فلز

سال دوم
شماره پنجم
مهر- آبان ۷۹

۵

دو ماهنامه گروه علمی دانشجویان بخش مهندسی مواد دانشگاه شیراز

- Solid Solution Hardening
- سوپر آلیاژهای غیر آهنی بکار رفته در پره های توربین گازی و علل تخریب آنها
- گفتگو و آیندهٔ شغلی
- خوردگی از دیدگاه میکروبیولوژی
- آلومینیوم
- خمیر لحیم
- معمای علمی
- معرفی سایت
- ...

Scanned by CamScanner

هر پاداشی که زندگی به تلاشهایمان بدهد یا ندهد، هنگامی که به پایان تلاشهایمان نزدیک می‌شویم، هرکداممان باید حق آن را داشته باشیم که با صدای بلند بگوییم:

"من آنچه در توان داشته ام، انجام داده‌ام."

لویی پاستور

طرح جلد: فرآیند نورد گرم فولاد

صاحب امتیاز:
گروه علمی دانشجویان
بخش مهندسی مواد

مدیر مسؤول:
دکتر سیروس جوادپور

شورای سردبیری:
لیلا اسدی ـ علیرضا توکلی

صفحه‌آرایی:
امین جعفری

گرافیک کامپیوتری جلد:
سعید ملک‌سعیدی، آرش عطار

تیراژ:
۳۰۰ نسخه

نشانی:
شیراز ـ دانشکده مهندسی
شماره ۱ ـ بخش مهندسی مواد ـ
دفتر گروه علمی ـ دوماهنامه فلز

پست الکترونیکی:
felez@hyperemail.com

با تشکر از:
آقای دکتر جهرمی

آنچه می‌خوانید:

حرف اول	ماندن دریا	۲
	رودخانه خروشان	۲
مقاله	SOLID-SOLUTION HARDENING	۳
گفتگو	آینده شغلی	۷
مقاله	خوردگی از دیدگاه میکروبیولوژی	۹
	مقدمه‌ای بر خزش	۱۰
	سوپرآلیاژهای بکار رفته در پره‌های توربین	۱۱
گفتگو	دانشجوی امروز، مهندس فردا	۱۴
معمای علمی		۱۶
دریچه‌ای رو به صنعت	خمیر لحیم	۱۷
مقاله	گروه علمی: دیروز، امروز، فردا	۱۹
معرفی سایت		۲۰
شناسنامه فلزات	آلومینیوم	۲۱
هوای تازه		۲۴

- **فلز** نشریه‌ای است که به نشر آثار، مقالات و آراء در زمینه‌های علمی مرتبط با مهندسی مواد می‌پردازد.
- عقاید و نظریات چاپ شده در نشریه، لزوما دیدگاه **فلز** نیست.
- **فلز** در رد، قبول، انتخاب عنوان، اصلاح، ویرایش و کوتاه کردن مطالب آزاد است.
- مسؤولیت صحت مطالب، ارقام و نمودارها بر عهده نویسندگان و مترجمان مقالات خواهد بود.
- آنچه با قلم به **فلز** هدیه کنید، بازپس فرستاده نمی‌شود.
- استفاده از کلیه مطالب **فلز**، با ذکر مأخذ مجاز است.

Scanned by CamScanner

ماندن دریا

یکم:

پنجره اتاق کوچک به سوی آینده باز بود. همان اتاق کوچکِ همیشه سرشار از طراوت و تازگی. پنجره اتاق از اقاقی‌های محبت ساخته شده بود و دیوارهای آن را با رزهای صداقت و صمیمیّت تزیین کرده بودند. اتاق آغشته از شمیم خوش یاس‌های زرد و سفید صفا و گذشت بود.

هوای اتاق بوی عطر اشتیاق می‌داد. در مرگ لحظه‌ها، امید تولد لحظه‌های نو احساس می‌شد. لحظه‌هایی زیباتر از گذشته‌کسانی که به اتاق می‌آمدند و می‌رفتند در جریان پیمایی ثانیه‌ها، هزاران بذر شادمانی کاشته بودند.

دوّم:

با هم آغاز کردیم به آرامش عشق، به لطافت نسیم، به رهایی موج، شکوفاتر از بهار، درخشان‌تر از آفتاب، نستوه‌تر از کوه، آبی‌تر از آسمان، سبزتر از جنگل، سپیدتر از سپیدپنبه و زلال‌تر از آب.

می‌دانستیم دشواریهای فراوانی فرا راهمان است اما انگار ترس را از یاد برده بودیم. چه انگیزه‌ای بالاتر از آنکه می‌خواستیم اثرگذار باشیم و کاری انجام دهیم. نمی‌دانیم چگونه در کارمان موفق بوده‌ایم اما تلاشهایمان را به کنار نهادیم تا فلز شماره به شماره بهتر شود.

سوّم:

دگرگونی، تغییر، خونی تازه، حیاتی نو،فصلی نوین. هنگام نوشتن این واژه‌ها بی‌اختیار به یاد این جمله می‌افتم "هیچ چیز جز تغییر ثابت نیست." اکنون زمان آن فرا رسیده که افراد جدیدی زمام امور را به دست بگیرند تا این جویبار به راه خود ادامه دهد تا شاید روزی به رودخانه‌ای خروشان تبدیل شود. تک‌تک شما هم اگر بخواهید می‌توانید در این آغاز نوین شریک و سهیم باشید. دوران نوینی که انتهایی نخواهد داشت و هر لحظه‌اش شکوفاتر از لحظه قبل خواهد بود. حالا که فردا روشن‌تر از امروز است بی‌انصافی است اگر بنویسم "آخر" به جای آن می‌نویسم:

باز هم یکم:

با هم آغاز خواهید کرد به آرامش عشق، به لطافت نسیم، به رهایی موج، شکوفاتر از بهار، درخشان‌تر از آفتاب، نستوه‌تر از کوه، آبی‌تر از آسمان، سبزتر از جنگل، سپیدتر از سپیدپنبه و زلال‌تر از آب.

به قول شاعر:

آنچه من می‌بینم
ماندن دریاست
گذرا بودن موج و گل و شبنم نیست.
گرچه ما می‌گذریم
راه می‌ماند
غم نیست.

کامران خداپرستی

رودخانهٔ خروشان

یکم:

بادهای پاییزی دوباره شروع به وزیدن کرده‌اند. خش‌خش برگهای زرد زیر پای رهگذران به گوش می‌رسد.

روزهای انتخاب واحد با تمام دشواریهای شیرینش از راه می‌رسد و دوباره کلاسها پر از همهمهٔ دانشجویانی می‌شود که سرشار از انرژی و حرارتند.

دیدن یاران قدیمی، پیداکردن دوستانی جدید، درسهایی تازه، تجربیاتی جدید، دغدغهٔ امتحان . . . و این چرخه همواره تکرار می‌شود. فکر می‌کنید اینها همه بیانگر چیست؟ همه به ما می‌گویند: به زمان بیاندیش و به روزهایی که هزاران نفرین، حتی لحظه‌ای را بر نمی‌گرداند. به زمان بیاندیش و لحظه‌های خوب با هم بودن، و به یاد داشته باش که این لحظه‌ها هیچ‌گاه باز نمی‌گردند.

چرخش در مداری بسته با این تفاوت که امسال سال‌اولیها دیگر سال‌دومی شده‌اند. سال‌آخریها سراغ سرنوشت خود رفته‌اند و سال‌سومی‌ها سال‌آخری شده‌اند. دیری نمی‌پاید که آنها هم می‌روند. پس چه زیباست که قدر این لحظات گرانبها را بدانیم و هر یک در جهت کمک به یکدیگر قدم برداریم. چه زیباست وقتی به گذشتهٔ خود می‌نگریم، تلاشهایمان را ببینیم که حالا به بار نشسته و به یاد داشته باشیم که **"این نام نیک است که باقی می‌ماند."**

دوّم:

عزیزان، نشریهٔ فلز امروز سعی دارد که گامی در جهت اعتلای علمی و فرهنگی دانشجویان بخش مواد بردارد. این میراث ارزشمند نه به سادگی بلکه با زحمات فراوان به بار نشسته و اکنون به دست ما سپرده شده است. ما سعی داریم که این درخت به بار نشسته را همچنان سرپا نگهداشته و اگر لایق بودیم آن را پربارتر کنیم ولی می‌دانیم و مطمئن هستیم که جز با همکاری و همیاری شما نمی‌توانیم گامی پیش نهیم، پس بیایید دست به دست هم دهیم و این نشریه را که خود افتخاریست برای ما دانشجویان مواد بیش از پیش بارور کنیم.

لیلا اسدی

Scanned by CamScanner

مجتبی قطعی
دانشجوی کارشناسی ارشد مواد ـ شناسایی و انتخاب مواد ـ ۷۹

SOLID-SOLUTION HARDENING

۱ـ تعریف:

افزایش تنش سیلان فلزات در اثر حضور اتمهای حل‌شدهٔ خارجی، محلول‌سختی (solution hardening) نامیده می‌شود. محلول‌سختی، یکی از روشهای استحکام‌دهی فلزات است که در مقایسه با سایر روشهای استحکام‌دهی مثل رسوب‌سختی، تغییر فناز مارتنزیتی و . . . اثر استحکام‌دهی کمتری دارد و برای افزایش زیاد در تنش سیلان، باید مقدار زیادی بدشکلی (distortion) در شبکهٔ کریستالی بوسیلهٔ مقدار زیادی از اتمهای حل‌شده (solute) ایجاد کنیم که این دو امر (حلالیت زیاد و ایجاد بدشکلی زیاد در شبکه) با هم تناقض دارند. همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، در کرنشهای کم ممکن است تنش سیلان محلول جامد از تنش سیلان فلز خالص کمتر باشد (علّت این پدیده چه می‌توانند باشد؟).

اگرچه محلول‌سختی اختصاصی به فلزات ندارد ولی در این مقاله بحث به فلزات محدود می‌شود و فقط محلولهای همگن (homogeneous) و تک‌فاز مورد بررسی قرار می‌گیرند. چون در دماهای مورد بحث مکانیزم غالب برای تغییرفرم پلاستیک، لغزش نابجایی‌هاست پس برای مطالعهٔ محلول‌سختی به بررسی برهم‌کنشهای اتمهای حل‌شده و نابجایی‌ها می‌پردازیم.

پرسش ۱: آیا ممکن است تنش تسلیم در اثر حضور اتم حل‌شده کاهش یابد؟

۲ـ برهم‌کنشهای مختلف بین اتم حل‌شده و نابجایی

۱ـ۲: اثر اندازه (Size Effect)

اگر اتمها را به صورت کره‌های سخت در نظر بگیریم آنگاه حضور اتم حل‌شده‌ای

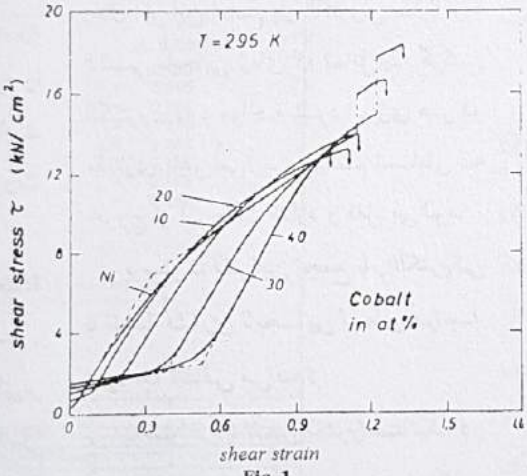


Fig. 1.
Workhardening of Ni-Co single of various compositions (%Co indicated).

با اندازهٔ متفاوت از اتمهای زمینه می‌تواند در اطراف اتمهای حل‌شده تنشهای موضعی ایجاد کند. به این صورت که اتمهای جانشین‌شده با اندازهٔ بزرگتر از اتمهای زمینه و اتمهایی که به صورت بین‌نشینی حل می‌شوند اطراف خود تنش فشاری ایجاد می‌کنند (چرا؟) و اتمهایی که به صورت جانشینی حل می‌شوند ولی اندازهٔ کوچکتری از اتمهای زمینه دارند اطراف خود تنش کششی ایجاد می‌کنند (چرا؟). از طرف دیگر در اطراف نابجایی‌های لبه‌ای و تا حد کمتری نابجایی‌های پیچشی نیز تنشهای کششی و فشاری ایجاد می‌شود ولی تنشهای اطراف نابجایی پیچشی عمدتاً برشی است.

پرسش ۲: چگونه اطراف نابجایی پیچشی تنش کششی یا فشاری می‌تواند ایجاد شود؟

در نتیجه وقتی نابجایی‌ها با اتمهای حل‌شده که دارای میدان تنشی هم‌نوع هستند مواجه می‌گردند دفع می‌شوند (چرا؟) و به اصطلاح نابجایی پشت اتم حل‌شده قفل می‌شود. اگر میدانهای تنشی نابجایی و اتم حل‌شده از نوع غیرهمسان باشند تا حدودی همدیگر را خنثی می‌کنند و به عبارتی دیگر انرژی سیستم تا اندازه‌ای کاهش می‌یابد و در نتیجه نابجایی تمایلی به خروج از این حالت را ندارد و در این حالت باز هم نابجایی قفل می‌شود.

تا اینجا به علت اینکه اتم حل‌شده و محل قرارگرفتن آن در زمینه را متقارن فرض کرده بودیم تنشهای ایجاد شده به صورت هیدرواستاتیک کششی یا فشاری بود. حال اگر به علتی (مثل نامتقارن بودن مکان قرارگرفتن اتم حل شده و غیرایزوتروپ بودن زمینه و . . .) این تقارنها به هم بخورد، اطراف اتم حل‌شده تنشهای برشی هم می‌تواند ایجاد شود(چگونه؟). در این صورت این نوع اتمهای حل‌شده علاوه بر نابجایی‌های

Scanned by CamScanner

لبه‌ای، به نحو مؤثرتری نابجایی‌های پیچشی را که نقش مهمی در تغییرشکل پلاستیک دارند قفل می‌کنند و باعث می‌شوند اثر مقاوم‌کردن اتم حل‌شده بیشتر باشد.

پرسش ۳: اگر اتمهای حل‌شده به صورت تصادفی (random) اطراف یک نابجایی پراکنده شده باشند، آیا ممکن است برآیند نیروهای وارد بر نابجایی صفر باشد؟ آیا در این صورت چنین اتمهای حل‌شده تأثیری در مقاوم‌کردن ندارند؟

۲ـ۲: اثر مدول (Modulus Effect)

وقتی یک اتم حل‌شده در زمینه وجود داشته باشد، جزئی از مادهٔ اطراف خود را سخت یا نرم می‌کند (چرا؟) و به عبارت دیگر مدول برشی زمینه به صورت موضعی افزایش یا کاهش می‌یابد.

