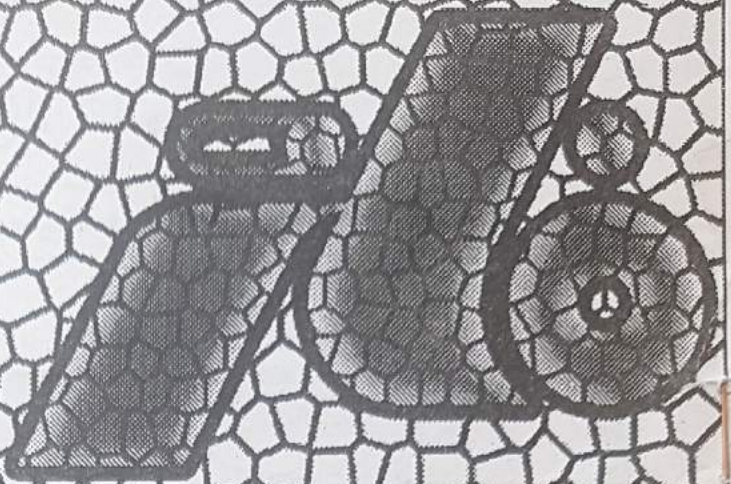


سال سوم
شماره هفتم
پاییز ۸۰

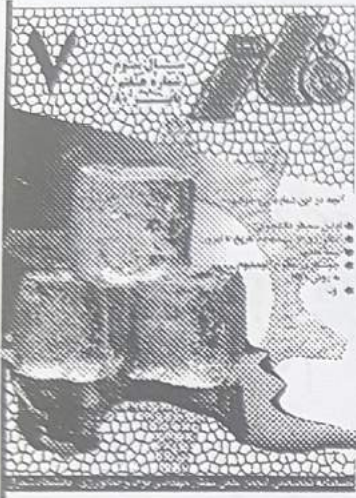


آنچه در این شماره می‌خوانید:

- اولین سمینار دانشجویی.
- متالورژی/از سیده دم تاریخ تا امروز.
- نیمه‌هادیها.
- جوشکاری سطوح آلومینیوم
- به روش MBV
- و...

اینقدر به تاریکی لعنت نفرستید، یک شمع روشن کنید

کنفوسیوس



عکس جلد: ذوب قلع

صاحب امتیاز:

گروه علمی دانشجویان بخش
مهندسی مواد

مدیر مسؤول:

دکتر سیروس جوارپور

سر دبیر:

پوروز نعیمی

صفحه آرایی:

امین جعفری
آرش عطار

گرافیک کامپیوتری:

سعید ملک سعیدی

تیراژ:

۱۵۰ نسخه

نشانی:

شیراز دانشکده مهندسی شماره
دفتر گروه علمی بخش مواد
فصلنامه تخصصی فلز

پست الکترونیکی:

felez@hypermail.com

آذرماه ۱۳۸۶

سخنی با خوانندگان

مقاله

- ۱ بررسی خوردگی هادیهای آلومینیومی خطوط هوایی انتقال
- ۲ برق و پارامترهای مؤثر
- ۳ متالورژی از سپیده دم تاریخ تا امروز (بخش نخست)
- ۴ نیمه هادیها (Semi Conductor)
- ۵ ذوب و ریخته گری سفاله های برنجی و تعیین تلفات سرب روی
- ۶ موجود در آن
- ۷ کنترل متغیرهای جوش از طراحی تا رسوبگذاری
- ۸ نقش مهندسی مواد . متالورژی در بازرسی فنی صنایع
- ۹ پوشش دادن بوسیله رودیوم (Rodium Plating)
- ۱۰ پوشش کاری سطوح آلومینیوم به روش M.B.V
- ۱۱ کاربرد آلومینیوم انداز شده در خودرو سازی و اثر نوع جریان
- ۱۲ بر کیفیت سطح

گزارش اولین سمینار دانشجویی بخش مواد

- ۱ بررسی علل انهدام مبدل حرارتی E-158A واحد العین مجتمع
- ۲ پتروشیمی اراک
- ۳ اهمیت متالورژی در صنعت امروز

* فلز نشریه ای است که به نشر آثار، مقالات و آراء در زمینه های علمی مرتبط با مهندسی مواد می پردازد.

* عقاید و نظریات چاپ شده در نشریه، لزوماً دیگه فلز نیست.

* فلز در رد، قبول، انتخاب عنوان، اصلاح، ویرایش و کوتاه کردن مطالب آزاد است.

* مسؤلیت صحت مطالب، ارقام و نمودارها بر عهده نویسندگان و مترجمان مقالات خواهد بود.

* آنچه با قلم به فلز هدیه کنید، بازپس فرستاده نمی شود.

* استفاده از کلیه مطالب فلز با ذکر مأخذ مجاز است.



سخنی با خوانندگان
برنده پنج فصلت داشت
چشمین اوج در پرواز
پس پرواز بی همراه
سر دیگر به منقارش بدف کیرد فرار گمشانها را
چارم رنگ بی رنگی
و تخم صدایش، همچنان بخوا

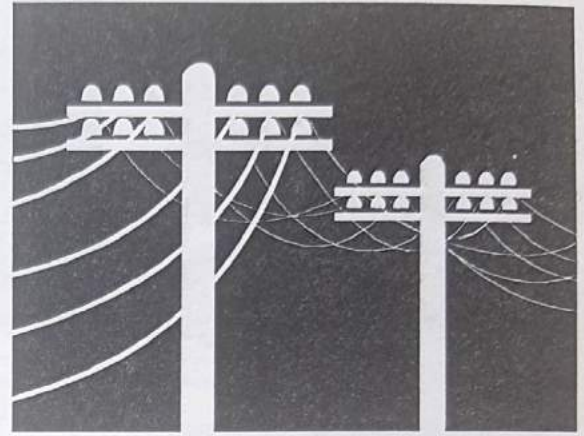
سر دیگر

امید سرچشمه تلاش است و تلاش منشأ زندگی .
تلاش دوستان خود را در تهیه شماره‌ای که در پیش رو دارید ، ارج می‌نهیم.
آقایان و خانمها:

امین جعفری
امین ربیعی‌زاده
حمیده صمدی
محمد گوشه‌گیر
آرش عطار
آزاده متاله
لیلا مصلاهی‌پور
سعید ملک‌سعیدی
آرش یزدانی

همچنین با تشکر از جناب آقای دکتر جهرمی و آقایان رضا پریدل، مهدی حسین مردی و محمد
خواجوی

بررسی خوردگی هادیهای آلومینیومی خطوط هوایی انتقال برق و پارامترهای مؤثر بر آن



چکیده

طراحی و انتخاب هادی برای خطوط انتقال و توزیع برق به یک علم تبدیل شده است. انتخاب اندازه و نوع هادی مطلوب برای طراحی یک خط انتقال یا توزیع داده شده، نیازمند یک درک کامل از مشخصات انواع هادیهای موجود می باشد. این درک باید دربرگیرنده مشخصات بیشتری از فقط قابلیت حمل جریان یا شاخصه های حرارتی یک هادی باشد. از آنجا که خوردگی یکی از مهمترین پارامترها در تخریب هادیها می باشد، باید در طراحی سیستمهای انتقال برق در نظر گرفته شود. این تحقیق فاکتورهای اتمسفری مؤثر در خوردگی هادی و مکانیزمی که به وسیله آن خوردگی اتفاق می افتد را

یکی از مهمترین پارامترها در تخریب هادیها خوردگی است که باید در طراحی سیستمهای انتقال برق در نظر گرفته شود.

مورد بررسی قرار می دهد.

واژه های کلیدی: هادی آلومینیومی با فولاد مسلح شده (ACSR)، خطوط هوایی انتقال برق، آلایندگی های صنعتی، هوای نمک دار دریا

مقدمه

یکی از قسمتهای که بیشترین تغییرات را در صنعت برق تحمل کرده است، انواع هادیهای مورد استفاده برای توزیع و انتقال برق می باشد. به عنوان مثال مس اولین فلزی بود که به عنوان هادی در خلال

بیشرفت صنعت برق در اوایل دهه ۱۸۸۰م. مورد استفاده قرار می گرفت، اما همزمان با رشد سریع صنعت آلومینیوم و کاهش قیمت آن، بزودی آلومینیوم توانست در اکثر

دو محیط عمده خوردگی برای تخریب هادیها وجود دارد: آلایندگی های صنعتی و هوای نمک دار دریا به تنهایی یا به صورت ترکیب با آلایندگی های صنعتی.

کاربردهای الکتریکی با مس به رقابت پردازد و آنرا از دور خارج سازد [۱].

صفات مطلوب آلومینیوم برای کاربردهای الکتریکی عبارتند از: رسانایی الکتریکی و حرارتی نسبتاً بالا، دانسیته پایین، خواص غیر مغناطیسی، قابلیت کشش برای تولید

(Galvanize) باشند یا اینکه فولاد با پوشش آلومینیومی (Aluminize) و یا فولاد با روکش آلومینیوم (Aluminum-Clad) باشند. سیمهای مسلح کننده ممکن است به صورت یک مغز مرکزی باشند و یا در بین کابل توزیع شده باشند. پوششهای گالوانیزه یا آلومینایزه نازک می‌باشند و برای کاهش خوردگی سیمهای فولادی به کار می‌روند [۱، ۳].

چگونه خوردگی در هادیهای ACSR رخ می‌دهد:

در محیط عمده خوردگی برای تخریب هادیها وجود دارد: آلاینده های صنعتی و هوای نمک دار دریا به تنهایی یا به صورت ترکیب با آلاینده های صنعتی. آلودگی صنعتی خورنده بوسیله رسوب باران، برف، مه یا غبار به مغز فولادی منتقل می‌شود. در نتیجه پوشش گالوانیزه که به عنوان یک آند فدا شونده بر روی فولاد به کار رفته است، از بین می‌رود. در کل این مرحله آلومینیم یا از بین نمی‌رود یا به مقدار ناچیز از بین می‌رود. در این نوع تخریب ACSR، فاکتور اصلی تعیین کننده عمر مفید نهایی هادی، کاهش در خواص مکانیکی مغز فولادی می‌باشد. در این فرایند تا قبل از افتادن هادی، هیچ نشانه خارجی قابل مشاهده نیست [۵]. در مناطق ساحلی، مکانیزم خوردگی کاملاً متفاوت است. ترکیب شدن نمک با خیسبی دائمی هادی

صفات مطلوب آلومینیوم برای کاربردهای الکتریکی عبارتند از: رسانایی الکتریکی و حرارتی نسبتاً بالا، دانسیته پایین، خواص غیر مغناطیسی، قساوت کششی برای تولید سیمهای با اندازه قطر کوچک و مقاومت بالا به خوردگی اتمسفری.

متداولترین هادی خطوط انتقال نیرو می‌باشد و هادیهای دیگر تنها در موارد خاص و با توجه به شرایط موجود در منطقه عبور خط مانند دمای بالا، آلودگی و خوردگی هادی، بالا بودن میزان نیروی اعمال شده به هادی و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند [۴].

هادی ACSR که در اوایل دهه ۱۹۰۰م. به کار می‌رفت شامل یک مغز پیوسته یا رشته ای فولادی بود که بوسیله یک یا چند لایه از رشته های آلومینیوم ۱۳۵۰ احاطه شده بود. به مرور زمان برای بدست آوردن استحکام بالاتر مقدار فولاد افزایش یافت تا تبدیل به یک بخش اساسی از سطح مقطع این هادی شد. مقدار درصد فولاد در هادیهای ACSR مابین ۶ تا ۴۰ درصد می‌باشد که هادیهای با استحکام بالاتر، بیشتر برای تقاطع رودخانه ها و برای دکلهای با فاصله زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳].

سیمهای مغز داخلی ACSR ممکن است فولاد دارای پوشش روی

سیمهای با اندازه قطر کوچک و مقاومت بالا به خوردگی اتمسفری [۲].

هنگام استفاده از هادی آلومینیومی در اوایل دهه ۱۹۹۰م.، تجربه نشان داد که به یک هادی با نسبت استحکام به وزن بالاتر نیاز است. بنابراین در سال ۱۹۰۷م. یک کابل جدید مرکب از آلومینیوم - فولاد معرفی شد. این هادی جدید ترکیبی بود از وزن سبک و قابلیت هدایت جریان بالای آلومینیوم با استحکام بالای یک مغز فولادی گالوانیزه. این هادی آلومینیومی با فولاد مسلح شده (ACSR) به سرعت مورد استقبال قرار گرفت. در سال ۱۹۳۹م. یک کابل آلیاژی از آلومینیوم - منیزیم - سیلیسیم (۶۲۰۱) تولید شد. این کابل که تماماً از آلیاژ آلومینیوم (AAAC) بود، علاوه بر داشتن خواص مکانیکی و الکتریکی ACSR، مشخصه های مقاومت به وزن و مقاومت به خوردگی بالاتری داشت. اما همانند سایر محصولات جدید به کندی مورد قبول واقع شد. در سالهای اخیر شناسایی هادیهای آلیاژی پیشرفته تر از ACSR مانند هادی آلومینیومی با آلیاژ آلومینیوم مسلح شده (ACAR) سبب افزایش تمایل به استفاده از کابلهای آلیاژی آلومینیوم و مواد مرکب آلومینیوم - آلیاژ آلومینیومی شده است [۳].

با وجود تمام مطالب فوق امروزه در اکثر کشورهای جهان از جمله ایران

مانند شکسته شدن یا خوردگی هادیهای آلومینیومی دارد. تغییرات در

تخریب هادیها وقتی شروع می شود که پوشش روی (Zn) مغز فولادی سیمهای گالوانیزه از بین برود

نشر سطحی، تغییرات دمایی غلطی را می دهد و بنابر این روش دوربین مادون قرمز امکان دارد اطلاعات غلطی را از خوردگی نشان دهد. به این دلیل، روش دوربین به نظر می رسد با تکنولوژی موجود عملی نمی باشد [6].

روش تحقیق

ابتدا چند نمونه هادی ACSR جمع آوری شدند که بیشتر آزمایشات بر روی نمونه آسیب دیده در حین کار در منطقه بوشهر صورت گرفت. سپس نمونه های کوچکی از سیم آلومینیومی (۱۳۵۰) و سیم فولاد گالوانیزه به صورت سطح مقطع افقی و عمودی تهیه شدند. ترکیب شیمیایی استاندارد این سیمها در جدول (۱) آورده شده است. تعدادی از نمونه ها مانت شدند و تعدادی نیز به صورت دست نخورده تحت بررسی قرار گرفتند. برای بررسی مکانیزم خوردگی از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل کمبریج (Cambridge) استفاده شد. نمونه های مانت شده، پولیش شدند و سپس به همراه سایر نمونه ها بوسیله میکروسکوپ SEM

از بین رفتن می تواند بطور غیر مخرب با استفاده از خوردگی یاب هادی خطوط هوایی مشخص شود. خوردگی یاب، یک حسگر با جریان گردابی (Eddy Current Sensor) می باشد که بصورت کنترل از راه دور ساخته شده و دارای یک موتور باتری دار است که می تواند در طول هادی از دکلی به دکلی دیگر حرکت کند تا مقدار و محل کاهش پوشش گالوانیزه را مشخص نماید. این دستگاه داده هایش را برای ذخیره و استفاده به یک کامپیوتر در روی زمین می فرستد. این دستگاه می تواند بطور تقریبی شرایط خط را بدون اینکه هادیها آسیب ببینند یا نیاز به قطع برق باشد، به سرعت نشان دهد [6، 7].

ب - تعیین محل خوردگی بوسیله دوربین مادون قرمز (Infrared Camera)

خوردگی یاب هادیها که در بالا شرح داده شد، برای تعیین از بین رفتن روی (Zn) بسیار موفقیت آمیز می باشد اما نیاز به تماس مستقیم با هادی به همراه یک فرایند پر زحمت دارد که فقط اجازه نمونه برداری قسمتهای از خط را می دهد. اما دوربین مادون قرمز امکان بررسی هادیها را از زمین یا حتی از یک وسیله نقلیه مانند هلیکوپتر فراهم می کند. این نظریه جدید نیست و بستگی به تعیین گرم شدن غیر یکنواخت در طول هادی به علت خوردگی در مغز و سایر پارامترها

سبب پدید آمدن یک الکترولیت مابین مغز فولادی و رشته های آلومینیوم می شود. پوشش گالوانیزه شروع به خورده شدن می کند تا هنگامی که مناطق کوچکی در معرض محیط قرار بگیرند. آنگاه یک پیل الکترولیتی مابین فولاد و آلومینیوم به وجود آید که در آن آلومینیوم در نقش آند فدا شونده ظاهر می شود. این سبب از بین رفتن سریع آلومینیوم می شود که به وسیله مقاومت افزاینده پایدار نسبت به شار جریان در محل تحت تاثیر، ادامه می یابد. هادی ACSR در معرض این روش تخریب عمر استفاده بسیار کوتاهتری از آنکه فقط آلودگی صنعتی سبب خوردگی مغز فولادی در حین کار می شود دارد. مشخص شده است که آلومینیوم از بین رفته توسط این فرآیند به صورت پودر سفید توده ای شکلی قابل دیدن است و می تواند با برآمده شدن هادی در منطقه خوردگی توام باشد. عمر مفید نهایی هادی ACSR در معرض این نحوه از خوردگی، به وسیله خوردگی الکترولیتی آلومینیوم تعیین می شود [5].

آزمایش هادیهای ACSR به منظور یافتن خوردگی

الف - به وسیله خوردگی یاب همانطور که گفته شد، تخریب هادیها وقتی شروع می شود که پوشش روی (Zn) مغز فولادی سیمهای گالوانیزه از بین برود. این

مورد بررسی قرار گرفتند. این بررسی ها شامل آنالیز شیمیایی، بررسی ساختار و تعیین ضخامت لایه گالوانیزه می باشد. یکسری آزمایشات مقدماتی نیز توسط میکروسکپ نوری و آنالیز XRF انجام گرفت که این نتایج را تایید می کند.

نتایج و بحث

اثرات خوردگی اتمسفری بر روی پوشش گالوانیزه به وضوح در شکل (۱) دیده می شود، برای بررسی بیشتر، همان سیم در شکل (۲) از نمای نزدیکتر مشاهده می شود، رسوبات سفید رنگی که دیده می شود توسط میکروسکپ SEM آنالیز شدند که نتیجه آن در جدول (۲) آورده شده است. بالا بودن مقدار یون کلر (Cl) نشان دهنده نفوذ یونهای مهاجم به سطح فولاد گالوانیزه و تخریب آن می باشد و وجود آلومینیوم بالا به صورت رسوب بر روی سطح فولاد گالوانیزه حاکی از خوردگی گالوانیکی مابین فولاد و آلومینیوم می باشد که در نهایت منجر به تخریب هادی می شود. همانطور که در جدول دیده می شود مقداری یون کلسیم نیز وجود دارد که در محیطهای آبی باید در نظر گرفته شود [۸].

این سیم از محیط آب و هوایی بوشهر تهیه شده بود که یک منطقه ساحلی می باشد و در مناطق ساحلی

یون کلرید مهمترین عامل خورنده می باشد. مکانیزم خوردگی در اینجا بدین صورت است که یونهای کلرید آبی (Cl) با رشته های آلومینیوم واکنش می دهند تا کلرید آلومینیوم تشکیل شود که پوشش گالوانیزه فولاد را می خورد. آلو مینیوم در تماس الکتروشیمیایی با فولاد در معرض محیط قرار گرفته به سرعت بوسیله تشکیل زوج گالوانیکی آلومینیوم - فولاد خورده می شود. در شکل (۳) این مکانیزم بخوبی مشاهده می شود [۵].

برای بررسی دقیق تر مکانیزم فوق، نمونه ای از فولاد گالوانیزه پس از اینکه به صورت سطح مقطع طولی مانده رسا شد تحت بررسی با میکروسکپ SEM قرار گرفت که در شکل (۴) وجود ترکهای زیاد در پوشش و ضخامت تقریبی پوشش دیده می شود. شکل (۵) همان ترکها را در بزرگنمایی بالاتر نشان می دهد که کاملاً ارتباط محیط خورنده با سطح فولاد برقرار شده است. آنالیز لایه کناری پوشش گالوانیزه در شکل (۶) در جدول (۳) آورده شده است که بر خلاف خود پوشش که حاوی ۹۰ درصد روی (Zn) و ۱۰ درصد آهن (Fe) است، باز هم حاوی درصد بالای از آلومینیوم و کلر می باشد که کاملاً رخ دادن خوردگی با مکانیزم

فوق را ثابت می کند.

شکل (۷) از سطح مقطع عرضی نمونه تهیه شده است که باز هم نشانده وجود ترک و تخلخل در پوشش به دلیل خوردگی می باشد، تفاوت در اندازه ضخامت پوشش نیز نشان داده شده است.

نتیجه گیری:

۱ - مکانیزم تخریب این نوع از هادیها در اثر خوردگی بدین صورت می باشد که در اثر نفوذ آلاینده ها (صنعتی یا هوای نمک دار دریا یا هر دو) به سطح پوشش فولاد گالوانیزه، پوشش روی (Zn) از بین می رود و خوردگی گالوانیکی مابین آلومینیوم و فولاد در نهایت سبب تخریب هادی و افتادن آن می شود.

۲ - یک روش مناسب برای جلوگیری از تخریب هادیها انتخاب نوع مناسب هادی با توجه به شرایط منطقه می باشد، مثلاً استفاده از هادی تماماً آلومینیومی (AAC) برای محیطهای دریای مانند شرایط آزمایش ما توصیه می شود.

۳ - لزوم استفاده از دستگاه خوردگی یاب در هادیها برای جلوگیری از تخریب ناگهانی هادیها از لحاظ اقتصادی و ایمنی ضروری می باشد.

