

متالوگرافی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

- ۱- با متالوگرافی آشنا شود و روش‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی انجام دهد.
- ۲- آزمایش‌های مربوط به ساختار ماکروسکوپی آلومینیم و آلیاژهای آن را انجام دهد.
- ۳- آزمایش‌های مربوط به ساختار میکروسکوپی آلیاژهای آهنی (فولادها، چدن‌ها) را انجام دهد.

۳- متالوگرافی^۱

به‌خصوص علم فیزیک و اختراع میکروسکوپ‌های جدید مطالب بسیار زیادی در خصوص اندازه و شکل دانه‌های فلزات و آلیاژها و خواص آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در سال‌های اخیر با اختراع میکروسکوپ‌های الکترونی^۲ و دستگاه تفرق اشعه‌ی X^۳ اطلاعات بسیار در رابطه با متالوگرافی به‌دست آمده که کمک شایانی به پیشرفت دانش متالورژی کرده است.

مطالعه بر روی ساختمان فلزات و آلیاژها به دو روش ماکروسکوپی و میکروسکوپی انجام می‌شود.

متالوگرافی عبارت است از مطالعه‌ی ساختمان داخلی فلزات و آلیاژها، حدود ۲۰۰ سال پیش (۱۸۰۰ میلادی) دانشمندان مطالعه‌ی فلزات را در زیر میکروسکوپ آغاز کردند و توانستند ارتباط بین اندازه‌ی دانه‌ها و سختی فلزات را بیابند و به وجود خطوط در ساختمان میکروسکوپی فولادهای سخت شده و خواص آن‌ها پی ببرند.

امروزه روش‌ها و ابزارهای متعددی به منظور ظاهر ساختن ترکیب ساختمان فلزات و آلیاژها وجود دارد. با پیشرفت علوم

۱-۳- آزمایش شماره ۱

مطالعه بر روی ساختمان فلزات به روش

ماکروسکوپی^۱

مطالعه‌ی ماکروسکوپی برای پی بردن به شکل انجماد اندازه‌ی دانه‌ها و هم‌چنین بررسی حفره‌های انقباضی، گازی و ترک‌ها به کار می‌رود. مشاهده در این روش معمولاً با چشم غیر مسلح و یا با عدسی‌هایی با بزرگ‌نمایی کم انجام می‌شود. این عمل پس از انتخاب نمونه و انجام مراحل آماده‌سازی آن و اثر دادن مواد آشکارساز انجام می‌پذیرد.

با مطالعه‌ی ماکروسکوپی قطعات ریخته‌گی می‌توان:

(الف) حفره‌های گازی و انقباضی را تعیین نموده و آن‌ها

را از یکدیگر تشخیص داد.

(ب) شکاف‌ها و محفظه‌های تشکیل شده در اثر شرایط

نامناسب ذوب، ریخته‌گری و انجماد را مشاهده نمود.

(پ) ترک‌های به‌وجود آمده در قطعات آهن‌گری و نورد

شده در حین کار مکانیکی یا عملیات حرارتی را مشخص نمود.

(ت) مک‌های گازی ناشی از جوش کاری را که در محل

جوش به‌وجود می‌آید تعیین نمود.

در این روش ساختار فلزات با بزرگ‌نمایی حداکثر ۱۰

برابر صورت می‌گیرد. این امر موجب می‌شود تا یک مطالعه‌ی

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، طبیعت و کیفیت عملیات

نهایی (ریخته‌گری، کار مکانیکی، جوش کاری و ...) به دست

می‌آید.

شکل‌های ۱-۳، ۲-۳، ۳-۳ و ۴-۳ ساختار ماکروسکوپی

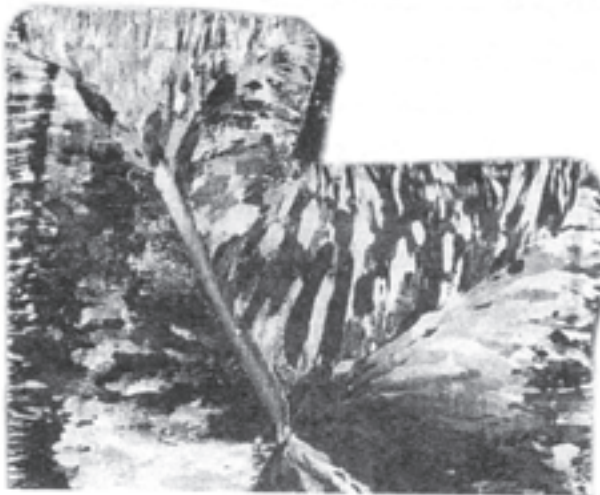
چند نوع آلیاژ آلومینیوم (Al) را نشان می‌دهد.

(الف) ساختار نوعی شمش آلومینیوم: همان‌طور که در

شکل ۱-۳ مشاهده می‌شود در کناره‌های شمش دانه‌های تیریدی

ریز وجود دارد و دانه‌های ستونی از کنار به طرف وسط کشیده

شده‌اند.



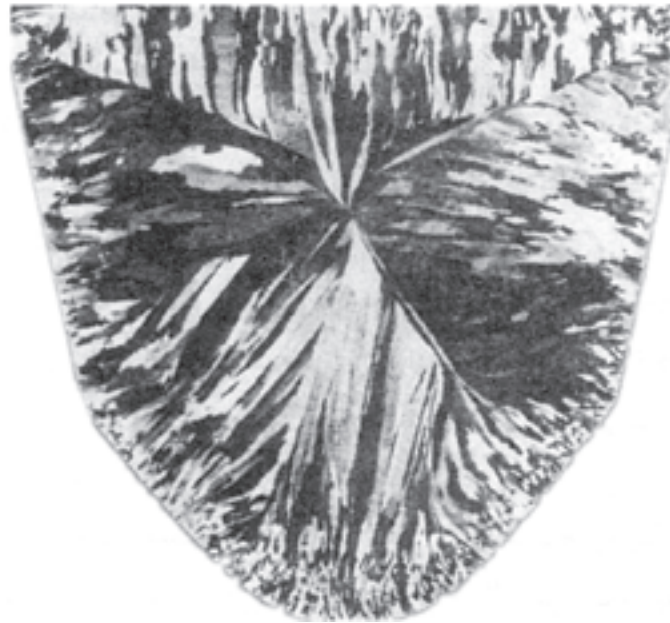
شکل ۱-۳- شمش آلومینیوم بزرگ‌نمایی $\times 1$ محلول اچ‌تاکر

(ب) شمش آلومینیوم با مواد اصلاح‌کننده: نمونه‌ی همان شمش قبلی است ولی از مواد اصلاح‌کننده استفاده شده است و همان‌طور که در شکل ۲-۳ دیده می‌شود دانه‌های تشکیل شده‌ی آن ظریف‌ترند.



شکل ۲-۳- شمش آلومینیوم بزرگ‌نمایی $\times 1$ محلول اچ‌تاکر

پ) شمش آلومینیوم: شکل ۳-۳ مربوط به یک نوع شمش آلومینیومی است که بر اثر انتقال حرارت سریع دانه‌های تبریدی به وجود آمده و دانه‌های ستونی نیز بعد از دانه‌های تبریدی به وجود آمده است.



شکل ۳-۳- شمش آلومینیوم بزرگ‌نمایی $\times 1$ محلول اچ تاگر

برای مشاهده‌ی بهتر بعضی از آلیاژها از نظر دانه‌بندی معمولاً آن‌ها را آنیل می‌کنند.