در این صورت اگر نابجایی با مادهٔ سخت‌تر از زمینه روبرو شود چون تغییرشکل پلاستیک در این ناحیه مشکل‌تر است تا حدودی در این ناحیه قفل می‌شود. اگر نابجایی با مادهٔ نرمتر از زمینه روبرو شود انرژی‌اش (که متناسب با مدول الاستیک زمینه است. چرا؟) در این ناحیه کاهش می‌یابد و تمایل به خروج از این مکان را ندارد یعنی قفل می‌شود. این اثر برای نابجایی پیچشی ولبه‌ای همسان عمل می‌کند.

پرسش ۴: نابجایی از کجا می‌فهمد که مادهٔ سر راهش سختتر یا نرمتر است؟

۳ـ۲: اثر الکترواستاتیک (Electrostatic Effect)

در ناحیهٔ فشاری نابجایی لبه‌ای که اتمها به هم نزدیکتر شده‌اند تجمع الکترونها زیادتر می‌شود (چرا؟) و بنابراین الکترونها تمایل دارند از ناحیهٔ فشاری نابجایی لبه‌ای به ناحیهٔ کششی بروند و در نتیجه ایجاد دوقطبی (dipole) می‌کنند. حال اگر اتم حل‌شده دارای ظرفیت متفاوت از فلز زمینه باشد انگاه در محل اتم حل‌شده اتم یا کمبود الکترون داریم. مثلاً اگر یک عنصر سه‌ظرفیتی به یک فلز با ظرفیت دو اضافه شود اطراف عنصر سه‌ظرفیتی تجمع بار الکترونی ایجاد می‌شود و این تجمع بار الکترونی انرژی سیستم را بالا می‌برد (چرا؟) و بنابراین تمایل دارد الکترون اضافی خود را از دست بدهد. حال اگر این تجمع بار الکترونی با ناحیهٔ کششی نابجایی لبه‌ای که تمایل به گرفتن الکترون دارد مواجه شود انرژی هر دو مقداری پایین می‌آید و سیستم تمایلی به خروج از آن حالت ندارد و قفل می‌شود.

پرسش ۵: اگر این تجمع بار الکتریکی با ناحیهٔ فشاری نابجایی لبه‌ای مواجه شود چه اتفاقی می‌افتد؟

پرسش ۶: آیا اثر الکترواستاتیک در مورد نابجایی پیچشی هم وجود دارد؟

پرسش ۷: اگر ظرفیت عنصر حل‌شده کمتر از ظرفیت فلز زمینه باشد این اثر چگونه است؟

۴ـ۲: اثر نقص چیده‌شدن:

در بعضی فلزات به خصوص فلزات fcc گاهی ترتیب چیده‌شدن صفحات اتمی به هم می‌خورد و ناحیه‌ای به وجود می‌آید که دچار نقص چیده‌شدن است. یکی از راههای به وجود آمدن نقص چیدگی در مثلاً فلزات تجزیهٔ نابجایی در حین تغییرفرم پلاستیک است، به این صورت که دو نابجایی جزئی به وسیلهٔ یک ناحیه که دارای ترتیب چیده‌شدن hcp است جدا می‌شوند و این ناحیه دارای انرژی بالاتری نسبت به زمینه است. اتم حل‌شده می‌تواند به این ناحیه جذب شده و انرژی نقص چیدگی را کاهش دهد (چگونه؟) و باعث پایدارتر شدن و وسیعتر شدن ناحیهٔ دچار نقص چیدگی شود.

پرسش ۸: می‌دانیم اتمها در ساختارهای fcc و hcp دوازده همسایه دارند. پس چرا ناحیهٔ دارای نقص چیدگی با ساختار hcp در بلک فلز با ساختار fcc انرژی بالاتری دارد؟ مکانیزم کاهش انرژی با جذب اتم حل‌شده چیست؟

پرسش ۹: آیا ممکن است جذب اتم حل‌شده به ناحیهٔ دچار نقص چیدگی با افزایش انرژی نقص چیدگی همراه باشد؟ در این صورت جذب اتم حل‌شده به چه انگیزه‌ای صورت می‌گیرد؟

با پایدار و وسیع‌شدن نقص چیدگی، صعود و لغزش جانبی (cross slip) که برای تغییرشکل پلاستیک و رهاشدن نابجایی‌ها از موانع مهم هستند مشکل می‌شود (چرا؟) و در نتیجه تنش سیلان افزایش می‌یابد.

۵ـ۲: اثر نظم کم‌دامنه (Short Range Order Effect)

محلول‌های تصادفی (random solution) هنگامی به وجود می‌آیند که فرضاً اگر دوجزء A و B داشته باشیم برای A و B فرقی نکند که کنارشان A یا B باشد.

گاهی بر اثر تنش ناشی از نابجایی‌ها

Scanned by CamScanner

در یک محلول همگن و تصادفی (homogenous & random) ممکن است پیوندهایی خاص نسبت به پیوندهای دیگر (مثلاً B-A نسبت به A-A و B-B) انرژی کمتری داشته باشند و به اصطلاح این پیوندها مرجع باشند. در این صورت اتمهای حل‌شده به صورت موضعی نظم خاصی به خود می‌گیرند. وقتی نابجایی بخواهد از میان این ناحیهٔ موضعی عبور کند، مجبور است پیوندهای مرجع را قطع کند که چون در این شبوایط این پیوندها انرژی کمتری دارند سیستم در مقابل قطع‌شدن این پیوندها و بوجود آمدن پیوندهای جدید و بنابراین در مقابل حرکت نابجایی مقاومت می‌کند و باعث افزایش تنش سیلان ماده می‌شود.

۳ـ Order Hardening

در قسمت قبل بحث به محلولهای تصادفی (random solution) محدود بود که درآن (اگر فرض کنیم محلول شامل جزء A و B باشند.) برای A و B فرقی نمی‌کند که کنار مکان A یا B باشد ولی در بعضی محلولهای خاص در زیر یک دمای بحرانی، پیوندهای B-A نسبت به سایر پیوندها انرژی کمتری دارند و این باعث بوجود آمدن یک ساختار کاملاً منظم (completely order) می‌شود که به اصطلاح ابر شبکه (super lattice) نامیده می‌شود.

هنگام حرکت نابجایی‌ها پیوندهای A-B قطع‌شده و پیوندهای A-A یا B-B ایجاد می‌شوند که چون انرژی زیادتری دارند ماده در مقابل ایجاد این پیوندها و بنابراین حرکت نابجایی مقاومت می‌کند.

بنابراین حرکت نابجایی در یک ساختار کاملاً منظم، باعث ایجاد ناحیهٔ نامنظم پشت سر نابجایی می‌شود که به آن antiphase boundary می‌گویند. اگر نابجایی دیگری در امتداد مسیر قبلی حرکت کند می‌تواند دوباره نظم اولیه را ایجاد کند ولی هنوز بین دو نابجایی، ناحیهٔ بی‌نظم وجود دارد که عرض این ناحیه از تعادل بین انرژی ناحیهٔ بی‌نظم و دافعهٔ الاستیک نابجایی‌ها تعیین می‌شود. این دو نابجایی که با یک antiphase boundary از هم جدا شده‌اند ابر نابجایی (super dislocation) نامیده می‌شود. عملکرد این antiphase boudary ها، شبیه نقص چیده‌شدن است، اگر چه گاهی این دو می‌توانند با هم حضور داشته و ترکیب شوند. به علاوه به علت متفاوت بودن انرژی روی صفحات مختلف، صفحهٔ لغزش این ابر نابجایی‌ها می‌تواند با صفحهٔ لغزش فعال متفاوت باشد. برای مطالعهٔ جزئیات به مرجع شمارهٔ[۱] مراجعه کنید.

۴ـ اثر دما:

اثر دما روی تنش سیلان محلولهای جامد تصادفی به صورت شکل۲ است:

در ابتدا با افزایش دما تنش سیلان کاهش می‌یابد و این منطقی است(چرا؟). و سپس به ناحیه‌ای می‌رسیم که در آن با افزایش دما تنش سیلان تقریباً ثابت است. برای توجیه ثابت ماندن تنش سیلان با افزایش دما در دماهایی نسبتاً بالا گفته می‌شود که: کاهش تنش سیلان در اثر افزایش دما باعث افزایش تنش سیلان به علت پدیدهٔ dynamic strain aging جبران می‌شود و این دو اثر همدیگر را خنثی می‌کنند. البته ایرادهایی به این توجیه وارد است که از جمله، مشاهدهٔ حالت ثابت ماندن تنش سیلان با افزایش دما در دماهایی است که در آن تحرک اتم حل‌شده که لازمهٔ پدیدهٔ dynamic strain aging است، قابل ملاحظه نیست.

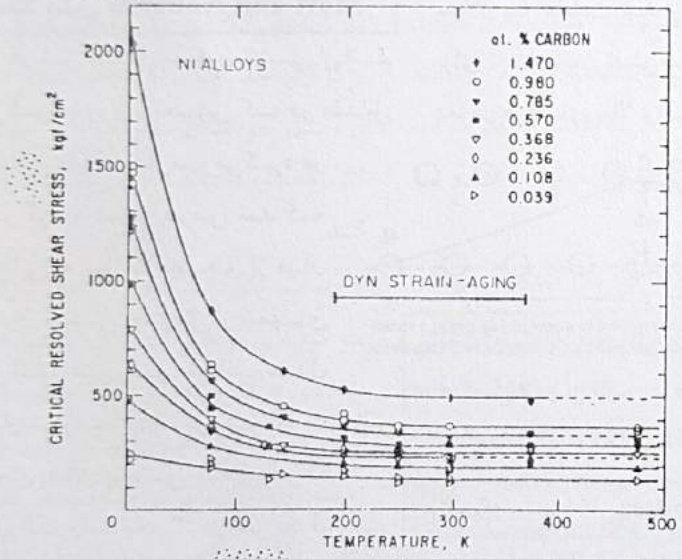


Fig. 2. Flow stress vs. temperature for Ni-C polycrystals (fcc interstitial).

Scanned by CamScanner

برای جزئیات اثر دما و سایر پارامترها روی تنش سیلان به مرجع شماره[۲] مراجعه کنید.

اثر دما در مورد محلول‌های جامد منظم متفاوت است که در مرجع شماره [۱] بررسی شده است.

۵ ـ مدلهای محلول سختی (Models of Solid Solution Hardening)

در این قسمت برخی مدلهای محلول‌سختی به صورت خلاصه بررسی می‌شود. برای مطالعه جزئیات می‌توانید به مراجع [۲] و [۳] مراجعه کنید.

۵ـ۱: مدل Mott and Nabarro

در این مدل میدان تنشی از اتم حل‌شونده روی نابجایی که در مقابل افزایش طول مقاومت می‌کرد در نظر گرفته شد و فرض شد که نابجایی به صورت قطعه‌ای از میان میدان تنشی حاصل از اتمهای حل‌شده عبور کند. معایب مدل عبارت بودند از: ۱ـ در نظر نگرفتن اثر نابجایی‌های پیچشی ۲ـ در نظر نگرفتن مدل الکترواستاتیک ۳ـ در نظر نگرفتن اثر دما در تئوری و محاسبه‌ها.

این مدل قادر به توجیه اثر دما و ارائهٔ فرمول مناسب برای وابستگی تنش سیلان به غلظت نبود.

۵ـ۲: مدل Lubusch

همان مدل Mott-Nabarro را مورد تجدید نظر قرار داد با این تفاوت که او اثر تجمع اتمها به صورت گروهی و ایجاد خوشه‌ها (clusters) را در نظر گرفت و چنین بیان کرد که: *بدست آوردن پخش یکنواخت اتمها جز در حالت محلول رقیق ممکن نیست*(چرا؟).

با این فرض و واردکردن بعضی محاسبات آماری، وی قادر به بدست آوردن فرمول مناسب برای وابستگی تنش سیلان به غلظت شد و حتی توجیهاتی برای ثابت ماندن تنش سیلان با افزایش دما در دماهای بالا ارائه داد، ولی نتایج

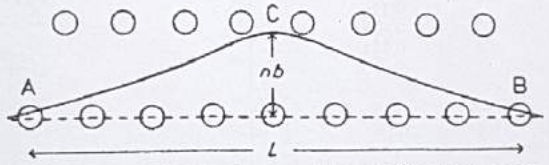


Fig. 3. Movement of a dislocation segment to a new pining site in a stress assisted, thermally activated process (schematic). Circles denote solute atoms.

حاصل از این تئوری تا حدودی با مشاهدات آزمایشگاهی تطابق نداشت.

۵ـ۳: Trough's Models

در این مدلها که از بهترین مدلهای موجود هستند اثر اتمهای حل‌شونده را به صورت جمعی در نظر می‌گیرند نه فردی و به اصطلاح مدلها با طیف طولانی (long range) هستند. در این حالت مطابق شکل(۳) نابجایی و اتمهای حل‌شونده در طول آن در یک حالت پایدار از نظر انرژی قرار دارند. با اعمال تنش یک برآمدگی (bulge) در نابجایی ایجاد می‌شود و این برآمدگی رشد می‌کند تا دوباره به حالت تعادلی بعدی برسند و در برآمدگی‌های دیگر و رشد آنها باعث ایجاد سیلان پلاستیک می‌شود.

یکی از ایرادهای مدل این است که ردیف‌های اتمهای حل‌شونده را جدا از هم در نظر گرفته و اتمهای حل‌شونده بین دو ردیف را در نظر نگرفته است.

پرسش: مدل trough سیلان پلاستیک را به صورت موجی‌شکل بیان می‌کند و بنابراین انتظار داریم در منحنی سیلان پلاستیک حالت jerky flow داشته باشیم در حالی که در عمل سیلان پلاستیک به صورت صاف (smooth) است، برای حل مشکل چه پیشنهاد می‌کنید؟

منابع:

1. P. Haasen "*Physical Metallurgy*", 4th ed., (eds. R. w. cahn and P. Haasen), North Holland, 1996, P. 2009
2. U. F. Kocks, "*Metall. Trans.*", Vol.16A(1985), P. 2109
3. W. Z. Butt and P. Feltham, "*J. Mater. Sci.*", Vol.28(1993), P. 2557

دعوت به همکاری:

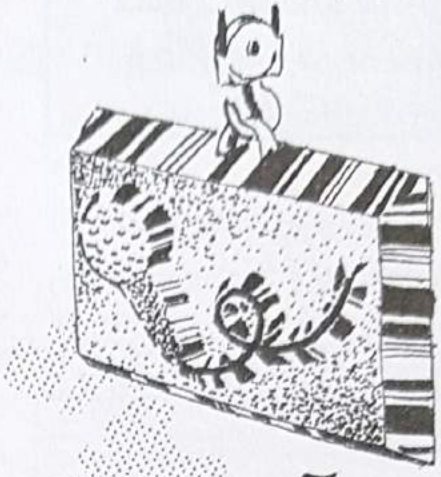
ورودی‌های قبل از ما آمدند و به اندازهٔ خودشان، خوب یا بد، کم یا زیاد و . . . گروه علمی بخشمان را پیش بردند و سپس آن را به ما سپردند. ما هم در راستای همان اهداف همیشگی‌مان در تلاش هستیم. امیدواریم در این فرصت کم مؤثر باشیم. امّا تداوم حیات این خانواده (بخصوص قسمت نشریهٔ فلز) توان و حوصلهٔ دانشجویان تازه نفس را می‌طلبد. صمیمانه دست مساعدت دوستانی را که تمایل به همکاری دارند (بخصوص در نشریهٔ فلز) خواهیم فشرد. سرمایهٔ آیندهٔ گروه علمی همین دوستانند. پیشاپیش از همکاری شما سپاسگزاریم.

