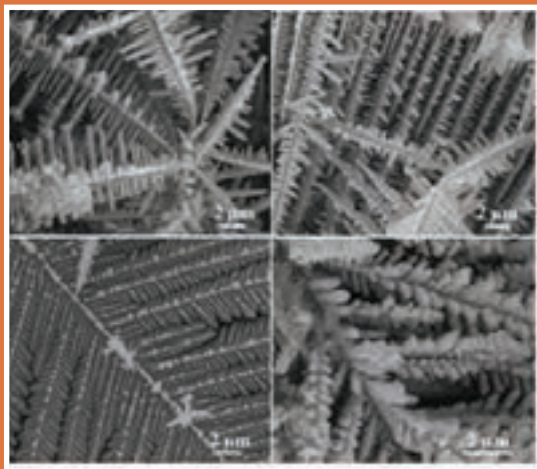




پودمان دوم

آزمایش‌های متالوگرافی



واحد یادگیری: آزمایش‌های متالوگرافی

شناسایی و بررسی ساختارهای درونی فلزات و آلیاژهای مختلف لازم و ضروری به نظر می‌رسد. در این واحد یادگیری ما با انواع روش‌های مختلف مطالعه و بررسی ساختار فلزات و آلیاژها، روش مطالعه میکروسکوپی و میکروسکوپی، تهیه نمونه متالوگرافی^۱، انواع محلول‌های اچ^۲ و روش آماده کردن آنها، روش کار با میکروسکوپ‌های متالوگرافی، تشخیص فازهای موجود در ساختار قطعات ریختگی به‌ویژه در فولادها و چدن‌ها آشنا می‌شویم.

فلزات و آلیاژهای مختلف دارای خواص متفاوتی هستند، که این خواص ناشی از تغییرات شکل، اندازه و ترکیب فازهایی است که مجموعه آنها ساختار قطعات ریختگی را تشکیل می‌دهند. به‌طور کلی در صنایع، تنها ترکیب شیمیایی و نسبت‌های ترکیبی ملاک نبوده و توزیع عناصر تشکیل‌دهنده نیز نقش مهمی در درشت یا ریز شدن ساختار قطعات تولیدی و در نتیجه خواص آنها دارند، به‌طوری که امروزه بدون بررسی ساختار درونی مواد، پیشرفت صنایع قابل تصور نیست. براین اساس آشنایی با انواع روش‌های

استاندارد عملکرد

متالوگرافی نمونه با استفاده از ابزارآلات و تجهیزات مربوطه براساس دستورالعمل‌ها و استانداردهای مرتبط.

پیش‌نیاز

آشنایی با فرایندهای قالب‌گیری و ذوب فلزات و آلیاژها، ترکیب و درصد وزنی آلیاژها، فرایندهای انجماد فلزات و آلیاژها و مک‌های گازی و انقباضی.

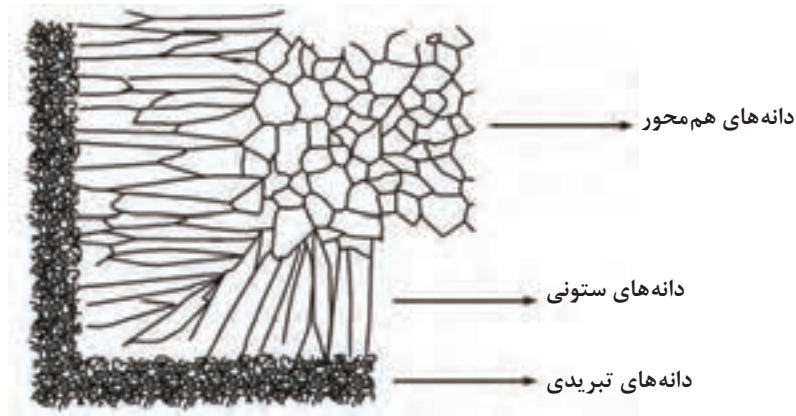
۱- Metallography

۲- Etch

آشنایی با ساختار ریختگی فلزات و آلیاژها

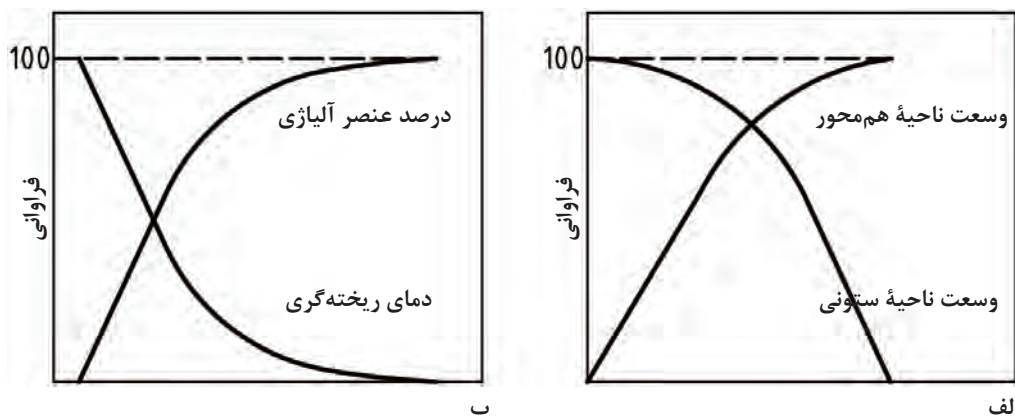
ریزساختار قطعه ریختگی شامل نوع، اندازه دانه و شکل دانه است که تأثیر قابل توجهی بر خواص فیزیکی و مکانیکی قطعات دارند. به همین دلیل بررسی آن در قطعات ریختگی اهمیت فراوانی دارد. به طور کلی فلزات ریختگی دارای سه ناحیه متمایز با ساختار دانه‌ای متفاوت می‌باشند که از سطح به مرکز قطعه عبارت‌اند از:

- ناحیه سریع سرد شده که در ناحیه تماس قطعه با جداره قالب ایجاد شده و به دلیل سرعت انجماد بالا دارای دانه‌های ریز می‌باشد.
 - ناحیه ستونی که در نواحی میانی قطعه ایجاد شده و دانه‌ها در خلاف جهت انتقال حرارت رشد کرده‌اند.
 - ناحیه دانه‌های هم محور مرکزی که در مرکز قطعه بوده و دانه‌ها در آن هم‌محور با جهت گیری نامنظم هستند.
- شکل (۱) انواع دانه‌های تبریدی، ستونی و هم‌محور را برای فلزات خالص به صورت شماتیک نشان می‌دهد.

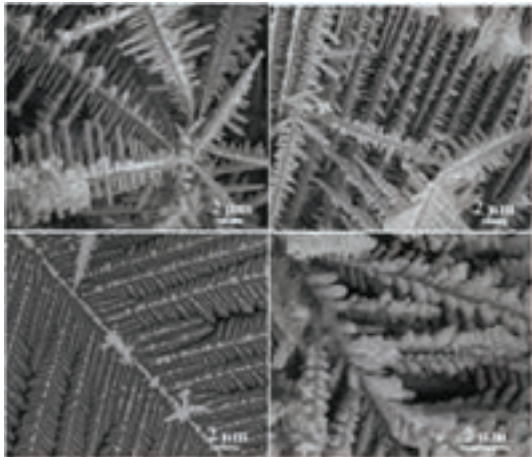


شکل ۱- انواع دانه‌های تبریدی، ستونی و هم محور در فلزات خالص

نسبت بین نواحی مختلف را می‌توان با تغییر درصد عناصر آلیاژی، درجه حرارت ریختن مذاب، سرعت سرد کردن و غیره کنترل نمود. با توجه به شکل (۲) با افزایش درصد عناصر آلیاژی و یا کاهش درجه حرارت ریختن مذاب وسعت ناحیه هم‌محور افزایش و وسعت ناحیه ستونی کاهش می‌یابد.



شکل ۲- تغییر در نواحی هم‌محور مرکزی و ستونی: الف) تغییر درصد عناصر آلیاژی ب) تغییر درجه حرارت ریختن مذاب



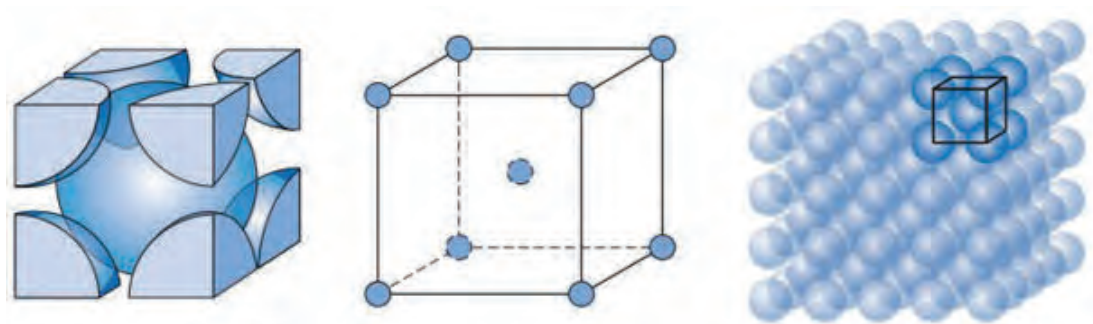
شکل ۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی از ساختار دندریتی آلیاژهایی از قلع

ریز ساختار دیگر قابل مشاهده در قطعات ریختگی آلیاژی، ساختار شاخه‌ای (دندریتی) است که در آلیاژهایی با دامنه انجماد بالا، شیب دمایی کم و سرعت‌های رشد بالا در فصل مشترک مذاب - جامد به وجود می‌آید و باعث عیب تغییر ترکیب شیمیایی از سطح به مرکز قطعه شده که با عملیات حرارتی آنیل در دمای بالا قابل رفع شدن است. شکل (۳) تصاویر میکروسکوپ الکترونی از ساختار دندریتی انواعی از آلیاژهای قلع را نشان می‌دهد.

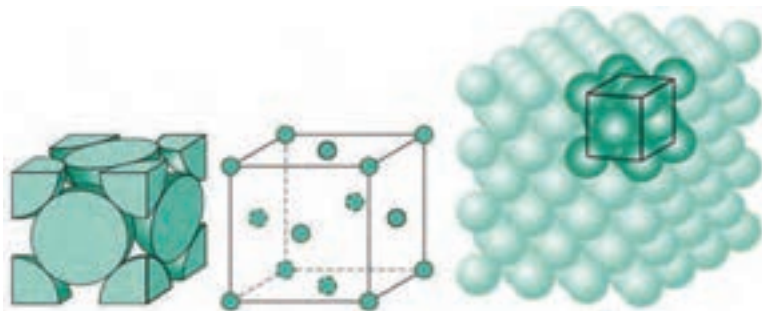
ساختارهای کریستالی

با مختصات معین در دمای محیط یک کریستال (دانه) به وجود می‌آید. در کریستال‌شناسی ۱۴ نوع شبکه واحد وجود دارد که به هفت سیستم تقسیم‌بندی شده و مهم‌ترین آنها که مربوط به فلزات نیز است عبارت‌اند از ساختار مکعبی با اتم در مرکز (Body-Centered Cubic)، ساختار مکعبی با وجوه مرکزدار (Face-Centered Cubic) و شبکه هشت‌وجهی هگزاگونال (Hexagonal Close - Packed)، در شکل‌های (۴ تا ۶) این ساختار بلوری نشان داده شده است.

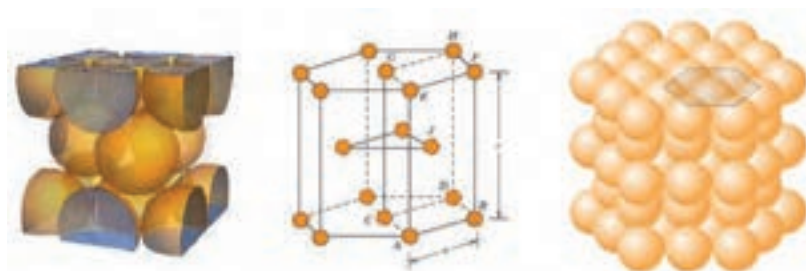
در مواد جامد کریستالی اتم‌ها هنگام انجماد با نظم و ترتیب و شکل هندسی خاصی قرار می‌گیرند، به طوری که یک ساختار شبکه‌ای فضایی را به وجود می‌آورند که در همه جهت‌ها تا سطح خارجی کریستال (دانه) تکرار می‌شوند. کوچک‌ترین واحد از این شبکه فضایی را شبکه واحد یا سلول واحد می‌نامند. این سلول واحد که چگونگی قرار گرفتن اتم‌ها یا یون‌ها را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد می‌تواند از چند اتم تشکیل شده باشد و با تکرار سلول‌های واحد در یک شبکه فضایی



شکل ۴- ساختار مکعبی با اتم در مرکز (BCC) مربوط به فلزاتی مانند آهن، کرم، مولیبدن، وانادیم و غیره



شکل ۵- ساختار مکعبی با وجوه مرکزدار (FCC) مربوط به فلزاتی مانند آلومینیوم، مس، سرب، طلا، نیکل و غیره



شکل ۶- ساختار شش وجهی هگزاگونال (HCP) مربوط به فلزاتی مانند روی، برلییم، زیرکونیم، کبالت و غیره

انواع روش‌های بررسی ساختمان داخلی فلزات و آلیاژها

امروزه روش‌ها و ابزارهای متعددی به منظور تجزیه و تحلیل ساختمان داخلی فلزات و آلیاژها وجود دارند که هر کدام با توجه به نیاز صنایع و کارایی آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند. مهم‌ترین و پرکاربردترین این روش‌ها شامل موارد زیر هستند.



شکل ۷- نمونه‌ای از میکروسکوپ نوری مورد استفاده در متالوگرافی

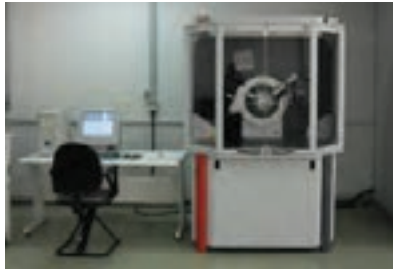
میکروسکوپ نوری متالوگرافی: با استفاده از آن می‌توان مک و حفره‌های ریز، شکل و اندازه دانه‌ها و فازهای موجود در فلزات و آلیاژها را تشخیص داد و شناسایی کرد که در این درس بیشتر به این مورد پرداخته خواهد شد (شکل ۷).



