

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان  
مهندسی متالورژی و مواد

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)



[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)

مرجع دانلود رایگان مهندسی مواد و متالورژی

موضوع :

# ابزارها و روش آزمایش میکروسکپی در متالوگرافی

تهیه و تنظیم: حسین یعقوبی

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)

مرجع دانلود رایگان مهندسی مواد و متالورژی

## فهرست مطالب

6	مقدمه.....
7	متالوگرافی Metallography.....
9	مطالعه میکروسکوپی.....
9	مراحل انجام آزمایش میکروسکوپی.....
10	توضیح انتخاب نمونه.....
11	1. نمونه برداری.....
13	2. سنگ زنی خشن.....
13	3. قالب گیری (سوار کردن) نمونه‌ها.....
15	پولیش کردن (صیقل کردن).....
21	ظاهر سازی ساختار و اچ کردن.....
24	میکروسکوپ‌های نوری متالوگرافی.....
24	انواع میکروسکوپ‌های نوری متالوگرافی.....
26	آزمایش میکروسکوپی (ریز نهایی).....
28	میکروسکوپ‌های متالورژیکی.....

---

29	..... فلزهای محلول و نامحلول
31	..... محلول جامد
31	..... محلولهای جامد جای نشینی
3	..... تعریف فازها و ساختار در دیاگرام آهن - کربن

# ابزارها و روش آزمایش میکروسکوپی در متالوگرافی

## مقدمه

روش‌ها و ابزار متعددی به منظور ظاهر ساختن ترکیب و ساختمان فلزها و آلیاژها توسعه پیدا کرده‌اند. متالوگرافی یا میکروسکوپی عبارت است از مطالعه میکروسکوپی ویژگی‌های ساختاری یک فلز یا یک آلیاژ میکروسکوپ به مراتب مهم‌ترین وسیله متالوژیست از نقطه نظر علمی و فنی است. با میکروسکوپ می‌توان اندازه دانه و اندازه شکل و توزیع فلزهای مختلف و ناخالصی‌هایی را که روی خواص مکانیکی یک فلز تاثیر عمیقی دارند تعیین کرد. ساختار میکروسکوپی، عملیات مکانیکی و حرارتی یک فلز را آشکار می‌کند و حتی می‌توان رفتار مورد نظر آن را تحت شرایط معین پیش بینی کرد به طور کلی بهسازی، تکامل، تغییر و چگونگی ساختار میکروسکوپی بسیاری از آلیاژهای ریخته‌گری تحت مجموعه شرایط زیر حاصل می‌شود.

الف - ترکیب شیمیایی آلیاژ پس از ذوب

ب - مجموع عملیات کیفی مذاب

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)

مرجع دانلود رایگان مهندسی مواد و متالورژی

پ - آهنگ انجماد و چگونگی سرد شدن مذاب در داخل قالب

ت - آهنگ سرد کردن و چگونگی سرعت سرد کردن قطعه پس از

انجماد

ث - پدیده ویفوزیون در مراحل سرد کردن و عملیات حرارتی

بدین ترتیب ساختار میکروسکوپی قطعات ریختگی، نتیجه مجموعه حرارتی

عواملی است که از آغاز مرحله ذوب تا مراحل پایانی به روی قطعه صورت

می‌گیرد. مراحل آماده سازی یک نمونه نسبتاً ساده است و بعد از آماده سازی در

نهایت چیزی که به وجود می‌آید یک سطح صاف آینه مانند و بدون خراش

است.

### متالوگرافی Metallography

متالوگرافی عبارت است از مطالعه ساختمان داخلی فلزات و آلیاژها حدود

200 سال پیش و 1800 میلادی 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 فولادی سخت و شکننده شده

و خواص آنها پی ببرند.

امروزه روش‌ها و ابزارهای مختلفی به منظور ظاهر ساختن ترکیب ساختمان

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)

مرجع دانلود رایگان مهندسی مواد و متالورژی

فلزات و آلیاژها وجود دارد. با پیشرفت علم به خصوص علم فیزیک و اختراع میکروسکوپی جدید مطالب بسیار زیادی در خصوص اندازه و شکل دانه‌های فلزات و آلیاژها و خواص آنها مورد بررسی قرار گیرد. مطالعه بر روی ساختمان فلزات و آلیاژ به دو نوع انجام می‌شود. مطالعه میکروسکوپی و ماکروسکوپی.

#### الف - مطالعه میکروسکوپی

مطالعه میکروسکوپی برای پی بردن به شکل انجماد اندازه دانه‌ها و همچنین بررسی حفره‌های انقباضی گازی ترک‌ها به کار می‌رود. مشاهده در این روش معمولاً به چشم غیرمسلح انجام می‌شود. این عمل پس از انتخاب نمونه و انجماد مراحل آماده‌سازی آن و اثر دادن مورد آشکار سازی انجام می‌پذیرد. با مطالعه میکروسکوپی قطعات ریخته‌گری می‌توان:

الف - حفره‌های گازی و انقباضی را تعیین نمود و آنها را از یکدیگر تشخیص داد.

ب - شکافی و محفظه‌های تشکیل شده در اثر شرایط نامناسب ذوب ریخته‌گری و انجماد را مشاهده کرد.

پ - ترک‌های به وجود آمده در قطعات آهنگری و نورد شده در حین کار مکانیکی یا عملیات حرارتی مشخص کرد.