گروه علمی دانشجویان بخش مهندسی مواد

Scanned by CamScanner

زهره رجبعلی
دانشجوی کارشناسی مواد- متالورژی صنعتی - ۷۶

گفتگو بر آن است تا نظرات استادان و دانشجویان بخش را در مورد یک موضوع مهم که قسمت اعظم زندگی هر فرد را تحت پوشش قرار می‌دهد جویا شود و امیدوار است که با طرح این دیدگاه‌ها گامی هر چند کوتاه در راستای شناخت مشکلات و جستجوی راه‌حلها برداشته باشد. در این شماره به مسأله "آینده شغلی" پرداخته‌ایم، زیرا که امروزه یکی از مهمترین نگرانی‌های دانشجویان، آینده شغلی آنهاست. می‌دانیم که نوع شغل و میزان درآمد آن تأثیر مستقیمی بر زندگی هر فرد دارد و ناگفته پیداست که بدون داشتن شغلی با درآمد مناسب رضایت درونی و استقلال مالی لازم برای داشتن یک زندگی مطلوب فراهم نخواهد داشت، پس طبیعی است از هم اکنون به آن بیاندیشیم و نگران آن باشیم.



آیندهٔ شغلی

اکثر آقایان نگرانند که چگونه پس از فراغت از تحصیل و انجام خدمت نظام‌وظیفه، شغلی بیابند که با درآمد آن زندگی خود و خانواده‌شان را تأمین کنند، البته اگر با این درآمد بتوانند خانواده‌ای تشکیل بدهند و اکثر خانم‌ها هم نگرانند که آیا جامعه به دیده تبعیض به آنها خواهد نگریست و یا اینکه اجازه خواهد داد که آنها جایگاه واقعی خود را در صنعت بیابند و آیا در این صورت وجهه خود را به عنوان یک زن در جامعه از دست نخواهند داد.

خلاصه‌ای از نتیجه این گفتگو را که حاصل همیاری جمعی از دوستان از جمله آقایان ذکاوت، راستی، سلیمی، مستخابی و خانم سعیدی می‌باشد، در ادامه می‌آوریم و صمیمانه از زحمات کلیه کسانی که در جمع‌آوری نظرات بیش از چهل نفر از دانشجویان به ما کمک کردند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

فلز: آیا پیش از ورود به دانشگاه از آیندهٔ شغلی این رشته مطلع بودید؟ اکنون وضعیت را چگونه پیش‌بینی می‌کنید؟

ـ الف: قبلاً اطلاعات چندانی راجع به این رشته نداشتم ولی اکنون با پرسیدن سؤالاتی از فارغ‌التحصیلان این رشته متوجه شده‌ام که به علت صنعتی‌شدن کشور وضعیت شغلی این رشته رو به بهبود است.

ـ ب: قبلاً از طریق صداوسیما و

***اگر استادان برخی از پروژه‌های عملی را به ما محول کنند، ما هم می‌توانیم به طور عملی وارد صحنه شویم و تا حدی تجربه کسب کنیم.**

دوستان و آشنایان با این رشته و آیندهٔ آن تا حدودی آشنا شده بودم ولی امروزه می‌بینم که در جامعه، رابطه جای ضابطه را گرفته و صرفاً با داشتن معلومات و مدرک نمی‌توان به شغل موردنظر دست یافت که شاید بتوان گفت یکی از علل این امر کثرت فارغ‌التحصیلان و افزایش جمعیت جوانان تحصیل‌کرده جامعه و نیز عدم ایجاد فرصتهای شغلی مناسب است.

فلز: از چه کسانی انتظار دارید شما را بیشتر با این رشته آشنا کنند؟ چگونه؟

ـ الف: بیشتر از استادان و فارغ‌التحصیلان این رشته انتظار دارم که با برگزاری جلسات و اختصاص‌دادن ساعتی از وقت خودشان ما را با این رشته و کاربردهای مختلف آن در صنعت آشنا کنند.

ـ ب: اگر دانشکده و استادان شرایط را به گونه‌ای فراهم کنند که بازدیدهای متعددی از کارخانه‌ها و کارگاههای صنعتی انجام شود باعث آشنایی بیشتر ما با کاربرد رشته تحصیلی‌مان در صنعت می‌شود و اگر استادان برخی از پروژه‌های عملی را به ما محول کنند، ما هم می‌توانیم به طور عملی وارد صحنه شویم و تا حدی تجربه کسب کنیم و یا اینکه حداقل به دورهٔ کارآموزی اهمیت بیشتری بدهند و مانند استادان دیگر دانشگاهها در طول کارآموزی نظارت مستقیم بر کار ما داشته باشند و ما را از تجربیات و راهنمایی‌های خودشان بهره‌مند سازند تا صنایع خود را موظف به آموزش‌دادن کارآموزان بدانند و هم امکانات لازم را برای آنان فراهم کنند.

Scanned by CamScanner

فلز: برنامه‌های دانشگاه تا چه حد شما را برای شغل آینده‌تان آماده می‌کند؟

***امروزه، می‌بینم که در جامعه رابطه جای ضابطه را گرفته و صرفاً با داشتن معلومات و مدرک نمی‌توان به شغل مورد نظر دست یافت.**

ـ **الف:** اکثر درسها جنبه تئوری دارند و درسهای عملی هم مثل آزمایشگاه‌ها به علت امکانات محدودشان چندان مفید واقع نمی‌شوند. در دورهٔ کارآموزی هم چون کسی در آنجا تعهدی برای آموزش ما ندارد آمادگی چندانی برای شغل آینده‌مان بدست نمی‌آوریم.

ـ **ب:** البته بازدیدها مفیدند و دیدی کلی در جهت شناخت کاربردهای رشته به ما می‌دهند ولی نهایتاً تخصصی به ما نمی‌آموزند واین دانشگاه و وزارتخانه‌های مربوطه هستند که باید با یک بازنگری کلی در محتوای دروس و با توجه به نیاز صنایع، تغییرات لازم را در نظام آموزشی بدهند و زمینه‌های لازم برای کارکردن دانشجوی در حین تحصیل را در صنایع فراهم آورند.

فلز: آیا می‌خواهید با مدرک کارشناسی وارد بازار کار شوید، یا اینکه قصد ادامه تحصیل دارید؟ چرا؟

ـ **الف:** اکثر دانشجویان به علت مشکلات متعدد جامعه امروز، ترجیح می‌دهند هر چه سریعتر مشغول به کار شوند تا هم کمکی برای خانواده‌های خود باشند و هم اینکه زودتر بتوانند به یک زندگی مستقل دست یابند. همچنین وقتی که صنایع بیشتر تمایل دارند افراد متخصص با مدرک پایین‌تر و البته کم توقع‌تر را استخدام کنند من هم ترجیح می‌دهم که با مدرک کارشناسی مشغول به کار شوم و ادامه تحصیل در حین کار به صورت بورسیه را می‌پسندم.

ـ **ب:** به علت علاقه‌ای که به ادامه تحصیل دارم اگر بتوانم می‌خواهم دکترا ادامه دهم.

فلز: چه برنامه‌ای برای زندگی شغلی آینده‌تان دارید؟ ایده‌آل شما در این مورد چیست؟

ـ **الف:** ایده‌آل زندگی شغلی برای من یافتن شغلی متناسب با رشته تحصیلی‌ام با حقوق و مزایای کافی می‌باشد و البته مهمتر از همه اینها، این است که بلافاصله پس از اتمام تحصیل شاغل شوم و بیکار نمانم.

***در دورهٔ کارآموزی چون کسی در آنجا تعهدی برای آموزش ما ندارد آمادگی چندانی برای شغل آینده‌مان بدست نمی‌آوریم.**

ـ **ب:** فکر نمی‌کنم در این مورد چندان حق انتخابی داشته باشم ولی اگر بتوانم شغلی بیابم که درآمد مناسبی داشته باشد حتماً مشغول به کار خواهم شد. بخصوص شغلی که علاوه بر منفعت شخصی، منفعت عمومی هم داشته باشد و از نظر ساعت کاری ترجیح می‌دهم به گونه‌ای باشد که برای سایر امور خود هم زمان داشته باشم نه اینکه تمام ساعتهای عمرم را مثل یک ربات فقط کار کنم.

فلز: جامعه صنعتی و مردم تا چه اندازه نسبت به رشتهٔ متالورژی شناخت

***اکثر دانشجویان به علت مشکلات متعدد جامعهٔ امروز، ترجیح می‌دهند هر چه سریعتر مشغول به کار شوند.**

دارند؟

ـ **الف:** مردم آشنایی چندانی با این رشته ندارند و اغلب آن را با رشته‌هایی مانند بیولوژی، پاتولوژی و... که با متالورژی تشابه اسمی دارند اشتباه می‌گیرند ولی جامعهٔ صنعتی خوشبختانه روز به روز به توانایی‌های مهندسین متالورژ بیشتر پی می‌برد.

ـ **ب:** مردم و جامعهٔ صنعتی، مهندس متالورژ را بیشتر به عنوان مهندس ریخته‌گر یا جوشکار می‌شناسند البته اگر بشناسند!

فلز: در پایان از کلیه دست‌اندرکاران صنایع و مسؤولین دانشگاهها و استادان گرامی خواستاریم به پیشنهادها و خواسته‌های مطرح‌شده از سوی دانشجویان توجه نمایند و خداکثر تلاش خود را برای بهبود شرایط و آماده‌کردن مهندسینی کارآمد که شایستگی لازم برای چرخاندن چرخهای صنعتی کشور را داشته باشند به کار گیرند و می‌دانیم که این جز با ارتباط هر چه بیشتر صنعت و دانشگاه میسّر نخواهد شد. امیدواریم که روز به روز شاهد همکاری نزدیکتر این دو باشیم زیرا که نتایج این همکاری به نفع همگی ما و در نهایت جامعه ماست.

Scanned by CamScanner

علی اشرف‌ریاحی
دانشجوی کارشناسی مواد ـ متالورژی صنعتی ـ ۷۵

خوردگی از دیدگاه میکروبیولوژی

خوردگی فلزات یکی از معضلات مهم و اساسی صنایع می‌باشد که سالانه باعث ایجاد زیانهای اقتصادی فراوان می‌گردد. با نگاهی به زیانهای سالانهٔ خوردگی برخی شرکتها، بیشتر می‌توان به عمق فاجعه‌ای که در حال تخریب صنایع است پی برد.

کمپانی Shell	۴میلیون دلار
کمپانی نفت انگلیس(B.P.)	بیش از ده درصد کل ارزش دارایی خالص خود
صنعت برق آمریکا	۱۰ میلیون دلار
صنایع چوب و کاغذ کانادا	۴۰۰ میلیون دلار

از بین رفتن تدریجی تأسیسات فلزی، سوراخ‌شدن لوله‌های آب، خوردگی شیرها، اتصالات و نقاط مختلف سیستم مواردی می‌باشند که اغلب می‌توانند موجب تعطیلی کارخانجات، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و کاهش تولید گردند. بهترین تعریف از خوردگی توسط ISO8044 ارائه گردیده است که عبارتست از: واکنش شیمیایی - فیزیکی متقابل بین فلز و محیط اطراف که معمولاً دارای طبیعت الکتروشیمیایی بوده و نتیجه‌اش تغییر در خواص فلز است که این تغییر در خواص فلز ممکن است منجر به از دست رفتن توانایی عملکردی فلز، محیط یا سیستم شود.

یکی از مهم‌ترین جنبه‌های علمی خوردگی فلزات که تاکنون مطالعه و تحقیق جامع بر روی آن کمتر صورت گرفته است پدیدهٔ خوردگی میکروبی است. فرآیندهایی که موجب خوردگی میکروبی می‌شوند به طور مستقیم یا غیرمستقیم ناشی از فعالیت موجودات زنده در محیط هستند، این موجودات شامل انواع میکروسکوپی مانند باکتریها، قارچها و انواع ماکروسکوپی مانند جلبکها و جانوران دریایی می‌باشند.

این موجودات زنده قادرند مواد آلی و معدنی محیط اطراف خود را تحت تأثیر قرار داده و در اثر سوخت و ساز با آنها مواد دیگری به وجود آورند که این مواد فرآورده‌های خوردگی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. خوردگی میکروبی می‌تواند در اثر وجود فعالیت باکتری‌های احیاءکنندهٔ سولفات (SRB)، باکتریهای تشکیل دهنده لجن، باکتریهای اکسیدکنندهٔ آهن، باکتریهای شوره‌گذار، باکتریهای تولیدکننده اسیدهای آلی و یا تشکیل بیوفیلم (بیوفولینگ) پدید آید. پاره‌ای از میکروارگانیسم‌های دیگر مثل جلبکها، باکتریهای سولفور، قارچها و کپک‌ها نیز می‌توانند در بروز پدیدهٔ مزبور مؤثر باشند.

قسمت اعظم خوردگی میکروبی در صنعت نفت مربوط به باکتریهای احیاءکننده سولفات است که در اینجا مورد بررسی قرار می‌گیرد.

باکتریهای احیاء کننده سولفات (SRB)

این باکتری جزء باکتریهای بی‌هوازی است و مسؤول بیش از نیمی از خوردگی‌های میکروبی می‌باشد. سنگواره‌های میکروبی حضور این باکتری بر روی کره زمین از ۲/۵ میلیارد سال پیش را نشان می‌دهند. به طور کلی این باکتریها قابلیت تطابق زیادی با شرایط محیطی دارند و در شرایط نامناسب از لحاظ فشار (100000 KPa) درجه حرارت(-5 to 105 °C) و PH (5-10) قادر به رشد و تکثیر هستند.

این باکتریها مطابق واکنش زیر با احیاء سولفات به سولفید و مصرف هیدروژن کاتدی باعث خوردگی فلزات می‌شوند:

$$SO_4^{2-} + 8H \rightarrow S^{2-} + 4H_2O$$

با توجه به اهمیت موضوع(بخصوص در صنایع نفت) تحقیقاتی بر روی این باکتریها انجام پذیرفته و بر اساس همین تحقیقات شاخص‌هایی جهت شناسایی و تشخیص حضور این باکتریها به دست آمده که هر کدام از این شاخص‌ها نشان‌دهنده حضور این باکتری(SRB) در محیط می‌باشد:

۱ـ هنگام فوران چاهها مقادیر متنابهی آب و لجن سیاه‌رنگ نیز خارج می‌شود.

۲ـ در اثر وجود این باکتری در فصل مشترک آب و نفت و در قسمت تحتانی مخازن، فلز سریع از بین می‌رود.