REFERENCES

- E. H. Chia , High Conductivity Copper and Aluminum Alloys, AIME , 1984
 F.R.Thrash, "Transmission Conductors: A Review of the Design and Selection Criteria," Southwire Company, Technical Paper, 2000
 Aluminum, Vol.II Design and Application, copyright 1967 ,ASM
 آیین نامه و استاندارد انتخاب هادیهای خطوط انتقال نیرو ، استاندارد جامع مهندسی و طراحی خطوط انتقال نیروی ایران ، معاونت تحقیقات و تکنولوژی
 D. R. Shannon," Life Expectancy of ACSR Conductors under Live Line and Off Line Conditions," Shannon Technology Crop, Phoenix, Arizona USA, 2000
 D. G. Harvard et al.," Aged ACSR Conductors," part I& II , IEEE, Vol.7 , No 2, Apr. 1992,p581-594
 7-J. R. Booker, " Method of Measuring the Cross-Sectional Area of Magnetic Reinforcing Members in Power Transmission Conductors," U.S. Patent, Oct.1999
 8-J.R. Davis , Corrosion of Aluminum and Aluminum Alloys, ASM, 1999

جدول ۱ - ترکیب شیمیایی استاندارد Al و Fe به کار رفته در هادیهای نوع ACSR (بر حسب درصد)

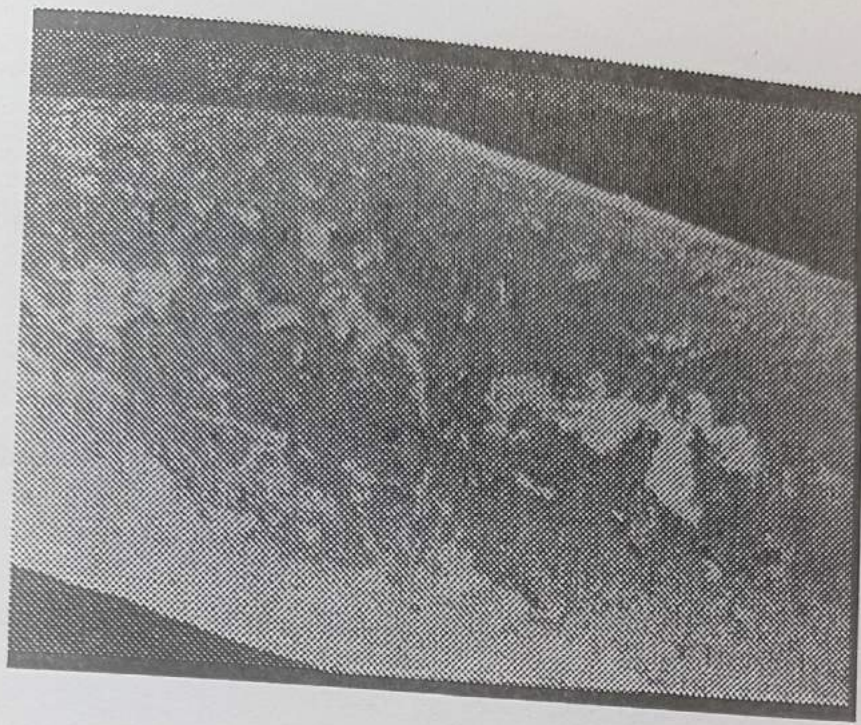
Al	B	Ga	Zn	Cr	Mn	Cu	Fe	Si	(V+Ti)	C	P	S	نام عنصر
99.5	0.05	0.03	0.05	0.01	0.01	0.05	0.4	0.1	0.02	-	-	-	آلومینیوم
-	-	-	-	-	0.5-1.1	-	bal	0.1-0.35	-	0.5-0.85	0.035	0.045	فولاد

جدول ۲ - آنالیز رسوبات سفید رنگ موجود در سطح سیم فولاد گالوانیزه ACSR

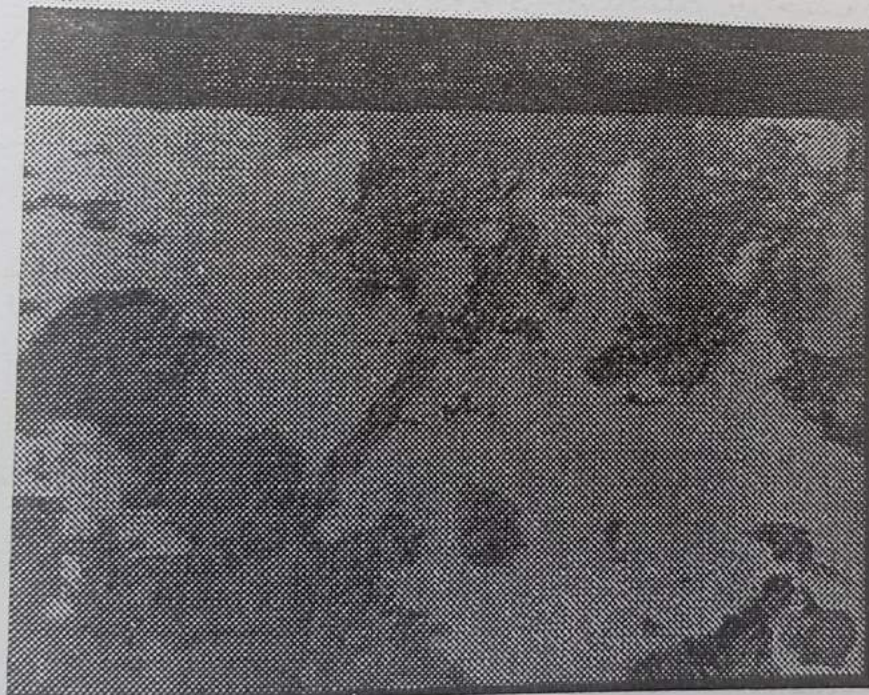
Al	Zn	Cl	Ca	Fe	نام عنصر / درصد
48.82	21.62	24.43	2.75	2.38	آنالیز نقطه ای
22.91	48.35	26.81	1.39	0.5	آنالیز خطی (منطقه ای)

جدول ۳ - آنالیز منطقه خارجی مجاور پوشش گالوانیزه سیم فولادی

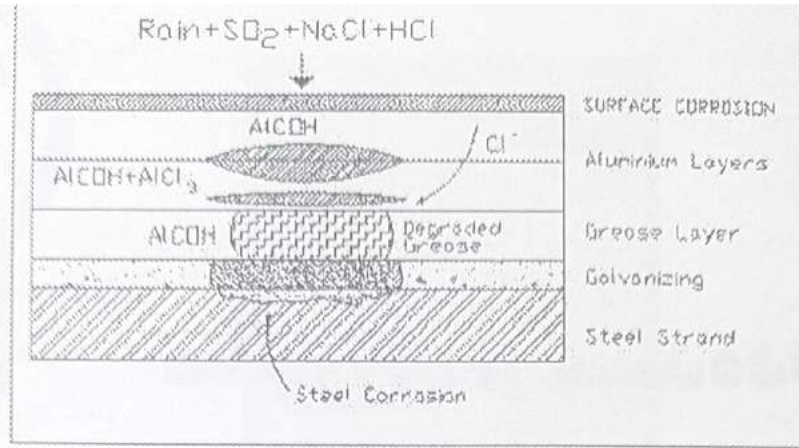
Zn	Fe	Cl	Al	نام عنصر
79.39	4.24	1.85	14	درصد



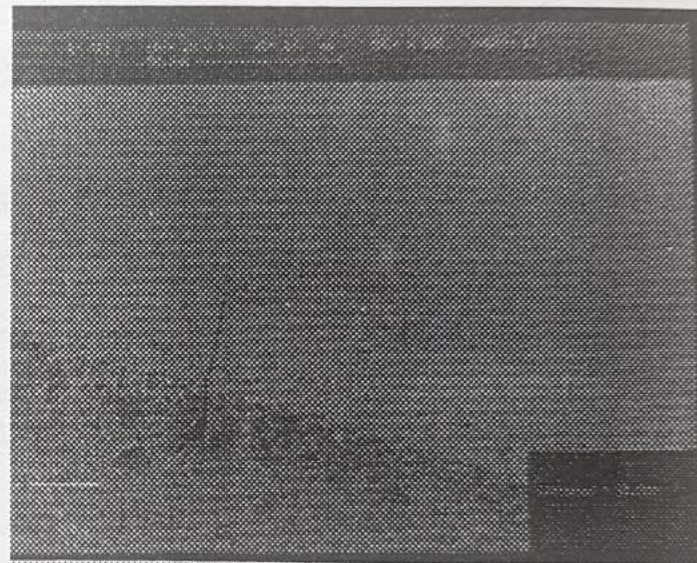
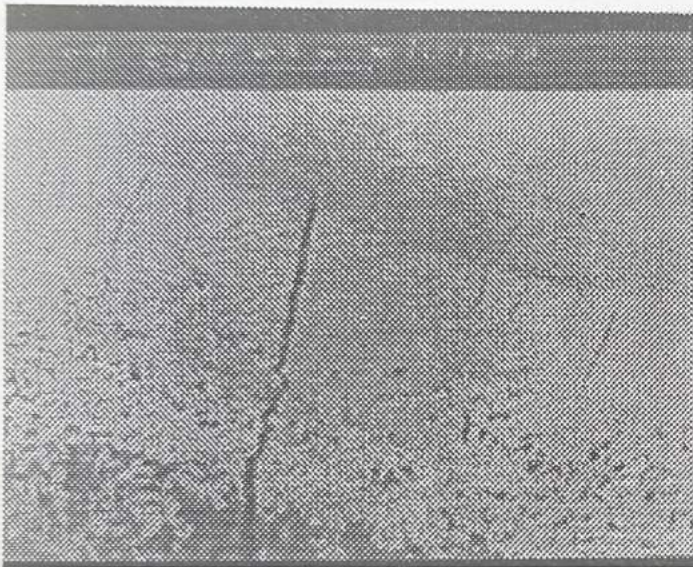
شکل ۱ - نمونه سیم فولاد گالوانیزه مانده با پوشش خورده شده ($50\times$)



شکل ۲ - تصویر رسوبات نمونه فودر ق در بزرگنمایی بالاتر ($300\times$)



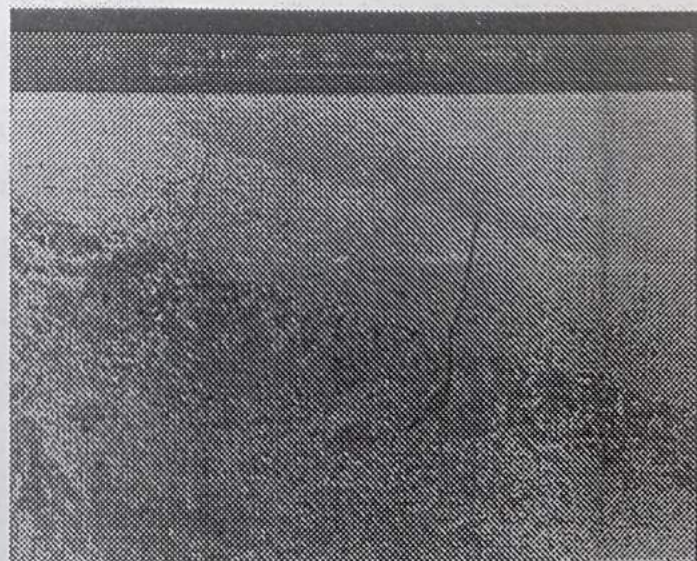
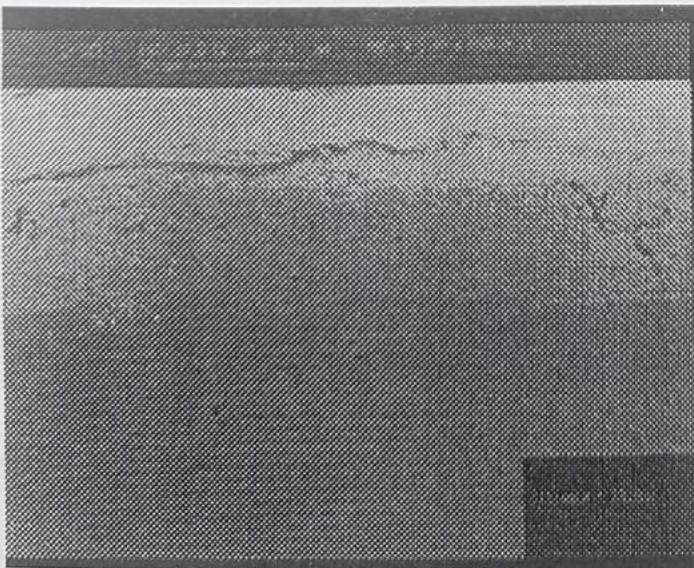
شکل ۳- مکانیزم خوردگی این هادیها توسط یون کلرید



شکل ۵- تصویر ترک شکل قبل در بزرگنمایی بالاتر (۱۵۰۰x)

۴- وجود ترک در پوشش گالوانیزه نمونه مانع شده

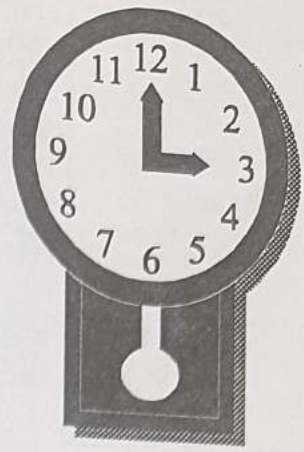
مانت پوشش (۵۰۰x)



شکل ۷- اندازه ضخامت پوشش گالوانیزه از سطح مقطع

۶- وجود رسوبات در کنار پوشش گالوانیزه (۶۵۰x)

عرضی (۱۰۰۰x)



متالورژی از سپیده دم تاریخ تا

امروز (بخش نخست)

گرفتن این سابقه دیرینه، همچنین نقش روزافزون فلزات در زندگی بشر و وجود معادن غنی متعدد در کشورمان لازم است که دست‌اندرکاران متالورژی در شناسایی هر چه بیشتر این رشته کوشا بوده و سطح اطلاعات علمی و فنی سایرین را در این زمینه بالا ببرند.

تاریخچه متالورژی

کاربرد امروزی فلزات، نتیجه تلاش طولانی و گسترده‌ای است که هزاران سال پیش آغاز شده است. دوره فلزات پس از عصر سنگ بوده و از حدود هشت هزار سال پیش شروع

متالورژی (metallurgy) از دو واژه یونانی (metal) به معنی فلز و (ourgein) به معنی کار کردن ترکیب شده است.

گردیده است. به نظر می‌رسد مس نخستین فلزی است که به طور

معنی کار کردن ترکیب شده است. در این جا توجه به این نکته لازم است که حتی بسیاری از متخصصین نیز نام این رشته را «متالوژی» نوشته و تلفظ می‌کنند که با توجه به ریشه کلمه، نادرست است. احتمالاً منشأ این خطا، قیاس نادرستی است که بعضی‌ها در ذهن خود می‌سازند. چون بیولوژی، فیزیولوژی، رادیولوژی و صدها رشته علمی دیگر به لوژی ختم می‌شود، آنها تصور می‌کنند که این رشته علمی هم باید به همان قیاس متالوژی باشد.

متالورژی به عنوان یک علم، نسبتاً جوان است به طوری که هنوز صد سال نیست که فلزات را مورد مطالعه علمی همه جانبه قرار داده‌اند. با همه اینها، متالورژی با اینکه یکی از جوان‌ترین دانش‌ها است، یکی از قدیمی‌ترین فنون نیز هست. شواهد باستان‌شناسی نشان می‌دهد که ساکنین فلات ایران جزو اولین اقوامی بوده‌اند که به کشف فلزات و استفاده از آنها نائل گردیده‌اند. با در نظر

متالورژی، علم یا هنر؟

تعریف «متالورژی یکی از قدیمی‌ترین هنرها و یکی از جدیدترین علوم است»، به خوبی تاریخچه طولانی و جالب رشته متالورژی را بیان می‌کند. از زمانی که بشر فلز را شناخت، متالورژی را به عنوان یک هنر

متالورژی یکی از قدیمی‌ترین هنرها و یکی از جدیدترین علوم است.

فرا گرفت. علم شناخت و استخراج فلزات و هنر کار روی آنها را متالورژی می‌نامند. این علم فرآوری مواد معدنی از کانه‌های آنها (جداسازی از سنگ معدن)، ذوب، تصفیه و تولید شمش بهبود خواص و تهیه آلیاژها و فن کار بر روی فلزات و شکل دادن آنها را در بر می‌گیرد. متالورژی (metallurgy) از دو واژه یونانی (metal) به معنی فلز و (ourgein) به

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 با رنگهای الوان نظیر 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، لذا 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 شناسایی شده اند. مصریان و شاید هندیان بیش از سایر ملل در استخراج طلا از سنگ های آن، توفیق داشته اند. در ایران نیز از دوره هخامنشیان آثار متعددی از طلاونقره خصوصاً در کنار رود جیھون و در شهر همدان کشف شده است.

با گذشت زمان قلع، نقره، سرب و آنتیموان (سنگ سرمه) نیز کشف شدند. فلز کاران سرخ کردن، ذوب فلزات و آمیختن آنها را تجربه کرده اند و به شناخت تجربی آلیاژها توفیق یافتند. پی بردن به اینکه فلزات را می توان ذوب کرد و در قالب هایی 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 تهیه فلزات از

متالورژی
(metallurgy) از دو واژه
یونانی (metal) به معنی
فلز و (ourgein) به معنی
کار کردن ترکیب شده
است.

کافی های حاوی فلز نیز گام مهم دیگری در این راستا بود. پیشرفت های متالورژی ارتباط تنگاتنگی با رشد تمدن بشری داشت.

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 بیشتر بوده 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 بازرزی در دست است که انسان مزایای استفاده از مفرغ را خیلی زود دریافت. از جمله این شواهد: خنجرها، سرنیزه 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 زیادی نیکل موجود در آن است. دانشمندان به کمک روشهای مختلف 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 زیورآلات استفاده می کردند. در عهد حمورابی، یعنی حدود ۴۰۰۰ سال پیش، بهای آهن هشت برابر نقره و معادل سه ربع بهای طلا بوده است.

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. ضمناً برای دمش هوا از فوتک های بزرگ یا سیستم بادخور 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



پیچیده‌تری دارد. از جمله این که احیای آهن به دمای بسیار زیاد تری نیاز دارد و به همین نسبت پیشرفت آن کندتر بوده است. نخستین مورد استخراج آهن به حدود سال ۱۳۰۰ پیش از میلاد باز می‌گردد.

در دوران باستان در ایران، بین‌النهرین، مصر، یونان و روم مجموعاً هفت فلز شناخته و به کار برده شده اند که شامل: طلا (زر)، نقره (سیم)، آهن، سرب (آبار)، قلع (ارزیز) و جیوه (سیماب) می‌باشند. آثار باستانی و

نشو و نماهای باستان شناسی نشان می‌دهد که ساکنین فلات ایران جزو اولین اقوامی بوده اند که به کشف فلزات و استفاده از آنها نائل گردیده اند.

مطالعه آثار ادبی ایران نشان می‌دهد که ایرانیان باستان از علوم و فنون متالورژی آگاهی داشته اند و حتی نام فلزات کشف و یا تولید شده در آن دوران را به صورت نمادی بر روی سیارات آسمانی گذاشته بودند. 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. تولید صنعت برنج، یکی از گامهای مهم رومی ها در راه پیشرفت

متالورژی بود.

متالورژی از سال ۵۰۰ پیش از میلاد تا ۱۵۰۰ میلادی

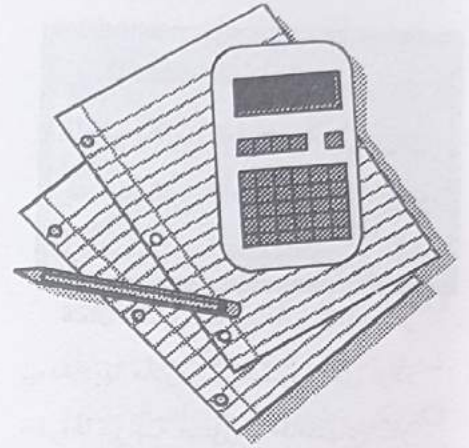
تا سال ۵۰۰ پیش از میلاد پیشرفتهای فنی قابل ملاحظه ای در استخراج معادن و باز یابی سنگ معدن ها انجام شد؛ پیشرفتهایی که مشخصاً با آغاز بررسی های علمی در متالورژی پیوند داشت. تا این زمان معادن غنی نقره حاوی سرب در یونان استخراج شده بود که به عمق چند صد متر می‌رسید. به دست آوردن نقره و سرب از کانیهای این 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 می‌توان 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 می‌شناختند، در هند آغاز شد. این روش، فرایند «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 می‌شناختند.

سرب نیز فلز شناخته شده ای بود و از آن ورق و لوله می‌ساختند. از لوله‌های سربی در شبکه های آبرسانی استفاده می‌شد. قلع را رومیها برای پوشش دادن ظروف غذا به کار می‌بردند.

طی سده های نخستین میلادی، دانشمندان زیادی به نام کیمیاگر معتقد بودند که می‌توان عنصری را به عنصر دیگر تبدیل کرد. گرچه آنها به هدفشان نرسیدند، اما تلاشهای کیمیاگران به شناخت بهتر فلزات و ترکیبات آنها کمک مؤثری کرد و اساس شیمی نوین را بنا نهاد. از حدود قرن ششم میلادی و در مدت هزار سال پس از آن، مهم ترین ابداعات در علم متالورژی، در زمینه متالورژی آهن و فولاد بود. بریتانیا که معادن سنگ آهن بسیاری داشت، یکی از مهمترین مناطق تولید آهن و فولاد بود. نخستین استفاده مفید از آهن به دست آمده از کوره‌های سده‌های 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 نمی‌توان آنرا چکش کاری با نورد کرد.

نیمه هادی



(SEMICONDUCTOR)

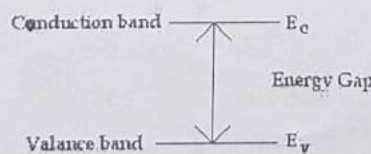
دریافت کند میتواند از باند تعادل به باند هدایت رود و در هدایت الکتریکی نقش بازی کند. این مقدار انرژی را E_g برای Energy Gap (E_g) می نامیم. عایقها زیاد و برای فلزات کم است. اگر بخواهیم تعریفی دیگر برای نیمه هادیها داشته باشیم، می توانیم بگوییم، نیمه هادیها اجسامی هستند که E_g آنها بین عایقها و فلزات است. E_g از خواص

ممکن است در میدانهای خیلی قوی جریان از آنها عبور کند. مقاومت ویژه عایقها بیشتر از 10^{10} اهم سانتیمتر است. نیمه هادیها اجسامی هستند که مقاومت ویژه آنها بین 10^2 و 10^8 اهم سانتی متر است و قابلیت هدایت الکتریکی آنها کمتر از هادیهاست ولی قابل کنترل است.

بر اساس مدل اتمی بوهر، تجمع الکترونها در اطراف هسته را می توان بصورت پوسته هایی در نظر گرفت که هرچه دورتر باشند، انرژی کمتری برای جداسازی آنها از اتم لازم است. در واقع

از نظر قابلیت هدایت الکتریکی، اجسام را می توان به سه دسته عایق، هادی و نیمه هادی تقسیم نمود. هادی ها عناصر یا ترکیباتی هستند که جریان الکتریکی را از خود عبور می دهند، یا به عبارتی مقاومت مخصوص آنها کمتر از 10^{-2} اهم سانتیمتر است. مثل نقره، مس و آلومینیوم. عایق ها اجسامی هستند که

نیمه هادیها در دماهای پایین هدایت الکتریکی کمی دارند و حتی در دمای صفر مطلق مثل عایق عمل می کنند، ولی در دماهای بالاتر است که الکترونهای آزاد و حفره ها در نیمه هادی بوجود آمده و نقش هدایت الکتریکی را به عهده می گیرند.



اگر برای الکترونها در اتم دو سطح انرژی در نظر بگیریم (مطابق شکل ۳)، یک سطح تعادل و یک سطح هدایت، اگر الکترونی انرژی کافی

نیمه هادیها اجسامی هستند که مقاومت ویژه آنها بین 10^2 و 10^8 اهم سانتی متر است و قابلیت هدایت الکتریکی آنها کمتر از هادیهاست ولی قابل کنترل است.

در میدانهای الکتریکی معمولی جریان الکتریکی را هدایت نمی کنند، ولی

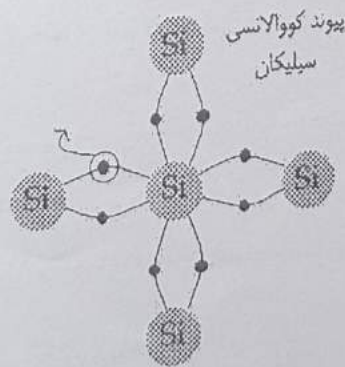
نیمه هادیهاست. مثلاً ما در دیود

بالعکس و به عبارت دیگر در بلور خالص همواره و در هر دما تعداد حفره ها و تعداد الکترونهاى آزاد با هم مساویند.

از نظر قابلیت هدایت الکتريکى، اجسام را مى توان به سه دسته عايق، هادى و نيمه هادى تقسيم نمود.