شکل ۸- میکروسکوپ‌های الکترونی با قدرت بزرگ‌نمایی بالا جهت بررسی ساختار درونی فلزات و آلیاژها

میکروسکوپ‌های الکترونی: این میکروسکوپ‌ها دقت و کارایی بیشتری نسبت به سایر میکروسکوپ‌ها دارند. با استفاده از این میکروسکوپ‌ها می‌توان ساختار فلزات را با دقت بیشتری نسبت به میکروسکوپ‌های نوری بررسی کرد. این میکروسکوپ‌ها در دو نوع عبوری و روبشی ساخته می‌شوند (شکل ۸).

آنالیز توسط اشعه X: با استفاده از این دستگاه می‌توان ساختار شبکه‌ای فلزات را مطالعه کرد (شکل ۹).



شکل ۹- دستگاه آنالیز اشعه X جهت بررسی ساختار شبکه‌ای فلزات

سایر تکنیک‌ها شامل بازرسی فراصوتی (برای تعیین محل عیوبی از قبیل حفره‌های انقباضی، ترک‌های داخلی، حفره‌های داخلی و ناخالصی‌های غیرفلزی بزرگ) و آنالیز تصویری.

در گروه‌های ۳ نفره نوع دستگاه‌های موجود در آزمایشگاه متالوگرافی هنرستان خود را تعیین کرده با جست‌وجو در منابع معتبر ویژگی آنها را بنویسید.

تحقیق



متالوگرافی و انواع روش‌های آن

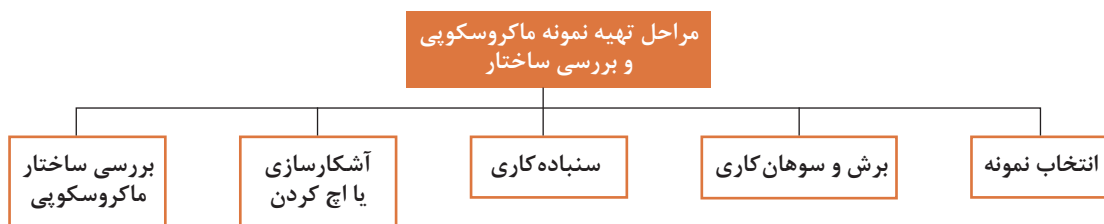
متالوگرافی به حدود ۲۰۰ سال پیش (۱۸۰۰ میلادی) برمی‌گردد که دانشمندان مطالعه فلزات را در زیر میکروسکوپ آغاز کردند و توانستند ارتباط بین اندازه دانه‌ها و سختی فلزات را بیابند، ارتباط بین ساختمان میکروسکوپی فولادهای سخت شده و خواص آنها پی‌ببرند. بنا به تعریف، متالوگرافی شاخه‌ای از علم مواد است که ساختار داخلی فلزات و آلیاژها و عیوب داخلی قطعات مثل ترک یا ناخالصی را مورد مطالعه قرار می‌دهد. با توجه به اینکه نوع ساختار درونی در خواص فیزیکی و مکانیکی فلزات و آلیاژها تأثیر زیادی دارد، بنابراین با آگاهی از علم متالوگرافی می‌توان خواص مواد را در جهت مورد نظر تغییر داد. جهت بررسی و مطالعه ساختار داخلی فلزات و آلیاژها از دو روش ماکروسکوپی^۱ و میکروسکوپی^۲ استفاده می‌شود.

مطالعه ماکروسکوپی ساختار فلزات: مطالعه ماکروسکوپی برای پی‌بردن به شکل انجماد (همه جانبه یا جهت‌دار)، اندازه دانه‌ها، وجود حفره‌های انقباضی، گازی و ترک‌ها به کار می‌رود. مشاهده در این روش معمولاً با چشم غیر مسلح و یا با عدسی‌هایی با بزرگ‌نمایی حداکثر ۲۰ برابر انجام می‌شود. این امر موجب می‌شود تا یک مطالعه اجمالی بر روی سطح وسیعی از نمونه مورد آزمایش انجام پذیرد و اغلب نیز اطلاعات اولیه‌ای راجع به کیفیت قطعه، یک پارچگی فلز و ساختار آن، انجماد و کیفیت عملیات نهایی (ریخته‌گری، کار مکانیکی، جوشکاری) به دست می‌آید.

کاربردهای عمده ماکروسکوپی فلزات و آلیاژها

- ۱ مشاهده شکاف‌ها و حفره‌های به‌وجود آمده در اثر شرایط نامناسب ذوب، ریخته‌گری و انجماد.
- ۲ تعیین و تشخیص حفره‌های گازی و انقباضی در قطعات از یکدیگر.
- ۳ مشاهده شکل و اندازه دانه‌ها و تشخیص نوع انجماد.
- ۴ مشخص کردن ترک‌های به‌وجود آمده در قطعات آهن‌گری و نورد شده در هنگام کار مکانیکی یا عملیات حرارتی.
- ۵ تعیین مک‌های گازی ناشی از جوشکاری که در محل جوش به‌وجود می‌آید.

مراحل آماده کردن نمونه برای مطالعه ماکروسکوپی



۱- macroscopic

۲- microscopic



شکل ۱۰- نمونهٔ میکروسکوپی از فلز خالص آلومینیوم

الف) انتخاب نمونه: بخشی از قطعه که نشان‌دهنده و نمایندهٔ کل حجم قطعه است باید برای آزمایش انتخاب شود. اندازهٔ نمونه‌های میکروسکوپی معمولاً بزرگ بوده (۲ تا ۱۰ سانتی‌متر) و در بعضی مواقع حتی مقطعی از قطعات یا شمش‌ها را در اندازهٔ واقعی می‌توان برای آزمایش میکروسکوپی انتخاب کرد (شکل ۱۰).



شکل ۱۱- کاتر مخصوص برای برش نمونه‌ها

ب) برش و سوهان‌کاری: متداول‌ترین روش برای برش نمونه‌ها استفاده از اره‌دستی و یا کاتر (صفحهٔ برنده از جنس اکسید آلومینیوم و یا سیلیسیم کاربرد) همراه با مایع خنک‌کننده (آب) است و جهت صاف کردن مقطع برش آن را ابتدا سوهان درشت و سپس با سوهان ریز پرداخت و گونبایی می‌کنند. در صورت امکان بعد از برش به جای سوهان کاری بهتر است با ماشین‌های براده‌برداری مانند ماشین تراش مقطع برش خورده صاف و گونبایی شود. لازم به ذکر است در جریان برش و سوهان کاری باید دقت شود که نمونه بیش از حد گرم نشود (شکل ۱۱).



شکل ۱۲- صفحه‌های صاف سنبناده کاری نمونه‌های متالوگرافی

ج) سنبناده کاری: عملیات سنبناده کاری معمولاً بر روی صفحات سنبناده انجام می‌شود. این دستگاه دارای چند صفحهٔ صاف و تخت که دارای شیب مشخص است (شکل ۱۲). در هنگام سنبناده زنی بر روی سنبناده‌ها آب ریخته می‌شود تا از افزایش حرارت قطعه جلوگیری و براده‌های ایجاد شده، شسته شوند. سنبناده‌ها دارای زبری مشخصی هستند و عدد زبری روی آن نوشته شده است. این اعداد به ترتیب شامل ۸۰-۱۲۰-۲۲۰-۳۲۰-۴۰۰-۵۰۰-۶۰۰-۸۰۰-۱۰۰۰-۱۲۰۰-۱۵۰۰ بوده که هرچه عدد بزرگ‌تر باشد نشان‌دهندهٔ نرم‌تر بودن سنبناده است. نمونه باید با فشار متوسط دست از بالا به طرف پایین حرکت داده شود. هنگامی که نمونه از یک کاغذ سنبناده به کاغذ سنبناده ظریف‌تر منتقل می‌شود، سطح نمونه به حدی ساییده می‌شود که خراش‌هایی با اندازهٔ جدید قابل رویت شده و خراش‌های سنبناده قبلی از بین بروند. در جابه‌جایی به سنبنادهٔ ظریف‌تر، نمونه ۹۰° چرخانده شده و فشار دست نیز کاهش می‌یابد. سنبناده کاری را می‌توان با استفاده از سنبناده دوار برقی نیز انجام داد. این دستگاه دارای یک صفحهٔ دوار است که روی آن سنبناده گرد چسبیده و توسط الکتروموتور به چرخش در می‌آید و در هنگام سنبناده کاری آب توسط افشانک‌های قابل تنظیم به محل تماس قطعه و صفحه سنبناده پاشیده می‌شود.

د) آشکارسازی یا اچ کردن (حکاکي): پس از آماده‌سازی نمونه برای آشکار کردن ساختار آن، نمونه را اچ می‌کنند. اچ کردن عبارت است از ایجاد خوردگی ضعیف توسط مواد خورنده در سطح نمونه. مواد اچ و روش اچ کردن برای فلزات و آلیاژهای مختلف متفاوت است. در جدول ۱ انواع محلول‌های اچ و کاربردشان آمده است. فلزات خالص و آلیاژهای تک فاز که در ساختار خود ترکیب شیمیایی یکنواختی دارند و همگن هستند، به هنگام اچ کردن مرزدانه‌ها تحت خوردگی قرار می‌گیرند، زیرا به دلیل موقعیت نامنظم اتم‌ها، انرژی بالاتری نسبت به خود دانه دارند. خوردگی مرزدانه‌ها سبب می‌شود که شکل دانه‌ها به روشنی نمایان شود و دانه‌ها در آزمایش ماکروسکوپی و میکروسکوپی از هم تشخیص داده شوند. پس از اچ کردن معمولاً نمونه‌ها را با الکل یا آب شسته و خشک می‌کنند.

جدول ۱- انواع محلول‌های اچ ماکروسکوپی فلزات و آلیاژهای مختلف پر کاربرد

کاربرد	ترکیب	محلول اچ	فلز و آلیاژ
سگرگاسیون (جدایش) تخلخل، ترک‌ها عمق منطقه سخت	۵۰ میلی لیتر کلریدریک اسید ۵۰ میلی لیتر آب مقطر	کلریدریک اسید	فولاد و چدن
عمق سختی کربوره شده کربن گیری شده ساختمان جوش، منطقه‌ای از جوش	۵ میلی لیتر نیتریک اسید ۹۵ میلی لیتر الکل اتیلیک	نایتال	
اندازه دانه‌ها، تخلخل، انیلکوژن	۱۰ تا ۳۵ درصد نیتریک اسید بقیه آب مقطر	نیتریک اسید	مس و آلیاژهای آن
خورنده عالی برای آلیاژهای یاتاقان و مس	۱۰ میلی لیتر HF ۱۵ میلی لیتر HCl ۲۵ میلی لیتر نیتریک اسید ۵۰ میلی لیتر آب مقطر	سدیم هیدروکسید	
می تواند برای ظاهر کردن ماکروسکوپی به کار رود	۱۵۰ گرم سود ۹۰ میلی لیتر آب گرم	سدیم هیدروکسید	
آزمایش ماکروسکوپی آلیاژهای آلومینیوم، ۱۰ تا ۲۰ ثانیه غوطه‌ور کنید و در آب گرم بشوید و سپس در نیتریک اسید غلیظ فرو ببرید.	۱۰ میلی لیتر HF ۱۰ میلی لیتر HCl ۹۰ میلی لیتر آب مقطر	اچ فلیک	آلومینیوم و آلیاژهای آن

ه) بررسی ساختار ماکروسکوپی: پس از انجام عملیات اچ کردن ساختار نمونه با چشم غیر مسلح و یا در صورت نیاز با یک عدسی ساده مورد بررسی قرار گرفته و تصویر از آن تهیه می‌گردد.



نکات ایمنی در تهیه و استفاده از مواد اچ:

- قبل از کار با انواع اسیدها لازم است جهت جلوگیری از تماس احتمالی آن با پوست دست از دستکش‌های پلاستیکی استفاده شود.
- چون هنگام مخلوط کردن اسیدها و حلال‌ها با یکدیگر و همچنین فرو بردن نمونه‌ها جهت عملیات اچ کردن در اثر واکنش‌های شیمیایی گازهایی متصاعد می‌شود، لازم است این عمل در زیر هود انجام شده و هم‌زمان از ماسک استفاده شود.
- در تهیه مواد اچ برای آلیاژهای آلومینیوم که از فلوریدریک اسید (HF) استفاده می‌شود، از به کار بردن ظرف‌های شیشه‌ای جداً خودداری کرده و به جای آن از ظروف پلاستیکی استفاده شود، چون این اسید باعث خوردگی شیشه‌ها می‌شود.
- جهت فرو بردن نمونه در محلول اچ از انبرهای آزمایشگاهی استفاده شود.
- نمونه‌ها بعد از اچ با الکل شسته و خشک شود.
- در هنگام رقیق کردن اسیدها با آب و یا مخلوط کردن اسیدها با یکدیگر نکات ایمنی حتماً رعایت شود.

روش حفظ و نگهداری از مواد اچ:

- جهت نگهداری اسیدها از ظروف شیشه‌ای تیره رنگ و در محل‌هایی که دور از نور خورشید باشد، استفاده شود.
- بر روی ظروف نگهداری اسیدها و حلال‌ها، نام، میزان غلظت، تاریخ تولید، تاریخ انقضا و علائم هشداردهنده برچسب گردد.
- همواره مقدار لازم از مواد اچ تهیه شده و در ظرف کوچک مانند شیشه ساعت ریخته شود، چون مواد اچ به مرور زمان خاصیت خود را از دست می‌دهند.



بررسی ساختار آلومینیوم ریختگی در قالب فلزی و ماسه ای

نمونه‌هایی از فلز آلومینیوم که در قالب فلزی و ماسه‌ای ریخته‌گری شده‌اند را تهیه کرده قبل و بعد از اچ به صورت میکروسکوپی مورد بررسی قرار دهید.

وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

کوره ذوب فلزات، قالب استوانه‌ای فولادی، تجهیزات قالب‌گیری ماسه‌ای، وسایل ذوب و ایمنی، اره یا دستگاه کاتر، صفحه سنباده و سنباده‌های ۱۲۰ تا ۱۵۰۰، محلول اچ مناسب، دستگاه خشک کردن نمونه و وسایل ایمنی آزمایشگاهی

مراحل انجام کار:

۱ قالب استوانه‌ای توخالی از جنس فولاد و همچنین از جنس ماسه ریخته‌گری با قطر داخلی حدود

۳-۴ سانتی‌متر و به ارتفاع ۱۰-۸ سانتی‌متر تهیه کنید.