۳ـ آب تزریقی به سیستم به تدریج ترش و سیاه می‌شود که این امر نشان‌دهندهٔ افزایش مقدار سولفید (انجام پذیرفتن واکنش احیاء سولفات) در محیط است.

برای کنترل خوردگی ایجاد شده بوسیلهٔ این باکتریها راه‌حلهایی هم پیشنهاد شده که عبارتند از:

۱ـ کنترل محیط به طریقی که شرایط مناسب جهت رشد این باکتریها ایجاد نشود. (به طور مثال اسیدی‌کردن چاههای تزریقی)

۲ـ استفاده از میکروب‌کش در سیستم.

۳ـ با از بین بردن مناطق ساکن و راکد در سیستم به طریقی می‌توان محیط مناسب جهت رشد این باکتری را از بین برد.

۴ـ تمیزکردن سیستم. (به طور مثال مبارزه مداوم با فولینگ)

۵ـ تغییر پروسه واحد در جهت اثرگذاشتن بر روی محیط (به طور مثال در چاههای تزریقی می‌توان جریان معکوس ایجاد کرد.)

منابع:

۱ـ نقش باکتریها در خوردگی تأسیسات نفتی، علی‌اصغر تجلی نژاد، ۱۳۷۲، پژوهشگاه صنعت نفت.
۲ـ آشنایی با باکتریهای احیاءکنندهٔ سولفات، دومین گردهمایی متخصصین آب و فاضلاب صنعت نفت، ۱۳۶۸، پژوهشگاه صنعت نفت.
3. "*Microbiologically Influenced corrosion*", Edited by: **Gregory Kobrin**, 1993 .

Scanned by CamScanner

در این قسمت برای آشنا نمودن دانشجویان با روند مقاله‌نویسی برای شرکت در سمینارها، مقالهٔ زیر که حاصل تلاش آقای محمّد زمانی دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز با همیاری دکتر جهرمی‌است، آورده شده است. این مقاله با عنوان سوپرآلیاژهای غیرآهنی به کار رفته در پره‌های توربین گازی و علل تخریب آنها در کنگرهٔ متالورژی فلزات غیرآهنی که در اردیبهشت ماه ۱۳۷۹ در کرمان برگزار شد، ارائه گردید.

مقدّمه‌ای بر خزش

خزش تغییرفرم آهسته ماده تحت تنش یا نیروی ثابت است که سبب تغییر حالت دائمی در شکل آن می‌شود.

تغییرشکل قطعات در اثر پدیدهٔ خزش عموماً نامطلوب بوده و می‌تواند یکی از عوامل محدود کنندهٔ عمر قطعه باشد برای مثال تیغه‌های چرخان روتور(rotor) توربین در حین کار کم‌کم ازدیاد طول پیدا کرده و باید آنها را قبل از تماس با محفظه تعویض کرد.

هر چند خزش می‌تواند در هر دمایی رخ دهد اما معمولاً در دمای بالاتر از 0.4 نقطه ذوب ماده اهمیت پیدا می‌کند.

معمولاً برای بررسی رفتار خزشی مواد از منحنی خزش استفاده می‌شود که در آن تغییرات کرنش بر حسب زمان در تنش و دمای ثابت رسم می‌گردد. شیب این منحنی نشان‌دهندهٔ نرخ کرنش ($d\varepsilon/dt=\dot{\varepsilon}$) می‌باشد.

شکل ۱ منحنی خزش بر حسب تغییرطول ناشی از تنش را تحت دما و نیروی ثابت نشان می‌دهد که از سه ناحیه مجزا تشکیل شده است. مطابق شکل سرعت ازدیاد طول اولیه نمونه یا نرخ خزش در ابتدا با زمان کاهش می‌یابد. (ناحیهI: خزش اولیه یا ناپایدار (زودگذر)) سپس به مقدار ثابت می‌رسد (ناحیهII: خزش ثانویه یا حالت پایدار) و در نهایت نرخ خزش به سرعت با زمان افزایش می‌یابد تا زمانی که شکست قطعه رخ بدهد. (ناحیهIII)

معمولاً نرخ خزش مواد بر حسب زمان ناشی از تأثیر متقابل دو عامل سخت‌شدن (strain hardening) و نرم‌شدن (softening) می‌باشد.

معمولاً در دماهای بالا تشکیل دانه‌های فرعی به همراه آرایش مجدد نابجایی‌ها، موجب سخت‌شدن ماده و همچنین انجام

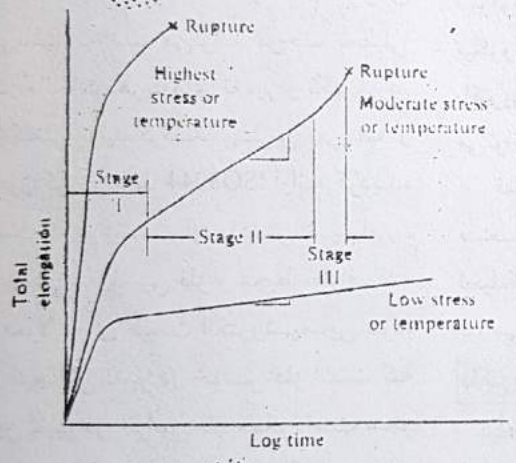


Fig. 1. A typical creep curve at constant load.

لغزش متقاطع (cross slip) و صعود نابجایی‌های لبه‌ای (climb) از جمله فرآیندهای نرم‌شدن ماده می‌باشد.

به طور کلی علت کم‌شدن نرخ خزش در ناحیهI، به خاطر غالب بودن مکانیزم‌های سخت‌شدن نسبت به مکانیزم‌های نرم‌شدن می‌باشد در حالیکه در ناحیهII، تعادل دینامیکی بین مکانیزم‌های فوق باعث می‌شود که نرخ خزش در این ناحیه ثابت باشد. در ناحیهIII وقوع ناپایداری‌های متالورژیکی مانند گلویی‌شدن و غیره باعث افزایش سرعت خزش بر حسب زمان می‌گردد.

Scanned by CamScanner

دکتر سیّد احمد جنابعلی جهرمی
استادیار بخش مهندسی مواد ـ دانشگاه شیراز
محمّد زمانی لاری
دانشجوی کارشناسی ارشد مواد ـ شناسایی وانتخاب مواد ـ ۷۶

سوپرآلیاژهای غیرآهنی به‌کار رفته در پره‌های توربین گازی و علل تخریب آنها

معرّفی موضوع:

پیشرفت در تکنولوژی توربین گازی و تقاضا برای کارآیی بیشتر، نیاز به موادی با قابلیّت تحمّل تنشهای بالاتر در دمای به‌طور افزاینده بالاتر و زمان طولانی‌تر را ایجاب می‌کند. سوپرآلیاژها جزو معدود موادی هستند که توانایی و قابلیّت کاربرد در دمای بالا را داشته و محدودهٔ دمای مورد استفاده آنها معمولاً در درجه حرارتهای بالاتر از ۵۴۰ درجهٔ سانتیگراد و در حدود ۸۵٪ نقطه‌ذوبشان می‌باشد و برای استفاده در داغ‌ترین قسمت‌های یک توربین گازی گسترش یافته‌اند. در این حالت، خزش و همچنین مسألهٔ پایداری ساختاری، مهمترین عوامل محدودکنندهٔ کاربرد مواد در دمای بالا خواهند بود. بسیاری از قطعات دمای بالا در توربین‌های گازی و به ویژه قسمت‌های متحرک آن، تحت شرایط پیچیدهٔ تنشی و در معرض محیطهای نامناسب و مهاجم، به کار گرفته می‌شوند. توزیع تنش و درجه حرارت می‌تواند بر اثر تغییرفرمهای مختلف ناشی از خزش، خستگی حرارتی و یا خستگی با چرخهٔ بالا که همگی از برهم‌کنش با محیط گازی تأثیر می‌پذیرند، با زمان و مکان تغییر یابد.

سوپرآلیاژها به سه گروه اصلی دسته‌بندی می‌شوند:

الف) آلیاژهای پایه آهن ـ نیکل،

ب) آلیاژهای پایه نیکل،

ج) آلیاژهای پایه کبالت،

ریزساختار سوپرآلیاژها

به طور خلاصه فاز اصلی زمینه در سوپرآلیاژها محلول جامد نیکل و کروم γ با ساختار کریستالی fcc می‌باشد که این فاز نیز با فازهای ثانویه دیگر همراه است. متداول‌ترین فازهای ثانویه عبارتند از: کاربیدهای فلزی و فاز γ′ دارای ساختمان کریستالی fcc و با ترکیب $Ni_3(Al,Ti)$ که با افزودن بیش از ۰/۵٪ آلومینیوم به دست می‌آید. در آلیاژهای دارای نیوبیوم(Nb) و تانتالوم(Ta) نیز فاز γ″ با ساختمان کریستالی bcc وجود دارد، همچنین نیتریدها و بوریدهای فلزی از دیگر فازهای موجود به شمار می‌آیند.

در جدول زیر نقش عناصر به کار رفته در سوپرآلیاژها و نوع فازهای موجود در

نقش عناصر	پایه آهنی	پایه کبالتی	پایه نیکلی
استحکام بخشیدن به محلول جامد	Cr, Mo	Mo, Cr, Nb, Ta, W, Ni	Co, Cr, Fe, Mo, W, Ta
پایدارکننده‌های زمینه‌های با ساختار fcc	C, W, Ni	Ni	—
تشکیل‌دهندهٔ کاربیدها:			
MC	Ti	Ti	W, Ta,Ti,Mo,Nb
M_7C_3	—	Cr	Cr
$M_{23}C_6$	Cr	Cr	Cr, Mo, W
M_6C	Mo	Mo, W	Mo, W
کربونیتریدها: M(CN)	C, N	C, N	C, N
تسریع‌کننده‌های رسوب کاربید	P	—	—
تشکیل‌دهنده‌های رسوب γ′ یا $Ni_3(Al, Ti)$	Al, Ni, Ti	—	Al, Ti
افزایش دهنده‌های دمای انحلال رسوب γ′	—	—	Co
ایجادکننده‌های رسوب‌سختی و یا ترکیبات بین فلزی	Al, Ti, Nb	Al, Mo, Ti, W, Ta	Al, Ti, Nb
افزایش‌دهنده‌های مقاومت در برابر اکسیداسیون	Cr	Al, Cr	Al, Cr
افزایش‌دهنده‌های مقاومت در برابر خوردگی داغ	La, Y	La, Y	La, Th
افزایش‌دهنده‌های مقاومت در برابر خزش	B	—	B
افزایش‌دهنده‌های استحکام گسیختگی	B	B, Zr	B
ایجادکننده‌های رسوب در مرزدانه	—	—	B, C, Zr

Scanned by CamScanner

آنها آورده شده است.

سوپرآلیاژهای پایه‌نیکلی گسترده‌ترین استفاده را در بین گروه‌های سوپرآلیاژ دارند. خواص استحکامی این آلیاژها از چهار طریقهٔ زیر حاصل می‌گردد؛

۱) تشکیل محلول جامد جانشینی γ شامل نیکل با عناصر جانشین همانند کروم، کبالت، مولیبدن و تنگستن.

۲) رسوبات هم‌سیمای(Coherent) γ' که در زمینهٔ γ به صورت ذرات مکعبی و کروی تشکیل می‌شوند، علت اصلی استحکام مکانیکی عالی سوپرآلیاژهای پایه‌نیکلی و همچنین مقاومت خزشی بالای آنها، وجود این فاز می‌باشد که در بین انجماد به وجود آمده و طی عملیات پیرسازی مصنوعی به طور عمده‌ای تولید می‌شوند.

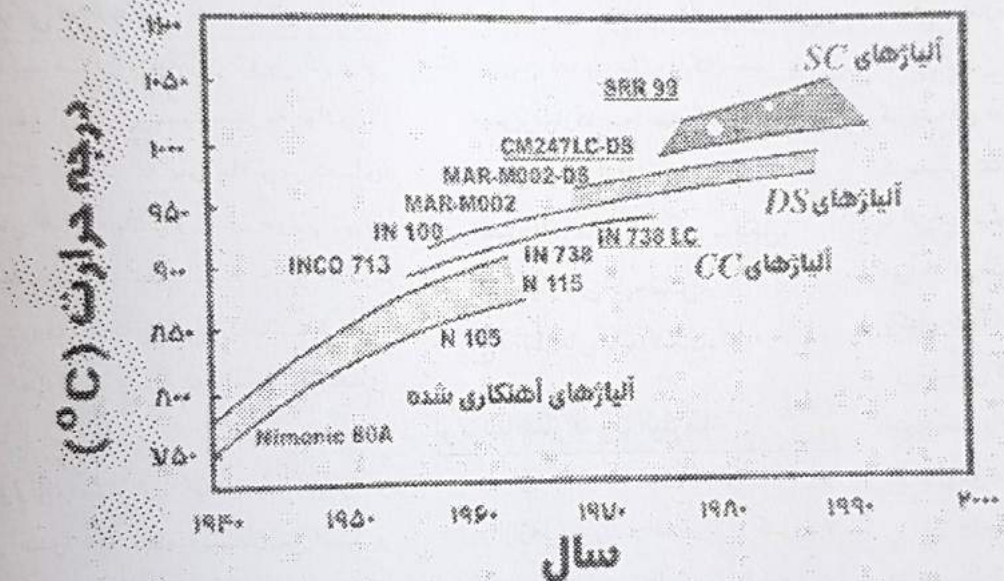
۳) رسوبات کاربیدی که باعث استحکام مرزدانه می‌گردند.

۴) رسوبات اکسیدی پراکنده در زمینهٔ آلیاژ TD-Nickel با رسوبات Thoriumoxide.

سوپرآلیاژهای پایه‌نیکلی در درجه حرارت‌های پایین‌تر از ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد استحکامی بالاتر از سوپرآلیاژهای پایه‌کبالت دارند، لیکن در دماهای بالاتر به علت انحلال γ' ضعیف‌تر می‌شود. دلیل این امر، مقاوم‌شدن آلیاژهای پایه‌نیکلی توسط رسوبات و تقویت آلیاژهای پایه‌کبالت با محلول جامد می‌باشد. بر این اساس تقریباً همواره سوپرآلیاژهای پایه‌نیکلی برای پره‌های متحرک توربین که تحت تنش زیادتر و درجه‌حرارت کمتری نسبت به پره‌های ثابت قرار دارند، استفاده شده و آلیاژهای پایه‌کبالت اغلب در پره‌های ثابت به کار برده می‌شوند.

در شکل شمارهٔ۱ تاریخچهٔ کاربرد آلیاژهای نیکلی به کار رفته در پره متحرک توربین برحسب روند افزایش دما در آنها آورده شده است.

برای مبارزه با خزش در قطعات داغ توربین‌های گازی بخصوص پره‌های متحرک و در درجه بعد پره‌های ثابت از سوپرآلیاژها استفاده می‌گردد.



شکل۱. تاریخچهٔ کاربرد آلیاژهای پایه‌نیکلی در پره‌های متحرک توربین گازی بر حسب درجهٔ حرارت

مقابله با پدیدهٔ خزش در سوپرآلیاژها به سه روش زیر انجام می‌شود:

۱ـ مستحکم‌سازی با ایجاد محلول جامد.