همان طور که يادآور شدیم در نيمه هادىها علاوه بر الکترونهاى آزاد، حفره ها نیز به صورت حاملهاى بار الکتريکى در هدایت جريان دخالت مى کنند. در واقع هر حفره نمايانگر یک بار مثبت است که مؤلفه اى از جريان الکتريکى را بوجود مى آورد. اما جابجايى اين حفره ها به چه صورت است؟ برای اين موضوع مثالى مى زنيم: فرض کنيد ده نفر در یک ردیف کنار هم ايستاده اند. حال از انتهای صف نفر اول به اندازه n یک قدم از بقیه فاصله مى گيرد، پس یک جای خالی ايجاد مى شود. حال نفر بعدى اين جای خالی را پر مى کند و یک جای خالی ديگر بين نفر دوم و سوم ايجاد مى شود و حرکت به اين ترتيب ادامه مى يابد تا نفر آخر. در نتیجه کل صف يعنى هر نفر به اندازه n یک قدم در جهتی خاص جابجا شده است، ولی ما مى توانيم بگويم که یک جای خالی نیز در اين حرکت افراد در جهت مخالف جهت مذکور جابجا شده است. حرکت حفره ها نیز بدین ترتيب است، يعنى وقتى با رها شدن یک الکترون

مى کند اما range کمتری دارد ولی n را برای اين منظور مى توان تغییر داد. در نيمه هادىها هدایت الکتريکى توسط دو نوع حامل بار الکتريکى صورت مى گيرد، الکترونهاى آزاد و حفره ها. مهمترين نيمه هادىها در الکترونیک سيلیکان (Si) و ژرمانيوم (Ge) هستند. اين دو عنصر علیرغم داشتن چهار الکترون در لایه ظرفيت خود در دمای معمولی از هدایت الکتريکى خوبى برخوردار نيستند و در دمای صفر مطلق مثل عايق عمل مى کنند، زیرا چهار الکترون ظرفيت هر اتم در پیوندهاى کووالانسی چهار اتم مجاور خود قرار گرفته اند. در واقع اين الکترونها، الکترونهاى آزاد نيستند که بتوانند در هدایت الکتريکى نقش داشته باشند. وقتى یک الکترون در اثر دريافت انرژی از پیوند خودش بيرون آيد مى تواند در هدایت الکتريکى نقش داشته باشد. پس برای افزايش رسانایی (σ) بايد کاری کنيم که تعداد الکترونهاى بيشتري از پیوند جدا شوند. در اين فرآيند جای خالی



الکترونها را حفره مى ناميم. پس ما هميشه در بلور خالص به ازای هر حفره یک الکترون آزاد داريم و

نورى E_g را به صورت نور مى بينيم $E_g = h\nu = \gamma$ فرکانس نور و h ثابت پلانک است.

سيليسوم (Si) و ژرمانيوم (Ge) دو عنصر نيمه هادى هستند و از ترکيبات نيمه هادى مى توان به InP و InSb اشاره کرد که از ترکيبات گروه III و گروه V جدول تناوبى هستند و آنها را ترکيبات III-V مى نامند. در حال حاضر برای فشرده تر کردن CDها از نيمه هادىهاى III-V استفاده مى شود (ليزر تابشى برای خواندن آنها را focus تر مى کنند). در واقع هدف از توليد نيمه هادىهاى مرکب کنترل E_g است زیرا همان طور که گفتيم E_g از جمله مشخصه هاى هر نيمه هادى است. مثلاً در مثال فوق برای کانونى تر کردن ليزر و در نتیجه فشرده تر کردن CD ما به E_g مخصوصى نياز داشتيم که با استفاده از ترکيبات گروه III و گروه V به هدف خود مى رسيم.

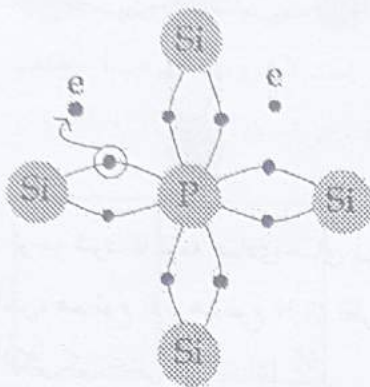
$$V = \mu E, J = nqV \rightarrow J = nq\mu E \quad (1)$$

$$J = \sigma E \rightarrow \sigma = nq\mu \quad (2)$$

V سرعت حرکت الکترون، μ (mobility) قابليت حرکت، E ميدان الکتريکى، J چگالى جريان، n چگالى الکترون در واحد حجم، q بار الکترون، σ هدایت الکتريکى.

رابطه ۱، در واقع بيان نقطه اى قانون اهم است. در واقع ما مى خواهيم رسانایی (σ) بيشتتر باشد زیرا مى توانيم با ميدان کمتری، جريان توليد کنيم. در رابطه ۲، q ثابت است و μ با دما تغيير

ناخالصی های بخشنده (donor) گویند که الکترون زیادی دارند. مثلاً در



فسفر (P) که در لایه ظرفیت خود پنج الکترون ظرفیت دارد، مطابق شکل یک الکترون آزاد در پیوند با Si باقی می ماند که می تواند در هدایت الکتریکی نقش داشته باشد. پس با افزودن ناخالصی های پنج ظرفیتی، تعداد الکترونهای آزاد را در نیمه هادی بالا می بریم. پس در نیمه هادیهای نوع N تعداد الکترونهای آزاد بیشتر از تعداد حفره هاست.

اگر ناخالصی را که به نیمه هادی اضافه می کنیم از عناصر گروه III باشد نیمه هادی را نوع P (p-type) گوئیم. در نیمه هادی نوع p تعداد حفره ها بیشتر از تعداد الکترونهای آزاد است. ناخالصی های گروه III را که در لایه ظرفیت خود کمبود الکترون دارند، ناخالصی پذیرنده (acceptor) نیز می نامند که باعث بالا رفتن چگالی حاملهای مثبت یا حفره ها می شود. از جمله ناخالصی های نوع P می توان بور (B)، ایندیوم (In) و گالیوم (Ga) را نام برد.

یک بررسی نشان می دهد که (به اعداد زیر توجه شود) چگالی حاملهای بار الکتریکی در نیمه هادی خالص و در دمای معمولی و در مقایسه با چگالی الکترونهای آزاد در فلزات بسیار ناچیز بوده و در نتیجه قابلیت هدایت الکتریکی نیمه هادی در حالت خاص و در دمای معمولی میلیونها برابر کمتر از فلزات است.

مقدار چگالی خالص الکترونهای

آزاد در دمای 25°C برای بلور سیلیکان

$$n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

مقدار چگالی خالص الکترونهای

آزاد در دمای 25°C برای بلور ژرمانیوم

$$n_i = 2.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$$

مقدار چگالی خالص الکترونهای آزاد

در دمای 25°C برای فلزات

$$\rho \approx 10^{23} \text{ cm}^{-3}$$

n_i را چگالی الکترونهای آزاد در

یک نیمه هادی خالص (intrinsic) گویند

که به دما و جنس ماده بستگی

دارد. همانطور که می بینیم n_i برای

سیلیکان یک هزارم ژرمانیوم است ولی

با اینحال سیلیکان بیشتر استفاده

می شود چون ارزان تر است.

برای افزودن چگالی الکترونهای

آزاد به نیمه هادی، ناخالصی اضافه

می کنند (doping) که این ناخالصی یا از

گروه III یا از گروه V جدول تناوبی

است. افزودن ناخالصی های گروه V از

قبیل فسفر (P)، آنتیموان (Sb)

و آرسنیک (As) باعث افزایش چگالی

الکترونهای آزاد در بلور خواهد شد. به

این خاطر به این

ناخالصیها، ناخالصی های نوع N یا

آزاد از پیوند کووالانسی خود یک حفره بر جای می ماند، یک الکترون ظرفیت از یک پیوند مجاور می تواند پیوند خود را شکسته و حفره قبلی را پر کند. با این کار حفره جدیدی بوجود می آید که محل آن با محل حفره قبلی متفاوت است به عبارت دیگر ما یک جابجایی حفره داریم که جهت آن در خلاف جهت حرکت الکترون است. البته شایان ذکر است که در حالتی که هیچگونه میدان الکتریکی خارجی به بلور اعمال نشود، این جابجایی حاملهای مثبت نیز مشابه حرکت الکترونهای آزاد یک حرکت تصادفی بوده و دارای سمت و سوی خاصی نخواهد بود. در ضمن تأکید بر این نکته لازم است که حرکت حفره ها از پر شدن یک حفره توسط الکترون ظرفیت یک اتم مجاور ناشی می شود نه توسط یک الکترون آزاد، زیرا در این عمل باید حفره جدیدی تشکیل شود. پر شدن حفره توسط الکترون آزاد، منجر به از دست رفتن یک الکترون آزاد و یک حفره می شود، بدون اینکه حفره جدیدی بوجود آید. [2]

ناخالصی در نیمه هادیها

قبلاً ذکر کردیم که نیمه هادیها در دماهای پایین هدایت الکتریکی کمی دارند و حتی در دمای صفر مطلق مثل عایق عمل می کنند، ولی در دماهای بالاتر است که الکترونهای آزاد و حفره ها در نیمه هادی بوجود آمده و نقش هدایت الکتریکی را به عهده می گیرند.

۱- مؤلفه جریان نفوذی (diffusion)

۲- مؤلفه جریان رانشی (drift)

اگر چگالی حاملها غیر یکنواخت باشد، حاملها از محل با چگالی بیشتر به محل با چگالی کمتر حرکت می کنند و در اثر حرکت این الکترون ها یا حفره ها یک مؤلفه جریان بوجود می آید که به آن مؤلفه جریان نفوذی (diffusion) گویند و آن را با J_n نمایش می دهیم و داریم:

$$J_n = qD_n \left(\frac{dn_x}{dx} \right) \quad \text{و} \quad J_p = -qD_p \left(\frac{dp_x}{dx} \right)$$

D_p ضریب نفوذ

حرکت حاملها در اثر میدان الکتریکی خارجی باعث ایجاد یک مؤلفه جریان می شود. به جریانی که در اثر این حرکت ایجاد می شود جریان drift گوئیم. $J_n = qN\mu_n E$ [2]

اگر چگالی حامل غیر یکنواخت باشد، ممکن است هم diffusion داشته باشیم و هم drift، ولی اگر میدان خارجی وجود داشته باشد، حتماً drift داریم.

اتصال P-N (P-N junction)

یک پیوند P-N از کنار هم قرار گرفتن نیمه هادیهای نوع P و N بوجود می آید. در ناحیه پیوند، ساختمان بلور باید پیوستگی خود را حفظ کرده باشد، یعنی چنین پیوندی را نمی توان از به هم چسباندن دو قطعه بلور به دست آورد. برای شکل گرفتن یک پیوند P-N سه روش زیر وجود دارد که دوتای اولی روشهای قدیمی هستند:

نظر از تعداد و نوع ناخالصی در رابطه زیر صدق می کنند $np = n_i^2$ که n_i چگالی خالص است که با بالا رفتن دما، افزایش می یابد. در نیمه هادی نوع N، چگالی الکترونهای آزاد (n) تقریباً برابر N_D بوده و چگالی حفره ها P_D برابر است با:

$$P_N \approx n_i^2 / N_D$$

در نیمه هادی نوع P چگالی حفره ها برابر با N_A بوده و چگالی الکترونهای آزاد (n_p) برابر است با:

$$n_p \approx n_i^2 / N_A$$

با توجه به روابط اخیر، چون چگالی حاملهای اقلیت به n_i بستگی دارد و n_i تابع دماست. پس چگالی حاملهای اقلیت نیز تابع دماست و با ازدیاد دما به سرعت افزایش می یابد.

اصل خنثی بودن مجموع بارهای الکتریکی در نیمه هادیها (charge neutrality)

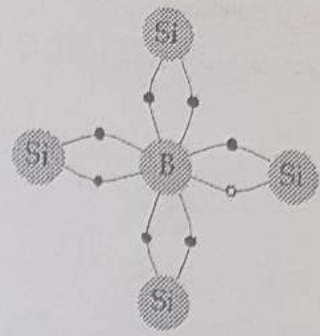
اگر به یک قطعه نیمه هادی، ناخالصی های P و N توأمأ اضافه شود نمی توان از روابط فوق برای بدست آوردن چگالی الکترونهای آزاد و حفره ها استفاده کرد. در این حالت با فرض اینکه چگالی ناخالصی ها در سراسر قطعه یکنواخت است می توان نوشت:

$$P + N_D = n + N_A$$

این معادله در حقیقت بیان تعادل بین بارهای الکتریکی مثبت و منفی است. (مرجع اولی)

مؤلفه های جریان الکتریکی در نیمه هادیها

برای حرکت حاملها در نیمه هادیها دو مکانیزم وجود دارد:



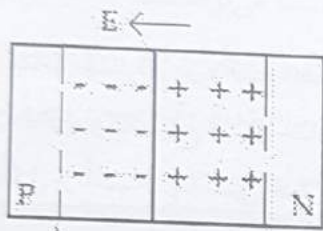
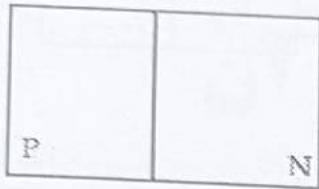
توجه شود که نیمه هادی های ناخالص، هم نوع P و هم نوع N، از نظر بار الکتریکی خنثی هستند. [2]

در یک نیمه هادی نوع N، اکثریت حاملهای بار الکتریکی را الکترونهای آزاد تشکیل می دهند. به همین دلیل در نیمه هادی نوع N، الکترونهای آزاد را حاملهای اکثریت (majority carrier) و حفره ها را حاملهای اقلیت (minority carrier) گویند. به همین ترتیب در نیمه هادی نوع P، اکثریت حاملهای بار الکتریکی را حفره ها تشکیل می دهند. پس در نیمه هادی نوع P، حفره ها را حامل های اکثریت و الکترونهای آزاد را حاملهای اقلیت گویند. هدایت الکتریکی در نیمه هادی عمدتاً توسط حاملهای اکثریت (majority carrier) صورت می گیرد. بنابراین در نیمه هادی نوع N، الکترونهای آزاد و در نیمه هادی نوع P، حفره ها عامل عمده هدایت جریان الکتریکی هستند.

قانون اثر جرم (Mass action law)

در بررسی های نظری نشان داده می شود که چگالی حفره ها (p) و چگالی الکترونهای آزاد (n) در هر نیمه هادی اعم از خالص یا ناخالص، صرف

الکتریکی بوجود می‌آید ولی این فرآیند ادامه پیدا نمی‌کند، زیرا مثلاً الکترونهای بعدی که می‌خواهند از طرف N بیایند، تجمع بار منفی باعث نیروی دافعه شده و حرکت الکترونها در حد معینی متوقف می‌شود. در نهایت ناحیه ای



Space Charge Region

مطابق شکل از x_p تا x_n در اطراف پیوند از حاملهای بار الکتریکی آزاد تخلیه می‌شود. این ناحیه را ناحیه تهی یا انتقال گویند. در بخشی از ناحیه تهی که در طرف N قرار دارد یونهای مثبت و در طرف P یونهای منفی ساکن شده اند، به همین دلیل این ناحیه را ناحیه بار فضایی یا (SCR) گویند.

حرکت الکترونها باعث ایجاد میدان الکتریکی شده و یک سد پتانسیل (potential barrier) بوجود می‌آورد، که اختلاف پتانسیل در ناحیه تهی از روابط زیر به دست می‌آید:

$$V_0 = V_T \ln(N_A N_D / n_i^2)$$

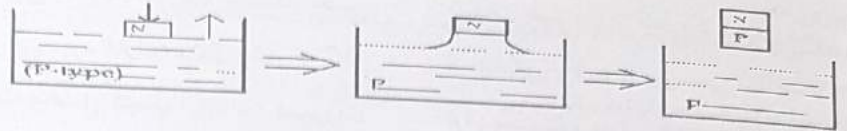
ثابت می‌شود که اندازه ناحیه W_{xp}

از روابط زیر به دست می‌آید: [1]

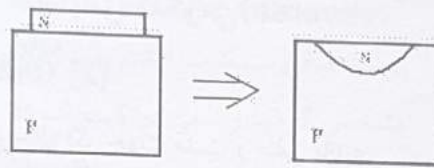
$$x_p = [2\epsilon V_0 / (q N_A (1 + N_A / N_D))]^{1/2}$$

$$x_n = [2\epsilon V_0 / (q N_D (1 + N_D / N_A))]^{1/2}$$

$$W = x_p + x_n \quad [1]$$



شیمیایی محافظت می‌شود. حال اگر بلور را در کوره های مخصوص حرارت داده و در معرض نیمه هادی نوع P قرار دهند، اتمهای پذیرنده نیمه هادی نوع P از سطوحی که فاقد لایه



اکسیدی باشند به درون بلور نفوذ کرده و یک پیوند P-N را بوجود می‌آورد. (سطوح خورش نشده اکسید غیر قابل نفوذ می‌باشد) [2]

رفتار یک پیوند P-N

در یک P-N junction در ناحیه N چگالی الکترونهای آزاد بیشتر از ناحیه P است و نیز در ناحیه P چگالی حفره ها بیشتر از ناحیه N است. این اختلاف چگالی باعث انتشار الکترونهای آزاد از ناحیه N به طرف ناحیه P و نیز انتشار حفره ها از ناحیه P به طرف ناحیه N می‌شود. حرکت الکترونهای آزاد از طرف ناحیه N به ناحیه P باعث می‌شود حفره های ناحیه P در محل نزدیکی پیوند خنثی شوند و از طرف دیگر حفره هایی که از طرف P به ناحیه N نفوذ می‌کنند، باعث خنثی شدن الکترونهای آزاد ناحیه N در نزدیکی پیوند می‌شوند. در این عمل تغییر بار

پیوند رشد یافته grown junction
پیوند آلیاژی alloy junction
فن آوری صفحه ای planar technology

۱- پیوند رشد یافته

(grown junction)

در این روش نیمه هادیهای نوع P را ذوب کرده یک تکه از نیمه هادی نوع N را با P مذاب تماس داده و آرام آرام بیرون می‌کشند، بعد اگر سرعت بالا کشیدن را بیشتر کنیم، اتصال P-N حاصل می‌شود.

۲- پیوند آلیاژی (alloy junction)

(junction)

در این روش روی سطح نیمه هادی نوع P، آلیاژی حاوی ناخالصی های گروه V (N-type) قرار داده و آن را حرارت می‌دهند. آلیاژ ذوب شده در لایه های پایینی ته نشین می‌شود.

۳- فن آوری صفحه ای

(planar technology)

در این روش ابتدا با حرکت دادن در مجاورت اکسیژن یک لایه نازک از اکسید سیلیکان بر روی قطعه بلور نوع N ایجاد می‌شود. بعد لایه اکسید در محلهای مورد نظر با خورش شیمیایی برداشته می‌شود. قسمتهایی از لایه اکسید که نباید برداشته شود توسط یک نقاب مخصوص در مقابل خورش

قطعات مهم و پر کاربرد الکترونیکی هستند) پی بردیم به بررسی ساختمان ترانزیستور پیوندی دو قطبی (BJT) می پردازیم، که قسمت بسیار مهم و وسیعی از قطعات الکترونیکی هستند.

ساختمان ترانزیستور پیوندی دو قطبی (bipolar junction transistor)

ترانزیستور پیوندی دو قطبی (BJT) از اتصال سه لایه بلور نیمه هادی تشکیل می شود:

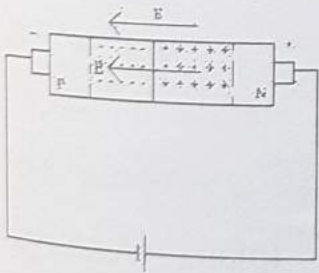
۱- لایه وسطی base

۲- لایه جانبی emitter

۳- لایه جانبی collector

نوع بلور base با نوع بلورهای emitter و collector متفاوت است.

در ترانزیستورهای PNP، بلور base از نوع نیمه هادی N و در ترانزیستورهای NPN، بلور base از نوع نیمه هادی P است. [2]



معمولی حدود 0.7 ولت است، یعنی اگر این دیود هارا به ولتاژ بیشتر از 0.7 ولت متصل کنیم، البته به صورت forward bias، دیود روشن شده و جریان در آن برقرار می شود، یعنی الکترونها حرکت می کنند و چون بعضی از این الکترونها توسط بارهای مثبت خنثی می شوند پس تحت forward bias، پهنای انتقال کمتر می شود. [2]

۲- بایاس معکوس (reverse bias)

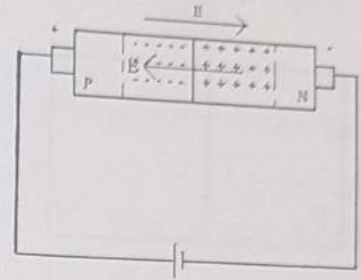
[2] (bias)

حال اگر جهت مثبت و منفی باندی را عوض کنیم پیوند P-N را بایاس معکوس کرده ایم. پتانسیل خارجی باعث تقویت میدان داخلی می شود، یعنی قطب منفی باتری هم به تجمع الکترونها کمک می کند و به شدت از حرکت الکترونها ممانعت می کند. در این حالت گفته می شود دیود بایاس معکوس شده و از آن جریانی نمی گذرد. پهنای باند انتقال هم در این فرآیند زیاد می شود. حال که به کاربرد نیمه هادیها در ساختمان دیودها (که از

اتصال پیوند P-N به ولتاژ خارجی

۱- بایاس مستقیم (forward)

[2] (bias)



بایاس کردن در واقع اتصال پیوند P-N به یک منبع ولتاژ خارجی است. قبل از اعمال پتانسیل خارجی، الکترونها به دلیل دافعه تجمع الکترونها نمی توانند حرکت کنند، ولی حالا یک میدان خارجی بر خلاف این میدان ایجاد شده که اگر این میدان خارجی قویتر از میدان داخلی باشد، سد پتانسیل از بین می رود و باعث می شود که الکترونها از سد پتانسیل عبور کنند. ساختمان دیودها درست مثل این مورد است. دیودها از جمله قطعات پر کاربرد الکترونیکی هستند. ولتاژ داخلی، یعنی ولتاژ پهنای انتقال، در دیودهای

References:

۱- مبانی الکترونیک، جلد اول، تألیف دکتر سیدعلی میرعشقی، نشر شیخ بهایی

2. Jacob Millman, "microelectronics: digital and analog circuits and systems"

ذوب و ریخته گری سفاله‌های برنجی و تعیین

تلفات سرب و روی موجود در آن

بشر از دیر باز به مس به عنوان فلزی که می‌توانست بسیاری از نیازهای او را برطرف کند نگاه میکرد. از جمله ساخت ظروف مسی و یا در بعضی موارد ساختن وسایل و ابزار

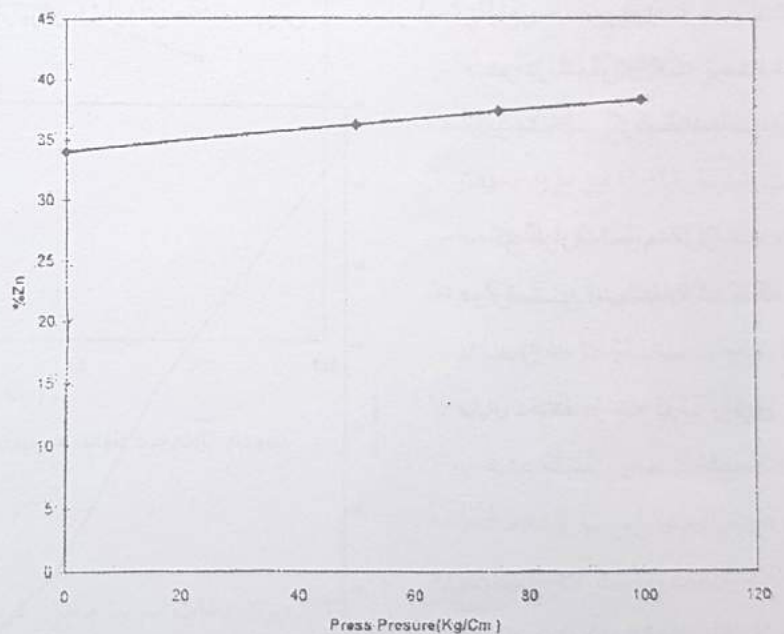
از آنجا که قطعات تولید شده برنجی در حین تراشکاری دارای براده و ضایعات هستند، توجه به این براده‌ها و استفاده مجدد از آنها امری ضروری بنظر می‌رسد.