وسایل مورد نیاز

اره دستی، سوهان خشن و نرم

سنباده از خشن تا ظریف

محلول اچ طبق جدول شماره ۱-۳ متناسب با جنس

نمونه

آب مقطر- الکل - خشک‌کن - شیشه ساعت - انبرک

نمونه‌گیر

نکات ایمنی: رعایت نکات ایمنی لازم و ضروری است

مراحل انجام آزمایش

۱- انتخاب نمونه: نمونه باید از محلی از قطعه انتخاب

شود که معرف و نماینده‌ی کل آن باشند. اندازه‌ی قطعات

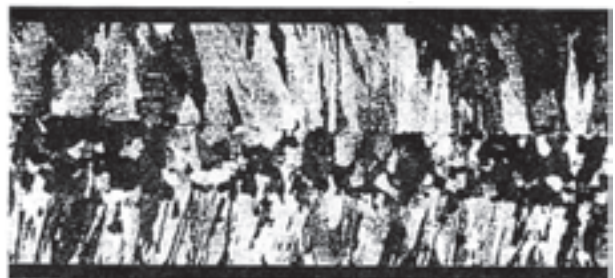
ماکروسکوپی معمولاً بزرگ است و در بعضی مواقع حتی مقاطع

شمش‌ها را در اندازه‌ی واقعی از مقطع، می‌توان برای آزمایش

ت) آلیاژ آلومینیوم: در شکل ۳-۴ در تصویر الف و ب دو

نمونه از یک آلیاژ مشاهده می‌شود. در تصویر الف دانه‌های تبریدی

و ستونی هم‌محور و در تصویر ب همان آلیاژ با مواد اصلاح‌کننده.



الف



ب

شکل ۳-۴

انتخاب کرد.

عمل سنباده کاری از سنباده های زبر شروع شده و به سنباده های ظریف تر ادامه داده می شود. در جابه جایی به سنباده ی ظریف تر، نمونه 90° چرخانده می شود. در هر مرحله باید نمونه و دست با آب کاملاً شسته شود تا براده ای باقی نماند و سپس سنباده کاری بر روی سنباده ی بعدی ادامه یابد.

عمل مداوم ریختن آب بر روی سنباده باعث شستن براده های ایجاد شده و خنک کردن نمونه ها می شود. فشار آب نیز باید مناسب بوده و تمام سطوح سنباده را پوشش دهد عمل سنباده کاری علاوه بر این روش با استفاده از سنباده ی دوار برقی نیز انجام می شود. (شکل ۳-۶) در این روش از یک الکتروموتور و صفحه ی دوار که بر روی آن سنباده چسبیده شده است استفاده می شود.



شکل ۳-۶

۴- آشکار سازی یا اچ کردن: پس از آماده سازی نمونه برای آشکار کردن ساختار آن، نمونه را اچ می کنند.

۲- برش و سوهانکاری: برش نمونه به وسیله اره های دستی یا اره لنگ انجام می گیرد و برای سوهانکاری از سوهان های خشن شروع و به سوهان ظریف ختم می شود.

تذکره: در جریان برش و سوهانکاری باید دقت کافی به عمل آید تا سایش باعث گرم شدن زیاد نمونه نشود.

۳- سنباده کاری: پس از انجام انتخاب نمونه و سوهانکاری نمونه را سنباده کاری می کنند عملیات سنباده کاری معمولاً بر روی یک سری سنباده که بر روی صفحه ی صاف و تخت که دارای شیب مشخصی است انجام می شود و بر روی سنباده ها آب ریخته می شود. بنابراین جنس سنباده باید ضدآب باشد.

سنباده ها معمولاً دارای زبری مشخصی هستند و عدد زبری سنباده روی آن نوشته شده است. این ارقام معمولاً به صورت ۸۰ - ۱۲۰، ۲۲۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰، ۱۲۰۰ و ۱۵۰۰ می باشد که هرچه عدد بزرگ تر باشد نشان دهنده ی نرم تر بودن سنباده است.

در شکل ۳-۵ صفحه ی سنباده، نحوه ی چسباندن سنباده، بر روی صفحه و روش سنباده کاری مشاهده می شود. همان طوری که در این شکل دیده می شود نمونه باید با فشار متوسط دست و از پایین به طرف بالا حرکت داده شود.



شکل ۳-۵

اچ کردن عبارت است از ایجاد خوردگی ضعیف توسط مواد خورنده. مواد اچ و روش اچ کردن برای فلزات و آلیاژهای مختلف متفاوت است. در جدول ۱-۳ انواع محلول‌های اچ و کاربردشان آمده است. پس از اچ کردن معمولاً نمونه‌ها را با الکل یا آب شسته و خشک می‌کنند.

جدول ۱-۳- مواد اچ، ماکروسکوپی و کاربرد آن‌ها

فلز و آلیاژ	محلول خورنده یا ظاهرکننده‌ی اچ	ترکیب	کاربرد
فولاد و چدن	شماره ۱ اسید کلریدریک	۵۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۵۰ میلی لیتر آب	سگرگاسیون (جدایش) تخلخل، ترک‌ها عمق منطقه‌ی سخت
	شماره ۲ نایتال	۵ میلی لیتر اسید نیتریک ۹۵ میلی لیتر الکل اتیلیک	عمق سختی کربوره شده کربن‌گیری شده‌ی ساختمان جوش، منطقه‌ی اثر جوش
مس و آلیاژهای آن	شماره ۳ اسید نیتریک	۱۰ تا ۳۵٪ اسید نیتریک	اندازه‌ی دانه‌ها، تخلخل، انیکلوژن‌ها
	شماره ۴ هیدرواکسید سدیم	۱۰ میلی لیتر HF ۱۵ میلی لیتر HCl ۲۵ میلی لیتر اسید نیتریک ۵۰ میلی لیتر آب	خورنده‌ی عالی برای آلیاژهای باتاقان و مس
آلومینیوم و آلیاژهای آن	شماره ۵ هیدرواکسید سدیم	۱۵۰ گرم سود و ۹۰ میلی لیتر آب گرم	می‌تواند برای ظاهر کردن ماکروسکوپی به کار رود
	شماره ۶ اچ فلیک	۱۰ میلی لیتر HF ۱۰ میلی لیتر اسید HCl ۹۰ میلی لیتر آب	آزمایش ماکروسکوپی آلیاژهای آلومینیوم ۱۰ تا ۲۰ ثانیه غوطه‌ور کنید و در آب گرم بشوید و سپس در اسید نیتریک غلیظ فرو ببرید.

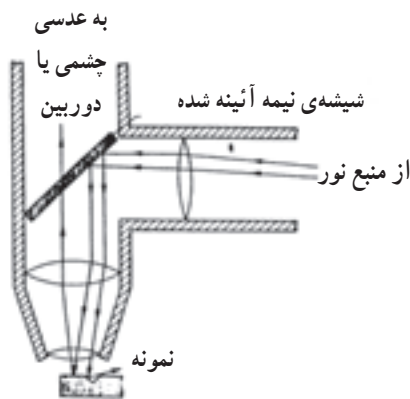
۵- بررسی ساختار ماکروسکوپی: پس از انجام عملیات اچ کردن ساختار نمونه را با چشم غیرمسلح بررسی نموده و مشاهدات خود را از نمونه بر روی کاغذ رسم کنید.

تمرین ۱- چند نمونه آلومینیومی که با سرعت‌های مختلف منجمد شده‌اند را آماده‌سازی نموده و ساختار ماکروسکوپی آن‌ها را بررسی و با هم مقایسه نمایید.