در غیر این صورت ساختار فلزات با بزرگ‌نمایی 10 برابر صورت می‌گیرد این امر موجب می‌شود تا یک مطالعه جدید اجمالی بر روی سطح وسیعی از نمونه مورد آزمایش انجام پذیر اغلب نیز اطلاعات اولیه راجع به کیفیت قطعه یک پارچگی فلز و ساختار آن انجماد طبیعت و کیفیت عملیات نهایی در ریخته‌گری مکانیکی، جوش کار و ... بدست می‌آید.

### مطالعه میکروسکوپی

مطالعه میکروسکوپی به منظور پی بردن به شکل، نوع و اندازه دانه‌ها و همچنین شکل و نوع پخش و پراکنندگی بر روی فلزات و آلیاژها صورت می‌گیرد. در بررسی میکروسکوپی معمولاً بزرگ‌نمایی بالا است در بعضی منابع از 75 تا 1500 نیز گفته شده است. برخی از کاربردهای متالوگرافی:

الف - تعیین و تشخیص فلزهای تعادلی و غیرتعادلی

ب - تعیین روش تولید و انجماد عملیات انجام شده بر روی قطعات.

ج - متالوگرافی کمی

### مراحل انجام آزمایش میکروسکوپی

الف - انتخاب نمونه: نمونه باید از محلی از قطعه انتخاب شود که معرف و نماینده کل آنها باشد اندازه قطعات میکروسکوپی معمولاً بزرگ است و در



بعضی مواقع حتی مقاطع شمش‌ها را در اندازه واقعی از مقطع می‌توان برای آزمایش انتخاب کرد.

ب - آماده سازی نمونه: آماده سازی شامل سنگ زدن و سمباده کاری از خشن به ظریف است که هر کدام دارای قواعد و اصولی است که در بحث میکروسکوپی در مورد آن توضیح داده می‌شود.

#### توضیح انتخاب نمونه

انتخاب نمونه متالوگرافی که می‌باید زیر میکروسکوپ قرار بگیرد از اهمیت زیادی برخوردار است. نمونه انتخاب شده باید نماینده کامل فاز 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 نمونه مناسب برای متالوگرافی را از آن انتخاب نموده در جریان برش و 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 متالوگرافی آن می‌شود.

در انتخاب نمونه باید دقت شود تا نمونه تمام مشخصات قطعه را دارا باشد

در بررسی عیوب متالوژیکی در ریخته‌گری نمونه در محل عیب انتخاب شود.

## 1. نمونه برداری

انتخاب نمونه برای مطالعه میکروسکوپی بسیار مهم است. اگر بخواهیم عیبی را مورد بررسی قرار دهیم نمونه را تا حد امکان نزدیک به ناحیه عیب انتخاب کنیم و با نمونه‌هایی که از قسمت عادی (بدون عیب) برداشت شده مقایسه کنیم. اگر ماده‌ای مانند فلزات و آلیاژهای غیرآهنی و فولادهای حرارتی شده، نرم باشد نمونه را می‌توان با بریدن به وسیله اره به طور دستی تهیه نمود. اگر ماده سخت باشد می‌توان با استفاده از یک سنگ سمباده برش نمونه را تهیه کرد.

این سنگ دیسک نازکی است که از مواد ساینده برشی مناسب درست شده و با سرعت زیادی می‌چرخد و نمونه باید در حین عمل برش مرتباً خنک نگاه داشته شود زیرا در غیر این صورت ساختار نمونه از بین رفته و یا تغییر می‌کند در بسیاری از مواد پس از بریدن نمونه‌ها بهتر است آنها را در داخل مواد پلاستیکی حفاظت یا مانت نماییم که معمولاً دو طریقه برای مانت کردن نمونه‌ها وجود دارد.

الف - مانت سرد: در این روش معمولاً از محلول دو ماده شیمیایی به صورت (پودر مایع) و یا (مایع - مایع) به نسبت‌های معینی استفاده می‌شود،

محلول به دست آمده در حدود 40-50 درجه سانتیگراد حرارت دیده پس در داخل قالب‌های پلاستیکی حاوی نمونه‌ها ریخته می‌شود. ماده مزبور پس از مدتی از 1 تا 24 ساعت پلیمریزه و سخت شده و نمونه‌ها را در برمی‌گیرد.

ب - مانت گرم: روش دوم با استفاده از مواد پلاستیکی ویژه‌ای انجام می‌گیرد در این مرحله پس از قرار دادن نمونه در داخل محفظه دستگاه مانت و ریختن پودر پلاستیکی مورد نظر بر روی آن، تحت فشار حدود 3-5 تن بر اینچ مربع و حرارتی در حدود 150 - 200 درجه سانتیگراد پلیمریزه و سخت می‌گردد. در بیشتر موارد با استفاده از مانت گرم و تحت فشار نتیجه بهتری نسبت به مانت‌های سرد به دست می‌آید. همچنین در این طایفه و در این نمونه و ماده مانت به خوبی با مواد پلاستیکی پر شده و نفوذ موادی از قبیل محلول «اچ» یا الکل در آن قسمت تا مقداری زیاد کاهش می‌یابد.

الف - نمونه قالب‌گیری شده در بالکیت.

ب - نمونه قالب‌گیری شده در لوسایت بزرگ‌نمایی \* 2

بعد از عمل‌های نمونه‌برداری اگر نمونه دارای سطحی ناهموار و خشن بود

از عملیات سنگ‌زمینی استفاده می‌کنیم.