آلات مسی. این نگاه به مس سستی و تجربی بوده تا اینکه کم کم شکل و صورت علمی بخود گرفت و استفاده از مس نه تنها علمی‌تر و آگاهانه‌تر صورت گرفت بلکه با استفاده از عناصر دیگر در مس، آنرا بعنوان آلیاژی دارای خصوصیات و شرایط منحصر بفرد ساخت. یکی از این عناصر، روی (Zn) بود که توانست با مس آلیاژ برنج را بسازد. برنج به دلیل شرایط ویژه خود، نظیر مقاومت به خوردگی و رنگهای متنوع، به زودی جای خود را در صنعت باز کرد و روز به روز به فهرست استفاده‌کنندگاناش افزوده شد. از آنجا که قطعات تولید شده برنجی در

مرتب به هم سفاله بدن پرس شدن ذوب گردید و سپس درصد تلفات روی آنها توسط میکروسکوپ الکترونی SEM مشخص گردید و سعی در کم کردن تلفات روی با ذوب مجدد و افزودن

چکیده:

ذوب سفاله‌های برنجی بدلیل سطح تماس بسیار زیادی که دارند، عملاً موجب تلفات بسیار و اکسید شدن زیاد این سفاله‌ها می‌گردد. همچنین بدلیل



نمودار 1) درصد روی نمونه‌ها بر اثر فشار پرس

روی به سفاله‌ها گردید. در نهایت مشخص گردید که با بالا رفتن فشار پرس میزان تلفات روی در این سفاله‌ها کمتر گردیده و همچنین با بالا رفتن وزن شارژ نیز میزان تلفات روی کمتر گردید.

مقدمه:

فشار بخار بالای روی در ذوب برنجها با مشکل تلفات بالای روی مواجه ایم که اگر شارژ فقط براده خالی باشد این تلفات چندین برابر خواهد گشت. به منظور کم کردن تلفات روی در این سفاله‌ها، سفاله‌ها تحت سه فشار متفاوت، پرس و ذوب گردیدند. یک

حین تراشکاری دارای براده و ضایعات هستند، توجه به این براده‌ها و استفاده مجدد از آنها امری ضروری به نظر می‌رسد. هر چند که اکثر کارخانجات و کارگاه‌های ذوب ریزی بر این امر توجه داشته و از این محصول نیز به عنوان شارژ کوره خود استفاده می‌کنند، اما در این پژوهش سعی شده که با دید علمی‌تری به این مساله توجه شود.

روش تحقیق:

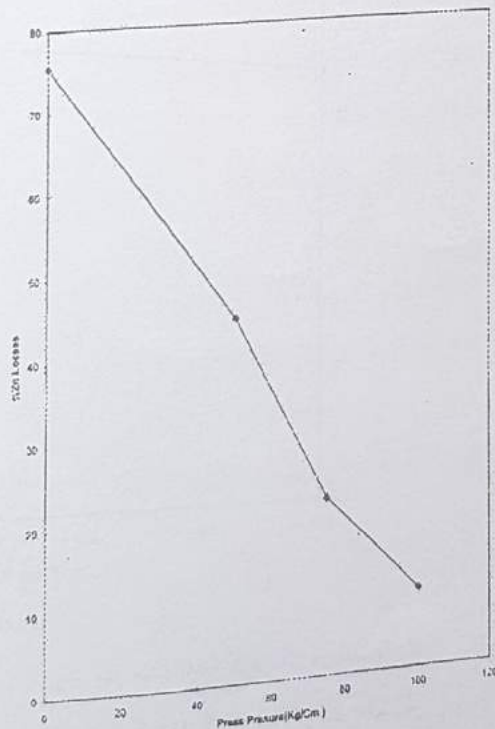
۱- مواد مصرفی:

مواد مصرفی، براده‌های تراشکاری برنج خوش تراش (۶۰۴۰) محصول کارخانه مس شهید باهنر کرمان بودند.

۲- روش آزمایش:

ابتدا سفاله‌های برنجی بخاطر پاک شدن چربی، شستشو داده شدند و سپس از آهن ربا به منظور جدا کردن براده‌های آهنی در سفاله‌ها استفاده گردید. هم چنین بخاطر سطح تماس زیاد سفاله‌ها و خطر اکسید شدن آنها، سفاله‌ها پرس شدند، برای چسبندگی و استحکام بیشتر سفاله‌ها از چسب سیلیکات سدیم به میزان (یک درصد) استفاده گردید. همراه با سفاله‌ها و چسب از بوراکس نیز به منظور حفاظت در حین ذوب استفاده گردید. نمونه‌ها در سه فشار به ترتیب 50 Kg/cm^2 (۴,۹ Mpa)، 75 Kg/cm^2 (۷,۳۵ Mpa) و 100 Kg/cm^2 در یک قالب فولادی از جنس (SPK ۱۰۰) به صورت استوانه‌ای به ابعاد mm $H=D=30$ ، فشرده گشتند.

برای مقایسه تلفات ذوب نمونه‌های پرس شده با نمونه پرس نشده ابتدا سفاله پرس نشده ذوب گردید که برای این کار، ابتدا در کف بوتله مقداری بوراکس (۰,۵٪) قرار داده و سفاله روی آن ریخته و پس از آن مقداری بوراکس (۰,۵٪) به آن اضافه گشت، پس از خمیری شدن ذوب در دمای حدود ۹۰۰ درجه سانتی گراد حدود (۱٪) سیلیس داخل بوتله ریخته و پس از ذوب شدن کامل دمای حدود ۱۱۰۰ درجه سلسیوس، بوتله از کوره خارج گردید و در یک قالب چدنی پیشگرم شده بصورت شمش ریخته گری شد. همین کار برای فشارهای مختلف پرس



نمودار ۲) درصد تلفات روی بر حسب فشارهای مختلف پرس

انجام گردید. سفاله‌ها قبل از ریخته‌گری و پس از ذوب ریزی توزین گردند. از مرکز شمش نمونه‌هایی به

ابعاد (7mm-3mm-3mm) جدا شده و به منظور آنالیز کمی توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی (SEM) سوهان کاری، سمباده کاری و سپس پولیش گردیدند. با مشخص شدن آنالیز نمونه‌های ریخته شده در ذوب اول و بدست آوردن تلفات روی، به ذوب مجدد همان نمونه‌ها با افزودن مقادیر مناسب روی اقدام گردید.

برای پیدا کردن تلفات، ابتدا وزن روی و سرب موجود در شارژ اولیه برای هر ذوب بر حسب وزن شارژ و آنالیز اولیه سفاله‌ها مشخص شده، بعد از ذوب نیز وزن روی و سرب موجود در شمش را بر حسب وزن و درصد عنصر در شمش را که توسط آنالیز مشخص گردید محاسبه شد.

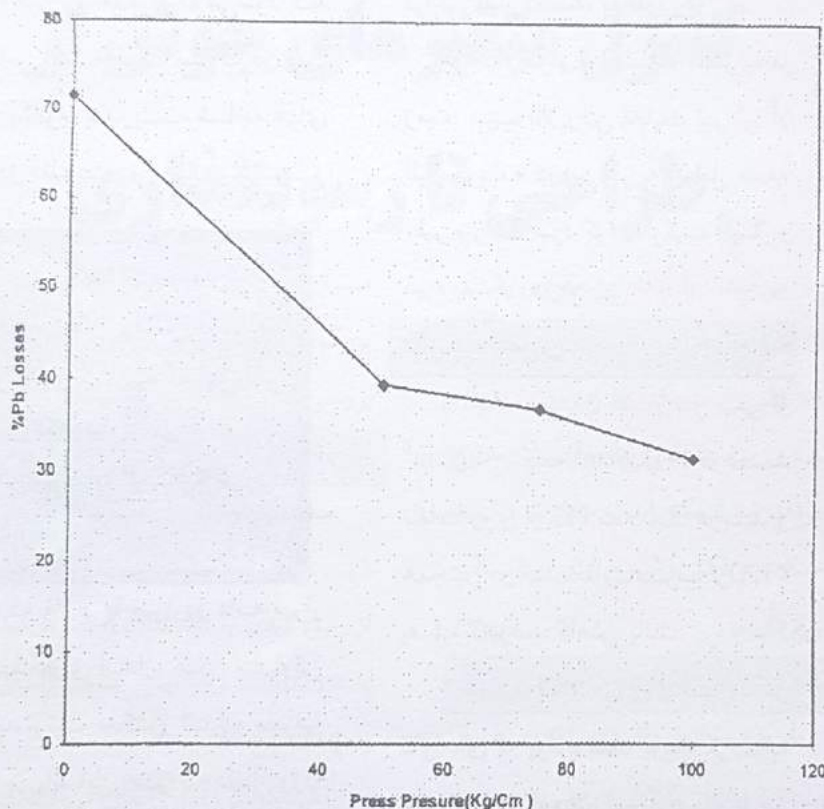
در کد گزاری نمونه‌ها از عدد دو رقمی استفاده شد بدینصورت که رقم سمت چپ نشان دهنده مرحله ذوب ریزی و عدد سمت راست نشان دهنده فشار پرس اعمال بود بدینصورت که نمونه‌های با کدهای ۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۳، نشان دهنده نمونه‌هایی که باز اول ذوب شدند و فشارهای پرس اعمال به ترتیب، ۲۰، ۵۰، ۷۵ و 100 Kg/cm^2 و نمونه‌ها با کدهای ۲۱، ۲۲، ۲۳، معرف نمونه‌هایی که پس از تعیین درصد تلفات اولیه و اضافه کردن روی مجدد به آنها ذوب گردیدند.

جدول ۱ نتایج آنالیز نمونه اولیه را بر حسب درصد نشان میدهد. جدول ۲ آنالیز نمونه‌هایی که در مرتبه اول ذوب شدند و جدول ۳ درصد تلفات سرب و روی موجود در آنها را نشان میدهد. با استفاده از این جداول، نمودارهای ۱ و ۲ رسم گردید که در آنها درصد روی موجود در نمونه‌ها و هم چنین درصد تلفات روی را بر حسب فشارهای مختلف پرس نشان میدهد. با توجه به دیده می‌شود با اضافه شدن فشار پرس، درصد روی در نمونه‌ها بالا رفته. به دلیل این امر فشار پرس بیشتر و کمتر شدن سطح تماس سفاله‌ها بوده که از تلفات روی کم کرده و در ماکزیمم فشار اعمالی (100 Kg/cm^2)، به آنالیز اولیه سفاله ($\text{Zn}, 2, 40\%$) نزدیک شده است. نمودار (۲-۲) نیز مؤید نمودار ۱ بوده و تاثیر کم شدن سطح تماس سفاله‌ها با اتمسفر را در کم کردن تلفات تبخیر روی نشان میدهد.

نمودار ۳ نیز درصد تلفات سرب را بر حسب فشار پرس نشان میدهد. از این منحنی نیز پیداست که با اضافه شدن فشار پرس، شبیه آنچه در مورد روی صادق بود، در مورد سرب نیز درصد تلفات کاهش یافت. با توجه به اینکه رنج افزودن سرب بصورت باز بوده، در مرحله دوم ذوب ریزی، برای نمونه‌های (۲۱ و ۲۲) سرب اضافه نشد، با این کار در آنالیز این نمونه‌ها ($\text{Pb}, 99\%$) مشاهده گشت که با توجه به این درصد سرب، در نمونه‌های بالا، این عدد خیلی کمتر از بقیه اعداد بوده

و بدین دلیل می‌باشد که در ذوب دوم روی به شارژ اضافه گشتو درصد روی در نمونه ۲۱ و ۲۲ بالا رفته بود، همین امر سبب پایین آمدن درصد سرب گردید، به این منظور از ذوب نمونه

مرز $\alpha+\beta/\beta$ را در نمودار فازی مس و روی قطع کرده و وارد منطقه دو فازی $\alpha+\beta$ می‌شود. در این هنگام ذرات α جوانه زده و رشد می‌کنند. نمونه ۲۳ که مقدار درصد روی آن



نمودار ۳) درصد تلفات سرب بر حسب فشارهای مختلف پرس

(۲۳) میزان تلفات سرب منظور گردید و آنالیز سرب در نمونه (۲۳) به میزان ($1.76 \text{ Pb}\%$) مشاهده گردید که خیلی نزدیک به درصد سرب در نمونه اولیه ($1.745 \text{ Pb}\%$) گردید. با توجه به دیاگرام فازی آلیاژ شماره ۲۱، حاوی مقداری فاز α می‌باشد که به صورت سوزن در زمینه β رشد کرده. این آلیاژ پس از تکمیل انجماد و عبور از منطقه تک فاز β

کمتر بود، دندریتها باریکتر و حجم کمتری را نسبت به نمونه ۲-۲۲ تشکیل می‌دهند. همچنین مقایسه درصد سرب بین این دو آلیاژ نشان می‌دهد که در آلیاژ شماره ۲۱، به دلیل وجود سرب کمتر فاز β درشت تر از آلیاژ ۲۳، بوده که نشان دهنده تاثیر سرب بر ریز کردن فاز β می‌باشد. نمونه با کد (۲۲) که به منظور بررسی دانه بندی و مشاهده فاز

سرب بطور کامل اچ نشد. ذرات سرب به صورت پراکنده و عموماً با مقطع دایره ای در کلیه نواحی پراکنده بودند. این امر علاوه بر آنکه به نوع ساختار دانه ای (تبریدی-ستونی و محوری) مربوط می باشد، به نوع جایگیری ذرات سرب نیز وابسته است. به عبارتی حدس زده می شود که بر اساس اینکه ذرات سرب در بین بازوهای ثانویه دندریت، شاخه های اصلی دو دندریت در حال رشد، مرز

ذرات ریز و پراکنده سرب در زمینه، سبب بالا رفتن قابلیت تراش آن آلیاژ گردیده که این امر به عوامل متعدد نظیر سرعت سرد کردن، ترکیب آلیاژ و غیره بستگی دارد.

مشترک دو فاز و یا مرز در دانه قرار می گیرند، دارای اندازه های متفاوتی بوده و به ترتیب مذکور اندازه سرب افزایش می یابد. این امر به دلیل وزن سنگین سرب و همچنین دمای پایین انجماد آن که در دمای انجماد سرب تمامی فازها قبلاً منجمد شده اند، سبب

پس زده شدن سرب از داخل دندریتها و نهایتاً گیر افتادن لابه لای دندریتها گشته و چون تمایل به کم کردن انرژی سطحی دارند عموماً به صورت کروی در انتهای کار منجمد شده اند. نحوه توزیع و اندازه ذرات فاز سرب (موجود در آلیاژ) خود تأثیر بسزایی در خوش تراشی آلیاژ دانسته، به طوریکه

ذرات ریز و پراکنده سرب در زمینه، سبب بالا رفتن قابلیت تراش آن آلیاژ گردیده که این امر به عوامل متعدد نظیر سرعت سرد کردن، ترکیب آلیاژ و غیره بستگی دارد.

نتیجه گیری:

با اضافه شدن فشار بر مس از 50 kg/cm^2 به 100 kg/cm^2 درصد تلفات روی از (۴۴ به ۹،۴) درصد و همچنین در صد تلفات سرب از (۳۹،۶) به ۳۱،۴ درصد کاهش یافت.

۲- درصد تلفات روی و سرب در نمونه ای که پرس نشده بود، به ترتیب ۷۵،۵ و ۷۱،۴۳ و در نمونه ای که با حد اقل پرس 50 kg/cm^2 پرس گردید به ترتیب به مقادیر ۴۴ و ۳۹،۶ کاهش

یافت.

۳- با کم شدن درصد سرب در نمونه ها، فاز β در آلیاژ دو فازی $\alpha + \beta$ ، ضخیم تر گردید.

۴- با اضافه شدن درصد روی، اتصال فازهای α در آلیاژ دو فازی $\beta + \alpha$ ، در بعضی مناطق از بین رفته و از قابلیت تراشکاری و ماشینکاری، کاست شد.

تشکر و قدر دانی:

انجام این پژوهش، جز به یاری و همدلی عزیزانسی که از سر محبت و لطف ما را یاری نموده اند، میسر نبود. جز سپاس کلامی نتوانیم.

آقایان دکتر تمیزی فر و دکتر شبستری به خاطر بذل دانش و تجربیاتشان، سرکار خانم مهندس صالح پور مسئول آزمایشگاه میکروسکوپ الکترونی دانشگاه علم و صنعت ایران و آقای مهندس امیر شیخ غفور که همیشه از کمکهای علمی ایشان برخوردار بودیم.

References:

1. R.R.hill, R.Abbaschian, "physical metallurgy principles", Pws-Kent, USA, third edition 1992.
2. W.F.Smith, "structure and properties of engineering alloys", McGraw Hill, 1981.
3. Source book on copper and copper alloys, American society for metals, 1979.
۴. حکمت رضوی زاده، رامرز وقار، متالورژی مس، دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ اول، سال ۷۰.
5. T.A.Burns, the foseco foundryman's Hand book, ninth edition, 1986.
6. P.K.trogan, T.R.Ostrom, R.A.Flinn, "melt control variables in copper base alloys" AFS transaction, oo.729-744(1982).



کنترل متغیرهای جوش از طراحی تا رسوبگذاری

موارد می‌توانند در دو طبقه‌بندی بزرگ، اثرات شیمیایی و گرمایی مورد بررسی قرار بگیرند.

اثرات شیمیایی:

سه پدیده کلیدی که باعث تغییرات شیمیایی در جوش می‌شوند عبارتند از: رقیق شدن یا dilution، مخلوط شدن یا admixture و جدایش عناصر آلیاژی یا alloy pickup.

رقیق شدن زمانی اتفاق می‌افتد که یک الکتروود پرآلیاژ برای جوش دادن ورقی که درصد کمی از عناصر آلیاژی

عناصر آلیاژی که در این موارد وجود دارند بر دو خاصیت استحکام کششی و چقرمگی یا Toughness کرده جوش اثر می‌گذارند. عناصری مانند کربن، وانسادیوم، کلمبیوم، استحکام و عناصری دیگر نظیر نیکل و منگنز، چقرمگی را بهبود می‌دهند.

دارد استفاده شود. هنگامی که فلز

می‌کند. با آنکه این مقادیر برای مقاصد طراحی استفاده می‌شوند، ولی استحکام فلز رسوب داده شده بنا به دلایلی که مفصلاً بحث خواهد شد ممکن است متفاوت باشد. حال به ذکر و شرح این مطالب می‌پردازیم:

مشخصات فلز پرکننده:

در طبقه‌بندی فلزات پرکننده در استانداردهای AWS خواصی مانند استحکام کششی و تسلیم، مقادیر ازدیاد طول، حداقل مقادیر چقرمگی Charpy و... وجود دارند. احتیاطی که باید در استفاده از این مقادیر کرد، به این علت است که خواص جوش واقعی ممکن است به دلایلی مانند طراحی اتصال، نفوذ، فرآیند و سایر فاکتورها بسیار متفاوت باشد. شناسایی جوش و چگونگی انحراف نسبت به ویژگیهای طبقه‌بندی شده در استانداردها مستلزم دانستن شرایط آزمایش، طبقه‌بندی و پارامترهای جوش واقعی است. این

متغیرهای زیادی وجود دارند که می‌توانند بر خواص کرده جوش اثر گذاشته و باعث انحراف از استانداردهای تعیین شده توسط AWS شوند. درک صحیح این متغیرها و چگونگی کنترل آنها در عملیات

سه پدیده کلیدی که باعث تغییرات شیمیایی در جوش می‌شوند عبارتند از: رقیق شدن یا dilution، مخلوط شدن یا admixture و جدایش عناصر آلیاژی یا alloy pickup.

جوشکاری می‌تواند باعث بالا رفتن کیفیت جوش و ثابت ماندن خواص جوش در یک فرآیند شود. مهندسی بر اساس طبقه بندی الکتروودها، استحکام جوش را پیش بینی می‌کنند. این طبقه‌بندیها یک سری اطلاعات پایه از خواصی مانند استحکام کششی و تسلیم را فراهم

از اندازه الکتروود، ولتاژ، شدت جریان، قطبیت، سرعت جوشکاری و موقعیت جوشکاری. این اثر بصورت حاصلضرب ولتاژ در شدت جریان ضرب در ۶۰، تقسیم بر سرعت حرکت جوشکاری محاسبه می‌شود. البته در هر فرآیند جوشکاری، باید راندمان گرمایی را نیز در نظر گرفت، چون ممکن است بیشتر انرژی به وسیله تشعشع، بود، پاشیدگی فلز مذاب و... به هدر رود. از دیگر اثرات گرمایی می‌توان سرعت سرد شدن و عملیات حرارتی بعد از جوشکاری را نیز نام برد.

نتیجه‌گیری:

متغیرهای زیادی بر کیفیت و خواص جوش نهایی اثر می‌گذارند. آگاهی تمام افرادی که در مراحل مختلف طراحی، ساخت و بازرسی دخیل هستند نسبت به این متغیرها باعث بهبود کیفیت کار در سرویس می‌شود. علاوه بر این، کنترل متغیرهای جوش برای حصول کیفیت، بطوریکه ملاحظات اقتصادی نیز رعایت شوند بسیار مهم است. نهایتاً این طرز عمل جوشکاری است که وفق‌دهنده پارامترهای یک جوش مناسب و ملاحظات اقتصادی است.

درصد وزنی آنهاست، اندرکنش متقابل ممکن است باعث بوجود آمدن اثرات مشترک شود. در این حالت، امکان رخ دادن واکنشهای پیچیده‌ای وجود دارد که از حد مطلبی که در این جا مورد بررسی قرار می‌گیرد فراتر است. عناصر آلیاژی که در این موارد وجود دارند بر دو خاصیت استحکام کششی و چقرمگی یا Toughness گرده جوش اثر می‌گذارند. عناصری مانند کربن، وانادیوم و کلمبیوم، استحکام و عناصری دیگر نظیر نیکل و منگنز، چقرمگی را بهبود می‌دهند.

اثرات گرمایی:

راههای مختلفی وجود دارند که در آنها اثرات گرمایی باعث تغییر خواص جوشها در عمل نسبت به خواص گزارش شده در آزمایشهای استاندارد می‌شوند. به عنوان مثال، تفاوت در میزان پیش گرم کردن در عمل باعث تغییراتی در استحکام و چقرمگی گرده جوش می‌شوند. دمای پیش گرم کردن بین پاسهای جوشکاری باعث کاهش استحکام تسلیم و کششی جوش شده و انرژی شکست را افزایش می‌دهند. میزان گرمای ورودی یا heat input نیز ممکن است متفاوت باشد. متغیرهایی که در آزمایشات طبقه‌بندی فلزات پراکنده برای تعیین میزان گرمای ورودی در نظر گرفته می‌شوند، عبارتند

پرآلیاژ با فلز کم آلیاژ مخلوط شود، یک مخلوط ساخته شده و فلز پرآلیاژ رقیق می‌شود. admixture چیزی جز نوعی اختلاط ماده نیست. فلزات پایه و فلزات پرکننده ممکن است خواص کاملاً متفاوتی با یکدیگر داشته باشند. هنگامیکه ماده از فلز پایه وارد مخلوط می‌شود، می‌توان مشاهده کرد که خواص شیمیایی جوش و در نتیجه سایر خواص آن کاملاً عوض می‌شود. Alloy pickup عکس رقیق‌شدگی است. به عنوان مثال، اگر از یک الکتروود فولاد نرم برای جوش دادن ورق پرآلیاژی که حاوی نیکل است استفاده شود، گرده جوش حاوی نیکل خواهد بود که در پرکننده از جنس فولاد نرم وجود نداشته‌است. زمانیکه رسوب حاوی مقادیر زیادتری از عناصر آلیاژی نسبت به الکتروود باشد، این موقیت به عنوان جدایش عناصر آلیاژی شناخته می‌شود.