۲-۱۰ کیلوگرم مذاب آلومینیوم با استفاده از یک کوره مناسب تهیه و سرباره‌گیری و گاززدایی کنید.
۳- قالب‌ها را پیش‌گرم کرده و مذاب را با فوق ذوب یکسان به درون محفظه قالب بریزید (۲ تا ۳ نمونه ریخته‌گری کنید).

۴- بعد از انجماد کامل و قبل از سرد شدن، نمونه قالب فلزی را با استفاده از انبر مناسب از قالب خارج کنید (در صورت سرد شدن قالب، خارج کردن نمونه مشکل خواهد شد) و نمونه قالب ماسه‌ای را بعد از انجماد و سرد شدن کامل تخلیه کنید.

۵- نمونه‌های استوانه‌ای ریخته شده را به صورت مقطعی و طولی با دقت برش داده و سوهان کاری کنید.

۶- مراحل سنباده کاری از سنباده ۱۲۰ تا ۱۵۰۰ را به دقت انجام دهید.

۷- نمونه‌ها را با استفاده از محلول‌های اچ جدول (۱)، اچ کرده و مورد بررسی چشمی قرار دهید.

نکته ایمنی



۱- در هنگام تهیه مذاب، سرباره‌گیری، گاززدایی و ریخته‌گری از کلاه ایمنی، ماسک تنفسی، لباس نسوز مناسب، کفش ایمنی، دستکش نسوز و تجهیزات ذوب و ریخته‌گری مناسب استفاده شود.

۲- جهت ذوب فلزات می‌توان از کوره الکتریکی مقاومتی به جای کوره‌های با سوخت فسیلی استفاده کرد.
۳- قبل از مذاب‌ریزی قالب‌ها را پیش‌گرم کنید.

۴- از سرریز شدن قالب‌ها در حین مذاب‌ریزی اجتناب شود.

۵- قبل از انجماد از خارج کردن نمونه‌های ریخته شده از قالب خودداری شود.

۶- هنگام خارج کردن نمونه‌ها از دستکش نسوز و انبرهای مناسب استفاده شود.

۷- هنگام برش دادن نمونه با اره یا هر دستگاه کاتر، سوهان کاری و سنباده کاری نکات ایمنی رعایت شود.

۸- در هنگام استفاده از محلول‌های اچ، نکات ایمنی ارائه شده رعایت شود.

نکته زیست محیطی



محلول اچ مصرف شده و باقی مانده به روش مناسبی دور ریخته شود.

بحث گروهی



پس از انجام فعالیت به پرسش‌های زیر پاسخ داده و درباره نتایج با سایر گروه‌ها بحث و تبادل نظر کنید. سپس از روند کار گزارشی را تهیه و به هنرآموز خود تحویل دهید

۱	چه تفاوت‌هایی بین نمونه‌های اچ شده و اچ نشده در هر دو نمونه قالب فلزی و ماسه‌ای وجود دارد؟
۲	نمونه‌های ریخته شده در قالب فلزی و ماسه‌ای را در حالت بدون اچ از نظر وجود میانگین درصد حفره‌های موجود با یکدیگر مقایسه کنید.
۳	نمونه‌های ریخته شده در قالب فلزی و ماسه‌ای را در حالت اچ شده از نظر نوع، شکل و اندازه دانه‌های قابل مشاهده با یکدیگر مقایسه نموده و به صورت شماتیک ترسیم نمایید.

مطالعه میکروسکوپی ساختار فلزات و آلیاژها

مطالعه ساختار فلزات و آلیاژها به روش میکروسکوپی به منظور پی بردن به شکل، نوع و اندازه دانه‌ها و فازها و همچنین نحوه پخش فازها در ساختار صورت می‌گیرد. در بررسی میکروسکوپی معمولاً از میکروسکوپ‌هایی با بزرگ‌نمایی ۵۰ تا ۱۵۰۰ برابر استفاده می‌شود.

- ۱ کاربردهای عمده مطالعه میکروسکوپی فلزات و آلیاژها
- ۲ بررسی و شناسایی مک‌های گازی، انقباضی و ناخالصی‌ها
- ۳ تعیین و تشخیص انواع فازهای تعادلی و غیر تعادلی موجود در آلیاژها
- ۴ تعیین روش تولید و عملیات انجام شده بر روی فلزات و آلیاژها
- ۵ متالوگرافی کمی

مراحل تهیه نمونه برای مطالعه میکروسکوپی



الف) انتخاب نمونه: روش تهیه نمونه متالوگرافی میکروسکوپی شبیه نمونه متالوگرافی ماکروسکوپی است با این تفاوت که اندازه آنها معمولاً $1 \times 1 \times 1/5$ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. برای جدا کردن نمونه‌ها با توجه به نوع آن از اهرهای دستی برای فلزات نرم مانند آلومینیوم، ضربات چکش برای فلزات و آلیاژهای سخت مانند چدن‌ها و از کاتر برای انواع فولادها استفاده می‌شود. در انتخاب نمونه متالوگرافی میکروسکوپی باید دقت شود تا نمونه تمام مشخصات قطعه اصلی را داشته باشد. مثلاً برای یک ورق نورد شده که در قسمت‌های مختلف دارای خواص متفاوت است باید از چند قسمت مختلف نمونه‌برداری انجام شود. و همچنین در بررسی عیوب متالورژیکی در ریخته‌گری، نمونه باید از محل عیب انتخاب شود.

پس از برش نمونه، لبه‌های نمونه با استفاده از سوهان یا سنگ سنباده پخ داده شود تا هنگام کار با سنباده سبب آسیب به دست یا پاره شدن کاغذ سنباده نشود.

نکته



ب) مانت کردن نمونه: برای آنکه بتوان نمونه‌های کوچک و با شکل‌های مختلف را به راحتی در دست گرفته و عملیات بعدی را روی آنها انجام داد، قالبی تهیه شده و نمونه را در داخل قالب قرارداده و با پر کردن فضای‌های خالی از رزین نمونه را تثبیت می‌کنند، که این عمل را مانت کردن می‌گویند. مانت کردن به روش سرد و گرم انجام می‌شود، در مانت سرد رزین‌هایی که استفاده می‌شوند ابتدا مایع هستند و پس از مدت اندکی سخت شده، به جامد تبدیل می‌گردند. به صورتی که ابتدا قطعه در داخل



شکل ۱۳- دستگاه مانت گرم و نمونه‌های مانت شده

قالب، روی صفحه صافی گذاشته شده و از بالا رزین روی آن ریخته می‌شود، پس از مدتی نمونه آماده است. و در مانت گرم از دستگاهی استفاده می‌شود که هم‌زمان می‌تواند فشار و گرما تولید کند (شکل ۱۳). نمونه به همراه پودری پلیمری داخل دستگاه قرار می‌گیرد و با ایجاد فشار و افزایش دما پودر مایع شده دور قطعه را می‌گیرد و با فشار ایجاد شده محکم می‌شود. تماس خوب و دقیق نمونه و پلیمر و ایجاد قالبی صاف و بدون تخلخل از ویژگی‌های مانت گرم است.

ج) سنبناده کاری: در این مرحله نمونه‌ها به ترتیب توسط انواع سنبناده‌های ریز تا درشت (از شماره ۱۲۰ تا ۲۴۰۰) به دقت و ظرافت تمام، سنبناده کاری شده و آماده مرحله بعدی می‌شوند. سنبناده کاری بر روی صفحات فلزی صاف به صورت دستی و یا صفحات فلزی گرد به وسیله دستگاه صفحه سنبناده انجام می‌شود. در هر یک از مراحل سایش، نمونه به شکلی حرکت داده می‌شود که خراش‌ها فقط در یک جهت ایجاد شود و در سایش بعدی، جهت آن عوض می‌شود (شکل ۱۴).



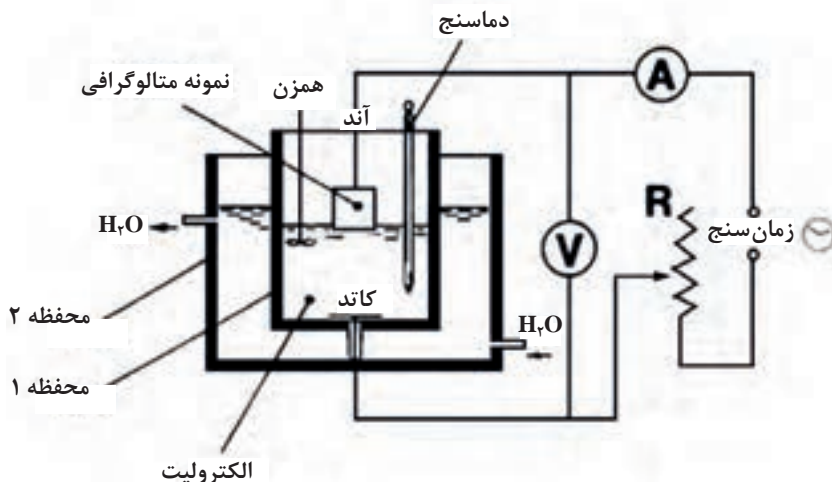
شکل ۱۴- انواع کاغذهای سنبناده و مواد مانت سرد و گرم مورد استفاده در متالوگرافی



شکل ۱۵- دستگاه پولیش یک صفحه‌ای

د) صیقل کاری یا پولیش کردن: حساس‌ترین و مهم‌ترین مرحله آماده‌سازی برای آزمایش متالوگرافی، پولیش کردن است. در این مرحله خراش‌های حاصل از سنبناده‌زنی از بین رفته و سطحی کاملاً صاف و آینه‌ای به وجود می‌آید به طوری که ساختمان واقعی فلز در معرض اچ قرار می‌گیرد. عمل پولیش کردن به دو صورت مکانیکی و الکتروپولیش قابل انجام است. در روش مکانیکی، پولیش کردن بر روی پارچه‌های مناسب که مواد ساینده‌ای نظیر آلومینا، منیزیم اکسید، پودر الماسه یا سیلیسیم کاربید به آن اضافه شده، انجام می‌شود. پولیش کاری به وسیله دست و یا با استفاده از دستگاه پولیش همراه با مایع خنک کننده (آب) انجام می‌شود. کیفیت سطح پولیش شده نمونه به عواملی مانند نوع پارچه، نوع پودر، سرعت پولیش کاری، زمان پولیش کاری، فشار قطعه بر روی صفحه پولیش و روش پولیش کاری بستگی دارد. (شکل ۱۵)

در روش الکتروپولیش از جریان الکتریسیته و محلول‌های الکترولیت استفاده می‌شود. به این صورت که برجستگی‌هایی که بر روی سطح قطعه وجود دارند به وسیله جریان الکتریسیته همراه با محلول الکترولیت خورده می‌شود. عواملی مانند شدت جریان الکتریسیته، ولتاژ، زمان، درجه حرارت محلول الکترولیت و نوع محلول بر روی پولیش کردن مؤثرند (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- طرح‌واره‌ای از دستگاه الکتروپولیش

مزایای الکتروپولیش در مقایسه با پولیش مکانیکی

- تسریع در پولیش نمونه‌ها
- یکنواختی و صافی سطوح
- امکان استفاده از انواع نمونه‌ها

ه) **حک کاری یا اچ کردن:** در مورد اکثر فلزات و آلیاژها پس از پولیش کردن در زیر میکروسکوپ نوری متالورژی تصویری مشاهده نمی‌شود. چون زاویه تابش نور با زاویه بازتابش برابر است تصویری تشکیل نخواهد شد. به وسیله مواد خورنده فلزات، نظیر اسیدها با غلظت‌های مختلف (محلول اچ) خوردگی روی سطح فلزات ایجاد می‌کنند، این خوردگی ضعیف باعث شکست نور شده و در نتیجه تصویر پدید می‌آید. برای اچ کردن معمولاً از مواد خاصی با درصد معینی استفاده می‌شود این مواد در جدول ۲ آمده است. زمان اچ کردن به عواملی مانند غلظت مواد شیمیایی، درصد عناصر آلیاژ نمونه، دمای قطعه کار و محلول بستگی دارد.

جدول ۲- انواع محلول‌های اچ میکروسکوپی فلزات و آلیاژهای مختلف پر کاربرد

کاربرد	ترکیب	محلول اچ	فلزها
فولادها و چدن‌ها پرلیت را تیره می‌کند و مرز دانه‌ها را نشان می‌دهد.	۵ درصد نیتریک اسید ۹۵ تا ۹۹ درصد متیل الکل	نایتال	فولاد و چدن
در فولادها و چدن‌ها پرلیت را تیره و مرز دانه‌ها را نشان می‌دهد. در فولادهای عملیات حرارتی شده نیز کاربرد دارد.	۴ گرم پیکریک اسید ۱۰۰ میلی گرم متیل الکل	پیکرال	
برای نشان دادن سمانتیت در فولادها و چدن‌ها، زمان ۱۰ تا ۶۰ دقیقه	۵ گرم $FeCl_3$ ۵۰ میلی لیتر HCl ۱۰ میلی لیتر آب	کلورفریک	
محلول اچ برای اکثر آلیاژهای مس	NH_4OH ۰/۵ (وزن مخصوص ۰/۸۸) ۰/۵ آب، ۲۵ درصد H_2O_2 ۳ درصد	آمونیم هیدروکسید و هیدروژن پیروکسید	مس و آلیاژهای آن
مس - برنز - برنج و نقره نیکیلی	محلول رقیق شده کلریدریک اسید Cr_2O_3	کرومیک اسید	
ظاهر کننده عمومی برای آلیاژهای آلومینیوم	۰/۵ میلی لیتر HF ۹۹/۵ میلی لیتر آب	فلوریدریک اسید	آلومینیوم و آلیاژهای آن
محلول اچ میکرو و ماکرو برای آلیاژهای آلومینیوم	۱۵ گرم سود ۹۰ میلی گرم آب	سدیم هیدروکسید	

