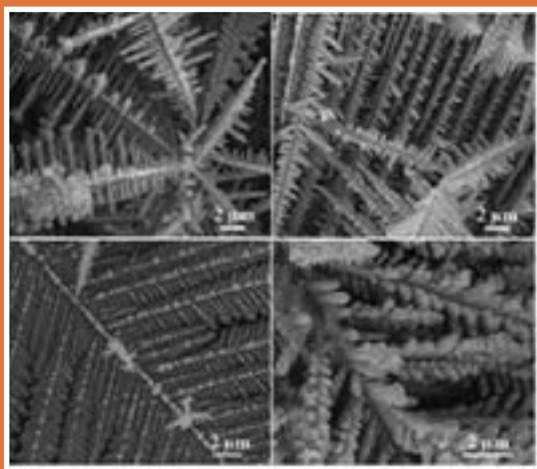




پودمان دوم

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 ماکروسکوپی و میکروسکوپی، تهیه نمونه متالوگرافی (Metallography)، انواع محلول‌های اچ (Ech) 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 نمی‌باشد. براین اساس آشنایی با انواع روش‌های

استاندارد عملکرد

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

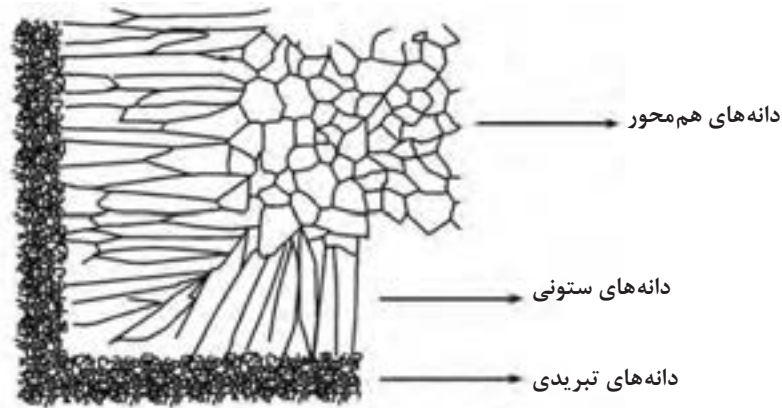
پیش‌نیاز

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

آشنایی با ساختار ریختگی فلزات و آلیاژها

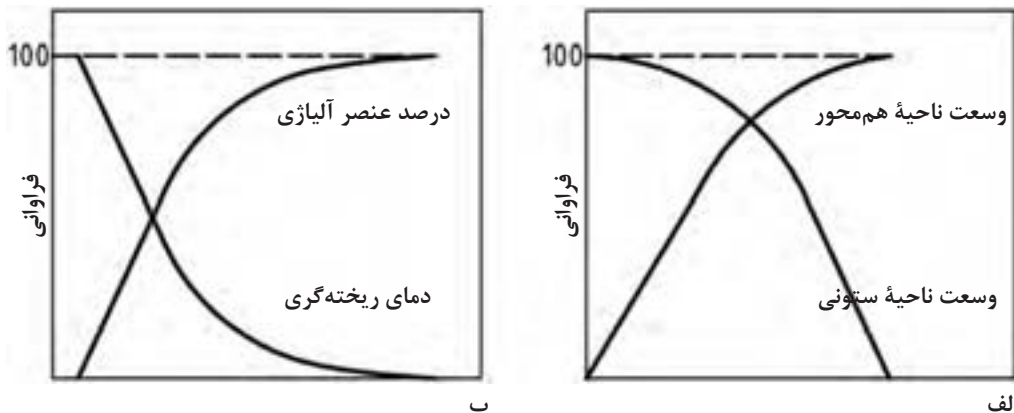
ریزساختار قطعه ریختگی شامل نوع و اندازه دانه، شکل دانه و... است که تأثیر قابل توجهی بر خواص فیزیکی و مکانیکی قطعات دارند. به همین دلیل بررسی آن در قطعات ریختگی اهمیت فراوانی دارد. به طور کلی فلزات ریختگی دارای سه ناحیه متمایز با ساختار دانه‌ای متفاوت می‌باشند که از سطح به مرکز قطعه عبارتند از:

- 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 هم محور با جهت گیری نامنظم می‌باشند.
- شکل (۱) انواع دانه‌های تبریدی، ستونی و هم محور را برای فلزات خالص به صورت شماتیک نشان می‌دهد.

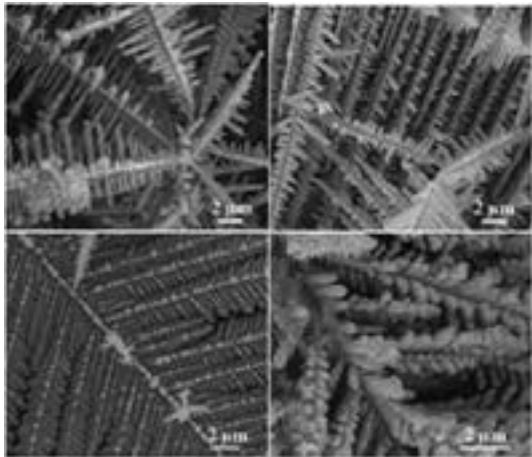


شکل ۱- انواع دانه‌های تبریدی، ستونی و هم محور در فلزات خالص

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 هم محور افزایش و وسعت ناحیه ستونی کاهش می‌یابد.



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



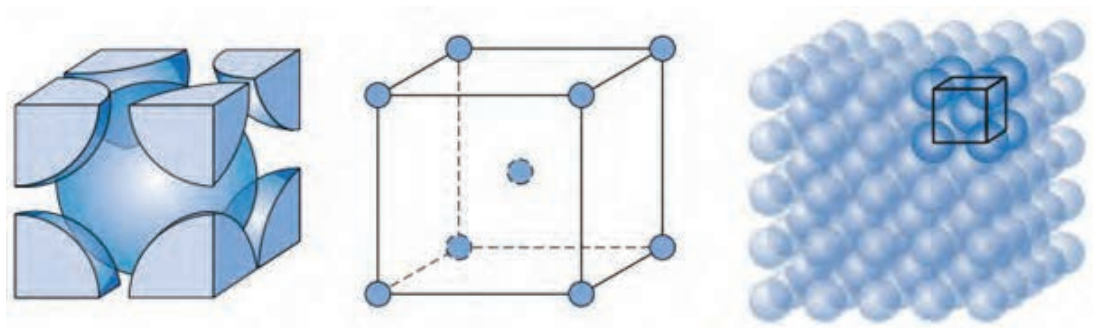
شکل ۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی از ساختار دندریتی آلیاژهایی از قلع

ریز ساختار دیگر قابل مشاهده در قطعات ریختگی آلیاژی، ساختار شاخه‌ای (دندریتی) می‌باشد 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.

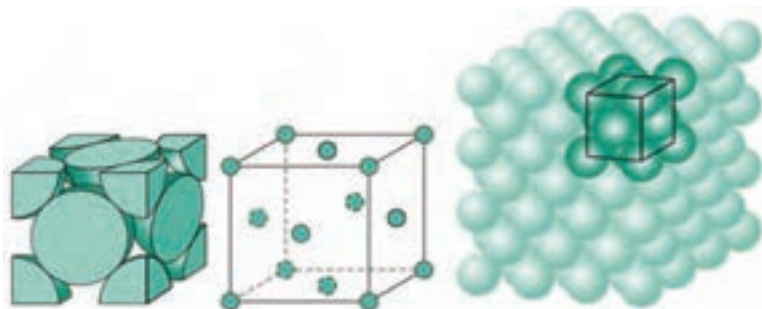
ساختارهای کریستالی

در 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 می‌باشد عبارتند از ساختار مکعبی با اتم در مرکز (Body-Centered Cubic)، ساختار مکعبی با وجوه مرکزدار (Face-Centered Cubic) و شبکه هشت وجهی 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 با مختصات



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



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



شکل ۶- ساختار هشت وجهی هگزاگونال (HCP) مربوط به فلزاتی مانند روی، برلیوم، 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 می‌باشند.