تأثیر عناصر آلیاژی بر خواص مکانیکی:

مقداری از فلز پایه که در ترکیب مخلوط در گرده جوش قرار می‌گیرد، باعث تغییر خواص مکانیکی گرده جوش از خواص تعیین شده در استاندارد طبقه‌بندی فلزات پرکننده می‌شود. باوجود آنکه تأثیر عناصر آلیاژی موجود در مخلوط بر اساس

References:

1. Article "Controlling Weld Variable From Design To Deposition", Welding Journal, vol.29, July 98



نقش مهندسین مواد و متالورژی در بازرسی فنی صنایع



نکردن هر کدام از این عوامل باعث ایجاد عیب در زمان کاربرد خواهد شد. عکس ۱ مربوط به یک فلنج 8°

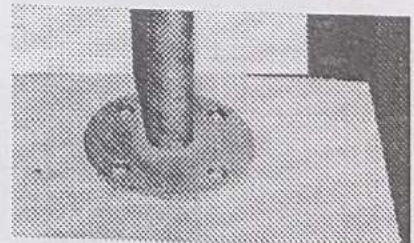
اینجاست که وظایف متالورژیست ها و مهندسان مواد، که شاخص ترین افراد گروه های بازرسی فنی کارخانجات خواهند بود، سنگینتر می شود.

در اینجا با چند نمونه از قطعاتی که استاندارد نبوده و یا با استانداردهای خواسته شده از طرف مشتری سازگاری نداشته اند و در بازرسی های فنی عیوب آنها مشخص گردید آشنا می شویم:

از آنجایی که قطعات صنعتی مانند: (REDUCER, FLANGE, ELBOW, NIPPLES, PLUG, TEE,

...) نقش ربط دهنده مجموعه دستگاه های موجود در واحدهای صنعتی را بعهده دارند و از مصرف زیادی نیز در صنعت برخوردارند، و نیاز به دقت کافی در انتخاب مناسب با کاربرد مورد نیاز خود را دارند. دامنه این دقت نه فقط به جنس بلکه به سایر مشخصات همچون ضخامت، نوع ساخت و دقت ابعادی می رسد. رعایت

توسعه سریع صنعت، آنهم با تکنولوژی های پیشرفته امروزی لزوم دقت و توجه در بکارگیری ادوات و تجهیزات با مشخصات فنی مطابق با استانداردهای صنعتی را بیش از پیش آشکار می کند، بخصوص اینکه حجم و اندازه صنعتی امروزی چندین برابر صنایع گذشته شده و به همین ترتیب فشار و درجه حرارت، که عدم کنترل آن در صنایع امروزی باعث پایین آمدن عمر آلیاژهای بکار گرفته شده در



عکس-۱

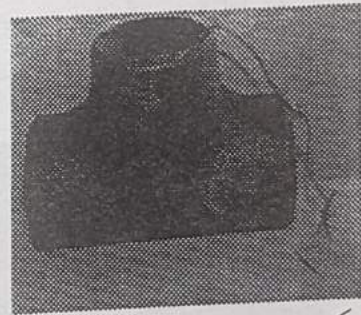
ساخت کارخانجات خواهد شد. در این صورت بازرسی های فنی بر دستگاهها و قطعات صنعتی قبل از نصب و بکارگیری با اهمیت تر می باشد و

عدم کنترل فشار و درجه حرارت در صنایع امروزی باعث پایین آمدن عمر آلیاژهای به کار گرفته شده در ساخت کارخانجات خواهد شد.

از جنس carbon steel A-105 و با ضخامت مورد نیاز در کلاس (SCH80) می باشد که بازرسی ها روشن نموده است که ارائه دهنده آن با زدن بوش در داخل فلنج 8° و با کلاس (SCH30) و سپس جوشکاری و سنگ زدن ناحیه جوشکاری شده و آنگاه تغییر عبارت SCH30 به SCH80 آنرا به خریدار تحویل نموده است که در این حال اگرچه نوع جنس مطابق

درخواست بوده است ولی ضخامت مورد نیاز به روش غیر استاندارد تأمین شده است.

ب: عکس ۲ مربوط به یک سه راهی (TEE) می باشد که درخواست مشتری برای این قطعه از جنس carbon steel A-105 بوده است ولی سازنده به جای تولید از جنس فولاد و به روش آهنگری (Forge) از چدن که ارزانتر است استفاده کرده و با درج عبارت A-105 روی قطعه آنرا عرضه نموده است. ملاحظات میکروسکوپی و متالوگرافی در آزمایشگاه عدم تطابق



عکس-۲

جنس با مشخصات حک شده روی آنرا اثبات نموده است.

بدیهی است با توجه به کاربرد خاص و مهم فولاد A-105 برای دما و فشار بالا، در صورت جایگزینی چدن دارای پیامدهای منفی و خطرناک خواهد بود.

ج: عکس ۳ مربوط به یک فلنج (Flange) می باشد که درخواست

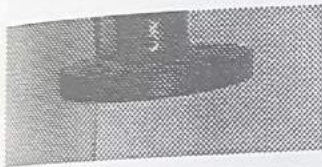
متقاضی SS 316-L بوده است در حالیکه علیرغم تطبیق مشخصات حک شده روی قطعه، آنالیز شیمیایی و متالوگرافی نمونه مؤید جنس SS 304 می باشد، که این نوع جنس ضمن همخوان بودن با درخواست، به دلیل کارایی کمتر و بالطبع ارزانتر بودن بجای SS 316-L با جعل مشخصات به خریدار تحویل شده است.

در شناسایی و انتخاب قطعات مشخصات حک شده روی آنها نمی تواند به تنهایی معیار شناسایی گردد و همواره با اخذ گواهینامه ساخت (certificate) از سازنده، تأیید نوع جنس توسط مهندسان متالورژی در آزمایشگاههای معتبر فلزشناسی، الزامی می باشد.

د: از نمونه های دیگر مواردی است که سهواً در خط تولید پیش می آید که می توان به مشخصات حک شده روی یک (Stud Bolt) (نوعی پیچ که از دو طرف مهره می خورد) توجه نمود که گرچه عبارت A-301 به منزله فولاد کربنی نوع 301 روی آن حک شده است ولی جنس دریافتی طبق آنالیز به عمل آمده SS 304 می باشد، در نتیجه به دلیل عدم تطابق با شرایط کاربردی که طراح (designer) برای

پیچ با جنس اصلی در نظر گرفته است، مفید نخواهد بود و این سهواً سازنده فقط برای او بلکه برای مصرف کننده نیز متضمن ضرر خواهد بود.

این موارد تنها نمونه هایی از عدم تطابق هایی است که مشاهده می شود. مشاهدات چند ساله در بخش های کنترل کیفی (Q.C) آزمایشگاههای فلزات صنایع مختلف، مؤید نوعی خروج از عرصه تولید منطبق با استاندارد بعضی از این گونه قطعات



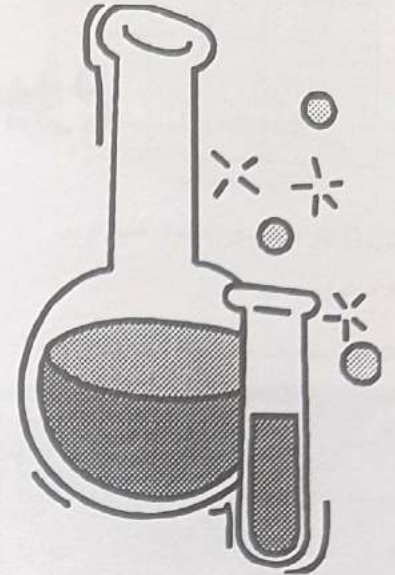
عکس-۳

است، که در صورت عدم شناسایی، کاربرد آن باعث وقوع حوادث ناگوار خواهد شد. پس در شناسایی و انتخاب قطعات، مشخصات حک شده روی آنها نمی تواند به تنهایی معیار شناسایی گردد و همواره با اخذ گواهینامه ساخت (certificate) از سازنده، تأیید نوع جنس توسط مهندسان متالورژی در آزمایشگاههای معتبر فلزشناسی، الزامی می باشد.

با تشکر از اداره بازرسی فنی پتروشیمی ماهشهر

پوشش دادن بوسیله رودیوم RODIUM PLATING

(BY DR. RONALD J. MORRISSEY)



کاربردها:

رودیوم یکی از سبکترین فلزات بوده و این ویژگی به همراه خواص دیگری مانند سختی، مقاومت به سایش و مقاوم بودن به کدر شدن آنرا به عنوان لعاب برتر در تمام انواع جواهرات و کارهای تزئینی مطرح

رودیوم یکی از سبکترین فلزات بوده و این ویژگی به همراه خواص دیگری مانند سختی، مقاومت به سایش و مقاوم بودن به کدر شدن آنرا به عنوان لعاب برتر در تمام انواع جواهرات و کارهای تزئینی مطرح ساخته است.

ساخته است. مقاومت تماسی زیاد و نقطه ذوب بالای آن، این فلز را در کاربردهای الکتریکی بخصوص در Reed Blades که در آنها مقاومت به قوس زدن (arcing) مورد نظر است، بعنوان یک ماده مفید مطرح کرده است. با اینحال رودیوم در میان فلزات ارزشمند، گرانقیمت ترین آنهاست. در سالهای اخیر کاربرد آن،

تشکیل شوند. برای جلوگیری از این مورد حفظ اسیدی بودن محلول آبکاری رودیوم مهم است. در حالتی که سایر شرایط یکسان باشند این مورد در سیستم سولفاتی آسانتر از سیستم فسفاتی فراهم می شود.

در کاربردهای تزئینی محلولهای آبکاری رودیوم بندرت دارای 2 g/l، به همراه حدود 20 ml/l اسید سولفوریک غلیظ هستند. برای رسوبهای سنگین تر، این مقدار به 4g/l رودیوم به همراه 20 ml/l اسید سولفوریک غلیظ افزایش پیدا می کند. در هر کدام از موارد ذیل پوشش دادن با چگالی جریان 1-5 A/dm² درجه حرارت ۴۰ تا ۴۵ درجه سانتیگراد انجام می شود. با آنکه عوامل تنش زدایی زیادی موجود هستند ولی با این حال پوشش دادن رودیوم از محلولهای آبی در ضخامتهای بالاتر از 2-2.5 μ بدون بوجود آمدن ترک بسیار مشکل (ادامه در صفحه ۳۶)

با تعداد کمی استثناء به رسوبهای نازک بر روی سایر فلزات مانند نیکل، نقره و یا در مورد Reed Blades رودیوم (Ru) محدود شده است.

فرآیندها:

اگرچه رودیوم می تواند در خلا بخار شود ولی در عمل بصورت الکتریکی رسوب داده می شود. محلولهای آبکاری الکتریکی رودیوم به شدت اسیدی بوده و معمولا دارای مبنای سولفاتی یا فسفاتی هستند. در هر کدام از موارد ذیل کنسانتره های خاص از رودیوم بکار برده می شوند. اینگونه بیان شده است که رسوبهای حاصل از سیستم فسفاتی سفید تر هستند و در بعضی مواقع مخلوطی از

بالادیوم به ویژه با یک پوشش طلا، جایگزین مناسبی برای رودیوم در کاربردهای الکترونیکی به نظر می رسد.

فسفات و سولفات بکار برده می شوند. اکسیدهای آبدار نامحلول رودیوم می توانند در PH های تقریبا پایین

پوششکاری سطوح آلومینیوم

به روش M.B.V.

مقدمه:

پوشش تبدیلی (conversion coating) عبارت از یک لایه سطحی تشکیل شده توسط یک واکنش می باشد که در آن بخشی از فلز پایه به یکی از اجزاء لایه پوشش تبدیل می شود. در اثر این واکنش و تبدیل لایه پوشش بعنوان قسمتی از سطح فلز با خواص چسبندگی عالی بوجود می آید [1]. بنابراین تعریف می توان پوششهای تبدیلی را بصورت های شیمیایی یا الکتروشیمیایی ایجاد کرد [1]. با وجود آنکه پوششهای اکسیدی تبدیلی را می توان بدون عملیات بعدی مورد استفاده قرار داد، اصولاً از آنها بعنوان بستری برای پرداختکاری با مواد آلی استفاده می شود [2]. پوششهای تبدیلی برای آلومینیوم از سالهای دور مورد توجه بوده اند و برای ایجاد یک سطح تمیز و بی اثر جهت حصول چسبندگی بهینه و پایداری خوب در زیر یک لایه مواد آلی استفاده می شوند [1].

این نوع پوششها برای ایجاد حفاظت در سطوح آلومینیومی نیز بکار می روند، اگرچه معمولاً دارای تأثیر حفاظتی کمتری نسبت به پوششهای ضخیمتر آندی برای این منظور

می باشند. بعلاوه خواص سایشی لایه های نازک شکل گرفته بصورت شیمیایی، نسبت به پوششهای تبدیلی آندی ضعیف تر می باشد [1].
مهمترین جاذبه پرداختهای حاصل از تبدیل شیمیایی، سرعت تولید بالا، نیاز به ابزار آلات نسبتاً ساده و عدم نیاز به نیروی الکتریسته می باشد که قیمت پروسه را در مقایسه با روش آندی (Anodizing) به مقدار بسیار زیادی کاهش می دهد [2].

تاریخچه:

روشهای حفاظت از آلومینیوم و آلیاژهایش در برابر خوردگی که بر مبنای ایجاد پوشش تبدیلی شیمیایی (chemical conversion coating) می باشد از دیر باز شناخته شده اند ولی پس از جنگ جهانی اول بطور گسترده ای در صنایع، رشد کرده اند [2].

امکان استحکام دهی پوشش طبیعی اکسید آلومینیوم در سال ۱۸۵۷ توسط H. Buff و C. Pollack پیشنهاد شد [2]. با این وجود اولین روش پوشش دادن شیمیایی توسط O. Bauer و O. Vogel در سال ۱۹۱۵ تکامل داده شد که بواسطه آن اکسید شدن فلز در محلولی شامل ۲۵ gr/lit کربنات پتاسیم، ۲۵ gr/lit بی

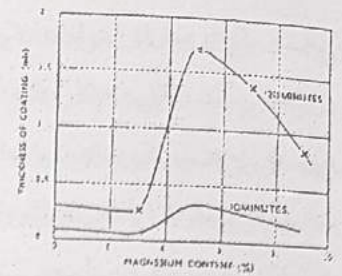
پوششهای تبدیلی برای آلومینیوم از سالهای دور مورد توجه بوده اند و برای ایجاد یک سطح تمیز و بی اثر جهت حصول چسبندگی بهینه و پایداری خوب در زیر یک لایه مواد آلی استفاده می شوند.

کربنات سدیم و ۱۰ gr/lit دی کرومات پتاسیم در دمای ۹۰-۹۵ °C و بمدت ۲-۴ ساعت صورت می گیرد [2].

تکامل پروسه Vogel و Bauer در سال ۱۹۲۳ ثبت شده است که در آن ترکیبی از آلومینیوم بعنوان کاتالیزور برای تسریع واکنش به محلول افزوده می شود. ادعا شده است که لایه تولیدی با این روش، سطح را در برابر خوردگی در محلول نمک طبیعی مثل آب دریا حفاظت می کند [3].

در سال ۱۹۳۰ شخصی به نام G. Eckert روشی را که سریع، ساده و اقتصادی بود ارائه نمود. این روش بر اصول روش Vogel - Bauer مبتنی می باشد که از محلولی شامل کربنات سدیم و کرومات سدیم به نسبت ۳ به ۱ تشکیل می شود و این روش توسط خودش بعنوان روش M.B.V. (Modified Bauer - Vogel





شکل (۱) اثر زمان و درصد منیزم بر ضخامت پوشش

process نامیده شد. زمان عملیات M.B.V. در حدود ۵-۳ دقیقه بوده و بر حسب ترکیب شیمیایی آلیاژ می تواند پوششهایی با رنگ خاکستری روشن تا تیره تولید کند [4].

تئوری:

همانطور که مشخص است، لایه طبیعی اکسید آلومینیوم که از قرار گرفتن سطح تازه بریده شده آلومینیوم در برابر محیط ایجاد می شود، عهده دار مقاومت نسبتاً بالای آلومینیوم در برابر خوردگی می باشد. ضخامت این لایه با توجه به ترکیب آلیاژ و زمان در معرض محیط بودن تغییر می کند ولی معمولاً در محدوده ۰.۱۵-۰.۰۵ میکرون می باشد [2]. این پوشش در برابر بسیاری از اثرات خوردنده مقاومت می کند ولی به خودی خود بستر خوبی برای پرداخت های بعدی مانند رنگ یا لاک نمی باشد. با عملیات شیمیایی مناسب می توان ضخامت پوشش اکسیدی را ۱۰۰ تا ۲۰۰ برابر افزایش داد [2]. یک پوشش محافظ ایده آل باید شرایطی داشته باشد که در ذیل به تعدادی از آنها اشاره می شود [5]:

۱- پوشش باید پیوسته بوده و در مقابل گازها و مایعات غیر قابل نفوذ باشد.

۲- پوشش باید در محیط عمل، بی اثر یا نامحلول بوده و دارای قابلیت انحلال در آب، اسیدها و قلیاها باشد.

۳- پوشش از لحاظ الکترولیتی باید مانع از تسریع تماس با فلز پایه گردد.

۴- پوشش باید در برابر آسیبهای مکانیکی مانند سایش یا خراش مقاوم بوده و چنانچه ضعیف یا نازک باشد، قابلیت تعمیر خود را داشته باشد.

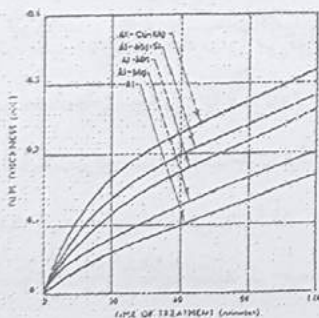
۵- پوشش باید قابلیت اتصال خوبی به رنگها و سایر مواد پرداختکاری آلی ایجاد نماید.

بدلیل اینکه محلول تبدیل شیمیایی، پوششها را کاملاً از طریق واکنش شیمیایی و بدون کمک پتانسیل اعمالی از خارج، بوجود می آورد، اجزاء محلول باید قابلیت چندین عمل مجزا را داشته باشند. اول آنکه محلول باید شامل یک واسطه (Agent) فعال باشد که بتواند هم لایه های سطحی اکسید آلومینیوم و هم، بستر آن را مورد حمله قرار دهد. این برخورد باعث فراهم آمدن یونهای آلومینیوم لازم برای ایجاد محصول تبدیلی می گردد و بعلاوه هیدروژن تازه را برای احیاء سایر اجزاء مثل کرومات فراهم می آورد. همچنین محلول پوشش تبدیلی باید مشتمل بر یک شکل دهنده لایه (Film Former) نیز باشد که بعنوان یک واسطه اکسید کننده جهت کمک به تشکیل اکسید آلومینیوم عمل می کند. در نهایت محلول باید شامل یک ممانعت کننده (Inhibitor) برای کمک به یکنواختی تماس با آلومینیوم یا یک شتاب دهنده

برای سهولت واکنشها باشد [6]. اکسید شدن آلومینیوم که در حضور آب پس از یک ضخامت کافی متوقف می شود، به پوشش نامتخلخلی منجر می شود که اجازه رسیدن محلول به سطح فلز را نمی دهد. بنابراین برای دستیابی به پوششهای ضخیمتر لازم است که اجزاء محلول یک اثر حل کنندگی روی پوشش داشته باشند. این حالت هم در محلولهای اسیدی و هم در محلولهای بازی حاصل می شود. انواع روشهای متداول برای اکسیداسیون شیمیایی سطوح آلومینیومی عبارتند از: پوششهای بوهمیتی Boehmite Coatings، روش M.B.V.، روش اکسیداسیون E.W.، روش L.W.، روش Pylumin، روش Alrok و...

M.B.V.

این فرآیند توسط Eckert به عنوان یک فرآیند تکمیلی از روش Bauer-Vogel ارائه شد و بنام روش



شکل (۲) اثر زمان بر ضخامت پوشش روی آلیاژهای مختلف

M.B.V. شهرت یافت. در این روش قطعات آلومینیومی در محلول مشهور به محلول M.B.V. پوشش داده می شوند. این محلول شامل ۵-



۲ درصد کربنات سدیم بدون آب و ۲/۵-
۱۰/۵ درصد کرومات سدیم بدون آب
محلول در آب می باشد. درجه حرارت
فرایند 100°C - 90°C زمان معمول ۵-
۳ دقیقه می باشد. محلول باید با آب نرم
(کل جامدات آن کمتر از ۳۰ grains در

**فرایند M.B.V. بیشترین
تأثیر را روی آلومینیوم و
آلیاژهایش بیامیزیم، منگنز و
سیلیسیم دارد. رنگ لایه مستقیماً
تحت تأثیر ترکیب آلیاژ قرار
می گیرد.**

گالن باشد) تهیه شود، در غیر این
صورت لایه لکه دار، خالدار و پوشیده
از تاول با پوست برآمده خواهد شد [1].

تجهیزات پروسه

روش M.B.V. ابتدایی ترین پروسه
تجاری اکسیداسیون شیمیایی است که
برای آلومینیوم هنوز نیز بکار می رود.
تجهیزات لازم، عملیات اولیه و اثر
شرایط عمل در ارتباط با روش
M.B.V. اکثراً در سایر روشها نیز بکار
می روند. تانک حاوی محلول را می توان
از چوب، صفحات چدنی یا فولادی و
یا مواد لعابکاری شده ساخت ولی
نمی تواند از جنس حلبی یا آهن
گالوانیزه باشد. این تانکها باید ترجیحاً
به سیستم تخلیه مجهز باشند و نیز برای
حصول به درجه حرارت عمل، از هر
نوع سیستم گرمایشی می توان استفاده
کرد.

اثر ترکیب شیمیایی آلیاژ بر فرایند

فرایند M.B.V. بیشترین تأثیر را

روی آلومینیوم و آلیاژهایش با منیزیم
، منگنز و سیلیسیم دارد. رنگ لایه
مستقیماً تحت تأثیر ترکیب آلیاژ قرار
می گیرد. بر روی آلومینیوم خالص یک
لایه خاکستری روشن براق تولید
می شود، در صورتیکه روی بیشتر
آلیاژها این لایه به رنگ خاکستری تیره
تا سیاه می باشد. رنگ تیره لایه وابسته
به حضور اکسید کروم و در بعضی
حالات حضور اکسیدهای فلزی دیگر
می باشد [2].

بر روی آلیاژهای منیزیم - آلومینیوم
با ۳-۲ درصد منیزیم، لایه براق اما تیره
تر از لایه شکل گرفته روی آلومینیوم
خالص ایجاد می شود. در این آلیاژها
ضخامت پوشش به غلظت منیزیم در
آلیاژ بستگی دارد، بطوریکه با افزایش
منیزیم، ضخامت پوشش پس از یک
افت به مقدار بیشینه ای می رسد که این
مطلب در شکل (۱) مشخص
است. همچنین اثر ترکیب آلیاژ بر
ضخامت لایه پوشش را می توان در
شکل (۲) مشاهده نمود [2].

علاوه بر ترکیب آلیاژ، ترکیب
محلول نیز بر روی رنگ پوشش
تولیدی اثر می گذارد. مثلاً در آلیاژهای
آلومینیوم با منیزیم زیاد، با افزودن
۱۰ gr/lit هیدروکسید سدیم به
محلول M.B.V. پوشش خاکستری تیره
در دمای 70°C - 60°C بدست می آید.