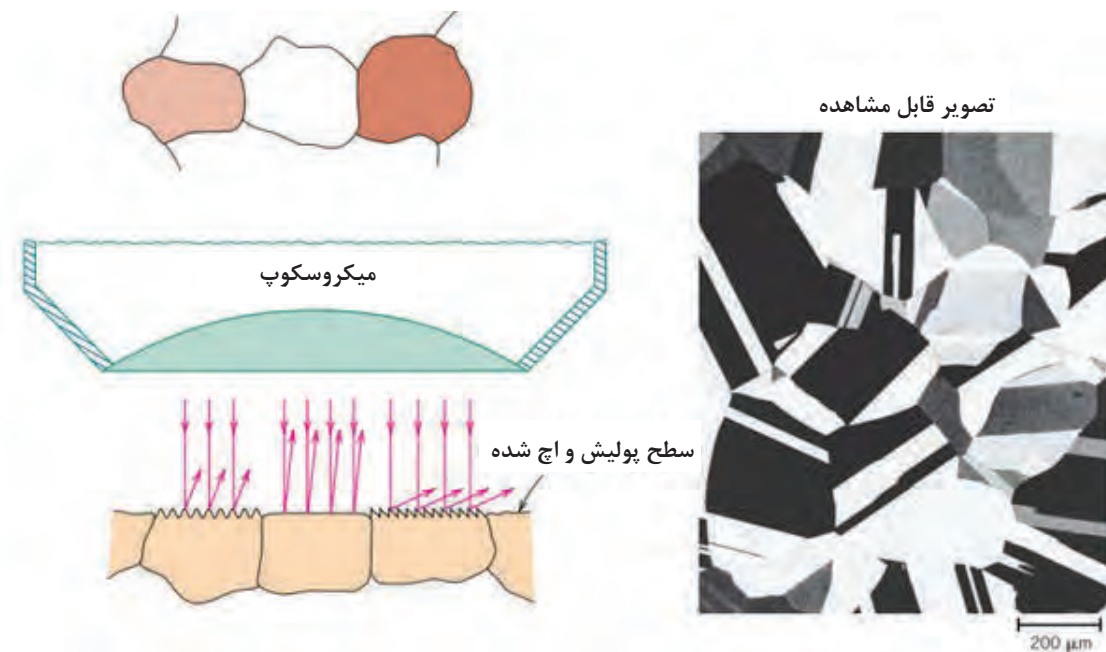


تفاوت‌های عمده بین نمونه ماکروسکوپی و میکروسکوپی در چه مواردی می‌باشد؟

میکروسکوپ‌های نوری متالوگرافی

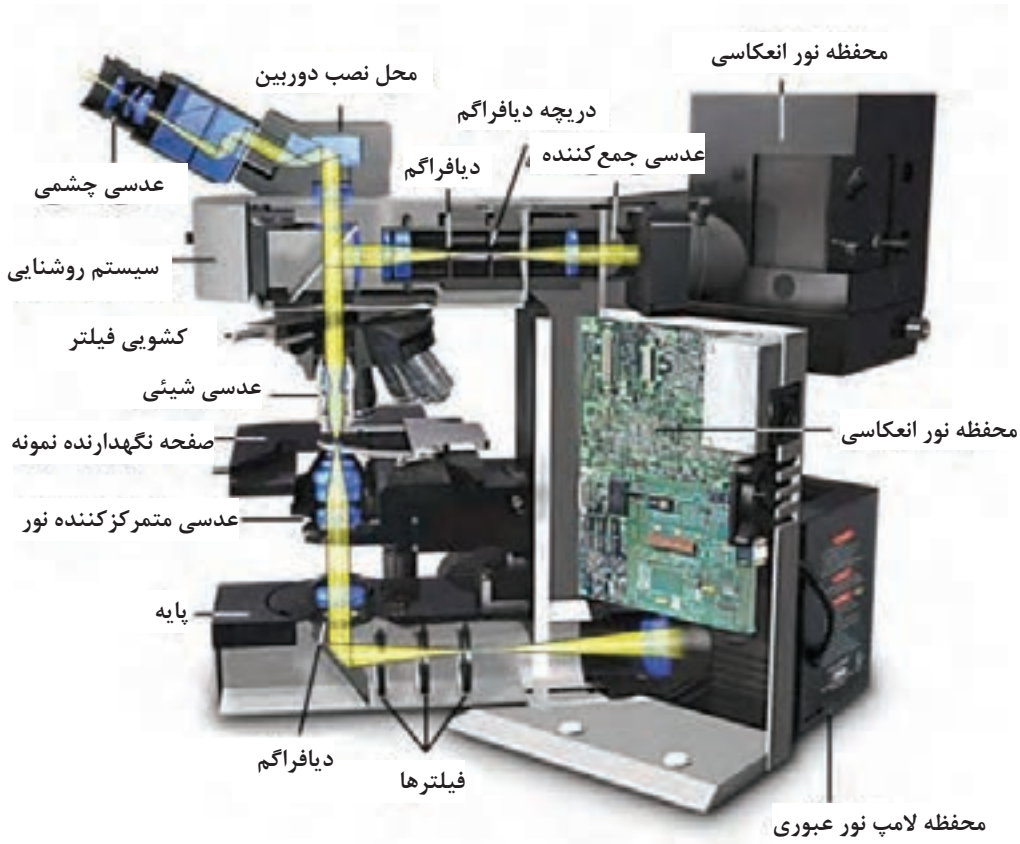
کردن) وجود داشته باشد، شعاع‌های نوری تابیده شده با بازتابش یکسان نخواهد بود، در نتیجه نور تابیده شده از محل فرورفتگی‌ها شکسته شده و در همان نقاط محل‌های تیره برای مشاهده تصویر به وجود می‌آیند. شکل (۱۷) نحوه بازتاب پرتو نور تابش شده به دو دانه مجاور و مرز بین آنها که بر اثر اچ کردن خورده شده است و همچنین تصویر میکروسکوپی ایجاد شده را نشان می‌دهد.

در بررسی‌های متالوگرافی از میکروسکوپ‌های نوری انعکاسی (بازتابی) جهت مشاهده سطح نمونه استفاده می‌شود. این میکروسکوپ‌ها به‌طور کلی شامل عدسی‌های چشمی و عدسی‌های شیئی و یک منبع نوری با شدت بالا هستند. در این میکروسکوپ‌ها نور ایجاد شده به وسیله عدسی‌های جمع‌کننده و توسط یک منعکس‌کننده به سطح نمونه مورد آزمایش تابانده می‌شود. در صورتی که در سطح قطعه فرورفتگی و برجستگی (در اثر اچ



شکل ۱۷- نمایشی از نحوه ایجاد شدن تصاویر در میکروسکوپ‌های متالوگرافی

شکل (۱۸) اجزای مکانیکی و نوری یک میکروسکوپ متالوگرافی را نشان می‌دهد. برای تنظیم کردن میکروسکوپ و گرفتن تصویر، ابتدا به وسیله پیچ تنظیم بزرگ نمونه را به عدسی شیئی نزدیک کرده و سپس با پیچ تنظیم ظریف تر تصویر را ظاهر می‌کنند.

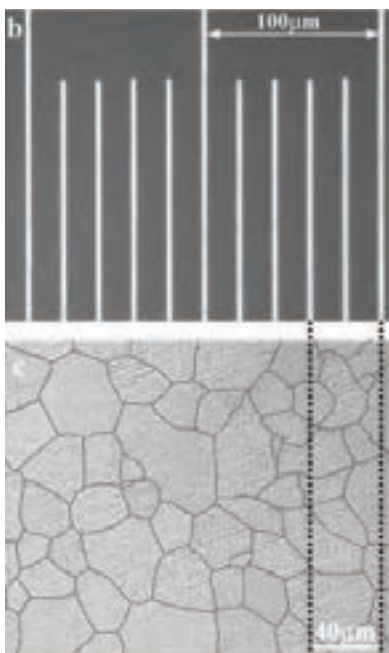
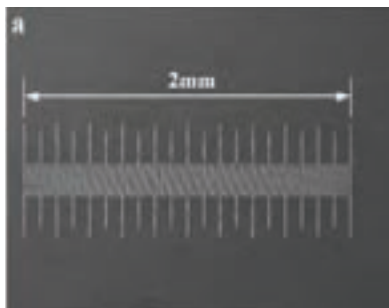


شکل ۱۸- اجزای مختلف میکروسکوپ نوری متالوگرافی

میکروسکوپ‌های نوری متالوگرافی براساس قرار گرفتن نمونه روی میکروسکوپ به دو نوع معکوس و مستقیم تقسیم بندی می‌شوند. در نوع مستقیم نور از قسمت بالا به سطح قطعه تابیده شده و نمونه حتماً باید دارای دو سطح کاملاً موازی باشد و در نوع معکوس نمونه به‌طور معکوس روی میز دستگاه بالای عدسی شیئی قرار می‌گیرد و به موازی بودن دو سطح قطعه مورد آزمایش نیازی نیست. شکل (۱۹) هر دو نوع میکروسکوپ را نشان می‌دهد.



شکل ۱۹- انواع میکروسکوپ نوری متالوگرافی



شکل ۲۰- الف) بزرگ‌نمایی ۵۰ برابر،
 ب) بزرگ‌نمایی ۵۰۰ برابر، تصویر
 میکروسکوپ نوری در بزرگ‌نمایی ۵۰۰ برابر

برای به دست آوردن بزرگ‌نمایی میکروسکوپ معمولاً عدد روی عدسی شیئی، در عدد عدسی چشمی ضرب می‌شود. به عنوان مثال اگر بزرگ‌نمایی عدسی چشمی ۱۰ برابر و عدسی شیئی ۴۰ برابر باشد، بزرگ‌نمایی میکروسکوپ $40 \times 10 = 400$ برابر خواهد بود. به‌طور کلی در تمامی میکروسکوپ‌های نوری متالوگرافی، بزرگ‌نمایی عدسی‌های چشمی ۱۰ تا ۱۵ برابر و عدسی‌های شیئی ۵ تا ۱۰۰ برابر می‌باشد.

جهت تهیه تصاویر میکروسکوپی امروزه از دوربین‌های عکاسی دیجیتال و یا دوربین‌های مدار بسته‌ای که بر روی میکروسکوپ‌ها متصل است، استفاده می‌شود. مانند شکل قسمت (ب) تصاویر تهیه شده توسط میکروسکوپ نوری متالوگرافی باید دارای مقیاس مناسب باشد. برای این منظور می‌توان با کمک خط کش مدرج استاندارد و نرم‌افزارهایی مانند ImageJ و یا Clemex تصاویری در بزرگ‌نمایی متفاوت تهیه و با تصاویر تهیه شده از ریزساختار در بزرگ‌نمایی متناظر مقایسه کرد. برای این منظور می‌توان مقیاس مناسب بر روی تصاویر ایجاد نمود. در شکل (۲۰) تصویری از خط کش مدرج استاندارد در بزرگ‌نمایی ۵۰ تا ۵۰۰ برابر و نحوه استفاده آن نشان داده شده است.

بررسی ساختاری آلیاژ آلومینیوم - سیلیسیم:

نمونه‌هایی از آلیاژ آلومینیوم - سیلیسیم بدون گازدایی و گاززدایی شده در قالب فلزی ریخته‌گری کرده و بعد از آماده‌سازی، پولیش و اچ را در زیر میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی‌های مختلف مورد بررسی قرار دهید.

وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

کوره ذوب فلزات، قالب استوانه‌ای فولادی، وسایل ذوب و ایمنی، اره یا دستگاه کاتر، صفحه سنباده و سنباده‌های ۱۲۰ تا ۲۰۰۰، دستگاه پولیش و محلول اچ مناسب، دستگاه خشک کردن نمونه و وسایل ایمنی آزمایشگاهی



مراحل انجام کار:

- ۱ قالب استوانه‌ای توخالی از جنس فولاد با قطر داخلی حدود ۳-۴ سانتی‌متر و به ارتفاع ۱۰-۸ سانتی‌متر تهیه کنید.
- ۲ مذاب آلیاژ آلومینیوم (۸-۱۰) درصد سیلیسیم با استفاده از یک کوره مناسب تهیه و سرپاره‌گیری کنید.
- ۳ قالب را پیش‌گرم کرده و مذاب را با فوق ذوب مناسب به‌درون محفظه قالب بریزید.
- ۴ مذاب باقی‌مانده پس از گاززدایی، بلافاصله در قالب فلزی دیگر ریخته‌گری شود.
- ۵ بعد از انجماد کامل و قبل از سرد شدن، نمونه‌ها را با استفاده انبر مناسب از قالب فلزی خارج کنید.
- ۶ نمونه‌های استوانه‌ای ریخته شده را در مقطع‌های مختلف با دقت برش داده و سوهان‌کاری کنید.
- ۷ مراحل سنباده‌کاری از سنباده ۱۲۰ تا ۲۰۰۰ به دقت انجام دهید.
- ۸ پولیش نمونه‌ها را با سوسپانسیون Al_2O_3 با اندازه دانه ۰٫۰۵ میکرون (با ترکیب ۵۰ گرم پودر در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) بر روی نمدی از جنس پارچه ماهوتی توسط دستگاه پولیش انجام دهید.
- ۹ نمونه‌ها را با استفاده از محلول‌های اچ جدول ۲، اچ کرده و مورد بررسی میکروسکوپی قرار دهید.
- ۱۰ نتیجه را به صورت گزارش کار به هنرآموز ارائه دهید.

نکات ایمنی



- ۱ نکات ایمنی مطابق با واحد کار ۱ رعایت شود.
- ۲ در هنگام گاززدایی حتماً از ماسک تنفسی استفاده شود.

بحث‌گروهی



چه تفاوت‌ها و شباهت‌هایی بین این نمونه‌ها از نظر وجود مک و حفره‌های گازی در بزرگ‌نمایی‌های برابر وجود دارد؟ پس از بحث و گفت‌وگو پاسخ تحلیلی خود را همراه گزارش کار ارائه کنید.

انواع آلیاژها و نمودارهای فازی

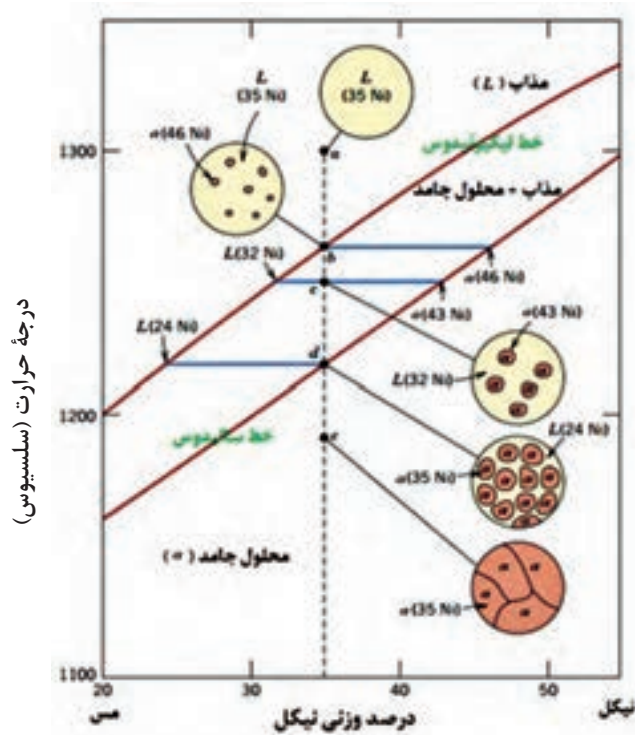
نور و غیره می‌توان فازها را از یکدیگر شناسایی کرد.