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 نمود 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 نمود. 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 نمود (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. تحقیق کنید: در گروه‌های ۳ نفره نوع دستگاه‌های موجود در آزمایشگاه متالوگرافی هنرستان خود را تعیین نموده با جستجو در منابع معتبر ویژگی آنها را بنویسید.

متالوگرافی و انواع روش‌های آن

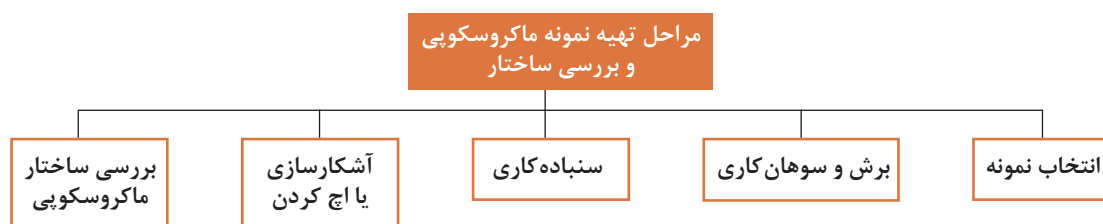
متالوگرافی به حدود ۲۰۰ سال پیش (۱۸۰۰ میلادی) برمی‌گردد که دانشمندان مطالعه فلزات را در زیر میکروسکوپ آغاز کردند و توانستند ارتباط بین اندازه دانه‌ها و سختی فلزات را بیابند، و به وجود خطوط در ساختمان میکروسکوپی فولادهای سخت شده و خواص آنها پی ببرند. بنا به تعریف، متالوگرافی شاخه‌ای از علم مواد است که ساختار داخلی فلزات و آلیاژها و عیوب داخلی قطعات مثل ترک یا ناخالصی و... 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 (macroscopic) و میکروسکوپی (microscopic) استفاده می‌شود.

مطالعه ماکروسکوپی ساختار فلزات: مطالعه ماکروسکوپی برای پی بردن 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 و...) 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 نمودن ترک‌های به‌وجود آمده در قطعات آهن‌گری و نورد شده در حین 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





شکل ۱۰- نمونهٔ ماکروسکوپی از فلز خالص آلومینیم

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



شکل ۱۱- کاتر مخصوص برای برش نمونه‌ها

ب) برش و سوهان کاری: متداول‌ترین روش برای برش نمونه‌ها استفاده از اره‌دستی و یا کاتر (صفحه برنده از جنس اکسید آلومینیم و یا کاربید سیلیسیم) همراه با مایع خنک‌کننده (آب) می‌باشد. و جهت تسطیح محل مقطع برش آن را ابتدا سوهان درشت و سپس با سوهان ریز پرداخت و گونیایی می‌کنند. در صورت امکان بعد از برش به جای سوهان کاری بهتر است با ماشین‌های براده‌برداری مانند ماشین تراش مقطع برش خورده صاف و گونیایی 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 سنباده کاری نمونه‌های متالوگرافی

ج) سنباده کاری: عملیات سنباده کاری معمولاً بر روی صفحات سنباده انجام می‌شود. این دستگاه دارای چند صفحهٔ صاف و تخت که دارای شیب مشخص است (شکل ۱۲). در هنگام سنباده زنی بر روی سنباده‌ها آب ریخته می‌شود تا از افزایش حرارت قطعه جلوگیری و براده‌های ایجاد شده، شسته شوند. سنباده‌ها 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 سنباده است. نمونه باید با فشار متوسط دست از بالا به طرف پایین حرکت داده شود. هنگامی که نمونه از یک کاغذ سنباده به کاغذ سنباده ظریف‌تر منتقل می‌شود، سطح نمونه به حدی ساییده می‌شود که خراش‌هایی با اندازه جدید قابل رویت شده و خراش‌های سنباده قبلی از بین بروند. در جابجایی به سنبادهٔ ظریف‌تر، نمونه ۹۰° چرخانده شده و فشار دست نیز کاهش می‌یابد. سنباده کاری را می‌توان با استفاده از سنباده دوار برقی نیز انجام داد. این دستگاه دارای یک صفحه دوار است که روی آن سنباده گرد چسبیده و توسط الکتروموتور به چرخش در می‌آید و در هنگام سنباده کاری آب توسط افشانک‌های قابل تنظیم به محل تماس قطعه و صفحه سنباده پاشیده می‌شود.

د) آشکارسازی یا اچ کردن (حکاکی): 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 اسید کلریدریک ۵۰ میلی لیتر آب	شماره ۱ اسید کلریدریک	فولاد و چدن
عمق سختی کربوره شده کربن‌گیری شده ساختمان جوش، منطقه‌ای از جوش	۵۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۹۵ میلی لیتر الکل اتیلیک	شماره ۲ نایتال	
اندازه دانه‌ها، تخلخل، اتیکلوژن‌ها	۱۰ تا ۳۵ درصد اسید نیتریک	شماره ۳ اسید نیتریک	مس و آلیاژهای آن
خورنده عالی برای آلیاژهای یاتاقان و مس	۱۰ میلی لیتر HF ۱۵ میلی لیتر HCl ۲۵ میلی لیتر اسید نیتریک ۵۰ میلی لیتر آب	شماره ۴ هیدروکسید سدیم	
می‌تواند برای ظاهر کردن ماکروسکوپی به کار رود	۱۵۰ گرم سود ۹۰ میلی لیتر آب گرم	شماره ۵ هیدروکسید سدیم	آلومینیم و آلیاژهای آن
آزمایش ماکروسکوپی آلیاژهای آلومینیم، ۱۰ تا ۲۰ ثانیه غوطه‌ور کنید و در آب گرم بشوید و سپس در اسید نیتریک غلیظ فرو ببرید.	۱۰ میلی لیتر HF ۱۰ میلی لیتر HCl ۹۰ میلی لیتر آب	شماره ۶ اچ فلیک	

ه) بررسی ساختار ماکروسکوپی: پس از انجام عملیات اچ کردن ساختار نمونه با چشم غیرمسلح و یا در صورت لازم 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 آلومینیم که از اسید فلوریدریک (HF) استفاده می‌شود، از به کار بردن ظرف‌های شیشه‌ای جداً خودداری شده 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 سریعاً 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 آلومینیم ریختگی در قالب فلزی و ماسه ای

نمونه‌هایی از فلز آلومینیم که در قالب فلزی و ماسه‌ای ریخته‌گری شده‌اند را تهیه کرده، قبل و بعد از اچ به صورت ماکروسکوپی 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 نمایید.

۲-۱۰ کیلوگرم مذاب آلومینیوم با استفاده از یک کوره مناسب تهیه و سرباره‌گیری و گاززدایی نمایید.

۳- قالب‌ها را پیش‌گرم نموده و مذاب را با فوق ذوب یکسان به درون محفظه قالب بریزید (۲ تا ۳ نمونه ریخته‌گری نمایید).

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

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

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 نموده 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 نمود.

۳- قبل از مذاب‌ریزی قالب‌ها را پیش‌گرم نمایید.

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

۵- قبل از انجماد از خارج کردن نمونه‌های ریخته شده از قالب خود داری 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 باقی‌مانده 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 نمایید. 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 و 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 اره‌های دستی برای فلزات نرم مانند آلومینیم، 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 قطعۀ 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 آن که 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).