## 2. سنگ زنی خشن

تا آنجایی که امکان دارد نمونه باید به اندازه‌ای باشد که به راحتی با دست نگه داشته شود یک نمونه نرم را می‌توان با کشیدن آرام روی یک سوهان ریز تخت صاف کرد با یک ماشین سمباده‌زنی تسمه‌ای نیز می‌توان نمونه‌های نرم یا سخت را به طور خشن سنگ زنی کرد، در این صورت نمونه را باید مرتباً در آب فرو برد تا در حین سنگ‌زنی خنک نگه داشته شود. در کلیه عملیات سنگ‌زنی و پولیش نمونه باید عمود بر خراش‌های موجود حرکت داشته باشد. این کار در هنگام جایگزینی خراش‌های عمیق به وسیله خراش‌های کم عمق که مشخصه ساینده‌های ریزتر است، شناخت مرحله سنگ زنی را امکان‌پذیر می‌سازد. سنگ‌زنی خشن تا آنجا ادامه می‌یابد که سطح نمونه صاف و عاری از اثرات بریدگی بوده و کلیه خراش‌های ناشی از اره یا سنگ برش دیگر قابل رؤیت باشند.

## 3. قالب‌گیری (سوار کردن) نمونه‌ها

این مرحله همان مانت کردن نمونه می‌باشد و هدف آن این است که نمونه‌هایی که کوچک یا به شکل نامنظم هستند برای جابجایی آسان‌تر در مرحله پولیش متوسط و نهایی باید قالب‌گیری شود نمونه‌های سیم‌ها، مفتول‌های

کوچک، ورق‌های فلزی مقاطع نازک و غیره باید به نحوه مقتضی، در یک ماده مناسب قالب‌گیری شده یا به وسیله یک گیره محکم به طور مکانیکی نگهداری شوند. برای جابجایی در عملیات بعدی پولیش نمونه را در یک اندازه مناسب و یکنواخت که معمولاً به قطر 1، 1/25، 1/5 اینچ است در پرس‌های مخصوص قالب‌گیری می‌کنند و از پلاستیک‌های مصنوعی به عنوان مواد قالب‌گیری استفاده می‌شود. قالب‌ها در مقابل معرف‌های اچ که به طور معمول مصرف می‌شوند بسیار مقاوم هستند، معمول‌ترین رزین گرما سخت برای قالب‌گیری بالکیت است و برای تهیه قالب نمونه و مقدار متناسبی از پودر بالکیت در استوانه پرس قالب‌گیری گذاشته می‌شود ما را به تدریج به 150 درجه سانتیگراد افزایش داده و همزمان فشاری در حدود 1 و 4000P به قالب اعمال می‌شود و چون بالکیت خود را در این دما می‌گیرد می‌توان نمونه قالب‌گیری شده را در حالی که هنوز گرم است از قالب بیرون آورد و معمول‌ترین رزین تروپلاستیک لوسایت است. لوسایت بعد از آنکه به خوبی قالب‌گیری شد کاملاً شفاف می‌شود و برخلاف پلاستیک‌های گرم سخت، رزین‌های تروپلاستیک در درجه حرارت قالب‌گیری خود را نمی‌گیرد بلکه در هنگام سرد شدن خود را می‌گیرد.

## پولیش کردن (صیقل کردن)

حساس‌ترین و مهم‌ترین مراحل آماده‌سازی برای آزمایش متالوگرافی پولیش کردن است. عمل پولیش کردن توسط دستگاه پولیش که دارای یک صفحه صاف و گرد می‌باشد توسط الکترو موتور چرخه انجام می‌شود و روی صفحه گردان از پارچه‌ای ماهوت پوشیده می‌شود. عمل پولیش با مواد ساینده مثل پودر اکسید آلومینیوم (کواندرام) و اکسید منیزیم‌دار که اندازه بسیار ظریف دارد حتماً با آب انجام می‌شود. تعداد دور صفحه معمولاً بین 300-500 دور در دقیقه است در هنگام پولیش کردن حتماً آب باید از بالا به مقدار مناسب به وسط صفحه پولیش ریخته شود تا براده ایجاد شده را با خود ببرد. پودر ساینده به مقدار مناسبی به وسط صفحه پولیش ریخته می‌شود.

پودر ساینده را باید مقدار مناسبی در آب حل کرد و همواره با آب بر روی صفحه پولیش ریخت در حین پولیش کردن قطعه در مسیری به صورت & روی صفحه پولیش و بر عکس حرکت پولیش دوران داده می‌شود و در ضمن مدت زمان پولیش کردن بستگی به جنس نمونه، نوع مواد ساینده و سرعت دوران حرکت دستگاه دارد. پس از عملیات پولیش قطعات باید به صورت آینه و عاری از هر گونه خطوط و یا فرورفتگی باشد. اکثر سنگ‌های دارای

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)

مرجع دانلود رایگان مهندسی مواد و متالورژی

گرافیسست مثل چدن خاکستری، مالی بل را پس از هر گونه، مورد مطالعه متالوگرافی قرار می دهند.