یک روش متداول برای تعیین مشخصات مربوط به فازها، استفاده از نمودارهای فازی می‌باشد. نمودارهای فازی در شرایط تعادلی به‌دست می‌آید، بنابراین این نمودارها، ارتباط و مشخصات فازها را در شرایط تعادل (تحت شرایط تعادل با گذشت زمان تغییری در فازها رخ نمی‌دهد) نشان می‌دهند.

ناحیه معینی از حالت فیزیکی یک ماده، که از نظر فیزیکی و شیمیایی همگن بوده و به‌وسیله سطحی مشخص از اجزای دیگر جدا می‌شود را یک فاز می‌نامند. به عبارت دیگر در موقع حرکت از یک نقطه به نقطه دیگر در ناحیه‌ای از ماده، تغییر ناگهانی مشاهده نشود. به‌عنوان مثال وجود هم‌زمان مایع و جامد نشان‌دهنده یک سیستم ناهمگن بوده که از دو فاز تشکیل شده است. با استفاده از تغییرات فیزیکی مانند چگالی، انعکاس

آلیاژهای محلول جامد (solid solution)

اگر دو یا چند عنصر در حالت مذاب و جامد کاملاً محلول بوده و یک فاز تشکیل بدهند، به آن محلول جامد می‌گویند. دو نوع محلول جامد وجود دارد که عبارت‌اند از محلول جامد جانشینی و محلول جامد بین‌نشینی. در محلول جامد جانشینی، اتم‌های فلز حل شده جانشین اتم‌های موجود در شبکه بلوری فلز حلال می‌شوند. مانند آلیاژ دو تایی مس-نیکل، که در این آلیاژ اتم‌های نیکل بدون اینکه شبکه بلوری مس (FCC) به هم بخورد، جانشین اتم‌های مس می‌شوند. در نهایت اتم‌های مس و نیکل به صورت پراکنده در ساختمان بلوری توزیع می‌شوند. از دیگر محلول‌های جامد می‌توان به طلا-نقره، مس-روی تا حدود ۳۵ درصد (برنج) و غیره اشاره کرد. در شکل ۲۱ نمودار فازی مس-۳۵٪ نیکل به همراه فرایند انجماد و تشکیل محلول جامد نشان داده شده است.



شکل ۲۱- نمودار فازی مس-نیکل به همراه فرایند انجماد و تشکیل محلول جامد مس با ۳۵ درصد نیکل

سه نمونه از آلیاژ برنج با درصدهای ۵، ۱۰ و ۱۵ روی / مس در قالب CO_۲ تهیه و زیر میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار داده و تصاویر میکروسکوپی آنها را در بزرگ‌نمایی‌های مختلف با یکدیگر مقایسه کنید.

فعالیت
کارگاهی ۳



وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

قطعه یا نمونه ریخته شده از آلیاژ مورد نظر در قالب CO_۲، اره یا دستگاه کاتر، سوهان با آج درشت و ریز، صفحه سنباده و سنباده‌های ۱۲۰ تا ۲۰۰، دستگاه پولیش و محلول اچ مناسب، دستگاه خشک کردن نمونه و وسایل ایمنی آزمایشگاهی.

مراحل انجام کار:

- ۱ پس از برش کاری، سوهان کاری و سنباده کاری با سنباده‌های مختلف، پولیش نمونه‌ها با سوسپانسیون Al_2O_3 با اندازه دانه ۰/۰۵ میکرون (با ترکیب ۵۰ گرم پودر در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر) بر روی نمدی از جنس پارچه ماهوتی توسط دستگاه پولیش.
- ۲ نمونه‌ها را با استفاده از محلول‌های اچ جدول ۲، اچ کرده و مورد بررسی میکروسکوپی قرار دهید.
- ۳ نتیجه به دست آمده را به صورت گزارش کار به هنرآموز ارائه کنید.

نکات ایمنی مطابق با فعالیت کارگاهی ۱ رعایت شود.
در هنگام افزودن روی به مس مذاب، حتماً از ماسک تنفسی استفاده شود.

نکته ایمنی



بحث گروهی



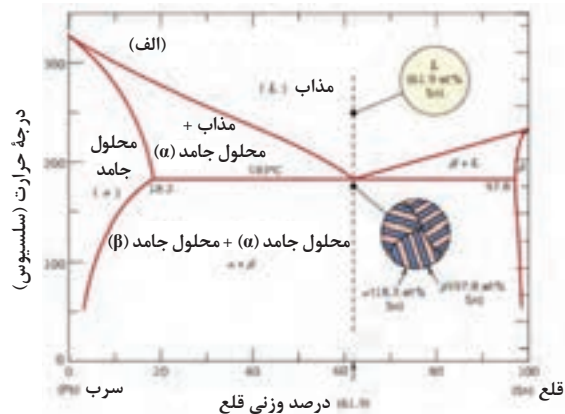
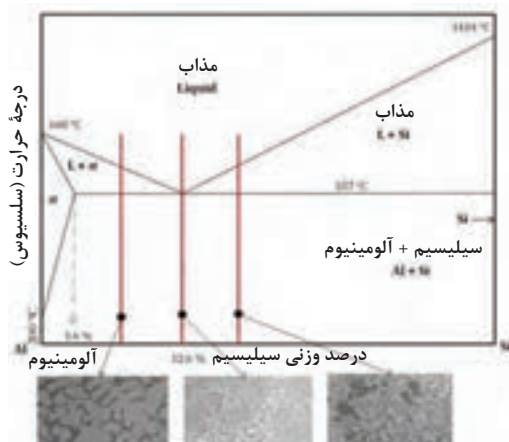
با افزایش درصد روی در برنج ساختار میکروسکوپی آلیاژ چه تغییری می‌کند؟ پس از بحث و گفت‌وگو پاسخ تحلیلی خود را به همراه گزارش کار به هنرآموز ارائه نمایید.

آلیاژهای یوتکتیک (Eutectic Alloys): آلیاژ یوتکتیک، آلیاژی است از دو فلز مختلف، که در حال مذاب با هم محلول بوده و پس از انجماد (در یک دمای ثابت) به دو محلول جامد تبدیل می‌شود.

دگرگونی یوتکتیک



از جمله آلیاژهای دوتایی که دارای تحول یوتکتیک هستند می‌توان به آلیاژهای نقره - مس، قلع - سرب، آهن - کربن، آلومینیوم - سیلیسیم و غیره اشاره کرد. هر کدام از این آلیاژها در صنعت مصارف خاص خود را دارند. به طور مثال آلیاژ نقره - مس جهت وسایل تزئینی، قلع - سرب جهت لحیم کاری، آهن-کربن و آلومینیوم - سیلیسیم در قطعات خودرو به کار می‌روند.
در شکل (۲۲) نمودار فازی سرب - قلع (سمت راست) و آلومینیوم - سیلیسیم (سمت چپ) با دگرگونی یوتکتیک به همراه ساختار متالوگرافی در دمای محیط، نشان داده شده است.



شکل ۲۲- آلیاژهای دوتایی با دگرگونی یوتکتیکی
الف) آلیاژ سرب - قلع ب) آلیاژ آلومینیوم - سیلیسیم

- در اثر دگرگونی یوتکتیکی دو فاز با فاصله کم و دانه‌های بسیار ریز در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند که این امر باعث شده ساختار یوتکتیکی از ساختارهای دو فازی ساده قابل تمایز باشد. به‌طور کلی آلیاژهایی با دگرگونی یوتکتیکی دارای خصوصیات و ویژگی‌های زیر می‌باشند:
- نقطه ذوب آنها از عناصر تشکیل دهنده کمتر است.
 - از نظر شکل ساختاری دارای دو فاز مختلف بوده با توزیع یکنواخت است.
 - در نقطه یوتکتیک انجماد در دمای ثابت صورت می‌گیرد و پایین‌ترین دمای مذاب را دارد.

فعالیت
کارگاهی ۴



بررسی تأثیر نوع قالب‌گیری بر ساختار آلیاژ آلومینیوم سیلیسیم

آلیاژی از آلومینیوم با حدود ۱۳-۱۱ درصد سیلیسیم در قالب فلزی و ماسه‌ای تهیه کرده و در زیر میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی‌های مختلف مورد بررسی قرار دهید.

وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

کوره ذوب فلزات، قالب استوانه‌ای فولادی، تجهیزات قالب‌گیری ماسه‌ای، وسایل ذوب و ایمنی، اره یا دستگاه کاتر، صفحه سنباده، سنباده‌های ۲۰۰۰ تا ۱۲۰، محلول اچ مناسب، دستگاه خشک کردن نمونه و وسایل ایمنی آزمایشگاهی

مراحل انجام کار:

- پس از بریدن و آماده‌سازی نمونه شامل سوهان کاری و سنباده کاری، مراحل زیر را انجام دهید.
- ۱ پولیش نمونه‌ها با سوسپانسیون Al_2O_3 با اندازه دانه ۰/۰۵ میکرون (با ترکیب ۵۰ گرم پودر در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر) بر روی نمدی از جنس پارچه ماهوتی توسط دستگاه پولیش.
 - ۲ نمونه‌ها را با استفاده از محلول‌های اچ جدول ۲، اچ کرده و مورد بررسی میکروسکوپی قرار دهید.
 - ۳ نتیجه را به‌صورت گزارش کار به هنرآموز ارائه کنید.

بحث گروهی



ساختار ریختگی نمونه‌های قالب فلزی و ماسه‌ای از نظر شکل، نوع و اندازه دانه و فازهای موجود چه تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند؟ پس از بحث و گفت‌وگو پاسخ تحلیلی خود را به همراه گزارش کار ارائه کنید.

تحقیق



با افزودن عناصر آلیاژی مانند سیلیسیم به آلومینیوم در خواص مکانیکی چه تغییراتی به وجود می‌آید؟ پس از بررسی دقیق ساختار پاسخ را به همراه گزارش کار تحویل هنرآموز خود دهید.

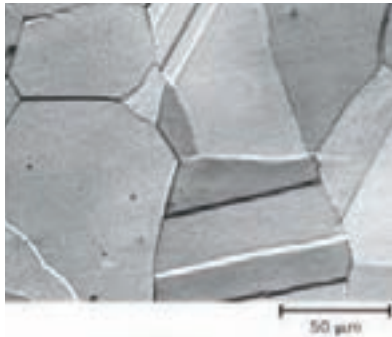
آلیاژهای یوتکتوئیدی: در دگرگونی یوتکتوئیدی یک فاز جامد به دو فاز جامد دیگر در دمای ثابت تبدیل می‌شود. این دگرگونی بیشتر در آلیاژهای آهن - کربن (فولادها و چدن‌ها) مطرح می‌باشد که در ادامه به تفصیل بیان می‌شود.

ساختار متالوگرافی فولادها

فولادها، آلیاژهای آهن و کربن هستند که میزان کربن آنها از ۰/۰۲ تا ۲/۰۶ درصد می‌باشد. فولادها به روش‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند که تقسیم‌بندی آنها می‌تواند براساس روش تولید، روش ساخت، شکل محصول، روش اکسیژن‌زدایی، استحکام، ریزساختار، ترکیب شیمیایی و غیره باشد.

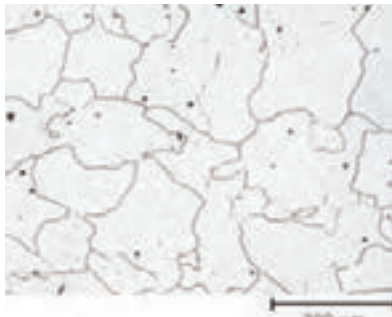
ساختار زمینه در فولادهای ساده کربنی:

الف) آستنیت (γ): محلول جامد آهن و کربن است که دارای ساختمان مکعبی FCC بوده و در جریان سرد شدن و انجماد به‌وجود می‌آید (شکل ۲۳). این فاز در فرایند سرد شدن ناپایدار بوده و در اثر تحول یوتکتوئید به فریت و پرلیت و یا مخلوطی از آنها تجزیه می‌گردد. منطقه پایدار آستنیت از ۷۲۳ درجه سلسیوس به بالا است لذا در دمای محیط در شرایط تعادلی در فولادهای ساده کربنی قابل مشاهده نیست.



شکل ۲۳- تصویر میکروسکوپی آستنیت (بزرگ‌نمایی ×۴۰۰)

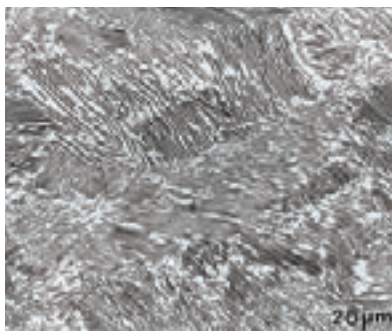
ب) فریت (α): محلول جامد کربن در آهن با شبکه کریستالی BCC می‌باشد که حداکثر مقدار کربن ۰/۰۲ درصد در ۷۲۳ درجه سلسیوس بوده و در دمای محیط این فاز پایدار است و در زیر میکروسکوپ به رنگ سفید مشاهده می‌گردد (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- تصویر میکروسکوپی فریت (بزرگ‌نمایی ×۱۰۰)

ج) سمانتیت (Fe_۳C): در صورتی که درصد کربن در فولادها و یا آلیاژهای آهن-کربن بیش از حد حلالیت آن در آستنیت یا فریت باشد فازی به نام آهن کاربید یا سمنتیت به‌وجود می‌آید. این فاز یک ترکیب بین فلزی بوده که هنگام سرد کردن تعادلی از دمای بالا در اثر تحول یوتکتیک و یوتکتوئید به‌وجود می‌آید.

د) پرلیت (P): ترکیبی از لایه‌های متناوب فریت و سمانتیت می‌باشد که در اثر تحول یوتکتوئید از آستنیت به‌وجود می‌آید که در زیر میکروسکوپ در بزرگ‌نمایی‌های بالای ۵۰۰ برابر به صورت اثر انگشت است (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- تصویر میکروسکوپی پرلیت (بزرگ‌نمایی ×۸۰۰)

در فولادها به غیر از ساختارهای تعادلی فریت، پرلیت و سمانتیت با توجه به درصد ترکیب شیمیایی و سرعت‌های سرد کردن بالا، ساختارهای متالوگرافی دیگری مانند بینیت و مارتنزیت که به ساختارهای غیر تعادلی معروف هستند امکان تشکیل دارند.