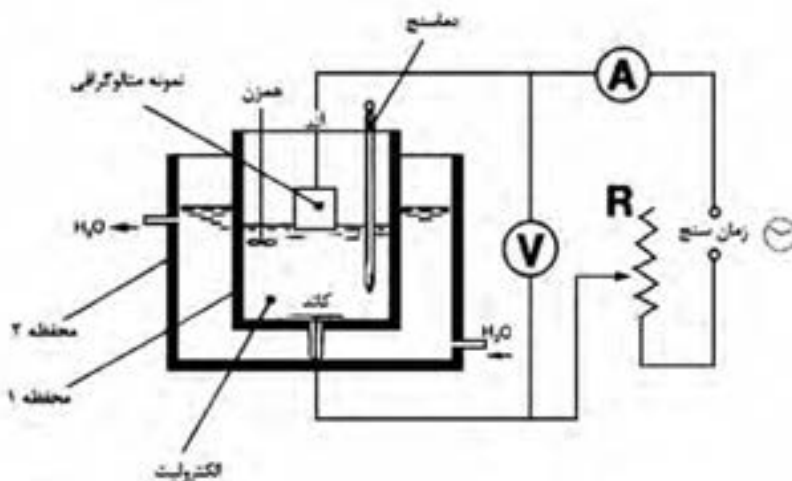
شکل ۱۴- انواع کاغذهای سنبناده و مواد مانت سرد و گرم مورد استفاده در متالوگرافی



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 بوجود 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، اکسید منیزیم، پودر الماسه یا کاربید سیلیسیم 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. بدین 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 تصویر می‌شاهد 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

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

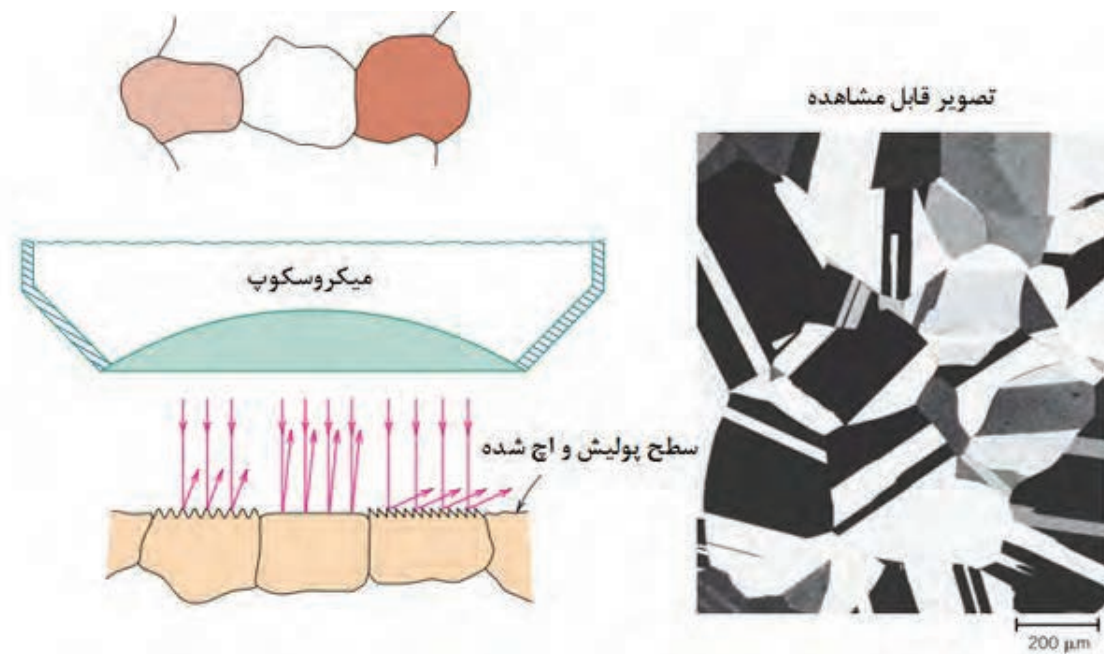


تفاوت‌های عمده بین نمونه ماکروسکوپی و میکروسکوپی در چه مواردی می‌باشد؟

میکروسکوپ‌های نوری متالوگرافی

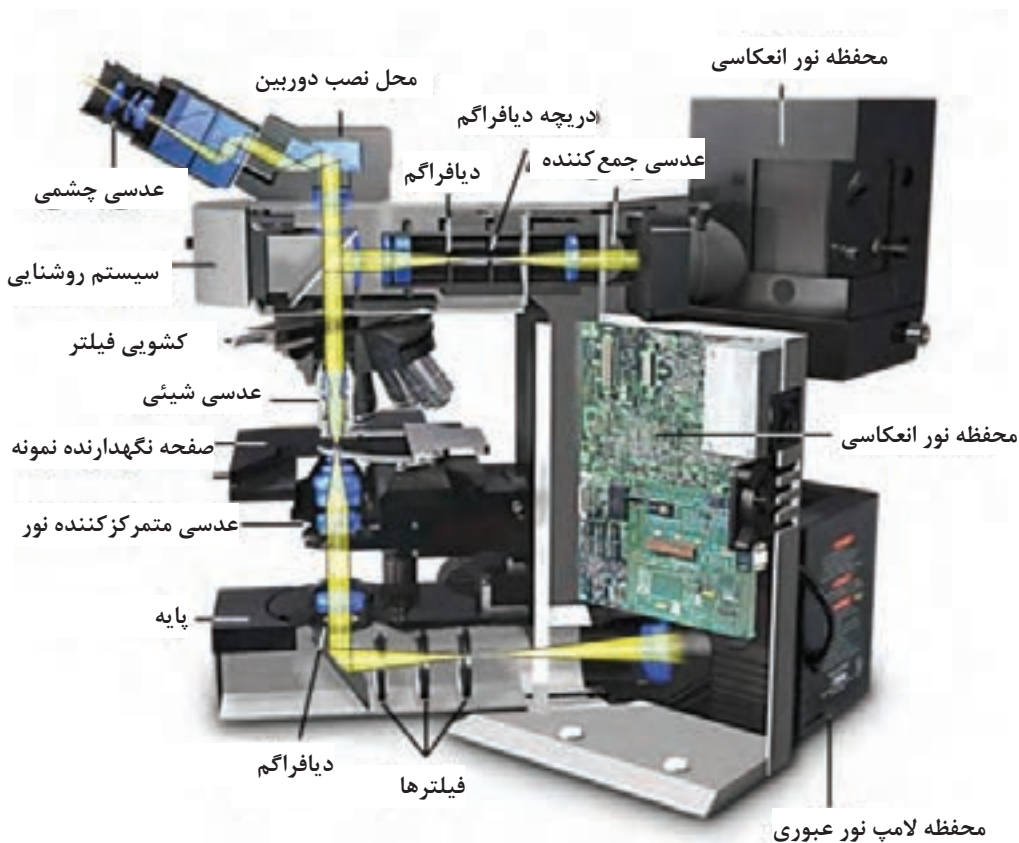
در بررسی‌های متالوگرافی از میکروسکوپ‌های نوری انعکاسی (بازتابی) جهت مشاهده سطح نمونه استفاده می‌شود. این میکروسکوپ‌ها به‌طور کلی شامل عدسی‌های چشمی و عدسی‌های شیئی و یک منبع نوری با شدت بالا می‌باشند. در این میکروسکوپ‌ها نور ایجاد شده بوسیله عدسی‌های جمع‌کننده و توسط یک منعکس‌کننده به سطح نمونه مورد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

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 به‌وجود 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.



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 به‌وسیله پیچ تنظیم بزرگ نمونه را به عدسی شیئی نزدیک کرده و سپس با پیچ تنظیم ظریف‌تر تصویر را ظاهر می‌نمایند.