۲ـ مستحکم‌سازی با ایجاد رسوبات ریز و پراکنده در سرتاسر زمینه (پراکنده‌سختی) و نیز در مرزدانه‌ها به‌منظور قفل‌کردن مرزدانه.

۳ـ مستحکم‌سازی با ایجاد ساختاری با دانه‌های جهت‌دار (DS یا Directional Structure) و ساختار تک‌بلوری (SC یا Single Crystal).

به علت اینکه در درجه‌حرارت‌های بالا بالعکس دماهای پایین، مرزدانه‌ها از نقاط ضعف ماده محسوب می‌شوند و باعث تسریع فرآیندهای مخربی مثل خزش می‌گردند، با ایجاد ساختاری با دانه‌های جهت‌دار (DS) نسبت به ساختار هم‌محور، استحکام خزشی افزایش می‌یابد و در ساختار تک‌بلوری (SC) این استحکام به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

روش تحقیق و نتایج:

در این تحقیق با استفاده از منابع تحقیقاتی متفاوت، به بررسی و مقایسه بهبود استحکام خزشی در چندبلوری‌های انجماد یافته جهت‌دار (Directional Solidificated یا DS) و سوپرآلیاژهای تک‌بلور (Single Crystal یا SC)نسبت به قطعات ریخته‌گری شدهٔ معمولی (Conventional Casting یا CC) به کار رفته در پره‌های توربین گازی، پرداخته شده است.

Scanned by CamScanner

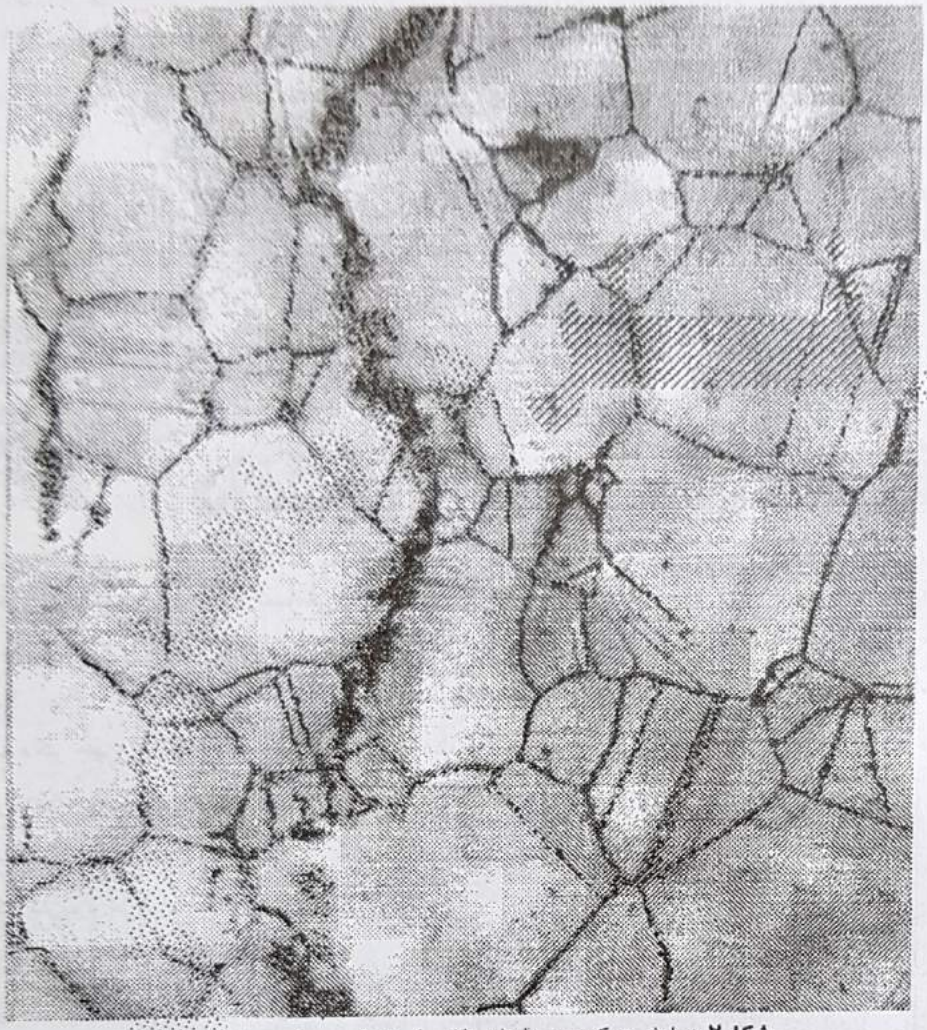
نمونه‌ای از پرهٔ متحرک تعویض‌شدهٔ نیروگاه گازی برق شیراز از جنس سوپرآلیاژ IN738LC با درصد عناصر:

Cr: 16%	Co: 8.5%
Mo: 1.75%	W: 2.6%
Nb: 0.9%	Ti: 3.4%
Al: 3.4%	Zn: 0.05%
C: 0.11%	Ta: 1.75%
B: 0.01%	Ni و مابقی

مورد مطالعات متالوگرافی و ریزساختاری قرار گرفت. نتایج به دست آمده بیان کنندهٔ این مطلب می‌باشند که تخریب داخلی ناشی از خزش بیشتر از جوانه‌زنی حفره‌ها، ترجیحاً در مرزدانه و عمود بر محور بارگذاری و یا بر روی یوتکتیک‌ها و کاربیدهای باقیمانده واقع می‌گردد.

شکل شمارهٔ۲، ریزساختار این آلیاژ را که با استفاده از میکروسکوپ الکترونی و در بزرگنمایی ۵۰۰ برابر از نمونه حکاکی شده به دست آمده است، نشان می‌دهد. ترک‌های بین‌دانه‌ای که ناشی از لغزش مرزدانه‌ها (خزش) و همچنین عوامل دیگر انهدام از قبیل خوردگی و رسوب‌گذاری هستند، در این شکل مشخص می‌باشند.

بررسی ریزساختاری نشان داد که غالب حفره‌ها در جهت عمود بر محور پره یا عمود بر محور بارگذاری تشکیل شده‌اند. در ضمن از آنجا که به علت بالاتر بودن سرعت نفوذ در مرزدانه‌ها سرعت رشد رسوبات نیز بیشتر است، بیشتر این ترکها از رسوبات و یا فازهای یوتکتیک موجود در مرزدانه‌ها نشأت می‌گیرند.



شکل۲. نمایش ترک بین دانه‌ای ناشی از خزش و سایر عوامل انهدام.

نتیجه گیری

از بررسی تحقیقات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که پره‌های ایجاد شده با استفاده از روش رشد تک‌بلور، به علت عدم وجود مرزدانه‌ها در مقابل حفره‌زایی و تخریب ناشی از خزش دارای مقاومت بیشتری هستند. همچنین برخلاف آلیاژهای ریخته شده معمولی (CC)، امکان بازیافت مجدد ریزساختار و استحکام خزشی آلیاژهای خزش یافته در کرنش‌هایی تا محدوده مرحله دوم و یا اوایل مرحله سوم خزش، با عملیات حل‌گردانی مجدد و پیرگردانی وجود دارد.

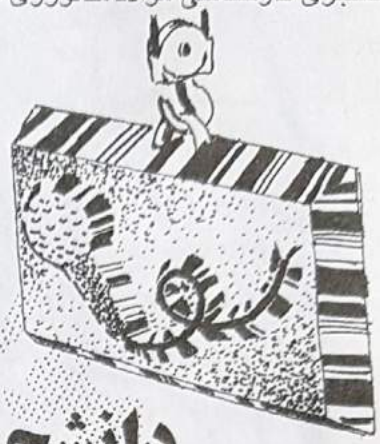
تشکیل حفره‌ها در مرزدانه‌ها دارای تأثیر نافذی بر انهدام خزشی است و پیشرفت حفره‌زایی به میزان زیادی با رفتار خزشی مرتبط و جوانه‌زنی و رشد حفره‌ها در سوپرآلیاژهای پایه‌نیکلی عمدتا در مرزدانه‌ها ایجاد و به تخریب قطعه منجر می‌گردد.

بررسی سطح شکست‌یافته پره مورد مطالعه وجود حفره‌هایی در مرز بین رسوبات و زمینه را نشان می‌دهد که این جدایش و حفره‌زایی نیز در کاهش عمر پره دارای نقش مهمی می‌باشد.

Scanned by CamScanner

زهره رجبعلی
دانشجوی کارشناسی مواد- متالورژی صنعتی - ۷۶

در این قسمت با سه تن از استادان گرامی به گفتگو نشستیم و از آنان خواستیم وضعیت کنونی دانشجویان و فارغ‌التحصیلان رشته متالورژی دانشگاه شیراز را با فارغ‌التحصیلان و دانشجویان دانشگاه‌های دیگر، از نظر کسب معلومات تئوری در دانشکده و داشتن امکانات لازم برای کسب مهارتهای عملی، مقایسه کردو و بیان کنند که چه کسانی و چگونه در بدست آوردن شغل مناسب موفق خواهند شد و اینکه چه کسانی باید در این راه آنها را کمک و راهنمایی کنند. در زیر خلاصه‌ای از نتیجه این گفتگو آورده شده است.



دانشجوی امروز، مهندس فردا

فلز: لطفاً تعریف ساده و کاملی از مهندس متالورژ و توانایی‌های او ارائه دهید؟

- دکتر جهرمی: مهندسی مواد مادر همه رشته‌هاست، به این علت که در تمامی کارهای صنعتی با ماده سروکار داریم و می‌توان گفت این رشته شامل همه فرآیندهایی است که طی آن روی ماده تغییراتی مثل شکل‌دادن، ریخته‌گری و ... می‌دهند. درواقع رشتهٔ مواد، رشتهٔ گسترده‌ای است که بشر مایل است به کمک آن مواد طبیعی را به موادی با خواص مطلوب خود تبدیل کند. شاخه متالورژی مسایلی را که مربوط به ذوب فلزات تا مراحل شکل‌دهی آنها می‌باشد در بر می‌گیرد.

- دکتر مشکسار: مهندسی مواد انشعاب گرفته از شاخه فیزیک و مکانیک است که در آن افراد با شناخت عمیق‌تری نسبت به مواد آموزش داده می‌شوند، پس می‌توان گفت یک مهندس مواد علاوه بر داشتن توانایی‌های یک مهندس مکانیک، دارای دید ویژه میکروسکوپی نسبت به مواد نیز می‌باشد و این دید در بکارگیری بهتر مواد به او کمک می‌کند. شاخه متالورژی شامل: شناخت و کاربرد موادی است که اغلب فلزی می‌باشند.

***باید در برنامهٔ آموزشی تغییراتی داده شود، به کیفیت آموزشی هم باید بیشتر توجه کرده و از صنعت هم بخواهیم که همکاری کند و البته خود دانشجو هم خواهان یادگیری باشد.**

- دکتر شریعت: مهندس متالورژ مهندسی است که فلز را از سنگ‌معدن آن استخراج کرده، آن را خالص نموده و خواص مطلوب خود را به آن می‌دهد و می‌توان گفت مهمترین هنر یک متالورژ، دادن خواص مورد دلخواهش به فلز استخراج شده است.

فلز: آیا برنامه‌های آموزشی دانشگاه شیراز، مهندسین کارآمدی به جامعه تحویل خواهدداد؟

- دکتر جهرمی: بله، البته در زمینه‌های آموزشی ضعفهایی وجود دارد و مطالب درسی در خیلی از مواقع وارد جزئیاتی می‌شوند که اغلب مورد نیاز نمی‌باشد که بهتر است با انجام یک نظرسنجی از استادان و دانشجویان و افراد با تجربه از مطالب تئوری کاسته و به جنبه‌های کاربردی افزوده شود. مسلماً این تحول باید از سطح وزارت آموزش عالی شروع شود. در وزارت آموزش عالی مسؤولینی مربوط به هر شاخه تحصیلی فعالیت می‌کنند که وظایف آنها در همین مورد است، البته نمی‌دانم که این کمیته‌ها چقدر فعالند.

- دکتر مشکسار: بله، در همه جای دنیا وضع به همین صورت است یعنی افرادی که تازه فارغ‌التحصیل شده‌اند تصور می‌کنند صفرکیلومتر هستند و احساس می‌کنند کارآیی ندارند. اگر خوب آموزش دیده باشند و بخواهند از آموخته‌هایشان استفاده کنند یکی دو سال تجربه کفایت می‌کند. تصور نشود در دانشگاه‌های کشورهای پیشرفته یک مهندس مواد فارغ‌التحصیل بیشتر از مهندس مواد ما دانش دارد، البته ما در زمینهٔ امکانات

Scanned by CamScanner

آزمایشگاهی نقاط ضعفی داریم که به علت کمبود امکانات و شرایط اقتصادی جامعه می‌باشد ولی از نظر تئوری در شرایط بهتری هستیم.

***مهمترین هنر یک متالورژ، دادن خواص مورد دلخواهش به فلز استخراج شده است.**

ـ دکتر شریعت: بستگی دارد که کارآمدی را چگونه تعریف کنیم. توقع نداشته باشید مهندسی که در اینجا آموزش داده می‌شود بلافاصله پس از فراغت از تحصیل قادر به حل مشکلات صنعت باشد. در کشورهای دیگر به مهندسی که تازه استخدام می‌شود تا دو سال کارآموز می‌گویند که مدت دو سال به او فنون مربوطه را می‌آموزند و هزینه این کار را خود متقبل می‌شوند سپس از او انتظار رفع مشکلات را دارند. من کارآمدی را در آن می‌دانم که مهندسی که ما تربیت می‌کنیم بداند کدام مسأله در کدام کتاب است، بتواند آن را پیدا کند، بخواند و درک کند، و احساس می‌کنم به هدفمان رسیده‌ایم و از این نظر از دانشگاه‌های دیگر جلوتر هستیم.

فلز: توقع جامعه صنعتی از یک مهندس مواد فارغ‌التحصیل از دانشگاه شیراز در زمینه عملی چیست؟

ـ دکتر جهرمی: دانشگاه شیراز جزو دانشگاه‌های باسابقه و بزرگ است و از لحاظ علمی همیشه در سطح بالائی بوده ولی آنچه که این دانشگاه را از دانشگاه‌های دیگر متمایز می‌کند استفاده از منابع اصلی مطالب و کتابها می‌باشد که به زبان اصلی هستند و خود باعث شده است دانشجو به مرور زمان به این زبان و استفاده از آن مسلط شود و در حل مشکلات صنعتی آن را به کارگیرد و چون منابع موجود در صنعت هم به زبان خارجی است و برای تعمیر و راه اندازی دستگاه‌ها از بروشورها و کاتالوگ‌هایی که به زبان اصلی هستند استفاده می‌شود فارغ‌التحصیلان دانشگاه شیراز راحت‌تر می‌توانند آنها را بخوانند و در این زمینه موفق‌ترند. از جنبه‌های علمی هم پذیرش در مقاطع کارشناسی ارشد و دکترا نشان می‌دهد که در سطح نسبتاً بالایی قرار داریم.