مکانیزم واکنش پوشش کاری به روش شیمیایی

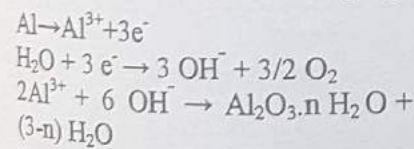
بطور کلی، محلول های
پوششکاری شامل یک عامل شروع

کننده، یک عامل بازدارنده و یک عامل
شکل دهنده لایه می باشد. در محلول
M.B.V. یون هیدروکسید عامل شروع
کننده است، در حالی که یون کرومات
در بخشی بعنوان باز دارنده و در بخشی
دیگر بعنوان عامل شکل دهنده فیلم
عمل می نماید. تعادل بین قدرت
واکنش یون هیدروکسید و باز دارندگی
کروم به شکلی است که اکسید
آلومینیوم هیدراته، در اتصال با
اکسید کرومات هیدراته تشکیل
می شود [۲].

واکنش هایی که در محلول های
پوششکاری شیمیایی رخ میدهند
ممکن است بصورت واکنش های
خوردگی کنترل شده ای در نظر گرفته
شوند که در آن لایه نسبتاً نازک و
مقاوم در برابر خوردگی شکل
می گیرد [۲].

توسط واکنش هایی که در آنها از
فلز آلومینیوم، یون آلومینیوم تولید
می شود، اکسید آبدار آلومینیوم تشکیل
می شود.

این واکنش ها به شرح زیر خلاصه
می شوند:



که در آن n بین ۰ و ۳ تغییر
می کند. چون سرعت تشکیل لایه در
آب بسیار کند می باشد، لزوماً یک عامل
خوردگی در جهت ازدیاد ضخامت لایه
در مدت زمان دلخواه اضافه می شود.
به این مکانیزم، فرایند پوششکاری
به روش Chromate-Alkaline oxide



می‌گویند که قلیائیت سبب تولید لایه باز و نفوذپذیر با قابلیت خوردگی و رشد بیشتر می‌شود. یون کرومات از تخریب بیشتر محلول قلیایی بر روی فلز جلوگیری می‌کند و در همان زمان، عناصر آلیاژی را اکسید کرده و یک لایه یکنواخت تشکیل می‌دهد. بنابراین رنگ لایه به حضور Cr_2O_3 وابسته می‌باشد. هر چه میزان عناصر آلیاژی کاهش یابد، رنگ روشن‌تر خواهد بود.

مراحل پوششکاری به روش M.B.V.

با توجه به نتایج آزمایشگاهی، فرآیند زیر طراحی شده است. فرآیند در سه مرحله اساسی انجام می‌پذیرد: تمیز سازی سطح (cleaning)، پوشش دهی سطح (coating) و آب بندی (sealing).

فرآیند تمیز سازی سطح

اهمیت تمیز سازی سطح پیش از پوششکاری و تأثیر راندمان این فرآیند در صنعت پوششکاری کاملاً شناخته شده است. راندمان پوششکاری و کیفیت پوشش از نظر ضخامت، چسبندگی، مقاومت مکانیکی

و... مستقیماً تحت تأثیر این فرآیند می‌باشد. در این طرح جهت تمیز سازی از سه مرحله متوالی استفاده می‌شود:

الف) چربی زدایی: سطح قطعات در این مرحله، از ذرات چربی و روغن پاک می‌شوند. در این فرآیند از چربی گیری قلیایی (Alkaline) استفاده می‌شود. اثر درجه حرارت و هم زدن محلول بر روی این فرآیند قابل ملاحظه می‌باشد. قطعات را پس از خروج از وان چربی گیری چند دقیقه بالای آن نگه داشته و سپس در دو مرحله متوالی با آب تمیز می‌کنند.

ب) Etching: هدف از این مرحله ایجاد یک سطح یکنواخت می‌باشد که از سود با غلظت % ۱۰-۴ در دمای $50-70^{\circ}C$ و در زمان ۱۰-۱۵ دقیقه استفاده می‌شود. پس از این مرحله نیز قطعات در دو مرحله با آب شسته می‌شوند.

ج) اسید شویی: در این مرحله، لایه های اکسید، ذرات ناشی از تراش، مواد حاصل از خوردگی و لایه های حاصل از عملیات حرارتی یا گدازه های جوشکاری از سطح پاک می‌شوند. برای این منظور از محلول

۱۵۰-۱۰۰ گرم در لیتر اسید سولفوریک در دمای محیط و زمان ۵-۳ دقیقه استفاده می‌شود و بطور مشابه پس از این مرحله نیز قطعات در دو مرحله شسته می‌شوند.

پوششکاری سطح به روش

M.B.V.

محلول M.B.V. شامل 50 gr/lit کربنات سدیم و 15 gr/lit کرومات سدیم را تهیه کرده و قطعات را در دمای $90-100^{\circ}C$ و زمان ۳۰ دقیقه به منظور ایجاد لایه ای به ضخامت ۲/۵ میکرون در وان قرار می‌دهند. سپس قطعات در وان شستشوی آب گرم تمیز می‌شوند.

آب بندی

پس از عملیات M.B.V. با آب بندی کردن (Sealing) در آب شیشه، خواص شیمیایی و مکانیکی لایه، تثبیت شده و بهبود می‌یابد. به این منظور، پس از شستشو و خشک کردن، قطعه به مدت ۱۵ دقیقه در محلول % ۳-۵ سیلیکات سدیم در دمای $90^{\circ}C$ غوطه ور می‌گردد.

References:

1. Kent R. Van Horn, "Aluminum", vol.3, ASM, pp.609-616, 1967
2. S. Wernick, and R. Pinner, "The Surface Treatment And Finishing Of Aluminum And Its Alloys", vol.1, 4th ed. 1972
3. R. G. King, "Surface Treatment And Finishing Of Aluminum", Pergamon press, pp.51-58, 1988
4. G. H. Kissin, "The Finishing Of Aluminum", PP.68-90, 1963
5. J. R. Dravis, "Corrosion Of Aluminum And Aluminum Alloys", ASM, 1999
6. Graham Kenneth, "Electroplating Handbook", 1984

کاربرد آلومینیوم آندایز شده در خودرو سازی و اثر نوع جریان بر کیفیت سطح



در این مقاله تأثیر نوع جریان بر فرایند آندایزینگ در تهیه آلومینیوم رنگی بررسی شده است. به منظور مطالعه ساختار ایجاد شده با استفاده از تغییر نوع جریان، تنها از یک روش رنگ کردن آلومینیوم که روش رسوب دهی توسط ترکیبات غیر قابل حل است استفاده شده است. نمونه های آلومینیومی مورد نظر با ابعاد (۶×۶) سانتیمتر مربع انتخاب شده اند. این نمونه یک بار بوسیله جریان مستقیم و بار دیگر توسط جریان ضربانی با ثابت بودن پارامترهای دیگر آندایز شده و سپس وارد حمام های رنگ شدند، در پایان عملیات محصولات بدست آمده از نظر ظاهر سطح مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته اند. نتایج بدست آمده بیانگر این مطلب است که استفاده از جریان ضربانی سبب بهبود کیفیت سطح تمام شده، یکنواختی رنگ ایجاد شده و تغییر شدت رنگ می گردد.

مقدمه:

مروری بر تاریخ صنعت خودروسازی در آمریکا نشان می دهد که استفاده از آلومینیوم در صنعت خودرو سازی در طی ۵۰ سال اخیر رو به افزایش بوده است. وزن میانگین مقدار آلومینیوم در هر خودرو از ۳ کیلوگرم در سال ۱۹۴۷ به ۳۷ کیلوگرم در سال ۱۹۷۳ و به ۶۷ کیلوگرم در سال ۱۹۸۷ افزایش داشته است. این رقم در سال ۱۹۹۹ به ۱۱۵ کیلوگرم رسیده است و پیش بینی شده است که تا سال ۲۰۱۵ وزن آلومینیوم مصرفی در هر خودرو به ۲۵۰ کیلوگرم و یا حتی ۳۴۰ کیلوگرم برسد. در انگلستان نیز آلومینیوم برای ساخت بدنه اتومبیل های لوکس گرانت قیمت نظیر رولز رویس استفاده می شود. افزایش قیمت نفت خام در دهه هفتاد میلادی

نیز باعث شد که صنایع خودرو سازی در استفاده از آلومینیوم و آلیاژهای آن در ساخت خودرو که منجر به کاهش وزن خودرو و در نتیجه کاهش سوخت می شود تمایل بیشتری نشان دهند.

خواص مکانیکی و مقاومت به خوردگی آلومینیوم نیز باید برای ساخت خودرو مناسب باشد. برخی محققان در مبحث انتخاب مواد برای ساخت اتومبیل نسبت مدول الاستیسیته به وزن مخصوص و همچنین نسبت تنش تسلیم به وزن مخصوص را معیار قرار داده اند. طبق محاسبه آنها نسبت مدول الاستیسیته به وزن مخصوص برای فولاد کربنی ۲۶ و برای بعضی آلیاژهای آلومینیوم ۲۵ کیلونیوتن متر بر گرم است، نسبت تنش تسلیم به وزن مخصوص نیز که برای فولاد کربنی ۲۷ نیوتن متر به گرم است برای آلیاژهای

آلومینیوم ۶۴ نیوتن متر به گرم است. بنابراین با در نظر گرفتن وزن

وزن میانگین مقدر آلومینیوم در هر خودرو از ۳ کیلوگرم در سال ۱۹۴۷ به ۳۷ کیلوگرم در سال ۱۹۷۳ و به ۶۷ کیلوگرم در سال ۱۹۸۷ افزایش داشته است. این رقم در سال ۱۹۹۹ به ۱۱۵ کیلوگرم رسیده است و پیش بینی شده است که تا سال ۲۰۱۵ وزن آلومینیوم مصرفی در هر خودرو به ۲۵۰ کیلوگرم و یا حتی ۳۴۰ کیلوگرم برسد.

مخصوصاً آلومینیوم رقیب خوبی برای فولاد می تواند باشد. مزیت دیگر آلومینیوم این است که به راحتی بازیافت می شود. مقاومت آلومینیوم به خوردگی

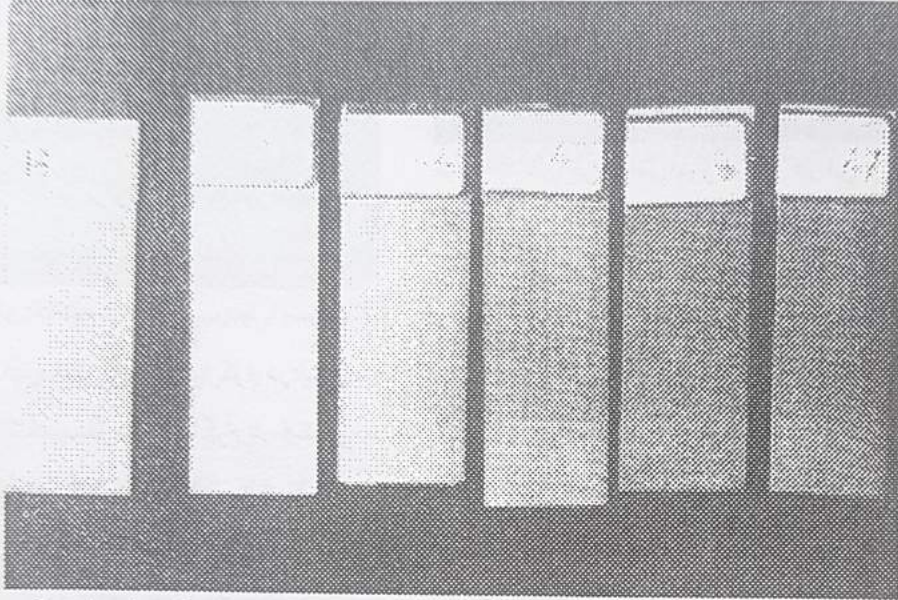


یکی از روشهای محافظت آلومینیوم از خوردگی آندایز کردن آن است. با انجام این فرآیند مقاومت به خوردگی و همچنین مقاومت به سایش آلومینیوم افزایش می‌یابد. آلومینیوم آندایز شده در فرآیند جذب رنگ می‌تواند رنگی نیز بشود. این نوع آلومینیوم آندایز شده برای ساخت خودروهای رنجروور انگلیسی مورد استفاده قرار گرفته است.

در فرآیند آندایزینگ که یک فرآیند الکتروشیمیایی است، آلومینیوم به عنوان آند در یک الکترولیت که محتوی اسید سولفوریک، اسید کرومیک یا اسید اگزالیک است قرار گرفته پس از عبور جریان الکتریکی مستقیم، لایه اکسیدی بر سطح آلومینیوم تشکیل می‌شود و آلومینیوم آندایز می‌گردد. یکی از عوامل مهم در فرآیند آندایزینگ که بر خواص آلومینیوم آندایز شده مؤثر است نوع جریان الکتریکی برای الکترولیز می‌باشد. نوع جریان الکتریکی تاثیر قابل ملاحظه ای بر ریز ساختار پوشش اکسیدی تشکیل شده بر سطح آلومینیوم دارد. در آبکاری الکتریکی و تهیه پوششهای فلزی مشاهده شده است که استفاده از جریان ضربانی باعث تغییر ریز ساختار پوشش فلزی ترکیب شیمیایی الکترولیت حمام آندایزینگ بستگی به رنگ مورد نظر داشت. در این تحقیق دو رنگ قهوه ای و آبی با دو نوع جریان الکتریکی مستقیم و ضربانی مورد بررسی قرار

و بهبود خواص مکانیکی آن می‌شود. مکانیزم فرآیند آبکاری الکتریکی پوششهای فلزی با جریان ضربانی نیز توسط پیرسون و دنیس توضیح داده شده است. در این مقاله تاثیر دو نوع جریان ضربانی بر شدت رنگ فیلم

هیدروکسید سدیم ۱۸۰ گرم در لیتر در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ تا ۵ دقیقه انجام شد. سپس هر نمونه با آب مقطر شسته شده و وارد حمام براق کننده گردید. این حمام دارای اسید فسفریک (۷۰ درصد



شکل-۱ تاثیر جریان ضربانی و سیکل کار این نوع جریان بر نوع و شدت رنگ تولید شده از حمام رنگ قهوه‌ای

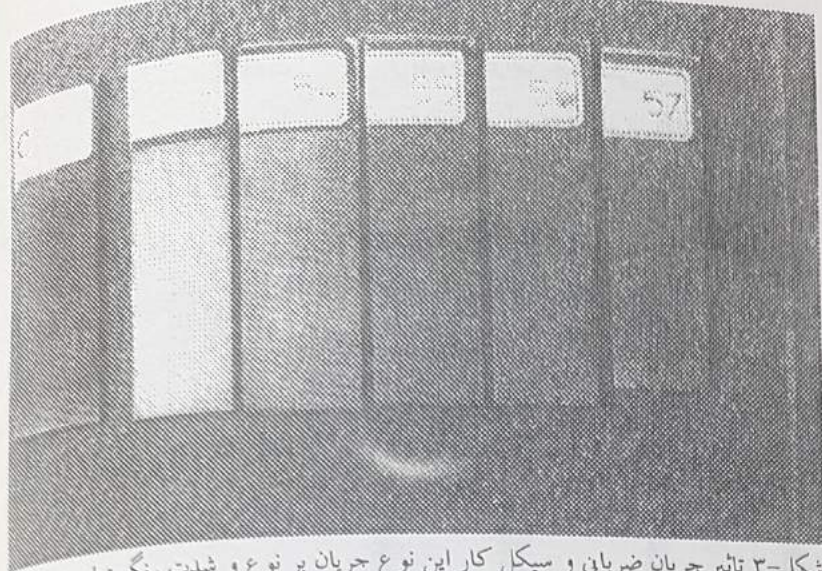
آندایزینگ آلومینیوم و کاربرد آن در صنعت خودروسازی مورد مطالعه قرار گرفته است.

روش تحقیق

نمونه های آلومینیومی به ابعاد (۶×۲) سانتیمتر مربع که حاوی عناصر آلیاژی آهن و سیلیسیوم بودند مورد استفاده قرار گرفتند. عملیات آماده سازی به منظور از بین بردن چربی و آلودگیهای سطح با گرفتند. برای تمام آزمایشها از کاتد سربی استفاده شد. حمام آندایزینگ شامل اسید سولفوریک (۱۰۰ تا ۱۵۰ گرم در لیتر) بود که در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه با شدت جریان ۱/۵

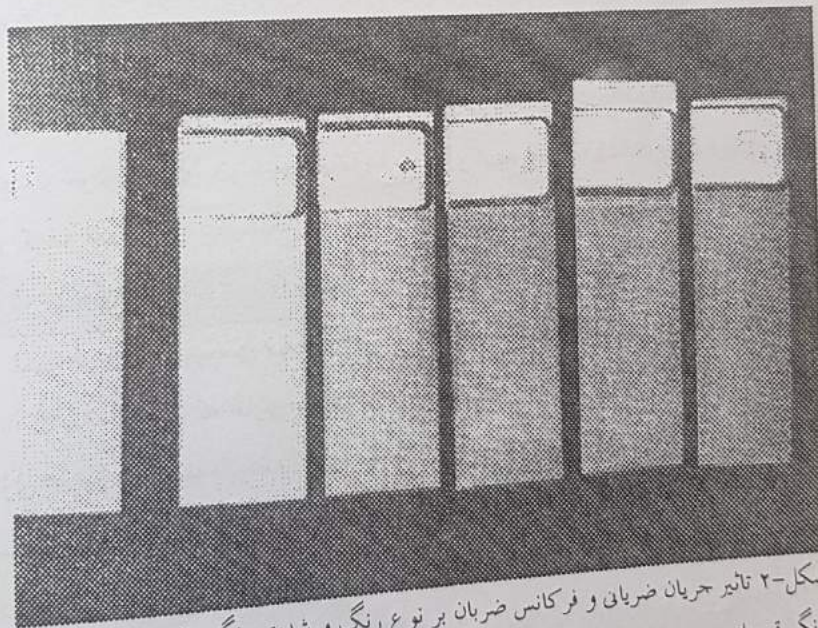
وزنی)، اسید نیتریک (۲ درصد وزنی) و اسید استیک (۱۵ درصد وزنی) بود و قطعات به مدت ۲ تا ۵ دقیقه در این حمام در دمای ۹۰ تا ۹۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. پس از شستشو در آب مقطر به مدت ۲ دقیقه در اسید نیتریک قرار داده شده و پس از شستشو با آب مقطر برای آندایز شدن آماده شدند.

آمپر بر دسیمتر مربع (برای جریان مستقیم) الکترولیز شد. در مورد جریان ضربانی، تاثیر فرکانس روشن و خاموش شدن (فرمانس ضربان) و همچنین تاثیر نسبت زمان روشن به



شکل-۳ تاثیر جریان ضربانی و سیکل کار این نوع جریان بر نوع و شدت رنگ تولید شده از حمام رنگ آبی

سطحی به مدت ۳۰ دقیقه در آب جوش انجام شد. برای مقایسه اثر نوع جریان بر پرداخت سطح آلومینیوم آندایز شده، شدت جریان (در جریان مستقیم) با میانگین شدت جریان ضربانی معادل قرار داده شده است.



شکل-۲ تاثیر جریان ضربانی و فرکانس ضربانی بر نوع رنگ و شدت رنگ تولید شده از حمام رنگ قهوه‌ای

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده در این تحقیق به صورت تصاویری از نمونه‌های آلومینیوم آندایز شده رنگی با استفاده از جریان مستقیم و جریان ضربانی در

$4[Fe(CN)_6]$ ۱۰ گرم در لیتر کلرید آهن $FeCl_2$ استفاده شد. در تمام مراحل رنگ کردن دمای حمام ۶۰ درجه سانتیگراد بود. بعد از رنگ کردن، مرحله پرنمودن حفره‌های

استفاده شد و سیکل کار برای نمونه ۵۳

به طور کلی با استفاده از جریان ضربانی در مرحله اندایزینگ و رنگ نمسودن آلومینیوم، می توان نوع رنگ و شدت رنگ را تغییر داد و کیفیت و یکنواختی آنرا بهتر نمود بدون اینکه نیازی به تغییر ترکیب شیمیایی حمام و شرایط اندایزینگ و فرآیند رنگ کردن باشد.

تا ۵۷ به ترتیب ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد بود. با افزایش سیکل کار، رنگ تشکیل شده از آبی کم رنگ (نمونه ۵۳) به آبی تیره پررنگ (نمونه ۵۷) تغییر کرده و کیفیت رنگ بهتر شده است. تاثیر افزایش فرکانس ضربان بر شدت رنگ آبی تشکیل شده در فرآیند اندایزینگ با جریان ضربانی (نمونه های ۵۸ تا ۶۲ در شکل ۴) و مقایسه آن با رنگ آبی که از حمام اندایزینگ با جریان مستقیم حاصل شده است (نمونه C در شکل ۴) نیز نشان می دهد که افزایش فرکانس از ۱۰ هرتز در نمونه ۵۸ تا ۱۰۰ هرتز در نمونه ۶۲ باعث افزایش شدت رنگ آبی و بهتر شدن کیفیت آن شده است.

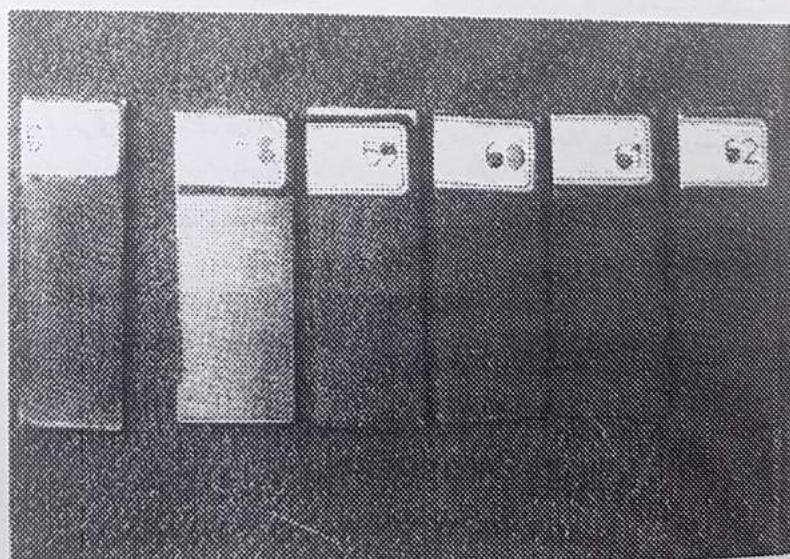
به این ترتیب مشاهده شده یافته های این پژوهش برای هر رنگی وجود دارد. به طور کلی با استفاده از جریان ضربانی در مرحله اندایزینگ و رنگ نمودن آلومینیوم، می توان نوع رنگ و شدت رنگ را تغییر داد و کیفیت و یکنواختی آنرا بهتر نمود بدون اینکه نیازی به تغییر ترکیب شیمیایی حمام

ترتیب ۷۵، ۵۰، ۲۵ و ۱۰۰ هرتز بوده است. با افزایش فرکانس ضربان در این نمونه ها، رنگ از قهوه ای کم رنگ به قهوه ای پررنگ تیره تغییر یافته است و یکنواختی و کیفیت رنگ بهتر شده است. بنابراین تاثیر فرکانس بر نوع، شدت و کیفیت رنگ مشابه تاثیر سیکل کار است.