تمرین ۲- چند نمونه از آلومینیوم‌های ریخته‌گری شده با مواد جوانه‌زا و بدون مواد جوانه‌زا را آماده‌سازی نموده و ساختار ماکروسکوپی آن‌ها را بررسی و با هم مقایسه نمایید.

۲-۳- آزمایش شماره ۲

خواهد شد.
همان طور که در شکل ۳-۷ مشاهده می‌گردد نور تابیده شده به سطح قطعه پس از برخورد به قسمت فرورفتگی شکسته می‌شود و در همان نقاط محل‌های تیره برای مشاهده‌ی تصویر به وجود می‌آید.



شکل ۳-۷

شکل ۳-۸ اجزای مکانیکی و نوری یک میکروسکوپ متالوگرافی را نشان می‌دهد. قسمت‌های مختلف آن عبارت‌اند از:

- ۱- عدسی جمع‌کننده‌ی نور
- ۲- نگهدارنده‌ی کمی
- ۳- دیافراگم اول
- ۴- فیلتر
- ۵- دیافراگم دوم
- ۶- عدسی متمرکزکننده‌ی نور
- ۷- نمونه‌ی پولیش شده
- ۸- عدسی شیئی
- ۹- منعکس‌کننده
- ۱۰- لوله‌ی همراه با عدسی
- ۱۱- تجزیه‌کننده‌ی چرخان اشعه نور
- ۱۲- عدسی چشمی

برای تنظیم کردن میکروسکوپ و گرفتن تصویر، ابتدا به وسیله‌ی پیچ تنظیم بزرگ نمونه را به عدسی شیئی نزدیک کرده و

مطالعه بر روی ساختار فلزات به روش میکروسکوپی مطالعه‌ی میکروسکوپی به منظور بی‌بردن به شکل، نوع، اندازه‌ی دانه‌ها و فازها و همچنین شکل و نوع پخش پراکندگی بر روی فلزات و آلیاژها صورت می‌گیرد. در بررسی میکروسکوپی معمولاً بزرگ‌نمایی بالا است. در بعضی منابع از ۷۵ تا ۱۵۰۰ برابر نیز گفته شده است.

برخی از کاربردهای متالوگرافی از این قرار است.
الف) تعیین و تشخیص فازهای تعادلی و غیرتعادلی
ب) تعیین روش تولید و انجام عملیات انجام شده بر روی قطعات

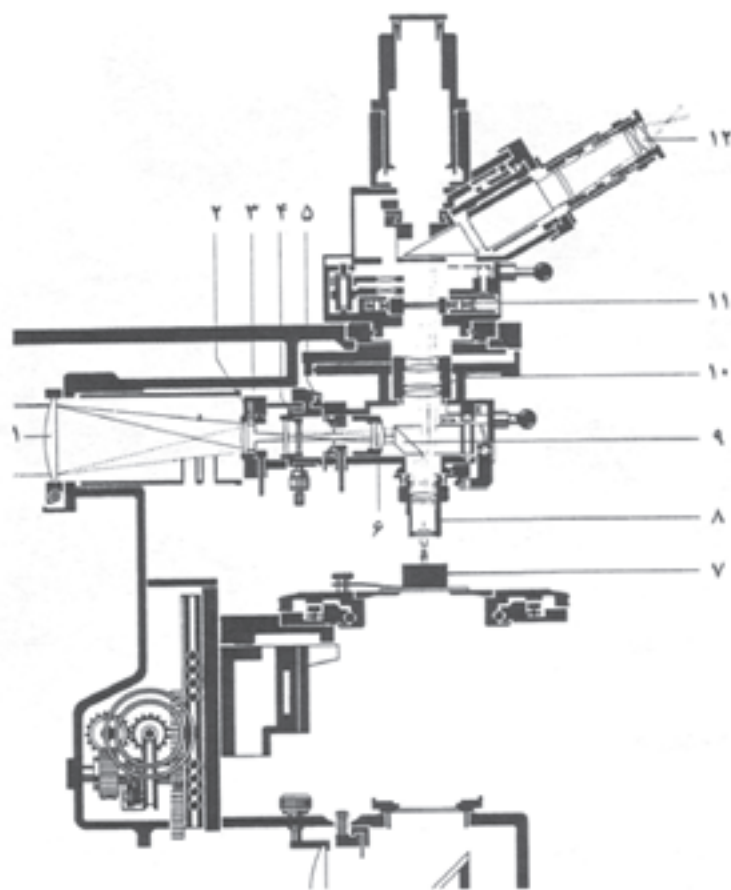
ج) متالوگرافی کمی
و سایر موارد نیاز:

اره‌دستی، سوهان خشن و نرم، سنباده ضدآب در شماره‌های مختلف، محلول اچ مناسب با جنس نمونه، آب مقطر، الکل، خشک‌کن، دستگاه پولیش ماهوت، پودر اکسیدآلومینیم، انبرک نمونه‌گیر، دسیکاتور، میکروسکوپ متالوگرافی با دوربین مدار بسته، دستگاه مانت، شیشه ساعت

میکروسکوپ‌های نوری متالوگرافی

اجزا و طرز کار میکروسکوپ نوری متالوگرافی:
میکروسکوپ نوری متالورژی دارای یک سیستم نوری و یک سیستم روشنایی است.

سیستم نوری شامل عدسی‌های چشمی و عدسی‌های شیئی است. سیستم روشنایی که از یک منبع نوری با شدت بالا ساخته شده است توسط عدسی‌های متراکم‌کننده (جمع‌کننده) و بایک منعکس‌کننده، نور را به سطح قطعه‌ی مورد آزمایش می‌تاباند. همان‌طور که در شکل ۳-۷ مشاهده می‌شود شعاع‌های نوری توسط یک منعکس‌کننده به سطح قطعه تابانده می‌شود. در صورتی که در قطعه فرورفتگی و برجستگی (محل اچ شده) وجود داشته باشد، شعاع‌های نوری تابیده شده، با بازتابش، یکسان نخواهد بود در نتیجه تصویر از محل فرورفتگی‌ها پدیدار



شکل ۳-۸



سپس با پیچ تنظیم ظریف تر تصویر را ظاهر می نمایند.
 انواع میکروسکوپ های نوری متالوگرافی:
 میکروسکوپ های نوری متالوگرافی از نوع انعکاسی می باشند و
 بر حسب قرار گرفتن نمونه روی میکروسکوپ به دو نوع معکوس
 و مستقیم تقسیم می شوند.

الف) نوع مستقیم: در این نوع نور از قسمت بالا به
 سطح قطعه تابیده شده و نمونه حتماً باید دارای دو سطح کاملاً
 موازی باشد (شکل ۳-۹).

شکل ۳-۹- متالوگراف مستقیم

ب) نوع معکوس: در این نوع نمونه به طور معکوس روی میز دستگاه بالای عدسی شیئی قرار می‌گیرد و به موازی بودن دو سطح قطعه‌ی مورد آزمایش نیازی نیست (شکل ۱۰-۳).



شکل ۱۰-۳- متالوگراف معکوس

روشن است خودداری نمایید.
 ۶- در هنگام قرار دادن نمونه روی میز میکروسکوپ دقت شود تا نمونه به عدسی شیئی برخورد نکند.
 ۷- شدت نور را همیشه در حد مجاز تنظیم نمایید تا عمر لامپ و سیستم برقی دستگاه بیش تر شود.
 ۸- هرگز بر روی میز میکروسکوپ و اجزای متحرک آن فشار وارد نیاورید.