علاوه بر پولیش با استفاده از مواد ساینده روش‌های دیگری نیز برای این کار وجود دارد که از جمله آن می‌توان از الکتروود پولیش نام برد. در این روش که روز به روز به اهمیت آن افزوده می‌شود از جریان الکتریسیته و محلول‌های الکتروولیت استفاده می‌شود. مکانیزم کار به این شکل است که بستگی به روی سطح قطعه دارد و به وسیله جریان برق و ولتاژ زمان درجه حرارت محلول الکتروولیت و نوع محلول بر روی پولیش کردن مؤثرند. مزایای الکتروود پولیش نسبت به دستگاه‌های ساینده به شرح زیر است:

الف - تسریع در پولیش نمونه‌ها

ب - امکان استفاده از انواع نمونه‌ها

پولیش متوسط: بعد از قالب‌گیری، نمونه با کاغذ سمباده‌هایی که به ترتیب ریزتر می‌شوند پولیش می‌شوند. سائیدن یا پولیش کردن نمونه‌ها با سمباده زدن به روش خیس در روی دیسک‌هایی که با سرعت معین می‌چرخند و با استفاده از کاغذهای سمباده ضد آب یا سمباده‌هایی که به شکل نوار هستند انجام می‌شود.

کاغذهای سمباده حاوی مواد ساینده‌ای از جنس بسیار سخت (کربوراندم)

و کاربرد سیلیسیم هستند. کاربرد سیلیسیم در مقایسه با کاغذ سمباده‌های معمولی میزان براده برداری بیشتری دارد و چون آغشته به رزین است می‌تواند همراه با یک روان ساز مصرف شود. استفاده از یک روان ساز از گرم شدن بیش از حد نمونه جلوگیری کرده و آلوده شدن فلزات نرم را کاهش می‌دهد و همچنین با برداشتن ذرات و براده‌ها از روی سطح یک نوع عمل آب‌کشی انجام می‌دهد و از این رو کاغذ سمباده زودتر کند نمی‌شود و اندازه ذرات ساینده تعیین کننده نرمی و سختی آنها نسبت به هم بوده و تناسب با سختی ماده مورد نظر، برای سائیدن سطح فاز یا آلیاژ انتخاب می‌گردند. قطر ذرات سختی که در روی کاغذهای سمباده قرار دارند مشخص کننده خش آنها بوده و معمولاً برای سمباده زدن و سائیدن سطوح فلزات و آلیاژها از سمباده‌هایی با شماره‌های (400، 600، 800، 1000، 1200، 2500، 3000) استفاده می‌شود. در هنگام سمباده زدن سطح یک جسم، جریان آب به طور مداوم در روی سمباده‌ها جاری می‌شود. نمونه در هر مرحله از سمباده زنی به اندازه 90 درجه نسبت به حالت قبل چرخیده و معمولاً قبل از شروع کار با سمباده ریزتر توسط آب یا الکل و خشک شدن، در یک مرحله دیگر براق و صیقلی می‌گردد.

دقت در سمباده زدن نمونه‌ها از فلزات و آلیاژهای مختلف نسبتاً متفاوت



است. به طور مثال در مورد چرخ‌های گرافیتی به دلیل از بین نرفتن گرافیت‌ها در سطح، زمان ادامه هر مرحله از سمباده زدن و به ویژه در مورد سمباده نهایی، دقت بیشتری نسبت به آلیاژهای دیگر لازم است. برای مشاهده ساختار ماکروسکوپی، نمونه‌ها را پس از سمباده زدن کامل و اتمام مرحله نهایی سمباده کاری، و اچ ماکروسکوپی می‌نمایند. در هر صورت برای اچ کردن ماکروسکوپی سطح نمونه‌ها از سطح تراشکاری شده پس از سنگ زدن، یا پس از بریدن نیز می‌توان استفاده نمود.

مرحله پولیش و صیقلی کردن سطح نمونه‌ها پس از مرحله‌های سمباده زدن انجام می‌گیرد و زمان مصرفی و موفقیت پولیش نهایی بیشتر به توجهی بستگی دارد که در مراحل پولیش‌های قبلی مبذول می‌شود. دسترسی به یک سطح بدون خراش نهایتاً با یک دستگاه پولیش گردان که با یک پارچه مخصوص پوشانده شده با استفاده از ذرات سائیده به دقت دانه‌بندی شده حاصل یم شود. برای پولیش‌های نهایی ذرات سائیده متنوعی وجود دارد که به صورت مرطوب استعمال می‌شوند در حالی که ساینده‌های زیادی به طور رضایت‌بخش این کار را انجام می‌دهند.

به نظر می‌رسد که اکسید آلومینیوم با شکل گاما برای فلزات آهنی و

آلیاژهای پایه مس ت اکسید سدیم برای فلزات آلومینیوم و منیزیم و آلیاژهای آنها مناسب تر است سایر ساینده های پولیش نهایی غالباً عبارتند از: خمیر الماس، اکسید کروم، اکسید منیزیم.

انتخاب پارچه مناسب پولیش بستگی به مواد به خصوص نمونه و اهداف مطالعه متالوگرافی دارد. پارچه های متنوعی با پرز یا کرک های متغیر وجود دارند. از قبیل ابریشم که بدون کرک است، ماهوت، پارچه بیلبارد کرباس که متوسط دارند و نهایتاً مخمل که کرک های عمیق دارد برای مقاصد عمومی پارچه های مصنوعی موجود است که دو نوع آن تحت نام های تجاری گامال و میکروکلوت مصرف گسترده ای دارند. نمونه هایی که در زیر آمده به خوبی پولیش شده فقط ناخالصی های غیرفلزی را نشان داده و عاری از خراش می باشد.