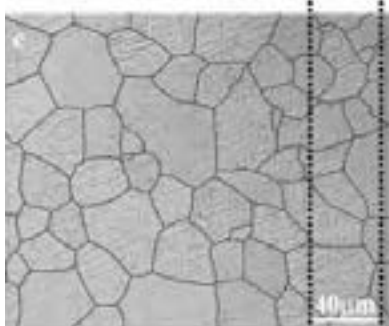
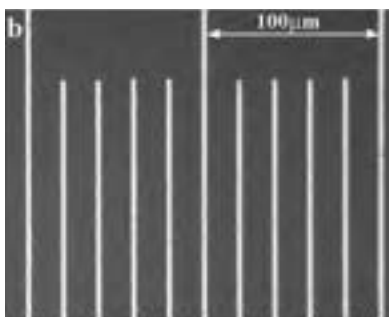
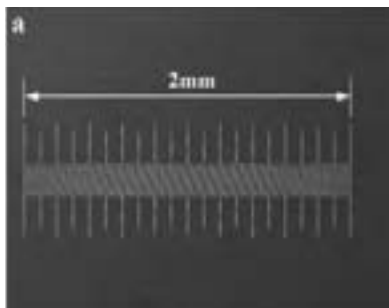


شکل ۱۸- اجزای مختلف میکروسکوپ نوری متالوگرافی

میکروسکوپ‌های نوری متالوگرافی بر حسب 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 ۲- 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 $10 \times 40 = 400$ 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 بایستی دارای مقیاس مناسب باشد. برای این منظور می‌توان با کمک خط‌کش 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 خط‌کش 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 نمایید.
- ۲ مذاب آلیاژ آلومینیوم- (۸-۱۰)٪ سیلیسیم با استفاده از یک کوره مناسب تهیه و سرپاره‌گیری نمایید.
- ۳ قالب را پیش‌گرم نموده 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 نمایید.
- ۶ نمونه‌های استوانه‌ای ریخته شده را در مقطع‌های مختلف با دقت برش داده و سوهان‌کاری نمایید.
- ۷ مراحل سنباده‌کاری از سنباده ۱۲۰ تا ۲۰۰۰ به دقت انجام دهید.
- ۸ پولیش نمونه‌ها با سوسپانسیون Al_2O_3 با اندازه دانه ۰/۵ میکرون (با ترکیب ۵۰ گرم پودر در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) بر روی نمدی از جنس پارچه ماهوتی توسط دستگاه پولیش.
- ۹ نمونه‌ها را با استفاده از محلول‌های اچ جدول ۲، اچ نموده 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.

بحث گروهی



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

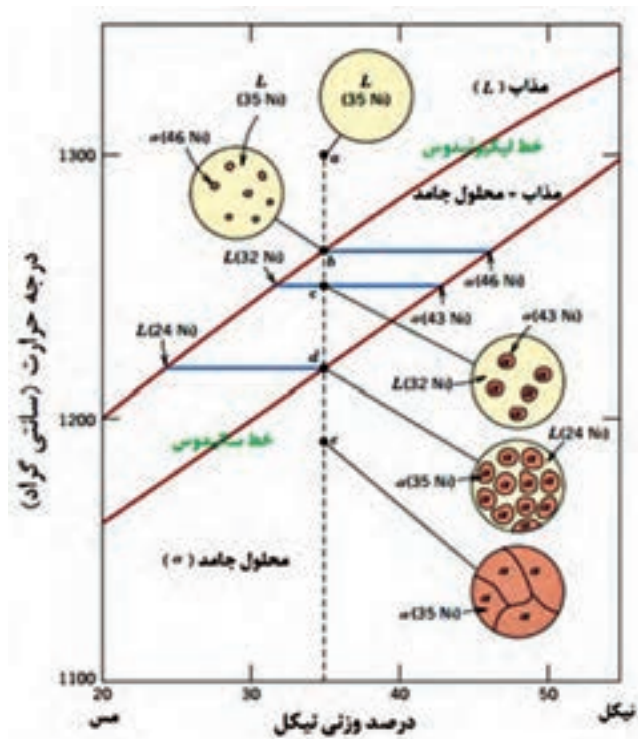
انواع آلیاژها و نمودارهای فازی

انعکاس 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،

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 فرآیند انجماد و تشکیل محلول جامد نشان داده شده است.



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

سه نمونه از آلیاژ برنج با درصدهای ۵، ۱۰ و ۱۵ در قالب CO_2 تهیه و زیر میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار داده و تصاویر میکروسکوپی آنها را در بزرگ‌نمایی‌های مختلف با یکدیگر مقایسه نمایید.

فعالیت
کارگاهی ۳



وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

قطعه یا نمونه ریخته شده از آلیاژ مورد نظر در قالب CO_2 ، 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 ۵/۰ 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 نموده و مورد بررسی میکروسکوپی قرار دهید.
- ۳ نتیجه به دست آمده را به صورت گزارش کار به هنرآموز ارائه نمایید.

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



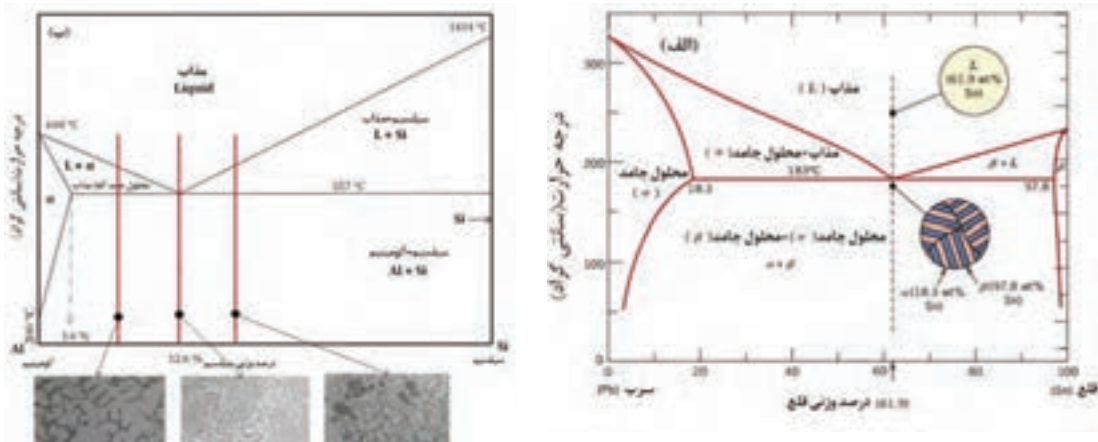
با افزایش درصد روی در برنج ساختار میکروسکوپی آلیاژ چه تغییری می‌کند؟ پس از بحث و گفتگو پاسخ تحلیلی خود را به همراه گزارش کار به هنرآموز ارائه نمایید.

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، آلومینیم - سیلیسیم و غیره اشاره کرد. هر کدام از این آلیاژها در صنعت مصارف خاص خود را دارند. به‌طور مثال آلیاژ نقره - مس جهت وسایل تزئینی، قلع - سرب جهت لحیم کاری، آهن - کربن و آلومینیم - سیلیسیم در قطعات خودرو به کار می‌روند.
در شکل (۲۲) نمودار فازی سرب - قلع (سمت راست) و آلومینیم - 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 آلومینیم-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 و 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 نموده و مورد بررسی میکروسکوپی قرار دهید.
 - ۳ نتیجه را به‌صورت گزارش کار به هنرآموز ارائه نمایید.

بحث گروهی



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

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.