رعایت نکات ایمنی هنگام آزمایش ضروریست
 مراحل انجام آزمایش: برای انجام آزمایش میکروسکوپی بدین ترتیب عمل می‌شود:

۱- انتخاب نمونه: انتخاب نمونه‌های متالوگرافی که می‌باید زیر میکروسکوپ قرار بگیرند از اهمیت زیادی برخوردار است، نمونه‌ی انتخاب شده باید نماینده‌ی کامل فلز یا آلیاژ باشد. برای جدا کردن نمونه از قطعه چنانچه فلز یا آلیاژ نرم باشد از اره استفاده می‌شود و برای فلزات و آلیاژهای سخت می‌توان با استفاده از ضربات چکش قطعه را شکست و نمونه‌ی مناسب

برای به دست آوردن بزرگ‌نمایی میکروسکوپ معمولاً عددی که روی عدسی شیئی نوشته شده ضرب در عدد عدسی چشمی می‌شود. به عنوان مثال، اگر بزرگ‌نمایی عدسی شیئی ۲۰ برابر و بزرگ‌نمایی عدسی چشمی ۱۰ برابر باشد بزرگ‌نمایی میکروسکوپ $20 \times 10 = 200$ برابر خواهد بود.

نکاتی که در هنگام استفاده از میکروسکوپ متالورژی باید رعایت نمود:

۱- میکروسکوپ وسیله‌ای بسیار گران قیمت و باارزش است و در حفظ و نگهداری آن باید دقت کافی داشته باشید.
 ۲- قطعه‌ی مورد آزمایش حتماً باید خشک و عاری از الکل، رطوبت و چربی باشد.
 ۳- میز میکروسکوپ باید محکم باشد تا در هنگام کار ارتعاش نداشته باشد.
 ۴- لامپ میکروسکوپ را به هیچ‌وجه با دست لمس نکنید و برای تمیز کردن آن از وسایل مجاز استفاده نمایید.
 ۵- از ضربه زدن و جابه‌جا کردن میکروسکوپ وقتی که

نمونه‌های کوچک و با شکل‌های مشخص را به راحتی در دست گرفت و عملیات بعدی را روی آن‌ها انجام داد. برای نمونه قالبی تهیه می‌کنند و نمونه را در داخل آن قالب سوار می‌کنند. این عمل را مانت کردن می‌گویند. روش کار به این ترتیب است که نمونه را در کف یک قالب استوانه‌ای با ارتفاع و قطر مشخص قرار داده و سپس مواد مصنوعی مانند باکلیت و یا رزین‌های اپوکسی داخل قالب و روی آن نمونه می‌ریزند و پس از مدتی مواد سخت شده و نمونه را در داخل خود می‌گیرند. سپس نمونه را همراه با مواد از قالب خارج می‌نمایند. حال نمونه برای انجام عملیات بعدی به راحتی قابل استفاده است. (شکل ۱۲-۳)



شکل ۱۲-۳

شکل ۱۲-۳ یک نمونه‌ی متالوگرافی را که با مواد مصنوعی مونتاژ شده است نشان می‌دهد.

۳- **سنباده‌کاری:** پس از انجام مراحل انتخاب نمونه و مانت کردن نمونه را مطابق روش ماکروسکوپی سنباده‌کاری می‌کنند.

۴- **پولیش کردن (صیقل کاری):** حساس‌ترین و مهم‌ترین مراحل آماده‌سازی برای آزمایش متالوگرافی، پولیش کردن است. عمل پولیش کردن توسط دستگاه پولیش انجام

برای متالوگرافی را از آن انتخاب نمود، در جریان برش یا سنگ زدن نمونه، باید دقت کافی به عمل آید تا سایش باعث گرم شدن زیاد نمونه نشود. چون گرم شدن بیش از حد باعث تغییر ساختار متالوگرافی و خواص متالورژیکی آن می‌شود. در انتخاب نمونه باید دقت شود تا نمونه تمام مشخصات قطعه‌ی مادر را داشته باشد. مثلاً برای یک ورق که نورد شده و در قسمت‌های مختلف دارای خواص متفاوت است باید از چند قسمت نمونه‌برداری شود. در بررسی عیوب متالورژیکی در ریخته‌گری نمونه باید از محل عیب انتخاب شود. دستگاه‌هایی نیز برای جدا کردن نمونه از قطعه وجود دارد که به آن‌ها کاتر^۱ می‌گویند.

شکل ۱۱-۳ یک نوع کاتر را که برای بریدن نمونه مناسب است نشان می‌دهد.



شکل ۱۱-۳- دستگاه کاتر (برش)

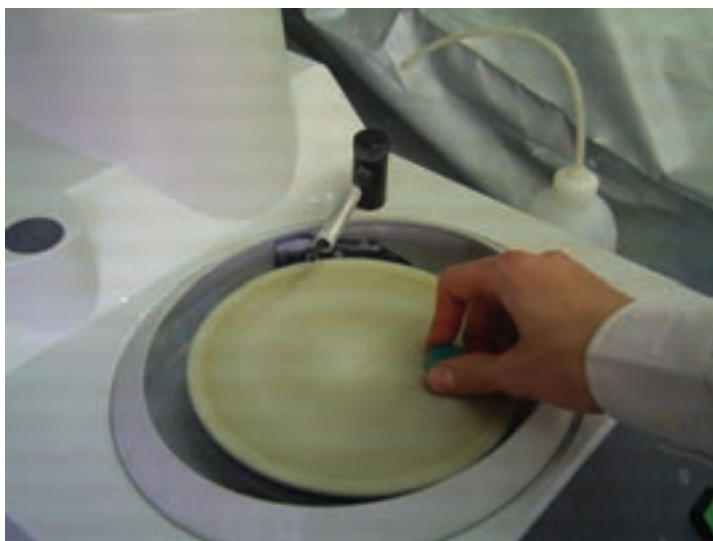
اندازه‌ی نمونه‌ها معمولاً ۱۵×۱۰×۱ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

۲- **مونتاژ کردن (مانت کردن):** برای آن که بتوان

۱ - Cutter

مخلوط کرد و همراه با آب بر روی صفحه‌ی پولیش ریخت. فشار قطعه بر روی صفحه‌ی پولیش باید مناسب باشد. اگر فشار زیاد باشد، صفحه‌ی پولیش باعث خط انداختن روی قطعه می‌گردد. شکل ۱۳-۳ الف یک دستگاه پولیش را نشان می‌دهد. در حین پولیش کردن، قطعه در مسیری به صورت 8 (8 لاتین) روی صفحه‌ی پولیش، در خلاف جهت صفحه‌گردان حرکت داده می‌شود در ضمن، مدت زمان پولیش کردن معمولاً به جنس نمونه، نوع مواد ساینده و سرعت دوران حرکت دستگاه پولیش بستگی دارد (شکل ۱۳-۳ ب).

می‌شود این دستگاه دارای یک صفحه صاف و گرد می‌باشد که توسط الکتروموتور به چرخش درمی‌آید روی صفحه‌ی گردان از پارچه‌ی ماهوت پوشیده می‌شود. عمل پولیش با مواد ساینده مثل پودر اکسید آلومینیوم (کوراندوم) و یا اکسید منیزیم در اندازه‌ی بسیار ظریف، یعنی همراه با پاشیدن آب انجام می‌شود. تعداد دور صفحه‌ی دوار معمولاً بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ دور بر دقیقه است. در هنگام پولیش کردن حتماً آب باید از بالا و به مقدار مناسب به وسط صفحه‌ی پولیش ریخته شود تا براده‌های ایجاد شده را با خود ببرد. پودر ساینده را باید با مقدار مناسبی آب



شکل ۱۳-۳ ب



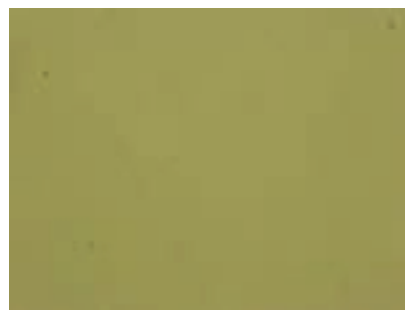
شکل ۱۳-۳ الف

اکثر چدن‌های دارای گرافیت، مثل چدن خاکستری مالیبیل و داکتیل را پس از پولیش کردن مورد مطالعه‌ی متالوگرافی قرار می‌دهند.