برای پولیش نمونه های قلع، سرب، روی منیزیم، آلومینیوم، دستگام مشابهی با نمده مخصوص به کار می رود در ابتدا با استفاده از خمیر الماس و به ترتیب با اندازه دانه های 6 و 1 میکرون پولیش شده سپس به وسیله پولیش دستی و آب مقطر با خمیر اکسید منیزیم و با اندازه دانه 0/05 میکرون صیقل می شود. در مورد آلیاژهای مس، پولیش های نهایی، با خمیر الماس 0/25 یا ااره میکرون انجام می شود.

برای پولیش چدن سفید ابتدا از خمیر الماس میکرون و در آخر خمیر 0/5 میکرون استفاده می‌گردد. پولیش نمونه‌هایی چدن خاکستری (گرافیتی) در چند مرحله پیاپی انجام می‌گیرد بدین ترتیب که ابتدا پس از مرحله سمباده کاری نمونه مورد نظر با محلول شیمیایی که معمولاً (پیکران) است اچ می‌گردد و پس از شستشوی کامل و خشک کردن آن را پولیش می‌کنند بدین ترتیب حداقل سه مرتبه پیاپی، سطح مورد نظر پولیش و اچ می‌گردد.

در مورد فلزات و آلیاژهای سخت‌تر، از قبیل فولادها، نیکل و کبالت پولیش نهایی یا خمیر الماس 0/25 میکرون لازم و ضروری است. معمولاً در مرحله پولیش نهایی با دو مسئله مهم مواجه هستیم که ابتدا تغییر شکل قشر صیقل شده است که به صورت سیلان سطحی، نفوذ برخی ذرات خارجی از قبیل ذرات ماده پولیش کننده در سطح نمونه‌ها در حین پولیش ایجاد می‌گردد با استفاده از اعمال فشار، سرعت، و زمان مناسب برای پولیش و همچنین بکار بردن مقدار کافی از ماده صیقل دهنده مشکل سریعاً برطرف می‌گردد.

مشکل دیگری که ممکن است در سطوح نمونه‌ها در حین پولیش ظاهر گردد خارج شدن ناخالصی‌های غیرفلزی از سطوح در حال سایش است که با کنترل مدت پولیش یا بیش از حد صیقل نکردن سطوح نمونه‌ها این مشکل نیز

سریعاً برطرف خواهد شد عیوب و ناخالصی‌های غیرفلزی را می‌توان قبل از اچ کردن سطح نمونه‌ها در زیر میکروسکوپ به طور کامل مشاهده نمود همچنین در مورد برخی از فلزات ریختگی روش پولیش و اچ کردن متناوب سطح نمونه‌ها نتایج بهتری در ظاهر شدن ریزساختار و به طور کامل تهیه نمونه‌های میکروسکوپی خواهد داد.

### **ظاهر سازی ساختار و اچ کردن**

هدف از اچ کردن قابل رؤیت ساختن خیلی از ویژگی‌های ساختاری فلز یا آلیاژ است فرایند باید طوری باشد که قسمت‌های مختلف ساختار میکروسکوپی را بتوان به وضوح تشخیص داد. این کار با استفاده از معرفی‌های مناسب از محلول اچ پیکرال انجام می‌گیرد که معرض سطح پولیش شده واکنش شیمیایی نشان می‌دهد در آلیاژهایی که از دو یا چند آلیاژ یا فلز تشکیل شده‌اند این فلزها به علت اختلاف در ترکیب شیمیایی با تاثیر معرف دو مرحله اچ کردن به نوبت ظاهر می‌شوند.

در آلیاژهای یکنواخت تک فاز یا فلزات خاص به علت اختلاف میزان تاثیر معرف بر دانه‌های مختلف که کمتر است به وجود می‌آید و مرز دانه‌ها قابل رؤیت می‌شوند روش‌های عملی فشرده برای اچ کردن میکروسکوپی مورد

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)

مرجع دانلود رایگان مهندسی مواد و متالورژی

استفاده واقع می‌گردند اما به طور معمول از روش‌های نمونه مدلسازی و همچنین اچ مالش بیشتر استفاده می‌کنند که در روش نمونه سازی، نمونه مورد نظر را در داخل محلول اچ مالش بیشتر استفاده می‌کنند که در روش نمونه مدلسازی، نمونه مورد نظر را در داخل محلول اچ به مدت زمان معینی حرکت می‌دهند سپس با آب و الکل سطح آن را تمیز می‌کنند این طریقه معمولاً برای اچ میکروسکوپی استفاده می‌گردد اما در روش اچ فاش معمولاً پارچه نرم یا پنبه را به محلول آغشته کرده سپس در روی سطح اچ شونده آن را به آرامی مالش می‌دهند تا سطح مورد نظر توسط محلول اچ خرده گردد.

اچ میکروسکوپی به خاطر چند هدف زیر صورت می‌گیرد:

الف - به منظور ظاهر شدن ساختار زمینه، دانه‌های یوتکتیکی و فلزها

ب - به منظور ظاهر شدن جزئیات بیشتر در ساختار میکروسکوپی از قبیل

شاخه‌های دندریتی مرزدانه‌ها و هسته‌دار شدن دانه‌ها.

پ - به منظور تخمین و ارزیابی انواع ساختارهای یوتکتیکی و پوتکتیکی

(شکل و اندازه سلولی انشعاب و شاخه‌دار شدن آنها)

ت - نشان دادن و تعیین فلزها بین فلزی مختلف و ناخالصی‌ها در سطح

مقطع و تشخیص فلزهای توزیع شده و اندازه کافی آنها.