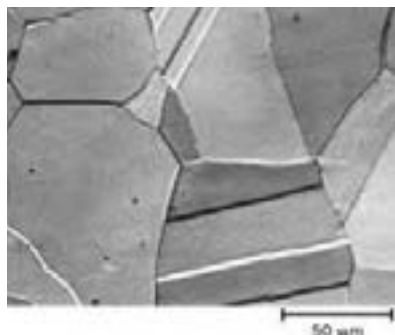
آلیاژهای یوتکتوئیدی: در دگرگونی یوتکتوئیدی یک فاز جامد به دو فاز جامد دیگر در دمای ثابت تبدیل می‌شود. این دگرگونی بیشتر در آلیاژهای آهن - کربن (فولادها و چدن‌ها) مطرح می‌باشد که در ادامه به تفصیل بیان می‌شود.

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.

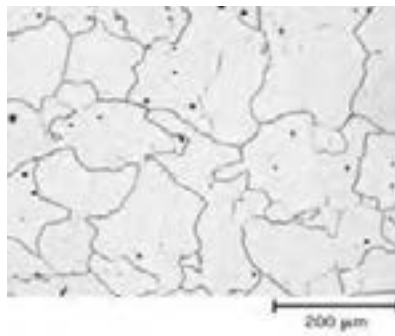
ساختار زمینه در فولادهای ساده کربنی:

الف) آستنیت (γ): محلول جامد آهن و کربن است که دارای ساختمان مکعبی FCC بوده و در جریان سرد شدن و انجماد به وجود می‌آید (شکل ۲۳). این فاز در فرآیند 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 سانتیگراد به بالا است لذا در دمای محیط در شرایط تعادلی در فولادهای ساده کربنی قابل مشاهده نیست.



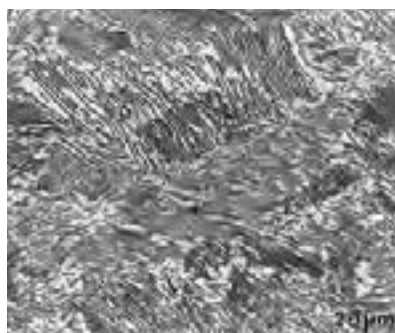
شکل ۲۳- تصویر میکروسکوپی آستنیت (بزرگ‌نمایی ×۴۰۰)

ب) فریت (α): محلول جامد کربن در آهن با شبکه کریستالی BCC می‌باشد که حداکثر مقدار کربن ۰/۰۲ درصد در ۷۲۳ درجه سانتی‌گراد 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 کاربید آهن یا سمنتیت به وجود می‌آید. این فاز یک ترکیب بین فلزی بوده که هنگام سرد کردن تعادلی از دمای بالا در اثر تحول یوتکتیک و یوتکتوئید به وجود می‌آید.



شکل ۲۵- تصویر میکروسکوپی پرلیت (بزرگ‌نمایی ×۸۰۰)

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

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 می‌باشد. در شکل ۲۶ نمودار آهن - سمانتیت و آهن - گرافیت همراه با محدودی 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 سانتی‌گراد می‌باشد. 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 - سمنتیت، آستنیت - سمنتیت (لدبوریت)، فریت - سمنتیت (پرلیت) می‌باشد. در این نمودار تحول یا دگرگونی‌های مهم (به غیر از تحول پریتکتیک)، به صورت‌های زیر مطرح می‌باشد.

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

سمنتیت + آستنیت \rightarrow مذاب

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

سمنتیت ($6.67\% \text{C}$) + فریت ($0.02\% \text{C}$) \rightarrow آستنیت ($0.77\% \text{C}$)

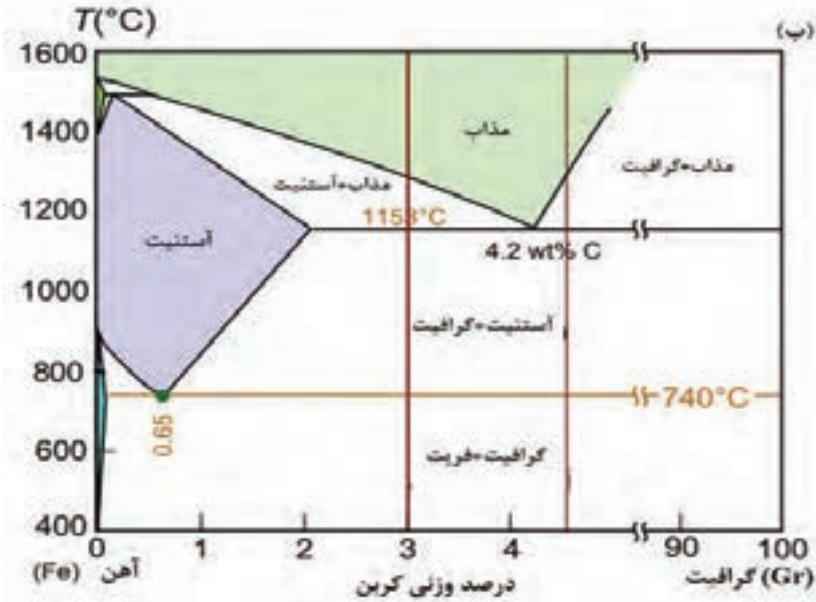
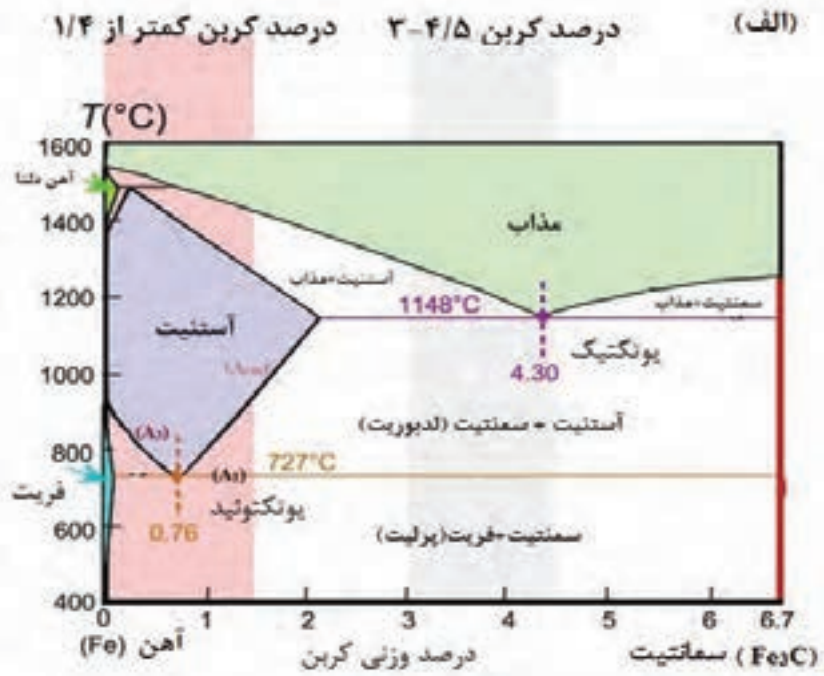
در نمودار آهن - کربن دماهای استحاله را اغلب دماهای بحرانی می‌نامند. در این دماها، تغییراتی در انتقال حرارت و یا حجم نمونه در اثر سرد یا گرم کردن ملاحظه می‌شود. دماهای بحرانی که در فرایندهای عملیات حرارتی از اهمیت مهمی برخوردار هستند عبارت‌اند از:

● فصل مشترک منطقه دو فازی فریت - سمنتیت و یکی از مناطق دو فازی فریت - آستنیت و یا سمنتیت - آستنیت (A_1). (A_{cm})

● 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 - سمنتیت (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 می‌باشند.