علاوه بر پولیش کردن با استفاده از مواد ساینده، روش‌های دیگری نیز برای این کار وجود دارد که از آن جمله می‌توان از روش الکتروپولیش نام برد.

در روش الکتروپولیش که روز به روز بر اهمیت آن افزوده می‌شود از جریان الکتروسیسته و محلول‌های الکترولیت استفاده می‌شود. مکانیزم کار بدین شکل است، برجستگی‌هایی که بر روی

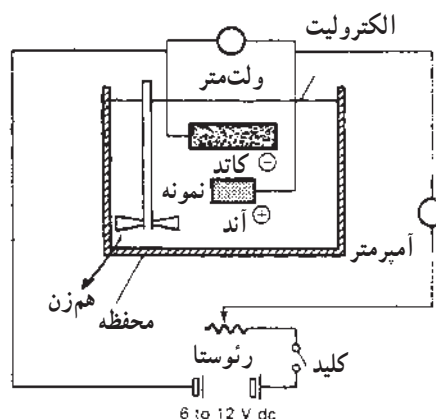
پس از عمل پولیش قطعات باید به صورت آینه و عاری از هرگونه خطوط و فرورفتگی باشند (شکل ۱۴-۳).



شکل ۱۴-۳

سطح قطعه وجود دارند به وسیله‌ی جریان الکتریسیته همراه با محلول الکترولیت خورده می‌شوند (شکل ۱۵-۳).

مزایای الکتروپولیش نسبت به دستگاه‌های ساینده به شرح زیر است:



شکل ۱۵-۳- دستگاه الکتروپولیش

- ۱- تسریع در پولیش نمونه‌ها
 - ۲- یک‌نواختی و صافی سطوح
 - ۳- امکان استفاده از انواع نمونه‌ها
 - ۴- اچ کردن (حک‌کاری): در مورد اکثر فلزات و آلیاژها پس از پولیش کردن در زیر میکروسکوپ نوری متالورژی تصویری مشاهده نمی‌شود. چون زاویه‌ی تابش نور با زاویه‌ی بازتابش برابر است تصویری تشکیل نخواهد شد.
 - ۵- به وسیله‌ی مواد خورنده‌ی 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 ۲-۳ آمده است.

در این روش عواملی نظیر شدت جریان الکتریسیته، ولتاژ، زمان، درجه حرارت محلول الکترولیت و نوع محلول بر روی پولیش کردن مؤثرند.

جدول ۲-۳- مواد اچ و موارد کاربرد آن‌ها

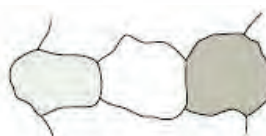
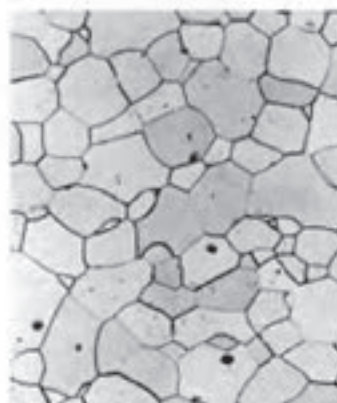
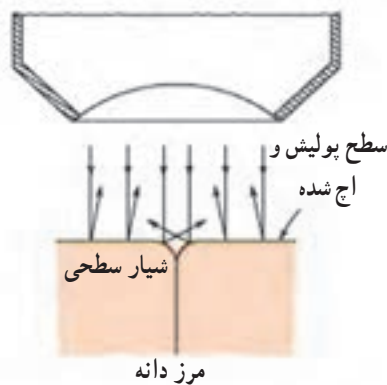
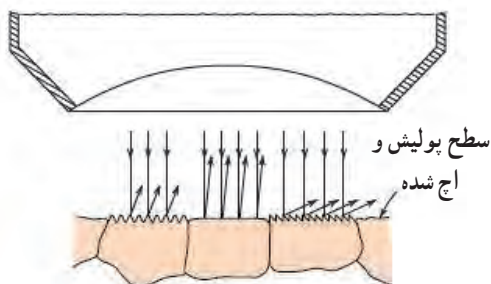
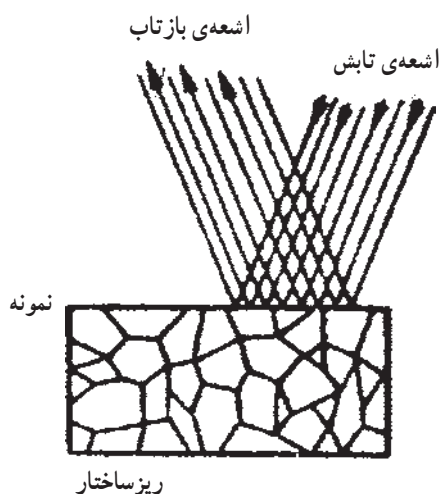
فلزها	اچ کننده	ترکیب	کاربرد
فولاد و چدن	نایتال	۵٪ اسید نیتریک ۹۵-۹۹٪ متیل الکل	فولادها و چدن‌ها پرلیت را تیره می‌کند و مرز دانه‌ها را نشان می‌دهد.
	پیکرال	۴ گرم اسید پیکریک، ۱۰۰ میلی‌گرم متیل الکل	در فولادها چدن‌ها پرلیت را تیره و مرز دانه‌ها را نشان می‌دهد در فولادهای عملیات حرارتی شده نیز کاربرد دارد.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

همان طوری که مشاهده می‌شود برای هر آلیاژ یک نوع محلول خاص پیشنهاد گردیده است شکل ۱۶-۳ مقایسه‌ای است اجمالی از انواع نمونه‌ها و همان‌طور که مشاهده می‌شود در نمونه‌ی الف که هنوز اچ نشده است نور تابیده شده با همان زاویه‌ی تابش منعکس می‌گردد در نتیجه تصویری از ساختار زمینه تشکیل نمی‌شود.

در نمونه‌ی ب و پ بعضی از نقاط توسط محلول اچ خورده شده‌اند، در نتیجه در آن نقاط انکسار نور به وجود آمده و تصویر تشکیل شده است.

مواد اچ و ترکیب آن‌ها و موارد کاربرد آن‌ها در جدول ۲-۳ آمده است.

عمل اچ کردن دارای زمان مشخصی است که بستگی به غلظت مواد شیمیایی، درصد عناصر آلیاژ نمونه، دمای قطعه کار و محلول دارد.