اگر چنین پدیده ای برای هر رنگ که از حمام مشخصی تولید می شود وجود داشته باشد، با تکرار آزمایشهای فوق برای هر رنگ دیگری نیز می باید نتایج مشابهی مشاهده گردد. بنابراین مراحل آزمایشی فوق با رنگ آبی نیز تکرار شد و نتایج مشابهی بدست آمد. بر نمونه C در شکل شماره ۳ با استفاده از جریان مستقیم اندایزینگ در حمام فروسیانور پتاسیم و کلرید آهن رنگ آبی تشکیل شد. نمونه های ۵۳ تا ۵۷ که در شکل ۳ نشان داده شده اند نیز در حمام مشابهی رنگ شدند ولی برای اندایز شدن آنها از جریان ضربانی

یکنواختی رنگ و کیفیت سطح آلومینیوم اندایز شده بهتر شده است. در اینجا بطور مختصر می توان اشاره نمود که این نوع جریان ضربانی باعث یکنواختی اندازه حفره های تشکیل شده در فرآیند اندایزینگ می شود که این به نوبه خود به یکنواختی جذب رنگ و افزایش جذب رنگ در مرحله رنگ کردن تاثیر می گذارد. در نتیجه با تغییر فرکانس ضربان و سیکل کار در جریان ضربانی می توان در یک نوع حمام اندایزینگ ویژه و یک نوع رنگ ویژه با ثابت نگهداشتن سایر متغیرها به رنگهای متنوعی با کیفیت بهتر رسید.

در شکل ۲ تاثیر فرکانس ضربان در جریان ضربانی بر رنگ تولید شده از حمام فوق الذکر (نمونه های ۴۸ تا ۵۲) و همچنین مقایسه آن با جریان مستقیم (نمونه B) نشان داده شده است. فرکانس ضربان در نمونه ۴۸ برابر ۱۰ هرتز بوده و این نمونه زرد شده است. فرکانس در نمونه های ۴۹ تا ۵۲ به



شکل-۴ تاثیر جریان ضربانی و فرکانس ضربان بر نوع رنگ و شدت رنگ تولید شده از حمام رنگ آبی

۲- استفاده از جریان ضربانی در فرآیند آندایزینگ و سپس رنگ کردن باعث بهتر شدن کیفیت سطح و تغییر شدت رنگ ایجاد شده می‌گردد.

۳- با این روش می‌توان قطعات مورد نیاز در ساخت خودرو را با رنگهای متنوعی تزئین نمود بدون اینکه نیازی به تغییر حمام رنگ و عوامل مؤثر در آن باشد.

References:

1. W.H.Overbayh, "Aluminium Automotive Space Frame", Automotive Engineering, 1995, 103(8), 81-85.
2. I.J.Polmear, "Light Alloys", 1989, 2nd edition, Eduard Arnold.
3. M.W.Hunt, Editorial notes on "Automotive Progress", Advanced Mater. and Processes, 1999, 155(5), 2.
4. K.Jost, "Aluminium-block", Automotive Engineering, 1997, 105(1), 33-39.

قیمت فزاینده رودیوم باعث کاهش مصرف این عنصر در سالهای اخیر شده است. اینگونه به نظر می‌رسد که این جهتگیری در آینده نیز ادامه خواهد داشت. پوششهای درخشان پالادیوم که در عمل از رودیوم غیر قابل تشخیص هستند جایگزین اصلی این عنصر در کاربردهای تزئینی خواهند بود. در کاربردهای مهندسی، جایگزین اصلی تا کنون طلا بوده است. اگرچه در کاربردهای دمایی بالا به نظر می‌رسد که هیچ جایگزینی وجود ندارد ولی پالادیوم به ویژه با یک پوشش طلا، جایگزین مناسبی کاربردهای الکترونیکی به نظر می‌رسد.

صنعت خودرو سازی باید آندایز شود که مقاومت آن در برابر خوردگی و سایش افزایش یابد. چنانچه خواص ظاهری و تزئینی نیز مورد نظر است، آلومینیوم مورد استفاده در صنعت خودرو سازی باید آندایز شود که مقاومت آن در برابر خوردگی و سایش افزایش یابد. آلومینیوم آندایز شده رنگ می‌شود.

آلومینیوم مورد استفاده در صنعت خودرو سازی باید آندایز شود که مقاومت آن در برابر خوردگی و سایش افزایش یابد.

و شرایط آندایزینگ و فرآیند رنگ کردن باشد. این فرآیند از هزینه ساخت حمام های مختلف برای تولید رنگهای متفاوت بر سطح آلومینیوم می‌کاهد و در عین حال تولید رنگهای گوناگون برای زینت بخشی قطعات آلومینیوم در ساخت خودرو را افزایش می‌دهد.

خلاصه و نتیجه گیری

۱- آلومینیوم مورد استفاده در

حساسیت زا هستند. با اینحال چون پوشش های رودیوم نازک هستند و احتمال وجود ناپیوستگی در آنها می‌باشد در مواردی که در تماس طولانی با بدن انسان قرار دارند بجای استفاده از نیکل بعنوان پوشش زیرین استفاده از طلا و نقره پیشنهاد می‌شود.

اثرات زیست محیطی:

محدودیتی بر روی مقدار رودیوم در فاضلابها وجود ندارد. ارزش اقتصادی بالای رودیوم برای توجیه کردن دقت زیادی که در بازیافت این عنصر استفاده می‌شود کافی به نظر می‌رسد. این عمل بوسیله انجام پوشش بصورت مستقیم از مجاری دور ریز و عملیات تعویض یون مستقیم قبل از تخلیه نهایی انجام می‌شود.

جهتگیری‌ها:

(ادامه از صفحه ۲۷) است. رودیوم می‌تواند از سیستمهای مذاب سیانیدی با ضخامت‌های بالاتر از 100µ پوشش داده شود ولی در عمل هیچگاه این کار انجام داده نمی‌شود.

عملیات های بعد از پوشش:

رودیوم خود به تنهایی هیچگونه عملیات بعد از پوشش نیاز ندارد. با اینحال باید به خاطر داشت که بازده جریان محلولهای آبی پوشش رودیوم پایین است. در مواردی که رودیوم بر روی موادی که به تردی هیدروژنی حساس هستند پوشش داده می‌شود، یک نوع عملیات بازیخت در دماهای ۲۰۰ تا ۲۵۰ درجه سانتیگراد برای زدودن هیدروژن پیشنهاد می‌شود.

اثرات سلامت بدنی:

رسوبهای رودیوم غیر سمی و غیر

گزارش اولین سمینار دانشجویی بخش مواد

اولین سمینار یکروزه علمی- دانشجویی مهندسی مواد دانشگاه شیراز در تاریخ دوشنبه ۸۰/۳/۷ برگزار شد.

اولین جرقه‌های برگزاری این سمینار یک ماه قبل در ذهن دانشجویان زده شد و بعد از مطرح شدن مورد استقبال اساتید نیز قرار گرفت. طی یک ماه تلاش بی‌وقفه دانشجویان با همکاری و راهنمایی اساتید فراخوان مقاله‌ها منتشر شد و از بین مقالات ۸ مقاله برای ارائه در سمینار انتخاب گردید و از صنعت هم متخصصان و کارشناسانی دعوت شدند.

در روز دوشنبه ۸۰/۳/۷ رأس ساعت ۸ سمینار با صوت دلنواز قرآن و سرود جمهوری اسلامی ایران آغاز شد. مراسم افتتاحیه با سخنرانی دکتر جهرمی رئیس بخش مهندسی مواد دانشگاه شیراز ادامه یافت سپس دکتر جانقریان سخنانی در ارتباط با متالورژی در ایران و جهان ایراد کرد. مراسم افتتاحیه با این سخنرانی پایان یافت. اولین بخش سمینار با در مقاله با موضوعهای بررسی روشهای کنترل خوردگی در نیروگاهها توسط مهندس احمدی و بررسی عوامل انهدام مبدل E-158 واحد الفین مجتمع پتروشیمی

اراک توسط مهندس ریاحی و اعضای هیأت رئیسه: دکتر محمد حسین شریعت، دکتر محمد ابراهیم بحرالعلوم برگزار شد.

سپس پذیرایی از مدعوین و دانشجویان به عمل آمد و بخش دوم سمینار با حضور اعضای هیأت رئیسه دکتر کمال جانقریان و دکتر سید احمد جنابعلی جهرمی آغاز شد در این بخش چهار مقاله با عنوان بررسی مشکلات خوردگی مجتمع پتروشیمی اراک (مدعو از صنعت) مهندس بهرامی و آشنایی با هادیهای آلومینیومی خطوط هوایی انتقال برق و نحوه تخریب آنها توسط مهندس پریدل و ساختار بینایت در فولادها توسط مهندس بیاتیوبررسی تأثیر جریان معکوس و ضربانی بر روی پوششهای آلیاژی نیکل کبالت توسط مهندس جم برگزار و سمینار برای صرف ناهار و برپایی نماز چند ساعت دچار وقفه شد.

و بخش سوم با حضور هیأت رئیسه آقایان دکتر محمد محسن مشکسار و دکتر عباسعلی نظر بلند آغاز شد و در این بخش مهندس شکراللهی مقاله خود را تحت عنوان بررسی تلفات مغناطیسی فریتهای منگنز- روی

در لامپهای کم مصرف و آشنایی با روشهای عددی اجزاء محدود و کاربرد آن در نرم افزار نپسا توسط مهندس راستی ارائه شد.

سپس مهندس معدلی یکی از مدیران با تجربه کارخانجات مخابراتی ایران در رابطه با نقش مهندسی مواد در صنعت علی‌الخصوص در مخابرات سخنانی ایراد کرد.

کلیه مقالات مورد داوری و بررسی قرار گرفت و طبق نظر خواهی به بهترین مقاله جوایزی اهدا شد. عنوان بهترین مقاله مشترکاً به آقایان مهندس پریدل و مهندس ریاحی داده شد و عده برگزاری این سمینار به صورت گسترده‌تر و مؤثرتر در سال آینده به اطلاع علاقمندان رسید.

در پایان از کلیه دست‌اندرکاران و اساتید که در برگزاری سمینار فعالانه و خالصانه شرکت داشتند تشکر و قدردانی شد.

مقاله زیر یکی از دو مقاله برگزیده این سمینار است که به بررسی علل انهدام یکی از مبدل‌های واحد الفین مجتمع پتروشیمی اراک می‌پردازد.

محمد حسین شریعت

استاد بخش مهندسی مواد و متالورژی - دانشگاه شیراز
علی اشرف ریاحی

بررسی علل انهدام مبدل حرارتی E-158A واحد الفین مجتمع پتروشیمی اراک

کلمات کلیدی:

الفین - مبدل - خوردگی تنشی.

چکیده:

در واحد الفین مجتمع پتروشیمی اراک جهت بازیافت آب Condense شده در واحد ۱۵۸ سه مبدل حرارتی وجود دارد که هر سه در شرایط یکسان و به طور موازی مورد بهره برداری قرار می‌گیرند. در سال ۱۳۷۶ بععلت خوردگی یکنواخت و مشاهده ترک و حفره هایی بر روی تیوبها عملیات Retubing برای هر سه مبدل انجام پذیرفت. سپس در سال ۱۳۷۹، در حین انجام تعمیرات اساسی پتروشیمی مشاهده گردید که مبدل E-158A دچار خوردگی شدیدی در ناحیه لوله های U شکل شده است و تشخیص مهندسین بازرسی فنی بیانگر ایجاد خوردگی تنشی در این نواحی بود بهمین منظور و با توجه به اینکه بیش از ده درصد از تیوبهای این مبدل پلاگی شده بودند دستور انجام عملیات Retubing برای این مبدل صادر شد و تحقیقات مفصلی جهت بررسی عوامل ایجاد خوردگی در این مبدل و

پیدا کردن راه حل مناسبی جهت جلوگیری و رفع آن در واحد بازرسی فنی پتروشیمی اراک با همکاری دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز آغاز گردید که در این مقاله پس از بیان بررسیها و آزمایشات انجام گرفته بر روی مبدل E-158A پیشنهادات و راه حلهایی نیز جهت جلوگیری از خوردگی و انهدام این مبدل ارائه شده است.

مقدمه:

خوراک کوره های الفین شامل نفتای سبک و سنگین بوده که به همراه آن بخار (Dilution Steam) به منظور جلوگیری از پلیمریزه شدن، انتخاب پذیری ترکیبات الفینی و تنظیم زمان توقف داخل کوره تزریق می‌شود. پس از عملیات کراکینگ و خروج از کوره آب تزریق شده بازیابی می‌شود. آبهای Condense شده حاوی مقادیر بسیار کمی از مواد هیدروکربوری، گازهای محلول مانند CO₂، هیدروژن سولفاید و مقادیری اسیدهای آلی

می‌باشند که به همین دلیل به نام آب ترش (Sour Water) خوانده می‌شوند. لذا به منظور عاری سازی این آب از مواد روغنی آنرا در برج T-154 استریپ می‌کنند (Sour-Water Stripper). به منظور تنظیم PH در این برج به آب قبل از ورود به آن کاستیک زده می‌شود که بر اساس آنالیزهای انجام شده PH حدوداً به ۹ میرسد. برج در شرایط دمایی C ۱۵۶ و فشار ۱۳ bar در عملیات می‌باشد، آبهای Condense شده ای که در ته برج جمع شده پس از عبور از مبدل ۱۵۷ و افزایش دما از C ۱۰۷ به C ۱۶۷ وارد مخزن ۱۵۲ می‌شوند. قبل از ورود به مخزن ۱۵۲ نیز جهت تنظیم PH از جلوگیری از خوردگی اسیدی به آب Caustic زده می‌شود. خوراک مبدلهای ۱۵۸ از آب V-152 است که در این سه مبدل عملیات Dilution Steam Generation صورت می‌پذیرد. مخلوط آب و بخار از طریق دو نازل در زیر مبدل به Shell آن



بررسیهایی انجام گرفته که به تفصیل بیان می‌شوند.

روش تحقیق:

در ابتدا یک سری آزمایش جهت بررسی محیط انجام گرفت. بهمین منظور ابتدا آب داخل Shell که در تماس مستقیم با تیوبها بود آزمایش شد (شکل شماره ۱).

بر اساس آنالیز انجام شده مقدار مواد Organic موجود در آب نشان دهنده خطر ایجاد Fouling در این مبدل هستند [۴ و ۳ و ۲] و همانطور که هنگام Retube کردن مشاهده شد مقدار فراوانی از رسوبات روی سطح بیرونی تیوبها جمع شده بود. همانطور که در نتایج هم نشان داده شده در داخل آب مبدل مقداری گوگرد وجود دارد که حضور این عنصر می‌تواند موجب تشدید خوردگی شود [۴].

در مرحله بعد PH آب داخل Shell مبدل به مدت یک ماه و بطور مداوم تحت کنترل و نظارت قرار گرفت که نتایج آزمایش در شکل شماره ۶ نشان داده شده است.

همانطور که انتظار می‌رفت و نتایج نشان می‌دهند در اثر اضافه کردن Caustic قبل از V-152 محیط قلیایی ایجاد شده و بدینوسیله شرایط محیطی برای ایجاد خوردگی تنش بصورت تدریجی قلیایی مهیا می‌شود.

بعد از این مرحله از رسوباتی که روی سطح بیرونی تیوبها و بخصوص در منطقه U شکل جمع شده بودند نمونه گرفته شد و این رسوبات آنالیز

در سال ۱۳۷۶ مبدل E-158A مورد بازرسی قرار گرفت و با توجه به کم بودن بازدهی و خوردگی ایجاد شده در این مبدل دستور انجام Retubing برای این مبدل صادر شد و این عملیات در مجتمع پتروشیمی اراک انجام پذیرفت. این مبدل به مدت سه سال مورد بهره برداری قرار می‌گرفت، تا اینکه در خردادماه سال ۱۳۷۹ هنگام انجام تعمیرات اساسی مجتمع (overhal) هنگام هیدروتست بر روی این مبدل مشاهده گردید که ترکهای زیادی در ناحیه U شکل تیوبهای این مبدل ایجاد شده اند بهمین دلیل و با توجه به اینکه بیش از 10 درصد از تیوبها پلاگ شده بودند مبدل دوباره Retube شد. ترکهای ایجاد شده بر روی تیوبها بطور واضح بیانگر ایجاد خوردگی تنش بودند که به هر ترتیب و با توجه به شرایط محیط بوجود آمده و رشد کرده و منجر به انهدام این مبدل شده بودند.

بطور کلی ترکهای ناشی از خوردگی تنش یا SCC در اثر فراهم شدن همزمان شرایط سه گانه زیر بوجود می‌آیند [۳ و ۲]:

- ۱- بوجود آمدن محیطی مناسب برای ایجاد ترک در اطراف لوله
- ۲- حساسیت لوله به خوردگی تنش در شرایط محیط
- ۳- وجود تنش در خصوص علت ایجاد همزمان شرایط فوق در مبدل E-158A

وارد شده و در داخل تیوبهای آن بخار MPS با دمای 220°C و فشار حدود 8 bar جریان دارد. بخار حاصله در ناحیه Shell که در فشار عملیاتی 8 bar و دمای 170°C قرار دارد به Dilution Steam تبدیل می‌شود، و سپس جهت مصرف مجدد به کوره ها وارد می‌شود. [۱]

هر یک از مبدلها در ساعت حدود 20 تن Dilution Steam تولید می‌کنند و اگر به هر نحوی یکی از مبدلها از سیستم خارج شود دو مسأله مهم ایجاد می‌گردد.

۱- در ساعت می‌بایست 20 تن آب کمتر وارد V-152 شود و بنابراین این میزان آب قبل از وارد شدن به V-152 به طریقی از سیستم خارج شده و هدر می‌رود.

۲- برای بدست آوردن 20 تن بخار در ساعت و جایگزین کردن آن، از آب DM واحد Utility استفاده می‌شود [۱]. قیمت تمام شده برای تولید هر تن آب DM در پتروشیمی اراک چیزی در حدود 10 دلار است و با خارج شدن یکی از مبدلها از سیستم چیزی در حدود 4800 دلار هزینه صرف بدست آوردن بخار لازم در 24 ساعت می‌شود.

بنابراین و با توجه به موارد ذکر شده خارج شدن از سیستم هر کدام از مبدلها موجب وارد آمدن خسارت اقتصادی بسیار سنگینی خواهد شد و این امر بیانگر میزان اهمیت در رسیدگی به خوردگی این مبدلهاست.

شدند. نتیجه آزمایش آنالیز که در شکل شماره ۳ نشان داده شده بیانگر حضور سدیم در داخل رسوب و در تماس مستقیم با بدنه تیوبها می باشد که این موضوع در واقع حضور Caustic در تماس مستقیم با بدنه فلز تیوبها را توجیه می کند [۵].

با توجه به دمای بهره برداری مبدل که در حدود $190^{\circ}C$ می باشد نمودار شماره ۱ نشان می دهد که تیوبهای این مبدل که از جنس فولاد هستند (شکل شماره ۴) در هر غلظتی از NaOH مقاومت کافی نسبت به خوردگی در محیط را ندارند و کاملاً حساس می باشند و بنابراین بر اساس این نمودار از لحاظ انتخاب مواد ماده

کار سرد انجام شده در زمان ساخت تیوبها بصورت تنش پسماند در قطعه باقی مانده و باعث خوردگی تنش شده است.

مناسب جهت تیوبهای این مبدل آلیاژهای پایه نیکلی می باشند که با توجه به تعداد تیوبها و قیمت بالای این آلیاژها نسبت به انواع فولادها استفاده از آنها مرسوم به صرفه نیست [۶].

بر اساس گزارشها و سوابق موجود در پرونده این مبدل [۱] که در مرکز اسناد مجتمع پتروشیمی اراک موجود می باشد در سال ۱۳۷۶ هنگام Retube کردن مبدل بعد از انجام عملیات خم کاری تیوبها هیچ گونه عملیات حرارتی به منظور تنش زدایی در تیوبها انجام

نگرفته است که این موضوع باعث حضور تنشهای پسماند در قطعه شده و

ترک خوردن در اثر خوردگی تنش نتیجه اعمال همزمان تنشهای کششی و محیط خورنده روی فلز می باشد.

بدینوسیله عامل سوم (تنش) جهت ایجاد خوردگی تنش می باشد که مقادیری تنش کششی در اثر خم کاری در قسمت U شکل تیوبها باقی مانده است.

بحث و بررسی:

همانطور که می دانیم ترک خوردن در اثر خوردگی تنش نتیجه اعمال همزمان تنشهای کششی و محیط خورنده روی فلز می باشد و بزرگترین خطر در این نوع خوردگی این است که فلز یا آلیاژ اصلاً خورده نمی شود بلکه ترکهای ریزی بوجود آمده و با سرعتی متناسب با نوع محیط رشد می کنند و قطعه را از بین می برند. در زمان ساخت این مبدل و هنگام خم کاری تیوبها کار سرد روی آنها انجام شده و این میزان کار سرد بصورت تنش پسماند در قطعه باقی مانده و هیچ گونه عملیات حرارتی جهت رفع آن انجام نشده است. بر اساس آزمایشهای انجام شده نیز مشاهده می شود که محیط کاملاً قلیایی است و با توجه به فاصله ای که بین نازل ورودی و منطقه U شکل تیوبها وجود دارد این منطقه دارای تلاطم و جریان نسبتاً کمی می باشد و به همین دلیل مواد قلیایی براحتی در مجاورت

تیوبها قرار گرفته و با توجه به حضور تنش پسماند کششی باعث ایجاد ترک در قطعه می شوند (تردی قلیایی). از طرفی روی تیوبها مقداری رسوب وجود دارد و همانطور که آنالیزهای شیمیایی نشان می دهند مواد قلیایی در داخل رسوبات نفوذ می کنند و در یک محیط کاملاً آرام و پر تنش (منطقه U شکل) زیر رسوبات و در مجاورت تیوبها قرار گرفته و باعث ایجاد ترک می شوند، بدینوسیله با ادامه کار ترکها رشد کرده، و به مبدل آسیب رسانده و آنرا از سرویس خارج می کنند [۸ و ۹].

بطور کلی سه راه حل عمده می توان جهت جلوگیری و یا کاهش خوردگی در این مبدل در نظر گرفت:

۱- کارکردن بر روی فلز

۲- تغییر نسی محیط

۳- تغییر طراحی مبدل به نحوی که حساسیت کمتری به خوردگی تنش داشته باشد.

در مورد اول همانطور که قبلاً اشاره شد امکان تغییر فلز از فولاد به نیکل نمی باشد و تنها راه حل ممکن تنش زدایی تیوبها بعد از انجام خم کاری است که این عملیات در مورد مبدل هنگام Retube کردن آن در خردادماه سال ۱۳۷۹ مطابق شکل شماره ۱۰ و بر اساس استاندارد ASTM انجام شد [۷].

در مورد دوم هم راه حلهایی وجود دارند که در پیشنهادات بیان می شوند.

پیشنهادات:

۱- قرار دادن یک شیر تخلیه در

۴- انجام عملیات حرارتی مناسب

(این عملیات در هنگام نصب مبدل

جدید انجام شد). (شکل شماره ۵)

۵- کم کردن فاصله بین شستشوی

سطح خارجی تیوبها جهت از بین بردن

و پاک کردن رسوبات روی آنها تا

بدینوسیله مکانیزم تشدید خوردگی

متوقف گردد.

۶- با توجه به اینکه قبل از T-154

مقداری کاستیک وارد محیط می شود

بنابراین می توان میزان کاستیک ورودی

قبل از V-152 را تا حدی کم کرد.

بطور کلی سه راه حل عمده
می توان جهت جلوگیری و یا
کاهش خوردگی در این مبدل در
نظر گرفت:

۱- کار کردن بر روی فلز
۲- تغییر نسبی محیط
۳- تغییر طراحی مبدل به
نحوی که حساسیت کمتری به
خوردگی تنش داشته باشند.

با جنس تیوبها بر اساس استاندارد

ASTM بعد از خم کاری

مبدل که در هر شیفت با خارج

ن مواد از مبدل غلظت کاستیک در

ط کم شود.

