به نام خدا

مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

---

www.Iran-mavad.com

به نام خالق هستی بخش

بررسی ساختار میکروسکوپی و

آماده سازی سوپرآلیاژها

SUPER ALLOYS

سمیه خیری

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

خلاصه

ABSTRACT

در این پروژه به معرفی سوپر آلیاژها پرداخته شده به طوری که هر سوپر آلیاژ با توجه به محدوده دمایی و ترکیب شیمیایی که دارد مورد کاربرد قرار می گیرد.

در اینجا روش های آماده سازی سوپر آلیاژها نیز مورد توجه واقع شده، که مرحله ی آخر ان مرحله ی اچ است.هر آلیاژ محلول اچ خاص خود را دارد و اضافه کردن آن سبب خورندگی مرزدانه ها و نشان دادن ساختار میکروسکوپی (تشخیص فاز و مرزدانه ها) می شود.

نمونه متالوگرافی: یک نمونه متالوگرافی مطلوب برای مطالعات میکروسکوپی و ماکروسکوپی ساختار ، به درستی و با دقت انتخاب شده و از سطح مناسبی برخوردار است، به منظور بررسی دقیق تر جزئیات ساختاری ، لازم است که سطح نمونه عاری از هر گونه تغییرات ناشی از عملیات نمونه برداری و آماده سازی نمونه بوده ، فاقد هر گونه لکه ، خراش و تغییر شکل باشد . در مواردی خاص نیز باید لبه یا نوک نمونه ها محافظت گردد . تهیه و آماده سازی نادرست و نامناسب می تواند به نتایج غلط منجر گردد. آماده سازی سوپرآلیاژها مشابه به سایر فلزات و آلیاژها است.

کلید واژه ها :

سوپرآلیاژ ـ آماده سازی – اچ – ساختار میکروسکوپی – متالوگرافی

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فهرست

عنوان **صفحه**

۱ –مقدمه

۱ ـ ۱ معرفی سوپرآلیاژها ۵

۱ ـ ۲ کاربرد سوپر آلیاژها ۵

۱ ـ ۳ روش های تولید سوپر آلیاژها ۵

۱–۳–۱ سوپرآلیاژهای کارپذیر

۱–۳–۲ سوپر آلیاژهای متالورژی پودر

۱–۳–۳ سوپرآلیاژهای پلی کریستال ریختگی

۱–۳–۴ سوپرآلیاژهای تک کریستالی انجماد جهت دار

۱ ـ ۴ انواع سوپر آلیاژها ۷

۱–۴–۱ سوپرآلیاژهای پایه کبالت

۱–۴–۲ سوپرآلیاژهای پایه آهن – نیکل

۱ ـ ۴ ـ ۳ سوپرآلیاژهای پایه نیکل

۱ ـ ۵ متالورژی فیزیکی سوپرآلیاژهای پایه نیکل ۹

۱–۵–۱خلاصه فازها در این سوپرآلیاژ

۱–۵–۲ دیاگرام فازی Ni-Cr , Ni-Ti

۱ ـ ۶ متالورژی مکانیکی ۱۴

۱–۶–۱ مقاومت به خوردگی سوپرآلیاژها

۱ ـ ۶ ـ ۲ پایداری سوپرآلیاژها

۱–۶–۳ خواص ماشین کاری

۱–۶–۴ برس کاری

۱–۶–۵ عمر ابزار

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۲ - مراحل کامل آماده سازی نمونه متالوگرافی

۲-۱ نمونه برداری ۱۷

۲-۱-۱ نمونه متالوگرافی

۲-۱-۲ برش و مقطع زدن

۲-۱-۳ نمونه گیر

۲-۱-۴ مانتینگ

۲-۱-۵ علامت گذاری بر روی نمونه

۲-۲ سنباده زنی و پرداخت کاری ۲۰

۲-۲-۱ سنباده زنی و پرداخت کاری مکانیکی

۲-۲-۲ سنباده زنی و پرداخت کاری تر

۲-۲-۳ حرکت نمونه بر روی ساینده

۲-۲-۴ نکات لازم در زمینه سنباده زنی و پرداخت

۲-۲-۵ تمیز کردن نمونه

۲-۳ مفهوم اچ کردن ۲۳

۲-۴ انواع روش های اچ کردن ۲۸

۳- ارائه و بررسی نتایج ۳۲

۴- قدر دانی ۳۳

۵- مراجع ۳۴

www.Iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

مقدمه

۱-۱ معرفی سوپرآلیاژها INTRODUCTION

سوپر آلیاژها دارای خواص متنوعی بوده و به منظور برآورده کردن نیازمندی های گسترده و متنوع مصرف کنندگان، بوجود آمده اند. یک سوپر آلیاژ ، آلیاژی است که برای کار در دمای بالا توسعه یافته، معمولاً زمینه آن روی عناصر گروه VII است. در جایی که تنش های مکانیکی شدید حادث می شوند، صافی و یکنواختی سطحی مورد نیاز است. این آلیاژها معمولاً از فرمول های مختلفی که از عناصر زیر در آنها بهره برده‌اند تشکیل شده است. آهن، نیکل، کبالت و کروم همین طور مقدار بسیار کمی تنگستن مولیبدن، تانتالیم، تیتانیم مقاومت در برابر خوردگی کرم و ساییدگی می باشد. انواع بسیاری از آلیاژها در دسته وسیعی از سوپرآلیاژها قرار می گیرند. این عناصر عبارت اند از : آلیاژهای پایه آهن، تشکیل شده از کروم و نیکل، و ترکیبی از مخلوط Fe – Ni – Cr – Co . سوپرآلیاژها در واقع آلیاژهایی مقاوم در برابر حرارت، خوردگی واکسیداسیون می باشند که به لحاظ ترکیب شیمیایی شامل سه گروه پایه نیکل، نیکل-آهن و پایه کبالت می باشند. [4]

۱-۲ کاربرد سوپر آلیاژها

اولین استفاده از سوپرآلیاژها در ساخت توربین‌های گازی، طرح‌های تبدیل ذغال‌سنگ، صنایع شیمیایی و صنایعی که نیاز به مقاومت حرارتی و خوردگی داشته‌اند بوده است.

امروزه تناژ وسیعی از قطعات مصرفی در توربین‌های گازی از جنس سوپرآلیاژها می باشند. در ذیل به بعضی از مصارف این قطعات اشاره شده است:

- توربین‌های گازی هواپیما
- توربین‌های بخار نیروگاه‌های تولید برق
- ساخت قالب‌های ریخته‌گری و ابزارهای گرمکار
- مصارف پزشکی و دندانپزشکی
- فضاپیماها
- تجهیزات عملیات حرارتی
- سیستم‌های نوترونی و هسته‌ای
- سیستم‌های شیمیایی و پتروشیمی
- تجهیزات کنترل آلودگی
- تجهیزات و کوره‌های نورد فلزات
- مبدل‌های حرارتی تبدیل ذغال سنگ.

۱-۳ روش های تولید سوپر آلیاژها

با توجه به نحوه تولید می توان سوپرآلیاژها را به چهار گروه کلی تقسیم بندی نمود که عبارتند از :

۱. سوپر آلیاژ های کار پذیر
۲. سوپر آلیاژهای متالورژی پودر
۳. سوپر آلیاژهای پلی کریستال ریختگی
۴. سوپر آلیاژهای تک کریستال انجماد جهت دار

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱-۳-۱ سوپرآلیاژهای کارپذیر

سوپرآلیاژهای کارپذیر در حقیقت گروهی از سوپر آلیاژها هستند که قابلیت کار مکانیکی دارند و از روش‌های مکانیکی می توان به آنها شکل‌داد. به منظور تولید مقاطع معینی ازسوپرآلیاژهای کارپذیر، اولین گام آن است که شمش‌های سوپرآلیاژها به دلیل حضور عناصر فعال (عناصری که سریع در مجاورت هوا اکسید می شوند) در شرایط خاصی تهیه شوند. فرایندهای ذوب در خلاءدر مورد تهیه سوپرآلیاژهای پایه نیکل و پایه آهن جزء ضروریات می‌باشد. اما در مورد سوپرآلیاژهای پایه کبالت امکان ذوب در هوا وجود دارد .پس از تهیه شمش آلیاژهای کارپذیر به یکی از روش‌های فوق عملیات شکل‌دهی صورت می گیرد. عملیات شکل‌دهی سوپرآلیاژها نیز می‌تواند توسط عملیات متداول کلیه آلیاژهای فلزی انجام پذیرد .سوپرآلیاژهای پایه آهن، کبالت و نیکل را می‌توان به صورت مفتول، صفحه، ورق، نوار، سیم و اشکال دیگر توسط فرایندهای نورد، اکستروژن و آهنگری تولید نمود. معمولاً عملیات شکل‌دهی در دمای بالا صورت می گیرد و تعداد کمی از سوپرآلیاژها را می‌توان به صورت سرد شکل‌دهی نمود. ساختارهای یکنواخت و ریزدانه‌ای که از شکل‌دهی سرد حاصل می‌شود نسبت به ساختارهای شکل‌دادن گرم ارجحیت دارند .عملیات ترمودینامیکی بر روی سوپرآلیاژها معمولاً در حدود 950-1000 درجه سانتی گراد انجام می‌شود که به این ترتیب در حین شکل دادن عملیات حرارتی نیز صورت می گیرد.

۱-۳-۲ سوپرآلیاژهای متالورژی پودر

بسیاری از انواع آلیاژهای کارپذیر از طریق فرایندهای متالورژی پودر تولید می گردند .امروزه قطعات متالورژی پودر از جنس سوپرآلیاژ با دانسیته کامل از طریق روش‌های اکستروژن یا پرسکاری ایزواستاتیک گرم (HIP) تولید می گردند. مهمترین این قطعات قیچی‌ها و سوزنهای جراحی می‌باشند .فرایندهای متالورژی پودر به دلیل داشتن مزایای زیر بر فرایندهای ریخته‌گری ترجیح داده می‌شوند هر چند که معایبی را نیز به همراه خواهند داشت:

- یکنواختی در ترکیب شیمیایی و ساختار کریستالی
- ریز بودن اندازه دانه‌های کریستالی - کاهش جدایش‌ها
- راندمان بالاتر از نظر مصرف مواد

اما مشکلاتی نظیر حضور گاز باقیمانده، آلودگی کربنی و آخال‌های سرامیکی باعث می گردد که در برخی موارد نیز فرایندهای شمش‌ریزی و ترمومکانیکی متداول صورت پذیرند .

۱-۳-۳ سوپرآلیاژهای پلی کریستال ریختگی

وجود محدودیت‌های تکنولوژیکی سبب محدود شدن رشد صنعت سوپرآلیاژ می گردد و بنابراین با پیدایش فرایندهای جدید تولید، این صنعت نیز روز به روز توسعه می‌یابد .تعداد زیادی از فرایندها را می‌توان در تولید قطعات سوپرآلیاژ با اندازه نزدیک به قطعهٔ نهایی مورد استفاده قرار داد اما اساساً این قطعات توسط فرایند ریخته‌گری دقیق تولید می گردند .محدوده ترکیب شیمیایی سوپرآلیاژهای ریختگی بسیار گسترده‌تر از سوپرآلیاژهای کارپذیر بوده و بنابراین خواص متنوع‌تری نیز از این طریق قابل حصول خواهند بود هر چند که انعطاف‌پذیری و مقاومت به خستگی در فرآیندهای کار مکانیکی بهتر از ریخته‌گری خواهد بود، اما امروزه با توسعه فرآیندهای جدید ریخته‌گری و انجام عملیات حرارتی متعاقب، خواص سوپرآلیاژهای ریختگی نیز افزایش یافته است.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱-۳-۴ سوپرآلیاژهای تک کریستالی انجماد جهت‌دار

به منظور توسعه توربین‌های گازی مصرفی در هواپیماها و افزایش دماهای کاری و کارآیی موتورها، به طور مداوم روش‌های تولید سوپرآلیاژها در حال بهبود است . قسمت‌های بحرانی توربین‌ها معمولاً شامل پره‌های تحت فشار بالا، هواکش‌ها و دیسک ها می‌باشند. در طول 15 سال گذشته تحقیقات بسیاری در زمینه افزایش راندمان توربین‌ها صورت گرفته است و عمده این تحقیقات بر امکان افزایش دمای ورودی، فشار کاری و کاهش هزینه‌های تولید استوار بوده است. توسعه فرایند انجماد جهت دار به منظور تولید تک کریستالی‌های ریختگی سبب شده تا بتوان از این طریق پره‌های توربین را با دانه‌های جهت‌دار در راستای اعمال تنش تولید نمود و به این ترتیب علاوه بر خواص پایدار حرارتی، استحکام خستگی، استحکام خزشی و انعطاف پذیری نیز افزایش یابند .