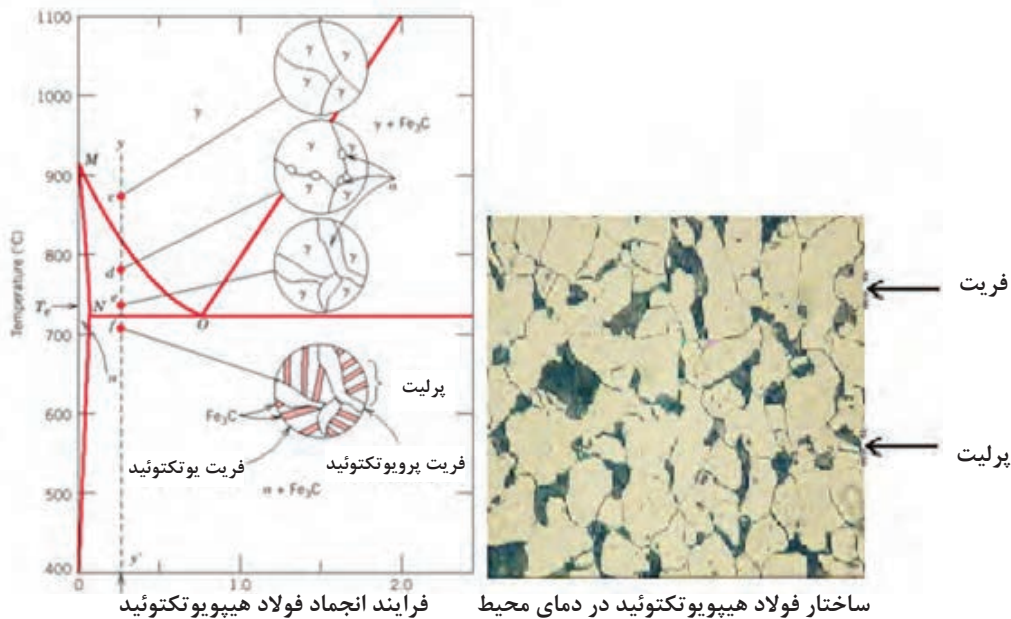
شکل ۲۶- نمودار آهن - کربن (الف) در حالت نیمه تعادلی (آهن - سمانتیت) (ب) در حالت تعادلی (آهن - گرافیت)

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 گفتگو پاسخ تحلیلی خود را به صورت گزارش کار به هنرآموز ارائه دهید.

بحث گروهی

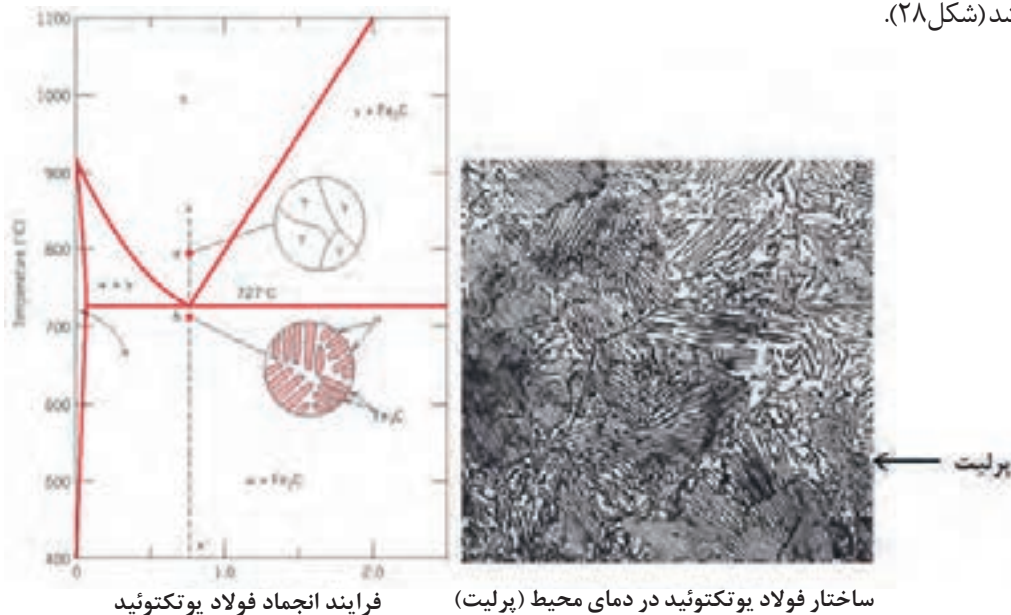


الف) فولادهای هیپویوتکتوئید: این فولادها دارای ۰/۰۲ تا ۰/۷۷ درصد کربن دارند و ساختار متالوگرافی آنها شامل فریت و پرلیت می‌باشد که با افزایش درصد کربن بر میزان پرلیت اضافه شده و از فریت کاسته می‌شود. شکل (۲۷) فرایند تشکیل فازهای مختلف را در حین انجماد تعادلی نشان می‌دهد. در ساختار نهایی (دمای محیط) در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



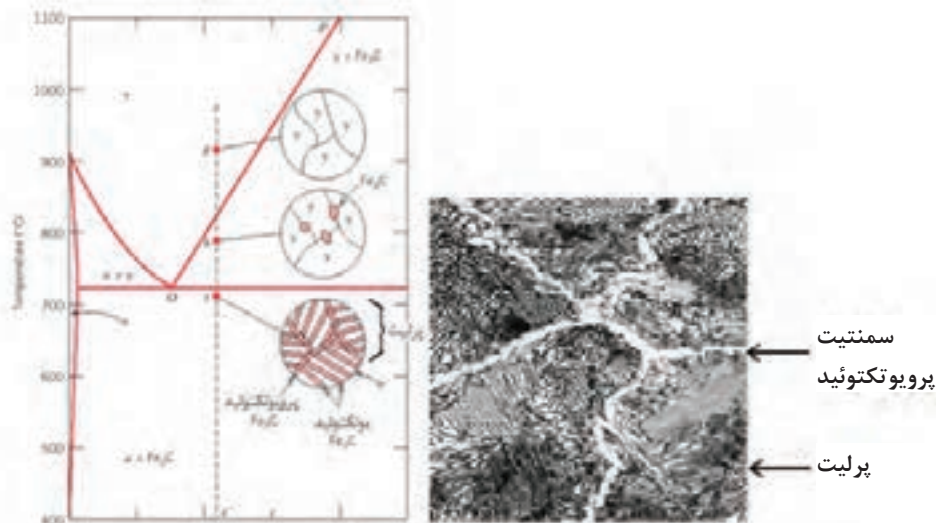
شکل ۲۷- ساختار متالوگرافی فولاد هیپویوتکتوئید

ب) فولادهای یوتکتوئید: کربن این فولاد حدود ۰/۷۷ درصد بوده و ساختار آن در دمای محیط کاملاً پرلیتی می‌باشد. پرلیت در زیر میکروسکوپ در بزرگ‌نمایی‌های کم به رنگ تیره و در بزرگ‌نمایی‌های بزرگ به صورت اثر انگشت قابل مشاهده می‌باشد (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 سمنتیت است که با افزایش درصد کربن بر فاز سمنتیت اضافه شده و از فاز پرلیت کاسته می‌شود (شکل ۲۹).



شکل ۲۹- ساختار متالوگرافی فولاد هیپر یوتکتوئید
فرایند انجماد 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 ۰/۵ میکرون (با ترکیب ۵۰ گرم پودر در ۵۰ میلی لیتر آب مقطر) بر روی نمدی از جنس پارچه ماهوتی توسط دستگاه پولیش.
نمونه‌ها را با استفاده از محلول‌های اچ جدول ۱، اچ نموده و مورد بررسی میکروسکوپی قرار دهید.