ث - به منظور تعیین نوع عملیات حرارتی انجام گرفته بر روی قطعه و همچنین بررسی در تغییرات ساختاری به دلیل تغییر یافتن ساختار، در حالت جامد، در حین سرد شدن قطعه ریختگی برای اچ کردن چدن‌های غیر آلیاژی و به خصوص برای مشاهده ساختار پرلیتی در چدن‌ها و همچنین به دلیل آنکه شکل گرافیتی‌ها در حین اچ کردن کیفیت خود را از دست ندهد معمولاً از محلول پیکرال استفاده می‌کنند یا به طور معمول برای مشاهده مرزخانه‌های فریت از محلول نایتال استفاده می‌گردد. در حالی که این محلول گرافیت‌ها را تغییر داده و باعث متورم شدن آنها می‌گردد پس از اتمام مرحله اچ کردن باید نمونه‌های اچ شده را با دقت خیلی زیاد شسته و خشک کردن در غیر این صورت پس از زمانی کوتاه علائم زنگ زدنی در سطوح اچ شده به وجود می‌آید که باعث اختلال در امر بررسی‌های میکروسکوپی خواهد گردید به خصوص در مورد نمونه‌هایی که اچ کردن آنها به طور عقبی صورت می‌گیرد و توصیه می‌گردد که نمونه‌های مربوط به قطعات ریختگی فولادها و چدن‌های پس از پایان کار با الکل شسته شده سپس در داخل «استون» کاملاً نمونه‌ها جدا گردند و بالاخره در مرحله آخر سریعاً با جریان هوای گرم به خوبی خشک شوند. زمان اچ کردن مناسب را بایستی به طور تجربی یافت و ممکن است از چند ثانیه تا یک دقیقه یا

بیشتر متغیر باشد.

## میکروسکوپ‌های نوری متالوگرافی

میکروسکوپ نوری متالوژی دارای یک سیستم نوری و یک سیستم روشنایی است سیستم نوری شامل عدسی‌های چشمی و عدسی‌های شیشه‌ای است. سیستم روشنایی که از یک منبع نوری با شدت بالا ساخته شده است توسط عدسی‌های متراکم کننده (جمع کننده) و با یک منعکس کننده نور را به سطح قطعه مورد آزمایش می‌تاباند. در صورتی که در قطعه فرورفتگی و برجستگی و محل اچ وجود داشته باشد. شعاع‌های نوری تابیده شده با بازتابش یکسان نخواهد بود و در نتیجه تصویر از قسمت فرورفتگی به وجود آمد.

## انواع میکروسکوپ‌های نوری متالوگرافی

میکروسکوپی نوری متالوگرافی از نوع انعکاسی می‌باشند و به حسب قرار گرفتن نمونه روی میکروسکوپ به دو نوع معکوس و مستقیم تقسیم می‌شوند.

الف - نوع مستقیم: در این نوع نور از قسمت بالا به سطح تابیده شده و نمونه باید دارای دو سطح کاملاً موازی باشند.

ب - نوع معکوس: در این نوع نمونه به طور معکوس روی میز دستگاه بالای عدسی شیء قرار می‌گیرد و به موازی بودن دو سطح قطعه مورد نظر نیست

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)

مرجع دانلود رایگان مهندسی مواد و متالورژی

برای بدست آوردن بزرگ‌نمایی میکروسکوپ معمولاً عدسی که روی شیء نوشته شده است ضرب در عدد عدسی چشمی می‌شود.

نکاتی که هنگام استفاده از میکروسکوپ متالورژی باید رعایت شود:

1. میکروسکوپ وسیله‌ای بسیار گران قیمت است.
2. قطعه مورد آزمایش حتماً باید خشک و عاری از الکل و رطوبت و چربی باشد.
3. میز میکروسکوپ باید محکم باشد تا در هنگام کار ارتعاش نداشته باشد.
4. لامپ میکروسکوپ را به هیچ وجه با دست لمس نکنیم و برای تمیز کردن آن از وسایل مجاز استفاده کنیم.
5. از ضربه زدن و جابجا کردن میکروسکوپ وقتی که روشن است خودداری شود.
6. در هنگام دادن روی میز میکروسکوپ دقت شود که نمونه به عدسی شیء برخورد نکند.
7. شدت نور را همیشه در حد مجاز تنظیم نمایید تا عمر لامپ و سیستم برقی دستگاه بیشتر شود.
8. هرگز بر روی میز میکروسکوپ و اجزای متحول آن فشار وارد نکنید.



همانطور که در شکل روبرو مشاهده می‌شود نور تابیده شده به سطح قطعه پس از برخورد به قسمت فرورفتگی شکسته می‌شود و در همان نقاط محل‌های تیره بودی مشاهده تصویر به وجود می‌آید.

### آزمایش میکروسکوپی (ریز نهایی)

هدف اصلی آزمایش میکروسکوپی ظاهر ساختن جزئیات ساختمان‌های فلزی است که برای دیدن با چشم غیرمسلح بسیار کوچک هستند و قابل رؤیت نمی‌باشند.

جدول محلول‌های اچ میکروسکوپی برای فلزات ریخته‌گری غیر آهنی.