شکل ۱۶-۳

(ب)

(ب)

نکات ایمنی در تهیهی مواد اچ:

- ۱- مواد اچ معمولاً انواع اسیدها هستند و عمل تهیهی آنها باید در زیر هود صورت گیرد.
- ۲- در هنگام تهیهی این مواد حتماً از دستکش پلاستیکی استفاده کنید.
- ۳- در تهیهی مواد اچ، برای آلیاژهای آلومینیوم که از اسید فلوریدریک (HF) استفاده می‌شود، از به کار بردن ظرف‌های شیشه‌ای جداً خودداری کنید.
- ۴- همواره مقدار کمی از مواد اچ را استفاده کنید. برای این منظور می‌توانید مقداری از آن را در ظرفی کوچک (مثل شیشه ساعت) بریزید.
- ۵- نمونه‌ها را پس از اچ کردن سریعاً با الکل و یا مواد

شوینده‌ی مناسب بشوید و خشک کنید.

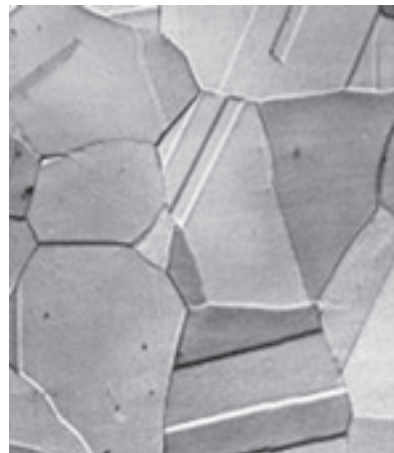
- ۶- در هنگام رقیق کردن اسیدها به وسیله‌ی آب و یا مخلوط کردن اسیدها با یکدیگر نکات ایمنی را رعایت نمایید.
 - ۷- همیشه مواد اچ را به مقدار کمی تهیه نمایید، چون بعضی از مواد اچ به مرور زمان خاصیت خود را از دست می‌دهند.
- تمرین ۱: چند نمونه فولادی را انتخاب کرده و مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها را تا مرحله پایان اچ ادامه دهید ساختار در مبحث بعد مورد مطالعه قرار گیرد.
- تمرین ۲: چند نمونه مختلف چدن را انتخاب کرده و مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها را تا مرحله پایان اچ ادامه دهید. ساختار در مبحث بعد مورد مطالعه قرار گیرد.

۳-۳- آزمایش شماره ۳- بررسی ساختار

متالوگرافی فولادها: فولادها آلیاژهای آهن و کربن اند که میزان کربن در آنها از ۰/۰۲ - ۲/۰۶ درصد متفاوت است. فولادها به طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از فولادهای ساده‌ی کربنی و فولادهای آلیاژی. در فولادهای ساده‌ی کربنی عنصر آلیاژی اصلی کربن است و مقدار جزئی عناصر دیگر نیز همراه دارد.

ساختار زمینه‌ها در فولادها عبارتند از:

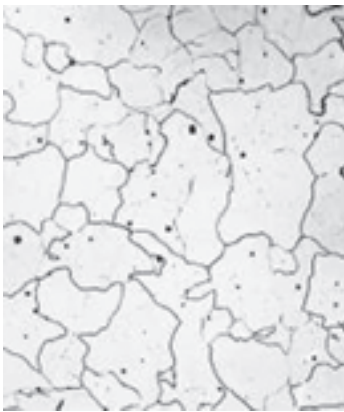
۱- آستنیت: آستنیت محلول جامد آهن و کربن است که دارای ساختمان مکعبی (F.C.C) می‌باشد و در جریان سرد شدن و انجماد به وجود می‌آید (شکل ۳-۱۷).



شکل ۳-۱۷

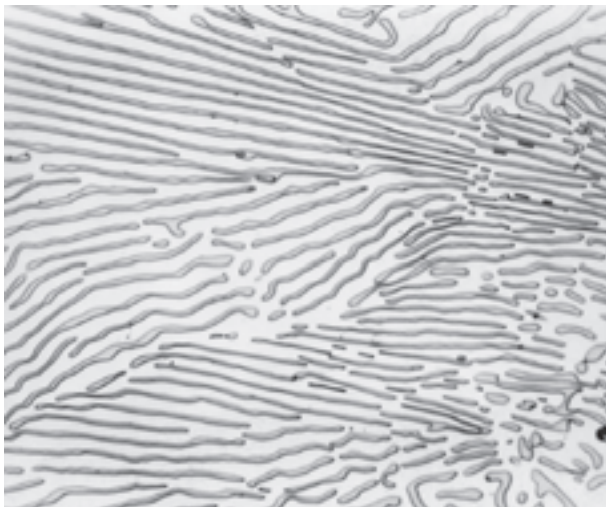
این فاز در ادامه سرد شدن ناپایدار شده و به فریت و پرلیت و یا مخلوطی از آنها تجزیه می‌گردد منطقه پایدار آستنیت از ۷۲۳ درجه سانتی‌گراد به بالا می‌باشد لذا در دمای محیط در شرایط تعادلی در فولادهای ساده کربنی قابل مشاهده نیست.

۲- فریت: محلول جامد کربن در آهن با شبکه کریستالی (B.C.C) می‌باشد که حداکثر مقدار کربن ۰/۰۲ درصد در ۷۲۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و در دمای محیط این فاز پایدار است و در زیر میکروسکوپ به رنگ سفید مشاهده می‌گردد (شکل ۳-۱۸).



شکل ۳-۱۸

۳- سمانتیت: 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 سمانتیت Fe_3O به وجود می‌آید. ۴- پرلیت: ترکیبی از لایه‌های متناوب فریت و سمانتیت می‌باشد که در اثر واکنش یوتکتوئید از آستنیت به وجود می‌آید که در زیر میکروسکوپ به صورت اثر انگشت است (شکل ۳-۱۹).

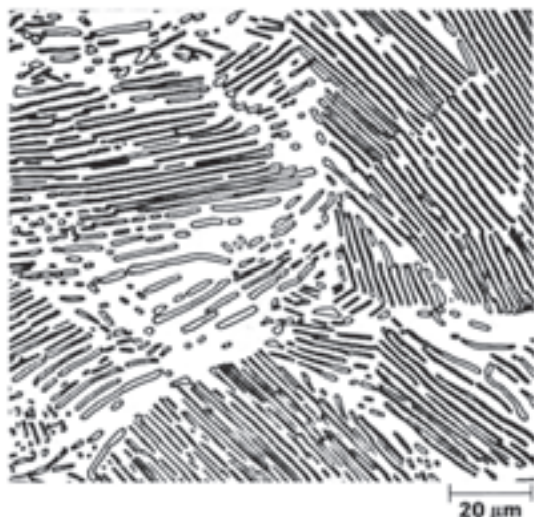


شکل ۳-۱۹

فولادهای ساده کربنی از نقطه نظر متالوگرافی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

الف) فولادهایی که بین ۰/۷۷ - ۰/۰۲ درصد کربن دارند

شکل ۲۲-۳ فولاد هیپریوتکتوئید را نشان می‌دهد که شامل پرلیت به رنگ تیره اثر انگشت و سمانتیت به رنگ سفید دیده می‌شود لازم به ذکر است که این نمونه با محلول اچ نایتال، اچ شده است.