با توسعه این تکنولوژی، امروزه در توربین‌های مصرفی در نیروگاه‌های برق نیز از قطعات تک کریستال از جنس سوپرآلیاژها استفاده به عمل می‌آید .در سال‌های اخیر شرکت هواپیمایی PWA یکی از پیشگامان تولید سوپرآلیاژها می باشد و تولید آلیاژهای PWA 1480 به صورت تک کریستال توسط این شرکت، سبب افزایش عمر کاری هواپیمای جنگی F-100 گردیده است .

۱ ۴ انواع سوپر آلیاژها

تقسیم بندی سوپرآلیاژها بر حسب ترکیب شیمیایی : به طور کلی این آلیاژها شامل سه گروه پایه نیکل، پایه آهن-نیکل و پایه کبالت می باشند که بسته به درجه حرارت کاربردی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱ ۴ ۱ سوپرآلیاژهای پایه کبالت

سوپرآلیاژهای کار پذیر پایه کبالت بر خلاف سایر سوپر آلیاژها مکانیزم استحکام بخشی متفاوتی دارند و خواص حرارتی خوبی در دمای حدود 1000 درجه سانتی گراد خواهند داشت .سوپرآلیاژهای پایه کبالت حاوی کرم، مقاومت به خوردگی و اکسیداسیون خوبی داشته و هم چنین قابلیت جوشکاری و مقاومت به خستگی حرارتی آنها نسبت به آلیاژهای پایه نیکل بالاتر می‌باشد. از طرف دیگر امکان ذوب و ریخته‌گری این آلیاژ، در هوا با اتمسفر آرگون مزیت دیگری نسبت به سایر سوپر آلیاژها که نیاز به خلاء دارند می باشد. سه گروه اصلی آلیاژهای پایه کبالت را می‌توان به صورت ذیل در نظر گرفت : آلیاژهایی که در دماهای بالا در محدوده 650 تا 1150 درجه سانتی گراد مورد استفاده قرار می گیرند که شامل آلیاژهای S-816، 188 ،25HAYNES،25HAYNES

55625HAYNES ، 50UMCO می‌باشند . آلیاژهایی که تا حدود 650 درجه سانتی گراد به کار می روند نظیر TN3MP،159MP.

-آلیاژ مقاوم به سایش B 6 Stellite آلیاژ 2525HAYNES بیشترین کاربرد را در میان آلیاژهای کارپذیر پایه کبالت داشته است و در ساخت قطعات گرم کار نظیر توربین‌های گازی، اجزاء راکتورهای هسته‌ای، ایمپلنت‌های جراحی و ... مورد استفاده قرار گرفته‌اند. آلیاژهای گروه پایه کبالت که شامل کرم - تنگستن - کربن می باشند معروف به آلیاژهای Satellite بوده که به شدت مقاوم به سایش می باشند .این گروه معمولاً در مواردی که مقاومت سایشی در درجه حرارت‌های بالا مورد نیاز باشد به کار می روند. در واقع سختی این مواد در دمای بالا حفظ شده و در مواقعی که نمی توان در حین کار روغن کاری انجام داد به خوبی مورد استفاده قرار می گیرند. [4]

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱-۴-۲ سوپرآلیاژهای پایه آهن- نیکل

سوپرآلیاژهای پایه آهن نشأت گرفته از فولادهای زنگ نزن آستینتی می باشند که دارای زمینه‌ای از محلول جامد آهن و نیکل بوده و برای پایداری زمینه نیاز به حداقل 25 درصد نیکل است . گروه‌های متعددی از این آلیاژها تاکنون مشخص گردیده‌اند که هر یک با مکانیزم‌های خاصی مستحکم می‌شوند. برخی از این آلیاژها نظیر V-57 و A-286 حاوی 25 تا 35 درصد وزنی نیکل می باشند و استحکامشان به دلیل حضور آلومینیوم و تیتانیم می‌باشد . گروه دوم آلیاژهای پایه آهن که آلیاژهای X750 و Incoloy901 نمونه‌های آن می باشند، حداقل 40 درصد وزنی نیکل داشته و همانند گروه‌های با نیکل بالاتر استحکام بخشی توسط سختی رسوبی صورت می‌گیرد . گروه دیگر این آلیاژها بر پایه آهن- نیکل- کبالت می باشند و استحکام این گروه در محدوده 650 درجه سانتی گراد مناسب بوده و ضریب انبساط حرارتی آنها پایین می باشد. این آلیاژها شامل Incoloy با شماره‌های 903، 907، 909، 1-1 PyrometCTX و 3-PyrometCTX و ... می‌باشند آلیاژهای پایه نیکلی در حدود 50٪ نیکل دارند و مقادیر قابل ملاحظه ای کروم ،کبالت و فلزات نسوز دارا می باشند اما آهن یا ندارند یا بسیار اندک دارند . آنها ممکن است همچنین آلومینیم و تیتانیم داشته باشند . در ابتدا آلیاژهای پایه نیکلی با مقدار کروم بالا برای مقاومت در برابر اکسیداسیون توسعه یافت و آنهایی که دارای مولیبدون زیاد می باشند برای مقاومت در برابر محیط های خورنده شیمیایی توسعه یافته اند وقتی که آلومینیم و تیتانیم به سوپر آلیاژها افزوده می شوند استحکام دمای بالا به شدت افزایش می یابد.[4]

۱-۴-۳ سوپر آلیاژهای پایه نیکل

امروزه آلیاژهای نیکل در حالت‌های " تک فازی"، "رسوب سختی شده " و "مستحکم شده توسط رسوبات اسیدی و کامپوزیت‌ها" در مصارف صنعتی مختلف مورد استفاده قرار می گیرند . سوپرآلیاژهای پایه نیکل پیچیده‌ترین ترکیباتی می باشند که در قطعات دمای بالا به کار می روند. در حال حاضر 50 درصد وزن موتورهای هواپیماهای پیشرفته از جنس این آلیاژها می باشد. خصوصیات اصلی آلیاژهای نیکل، پایداری حرارتی و قابلیت مستحکم شدن می باشد . بسیاری از این آلیاژها حاوی 10 الی 20 درصد کرم، حداکثر 8 درصد آلومینیوم و تیتانیم، 5 تا 15 درصد کبالت و مقادیر کمی مولیبدن، نیوبیم و تنگستن می‌باشند .دو گروه اصلی از آلیاژهای آهن- نیکل که میزان نیکل آنها بیشتر از مقدار آهن است عبارت از گروه Incoloy 706 و Inconel 718 می باشند .این آلیاژها معمولاً حاوی 3 تا 5 درصد نیوبیم می باشند و در ردیف آلیاژهای پایه نیکل قرار می گیرند. آلیاژهای پایه نیکل معمولاً تا دمای 650 درجه سانتی گراد استحکام خود را حفظ می کنند، اما در دماهای بالاتر به سرعت استحکام خود را از دست می دهند. [4]

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

جدول 1. ترکیب شیمیایی و کاربرد عمومی سوپرآلیاژ پایه نیکل در دو نوع ریخته گری و کار شده

Alloy	% Ni	% Cr	% Co	% Mo	% Al	% Ti	% Cb	% C	% B	% Zr	% Other	Typical applications
Wrought alloys												
Inconel X-750	73	15	· · ·	· · ·	0.8	2.5	0.9	0.04	· · ·		6.8 Fe	Gas turbine parts; bolts.
Udimet 500	53.6	18	18.5	4.0	2.9	2.9		0.08	0.006	0.05		Gas turbine parts; sheets; bolts.
Udimet 700	53.4	15	18.5	5.2	4.3	3.5		0.08	0.03	· · ·		Jet engine parts.
Waspaloy	58.3	19.5	13.5	4.3	1.3	3.0		0.08	0.006	0.06		Jet engine blades.
Astroloy	55.1	15.0	17.0	5.2	4.0	3.5		0.06	0.03			Forgings for high temperatures.
René 41	55.3	19.0	11.0	10.0	1.5	3.1		0.09	0.005			Jet engine blades and parts.
Nimonic 80A	74.7	19.5	1.1	· · ·	1.3	2.5		0.06	· · ·			Jet engine parts.
Nimonic 90	57.4	19.5	18.0	· · ·	1.4	2.4		0.07	· · ·			Jet engine parts.
Nimonic 105	53.3	14.5	20.0	5.0	1.2	4.5		0.20	· · ·			Jet engine parts.
Nimonic 115	57.3	15.0	15.0	3.5	5.0	4.0		0.15	· · ·			Jet engine parts.
Cast alloys												
B-1900	64	8.0	10.0	6.0	6.0	1.0	· · ·	0.10	0.015	0.1	4.0 Ta	Jet engine blades.
MAR-M200	60	9.0	10.0	· · ·	5.0	2.0	1.0	0.13	0.015	0.05	12 W	Jet engine blades.
Inconel 738	61	16.0	8.5	1.7	3.4	3.4	0.9	0.12	0.01	0.10	1.7 Ta, 2.6 W	
René 77	58	14.6	15.0	4.2	4.3	3.3	· · ·	0.07	0.016	0.04	· · ·	Jet engine parts.
René 80	60	14.0	9.5	4.0	3.0	5.0	· · ·	0.17	0.015	0.03	4.0 W	Turbine blade alloy.

۱-۵ متالورژی فیزیکی سوپر آلیاژهای پایه نیکل

سوپرآلیازهای پایه نیکل در همه ی دماها دارای ساختار بلوری با شبکه ی مکعبی با سطوح مرکز دار f.c.c هستند. چگالی سوپرآلیاژها به مقدار عناصر آلیاژهای افزوده شده بستگی دارد ، عناصر آلیاژی Ti – Cu و Al چگالی را کاهش و W و Re و Ta آن را افزایش می دهند. دمای ذوب عنصر خالص Ni 1453 درجه سانتی گراد است. دمای ذوب موضعی و دامنه ذوب سوپرآلیاژها ، تابعی از ترکیب شیمیایی و فرایند اولیه است. سوپرآلیاژها ی پایه نیکل ممکن است در دمای 1204 درجه سانتی گراد از خود ذوب موضعی نشان دهند. چنان چه استحکام در دماهای بالاتر مورد نیاز باشد، سوپرآلیاژهای پایه نیکل می شوند. اولین سوپرآلیاژهای نیکل شامل Nimonic و Inconel از نوع استحکام یافته با محلول جامد بودند. در سوپرآلیاژهای پایه نیکل مقدار کمی Al (2-3) درصد و Ti افزوده شده تا در اثر رسوب فاز ˝ ۲ ، استحکام در دمای بالا افزایش یابد. این نوع سوپرآلیاژها ی ریخته شده بیشترین مقادیر عناصر سخت کننده را دارند . [4]

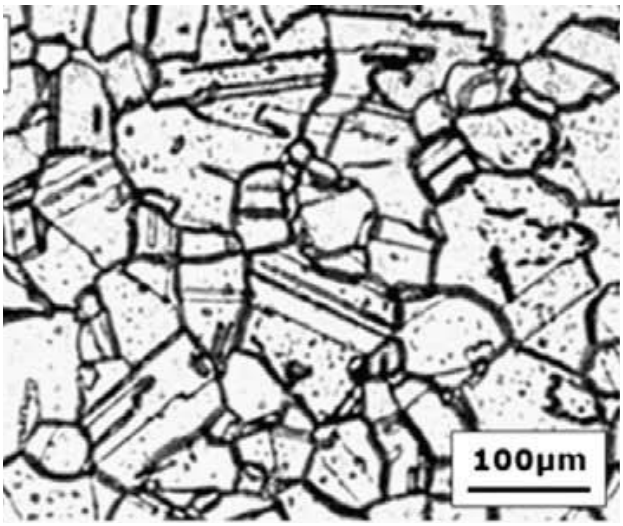
۱-۵-۱ خلاصه فازها در سوپر آلیاژهای پایه نیکل:

