقعیت 2G انجام شود . حال پرسش من این است که چنانچه سختی سنجی نمونه PQR در موقعیتی به غیر از 2G انجام شده باشد(مثلا در موقعیت 3G) و نتایج آن مطابق SPEC پروژه باشد با توجه به انجام سختی سنجی بر روی جوشهای تجهیز ساخته شده آیا می توان به آن PQR اکتفاء نمود و PQR مجدد در موقعیت 2G نگرفت؟	پس از پرسش شما EN ISO 15614-1 را دیدم. آنچه احتمالا منظور شماست بند زیر است: 8.4.2 Welding positions Welding of a test in any one position (pipe or plate) qualifies for elding in all positions (pipe or plate) except for PG and J-L045 where a separate welding procedure test shall be required. When impact nd/or hardness requirements are specified impact tests shall be taken from the weld in the highest heat input position and hardness tests shall be taken from the weld in the lowest heat input position in order to qualify for all positions. For example, butt welds in plate the highest heat input position is normally PF and the lowest PC. For fixed pipe welds the hardness tests shall be taken from the overhead welding position When neither impact nor hardness requirements are specified, welding in any one position (pipe or plate) qualifies for welding in all positions (pipe or plate). اگر اعداد سختی در SPEC مشخص شده اندآنچه آمده تاکید بر انجام دارد. در خصوص گرفتن نمونه از heat input position highest توجیه وجود دارد اما چرا باید نمونه سختی از lowest heat input position گرفته شود؟ شاید پاسخ این باشد که کاهش حرارت ورودی منجر به افزایش سرعت سرد شدن می گردد که این هم به حصوص در فولادهای HSLA باعث تشکیل فازهای ترد می گردد و به همین دلیل توصیه می شود که سختی سنجی در موقعیت 2G انجام گردد. مجددا تاکید می نماید تاثیر این عامل عمدتا در فولادهای با استحکام بالا مطرح است.
٦٧	از کجا باید بدانیم جه آزمونهایی برای PQR الزامی و یا وابسته به شرایط کارفرما است. آیا در جایی به الزامی ویا غیر الزامی بودن آزمونهای ماکرو ، میکرو و... اشاره شده است؟	QW-202.1 بیان می کند که نوع و تعداد آزمونه ها برای جوش شیاری در QW-451 آمده است. همین بند برای جوش گوشه ای به بند QW-202.2(c) ارجاع داده است. با توجه به موارد بالا نتایج زیر بدست خواهد آمد: الزامات آزمونهای کشش و خمش برای جوش شیاری ..... QW-451.1 الزامات آزمون ماکرو برای جوش گوشه ..... QW181.1, QW-183 الزام و معیار پذیرش آزمون ضربه شارپی بر اساس بند QW-171 باید بر اساس کد ساخت باشد. Sec. IX لزوم انجام شدن یا نشدن و چگونگی سختی سنجی و معیار پذیرش نتایج را به کد ساخت واگذار نموده است و صرفا برای جوشکاری به روشهای temper bead و overlay الزاماتی در مورد تعداد و مکانهای سختی سنجی دارد و در مورد معیار پذیرش به این نکته اکتفا کرده که عدد سختی باید از حداقل مشخص شده در کد ساخت بالاتر باشد. (بندهای QW-290.5(c),QW-462.12,QW-453,QW-462.5) در مورد بررسیهای ریز ساختاری (microstructural examination) هیچ اشاره ای در Sec. IX وجود ندارد و الزامات این مورد باید در مشخصات فنی پروژه جستجو گردد.
٦٨	بر اساس Sec. IX به منظور عملیات تنش زدایی، peening بر روی هر لایه جوش چگونه باید انجام شود؟ (شدت peening و زمان آن) همچنین هر پاس جوش بلافاصله	باید بگویم تنها در دو جا از این واژه در کد، سختی به میان آمده است، یکی بند QW-410.26 است که در آن اضافه شدن یا حذف شدن peening در زمره ی متغیرهای غیر اساسی دانسته شده است و دیگری در QW-492 که تعریف آن درج شده است. Peening فرآیندی است که در ان با ضربات آهسته روی سطح جوش و ناحیه مجاور آن (توسط چکش های سبک نیم کیلویی، ابزارهای پنوماتیک با فشار هوای حدود 25psi ، ساچمه زنی و ...) عمل

پس از جوشکاری باید مورد peening قرار گیرد و یا باید پاس جوش سرد شده و پس از رسیدن به دمای محیط عمل peening انجام شود؟

تنش زدایی انجام شده یا ممکن است برای افزایش مقاومت خستگی به کار رود (همانند ساچمه زنی شیشه های پنجره هواپیما به منظور ایجاد تنش فشاری در آن). باید دانست برداشتن سرباره (گل جوش)، peening محسوب نمی گردد.