شکل ۲۲-۳ پرلیت و سمانتیت $\times 250$

مواد و وسایل مورد نیاز:

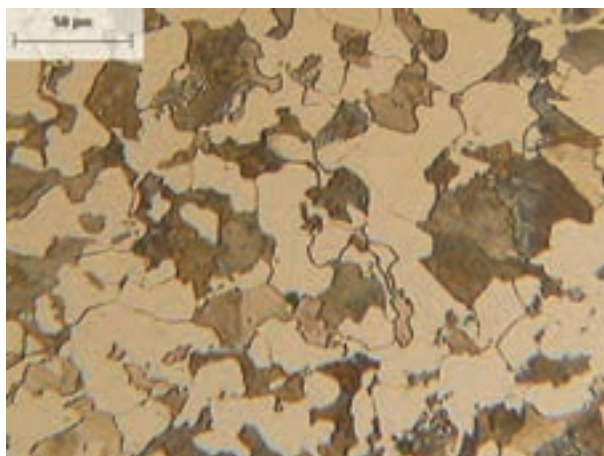
نمونه فولاد کم کربن مثل فولاد ساختمانی و میان کربن مثل CK_{45} و MS_6 ، ابزار و وسایل مانند آزمایش قبل

مراحل انجام آزمایش

نمونه‌ها را پس از انتخاب با رعایت نکات ایمنی جهت متالوگرافی آماده‌سازی نمایید و ساختار آن‌ها را زیر میکروسکوپ مشاهده نموده و فازهای مختلف را (فريت، پرلیت، سمانتیت) شناسایی کنید.

تمرین: چند نمونه فولادی هیپریوتکتوئید، یوتکتوئید، هیپریوتکتوئید را متالوگرافی نموده مشاهدات خود را بر روی کاغذ رسم نموده و فازها را مشخص کنید.

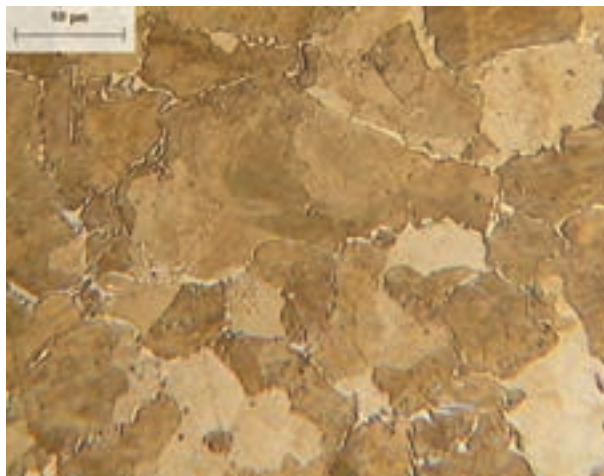
به نام فولادهای هیپریوتکتوئید معروف می‌باشند و ساختار متالوگرافی آن‌ها شامل فريت و پرلیت می‌باشد. شکل ۲۰-۳ قسمت‌های سفید رنگ فريت و قسمت‌های تیره پرلیت می‌باشند.



شکل ۲۰-۳ فولاد کم کربن $\times 250$ محلول اچ نایتال

ب) فولادهایی که 0.77% درصد کربن دارند به نام فولادهای یوتکتوئیدی معروف بوده و ساختار آن‌ها کاملاً پرلیتی است. شکل ۲۱-۳ ساختار پرلیت که به صورت اثر انگشت دیده می‌شود.

پ) فولادهایی که از $0.2-0.77\%$ درصد کربن دارند دارای ساختار میکروسکوپی پرلیت و سمانتیت هستند.



شکل ۲۱-۳ ساختار فولاد یوتکتوئیدی شامل پرلیت $\times 550$

۴-۳- آزمایش شماره ۴

بررسی ساختار میکروسکوپی چدن‌های سفید

آلیاژهای آهن و کربن که بیش از ۲ درصد کربن دارند.

چدن نامیده می‌شوند.

درصد بالای کربن و وجود عناصر آلیاژی دیگر مثل

سیلیسیم باعث به وجود آمدن گرافیت در ساختار نهایی می‌شود.

گرافیت حالتی از کربن است که پایدارتر از سمانتیت

است.

در فولادها، گرافیت به ندرت تشکیل می‌شود و نمودار

تعادلی آهن - سمانتیت جهت مطالعه مناسب تر است.

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

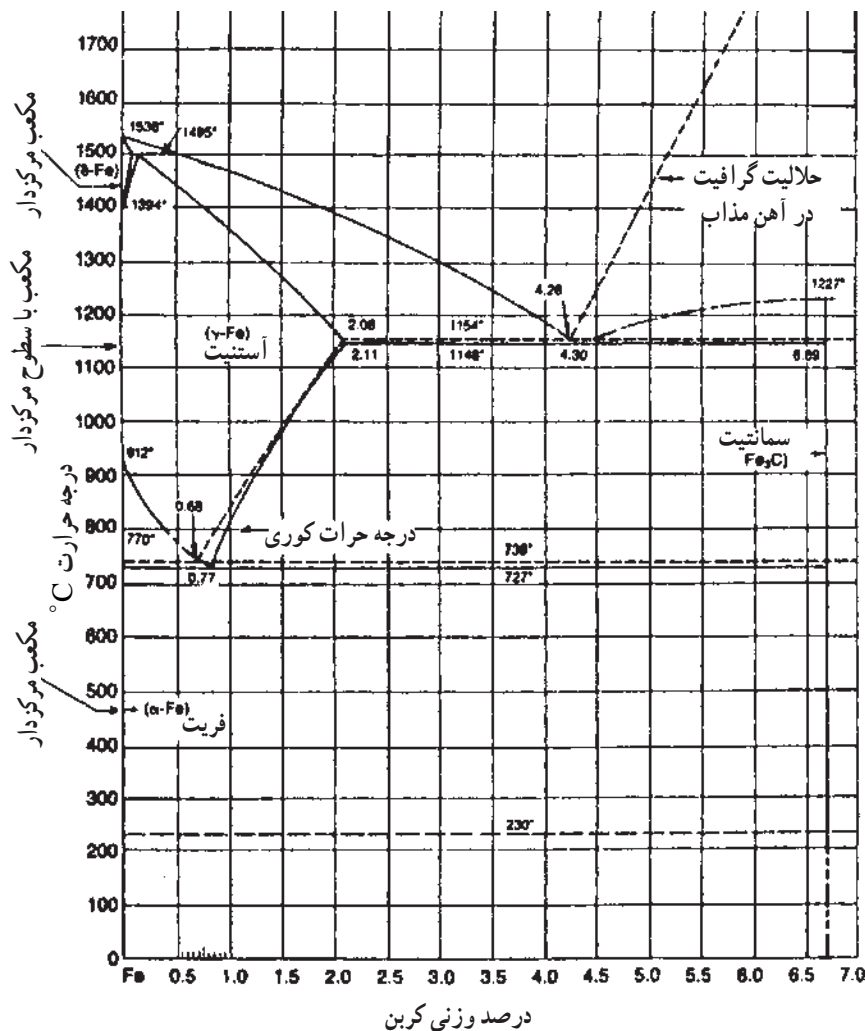
باشد، سمانتیت به وجود می‌آید ولی اگر درصد کربن و سیلیسیم

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

(شکل ۲۳-۳). که معمولاً این دو نمودار بر هم منطبق شده‌اند.



شکل ۲۳-۳- نمودار تعادلی آهن - کربن: خطوط ممتد مربوط به نمودار آهن - سمانتیت خطوط منقطع مربوط به نمودار آهن - گرافیت می‌باشد.