سوپرآلیاژهای پایه نیکل دارای فاز ۲ با شبکه ی f.c.c آستنیتی و فاز های ثانویه مختلفی هستند. سایر فازهای ثانویه کنترل کننده خواص دیگر این سوپرآلیاژها عبارت اند از: کاربیدهای f.c.c از نوع M23 C6 , M6C , M7C3 Mc , و فاز ˝ ۲ با ساختار بلوری f.c.c و ترکیب Ni3(Ti , Al) فاز ´ ۲ با ساختار بلوری BCT و ترکیب Nb3Ni ، فاز η با ساختار بلوری هگزاگونال و ترکیب Ni 3 ti و فاز بین فلزی δ با ساختمان بلوری اورتورمبیک و ترکیب Ni3Nb . در سوپرآلیاژهای پایه نیکل ، فازهای رسوبی استحکام دهنده اصلی ˝ ۲ و ´ ۲ هستند .[4]

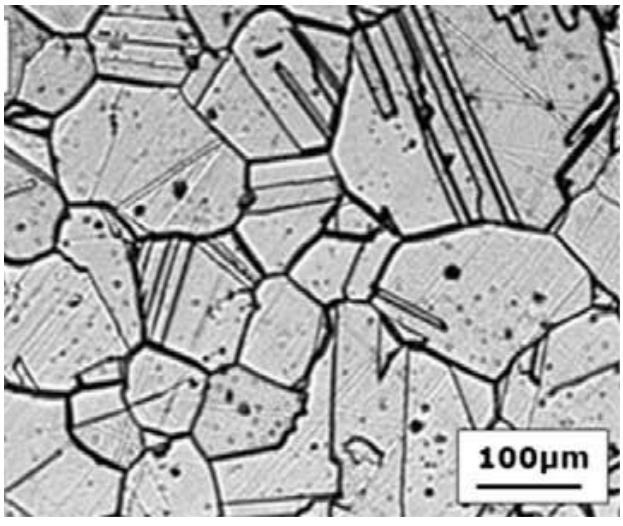
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

اگه چه سوپرآلیاژها ی پایه نیکل سخت شده با محلول جامد هستند ولی مهم ترین آلیاژهای این گروه دارای رسوب ترکیبات بین فلزی در زمینه f.c.c هستند. در آلیاژهای حاوی Tiو Al استحکام با رسوب فاز γ' بهبود پیدا می کند. آلیاژهای کارشده مانند Waspaloy , U-720, u-700, astrology و آلیاژهای ریخته مانند In-713, Rene, MAR-m-200 ، از این قبیل هستند.[4]

- زمینه γ، فاز پیوسته زمینه با ساختار بلوری f.c.c پایه نیکل و غیر مغناطیسی دارای درصد بالایی از عناصر محلول جامد مانند W , Mo , Cr , Fe , CO می باشد. این فاز زمینه کلیه آلیاژهای پایه نیکل است.
- تشکیل γ' از تیتانیوم و آلومینیوم که با نیکل رسوب شده، واکنش انجام داده است و رسوب آن دارای مرزهای منظم با زمینه آستنیتی γ است. در این فاز عناصر دیگری مانند Nb , Ta ,cr نیز وجود دارند. رسوب γ' فاز اصلی استحکام دهنده در دمای بالا می باشد. شکل رسوب چنان چه به طور صحیح تشکیل شده باشد به صورت کروی یا مکعبی است.[4]
- لایه های γ' کشیده شده در مرزدانه ها که به وسیله عملیات حرارتی و محیط کار در تعدادی از آلیاژهای کارشده و ریخته به وجود می آید و ممکن است اثرات مفیدی بر خواص خزش آلیاژ داشته باشد.
- γ'' از ترکیب Nb , Ni در حضور Fe و تشکیل Ni3Nb با ساختمان بلوری B.C.t بدست می آید. رسوب این فاز دارای مرزهای منظم با زمینه آستنیتی γ است. رسوب γ'' در دمای 649 درجه سانتی گراد ناپایدار است. [4]



(a) 1190° C



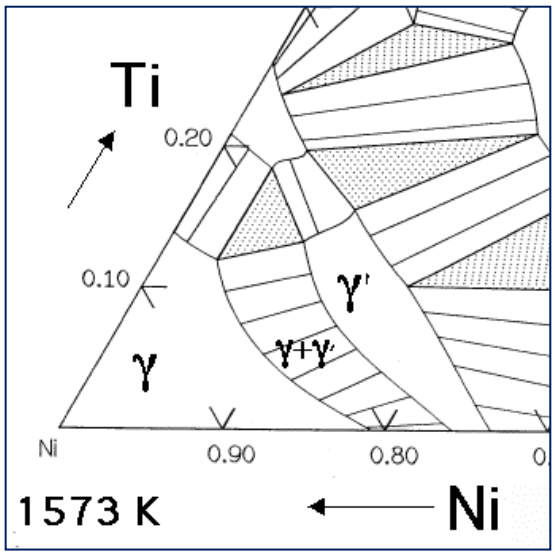
(b) 1145° C

شکل ۱.

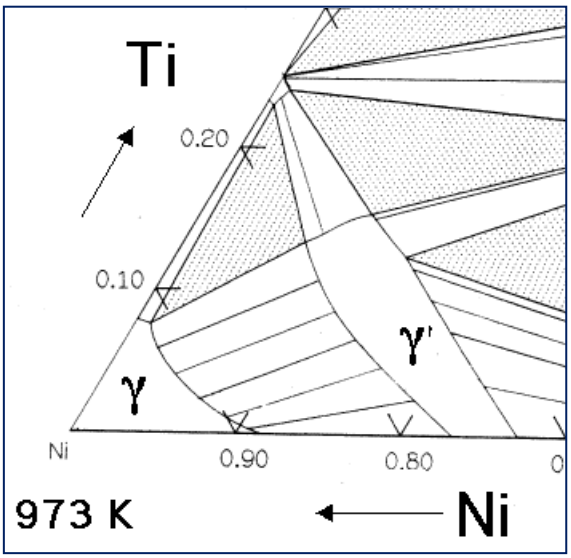
میکروساختار سوپر آلیاژ با زمینه r گاما، که با افزایش دمای همگن سازی اندازه ی دانه ها افزایش یافته است.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

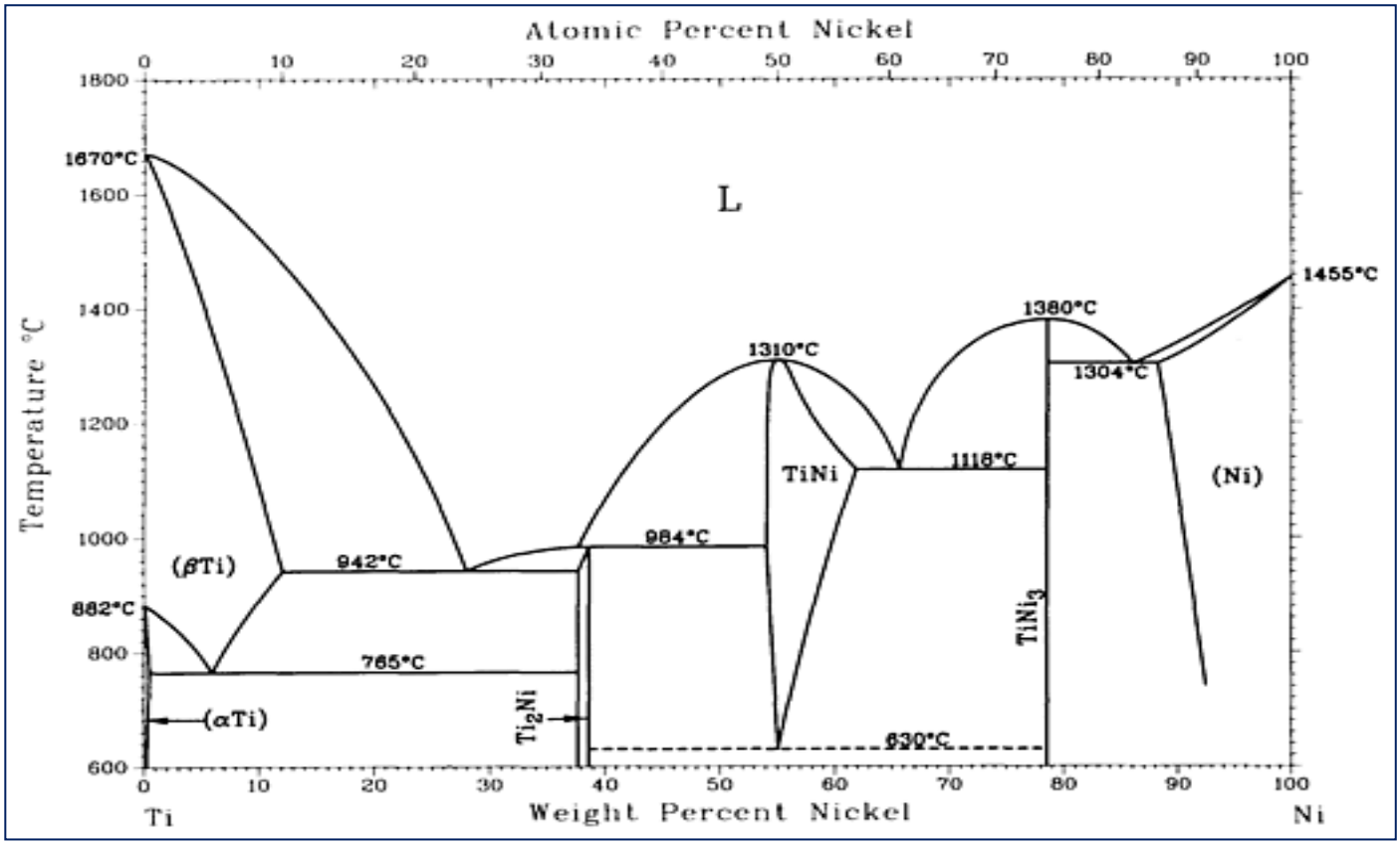
۱-۵-۲ دیاگرام فازی Ni-Ti , Ni-Cr



شکل ۲



شکل۳



شکل۴

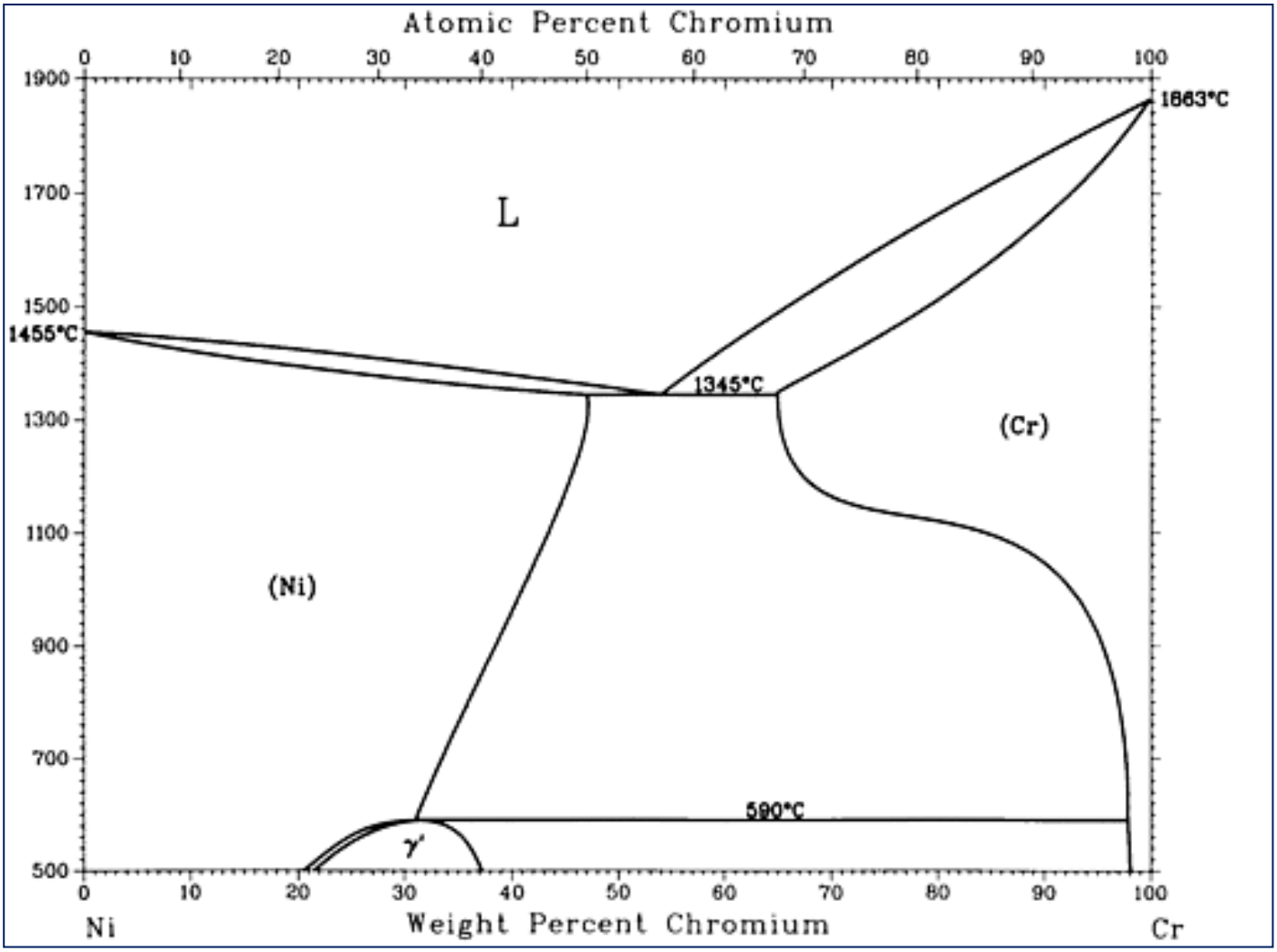
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