***یک مهندس مواد علاوه بر داشتن توانایی‌های یک مهندس مکانیک، دارای دید ویژه میکروسکوپی نسبت به مواد نیز می‌باشد و این دید در بکارگیری بهتر مواد به او کمک می‌کند.**

ـ دکتر مشکسار: خیلی از صاحبان صنایع معتقدند که فارغ‌التحصیلان دانشگاه شیراز از دیگران موفق‌ترند و به جایگاه‌های شغلی مهمی دست پیدا می‌کنند.

ـ دکتر شریعت: صاحبان صنایع می‌دانند که فارغ‌التحصیلان دانشگاه شیراز در استفاده از منابع به زبان اصلی نسبت به دیگران کمتر دچار مشکل می‌شوند چون منابع ارائه‌شده از طرف ما برای تدریس، کتابهای انگلیسی بوده‌اند و از کتابهای فارسی استفاده نکرده‌ایم که این خود نکته مثبتی است و در آینده می‌تواند راهگشای مشکلات زیادی باشد.

فلز: آیا در دانشگاه‌های ما دانشجویان کارشناسی هم در زمینه‌های عملی به اندازهٔ کافی آموزش داده می‌شوند؟

ـ دکتر جهرمی: من فکر می‌کنم که وظیفهٔ دانشگاه آموزش‌دادن یک سری اصول است ولی اینکه چقدر دانشجویان با کارهای عملی آشنا می‌شوند ممکن است وظیفه دانشگاه نباشد. برای کسب تجربه عملی هیچ راهی نیست جز اینکه با ورود به کارخانه و صنعت با مشکلات از نزدیک روبرو شوند و با اطلاعات علمی‌خود آنها را رفع کنند. در کشورهای خارجی هم بیشتر از ما کار عملی ایاد نمی‌دهند. اگر ارتباط نزدیکتری بین صنعت و دانشگاه ایجاد شود این مشکل هم حل می‌شود و باید در برنامهٔ آموزشی تغییراتی داده شود، به کیفیت آموزشی هم باید بیشتر توجه کرده و از صنعت هم بخواهیم که همکاری کند و البته خود دانشجو هم خواهان یادگیری باشد.

***در زمینه‌های آموزشی ضعفهایی وجود دارد و مطالب درسی در خیلی از مواقع وارد جزئیاتی می‌شوند که اغلب مورد نیاز نمی‌باشد.**

ـ دکتر شریعت: البته لازم نیست که همه تخصص‌ها را در دانشگاه به دست بیاورند. آموزشی که ما می‌دهیم مقدمه است. ما مسائل مختلفی را آموزش می‌دهیم چون نمی‌دانیم در آینده شما در چه زمینه‌ای مشغول به کار خواهید شد ریخته‌گری، جوشکاری، استخراج فلزات و. . . برنامه‌های آموزشی ما مثل دیگر

Scanned by CamScanner

نقاط دنیاست. از یک مهندس متالورژ در تمام دنیا توقعاتی دارند و ما هم عملاً دانشجویان را تعلیماتی می‌دهیم که بتوانند چنین توقعاتی را برآورده سازند.

فلز: آیا شما به دانشجویان در پیداکردن شغل مناسب کمک می‌کنید؟

ـ دکتر جهرمی: اگر دوستان یا فارغ‌التحصیلان ما که در صنعت مشغول به کار هستند به علت ایجاد یک موقعیت شغلی جدید به یک مهندس احتیاج داشته باشند ما هم دانشجویان خوب و علاقه‌مند را معرفی می‌کنیم.

ـ دکتر مشکسار: دلم می‌خواهد که این کار را بکنم. رابطی اقرار می‌کنم چون ارتباط زیادی با صنعت ندارم کمک زیادی نمی‌توانم بکنم ولی در این مورد خیلی موفق نبوده‌ام.

ـ دکتر شریعت: بله اگر دانشجویی فعّال باشد حتماً این کار را برای او انجام می‌دهم. برای یک دانشجوی فعال کار فراوان است. در گذشته صنعت حق انتخاب نداشت ولی اکنون به علت کثرت فارغ‌التحصیلان، صنعت حق انتخاب پیدا کرده و سعی می‌کند با بررسی پیشینهٔ تحصیلی افراد، بهترین‌ها را انتخاب کند. دانشجو هم اگر به این موضوع توجه کند متوجه می‌شود که باید بهتر درس بخواند و آیندهٔ شغلی خود را تضمین کند.

***در کشورهای دیگر به مهندسی که تازه استخدام می‌شود، تا دو سال کارآموز می‌گویند. به مدت دو سال به او فنون مربوطه را می‌آموزند و هزینهٔ این کار را خود متقبل می‌شوند. سپس از او انتظار رفع مشکلات را دارند.**

فلز: اگر صحبت و توصیهٔ خاصی برای ما دارید بفرمایید.

ـ دکتر جهرمی: خوشحالم که اعضای گروه علمی به طرح مشکلات و راه‌کارهای مربوط به رشتهٔ خود اقدام کرده‌اند و سعی دارند ارتباط بین استاد و دانشجو را بهبود ببخشند، واقعاً به شما تبریک می‌گویم و امیدوارم که در کارتان موفق باشید.

ـ دکتر مشکسار: دانشجویان نباید نگران باشند که آیا قادر به انجام کار در صنعت هستند یا خیر چون هر جای دنیا که درس بخوانند تا وقتی که وارد صنعت نشده‌اند این احساس را دارند. خود ما هم همین احساس را داشتیم.

ـ دکتر شریعت: نگران پیداکردن شغل نباشید. شما خوب درس بخوانید کار پیدا می‌شود، لازم نیست که شما کار بلد باشید بلکه باید اصول را بدانید. فکر نکنید از نظر تئوری قوی ولی از نظر عملی ضعیف هستید، آنچه در عرض دو هفته عملی یاد می‌گیرید نمی‌توانید در دانشگاه یاد بگیرید. از نظر مسائل تئوری خود را در دانشگاه قوی کنید همین کافی است و بدانید برای دانشجوی فعال همیشه کار وجود دارد.

م.نصرالدین

معمای علمی

۱ـ معمولاً آلیاژهایی از Aluminium که رسوب‌سختی می‌شوند دوتایی نیستند. تصور می‌کنید که در عملیات رسوب‌سختی این آلیاژها (نسبت به آلیاژهای دوتایی) با چه مسأله‌ای ممکن است مواجه شویم؟ چه راه‌حلهایی برای این مسأله پیشنهاد می‌کنید.

۲ـ برخی از آلیاژهای رسوب‌سخت شوندهٔ آلومینیوم را به عمد over age می‌کنند. سه دلیل احتمالی برای این کار بنویسید.

جوابهای خود را در «صندوق سبز» بیاندازید.

Scanned by CamScanner

الهام یادگاری
دانشجوی کارشناسی مواد ـ متالورژی صنعتی ـ ۷۶

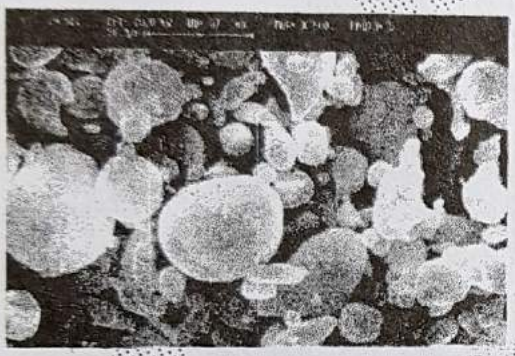
"دریچه‌ای رو به صنعت" بر آن است تا دانشجویان عزیز را با پروژه‌های صنعتی که توسط دانشجویان پرتلاش کارشناسی و کارشناسی ارشد بخش اجرا شده آشنا کرده و زمینه‌ای برای آشنایی هر چه بیشتر آنها با صنعت فراهم کند. عنوان این شماره:

خمیر لحیم

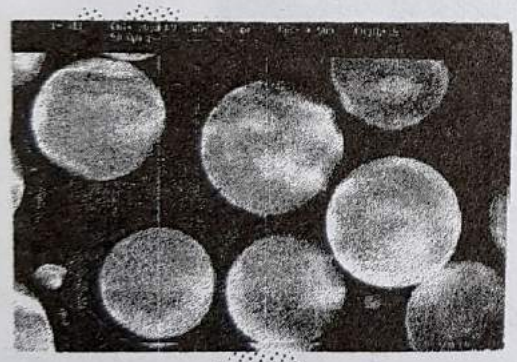
بسیاری اوقات تکیه بر قدرت ابتکار جوانان راه رسیدن به خودکفایی را کوتاهتر می‌کند. در راه رسیدن به این هدف چه بسیارند کسانی که گامهای مؤثری بر می‌دارند بدون اینکه نامی از ایشان در عرصه علم و صنعت باقی بماند. در بخش صنایع نیز در راستای استفاده از قدرت ابتکار جوانان طرحی در پوشش *پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد* بر عهده یکی از دانشجویان کارشناسی ارشد گذاشته شد.

در این شماره به بررسی چگونگی ارائه و انجام این پروژه از زبان این دانشجوی پر تلاش کارشناسی ارشد آقای *احمد نجفی سرنیم‌نگاری* می‌پردازیم.

خمیر لحیم معمولی، سوسپانسیونی از پودر لحیم در داخل یک حلال آلی به نام فلاکس(flux) می‌باشد. خمیرلحیم در صنعت الکترونیک برای اتصال‌دادن قطعات با اتصال سطحی SMD[1] بر روی برد مدار چاپی استفاده می‌شود. در روش قدیمی از قطعات THT[2] یا قطعات پایه‌دار استفاده می‌شد که پایه‌های بست الکترونیکی در داخل سوراخ‌هایی که از قبل روی برد مدار چاپی ایجاد می‌شد، فرو می‌رفت و لحیم‌کاری در قسمت پشت برد صورت می‌گرفت. **وجود پایه روی بسته‌های الکترونیکی و نیاز به ایجاد سوراخ بر روی برد و محدودیت در نزدیک‌کردن زیاد سوراخها به هم باعث می‌شد که اندازه بسته‌های الکترونیکی و همچنین اندازه برد بزرگ باشد در صورتیکه در روش استفاده از SMD، اتصال بصورت سطحی بر روی برد مدار چاپی انجام می‌شود که امکان کوچک‌کردن برد و بسته الکترونیکی را فراهم می‌کند.** نحوهٔ عملکرد در این روش این گونه است که ابتدا خمیرلحیم توسّط چاپ با شابلون(Screen) بر روی پایه‌های اتصال روی برد قرار می‌گیرد. سپس بوسیلهٔ یک ربات، بسته‌های الکترونیکی در مکانهای خود قرار می‌گیرند و مدار چاپی همراه قطعات از داخل یک کورهٔ تونلی گذرانده می‌شود که پس از خروج از انتهای کوره تمام قطعات در مکانهای خود روی برد مدار چاپی لحیم شده‌اند. با توجه به روش انجام کار دیده می‌شود که روش جدید، مکانیزه‌کردن مونتاژ را در پی دارد و سرعت آن را از روش قدیمی بیشتر می‌کند.



تصویر میکروسکوپی SEM از پودر ایرانی با بزرگنمایی 500



تصویر میکروسکوپی SEM از پودر آلمانی با بزرگنمایی 500

نحوهٔ انتخاب پروژه:

طی بازدیدهایی که از صنایع الکترونیک صورت گرفت با ماده‌ای بنام خمیرلحیم(solder-paste) آشنا شدم. در خرداد ماه ۱۳۷۷ طی بازدید از کارخانجات مخابراتی ایران چند موضوع به عنوان ایدهٔ اولیهٔ پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد در نظر گرفته شد. یکی از این پروژه‌ها تحقیق وساخت خمیرلحیم بود. به دلیل اینکه موضوع خمیرلحیم و

1. **SMD:** Surface Mount Devices.
2. **THT:** Through-Hole Technology.

Scanned by CamScanner

موضوعات پیرامون آن کاری نوین بود مورد توجه من قرار گرفت.

مطالعات اولیه در این زمینه را شروع کرده و سپس با مسؤولین کارخانجات مخابراتی ایران درباره امکان انجام تحقیق در این باره مذاکره کردم. اکثر مسؤولین به این موضوع تمایل نشان دادند و در نهایت پروژه‌ای با عنوان "ساخت و بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی خمیرلحیم مورد استفاده در صنایع الکترونیک ایران" تعریف شد. از تیرماه ۱۳۷۷ کار را بر روی پروژه شروع کردم و زمان ۱۶ماه برای اتمام مرحله تحقیقاتی پروژه در نظر گرفته شد. در ابتدای کار به مراجع تحقیقاتی که پیشتر در این مورد صورت گرفته بود رفتم و از آنها مطلع شدم. این اطلاعات از منابع مختلفی جمع‌آوری شد. برخی از این منابع عبارتند از:

منابع موجود در کتابخانه خوارزمی، جستجوی کامپیوتری از طریق مرکز جستجوی کتابخانه خوارزمی، جستجوی کامپیوتری از طریق کتابخانه منطقه‌ای علوم و تکنولوژی شیراز، مرکز تحقیقات علمی و صنعتی ایران، کتابخانهٔ دانشگاه‌های صنعتی شریف، تهران، تربیت مدرس و تهیه مقالات از british library انگلیس و . . .

پس از بررسی و مطالعه مقالات جمع‌آوری شده، بهترین روش برای آنالیز و ساخت خمیرلحیم را انتخاب کردم و سپس آزمایش‌ها را شروع نمودم.

ابتدا نمونه‌های ساخت خارج را که محلولی از سوسپانسیون پودر آلیاژ لحیم در داخل فلاکس مایع لحیم است را تهیه کردم. این خمیرلحیم بعنوان خمیرلحیم مناسب و مبنا در نظر گرفته شد. سپس پودر آلیاژ لحیم را از فلاکس خمیرلحیم جدا کردم و هر یک را برای مراحل آنالیز و آزمایش تعیین اندازهٔ دانه‌های پودر آلیاژی آماده نمودم، آنالیز فلاکس با روش کروماتوگرافی کلاسیک و HPLC[3] انجام گرفت و آنالیز پودر آلیاژ نیز با استفاده از دستگاه SEM[4] بخش مهندسی مواد و روش EDS[5] انجام گرفت و با استفاده از تصاویر SEM اندازهٔ دانه و نوع دانه‌بندی پودر آلیاژ نیز تخمین زده شد.

در نمونه‌های مختلف خمیرلحیم، شکل پودرها بصورت کره‌هایی با دانه‌بندی‌های متفاوت بود. که اندازهٔ دانه از ۴۵ میکرون تا ۶۰ میکرون تغییر می‌کرد.