در مورد انجام دادن یا ندادن peening اختلاف نظر وجود دارد. برخی بر این باورند که peening باعث کار سخت شدن فلز می شود که همین امر کاهش داکتیلیتی و افزایش خطر ترک خوردن را به دنبال خواهد داشت و نیز انجام peening خود باعث ایجاد تنش در قطعه می گردد. برخی دیگر به مزیت آزاد سازی تنش های باقیمانده و بهبود کیفیت جوش با این روش اشاره می کنند. آنچه معمولا در مورد آن اتفاق نظر وجود دارد این است که peening برای پاس ریشه و پاس آخر نباید انجام شود. انجام این روش در پاس ریشه ممکن است سبب ایجاد ترک و یا جابجایی دو قطعه ای که باید به هم جوش گردند، شود، همچنین استفاده از این روش در پاس آخر هم مجاز نیست چون دیگر پس از آن اعمال حرارت وجود ندارد تا کارسختی حاصل از این روش را از بین ببرد و ناحیه را آنیل کند (البته در بند UW-39(a) از Section VIII Div 1 این مورد در صورت انجام PWHT پذیرفته شده است)

توصیه شده است peening زمانی انجام شود که دمای فلز جوش بیش از 450 درجه سانتیگراد یا کمتر از 150 درجه سانتیگراد باشد زیرا در بازه های دمایی دیگر به دلیل کاهش داکتیلیتی امکان ایجاد ترک وجود خواهد داشت. البته در منبع معتبری دیدم گفته شده بود که peening بلافاصله پس از رسوب دادن فلز جوش، برای به حداقل رساندن تنشهای باقیمانده کافی خواهد بود.

با توجه به آنچه گفته شد، بیشتر Spec. ها و کدها انجام peening را مجاز نمی دانند و روشن است که به چگونگی آن هم نمی پردازند اما یکی از استثنائات در این باره که چند سال پیش بنا بر ضرورتی با آن برخورد داشته ام، AWS D14.1 با عنوان زیر است:

Specification for Welding of Industrial and Mill Cranes and Other Material Handling Equipment

در بند 5.8 این استاندارد به روشهای مختلف و چگونگی انجام این روش در حد یک صفحه پرداخته شده است که بد نیست نگاهی به آن بیندازید.

پی نوشت:

۱- "how-to" guide
۲- Code user
۳- Interpretation
۴- Engineering judgment
۵- Good engineering practice

مراجع:

1- ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section IX, Welding and Brazing Qualifications, 2010
2- http://www.eng-tips.com
3- http://www.forum.weldeng.net
4- ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII Div 1, Rules for Construction of Pressure Vessels, 2010
5- AWS D1.1, Structural Welding Code-Steel, 2008
6- API Standard 1104, Welding of Pipelines and Related Facilities, 2008
7- AWS B2.1, Specification for Welding Procedure and Performance Qualification, 2005
8- ASME B31.1, Power Piping, 2010

9- ASME B31.3, Process Piping, 2010
10- ISO 3834, Quality Requirements for Fusion Welding of Metallic Materials, 2005
11- ISO 9000, Quality Management Systems - Fundamentals and Vocabulary, 2005
12- ASME B31.8, Gas Transmission and Distribution Piping Systems, 2010
13- Michael J. Houle, The Practical Guide to ASME Section IX, CD-ROM Version, CASTI Publishing Inc., 1997
14- Michael J. Houle and Richard D. McGuire, CASTI Guidebook to ASME Section IX, Fourth Edition, CASTI Publishing Inc., 2005
15- http://www.pdf-txt.com/pdf/ASME-interpretation.html
16- Walter J. Sperko, Summary of Changes in ASME Section IX 2010 Edition, Welding Journal, August 2010
17- J. Phillip Ellenberger, Piping Systems & Pipelines- ASME Code Simplified, McGraw-Hill, 2005, pp.2-3
18- Steam; Its Generation and Use, 41st Ed, The Babcock & Wilcox Company, 2005, appendix 2, pp. c1-c3
19- AWS D1.1 CCRM, CODE CLINIC For Study of AWS D1.1, 2008, p.1
20- AWS WHB-5, Engineering–Costs–Quality and Safety, 7'th ed., 1984, chapter 6
21- http://www.inspector.ir
22- ASTM A 487, Standard Specification for Steel Castings Suitable for Pressure Service, 2007
23- ASTM A 488, Standard Practice for Steel Castings, Welding, Qualifications of Procedures and Personnel, 2007
24- API RP 582, Welding Guidelines for the Chemical, Oil, and Gas Industries, 2001
25- NACE RP0472, Methods and Controls to Prevent In-Service Environmental Cracking of Carbon Steel Weldments in Corrosive Petroleum Refining Environments, 2000
26- AWS A5.32, Specification for Welding Shielding Gases,2007
27- ASTM E527, Standard Practice for Numbering Metals and Alloys in the Unified Numbering System (UNS), 2007
28- EN ISO 15614-1, Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Welding procedure test — Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys, 2004
29- AWS D14.1, Specification for Welding of Industrial and Mill Cranes and Other Material Handling Equipment, 1997

۳۰- تجربه‌های شخصی مولف در تدوین و بازنگری مدارک WPS و PQR
۳۱- منوچهر تقوی، جزوه آموزشی استاندارد، اردیبهشت ۱۳۸۷، صفحات ۶۵ و ۶۶، نشر در اینترنت
۳۲- استاندارد ایران- ایزو ۱-۳۸۳۴، الزامات کیفیتی جوشکاری ذوبی مواد فلزی- معیاری برای انتخاب سطح مناسب الزامات کیفیت، ۱۳۸۷
۳۳- استاندارد ایران- ایزو ۹۰۰۰، سیستم‌های مدیریت کیفیت- مبانی و واژگان، ۱۳۸۷
۳۴- منوچهر تقوی، تهیه و تنظیم؛ کنترل و بررسی WPS-PQR-WPQ، نشر ترآوا، ۱۳۹۰