نکته



نمودار فازی آهن - کربن

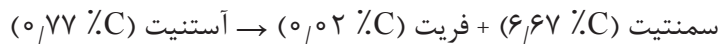
نمودار فازی آهن - کربن محدوده ترکیب شیمیایی و دمایی فازهای تعادلی را که در فولادهای ساده کربن پایدار می‌باشند را مشخص می‌کند و به دو صورت نمودار آهن - سمانتیت (نیمه تعادلی) و نمودار آهن - گرافیت (تعادلی) مورد بررسی و استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه در فولادها گرافیت به ندرت تشکیل می‌شود در نتیجه، نمودار تعادلی آهن - سمانتیت جهت مطالعه مناسب‌تر است. در شکل ۲۶ نمودار آهن - سمانتیت و آهن - گرافیت همراه با محدوده درصد وزنی کربن برای فولادها و چدن‌ها که در صنعت بیشترین کاربرد را دارند نشان داده شده است. در این

نمودارها محور افقی درصد وزنی کربن و محور عمودی درجه حرارت بر حسب درجه سلسیوس است. در نمودار آهن - سمانتیت مناطق تک فازی شامل مذاب، آهن دلتا (δ) با ساختار کریستالی BCC، آستنیت (γ) با ساختار کریستالی FCC، فریت (α) با ساختار کریستالی BCC و مناطق دوفازی مهم شامل مذاب - آستنیت، مذاب - سمانتیت، آستنیت - سمانتیت (لدبوریت)، فریت - سمانتیت (پرلیت) است. در این نمودار تحول یا دگرگونی‌های مهم (به غیر از تحول پریتکتیک)، به صورت‌های زیر مطرح است.

● تحول یوتکتیک در دمای 1148°C که تک فاز مذاب به دو فاز جامد آستنیت و سمانتیت (لدبوریت) تبدیل می‌شود.



● تحول یوتکتوئید در دمای 727°C که فاز جامد آستنیت به دو فاز جامد فریت و سمانتیت (پرلیت) تبدیل می‌شود.



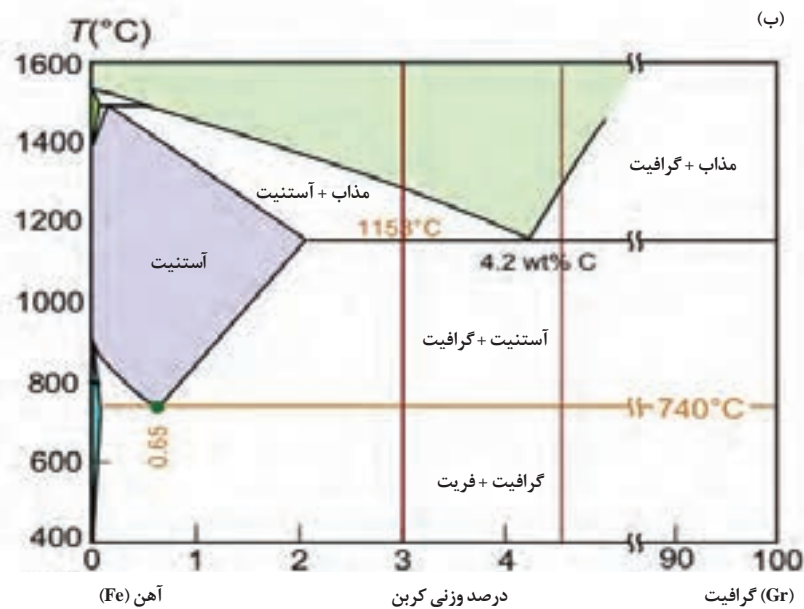
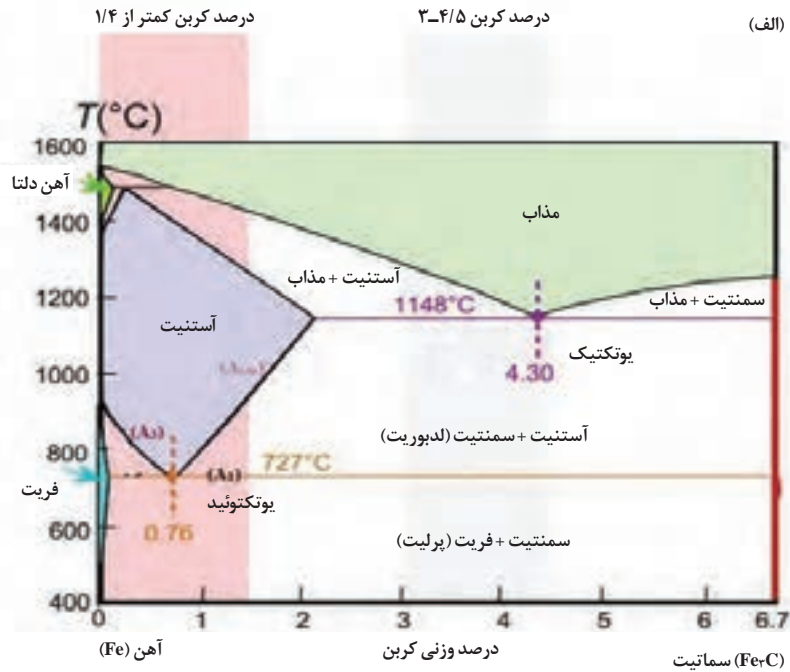
در نمودار آهن - کربن دماهای استحاله را اغلب دماهای بحرانی می‌نامند. در این دماها، تغییراتی در انتقال حرارت و یا حجم نمونه در اثر سرد یا گرم کردن ملاحظه می‌شود. دماهای بحرانی که در فرایندهای عملیات حرارتی از اهمیت مهمی برخوردار هستند عبارت‌اند از:

● فصل مشترک منطقه دو فازی فریت - سمانتیت و یکی از مناطق دو فازی فریت - آستنیت و یا سمانتیت - آستنیت (A_1).

● فصل مشترک منطقه دو فازی فریت - آستنیت با منطقه تک فازی آستنیت (A_2).

● فصل مشترک منطقه تک فازی آستنیت با منطقه دو فازی آستنیت - سمانتیت (A_{cm}).

لازم به توضیح است که مناطق فازی در نمودار آهن - گرافیت شبیه نمودار آهن - سمانتیت بوده، تنها به جای ترکیب بین فلزی سمانتیت، گرافیت جایگزین شده است و از نظر دماها و درصد‌های وزنی کربن با یکدیگر متفاوت هستند.

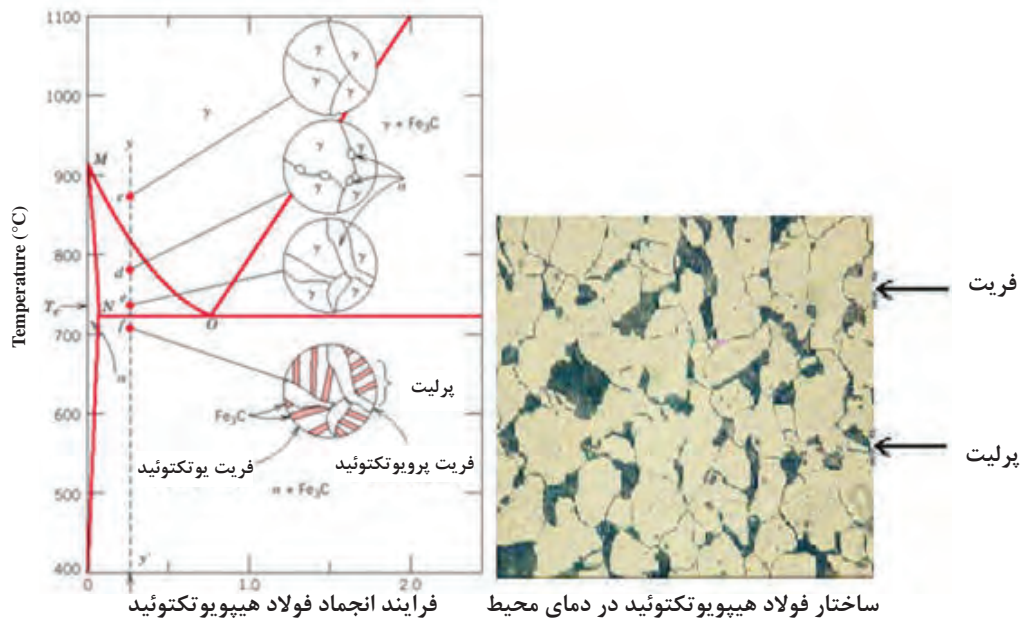


شکل ۲۶- نمودار آهن - کربن (الف) در حالت نیمه تعادلی (آهن - سمانتیت) (ب) در حالت تعادلی (آهن - گرافیت)

نمودارهای آهن - سمانتیت و آهن - گرافیت، در دگرگونی‌های یوتکتیک و یوتکتوئید، چه تفاوت‌هایی از نظر درصد وزنی کربن و درجه حرارت با یکدیگر دارند؟ پس از بحث و گفت‌وگو پاسخ تحلیلی خود را به صورت گزارش کار به هنرآموز ارائه دهید.

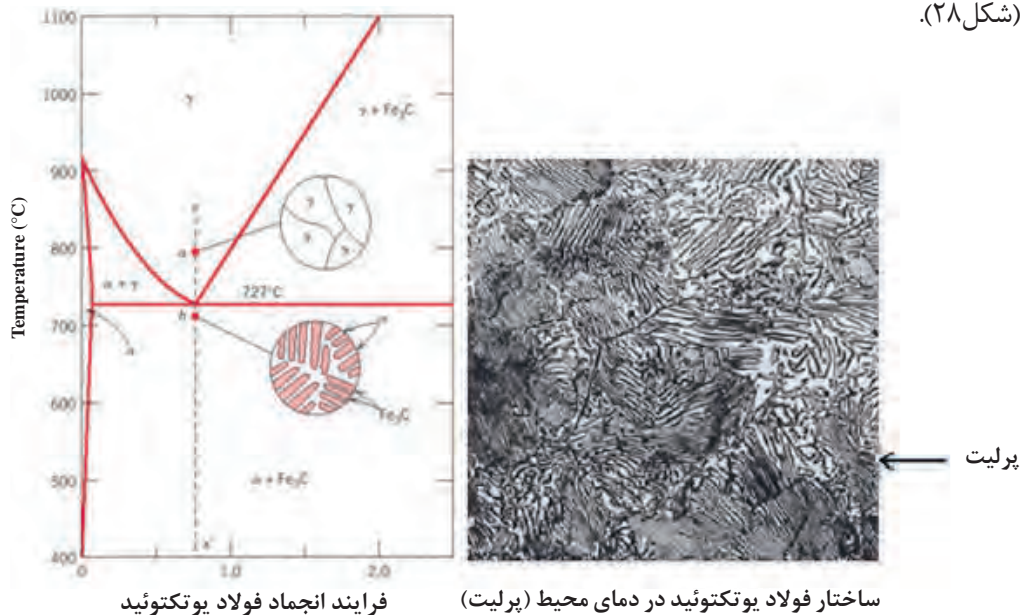


الف) فولادهای هیپویوتکتوئید: این فولادها دارای ۰٫۰۲ تا ۰٫۷۷ درصد کربن دارند و ساختار متالوگرافی آنها شامل فریت و پرلیت است که با افزایش درصد کربن بر میزان پرلیت اضافه شده و از فریت کاسته می‌شود. شکل (۲۷) فرایند تشکیل فازهای مختلف را در حین انجماد تعادلی نشان می‌دهد. در ساختار نهایی (دمای محیط) در زیر میکروسکوپ قسمت‌های سفید رنگ فریت و قسمت‌های تیره رنگ پرلیت مشاهده می‌شود.



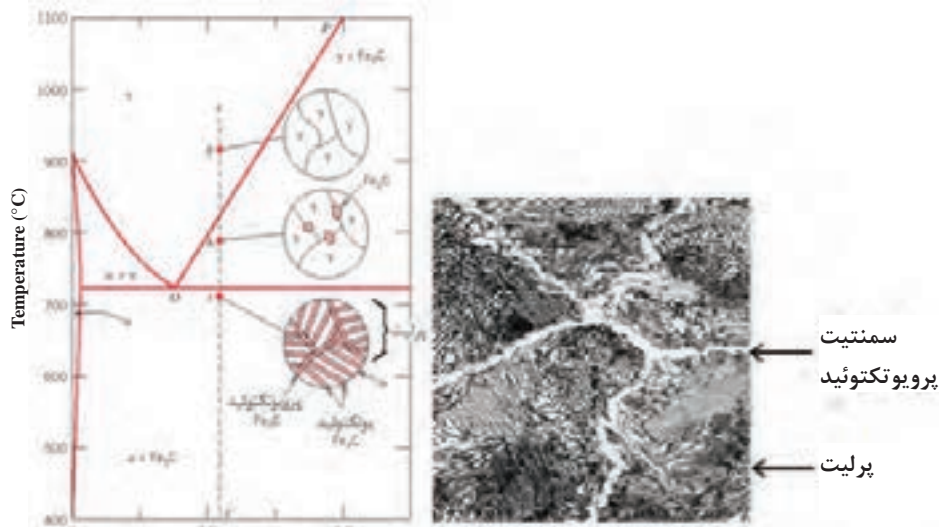
شکل ۲۷- ساختار متالوگرافی فولاد هیپویوتکتوئید

ب) فولادهای یوتکتوئید: کربن این فولاد حدود ۰٫۷۷ درصد بوده و ساختار آن در دمای محیط کاملاً پرلیتی است. پرلیت در زیر میکروسکوپ در بزرگ‌نمایی‌های کم به رنگ تیره و در بزرگ‌نمایی‌های بزرگ به صورت اثر انگشت قابل مشاهده است (شکل ۲۸).



شکل ۲۸- ساختار متالوگرافی فولاد یوتکتوئید

ج) فولادهای هیپر یوتکتوئید: این فولادها دارای ۰/۷۷ تا ۲ درصد کربن بوده و در دمای محیط دارای ساختار میکروسکوپی پرلیت و سمانتیت است که با افزایش درصد کربن بر فاز سمانتیت اضافه شده و از فاز پرلیت کاسته می‌شود (شکل ۲۹).



ساختار فولاد هیپر یوتکتوئید در دمای محیط فرایند انجماد فولاد هیپر یوتکتوئید
شکل ۲۹- ساختار متالوگرافی فولاد هیپر یوتکتوئید

سه نوع فولاد ۱۰۱۰، ۱۰۴۰ و ۱۰۸۰ یا فولادهای CK15، CK45 و CK80 تهیه و بعد از آماده‌سازی مورد بررسی میکروسکوپی قرار دهید.