جدول۲. اطلاعات کریستالوگرافی آلیاژ Ni- Ti

Phase	Composition, wt% Ni	Pearson symbol	Space group
(βTi)	0 to 12	*cI*2	$Im\bar{3}m$
(αTi)	0 to 0.3	*hP*2	$P6_3/mmc$
$\omega^{(a)}$	~10	*hP*3	$P6/mmm$ or $P\bar{3}m1$
Ti_2Ni	38.0	*cF*96	$Fd\bar{3}m$
$TiNi'^{(a)}$	~54 to 58	*mP*4	$P2_1/m$
TiNi	54.6 to 62	*cP*2	$Pm\bar{3}m$
$\gamma''TiNi_3^{(a)}$	~77	*hR*21	$R\bar{3}m$
$TiNi_3$	79	*hP*16	$P6_3/mmc$
$\gamma'TiNi_3^{(a)}$	~86 to 90	*cP*4	$Pm\bar{3}m$
(Ni)	**88.4 to 100**	***cF*4**	$Fm\bar{3}m$

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

دیاگرام فازی نیکل – کروم :



شکل ۵

جدول۳.اطلاعات کریستالوگرافی آلیاژ Cr-Ni

Phase	Composition, wt% Cr	Pearson symbol	Space group
(Ni)	0 to 47.0	*cF*4	$Fm\bar{3}m$
Ni_2Cr or γ'	21 to 37	*oI*6	*Immm*
(Cr)	65 to 100	*cI*2	$Im\bar{3}m$
Metastable phases			
σ	~28	*tP*30	$P4_2/mnm$
δ	100	*cP*8	$Pm\bar{3}m$

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱ ۶ متالورژی مکانیکی سوپر آلیاژهای پایه نیکل

۱ ۶ ۱ روش های استحکام دهی سوپر آلیاژ ها :

۱) ایجاد محلول جامد جاینشینی با استحکام بالا

۲) پیرسختی $Ni_3(Ti,Al,Cb)$

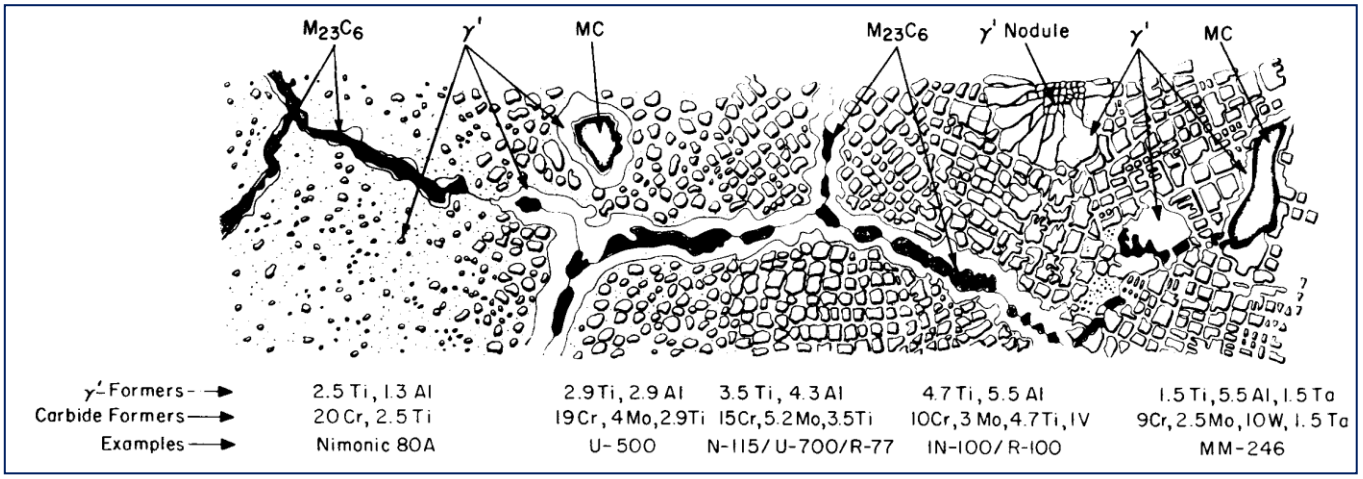
۳) ته نشین شدن نیترید ها و کاربید ها

۴) تبدیل شدن به فاز مارتنزیت

۵) سرد کاری

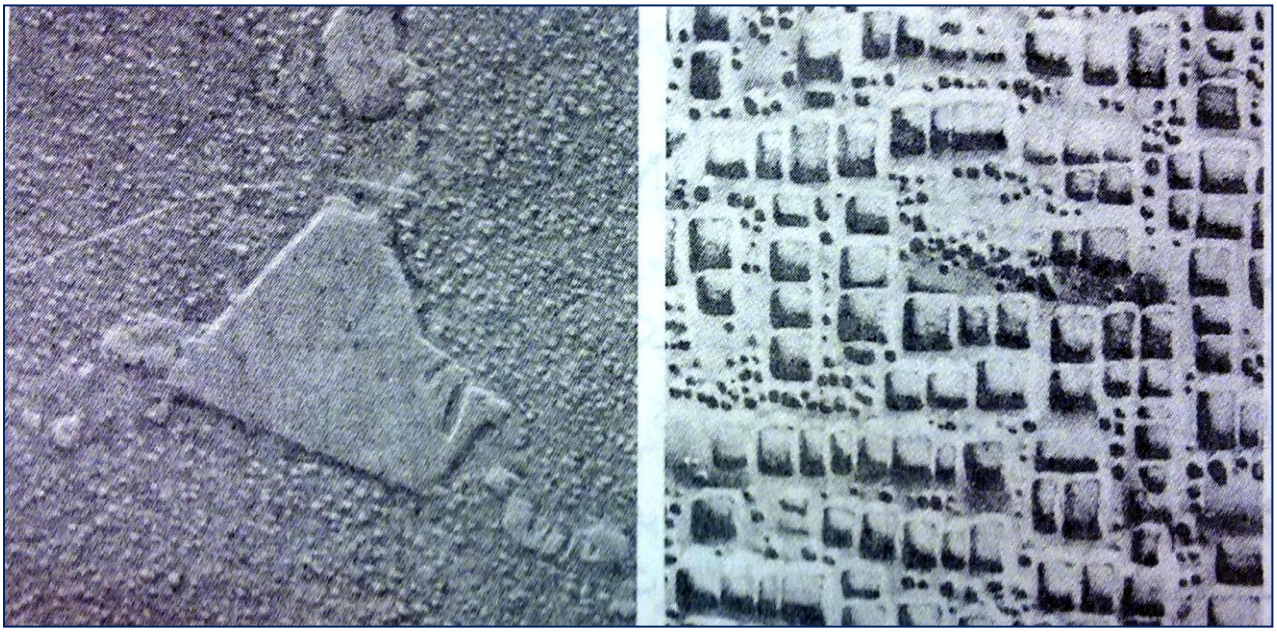
۶) رسوب های هم سیما

- از دیگر روش های استحکام دهی سوپر آلیاژ ها تشکیل کاربید ها می باشد. انواع کاربید ها به شرح زیراند :
  - MC
  - $M_{23}C_6$
  - M_6C
  - M_7C_3



شکل ۶

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

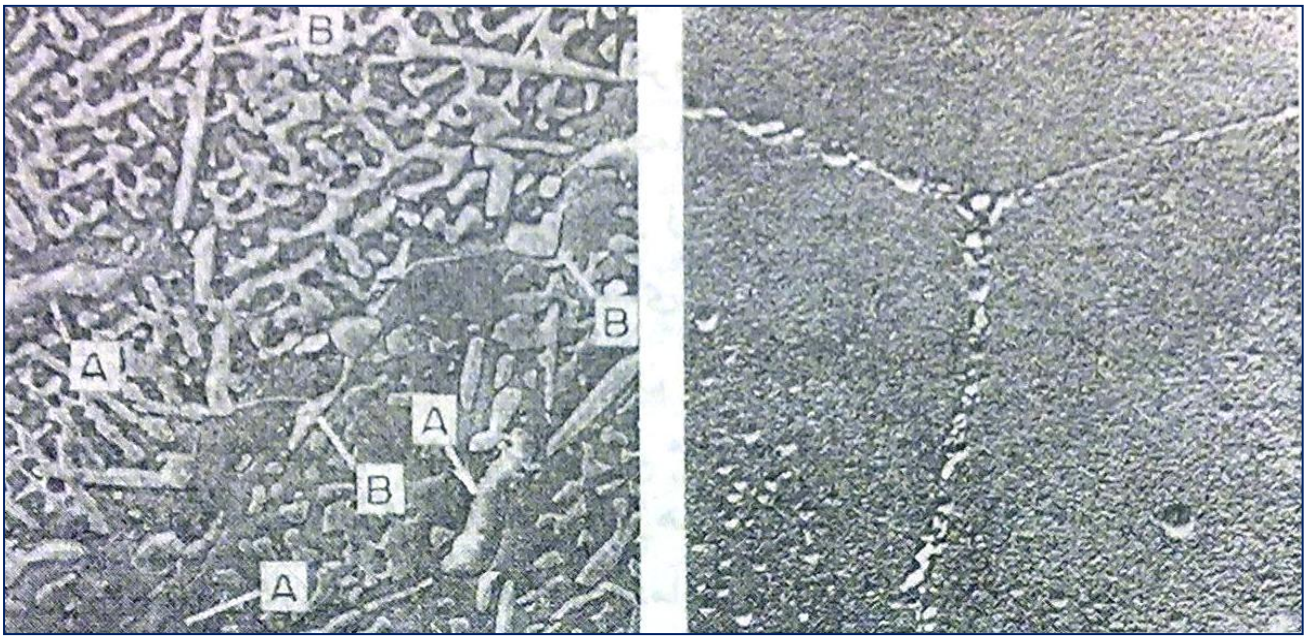


شکل۷. رسوب γ' مکعبی در آلیاژ u-700

600 X

شکل۸. کاربید های $M_{23}C_6$ مرز دانه ای و رسوب γ' کروی

توزیع شده در زمینه ، 6000 X



شکل۹. آلیاژ waspaloy کاملاً عملیات حرارتی شده دارای

کاربید های $M_{23}C_6$ در مرزدانه ها 3000X

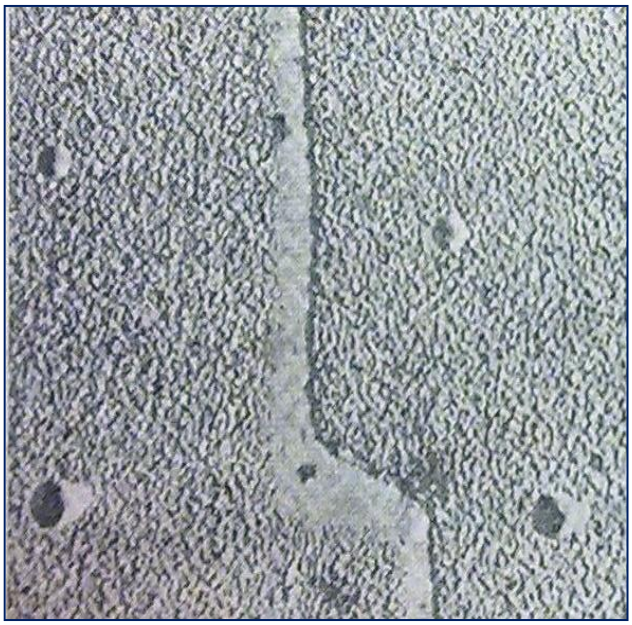
شکل۱۰.آلیاژ B1900 کاملاً عملیات حرارتی شده و کار کرده دارای

کاربید های MC=A و کاربید های M_6C=B 2000X

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

شکل۱۱.آلیاژ waspaloy دارای کاربید سلولی در مرزدانه

20000X



شکل۱۲. آلیاژ waspaloy دارای لایه کاربید MC

در مرزدانه 5000X

۱ ۶ ۲ مقاومت به خوردگی و اکسیداسیون

سوپر آلیاژ ها باید بتوانند در مقابل مشکلات ناشی از هوا ، خوردگی ، خوردگی گرم و اکسیداسیون مقاومت نماید. برای بالا بردن نقطهٔ پایداری در برابر خوردگی محیطی مهمترین عنصر آلیاژی ، کروم می باشد که به طور قابل توجه ای در سوپر آلیاژ ها استفاده می‌شود. سوپرآلیاژها به دلیل وجود کروم معمولاً قابلیت مقاومت در برابر خوردگی خوبی از خود نشان می دهند . مقاومت داشتن در محیط های خورنده در دماهای بالا ،خاصیت مهمی برای سوپر آلیاژها به شمار می رود.