پس از آنالیز و تعیین مواد موجود در فلاکس(flux)، مواد اولیه برای تهیهٔ فلاکس مشابه تهیه شد، به این صورت که با روش اتمیزه‌کردن،شمش آلیاژی به پودر تبدیل شد که این کار در کارخانجات متالورژی پودر خراسان صورت گرفت. برای تعیین نسبت پودر آلیاژی و فلاکس‌ها، از قبل با استفاده از دستگاه SEM درصد هر یک را در خمیرلحیم‌های خارجی پیدا کرده بودم.

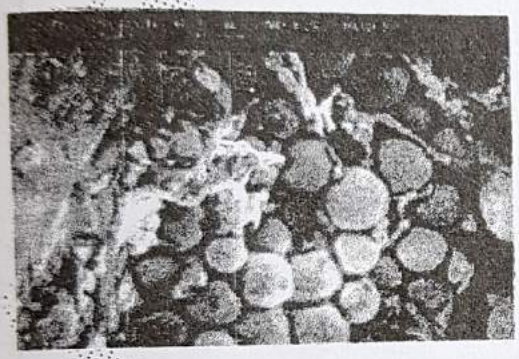
در مرحلهٔ بعدی پودر آلیاژ تهیه شده با درصدهای مختلف پودر از ۶ تا ۱۲ درصد و فلاکس‌های مختلف با هم مخلوط شده و خمیرلحیم ساخته شد.

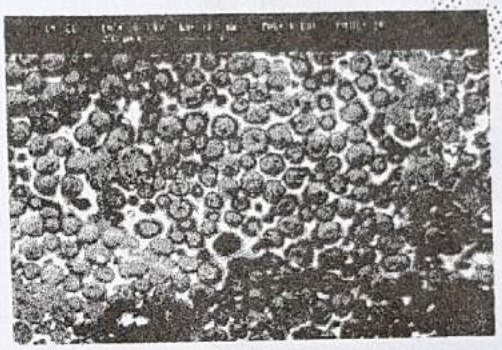
در نهایت، آزمایشهای مختلفی برای تعیین کیفیت خمیرلحیم انجام شد و نتایج با آزمایشهایی که بر روی خمیرلحیم‌های خارجی صورت گرفته بود مقایسه گردید. به این ترتیب از بین آنها بهترین خمیرلحیم انتخاب شد.

آزمایشهایی که بر روی خمیرلحیم صورت گرفت عبارت بودند از:

آزمایش تعیین فرونشینی سرد و گرم (cold & hot slump)، تعیین ضریب پخش، قابلیت چاپ، قابلیت خشک‌شدن، ویسکوزیته و . . .

همچنین آزمایشهای خستگی نیز روی آن انجام شده و نمودار S-N آن رسم گردید که در تعیین عمر خستگی مفید بود.





تصاویر میکروسکوپی SEM از نمونه‌های لحیم حاصل از خمیرلحیم‌های مختلف

3. **HPLC:** High Performance Liquid Cromatography.
4. **SEM:** Scanning Electron Microscopy.
5. **EDS:** Energy Dispersive Spectroscopy.

Scanned by CamScanner

مهدی منتظری
دانشجوی کارشناسی ارشد مواد ـ خوردگی و حفاظت از فلزات ـ دانشگاه کرمان ـ ۷۹

گروه علمی؛

دیروز، امروز، فردا

دیروز

اولین هسته گروه علمی در سال ۷۱ تشکیل شد. پس از فعالیت‌های اولیه در برگزاری سمینارهای هفتگی علمی،از رئیس وقت بخش مواد (دکتر شریعت) در هنگام تعمیرات بخش مواد تقاضای اتاق شد که بنا بتلاش پیگیر اعضا، اتاقی به عنوان دفتر گروه علمی اختصاص یافت. اعضای گروه علمی اقدام به نوشتن اساس نامه‌ای کردند که پس از مدتی توسط دکتر جهانمیری ـ رئیس دانشکده ـ زیر سؤال رفت و اساسنامهٔ جدیدی به اعضای گروه داده شد.

امروز:

با برگزاری اردوی علمی ـ تفریحی اصفهان در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۷۸ گروه علمی در بین دانشجویان محبوبیت یافت که این محبوبیت باید به اعتماد تبدیل می‌شد پس در مهرماه طی برگزاری جلسه‌ای، مقرر شد که گروه علمی بصورت شورایی فعالیت کند. در ادامه ۳ نفر به عنوان مسؤولین گروه علمی انتخاب شدند که هر کدام گوشه‌ای از کارهای گروه علمی را به عهده گرفتند. همچنین این افراد موظف شدند که با تشکیل جلسات هفتگی، هماهنگی‌های لازم را ایجاد کنند.

در ابتدا برای نظم بخشیدن به پوشه‌های گروه علمی، فایلی بنوای گروه علمی تهیه شد. از دیگر اقدامات گروه علمی درآغاز سال تحصیلی ۷۸ تهیهٔ ویژه‌نامه‌ای بود که طی آن دانشجویان تازه‌وارد برای گرفتن خوابگاه، ثبت نام و کارت تغذیه راهنمایی می‌شدند و همزمان با این کارها دانشجویان علاقه‌مند برای همکاری با گروه علمی دعوت می‌شدند.

ازجمله فعالیتهای دیگر گروه علمی در این مدت:

۱ـ ساماندهی نشریهٔ "فلز": طی جلسه‌ای که حدود سه تا چهار ساعت به طول انجامید تصمیم گرفته شد که سردبیری نشریه بصورت شورایی باشد همچنین نشریه بصورت دوماهنامه منتشر شود و قسمتهای مختلف نشریه تعیین گردید. پس از انتشار سه شماره برای شماره چهارم تصمیم گرفته شد که کل سیستم نشریه سازمان داده شود. بنابراین برای افرادی که تمایل به همکاری نداشتند جانشین انتخاب شد و همچنین چارتی برای گروه علمی تهیه شد که در این چارت گروه نشریه به قسمتهای مختلف تقسیم‌بندی شده بود و برای هر قسمت مسؤولی مشخص شده بود و در ضمن شورای سردبیری از سه نفر به دو نفر کاهش یافت. لازم به ذکر است که شمارهٔ ۴ فلز به دانشگاههای صنعتی شریف، تهران، صنعتی اصفهان، زاهدان و کرمان فرستاده شد.

۲ـ تهیه صندوقی برای بخش: سؤالاتی در برد گروه و نشریهٔ "فلز" مطرح می‌شد اما دانشجویان به آنها جواب نمی‌دادند که پس از بررسی، چند دلیل برای این امر فرض شد: الف ـ دفتر گروه علمی در برخی از ساعات بسته است. ب ـ بعضی ازدانشجویان تمایل به حضور در دفتر گروه علمی ندارند. بنابراین تصمیم گرفته شد صندوقی تهیه شود، و اسم "صندوق سبز" برای آن انتخاب شد.

۳ـ برگزاری کلاسهای کامپیوتر: که باعث افزایش دانش کامپیوتر دانشجویان مواد و آموزش و افزایش کارآیی اعضای گروه تایپ گردید.

۴ـ برد گروه علمی: که با فراز و نشیبهای زیادی روبرو بوده است و هنوز هم ایده‌آل نیست.

۵ـ تکثیر کتابهای کمیاب برای دانشجویان مثل: کتاب Gaskell، Vanvlack، . . .

۶ـ تهیه و در اختیار گذاشتن کتاب مواد (سری سؤالات کارشناسی ارشد رشته مواد) با تخفیف.

۷ـ اعزام حدود ۱۰۰ نفر از دانشجویان، کارمندان بخش، استادان، . . . به اردوی علمی کرمان (کنگرهٔ متالورژی

Scanned by CamScanner

فلزات غیرآهنی)

۸ـ برگزاری اردوهای‌علمی ـ تفریحی در اطراف شیراز

۹ـ تهیه عکسهایی از قسمت‌های مختلف کارخانه‌های صنعتی از جمله فولاد مبارکه، ایران‌ذوب و نصب آن در راهروی بخش.

۱۰ـ ابتکاری نو: اعضای گروه علمی چون خود را عضوی از یک خانواده بزرگ می‌دانستند پیمان‌نامه‌ای را امضاء کردند تا در تاریخ ۸۸/۸/۸ (۹ سال آینده) همگی در حافظهٔ شیراز حضور به هم رسانند و برای هر فرد امضاءکنندهٔ این پیمان، کارتی با نام و امضای وی تهیه شد. این کارت وسیله‌ای است برای [illegible] به این دوران، دوستی‌های آن و تداوم آن در آینده.

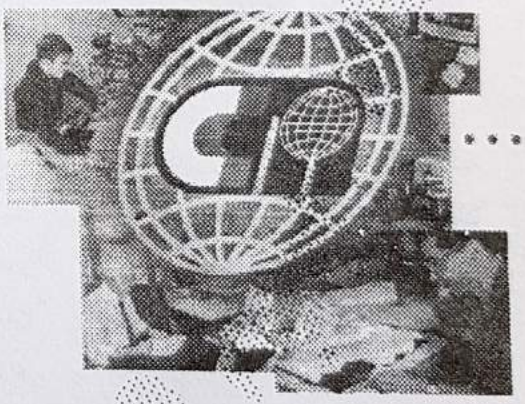
فردا:

حفظ دستاوردها، ادامه دوستیها، امیدواری به آینده، تلاش برای ساختن یک گروه علمی ماندگار، بخشی دوست داشتنی، دانشگاهی پویا و ایرانی آباد.

معرفی سایت

عصر امروز، عصر ارتباطات و دنیای اطلاعات است. نشریهٔ فلز با هدف هرچه بیشتر نزدیک‌کردن دانشجویان و سایر علاقه‌مندان به صنعت و پیشرفت‌های علمی به دست آمده، در این قسمت به معرفی تعدادی از سایت‌های مربوط به رشتهٔ مواد می‌پردازد. از کسانی که با سایت‌های مختلف رشتهٔ مواد آشنایی دارند، درخواست می‌شود با معرفی آنها به نشریهٔ فلز ما را در این راستا همراهی نمایند.

آدرس ما: felez@hyperemail.com



1. University of Delaware-Center for Composite Material
Faculty, research & publications (free).
http://www.ccm.udel.edu/

Department of Materials Engineering — DREXEL

2. Drexel University-
Fibrous Materials Research Center (FMRC)
Fibrous materials research center overview, capabilities & services provided to industry (free).
http://www.materials.drexel.edu/FMRL/fmrc.html

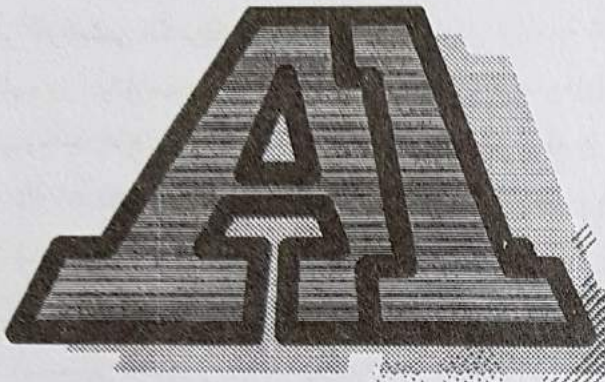
Department of Materials Science and Engineering — MIT

3. Massachusetts Institute of Technology-Dept. of Material Science & Engineering
Faculty, research areas & research groups (free).
http://www-dmse.mit.edu/

Scanned by CamScanner

مهدی محمّدعلی‌پور ـ امین جانقربان
دانشجویان کارشناسی مواد ـ متالورژی صنعتی ـ ۷۷

آلومینیوم و آلیاژهای آن



مقدمه:

آلومینیوم به عنوان دومین عنصر فلزی فراوان در زمین از اواخر قرن نوزدهم به صورت یک رقیب اقتصادی در کاربردهای مهندسی مطرح شد. نیازهای صنعتی به ماده‌ای با ویژگی‌هایی مطابق با خواص بی‌همتای آلومینیوم و آلیاژهای آن به تولید و کاربرد این فلز جدید کمک بسیاری کرده است. هنگامی که احیای الکترولیتی آلومینیم (Al_2O_3) محلول در کریولیت (cryolite: $AlF_3.3NaF$) مذاب به طور مستقل توسط چارلز هال (Charles Hall) در اوهایو و پاول هرولت (Paul Heroult) در فرانسه در سال ۱۸۸۶ گسترش یافت، اولین موتورهای احتراق داخلی در حال ظهور بودند و آلومینیوم می‌توانست نقش عمده‌ای در فراهم‌کردن مواد مورد نیاز در صنعت حمل و نقل ایفاء کند. به منظور برق‌رسانی در انتقال‌های با مسافت طولانی و همچنین برای ساختن برجهای حمل‌کننده کابلهای هوایی از نقاط تولید کنندهٔ انرژی به نقاط مصرف کننده به مادهٔ رسانای الکتریسیته با وزن کم نیاز بود. صنعت آلومینیوم در کنار صنایع تولید قطعات پراستحکام و مقاوم به شکست در سازه‌های هوایی بدنهٔ موشکها و سلولهای سوخت در قطعات ماهواره‌ها به طور روزافزونی گسترش یافت. رشد صنعت آلومینیوم به این پیشرفتها محدود نشد. اولین کاربردهای تجارتی این فلز موارد نوظهوری مانند قاب آینه‌ها، شماره پلاک خانه‌ها، سرویسهای خانگی و نیز وسایل آشپزی بودند. به زودی آلومینیوم در کاربردهای متنوعی گسترش یافت که تمام جنبه‌های زندگی مدرن به نوعی از آن تأثیر یافت.

خواص:

از میان خواص شگفت‌آور آلومینیوم تنوع کاربردهای آن از مهمترین آنهاست. گسترهٔ خواص فیزیکی و مکانیکی این فلز به صورت خالص و آلیاژ بسیار قابل توجه است. شکل ظاهری، وزن، قابلیت شکل‌پذیری، خواص فیزیکی و مکانیکی و مقاومت به خوردگی ویژهٔ آلومینیوم باعث تبدیل‌شدن آن به اقتصادی‌ترین و شاید توجه‌ترین ماده در محدودهٔ گسترده‌ای از کاربردها شده است. چگالی آلومینیوم درحدود $2.7\ g/cm^3$ است که تقریباً $1/3$ فولاد، مس و برنج می‌باشد.

آلومینیوم دارای ظاهری نقره‌ای با جلوهٔ آبی است. سطوح آلومینیوم می‌توانند بسیار بازتابنده (reflective) باشند. انرژی تابشی نور مرئی، حرارت تابشی و امواج الکترومغناطیس به مقدار زیادی توسط آلومینیوم بازتابیده می‌شود در حالیکه سطوح آنادیز (anodized) و تیره شدهٔ آلومینیوم می‌توانند نور را جذب کنند.