فعالیت
کارگاهی ۵



وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

اره یا دستگاه کاتر، صفحه سنباده و سنباده‌های ۱۲۰ تا ۲۰۰۰، محلول اچ مناسب، دستگاه خشک کردن نمونه و وسایل ایمنی آزمایشگاهی

مراحل انجام کار:

پس از آماده‌سازی اولیه نمونه مراحل زیر را انجام دهید.
پولیش نمونه‌ها با سوسپانسیون Al_2O_3 با اندازه دانه ۵/۰ میکرون (با ترکیب ۵۰ گرم پودر در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر) بر روی نمدی از جنس پارچه ماهوتی توسط دستگاه پولیش.
نمونه‌ها را با استفاده از محلول‌های اچ جدول ۱، اچ کرده و مورد بررسی میکروسکوپی قرار دهید.

نکات ایمنی



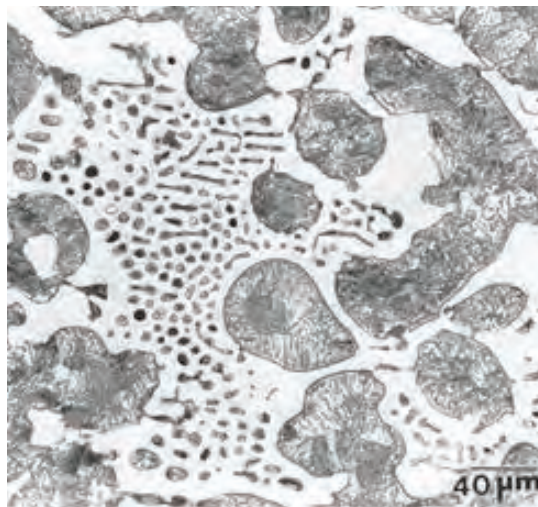
- ۱ هنگام برش نمونه‌ها با دستگاه کاتر از محافظ دستگاه استفاده شود.
- ۲ بعد از برش نمونه‌ها و سوهان کاری، گوشه‌های تیز و برنده نمونه‌ها قوس داده شود تا هنگام گرفتن آنها با دست و سنباده کاری آسیبی به دست وارد نشود.
- ۳ هنگام تهیه و استفاده از محلول‌های اچ نکات ایمنی رعایت شده و باقی مانده محلول به‌طور مناسب و همراه با آب کافی دور ریخته شود.



- نتایج را به همراه پاسخ سؤالات در گزارش کار تحویل هنرآموز خود دهید.
- ۱ فازهای موجود در نمونه‌ها را در یک بزرگ‌نمایی یکسان با رسم شکل نشان دهید؟
 - ۲ با افزایش درصد کربن در فولادها ساختار زمینه (پرلیت) چگونه تغییر می‌کند؟

متالوگرافی چدن‌ها

الف) چدن‌های هیپو یوتکتیک: درصد کربن این چدن‌ها ۲ تا ۴/۳ درصد می‌باشد که در فرایند انجماد با کاهش دما از نقطه ذوب ابتدا آستنیت‌های اولیه جوانه زده و تا کمی بالاتر از دمای یوتکتیک شروع به رشد می‌کنند، سپس در اثر تحول یوتکتیک فاز مذاب باقی مانده به ساختار لدبوریت (سمانتیت + آستنیت) منجمد می‌شود و همچنان با کاهش دما در اثر تحول یوتکتوئید تمامی آستنیت‌ها به پرلیت (فریت + سمانتیت) تبدیل می‌شوند که در نهایت در دمای محیط ساختار چدن‌های هیپو یوتکتیک شامل دو فاز پرلیت (درشت و ریز) در زمینه سمانتیت می‌شود. شکل (۳۰) ساختار میکروسکوپی چدن سفید هیپو یوتکتیک را نشان می‌دهد. در این شکل مناطق تیره درشت آستنیت اولیه می‌باشد که در تحول یوتکتوئید به پرلیت تبدیل شده است. ساختار زمینه یوتکتیک لدبوریتی است.



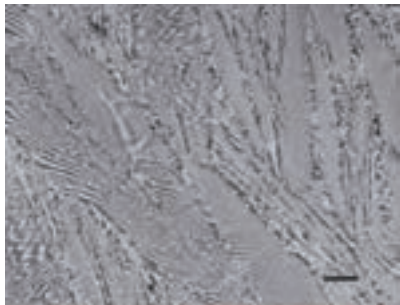
شکل ۳۰- ساختار میکروسکوپی چدن سفید هیپو یوتکتیک در بزرگ‌نمایی $\times 400$

آلیاژ آهن - کربن که بیش از ۲/۰۶ درصد کربن دارند، چدن نامیده می‌شود. درصد بالای کربن و وجود عناصر آلیاژی مثل سیلیسیم باعث به وجود آمدن گرافیت در ساختار نهایی چدن‌ها می‌شود. گرافیت حالتی از کربن است که پایدارتر از سمانتیت است. با توجه به شکل، اندازه و توزیع گرافیت، چدن‌ها به انواع چدن‌های خاکستری (گرافیت لایه‌ای)، نشکن یا داکتیل (گرافیت کروی)، مالیبیل یا چکش‌خوار (گرافیت برفکی)، چدن با گرافیت فشرده (بیضی شکل) و چدن‌های خاص یا آلیاژی تقسیم‌بندی می‌شوند.

در چدن‌ها تشکیل گرافیت و سمانتیت بستگی به سرعت سرد کردن و ترکیب شیمیایی آن دارد. اگر سرعت سرد شدن هنگام انجماد و پس از آن زیاد باشد، سمانتیت به وجود می‌آید ولی اگر درصد کربن و سیلیسیم بالا و سرعت سرد شدن آهسته باشد، گرافیت به وجود می‌آید. به همین علت دو نمودار تعادلی آهن - سمانتیت و آهن - گرافیت در بررسی ساختار میکروسکوپی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ساختار چدن‌ها در سیستم تعادلی آهن - سمانتیت

در سرعت سرد شدن زیاد هنگام انجماد، سمانتیت (Fe_3C) به وجود می‌آید و ساختار نهایی چدن مجموع‌های شامل فریت و سمانتیت است. به علت وجود فاز سفید رنگ سمانتیت در مقطع شکست، به آن چدن سفید گفته می‌شود. مطابق با نمودار آهن - سمانتیت، با توجه به وجود درصد کربن نسبت به نقطه یوتکتیک، چدن‌ها به سه دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند که عبارت‌اند از:



شکل ۳۱- ساختار چدن یوتکتیک (لدبوریت در بزرگ‌نمایی $\times 800$)



شکل ۳۲- ساختار چدن هیپریوتکتیک (سمنتیت پرویوتکتیک در زمینه لدبوریت)

ب) چدن یوتکتیک: این چدن دارای حدود $4/3$ درصد کربن بوده و در فرایند انجماد از نقطه ذوب در اثر تحول یوتکتیک تمامی فاز مذاب به لدبوریت (سمانتیت + آستنیت) تبدیل می‌شود و با کاهش دما در اثر تحول یوتکتوئید فاز آستنیت به پرلیت تبدیل می‌شود و در نهایت در دمای محیط ساختار چدن یوتکتیک شامل فازهای پرلیت (ریز) در زمینه سمانتیت می‌شود (شکل ۳۱).

ج) چدن‌های هیپر یوتکتیک: درصد کربن این چدن‌ها مطابق نمودار آهن - سمانتیت از $4/3$ تا $6/67$ است. در فرایند انجماد از نقطه ذوب ابتدا تیغه‌های سمانتیت جوانه زده و شروع به رشد می‌کنند و با کاهش دما در اثر تحول یوتکتیک مذاب باقی مانده به لدبوریت (سمانتیت + آستنیت) منجمد می‌شود و همچنان با کاهش دما در اثر تحول یوتکتوئید فاز آستنیت به پرلیت (فریت + سمانتیت) تبدیل می‌شوند و در نهایت در دمای محیط چدن شامل فاز پرلیت (ریز) به همراه تیغه‌های سمانتیت در زمینه سمانتیت می‌شود. شکل (۳۲) ساختار میکروسکوپی چدن سفید هیپریوتکتیک را نشان می‌دهد در این شکل سمانتیت اولیه (نواحی سفید رنگ و طویل) همراه با یوتکتیک لدبوریتی کاملاً مشخص است.

نمونه‌هایی از چدن با مقاطع نازک تهیه کرده قبل و بعد از اچ مورد مطالعه میکروسکوپی قرار دهید.

فعالیت
کارگاهی ۶



وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

اره یا دستگاه کاتر، صفحه سنباده و سنباده‌های 120 تا 2000 ، محلول اچ مناسب، دستگاه خشک‌کن نمونه، وسایل ایمنی آزمایشگاهی

مراحل انجام کار:

- ۱ پس از تهیه قطعات چدنی با ضخامت‌های نازک و آماده‌سازی نمونه‌ها شامل سوهان کاری و سنباده کاری مراحل زیر را به ترتیب انجام دهید.
- ۲ پولیش نمونه‌ها با سوسپانسیون Al_2O_3 با اندازه دانه 0.5 میکرون (با ترکیب 50 گرم پودر در 500 میلی لیتر آب مقطر) بر روی نمدی از جنس پارچه ماهوتی توسط دستگاه پولیش.
- ۳ نمونه‌ها را بعد از پولیش با الکل شسته و بعد از خشک کردن در زیر میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی‌های مختلف مشاهده کنید.
- ۴ نمونه‌ها را با استفاده از محلول‌های اچ جدول ۲، اچ کرده و بعد از شستن و خشک کردن در زیر میکروسکوپ از نظر فازی مورد بررسی قرار دهید.
- ۵ نتایج را به همراه پاسخ پرسش در گزارش کار به هنرآموز خود تحویل دهید.



- ۱ هنگام تهیه نمونه توسط ضربه زدن، از پرتاب شدن قطعات شکسته شده ممانعت گردد.
- ۲ بعد از برش نمونه‌ها و سوهان کاری، گوشه‌های تیز و برنده نمونه‌ها قوس داده شود تا هنگام گرفتن آنها با دست و سنباده کاری آسیبی به دست وارد نشود.
- ۳ جهت براده‌برداری سطوح قطعات از سنگ سنباده استفاده نشود.

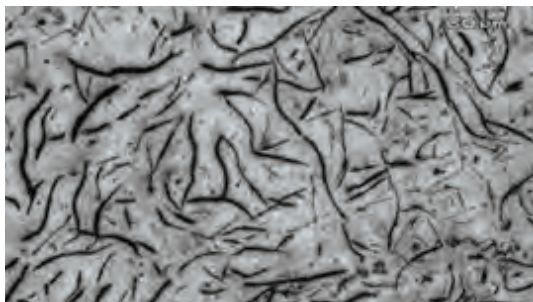


چه تفاوت‌هایی بین ساختار میکروسکوپی چدن سفید در حالت بدون اچ و اچ شده وجود دارد؟

ج) چدن‌های هیپریوتکتیک: درصد کربن این چدن‌ها بیشتر از $4/3$ درصد بوده که در فرایند انجماد ابتدا گرافیت‌های درشت و خشن از مذاب رسوب کرده که به گرافیت کیش معروف هستند و در ادامه فرایند انجماد در اثر تحول یوتکتیک مذاب باقی مانده به آستنیت و گرافیت یوتکتیک تبدیل می‌شود و در نهایت با کاهش دما در اثر تحول یوتکتوئید آستنیت به فریت و گرافیت تبدیل می‌شود. شکل (۳۴) ساختار میکروسکوپی نوعی از این چدن در حالت پولیش شده را نشان می‌دهد.



شکل ۳۳- ساختار چدن هیپو یوتکتیک (فریت به همراه گرافیت لایه‌ای)



شکل ۳۴- ساختار میکروسکوپی چدن هیپریوتکتیک (کیش گرافیت و گرافیت ریز در زمینه فریت)

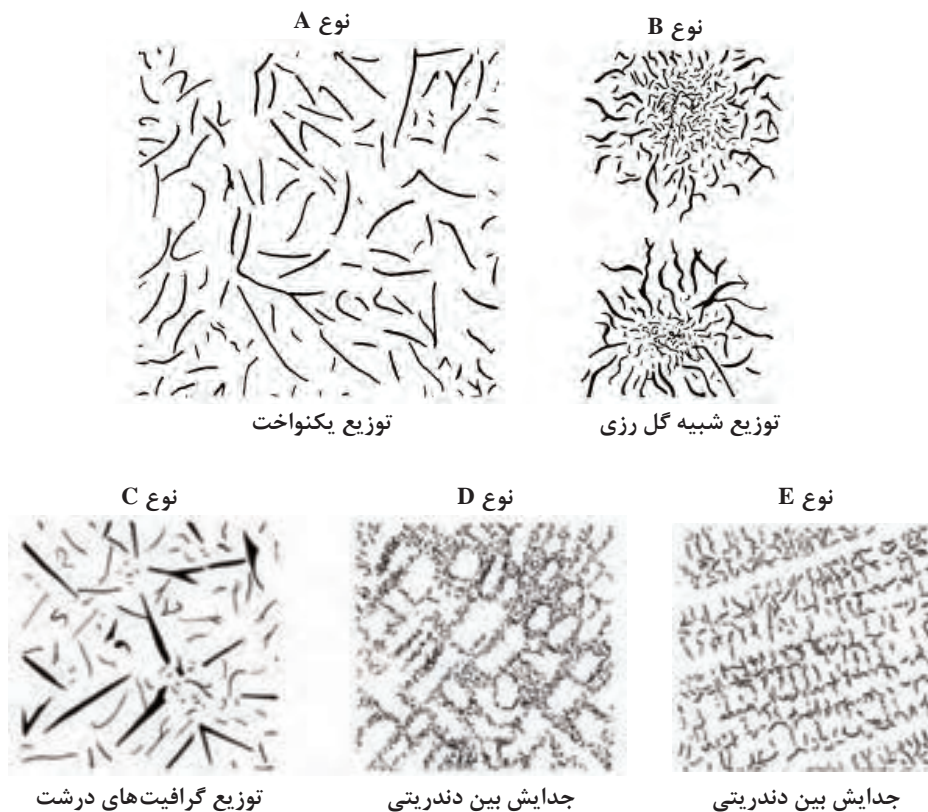
ساختار چدن‌ها در سیستم تعادلی آهن - گرافیت

مطابق نمودار آهن - گرافیت در صورتی که سرعت سرد شدن مذاب چدن بسیار آهسته باشد فرصت کافی جهت رسوب کربن به صورت گرافیت فراهم شده و تشکیل گرافیت در ساختار چدن امکان‌پذیر می‌شود. به این دلیل که مقطع شکست آنها به رنگ خاکستری است که به چدن‌های خاکستری معروف هستند. در این چدن‌ها، قابلیت ماشین کاری، جذب ارتعاش و شوک‌های حرارتی افزایش می‌یابد. این چدن‌ها نیز با توجه به ترکیب شیمیایی و درصد کربن موجود به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند که عبارت‌اند از:

الف) چدن‌های هیپویوتکتیک: درصد کربن این چدن‌ها ۲ تا $4/3$ درصد بوده و فرایند انجماد آنها با جدا شدن دندریته‌های آستنیت اولیه از مذاب شروع می‌شود. که با کاهش دما در اثر تحول یوتکتیک مذاب باقی مانده به گرافیت و آستنیت یوتکتیک (ساختار یوتکتیک) تبدیل می‌شود و همچنین با کاهش دما در اثر تحول یوتکتوئید تمامی آستنیت‌ها به فریت و گرافیت تبدیل می‌شوند. شکل (۳۳) ساختار چدن هیپویوتکتیک بعد از پولیش نشان داده شده است.