پایداری آلیاژ

بدیهی است که پایداری آلیاژ و توانایی یک ماده برای مقاومت در برابر اثرات مخرب وابسته به فوق گداز، از اهمیت ویژه ای برای سوپر آلیاژهایی که برای استفاده در دماهای بالا به کار می روند ، برخوردار است . به طور آشکار ، سوپر آلیاژهای پایه نیکل مستحکم شده توسط یک فاز ثانویه رسوبی، بسیار پیچیده و در حقیقت بین همه سوپر آلیاژها قابل توجه تر می باشند. این آلیاژ ها در مواردی سخت که مربوط به تنش و دما می باشند ، مورد استفاده قرار می گیرند . ثابت شده است که این آلیاژها از استحکام خوبی در بالاترین گستره های دمایی نقطه ذوب فلز پایه، «در میان کلیه سیستم های رشد یافته»، برخوردار هستند.همانطور که در بالا مطرح شد، یکی از خصوصیات کاربردی در دماهای بالا ناپایداری متالوژیکی می باشد . تنش، زمان، دما و محیط ممکن است موجب تغییر در ساختار متالوژیکی در طول عملیات شوند و به موجب آن با کاهش استحکام یا داکتیلیتی سبب شکست گردند.

قابل ذکر است که در برخی موارد ممکن است استحکام بالا برود. این تغییرات ساختاری یا ناپایداری های متالوژیکی را می توان به بهترین شکل هنگامی که آنها روی خواص تنش پارگی تاثیر می گذارند ، بررسی کرد. یک تغییر شدید نزولی در شیب

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

منحنی تنش پارگی این مسئله را خاطر نشان می کند که شکست ها در زمانهای کوتاه تری و در تنش های کمتر از مقدار پیش بینی شده روی می دهد. ناپایداری ها همراه با پیر سازی «رسوب فاز» بیش پیر سازی « به هم آمیختگی و بزرگ شدن » ، تجزیه فاز «معمولا کاربید ها و بورید ها و نیترات ها »، رسوب فازی بین فلزی ، اکسیداسیون داخلی و تنش خوردگی می باشند.

۱-۶-۴ خواص ماشین کاری Machinig Properties

سوپر آلیاژها معمولاً با قابلیت ماشین کاری ضعیف طبقه بندی می شوند این مسئله غیر منتظره ای نیست، چرا که همان مشخصاتی که مقاومت در دمای بالا در سوپر آلیاژها را باعث می گردند باعث قابلیت ماشینکاری ضعیف در سوپر آلیاژ ها می شوند.

برس کاری Wire Brushing

برس کاری اغلب برای حذف پوسته ها ی بسیار نازک و سبک یا تغییر رنگ سطحی استفاده می شود . برس ها لازم است برای استفاده در مورد سوپر آلیاژها لازم است از نوع فولاد زنگ نزن باشند .

۱-۶-۶ عمر ابزار LIFE TOOL

در ماشین کاری سوپر آلیاژها دلیل معمول شکست ابزار سایش بیش از حد ـ تشکیل شیار عمیق در لبه های براده و عدم پرداخت کافی ـ و صیقلی بودن سطح می باشد . دیگر فاکتورهای مشارکت کننده در شکست ابزار شامل عمق بیش از حد در بار برداری ـ خراب شدن لبه تیز ابزار . تغییر فرم پلاستیکی یا ذوب شدن ابزار می باشد سرعت بار برداری مهمترین فاکتور در تعیین طول عمر ابزار می باشد در مقابل در مورد دیگر مواد تحت باربرداری مقدار باربرداری و مقدار عمق برش نیز در ماشین کاری سوپر آلیاژها برای عمر ابزار بسیار مفید می باشد.

۲- مراحل کامل آماده سازی نمونه متالوگرافی

آماده سازی نمونه متالوگرافی را تا حد زیادی می توان یک هنر دانست معمولا در آزمایشگاه های مختلف از شیوه های متفاوتی برای آماده سازی نمونه استفاده می شود با توجه به اینکه فلزات از نظر سختی و بافت با یکدیگر متفاوت هستند از این رو با توجه به نوع فلز مورد آزمایش روش آماده سازی نمونه ممکن است کمی متفاوت باشد ولی بصورت کلی عملیات آماده سازی نمونه ها مشابه می باشد و متالوگرافی نمونه های سوپرآلیاژی نیز مشابه به سایر فلزات و آلیاژها می باشد.
شرح هر یک از مراحل آماده سازی قطعه : نمونه برداری، سنباده زنی، پرداخت کاری، اچ کردن

۲-۱ نمونه برداری :

مقوله نمونه برداری که تابع زمان ، مکان ، تعداد نمونه لازم برای دستیابی به یک نتیجه تکرار پذیر و . . . است ، از زمره کارهایی است که امروزه در اکثر نقاط جهان به صورت دستورالعمل درآمده و لازم الاجرا است . در متالورژی بحث نمونه برداری در دو بخش پژوهشی و صنعتی خلاصه می شود . مقصود پژوهشگر از تهیه یک نمونه در یک کار پژوهشی ، بررسی خواص آن قبل از ساخت و تولید انبوه است ، در حالی که نمونه برداری صنعتی به منظور بررسی خواص و حصول اطلاعات لازم و کافی در مورد

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

محصولات یک فرآیند تولید خاص قابل کنترل می باشد ، مانند یافتن علل عیوب در قطعات ریختگی .در این صورت نمونه برداری از آنجا اهمیت بسزایی می یابد که می باید نماینده شایسته ای ازکل محصولات تولیدی باشد که با شرایط یکسان تولید شده اند

۲-۱-۱ نمونه متالوگرافی :

یک نمونه متالوگرافی مطلوب برای مطالعات میکروسکوپی و ماکروسکوپی ساختار ، به درستی و با دقت انتخاب شده و از سطح مناسبی برخوردار است به منظور بررسی دقیق تر جزئیات ساختاری ، لازم است که سطح نمونه عاری از هر گونه تغیرات ناشی از عملیات نمونه برداری و آماده سازی نمونه بوده ، فاقد هر گونه لکه ، خراش و تغییر شکل باشد . در مواردی خاص نیز باید لبه یا نوک نمونه ها محافظت گردد . تهیه و آماده سازی نادرست و نامناسب می تواند به نتایج غلط منجر گردد.[3]

۲-۱-۲ برش و مقطع زدن :

جدا سازی یک تکه کوچک (نمونه) از قطعه اولین مرحله از فرآیند آماده سازی نمونه بوده و از اهمیت شایانی برخوردار است . بریدن نمونه از قطعه می باید از مکانی صورت گیرد که سطحی مناسب و واقعی از قطعه را نمایان ساخته و بتواند نماینده قطعه و مبین ساختار عمومی آن باشد . این امر به مشخصات قطعه ، روش پژوهش و اهداف مورد نظر نیز بستگی دارد . در این میان به مواردی چون فشار ، دما ، سرعت بریدن ، توسعه ترک ، تولید گرما (و در نتیجه تبلور مجدد ، باز پخت موضعی و گاهی ذوب موضعی) ، دقت عمل و غیره ، که هر یک به نوعی می توانند بر خواص قطعه تاثیر بگذارند نیز توجه خواهد شد . کمک گرفتن از یک روانکار و یا خنک کننده می تواند این اثرات را به حداقل برساند. انواع روش های برش به سه دسته تقسیم می شوند :
برش مکانیکی - برش با قوس الکتریکی - برش الکتروشیمیایی

برش مکانیکی :

برش مکانیکی به طرق مختلف امکان پذیر است . در روش برشی سایشی – که یکی از روش های برش مکانیکی است – با استفاده از یک صفحه گردنده با دور بالا در زمان کوتاهی ، با دقت مناسبی نمونه بریده می شود . در بسیاری موارد با استفاده از سیم و یا اره الماسه ، با حرکت گردشی مناسب ، می توان عمل بریدن نمونه را در حد مطلوب به انجام رساند . گاهی نیز با یک قلم تیز که با امواج مافوق صوت عمل می کند ، می توان عملیات نمونه برداری در شرایط خاص را آسان نمود.

برش با قوس الکتریک :

ماشینی که برای این نوع برش ساخته شده است ، به نام اسپارک سیمی و یا اسپارک صفحه ای خوانده می شود . در این روش به منظور جلوگیری از افزایش دما هنگام برش ، عملیات برش داخل روغن انجام می گیرد . این روش اغلب برای آلیاژهای بسیار سخت استفاده می شود . سطح بریده شده با این روش بسیار صاف بوده و عملیات بعدی آماده سازی نمونه را تسهیل می نماید . شایان ذکر است از این روش اخیر برای بریدن لایه های بسیار نازک از قطعه به عنوان نمونه نیز استفاده می شود.

برش الکتروشیمیایی :

در این روش ضمن بریدن با فرز یا اره ، مایع خنک کننده اسید خورنده ای است که در یک مدار الکتریکی ، بریدن نمونه را سرعت بخشیده و کار بریدن نمونه در زمان کوتاهی به اتمام می رسد . گاهی اوقات با استفاده از یک افشانه (جت) محلول

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

خورنده را با شتاب بر روی قسمتی که باید بریده شود پرتاب می کنند . در این صورت جریان الکتریسته موجود نیز کمک نموده و خوردگی چنان سرعت می گیرد که می توان نمونه را به راحتی و سریع از قطعه مورد نظر جدا ساخت.[7]

۲-۱-۳ نمونه گیر :

نمونه تهیه شده برای مطالعات متالوگرافی با میکروسکوپ، کوچک بوده وتا قبل از رسیدن به بررسی های میکروسکوپی کارهای زیادی بر روی آن صورت می گیرد . بنا بر این لازم است که نمونه توسط یک نمونه گیر طوری تحت کنترل و ثابت باشد که کار کردن بر روی آن با سهولت انجام شود . جنس نمونه گیر ها معمولا از فولاد نرم ، فولاد ضد زنگ ، آلیاژهای آلومینیوم و آلیاژهای مس می باشد. .

۲-۱-۴ مانتینگ :

در بیشتر موارد ترجیح داده می شود که نمونه در یک ماده غیر فلزی مانند شیشه ، پلاستیک و یا رزین جای داده شود . این عمل مانتینگ نام دارد و به روش های گوناگونی صورت می پذیرد . مانتینگ نمونه زمانی که نمونه نا منظم ، کوچک ، خیلی نرم ، خیلی ترد و یا متخلخل باشد و یا اینکه نیاز به حفظ لبه های آن احساس شود ، لازم و ضروری است . فرو بردن نمونه در مواد پلاستیک پر کاربرد ترین روش مانتینگ در متالوگرافی می باشد که به دو روش مانت گرم و سرد انجام می پذیرد .