نکات ایمنی



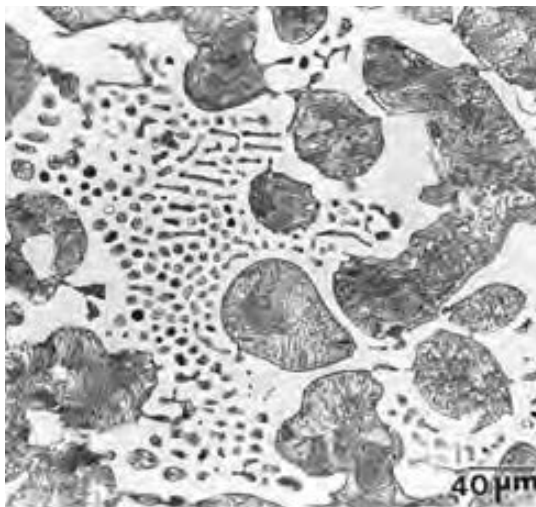
- ۱ هنگام برش نمونه‌ها با دستگاه کاتر از محافظ دستگاه استفاده شود.
- ۲ بعد از برش نمونه‌ها و سوهان کاری، گوشه‌های تیز و برنده نمونه‌ها قوس داده شود تا هنگام گرفتن آنها با دست و سنباده کاری آسیبی به دست وارد نشود.
- ۳ هنگام تهیه و استفاده از محلول‌های اچ نکات ایمنی رعایت شده و باقی مانده محلول به‌طور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



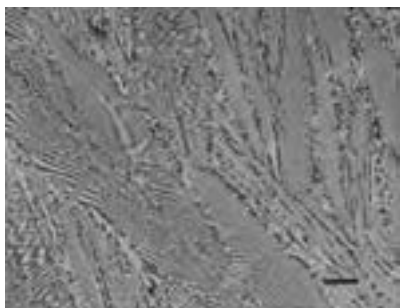
شکل ۳۰- ساختار میکروسکوپی چدن سفید هیپو یوتکتیک در بزرگ‌نمایی $\times 400$

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.

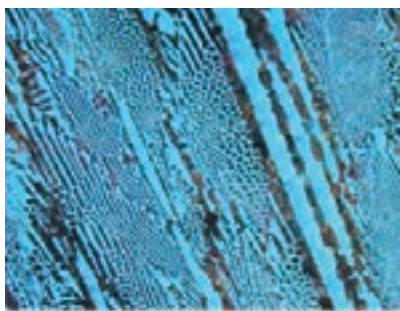
در چدن‌ها تشکیل گرافیت و سمانتیت بستگی به سرعت سرد کردن و ترکیب شیمیایی آن دارد. اگر سرعت سرد شدن در حین انجماد و پس از آن زیاد باشد، سمانتیت به وجود می‌آید ولی اگر درصد کربن و سیلیسیم بالا و سرعت سرد شدن آهسته باشد، گرافیت به وجود می‌آید. به همین علت دو نمودار تعادلی آهن - سمانتیت و آهن - گرافیت در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

ساختار چدن‌ها در سیستم تعادلی آهن - سمانتیت

در سرعت سرد شدن زیاد در حین 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 ۴/۳ درصد کربن بوده و در فرایند انجماد از نقطه ذوب در اثر تحول یوتکتیک تمامی فاز مذاب به لدبوریت (سمانتیت + آستنیت) منجمد 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 ۴/۳ تا ۶/۶۷ می‌باشد. 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 ۱۲۰ تا ۲۰۰۰، 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 ۰/۰۵ میکرون (با ترکیب ۵۰ گرم پودر در ۵۰۰ 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 نمایید.
- ۴ نمونه‌ها را با استفاده از محلول‌های اچ جدول ۲، اچ نموده 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.

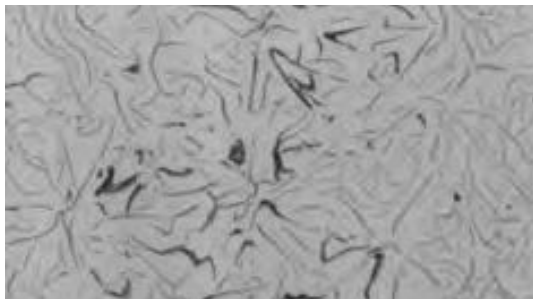


- ۱ هنگام تهیه نمونه توسط ضربه زدن، از پرتاب شدن قطعات شکسته شده ممانعت گردد.
- ۲ بعد از برش نمونه‌ها و سوهان کاری، گوشه‌های تیز و برنده نمونه‌ها قوس داده شود تا هنگام گرفتن آنها با دست و سنباده کاری آسیبی به دست وارد نشود.
- ۳ جهت براده‌برداری سطوح قطعات از سنگ سنباده استفاده نشود.



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 هیپریوتکتیک (فریت به همراه گرافیت لایه‌ای)



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

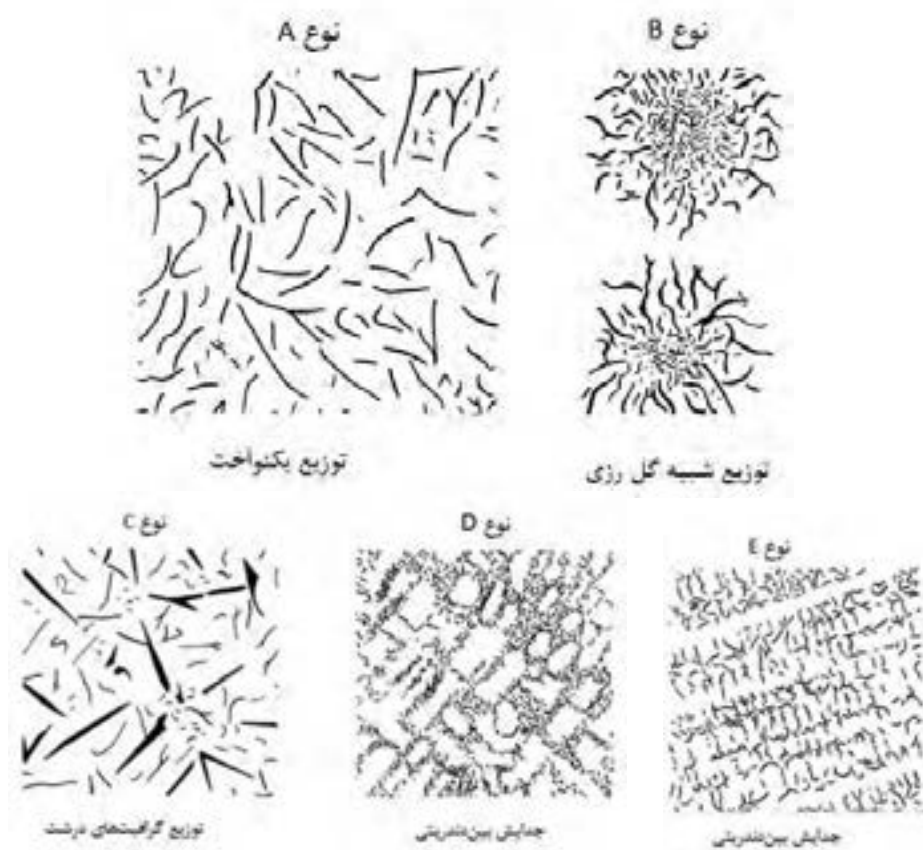
ساختار چدن‌ها در سیستم تعادلی آهن - گرافیت

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. و چون 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 هیپریوتکتیک: درصد کربن این چدن‌ها ۲ تا $4/3$ درصد بوده و فرایند انجماد آنها با جدا شدن دندریت‌های 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 هیپریوتکتیک 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 سانتی‌گراد 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. جهت بررسی فازهای تشکیل شده آنها را در محلول‌های مناسب اچ و در بزرگ‌نمایی‌های مختلف مشاهده می‌نمایند. 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 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 نموده و تحویل هنرآموز دهید.