۲- تغییر محل نازل ورودی به

بaffle انتهایی تا بدینوسیله با

ک شدن نازل تلاطم در منطقه U

تیوبها افزایش یابد [۱۰].

۳- بردن از قسمت فوقانی Baffle

ت افزایش شدت جریان و تلاطم

محل تیوبهای U شکل (این عمل در

ام نصب مبدل جدید در خردادماه

۱۱ انجام شد)

References:

- ۱- گزارشات مربوطه به مجتمع پتروشیمی اراک - واحد الفین - مبدل ۱۵۸
2. Gaverick L. (ed), "Corrosion in the Petrochemical Industry", ASM International, 1995.
3. Russel t. Jones, "Stress Corrosion Cracking", ASM, 1992.
4. Mars Fontana, "Corrosion Engineering", third edition, 1990.
5. ASM "Corrosion Handbook", Vol. 13
6. Z.A. Foroulis, "Corrosion and Corrosion Inhibition in the petroleum Industry", werkst, korros, Vol 33, (NO.2), 1982, PP 121-131
7. Donald R. Askeland, "The Science and Engineering of Materials", third edition, Chapman and Hall, 1996
8. Heat Exchangers, "Selection, Design and Construction", E.A.D. Sannders, Longman group, 1988.
- ۹- خوردگی و روشهای کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، مهندسی رحیم زمانیان، ص ۳۷۵
- ۱۰- طراحی مکانیکی مبدلهای حرارتی، مهندس محمدرضا خوش گفتار، مؤسسه انتشارات، جهاد دانشگاهی، ۱۳۷۵، ص ۱۵۳-۱۱۲.

واحد	نتیجه	تست
PPM	۱۵	مقدار گوگرد کل
PPM	۱۵	مقدار آهن کل
PPM	۴۱۷	Organic

شکل ۱ نتایج آنالیز شیمیایی آب داخل Shell.

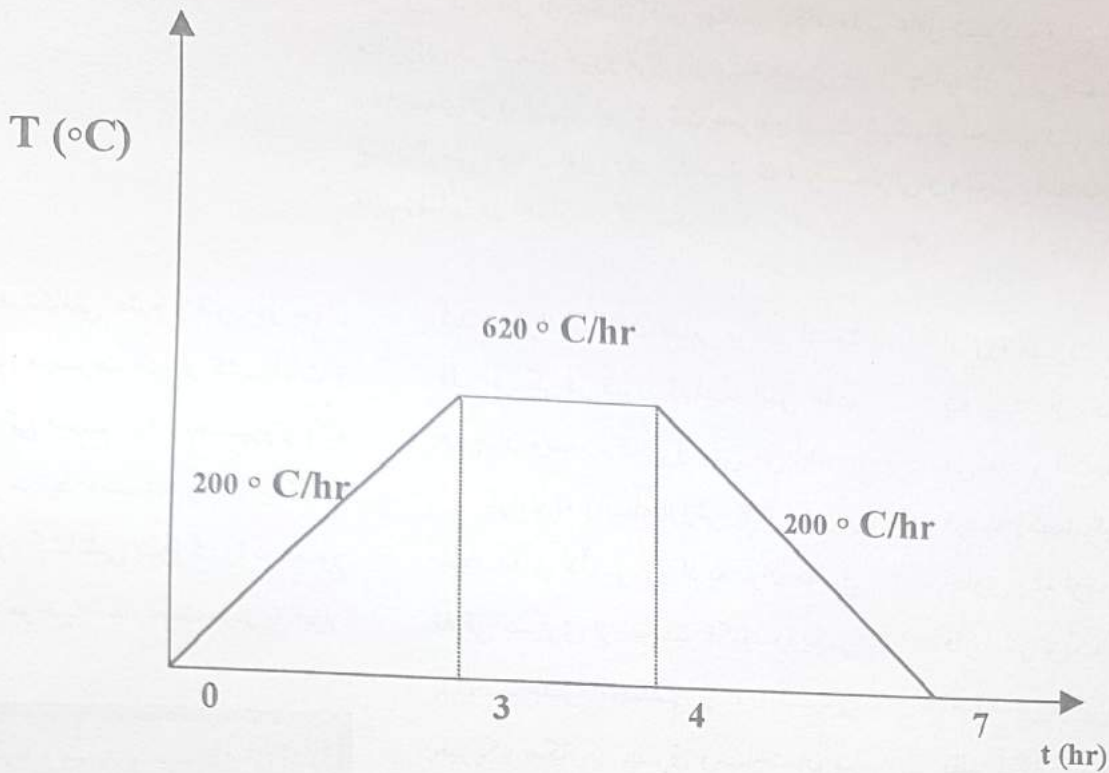
DATE	PH	DATE	PH	DATE	PH
۷۹/۵/۹	۱۰/۸	۷۹/۵/۱۹	۱۱/۳	۷۹/۵/۲۹	۶
۷۹/۵/۱۰	۱۱/۷	۷۹/۵/۲۰	۱۱/۴	۷۹/۵/۳۰	۵/۳
۷۹/۵/۱۱	۱۱/۷	۷۹/۵/۲۱	۱۱/۴	۷۹/۵/۳۱	۵/۸
۷۹/۵/۱۲	۱۱/۸	۷۹/۵/۲۲	۱۱/۶	۷۹/۶/۱	۵
۷۹/۵/۱۳	۱۱/۵	۷۹/۵/۲۳	۱۱/۵	۷۹/۶/۲	۵/۱
۷۹/۵/۱۴	۱۱/۱	۷۹/۵/۲۴	۱۰/۲	۷۹/۶/۳	۵/۵
۷۹/۵/۱۵	۱۱/۵	۷۹/۵/۲۵	۹/۲	۷۹/۶/۴	۱۱
۷۹/۵/۱۶	۱۰/۳	۷۹/۵/۲۶	۱۰/۲	۷۹/۶/۵	۱۰/۵
۷۹/۵/۱۷	۱۰/۹	۷۹/۵/۲۷	۱۰/۲	۷۹/۶/۶	۱۱
۷۹/۵/۱۸	۱۱/۲	۷۹/۵/۲۸	۹	۷۹/۶/۷	۱۱/۵

شکل ۲. pH اندازه گیری شده از آب داخل Shell مبدل.

واحد	نتیجه	تست
%	2.3	مقدار گوگرد کل
%	41.4	مقدار آهن کل
%	2.1	مقدار سدیم کل

شکل ۳. نتایج آنالیز شیمیایی رسوب های تشکیل شده روی تیوبها.

952	تعداد تیوبها
(Low Carbon Steel) A 179	جنس تیوبها
7 m	طول تیوبها
(Low Carbon Steel) A 516	جنس تیوب شیت
Dilution Steam Generator	نوع مبدل



شکل ۵- سیکل عملیات حرارتی تیوبهای مبدل.

دانشمندان در زمین همچون ستارگان آسمانند که در تاریکیهای خشکی و دریا هدایتگر هستند و هرگاه ناپدید شوند بیم آن میرود که هدایت کنندگان خود، گمراه شوند.

خاتم الانبیا، حضرت محمد [ص]

هر موجودی در طبیعت آنچنان است که باید باشد و تنها انسان است که هرگز آنچنان که باید باشد نیست.

دکتر شریعتی

از کمال سعادت، تلاش در راه مصلحت توده مردم است.

مولای متقیان حضرت علی [ع]

نابینا آن نیست که چشم ندارد، نابینا کسی است که بینش و بصیرت ندارد.

خاتم الانبیا، حضرت محمد [ص]

اهمیت متالورژی در صنعت امروز

متن زیر گزیده‌ای از سخنان آقای مهندس ابکاء، مدیر عامل شرکت قائم رضا، است که به نقش متالورژی در صنعت امروز می‌پردازد، به همین دلیل چاپ آن را بی‌جهت ندیدیم. در پایان مقاله، خلاصه‌ای از فعالیتهای این شرکت همراه با لیست شرکتهای تحت پوشش آمده است. جاساز دارد که از استاد گرامی، جناب آقای دکتر مشکسار که متن سخنرانی و همچنین اطلاعات لازم در مورد شرکت قائم رضا را در اختیارمان گذاشتند، تشکر و قدردانی کنیم.

رشد تکاملی علوم و فنون در جهان حاصل مجموعه‌ای از کشفیات و اختراعاتی است که زنجیروار به یکدیگر مرتبط هستند و هر یک در زمان خود گشایشی بزرگ را در امور آن دوره موجب شده است. نیاز به ابزار

فلزات به واسطه ارزش کاربردی و جاذبه‌های علمی زیاد بعنوان محل تلاقی بسیاری از تدابیر تکنولوژیکی بوده‌اند

در زندگی روزمره از دیرباز بعنوان یک احتیاج مسلم مطرح بود و دانشمندان هر عصر تلاش وافری در جهت رفع این احتیاجات مبذول کردند و البته دست و پنجه نرم‌کنان با علم مواد، بی‌شک سرآمد این رشته از علوم و فنون تلقی می‌شوند این تلاشها موجب شد که در دوران باستان هفت فلز کشف شود و در قرون وسطی دو فلز به این خانواده اضافه شد و در قرن هجده مجموعه کشفیات به ۲۲ فلز رسید اما شاه بیت غزل شناسایی فلز در قرن نوزدهم بود که ۴۳ فلز پا به عرصه وجود در زندگی آدمی گذاشت و پایه و اساس توسعه زندگی بشر را موجب

شد و سرانجام با شناسایی بیش از ۲۰ فلز دیگر در قرن گذشته این علم همچنان وسعت کمی و کیفی می‌یابد. فلزات به واسطه ارزش کاربردی و جاذبه‌های علمی زیاد بعنوان محل تلاقی بسیاری از تدابیر تکنولوژیکی بوده‌اند. علوم مختلفی چون شیمی، فیزیک، مکانیک، برق و ساختمان با عنایت به مسائلی از قبیل اکسیداسیون و احیاء و قوانین حاکم بر ترکیب فلزات، ساختارهای اتمی، تغییر شکل پلاستیک، خواص الکتریکی و مغناطیسی و همچنین کارایی مکانیکی و کاربردی به تحقیق در ارتباط با فلزات پرداخته‌اند اما کار متالورژها ارزش و جایگاه خاص خود را دارد. اینجاست که هماهنگی و تجزیه و ترکیب و سختی و نرمی و ظاهر و باطن فلزات و همه و همه باید با دیدی صاحب‌نظرانه و عالمانه مورد تحلیل و تحقیق قرار گیرد و عصاره آن بعنوان کشفی جدید تحویل مردمان روزگار شود.

آهن بعنوان یکی از این کشفیات چنان نقشی در زندگی بشر ایفا کرده و می‌کند که انکار آن توسط هیچکس نه جایز و نه ممکن است تا جایی که

امروزه مصرف سرانه هر نفر در جهان به بیش از یکصد و چهل کیلوگرم می‌رسد و البته در کشور ما این رقم قریب یکصد کیلوگرم است که خود حاوی پیام لزوم توسعه در تولید این فلز استراتژیک است. اگرچه که گاهی اعتقاد تولید این فلز و کارهای سنگین نظیر آن از قاره آمریکا و اروپا به آسیا آفریقا این تردید را ایجاد می‌کند که راستی چه باید کرد؟ هدف ایشان از این کار چیست؟ لیکن آنچه که مهم است این است که ما باید به مقتضای شرایط خود اتخاذ روش و تصمیم کنیم و در این اثنان آنچه‌ان دوری و عزلت اختیار کنیم که از کوس رقابت بازمانیم و نه شیفته بیش از حد توسعه شویم که مشکلات زیست محیطی به نحوی خانمان برانداز به سراغمان آید و یا با نگرشی محدود ارتباط خود را با مسائل روز دنیا آنچه‌ان ترسیم و تعیین کنیم که به قول معروف منجر به اختراع دوباره لامپ شود!! امروزه تولید و ریخته‌گری آلیاژهای جدید در فضا و بررسی فرآیند انجماد فلزات و آلیاژها در خارج از جو زمین انتظار تولید آلیاژهایی با خواص ویژه و شگفت‌انگیز را موجب شده است.

آلیاژهای حافظه دار که کاربرد وسیع و اساسی در صنایع حساس و استراتژیک داشته و می تواند داشته باشد در پیچهای نو و جذاب بر روی دو باغ بزرگ علم متالورژی و صنعت است و در سایه این فن آوری است که ساخت وسایل پزشکی چون دریچه قلب و صنایع فضایی نظیر ماهواره ها میسر می شود.

تولید پودرهای آلیاژی بانقطه ذوب بسیار بالا با عنوان آلیاژسازی مکانیکی بی شک تحول شگرف و اساسی در زندگی بشر صنعتی ایجاد خواهد نمود. مهندسی متالورژی سطح و ایجاد پوشش های نوین که قطعات فلزی ارزان قیمت را با پوشش دادن فلزات گرانبیقیمت و ارزشمند به پدیده های جدید بدل می کند هنوز رازهای نهفته بسیار دارد.

و سوپر آلیاژها با خواص خزشی بسیار بالا، ساخت پره های توربین ها را با روشی جدید و غنی نشانه رفته است و به این همه باید علم شبیه سازی در فرایندهای متالورژی را نیز اضافه نمود که بدین روش به هر آنچه که قصد رسیدن داشته و داریم با روشی ارزانتر دست خواهیم یافت.

و من بعنوان نماینده صنعت امروز در مقابل اساتید دست حسرت و حیرت به دهان می گزم که چرا هنوز دانشگاه و صنعت ما دست در دست یکدیگر نگذاشته و نایافته های این علم ارزشمند

که در ایران ما نیز متأسفانه نایافته های بیشمارتری دارد را پیدا و آشکار نمی کند؟

محققان و دانش پژوهان حق دارند که به آنچه گفته آمد و مسئله روز دنیاست بپردازند اما ما در صنعت هنوز با مشکلات ابتدایی این علم دست بگربانیم.

هنوز بیشترین بها را برای ساده ترین متدهای ریخته گری و ذوب و آلیاژ و غیره می پردازیم و دست به سینه، علمی را که در دانشگاههای خودمان خاک می خورند را با تحویل سیم وزر از خارجی ها می خریم.

هنوز کارفرمایان صنعتی آنچنان که باید و شاید حاضر به اعتماد به نسل جدید دانشگاهی و تولیدی نیستند.

هنوز در بسیاری از عرصه های این علم بیشترین همت و همیت صرف خرید تولید نهایی و مصرفی کارخانجات، از خارج کشور می گردد. به راستی چه باید کرد؟!

خلاصه ای از فعالیتهای

شرکت قائم رضا

مجتمع صنایع قائم رضا یک شرکت مادر (سرمایه گذار) می باشد که با ۱۰ شرکت تحت پوشش بعنوان یک شرکت خصوصی تحت قوانین بازرگانی ایران فعالیت می نماید.

این مجتمع پروژه هایی در زمینه طراحی و مشاوره، مهندسی، ساخت اسکلت های فلزی و تجهیزات مکانیکی و

الکتریکی و نصب و راه اندازی کارخانه های صنایع مادر بویژه صنعت فولاد و صنایع جانبی آن از قبیل کارخانه های تولید فرو آلیاژها، نسوزها را به تنهایی و یا به صورت یک جا وکلید در دست بعهده دارد.

بعلاوه این شرکت در زمینه های تولید غلتک های نورد، اتاقک های مکعبی شکل، پانل های کنترل الکتریکی، ساخت سینی های کابل و همچنین ارائه خدمات کامپیوتری، بازرگانی و بازاریابی دارای توانایی های بالقوه می باشد.

شرکتهای تحت پوشش عبارتند از:

۱- شرکت مهندسی بین المللی فولاد تکنیک
info@fooladtechnic.com

۲- شرکت مهندسی ساخت میلاد سپاهان
www.milad.com

۳- شرکت متک
metec@ghaemreza.com

۴- شرکت ایران غلتک
www.ghaemreza.com/ghaltak

۵- شرکت تجهیزات برق و سیالات فولاد (ساتها)

۶- شرکت مهندسی نصب تجهیزات قائم رضا

۷- شرکت فولاد میبد

۸- شرکت نوید منگنز

۹- شرکت کانسار صفا

۱۰- شرکت بازرگانی تیام صفا
tiam@noornet.net

فولاد ساکسونها

ساکسون فولاد "شفیلد" را در اواسط قرون وسطی می ساخته اند.

بنا به گفته مک دانل، آهنگران ساکسون برای تولید فولاد از یک پروسه در مرحله های استفاده می کردند. آنها ابتدا سنگ معدن آهن و زغال چوب را درون یک bloomery کوچک که کوره های سفالی با ارتفاعی حدود یک و نیم متر بود می ریختند و با حرارت دادن این مخلوط، چدن با حدود ۴ درصد کربن بدست می آوردند.

در مرحله بعد، آهنگران چدن را درون بوت های حرارت می دادند و بوسیله فوتک، هوا را روی آن می دمیدند. آهن در 1100°C ذوب می شد. اما با افزایش دما، هوایی که از فوتک می آمد کربن را اکسید می کرد، کربن اکسید شده به صورت دی اکسید کربن از محیط خارج می شد. وقتی دمای فلز مذاب به 1200°C می رسید درصد کربن آن تا ۲ درصد پایین آمده بود. در این هنگام به دلیل کاهش کربن دمای ذوب فلز افزایش می یافت در نتیجه فلز مذاب به طور ناگهانی منجمد می شد. محصول بدست آمده گلوله ای از فولاد بود که بعداً به صورت کارد یا ابزار دیگر در می آمد.

جری مک دانل (Gerry McDonnel) باستان شناس دانشگاه برادفورد می گوید: «هزار سال طول کشید تا تولید کنندگان صنعتی فولاد شفیلد به ساکسونهای ساوتهمپتون برسند.» آهنگران در قرون وسطی همان فولاد مرغوبی را تولید می کردند که باعث مشهور شدن شهر شفیلد در طول

هزار سال طول کشید تا تولید کنندگان صنعتی فولاد شفیلد به ساکسونهای ساوتهمپتون برسند.

انقلاب صنعتی شد. او می گوید: «یافته های جدید عقیده سنتی را در مورد تولید کنندگان اولیه آهن به کل تغییر داده است.» در دهه ۱۷۴۰ میلادی، بنجامین هانتزمن کشف کرد که می توان فولاد را بوسیله ذوب کردن و زمان دادن به سرباره برای رسیدن به سطح و سپس جداسازی آن، تصفیه کرد. فولاد مرغوب بدست آمده که آلیاژی از آهن با دو درصد کربن بود، برای ساخت فنر - حرفه هانتزمن - بسیار مناسب بود. اما کشف شمشهای کوچک فولاد و کاردهای فولادی در هامویک (Hamwic) بندری متعلق به ساکسونها که در زیر سارتهمپتون دفن شده است ثابت می کند که آهنگران

کشف شمشهای کوچک فولاد و کاردهای فولادی هامویک (Hamwic) متعلق به ساکسونها که در زیر سارتهمپتون دفن شده است ثابت می کند که آهن ساکسون فولاد شفیلد را در اواسط قرون وسطی می ساخته اند.

مک دانل می گوید: «دنیای باستان روشهای دیگری برای تولید فولاد داشته است اما هیچ کدام از آنها فولادی همگن با این کیفیت را تولید نمی کردند.» آزمایشات انجام شده بر برادفورد نشان داده که فولاد تولید شده در هامویک دو تا سه بار سخت تر از فولادهایی است که در همان زمان به روشهای دیگر تولید می شده اند. در اروپا تا قبل از قرن پانزدهم میلادی از کوره های بلند خیری نیو دبه همین دلیل بعضی از باستان شناسان شک دارند که ساکسونها تکنولوژی رسیدن به دماهای بالا برای ذوب آهن و تولید فولاد مرغوب را داشته اند. به همین دلیل وقتی گلوله های منجمد شده آهن مذاب در سایر مکانهای باستانی کشف شد، محققان آنها را به عنوان اشتباهات یا مواردی مربوط به دوره های بعد رد کردند.

جدول، ادامه صفحه ۳۱

Cu	Zn	Pb	Fe	Si	Sn	Ni	Co	Al
۵۵,۸	۴۰,۲۵	۱,۷	۰,۸۹	۰,۵۸	۰,۵۰	۰,۲۹	۰,۲۵	۰,۰۷

جدول ۱- آنالیز نمونه اولیه بر حسب درصد

شماره	Cu	Zn	Pb	Fe	Sn	Si	Ni	Co	Al
۱۰	۶۳,۴	۳۴	۱,۴۵	۰,۲۳	۰,۳۵	۰,۱۶	۰,۲۵	۰,۲۲	۰,۲۴
۱۱	۶۱,۴	۳۶,۱۷	۱,۸	۰,۶۲	۰,۴۶	۰,۰۵	۰,۲۵	۰,۲۱	۰,۰۵
۱۲	۶۰,۱	۳۷,۳۲	۱,۳۳	۰,۶۴	۰,۴۵	۰,۰۶	۰,۲۷	۰,۲۳	۰,۰۶
۱۳	۵۸,۱	۳۸,۲	۱,۲۵	۰,۵۵	۰,۳۹	۰,۱۳	۰,۲۲	۰,۲۴	۰,۲۲

جدول ۲- آنالیز نمونه‌های ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ بر حسب درصد

شماره	وزن شارژ (گرم)	وزن شمش (گرم)	درصد تلفات روی	درصد تلفات سرب
۱۰	۳۵۰	۱۰۰	۷۵,۵	۷۱,۴۳
۱۱	۵۶۵	۳۵۰	۴۴	۳۹,۶
۱۲	۵۷۰	۴۸۰	۲۱,۴	۳۷
۱۳	۵۸۰	۵۵۰	۹,۴	۳۱,۶

جدول ۳- درصد تلفات سرب و روی نمونه‌های ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳

هامویک تنها در قرن‌های ۸ و ۷ میلادی مسکونی بوده است، بنابراین فرضیه ناخالصی‌های مربوط به دوره‌های بعد رد می‌شود. بل کرداک (Paul Craddock) متالورژیست British Museum در لندن در این باره می‌گوید: «این موضوع غیر ممکن نیست زیرا در دوره Romanها و قرون وسطی پیشرفت‌های بزرگی در درک بشر از آهن و فولاد اتفاق افتاد.»

اما چرا راز فولاد مدرن برای

هزارسال گم شد؟

به گفته مک‌دانل محتمل‌ترین جواب این است که در روش ساکسونها فولاد در مقادیر اندک تولید می‌شد و خیلی هم گران بود. وقتی تقاضا برای فولاد در قرون وسطی افزایش یافت تولید فولاد با کیفیت پایین‌تر اما مقادیر بیشتر، فولاد مرغوب را از میدان به در کرد.

«برای اطلاعات بیشتر به «Journal of The Historical Metallurgy Society» مراجعه کنید.»

پایان

FAHLEZ 7

VOL.3-NO.7-AUTUMN 2001



اولین سمینار علمی - آموزشی
بخش مهندسی مواد

با حضور کارشناسانی از صنعت

فراخوان
اولین سمینار یکروزه علمی - آموزشی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه شیراز با هدف آموزش پژوهش و ارتقاء سطح علمی دانشجویان و با حضور اساتید دانشگاه و کارشناسانی از صنعت در تاریخ هفتم خردادماه ۸۰ در محل تالار امیر کبیر دانشگاه شیراز تشکیل شد.
ضمن قدردانی و تشکر از تمام دوستان و بزرگوارانی که ما را در برگزاری این همایش یاری نمودند به اطلاع می رسانیم برای برگزاری دومین سمینار یکروزه علمی آموزشی نیز به کمک و یاری تمامی شما نیازمندیم.



اهداف:
آموزش
پژوهش
ارتقاء
سطح علمی
دانشجویان

۷ خرداد ماه ۸۰ - دانشگاه و صنعت شیراز