مانت گرم = رزین + فشار + گرما

مانت سرد = رزین (مونومر) + کاتالیست

روش مانت گرم از دستگاهی استفاده می شود که بتواند پس از قرار دادن نمونه در داخل مواد ، دمایی در حدود ۱۵۰ درجه سانتی گراد و فشاری حدود ۲۹ مگاپاسکال ایجاد نماید . در اثر فشار و گرما ، پودر رزین سفت شده و نمونه را در خود حبس می کند .

رزین های گرما سخت (Thermosetting) :

مانند فنل ها ، با گذشت زمان به طور یک طرفه سخت می شوند .

رزین های گرما نرم (Thermoplastic) :

با کاهش درجه حرارت و تحت فشار منجمد و سخت می گردند ، اما قابلیت ذوب مجدد را دارا می باشند.[3]

۲-۱-۵ علامت گذاری بر روی نمونه :

نمونه ها در صورتی قابل استفاده دوباره می باشند که علامت گذارده شده بر روی آنها در تمام مدت آماده سازی و مطالعه میکروسکوپی به وضوح قابل رویت بوده و هویت آنها گم نشود . علامت گذاری بر روی نمونه می بایست بر روی سطحی انجام شود که مورد متالوگرافی قرار نمیگیرد . در مورد نمونه هایی که مانت می شوند ، می توان روی ماده مانت علامت گذاری نمود . در هنگام استفاده از مانت های شفاف (شیشه ای) نیز مشخصات نمونه روی یک تکه کاغذ نوشته شده و طوری همراه نمونه قالب گیری می شود که نوشته قابل خواندن باشد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۲-۲ سنباده زنی و پرداخت :

در تهیه نمونه های متالوگرافی از نمونه های نا هموار ، استفاده از سنباده های درشت تا ریز مطلوب می باشد . سنباده زنی موجب صاف شدن سطح ، از بین رفتن لایه های نا خواسته و هویدا شدن لایه های مورد نظر می شود . سنباده خشن باعث از بین رفتن سطوح و برجستگی های نا مطلوب شده و یک سطح صاف با زبری ۱۰ تا ۱۰۰ میکرومتر را به وجود می آورد . زبری این سطح با استفاده از سنباده های نرم تر به حدود ۱تا ۱۰ میکرو متر می رسد . اگرچه عملیات سنباده زنی یک سطح صاف ایجاد می کند اما این سطح فقط برای آزمایش های ماکروسکوپی (نظیر سختی سنجی) و یا ماکرواچ مناسب می باشد . به دلیل عدم وجود یک مرز مشخص میان سنباده زنی و پرداخت کاری ، همواره یک ارتباط نزدیک و قابل توجه بین سنباده زنی نرم و پرداخت کاری سخت وجود دارد و به همین علت دو بحث سنباده زنی و پرداخت کاری با هم مورد بحث قرار می گیرند.

۲-۲-۱ سنباده زنی و پرداخت کاری مکانیکی :

متداول ترین روش سنباده زنی و پرداخت کاری روش مکانیکی است . این عمل با استفاده از سنباده ثابت ، سنباده متحرک ، صفحه گردان و یا تسمه های چرخشی انجام می شود . هدف از سنباده زنی که عموما مرحله به مرحله زبری سنباده را کاهش می دهند ، به دست آوردن یک سطح صاف بدون شیار و تغییر شکل در سطح نمونه است . تنوع مکان ها در سطح نمونه موجب اختلاف هایی در خواصی نظیر پتانسیل الکتروشیمیایی می گردد . به عنوان مثال مناطقی که بیشترین میزان تغییر شکل را دارند ، بیشترین واکنش را با محلول های اچ نشان می دهند. در نتیجه با سرعت بیشتری حل می شوند . این ناصافی ها به دلیل وجود خراش هایی در سطح نمونه پرداخت شده بعد از اچ بوده و مبین یک آماده سازی نامناسب است . مجموع عمق خراش ها و منطقه تغییر شکل یافته ، معادل عمق کل منطقه معیوب در نمونه می باشد .از بین برد خراش های ظاهری از سطح نمونه به تنهایی کافی نیست ، بلکه باید به همان میزان لایه های تغییر شکل یافته نیز از میان برداشته شوند . به جای سنباده های خشن باید از سنباده های نرم و دانه ریز استفاده نمود ، زیرا با سنباده زنی خشن تمایل به تغیر شکل بیشتر می باشد .

۲-۲-۲ سنباده زنی و پرداخت کاری تر :

در برخی از موارد ، آماده سازی نمونه در هوا یا در محیط گاز خنثی و بدون حضور مایعات صورت می گیرد . اما این موارد نادر بوده و در آماده سازی نمونه به مایعاتی چون آب ، به عنوان خنک کننده و پراکنده کننده ذرات نیاز است تا موجب سنباده زنی و پرداخت کاری راحت تر و یکنواخت تری گردد . سنباده زنی و پرداخت کاری تر مزایای زیادی دارد که از جمله آنها می توان به موارد زیر اشاره نمود :

کنترل حرارت در فصل مشترک نمونه با سنباده

دور ساختن ذرات نامناسب از روی نمونه

افزایش طول عمر برای سنباده های ثابت

فشار ، زمان و سرعت سنباده زنی و پرداخت کاری

افزایش فشار ، زمان و سرعت عموما به کنده شدن سریعتر مواد منجر می شوند .تاثیر این عوامل بر تغییر شکل به صورت زیر متغیر است :افزایش فشار ممکن است به تولید گرما منجر گشته و در نتیجه اثرات و تغییراتی بر ریز ساختار بر جای گذارد . فشار ، به خصوص در هنگام پرداخت کاری ، نباید بیش از حد زیاد باشد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

به طور کلی هرچه زمان سنباده زنی کوتاه تر وزمان پرداخت کاری بلند تر باشد ، بهتر است.

با افزایش سختی نمونه ، از سرعت کمتر سنباده زنی و پرداخت کاری استفاده به عمل می آید . البته این نکته عمومیت نداشته و برای برخی مواد مانند سرامیک ها ، ترکیبات بین فلزی و کاربیدهای سیمانی ، عمدتا سرعت پرداخت کاری بالاتر ترجیح داده می شود.

به دلیل آن که افزایش سرعت سنباده زنی و پرداخت کاری موجب تولید گرمای زیادی در سطح می گردد ، مواد حساس به گرما باید با سرعت های پایین تری پرداخت گردند و یا در حین عمل از خنک کننده بیشتری استفاده شود.

۲-۲-۳ حرکت نمونه بر روی سطح ساینده :

برای دریافت بهترین نتیجه ، باید سطح پهن تر نمونه انتخاب گشته ، در تمام مدت عملیات ثابت نگه داشته شده و روی سطح ساینده قرار گیرد. به منظور جلوگیری از تشکیل شیار های جهت دار ناشی از سنباده و پرداخت بر روی نمونه ، بهترین کار این است که نمونه بعد از هر مرحله به اندازه ۹۰ درجه چرخانده شود . در مواقع استفاده از سنباده یا پرداخت کنده چرخان ، چرخش نمونه در خلاف جهت چرخش چرخ ، موجب جلوگیری از تشکیل اثرات جهت دار چرخ سنباده یا پرداخت بر روی سطح نمونه می گردد.

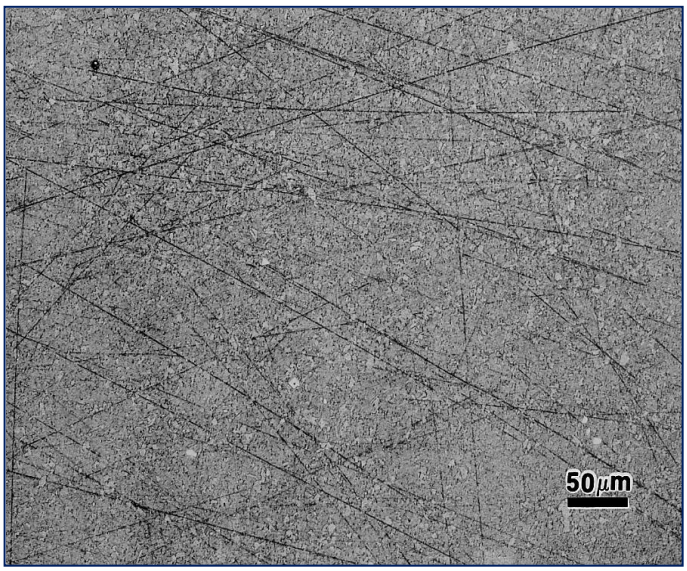
۲-۲-۴ نکات لازم در زمینه سنباده زنی و پرداخت کاری:

در زمینه سنباده زنی و پرداخت کاری نمونه های متالوگرافی ، توجه به نکات زیر مفید است:در مراحل مختلف سنباده کاری ، نمونه متالوگرافی در هر مرحله نسبت به مرحله قبل ۹۰ درجه چرخانده شود و عملیات سنباده زنی در هر مرحله تا زمان از بین رفتن کامل اثر و امتداد خطوط مرحله قبلی ادامه می یابد.

کاغذ سنباده از جنس SiC برای فلزات نرم و کاغذ سنباده ازجنسAl2O3 برای فلزات سخت و پایه آهنی به کار می رود. برای سنباده زدن سرامیک ها ازصفحات الماسه استفاده می شود.

در سنباده زنی نرم برای فلزات نرم از عدد ریزی بالای سنباده SiC استفاده می شود ، ولی برای فلزات سخت تر ، صفحات سنباده الماسه یا نمونه های مخصوص همراه با خمیر الماسه (با اندازه ذرات ۹ الی ۴۵ میکرون) مورد استفاده قرار می گیرد.[3]

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل۱۳.نمونه ی پولیش شده با سیلیس کلوییدی که با معرف حاوی کلر اچ شده است.

در مرحله صیقل کاری و پرداخت کردن ، که مقدار تغییر شکل سطح به حداقل می رسد ، دو روش با علایم اختصاری OP و DP اعمال می شود .

روش DP :

صیقل کاری با استفاده از خمیر الماسه و نمونه مخصوص است . در این روش به دلیل اصطکاک بالای ناشی از سختی خمیر الماسه ، از مواد خنک کننده مناسب استفاده می شود .

روش OP :

در نمونه های نرم تر که شکل پذیری بالا دارند به کار می رود . پودر های اکسیدی MgO و SiO2 ، Al2O3 با دانه بندی حدود ۰,۰۴ میکرون همراه با محلول امولسیونی در دو گروه مورد استفاده قرار می گیرند در گروه اول (OP-U) پودر SiO 2 با یک محلول به Ph حدود ۹,۸ برای از بین بردن لایه تغییر شکل یافته و در گروه دوم (OP-S) پودر اکسیدی با دانه بندی ۰,۰۴ میکرون به صورت مخلوط سوسپانسیون و محلول H به کار می رود.

نمد مورد استفاده در روش OP به دلیل بالا بودن Ph در محلول امولسیون و پایین بودن آن در مخلوط سوسپانسیون باید مقاومت خوردگی خوبی در این محیط ها (بازی و اسیدی) داشته باشد.

در روش DP ماده ساینده همراه با محلول خنک کننده با گرانروی و چسبندگی بالا به کار می رود (خمیر الماسه در سرنگ های با حجم محدود سی سی در دسترس است).