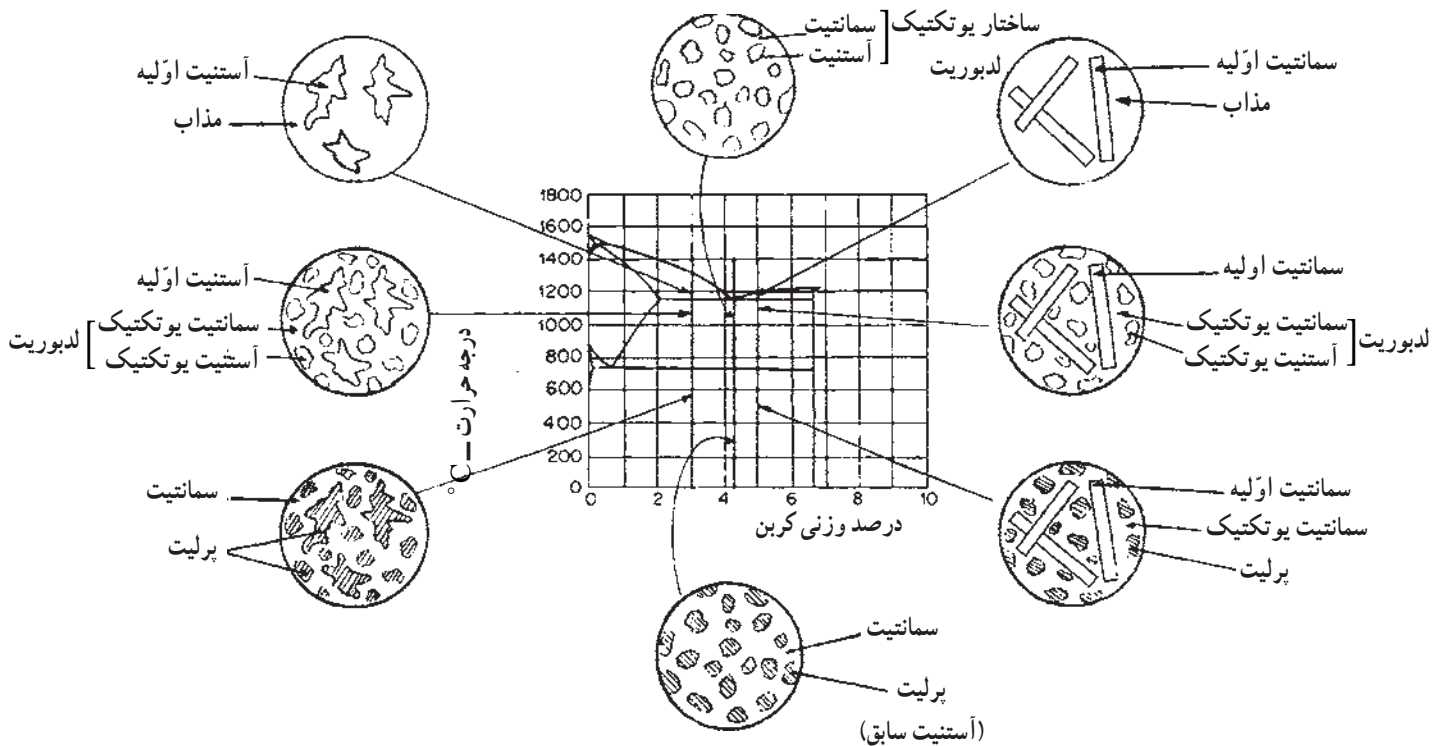
انجماد آلیاژهای هیپووتکتیک با جدا شدن فاز اولیه آستنیت به صورت دندریتی آغاز می‌شود. با کاهش دما تا دمای یوتکتیک، مذاب باقی مانده در تحول یوتکتیکی منجمد می‌شود. در آلیاژهای هایپووتکتیک، سمانتیت اولیه به صورت فاز درشت با گوشه‌های تیز از مذاب جدا می‌شود و در 1147°C مذاب باقی مانده در اثر فرایند یوتکتیکی به لدبوریت تبدیل می‌شود.

پس از انجماد چدن سفید، در ادامه سرد شدن در 723°C آستنیت موجود در ساختار در اثر تحول یوتکتوئیدی به پرلیت تبدیل می‌شود. در نتیجه ساختار میکروسکوپی نهایی شامل پرلیت و سمانتیت است. (شکل ۲۴-۳).

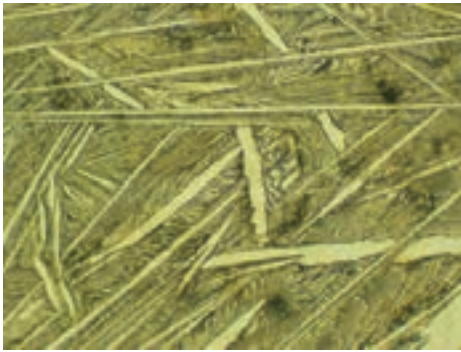
— بررسی نمونه تعادلی آهن — سمانتیت: در سرعت سرد شدن زیاد در حین انجماد، سمانتیت به وجود می‌آید و ساختار نهایی چدن مجموعه‌ای شامل فریت و سمانتیت است. به علت وجود فاز سفیدرنگ سمانتیت در مقطع شکست، به آن‌ها چدن سفید گفته می‌شود.

چدن‌های سفید بسیار ترد و شکننده بوده و قابلیت ماشین کاری ندارند. اما مقاومت به سایش عالی دارند.

— انجماد آلیاژهای یوتکتیک: انجماد آلیاژهای یوتکتیک در دمای 1147°C و از مذاب با ترکیب $4/3$ درصد کربن فرایند تبدیل مذاب سمانتیت + آستنیت صورت می‌گیرد. ساختمان میکروسکوپی حاصل لدبوریت نامیده می‌شود که به شکل میله‌ای است.



شکل ۲۴-۳- نمودار شبکه‌ی تعادلی آهن — سمانتیت و نمایش شماتیک چگونگی انجماد، سرد شدن و ساختارهای میکروسکوپی حاصل مربوط به چدن‌های یوتکتیک، هیپووتکتیک و هایپروکتکتیک



شکل ۲۶-۳- ساختار میکروسکوپی چدن سفید هایپریوتکتیک

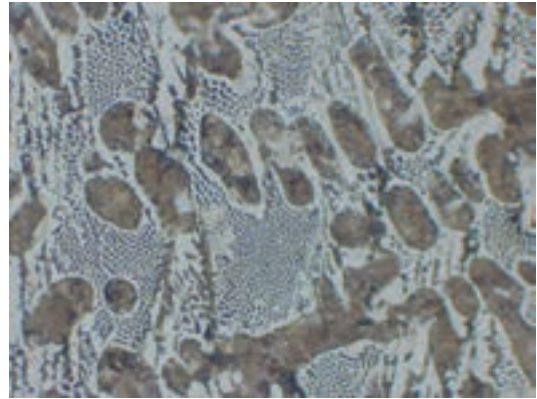
مواد و وسایل مورد نیاز:

چند نمونه چدن سفید (هایپریوتکتیک، یوتکتیک، هایپریوتکتیک)، ابزار و وسایل مطابق آزمایش ۲
مراحل انجام آزمایش:

نمونه‌ها را پس از انتخاب با ضربه شکسته و سپس با رعایت نکات ایمنی جهت متالوگرافی آماده‌سازی کنید و ساختار میکروسکوپی آن‌ها را مشاهده نموده و فازهای مختلف را شناسایی کنید.

تمرین: چند نمونه چدن سفید را متالوگرافی نموده مشاهدات خود را بر روی کاغذ رسم کنید و فازها را مشخص کنید.

شکل ۲۵-۳ ساختار میکروسکوپی چدن سفید هایپریوتکتیک 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 ۲۵-۳- چدن هایپریوتکتیک نایتال $\times 100$

شکل ۲۶-۳ ساختار میکروسکوپی چدن سفید هایپریوتکتیک را نشان می‌دهد در این شکل سمانتیت اولیه (نواحی سفید رنگ و طویل) همراه با یوتکتیک لدبوریتی کاملاً مشخص است.