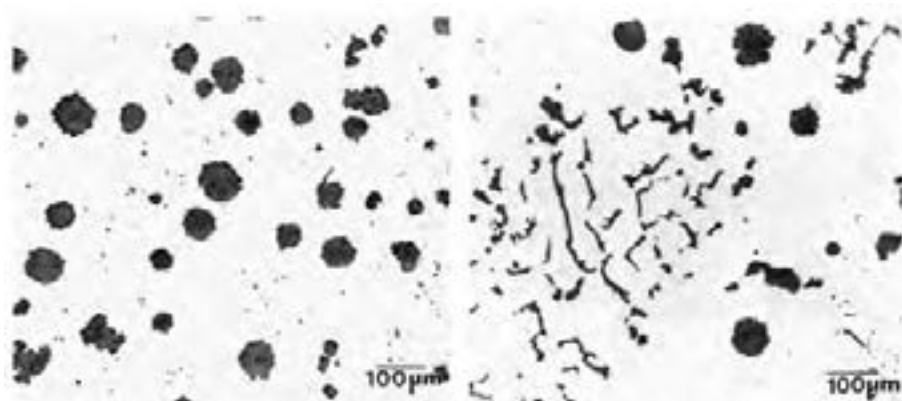
وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

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 می‌باشد. شکل (۳۶) ساختارهای میکروسکوپی چدن‌های داکتیل در حالت پولیش شده را نشان می‌دهد.

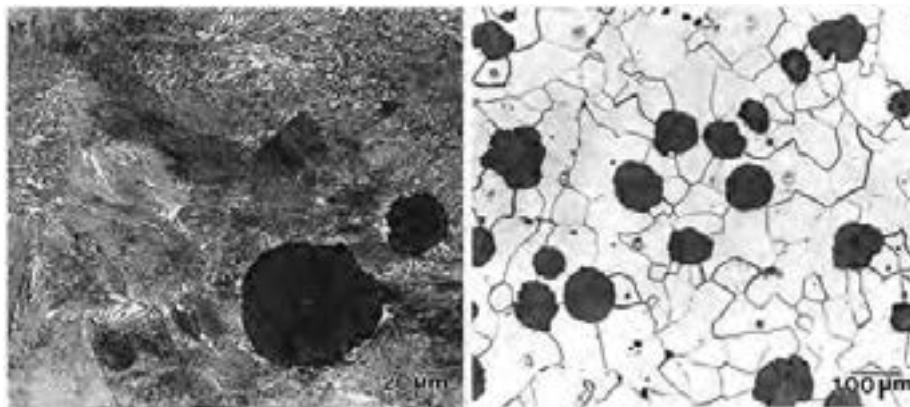


چدن داکتیل با بیشتر از ۹۰ درصد کروی شدن

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 به جای بریدن به وسیله ضربه و شکستن نیز تهیه نمود).
- ۳ آماده‌سازی نمونه‌ها با استفاده از سوهان کاری و سنباده کاری
- ۴ 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.
- ۵ نمونه‌ها را بعد از پولیش با الکل شسته و بعد از خشک کردن در زیر میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی‌های مختلف مشاهده نمایید.
- ۶ نمونه‌ها را با استفاده از محلول‌های اچ جدول ۲، اچ نموده 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 به صورت شماتیک در گزارش کار ترسیم نمایید.

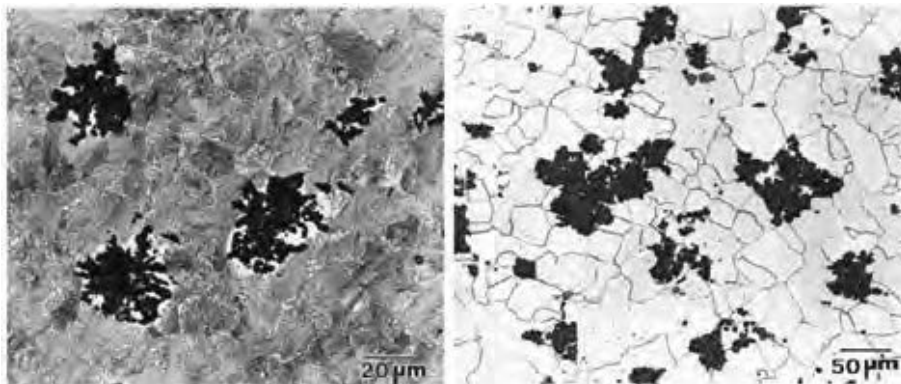
برای افزودن فروسیلیسیم منیزیم از خوراک‌دهنده با درپوش مناسب استفاده شده تا مانع پخش مذاب به اطراف شود.



ساختار میکروسکوپی چدن مالیبیل (چکش خوار)

چدن‌های مالیبیل از عملیات حرارتی چدن‌های سفید به دست می‌آیند. در چدن‌های سفید کربن به صورت 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 نمود که عبارت‌اند از چدن‌های مالیبیل فریتی و چدن‌های مالیبیل پرلیتی.

چدن‌های مالیبیل دارای خواص مکانیکی بهتری نسبت به چدن‌های خاکستری می‌باشند. 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 ترسیم نمایید.



ارزشیابی پایانی

<p>نقشه کار: انجام آزمایش های متالوگرافی شاخص عملکرد: ۱- تهیه نمونه، ۲- آماده سازی سطح ۳- اچ کردن ۴- شناسایی ساختار</p>			
<p>شرایط انجام کار:</p> <p>۱- انجام کار در محیط آزمایشگاه متالورژی ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس ۳- تهویه استاندارد و دمای $20 \pm 3^{\circ}C$</p> <p>۴- ابزارآلات و تجهیزات استاندارد و آماده به کار ۵- وسایل ایمنی استاندارد ۶- زمان ۹۰ دقیقه</p> <p>مواد مصرفی: سنباده - محلول اچ - مواد مانت - خمیر الماسه و نمد پولیش - الکل - آب مقطر - سنگ تراش - تیغه کاتر - سنگ ساب - پودر آلومینا - پودر اکسید منیزیم</p>			
<p>ابزار و تجهیزات:</p> <p>دستگاه برش - دستگاه سنگ - دستگاه مانت - دستگاه پولیش - میکروسکوپ - دستگاه خشک کن و شیشه ساعت</p> <p>نمونه و نقشه کار:</p> <p>۱- برشکاری نمونه در ابعاد مورد نظر، تمیزکاری و سنگ زدن سطح نمونه به طرز صحیح و در صورت نیاز مانت کردن</p> <p>۲- سنباده زدن سطح نمونه با استفاده از سنباده های 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</p> <p>۳- آماده کردن محلول اچ متناسب با جنس فلز و اچ کردن نمونه در زمان مشخص توسط محلول اچ و سپس شستشو با الکل و آب مقطر و خشک کردن</p> <p>۴- کار با میکروسکوپ نوری جهت مشاهده دانه بندی و ساختار میکروسکوپی نمونه از لحاظ تشخیص فازهای موجود و در صورت نیاز تهیه عکس</p> <p>معیار شایستگی:</p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی	نمره هنرجو
۱	نمونه برداری	۱	
۲	آماده سازی سطح	۲	
۳	اچ کردن	۲	
۴	بررسی ساختار	۲	
	<p>شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</p> <p>۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار</p> <p>۲- مسئولیت پذیری</p> <p>۳- مدیریت مواد و تجهیزات</p> <p>۴- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی و عینک محافظ</p> <p>۵- تمیز کردن وسایل محیط کار</p>	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.