در پرداخت اولیه از آب در پرداخت نهایی از مخلوط آّب و صابون یا محلول آب و الکل (به نسبت ۵۰ تا ۷۰ درصد الکل) و در پرداخت های مراتب بالاتر از محلول های آب – صابون – الکل یا الکل – گلیسیرین ، به عنوان ماده خنک کننده ، استفاده به عمل می آید. روش سنباده زنی و صیقل کاری بسته به جنس ماده موردنظر ، متغیر است.[3]

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

جدول۴

Table 1. Contemporary Procedure for Ni-Based Superalloys				
Surface	Abrasive/Size	Load Lb (N)/ Specimen	Platen Speed (rpm)/Direction	Time (minutes)
Carbimet® waterproof discs (psa)	220-240 (P240-P280) grit SiC water cooled	6 (27)	240-300 Comp.	Until Plane
Ultra-Pol Silk Cloth (psa)	9-µm Metadi® Supreme Diamond Suspension	6 (27)	100-150 Comp.	5
Trident cloth (psa)	3-µm Metadi® Supreme Diamond Suspension	6 (27)	100-150 Comp.	4
Trident cloth (psa)	1-µm Metadi® Supreme Diamond Suspension	6 (27)	100-150 Comp.	3
Microcloth pad (psa)	0.05-µm Masterprep™ alumina slurry	6 (27)	80-150 Contra	2

۲-۲-۵ تمیز کردن نمونه :

تمیز نگه داشتن نمونه در متالوگرافی الزامی بوده و لازم است نمونه ها پس از هر مرحله تمیز شوند. آلودگی های ناشی از سنباده زنی و پرداخت کاری باید از بین بروند تا موجب کاهش بازده مراحل بعدی نشوند. وجود آثار انگشت ، لایه های نازک چربی و یا مواد کمرنگ و ناپیدا بر روی سطح نمونه ممکن است موجب اخلال در عمل
اچ کردن گردد. به این ترتیب که موجب ایجاد مناطق گوناگونی می گردند که سرعت اچ شدن در این مناطق متفاوت است. شستشو با آب متداول ترین روش برای تمیز کردن نمونه است. در این روش نمونه را زیر جریان ملایم آب نگه داشته و با یک برس بسیار نرم ، پارچه کتان و یا پنبه سطح آن را تمیز می کنند.تمیزکاری مافوق صوت (اولتراسونیک) موثرترین روش تمیزکاری است. در این روش نه تنها آلودگی های سطحی از بین می روند ، بلکه ذرات ریز موجود در ترکها ، حفره ها و شکافهای سطح نمونه نیز خارج می شوند. عمل تمیزکاری به این روش معمولا تا ۳۰ ثانیه زمان می خواهد.بعد از تمیزکاری لازم است نمونه توسط الکل ، بنزن و یا سایر محلول هایی که نقطه جوش پایین دارند ، شسته شده و سپس سریعا خشک گردد. ماندن مایعات بر روی نمونه باعث ایجاد لک می شود.

۲-۳ مفهوم اچ کردن

اگر یک نمونه فلزی پس از آماده سازی زیر میکروسکوپ نوری قرار داده شود ، انعکاس و بازتابش نور به گونه ای خواهد بود که رویت ریزساختار ، که هدف اصلی متالوگرافی است، امکان پذیر نمی گردد. به همین دلیل ، جهت ایجاد یک زمینه قابل رویت از ریزساختار نمونه ، عمل اچ کردن (به شیوه های گوناگون) انجام می شود. شایان ذکر است که اگر منظور مطالعه مواردی مانند ترک مویی ، تخلخل ، حفره ، آخال غیر فلزی و برخی فازهای خاص (نظیر گرافیت در چدن خاکستری و سرب در برنج سرب دار) باشد ، اچ کردن نمونه آماده شده ضرورت ندارد.اچ کردن به مفهوم ایجاد خوردگی بسیار ضعیف در قسمت های ناپایدار سطح نمونه آماده شده و پرداخت شده است. در بسیاری از موارد ، نمونه پرداخت شده ریزساختار خود را نمایش

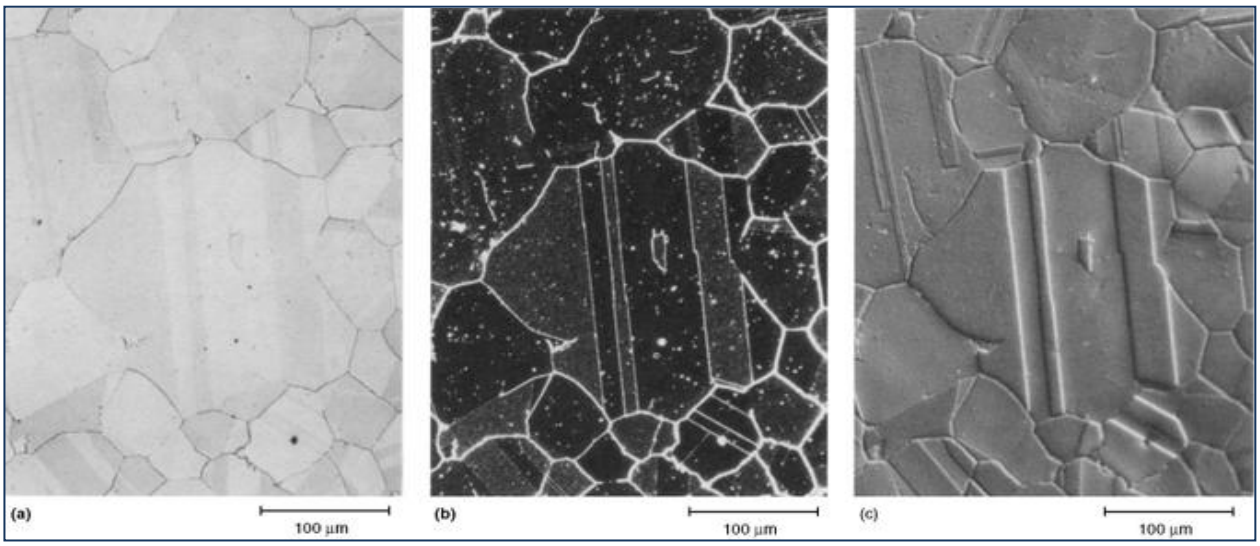
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

نمی دهد. زیرا نورهای معمولی به صورت یکسان و متحد منعکس می شوند. از آنجایی که اختلاف های ناچیز در انعکاس پذیری توسط چشم انسان قابل تشخیص نیست ، روشهایی برای تصویرگیری از طریق تباین نوری مورد نیاز می باشد. اگرچه این روشها به نام اچ کردن معروف هستند ، اما همیشه اچ کردن مرتبط با انتخاب محلول های شیمیایی خاص برای ساختارهای مختلف نمی باشد. این امر می تواند با استفاده از روشهای نوری ، شیمیایی ، الکتروشیمیایی و یا فیزیکی به انجام برسد. اچ کردن روشهای گوناگونی دارد که هر یک برای ساختارها و مواد مختلف مفاهیم متفاوتی را در بر خواهد داشت. در واقع در هر شیوه ای برای یک ماده خاص می توان ظرایفی را به کار گرفت که به بهترین و مطلوب ترین نتایج دست یافت.

1.	15 ml HCl 10 ml glycerol 5 ml HNO_3	Glyceregia. Mix fresh; do not store. Good for about 20 minutes. Use by swabbing. General purpose etch.
2.	15 ml HCl 10 ml Acetic acid 5 ml HNO_3 1 - 2 drops glycerol	Acetic glyceregia, stronger than glyceregia. Mix fresh; do not store. Good for about 20 minutes. General purpose etch.
3.	15 ml HCl 10 ml Acetic acid 10 ml HNO_3	Mixed acids, for the most corrosion-resistance grades; e.g., Alloy 625. Mix fresh; do not store. Good for 30 minutes. General purpose etch.
4.	5 g $CuCl_2$ 100 ml HCl 100 ml ethanol	Waterless Kalling's reagent (number 2). This reagent can be made as a stock solution. Good grain boundary etch.
5.	5 ml HF 10 ml glycerol 85 ml ethanol	Electrolytic etch at 0.04 - 0.15 A/μm^2, 6 - 12 V dc for Ni-based alloys. γ' is in relief. Stop etching when edges get brownish in color.
6.	5 ml H_2SO_4 3 ml HNO_3 92 ml HCl	Add sulfuric to HCl, stir, allow to cool; add nitric. Discard when etch turns orange. Use under hood. Do not store.
7.	50 ml HCl 1 - 2 ml H_2O_2 (30%)	Attacks γ' in Ni-base alloys. Immerse for 10 - 15 seconds.
8.	10 g $K_3Fe(CN)_6$ 10 g KOH 100 ml water	Murakami's reagent. Mix fresh; do not store. Carbide darkened at room temperature; sigma darkened when used hot (75°C).
9.	50 ml lactic acid 150 ml HCl 3 g oxalic acid	Lucas's reagent for Fe-Ni, Ni- and Co-base superalloys. Use electrolytically at 1-2 V dc, for 10-20 s. Electrolyte can be made as a stock solution.
10.	100 ml water 100 ml HCl 100 ml HNO_3 3 g molybdic acid	Mix and allow the solution to age for at least 1 h before use. Immerse specimen for a few seconds to reveal as-cast structure. Reagent can be made as a stock solution.

جدول۵.اچانت های مورد استفاده برای سوپرآلیاژها

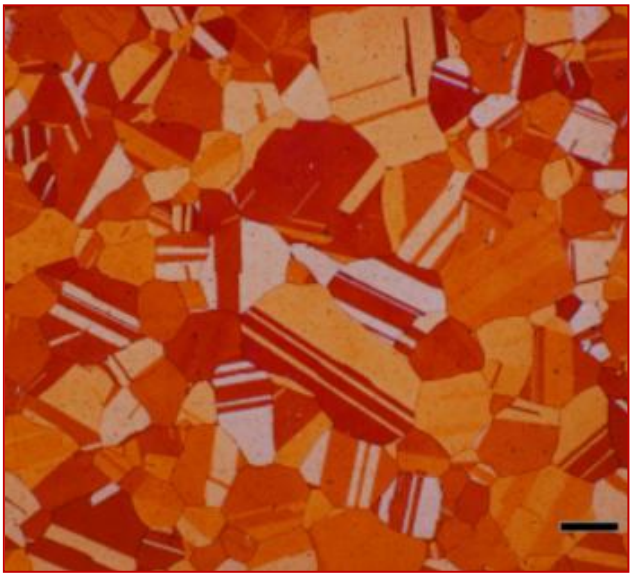
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل۱۴.سوپرآلیاژ(Waspaloy (UNS N07001 عملیات حرارتی شده ، آنیل همگن سازی

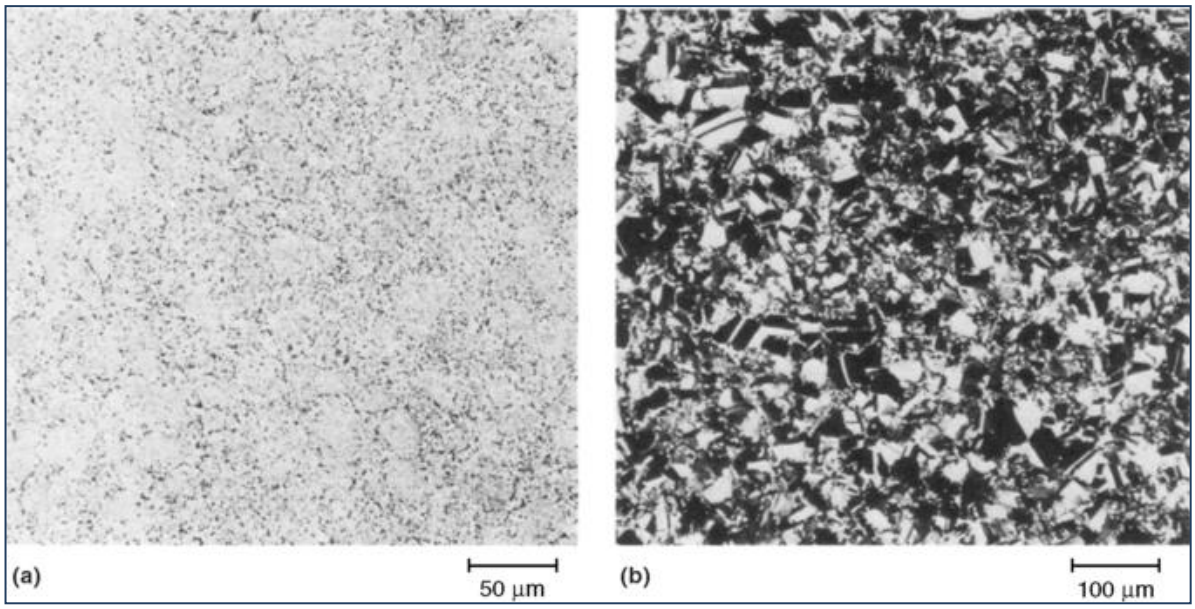
(a)تصویر میدان روشن (b) تصویر میدان تاریک (c)آشکارسازی مرزها

اچانت باGlyceregia. ×200.