آلیاژ مصرف	ترکیب شیمیایی معروف	شرایط کاربردی	موارد مصرف
قلع 1 ناتیال	اسید نیتریک 2-5cc الکل اتیلیک 95-98cc	1. شستشوی کامل 2. تکرار پولیش کاری با مایع ویژه	اغلب آلیاژهای قلع
روی 2 ناتیال	اسید نیتریک 1-2cc الکل متیلیک 96-99cc	1. نمونه مدلسازی با مالش 2. مشابه آلیاژهای قلع	اکثر آلیاژهای روی ریز ساختارها

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)

مرجع دانلود رایگان مهندسی مواد و متالورژی

اندازه دانه‌ها و غیره نمونه‌های عملیات حرارتی شده	1. سمباده کاری با آب یا پارافین 2. پولیش کاری	الکل اتیلیک یا الکل متیلیک 0/952 اسید استیک 20cc	منیزیم 1 ناتیا 2 بیکوان
سیاه شده فلز	1. تکرار اچ برای حذف لایه‌ها 2. پولیش کاری	اسید سولفوریک 20cc آب 10 100cc	آلومینیوم 1 اسید
ساختارها، اغلب آلیاژها	1. تکرار اچ 2. نمونه مدلسازی یا مالش 3. زمان 5-20 ثانیه	پرسولفات آمونیوم 10gr آب 90cc	مس سولفات آمونیوم

موارد مصرف	شرایط کاربردی	ترکیب شیمیایی معروف	آلیاژ مصرف
اچ پرلیت چدن‌های کم آلیاژ	زمان 2-10 ثانیه	الکل اتلیک تقریباً 100cc	1. بیکران
چدن‌های خاکستری -	نمونه مدلسازی	اسید نیتریک 2-5cc	2. ناتیا

تورم - گرافیت ها - نمایاندن دانه ها	زمان 10-2 ثانیه		
تیوکی کاربید آهن	نمونه مدلسازی در حالت سرد	اسید پیکریک 2gr	3. بیکران سریع
چدن های خاکستری - نمایان شدن مرزدانه ها و ایت	نمونه مدلسازی زمان 10-2 ثانیه	اسید پیکریک 4gr	4. بیکران
چدن های آستینیتی با سیلیسیم بالا	نمونه مدلسازی در محلول جوشان	اسید کاریدریک 10cc	5. اسید - کلریدریک

### میکروسکوپ های متالورژیکی

از آنجا که یک نمونه متالوگرافی نسبت به نور کدر است و باید به وسیله نور بازتابی روشن شود اصول کار آن چنان است که پرتو نوری که به طور افقی از منبع می آید توسط صفحه شیشه ای بازتاب کننده به سمت پایین بازتاب می آید، سپس از داخل عدسی شیء میکروسکوپ عبور کرده به سمت پایین بازتاب می یابد و به سطح نمونه برخورد می کند مقداری از این نور برخوردی که

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)

مرجع دانلود رایگان مهندسی مواد و متالورژی

از سطح نمونه بازتاب کرده هنگام عبور از سیستم عدسی‌های پایین‌تر شیء بزرگ‌نمایی یافته به طرف بالا می‌رود این نور از داخل صفحه بازتاب کننده عبور کرده توسط سیستم عدسی‌های بالاتر، چشمی، مجدداً بزرگ‌نمایی می‌یابد معمولاً قدرت بزرگ‌نمایی عدسی‌های شیء و چشمی در محل نصب آنها درج می‌شود هنگامی که از ترکیب به خصوص از عدسی‌های شیء و چشمی در طول مناسبی از لوله (میکروسکوپ) استفاده می‌شود بزرگ‌نمایی کلی برابر است با حاصل ضرب بزرگ‌نمایی‌های شیء و چشمی حداکثر بزرگ‌نمایی‌های میکروسکوپ‌های نوری تقریباً \* 2000 است.

مهم‌ترین عامل طول موج‌های مرئی است که تفکیک جزئیات زیر را در نمونه متالوگرافی محدود می‌سازد با استفاده از پرتوهایی با طول موج کوتاه، از قبیل اشعه فرابنفش می‌توان بزرگ‌نمایی را تا اندازه‌ای بیشتر کرده اما تفکیک‌های آماده‌سازی نمونه بسیار پیچیده است بزرگ‌ترین پیشرفت در قدرت تفکیک توسط میکروسکوپ الکترونی حاصل شده است. تحت شرایط معینی الکترون‌های سریع همانند نور با طول موج بسیار کوتاه رفتار می‌کند. باریکه الکترون که طول موج آن تقریباً 100000 برابر کوچک‌تر از نور مرئی است قدرت تفکیک را به طور شگفت‌آوری افزایش می‌دهد.

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)

مرجع دانلود رایگان مهندسی مواد و متالورژی

## فلزهای محلول و نامحلول

در هر صنعت عمدتاً مواد خالص به میزان محدود به کار می‌رود و بیشتر مواد به صورت آلیاژ به منظور رسیدن به خواص مکانیکی شیمیایی، فیزیکی مورد نظر در شرایط گوناگون درجه حرارت و ترکیب‌های متفاوت مواد تشکیل دهنده تهیه می‌شود. آلیاژ دارای خواصی است که می‌تواند در حد زیادی از خواص تک تک عناصر خالص آن آلیاژ متفاوت باشند ولی از طرفی این فلزات به صورت صددرصد خالص دارای استحکام پایینی می‌باشد که سبب بروز اشکالاتی در عمل می‌گردد.