آلومینیوم به خوبی جریان الکتریسیته را عبور می‌دهد. هدایت الکتریکی آلومینیوم خالص 62% نقره است که با افزودن ناخالصی این کمبود جبران می‌شود. وزن آلومینیومی که برای ساخت یک قطعه رسانا لازم است، نصف وزن مسی لازم برای ساخت همان قطعه بنا همان قابلیت انتقال الکتریکی می‌باشد. بنا این حال آلیاژهای ویژه‌ای گسترش یافته‌اند که از مقاومت الکتریکی بالایی برخوردارند. این آلیاژها به عنوان مثال در موتورهای الکتریکی با گشتاور تولیدی بالا بسیار مفید هستند. آلومینیوم دارای خاصیت غیرفرومغناطیسی بوده که در صنعت الکترونیک بسیار مهم است. از دیگر خواص این فلز عدم تولید جرقه می‌باشد که این خاصیت باعث استفاده از این فلز در مخازن حمل و نقل مواد قابل اشتعال و منفجره می‌شود. علاوه بر این غیرسمی بودن این فلز موجب استفاده از آن در مخازن غذایی و قوطی کنسروها می‌شود. آلومینیوم ضریب هدایت گرمایی و گرمای ویژهٔ بالایی دارد. هدایت حرارتی آلیاژهای آلومینیوم که در حدود 50 تا 60 درصد

Scanned by CamScanner

مس می‌باشد می‌تواند در استفاده از آن در مبدلهای حرارتی، تولید کننده‌های بخار، وسایل گرمایشی الکتریکی، سرسیلندر اتومبیلها و رادیاتورها بسیار مفید باشد. آلومینیوم جزء فلزات فعال-غیرفعال (Active-Passive) می‌باشد یعنی اگر چه تمایل شدیدی به واکنش دارد اما در برابر خوردگی در محیط آبی (شامل آب شور)، مواد شیمیایی نفتی و در بسیاری از محیط‌های شیمیایی مقاومت بسیار خوبی از خود نشان می‌دهد. دلیل این امر تشکیل یک لایهٔ محافظ بر روی سطح است. مثالی از این مورد لایهٔ نقره‌ای رنگ اکسید آلومینیوم روی در و پنجره‌های آلومینیومی است. لایهٔ محافظ در صورت اعمال حفاظت آندی می‌تواند تا حدود 0.25mm ضخیم‌تر شود که حفاظت فوق‌العاده زیادی در این حالت ایجاد می‌شود. علاوه بر این، لایهٔ محافظ آلومینیوم می‌تواند با رنگها واکنش داده آنها را جذب کند و رنگهای جالب و متنوعی بر سطح فلز به وجود آورد.

تعدای از سایر خواص مفید آلومینیوم در بحث آلیاژها ذکر خواهد شد.

تولید آلومینیوم:

تولید آلومینیوم بر اساس فرآیند هال-هرولت استوار است. آلومینهایی که از بوکسیت تصفیه شده، به همراه نمکهای مختلف فلوئور در حمام کریولیت حل می‌شود تا دما، چگالی، مقاومت الکتریکی و حلالیت آلومین کنترل شود سپس یک جریان الکتریکی از درون حمام عبور داده می‌شود تا ضمن تشکیل اکسیژن و واکنش آن با کربن کاتد آلومینیوم به صورت یک لایهٔ فلزی در آند تشکیل گردد. فلز جدا شده به طور متناوب به روشهای سیفون(siphon) یا خلاء به کوره‌ها منتقل شده تا شمشهایی جهت ذوب مجدد و شکل‌دادن تهیه شود.

ناخالصی‌های عمدهٔ آلومینیوم گداخته عبارتند از آهن و سیلیکون. ولی روی، گالیوم، تیتانیوم و وانادیوم هم به عنوان آلاینده‌های فرعی حضور دارند. آلومینیومی که در این مرحله به دست می‌آید می‌تواند خلوصی تا حدود 99.7% داشته باشد. مراحل خالص‌سازی دیگری نیز وجود دارند که به وسیله آنها می‌توان به درجات بالاتری از خلوص رسید. درجهٔ خلوص 99.99% به وسیله فرآیند تبلور جزئی (fractional crystallization) یا عملیات سلول هوپس (Hoops Cell Operation) به دست می‌آید. فرآیند دومی یک فرآیند الکترولیتی سه مرحله‌ای است که در آن از نمک مذاب با چگالی بیشتر از چگالی آلومینیوم خالص استفاده می‌شود. ترکیبی از این روشهای خالص‌سازی می‌توانند به خلوص 99.999% منجر شود که برای کاربردهای بسیار خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آلومینیوم تجاری در چهار دستهٔ زیر به بازار عرضه می‌شود:

A1: این فلز دارای کیفیت مرغوبی بوده و حداقل 99.99% آلومینیوم دارد. در برابر خوردگی به خصوص در محیطهای مرطوب بسیار مقاوم می‌باشند. این نوع آلومینیوم نسبت به انواع دیگر آن گران‌تر بوده و کاربرد عمدهٔ آن در ساخت نورافکن‌ها و دیگر اجسام بازتابنده است.

A2: این نوع آلومینیوم دارای 99.98% آلومینیوم بوده و در کارخانه‌های شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به علت انعطاف‌پذیری بالا به صورت ورق برای درپوش بطری و لفافهای بسته‌بندی به کار می‌رود.

A3: این نوع آلومینیوم دارای 99.6% آلومینیوم می‌باشد و در برابر خوردگی مقاومت بالایی از خود نشان می‌دهد. در مواردی که درجهٔ خلوص بالا ضروری نیست از این فلز به صورت شمش، ورق و لوله استفاده می‌شود. از این فلز در رسانهای الکتریکی مانند سیمهای آلومینیومی سردکاری شده و کابلهای هادی جریان الکتریکی با هسته فولادی برای انتقال هوایی نیرو استفاده می‌شود.

A4: این نوع دارای 99% آلومینیوم بوده و بطور گسترده‌ای در ساخت اجسام توخالی، قالبگیری تابلوهای حکاکی شده، ظروف غذا و مواردی که انعطاف پذیری (ductility) بر استحکام آنها ارجحیت دارد، استفاده می‌شود.

آلیاژهای آلومینیوم:

با وجود خواص مفیدی که برای آلومینیوم ذکر شد استحکام آلومینیوم خالص به نسبت کم است امّا می‌توان استحکام را با کار سرد یا آلیاژکردن افزایش داد.

آلیاژهای آلومینیوم را می‌توان به دو دسته ترکیبات ریخته‌گری و نوردی (casting & wrought) تقسیم کرد. تقسیم‌بندی‌های بعدی در هر گروه بر پایهٔ مکانیزم‌های اولیه بهبود خواص می‌باشد. بسیاری از آلیاژها به عملیات حرارتی که مبنای آن حلالیت فازهای مختلف است جواب می‌دهند. این فرآیندها مشتمل بر عملیات حرارتی محلول جامد (solution heat treatment) آب‌دادن (quenching) و رسوب‌گذاری (precipitation) می‌باشد. برای هر کدام از ترکیبات ریخته‌گری و

Scanned by CamScanner

نوردی چنین آلیاژهایی به عنوان آلیاژهای قابل پیرسختی (age hardening) تعریف می‌شوند. با این حال تعداد زیادی از آلیاژها وجود دارند که این خاصیت را دارا نبوده و خواص آنها توسط عملیات کارسختی (work hardening) به همراه گرم‌کردن متناوب بهبود می‌یابد. مهمترین عناصر آلیاژی جهت افزودن استحکام آلومینیوم عبارتند از مس، منیزیم، منگنز، نیکل، سیلیسیم و روی. تقریباً تمام آلیاژهای آلومینیوم در اکثر محیط‌های خورنده مقاومت خوبی نسبت به خوردگی از خود نشان می‌دهند. آلیاژهایی که حاوی مس هستند در برابر دسته‌ای که حاوی سیلیسیم هستند نامرغوب شمرده می‌شوند. آلیاژهایی که حاوی منیزیم یا منیزیم و سیلیسیم هستند به وسیلهٔ آلومینیوم خالص پوشش داده می‌شوند تا در برابر خوردگی مقاومتی معادل مقاومت پوشش پیدا کنند و استحکام آلیاژ نیز مانند استحکام هسته شود که به این گروه **Aiclad** گفته می‌شود.

قسمت اعظم آلیاژهای آلومینیوم به صورت خام (as cast) مورد استفاده قرارمی‌گیرند اما بعضی از آنها مانند **AC7** (0.75-2.8% Si, 0.3-1.75% Ni, 0.25-1.4% Fe) به دمای پایینی برای پیرسختی نیاز دارند. با این وجود بعضی دیگر مانند **AC10** (10%Mg) در دمای بالا تحت عملیات پیرسختی قرار می‌گیرند. آلیاژی هم مانند **AC14** وجود داردکه رفتاری مرکب از دو حالت فوق دارد.

یکی از مهمترین گروههای آلیاژهای آلومینیوم که تحت عنوان دورآلومین (Duralumin) شناخته می‌شود شامل 0.5%Mg و 3.5%Cu بوده و به این علت که نخستین آلیاژ سبک برای عملیات حرارتی شمرده می‌شود دارای اهمیت تاریخی می‌باشد.

دورآلومین به طور کمنزده‌ای طی سالهای ۱۹۱۸-۱۹۱۴ به صورت ورق، نوار، تیر، پرچ و . . . در دوران جنگ در هواپیماها به کار برده می‌شد.

آلیاژهای **Y**(0.5%Si,1.5%Mg,2%Ni,4%Cu) منحصراً برای پتک‌کاری (forging) مناسبند و بیشتر در ساخت پیستون به کار می‌روند. خواص آنها در دمای محیط شبیه به دورآلومین است اما در دماهای بالاتر خواص ممتازی از خود نشان می‌دهند.

آلیاژهای آلومینیوم - سیلیسیم که حاوی 10-14% سیلیسیم با افزایش، ثانویه مس، منیزیم و نیکل می‌باشند به نامهای silumin یا alpax شناخته می‌شوند و معمولاً برای مصارف ریخته‌گری، خام به کار برده می‌شوند. ساختار دانه‌ای، استحکام، انعطاف پذیری و بی‌نقصی (soundness) این آلیاژها به کمک سدیم بهبود می‌یابد.

بیشتر آلیاژهای پیچیدهٔ آلومینیوم به منظور برآورده کردن نیازهای صنعت هوافضا به وجود می‌آیند. در میان آنها سری **RR** آلیاژهایی با کارآیی بالا هستند. **RR77** که شامل 4-6%Zn, 2.4%Mg, 2.5-3%Cu و مقدار کمی سیلیسیم، آهن، منگنز و تیتانیم است، دارای استحکام کششی حدود 620MPa می‌باشد.

آلیاژهای آلومینیوم - قلع (5-10%Sn) کاربردهای ویژه‌ای در یاتاقانها (bearings) پیدا کرده‌اند. رنگهای آلومینیوم به علت قدرت خوب پوشش و توانایی انعکاس بالا مورد توجه قرار گرفته‌اند. آلومینیوم همچنین به عنوان احیاءکننده برای فولادها و به عنوان عنصر آلیاژی با فلزات پایه دیگر، با مس به عنوان برنز و با فولاد به عنوان فولادهای آلومینیومی مقاوم به حرارت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول خواص آلومینیوم:

Atomic No.	13
Atomic mass, (gr/mol):	26.98
Crystal Structure:	FCC
Lattice Parameter, (Å):	2.86
Density, (gr/cm³):	2.702
Melting Point, (°C):	660.37
Boiling Point, (°C):	2467
Elastic Modulus, (Psi):	10.1×10^6
Shear Modulus, (Psi):	3.7×10^6
Ultimate Tension, (Psi):	16×10^3
Ultimate Shear, (Psi):	10×10^3
Yield Tension, (Psi):	14×10^3
Yield Shear, (Psi):	8×10^3
Percent ductility, for 2 inches:	20
Thermal Conductivity, (w/cm°C):	2.37
Electrical Conductivity, (1/cmΩ):	0.377×10^6
Linear Thermal Expansion, (1/°C):	23.7×10^6

منابع:

1. C. R. Tottle, "*An Encyclopdia of Metallurgy and Materials*", The Metal Society, Macdonal and Evans, 1976.
2. "*Metals Handbook*", 9th ed., Vol. 2, *properties and selection, Nonferrous Alloys and special-purpose Materials*, American Society for Metals, Metals Park, Ohio PP3-14, 1983.
3. "*New Standard Encyclopedia*", Vol. 1, Standard Educational Corporation, Chicago, 1970.

Scanned by CamScanner

هوای تازه

- **آلبر کامو:** عظمت هر عقیده را به مقیاس تردیدهایی که القاء می‌کند، باید سنجید.
- **جرج برنارد شاو:** انسانها نه به نسبت تجارب خود بلکه به نسبت ظرفیتی که برای تجربه‌کردن دارند عاقلند.
- **بزرگمهر:** دست سرنوشت، ارباب ترسوها و بندهٔ جسوران است.
- **آرتور سی کلارک:** برای اینکه حدود امکانات خود را کشف کنیم، تنها راهش این است که آنها را پشت سر بگذاریم و به قلمرو غیرممکن‌ها وارد شویم.
- **امرسون:** اقبال نام دیگر پایداری در تعقیب هدف است.
- **اوریسون سوئت ماردن:** ما به وسیله اندیشه‌های خود ترقی می‌کنیم و از نردبان تصوری که از خویشتن داریم بالا می‌رویم.
- **باکستون:** تجربه نشان می‌دهد که در موفقیت، شوق و حرکت بیشتر از قابلیت و تخصص اثر دارد. برنده کسی است که با جان و دل کار می‌کند.
- **اریک فروم:** شفای تخریب و خشونت، پرورش استعدادهای خلاق و قابلیّت آدمی برای کاربرد زایا و بارور قدرت‌های انسانی خویش است.
- **سقراط:** روح درونی خود را زیبا کنید تا شخصیّت درونی و بیرونی شما یکی شود.
- **آلبرت اینشتین:** تصوّر مهمتر از دانش است.
- **بروس بارتن:** هرگز کسی به دستاورد دلپذیری نرسیده است، مگر آنکه در گوشه‌ای از وجود خود به چیزی برتر از شرایط زمانه، ایمان داشته باشد.
- **راسکن:** اگر صد نفر قادر به تکلّم باشند، فقط یک نفر از آنها قادر به تفکّر است و اگر هزار نفر قادر به تفکّر باشند، در میان آنها، تنها یک نفر دیدهٔ بینا دارد.
- **مثل فرانسوی:** "نیک‌نامی" از کمربند زرین بهتر است.
- **مثل چینی:** یک تصویر، برابر هزار کلمه است.
- **آنتوان دوسن اگزوپری:** تنها با چشم دل است که می‌توان به درستی دید. چشم سر آنچه را که ضروری است، نمی‌بیند.
- **الکوت:** بی‌اطلاعی از نادانی، خود دردی است که نادان‌ها به آن گرفتارند.
- **مونتسکیو:** همیشه مسائل را قبل از گرفتن تصمیم به محکمهٔ وجدان تسلیم کنید. وجدان راهنمایی بی‌نظیر و قاضیِ بی‌طرفی است.
- **لقمان:** اگر سخن چون نقره است، خاموشی، چون زر پربها است.

Scanned by CamScanner

FELEZ 5

Vol.2 , No.5 , October-November, 2000

Scanned by CamScanner