ب) چدن یوتکتیک: درصد کربن این چدن در حدود $4/3$ بوده و انجماد این چدن در دمای 1153 درجه سلسیوس با فرایند تبدیل مذاب به آستنیت و گرافیت در اثر تحول یوتکتیک شروع می‌شود و در ادامه با کاهش دما در اثر تحول یوتکتوئید آستنیت نیز به فریت و گرافیت تبدیل می‌گردد.

در چدن‌های خاکستری جهت مطالعه نوع، اندازه، نحوه پخش، پراکندگی و شکل گرافیت‌ها از نمونه‌های پولیش شده بدون اچ در بزرگ‌نمایی ۱۰۰ برابر استفاده می‌شود و جهت بررسی فازهای تشکیل شده آنها را در محلول‌های مناسب اچ و در بزرگ‌نمایی‌های مختلف مشاهده می‌کنند. شکل گرافیت در چدن‌های خاکستری به صورت ورقه‌ای بوده و با توجه به درصد کربن معادل و سرعت سرد شدن در شکل‌های مختلف دسته‌بندی می‌شوند (شکل ۳۵).



شکل ۳۵- انواع توزیع و شکل گرافیت‌های لایه‌ای در چدن‌های خاکستری

نمونه‌هایی از چدن خاکستری با مقاطع ضخیم تهیه و آماده‌سازی کرده و در حالت قبل و بعد از اچ مورد مطالعه میکروسکوپی قرار دهید. ساختار میکروسکوپی نمونه‌ها را قبل و بعد از اچ در بزرگ‌نمایی یکسان بررسی و به صورت شماتیک در گزارش کار ترسیم کرده و تحویل هنرآموز دهید.

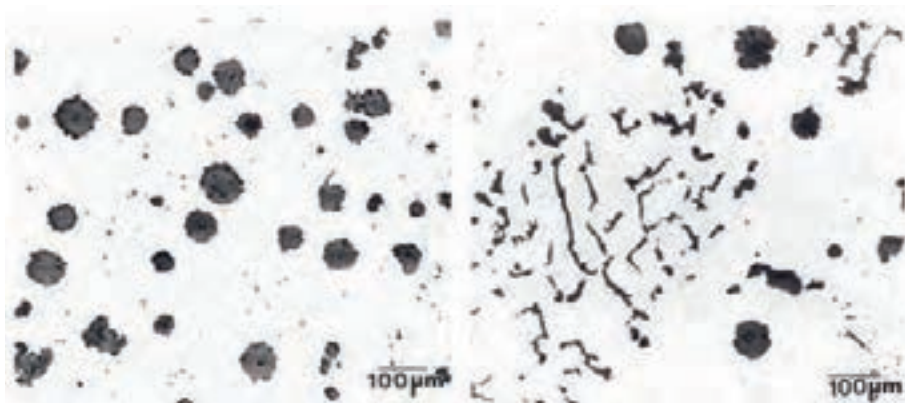
وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

اره یا دستگاه کاتر، صفحه سنباده و سنباده‌های ۱۲۰ تا ۲۰۰۰، محلول اچ مناسب، دستگاه خشک‌کن نمونه و وسایل ایمنی آزمایشگاهی.



ساختار میکروسکوپی چدن داکتیل (نشکن)

در چدن‌های داکتیل، گرافیت به صورت کروی شکل وجود دارد و به همین دلیل به این چدن‌ها، چدن با گرافیت کروی نیز گفته می‌شود. ترکیب شیمیایی چدن‌های داکتیل مشابه چدن‌های خاکستری بوده و کربن معادل آنها معمولاً بالا است. درصد وزنی گوگرد در این چدن‌ها باید در حد بسیار پایین باشد. توزیع گرافیت‌ها از طریق شمارش آنها در هر میلی‌متر مربع تعیین می‌شود. استاندارد ASTM A247 هفت نوع از توزیع گرافیت کروی را دسته‌بندی کرده است. چدن‌های داکتیل از استحکام بالاتری نسبت به چدن‌های خاکستری برخوردار بوده ولی ضریب انتقال حرارت آنها پایین‌تر است. شکل (۳۶) ساختارهای میکروسکوپی چدن‌های داکتیل در حالت پولیش شده را نشان می‌دهد.

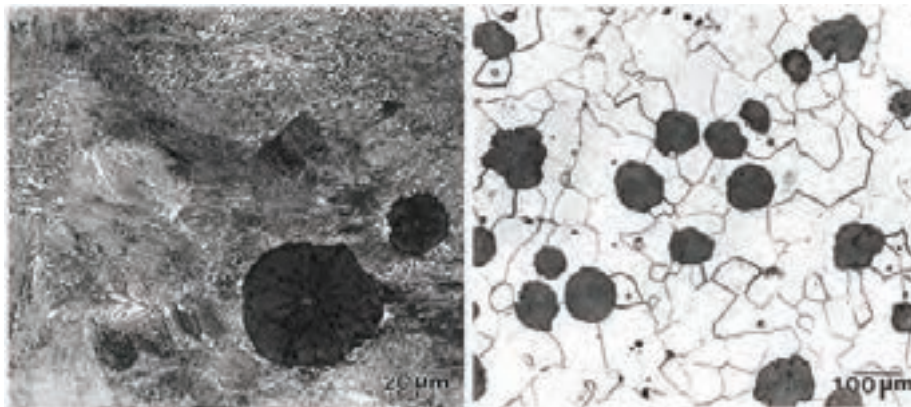


چدن داکتیل با بیشتر از ۹۰ درصد کروی شدن

چدن داکتیل با کمتر از ۲۰ درصد کروی

شکل ۳۶- ساختارهای میکروسکوپی چدن‌های داکتیل بدون اچ $\times 100$

شکل‌های ۳۷ ساختارهای این چدن‌ها را در حالت اچ شده نشان می‌دهد. ساختار زمینه می‌تواند کاملاً فریتی و یا فریتی پرلیتی باشد. غالباً اطراف گرافیت‌های کروی را فاز فریت احاطه می‌کند که به این ساختار چدن داکتیل اصطلاحاً چشم گاوی گفته می‌شود.



چدن داکتیل پرلیتی

چدن داکتیل فریتی

شکل ۳۷- ساختار چدن داکتیل با زمینه پرلیتی و فریتی



نمونه‌هایی از چدن داکتیل تهیه کرده و در زیر میکروسکوپ نوری در حالت قبل و بعد از اچ مورد بررسی میکروسکوپی قرار دهید.

وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

اره یا دستگاه کاتر، صفحه سنباده و سنباده‌های ۱۲۰ تا ۲۰۰۰، محلول اچ مناسب، دستگاه خشک کن نمونه و وسایل ایمنی آزمایشگاهی.

مراحل انجام کار:

- ۱ تهیه قطعات چدن داکتیل (ذوب کردن شمش چدن خاکستری گوگرد زدایی شده، افزودن ۱-۲ درصد فروسیلیسیم منیزیم به روش فروری، آخال و سرباره زدایی با سلاکس، ذوب ریزی در قالب‌های ماسه‌ای یا CO_2 پوشش داده شده با پودر گرافیت)
- ۲ بریدن نمونه‌ها به وسیله اره دستی یا کاتر در اندازه ۲-۱/۵ سانتی متر از مقاطع مختلف قطعه ریختگی (نمونه‌ها را می‌توان به‌جای بریدن به‌وسیله ضربه و شکستن نیز تهیه کرد).
- ۳ آماده‌سازی نمونه‌ها با استفاده از سوهان کاری و سنباده کاری
- ۴ پولیش نمونه‌ها با سوسپانسیون Al_2O_3 با اندازه دانه ۵/۰ میکرون (با ترکیب ۵۰ گرم پودر در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر) بر روی نمدی از جنس پارچه ماهوتی توسط دستگاه پولیش.
- ۵ نمونه‌ها را بعد از پولیش با الکل شسته و بعد از خشک کردن در زیر میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی‌های مختلف مشاهده کنید.
- ۶ نمونه‌ها را با استفاده از محلول‌های اچ جدول ۲، اچ کرده و بعد از شستن و خشک کردن در زیر میکروسکوپ از نظر فازی مورد بررسی قرار دهید.
- ۷ ساختار میکروسکوپی نمونه‌ها را قبل و بعد از اچ در بزرگ‌نمایی یکسان بررسی و به‌صورت شماتیک در گزارش کار رسم کنید.

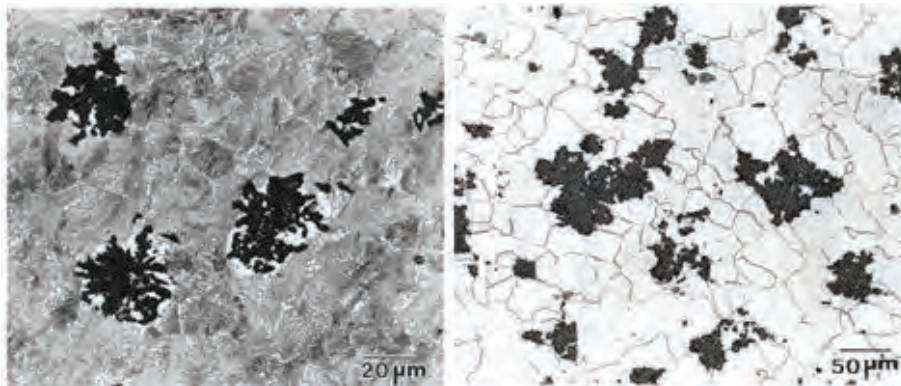
برای افزودن فروسیلیسیم منیزیم از خوراک‌دهنده با درپوش مناسب استفاده کنید تا مانع پخش مذاب به اطراف شود.



ساختار میکروسکوپی چدن مالیبیل (چکش خوار)

چدن‌های مالیبیل از عملیات حرارتی چدن‌های سفید به‌دست می‌آیند. در چدن‌های سفید کربن به‌صورت گرافیت آزاد نبوده بلکه در ترکیب با آهن (Fe) فاز میانی Fe_3C را تشکیل می‌دهد. بر اساس ترکیب شیمیایی، زمان عملیات حرارتی، درجه حرارت سیکل عملیات حرارتی آنیل، چدن‌های مالیبیل را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم‌بندی کرد که عبارت‌اند از چدن‌های مالیبیل فریتی و چدن‌های مالیبیل پرلیتی.

چدن‌های مالیبیل دارای خواص مکانیکی بهتری نسبت به چدن‌های خاکستری هستند. شکل (۳۸) چدن مالیبیل نوع فریتی و پرلیتی را بعد از اچ نشان می‌دهد.



چدن مالیبیل پرلیتی

چدن مالیبیل فریتی

شکل ۳۸- چدن مالیبیل فریتی و پرلیتی بعد از اچ $\times 200$

نمونه‌هایی از چدن مالیبیل تهیه کرده و در زیر میکروسکوپ قبل و بعد از اچ در بزرگنمایی یکسان مورد بررسی قرار دهید و به صورت شماتیک در گزارش کار رسم کنید.



ارزشیابی پایانی

نقشه کار: انجام آزمایش‌های متالوگرافی			
شاخص عملکرد: ۱- تهیه نمونه ۲- آماده سازی سطح ۳- اچ کردن ۴- شناسایی ساختار			
شرایط انجام کار:			
۱- انجام کار در محیط آزمایشگاه متالورژی ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس ۳- تهیه استاندارد و دمای $20 \pm 3^\circ \text{C}$			
۴- ابزارآلات و تجهیزات استاندارد و آماده به کار ۵- وسایل ایمنی استاندارد ۶- زمان ۹۰ دقیقه			
مواد مصرفی: سنباده - محلول اچ - مواد مانت - خمیر الماسه و نمد پولیش - الکل - آب مقطر - سنگ تراش - تیغه کاتر - سنگ ساب - پودر آلومینا - پودر منیزیم اکسید			
ابزار و تجهیزات:			
دستگاه برش - دستگاه سنگ - دستگاه مانت - دستگاه پولیش - میکروسکوپ - دستگاه خشک کن و شیشه ساعت			
نمونه و نقشه کار:			
۱- برشکاری نمونه در ابعاد مورد نظر، تمیزکاری و سنگ زدن سطح نمونه به طرز صحیح و در صورت نیاز مانت کردن			
۲- سنباده زدن سطح نمونه با استفاده از سنباده‌های خشن تا نرم به طوری که اثر سنباده قبلی از بین رفته باشد و سپس پولیش کردن نمونه با استفاده از دستگاه پولیش و مواد ساینده مانند پودر آلومینا Al_2O_3			
۳- آماده کردن محلول اچ متناسب با جنس فلز و اچ کردن نمونه در زمان مشخص توسط محلول اچ و سپس شست‌وشو با الکل و آب مقطر و خشک کردن			
۴- کار با میکروسکوپ نوری جهت مشاهده دانه‌بندی و ساختار میکروسکوپی نمونه از لحاظ تشخیص فازهای موجود و در صورت نیاز تهیه عکس			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی	نمره هنرجو
۱	نمونه‌برداری	۱	
۲	آماده‌سازی سطح	۲	
۳	اچ کردن	۲	
۴	بررسی ساختار	۲	
شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:			
۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار			
۲- مسئولیت‌پذیری			
۳- مدیریت مواد و تجهیزات			
۴- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی و عینک محافظ			
۵- تمیز کردن وسایل محیط کار			
میانگین نمرات			
			*
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			