بدین جهت به منظور برطرف نمودن آن اشکالاتی و افزایش استحکام می‌یابد آلیاژی از آنها را مورد استفاده قرار داده اجزای مختلف یک آلیاژ می‌تواند به صورت محلول یا نامحلول در آن ماده وجود داشته باشد. قسمتی از یک ماده با ساختمان اتمی و ترکیب شیمیایی یکسان که توسط مرزهای از قسمت‌های دیگر آن متمایز می‌گردد به عنوان فلز نامیده می‌شود یا به عبارتی دیگر هر یک از قسمت‌های همگن از یک سیستم ناهمگن را یک فلز از آن سیستم می‌نامند.

## محلول جامد

هر گاه ترکیبی از دو یا چند عنصر را ذوب کرده و سپس منجمد می‌کنیم در صورتی که کاملاً در یکدیگر حل شده باشند و تشکیل یک فلز را بدهند، محلول را محلول جامد می‌نامیم. در متالورژی اکثراً با محلول‌های جامد سروکار داریم. محلول‌های مایع کمتر مورد استعمال دارند هرگاه ترکیبی از فلزها را ذوب کرده و سپس نگذاریم تا انجماد را حاصل کنند، نتیجه حاصله محلول جامد خواهد بود. هرگاه آلیاژ حاصل را زیر میکروسکوپ آزمایش کنیم مسلماً تمایز بلورهای هر کدام از فلزهای سازنده آلیاژ غیرممکن بوده و بدین ترتیب محلول جامد گفته می‌شود.

## محلول‌های جامد جانشینی

هرگاه اتم‌های حل شونده برای اتم‌های حلال در شبکه کریستالی قرار گیرند محلول را محلول جامد جای‌نشینی می‌نامند. در شکل صفحه بعدی نمودار آهن کربن تا حدود 7 درصد کربن یعنی در محدوده‌ای که از نظر صنعتی اهمیت دارد نشان داده شده است. کربن می‌تواند به صورت دو نوع فلز مختلف ظاهر گردد یکی کربن خالص به عنوان گرافیت که با آهن یک سیستم تعادل پایدار را می‌سازند و دیگری کربن با آهن که تشکیل فلزی به نام کاربید آهن یا

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)

مرجع دانلود رایگان مهندسی مواد و متالورژی

سمنتیت یا 6/67 درصد کربن را می‌دهد که از لحاظ تعادلی یک سیستم نیم پایدار خواهد بود لذا نمودار را می‌توان همچنين به عنوان یک سیستم کامل از دو عنصر آهن - کاربید آهن در نظر گرفت.

بدین علت بر روی محور افقی در مقیاس یک برای درصد کربن خالص و دیگری برای درصد فلز کاربید آهن داده شده است. چنانچه در نمودار مشخص می‌گردد 6/67 درصد یا 100 درصد کاربید مطابقت می‌نمایم.

اما چون ساختمان فولادها بیشتر از سیستم متعادل نیم پایدار آهن - کاربید آهن تعیین می‌گردد لذا نمودار مربوط به آن به دلیل اهمیت صنعتی که دارد با خطوط توپر و نمودار متعادل پایدار آهن - گرافیت با خطوط خط‌چین نمایش داده شده است. بنابراین خطوط توپر خطوط تعادل یا به عبارتی محدوده فازهای سیستم نیم پایدار آهن - کاربید آهن را نشان می‌دهد.

واکنش یوتیکتیک  $1 \rightarrow \text{led}$       % کربن 4/3

واکنش یوتکتوئید  $\gamma \rightarrow p$       % کربن 8

### **تعریف فلزها و ساختار در دیاگرام آهن - کربن**

1. فلز دلتا ( $\gamma$ ): محلول جامد آهن - کربن می‌باشد که ماکزیمم 1 درصد

کربن در نقطه (H) دارد و در دماهای بالا در منطقه فولادها ظاهر می‌شود و یک

محلول جامد بین نشینی می‌باشد و دارای ساختار (BCC) است.

2. فلز گاما ( $\gamma$ ) یا آستنیت: یک محلول جامد بین نشینی آهن و کربن

است و دارای ساختمان (FCC) و غیر مغناطیسی می‌باشد ماکزیمم حلالیت کربن

در آن نقطه (E) 2 درصد کربن می‌باشد سختی این فاز مناسب بوده و انعطاف

پذیری خوبی دارد و تحت شرایط خاصی می‌توان آن را تا دمای محیط پایدار

کرد.

3. فلز فریت (a): محلول جامد بین نشینی آهن و کربن است و دارای

ساختمان (BCC) است و ماکزیمم در نقطه (P) در 723 درجه حدود 25 درصد

کربن دارد و تا دمای محیط حلالیت کاهش یافته به حدود 0/0008 درصد

می‌رسد و مهم‌ترین فاز در دیاگرام آهن و کربن می‌باشد.

4. فاز ( $Fe_3C$ ): یک ترکیب بین نشینی آهن و کربن است و دارای 6/67

درصد در کربن می‌باشد شبکه بلوری آن (ارتورمیک) و نقطه ذوب آن حدود

1500 درجه می‌باشد سخت‌ترین فاز در دیاگرام می‌باشد لدبوریت ساختمان

لایه‌ای از دو فلز پرلیت و سمنتیت می‌باشند که در زیر میکروسکوپ شباهتی به

اثر انگشت یا پوسته صدف دارد پرلیت دارای 0/83 درصد کربن و یا 0/8

درصد کربن می‌باشد و یک ساختار متناسب است.

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)

مرجع دانلود رایگان مهندسی مواد و متالورژی