شکل۱۵. ریز ساختارWaspaloyسوپرآلیاژ پایه نیکل کار شده، در حالت آنیل همگن سازی

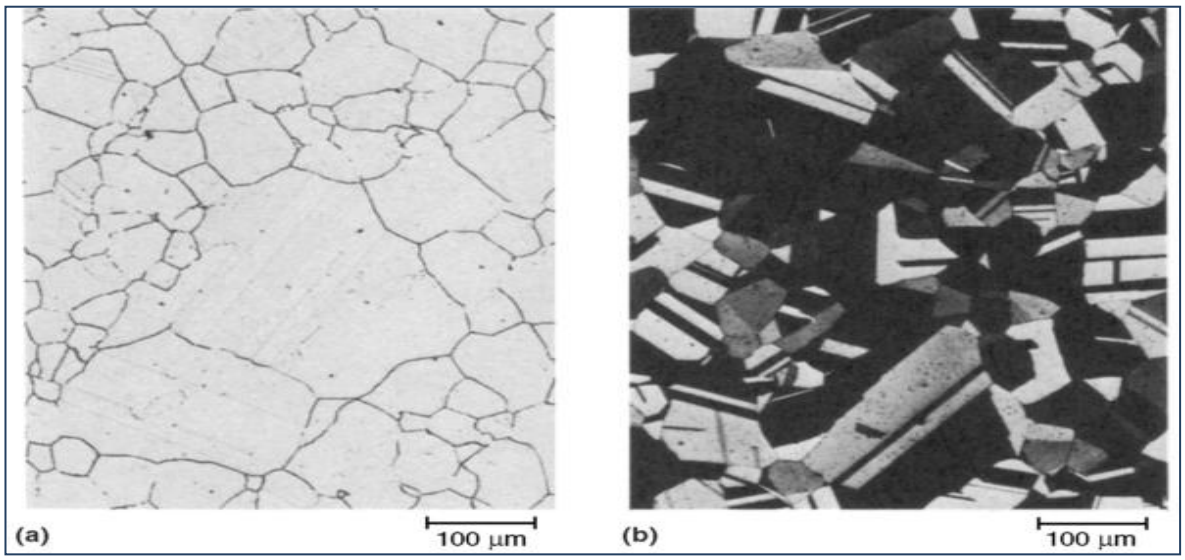
حاوی دانه های آستنیتی دوقلویی. زمینه روشن. اچانت با Beraha's BIV



شکل۱۶. Waspaloy با سختی 42 HRC که عملیات حرارتی آنیل همگن سازی .

(a) .اچانت شده با Glyceregia، بزرگنمایی.×200

(b) اچانت با 50 mL HCl ، 50 mL H2O, و 1 g K2S2O5. بزرگنمایی ×100

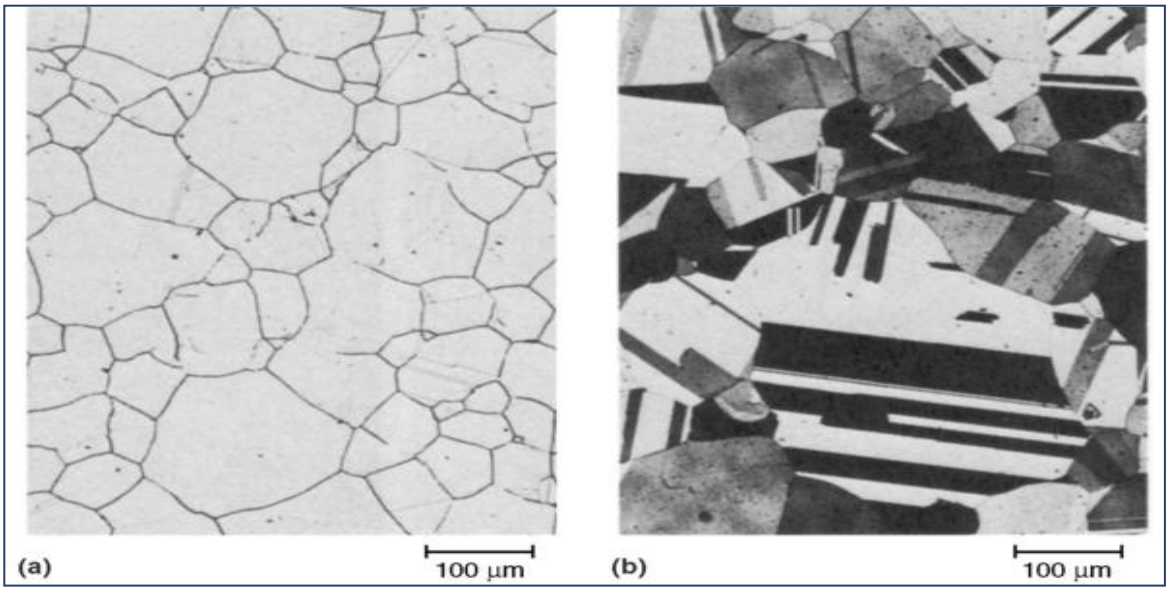


شکل۱۷. Waspaloy با سختی (37 HRC)آنیل همگن سازی

(a) اچ شده در glyceregia , بزرگنمایی ×200

.

(b) اچ شده در $50\ mL\ HCl, 50\ mL\ H_2O, and\ 1\ g\ K_2S_2O_5$, بزرگنمایی ×100



شکل۱۸. Waspaloy با سختی (35 to 36 HRC) آنیل همگن سازی

(a) اچ شده در glyceregia . با بزرگنمایی .×200

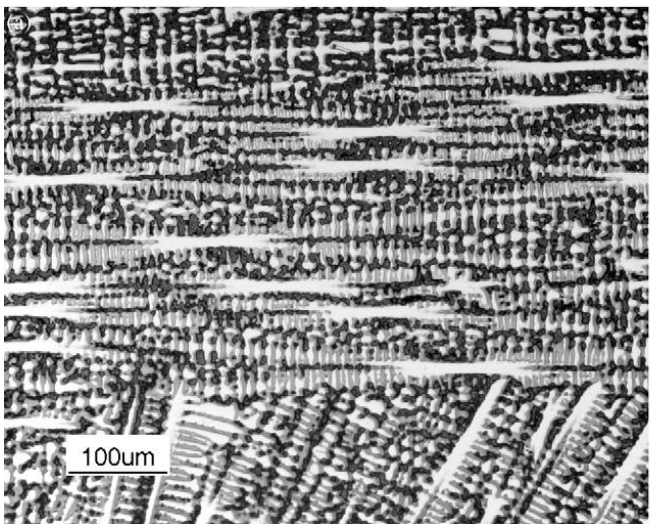
(b) اچ شده در 50 mL HCl, 50 mL H2O, 3 g NH4F·HF, and 1.5 g K2S2O5. با بزرگنمایی ×100

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

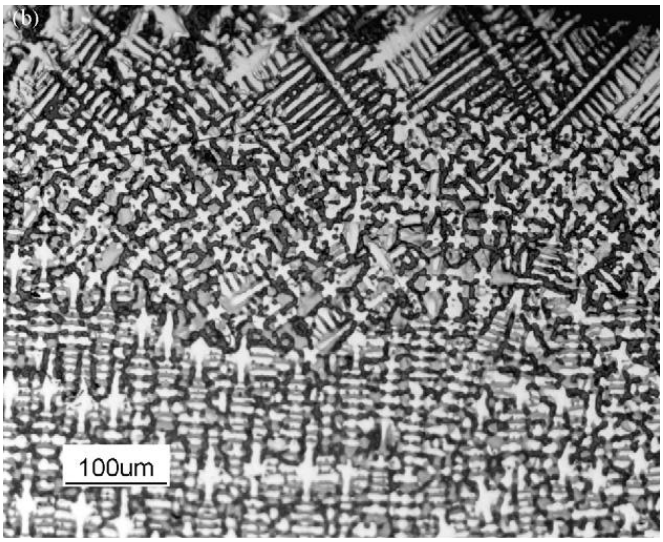
۲-۴ انواع روشهای اچ کردن :

اچ نوری (Optical Etching) :

اچ نوری بر مبنای استفاده از روشهای خاص روشن سازی و بر اساس اصول روشن سازی کوهلر(Kohler) بنا گردیده است. این روشها که شامل میدان تاریک ، نور قطبی ، تباین فازی ، تباین تداخلی و... می باشند ، در اغلب میکروسکوپهای تجاری موجود بوده و یا به سادگی قابل نصب و به کارگیری هستند.روش اچ کردن نوری یک مزت قابل توجه نسبت به سایر روشهایی که موجب تغییرات در سطح نمونه می شوند ، دارد و آن مبتنی بر این نکته است که روشهای فیزیکی و شیمیایی اچ کردن نیازمند زمان قابل توجهی است و همواره خطر ایجاد قسمت هایی که نتوان در مورد آنها تفسیر صحیحی ارایه نمود وجود دارد.



شکل ۱۹. (الف) ساختار دندریتی سوپرآلیاژ قبل از اچ نوری



(ب) ساختار دندریتی سوپرآلیاژ بعد از اچ نوری

اچ الکتروشیمیایی ((Electrochemica (Chemical Etching) :

در طول این فرآیند نمونه های فلزی ، عملیات اکسیداسیون و احیا اتفاق می افتد.همه فلزات در تماس با محلول ها تمایل به یونیزه شدن از طریق آزاد کردن الکترون دارند. کمیتی که می تواند مشخص کننده انجام این تحول باشد ، پتانسیل الکتروشیمیایی است. این کمیت با مقایسه پتانسیل فلز نسبت به پتانسیل استاندارد یک الکترود مرجع سنجیده و اندازه گیری می شود.فهرست عناصر زیر ترتیب قرارگرفتن فلزات گوناگون را بر حسب سری الکتروموتیو آنها نشان می دهد: Li , Na , K , Cd , Tl , Au , Pt , Co , Ni , Pb , Fe , H , Sn , Sb ,Ca , Ba , Be , Mg , Al , Mn , Zn , Cr , Bi , As , Cu , Ag, Hg عناصر فوق الذکر براساس میل ترکیبی با الکترون مرتب شده اند. با حرکت از چپ به راست ، قدرت اکسید کنندگی (یا احیا شوندگی) افزایش یافته ، قدرت احیا کنندگی (یا اکسید شوندگی) کاهش می یابد. در این ردیف ، عناصر قبل از هیدروژن ، با اسید خورده شده و H۲آزاد می کنند. بالعکس ، عناصر بعد از هیدروژن بدون عامل اکسید کننده خورده نشده و با اسید و آب ، هیدروژن تولید نمی نمایند. بنابراین به دلیل وجود پتانسیل های شیمیایی مختلف برای

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

عناصر و وجود عناصر و آلیاژهای گوناگون در یک ساختار ، سرعت خوردگی ریزساختار در مناطق مختلف ، متفاوت بوده ، اچ کردن در محلول های گوناگون ، نتایج متنوعی را به همراه خواهد داشت. وجود اختلاف پتانسیل در مناطق مختلف یک ساختار ، باعث ایجاد منطقه های کوچک آندی – کاتدی می شود. گاهی این سلولهای الکتروشیمیایی کوچک ناشی از اختلاف ترکیب نیستند ، بلکه از بی قاعدگی ساختار بلوری ناشی می شوند. از جمله این نا همگنی های ساختاری و عدم مساوات ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

نا همگنی های حاصل از تغییر شکل که دارای مقاومت به خوردگی کمتری نسبت به قسمت ها تغییر شکل نیافته هستند.

نا همواری در اثر تشکیل لایه های اکسید. (نواحی صیقلی و مناطق پرداخت شده مقاومت کمتری دارند.)

افت و خیز غلظت در الکترولیت. (غلظت کمتر دارای مقاومت کمتری است.)

تفاوت در سرعت حرکت الکترولیت. (سرعت گردش بالاتر ، مقاومت خوردگی را کاهش می دهد.)

تفاوت در میزان اکسیژن الکترولیت. محلول های گازدار مقاوم ترند.

تفاوت در شدت تابش نور که منجر به تغیر پتانسیل می گردد.

به علت وجود اختلاف پتانسیل بین ریزساختارها ، انحلال سطح با سرعت های مختلف صورت می گیرد و در نتیجه تباین ، تضاد و اختلاف سطح ایجاد می شود. ایجاد این اختلاف ، تنها با انحلال مواد نیست ، بلکه با روشهایی چون اچ کردن رسوبی (Precipitation Etching) و رنگ آمیزی حرارتی (Heat Tinting) نیز می توان این مهم را به انجام رساند.

اچ کردن رسوبی :

ماده ابتدا حل شده و با مقدار معین محلول اچ واکنش می دهد تا مواد نا محلولی را تشکیل دهد. این مواد و ترکیبات نامحلول ، به طور انتخابی بر روی سطح نمونه رسوب کرده ، رنگ های تداخلی یا لایه های ضخیم از رنگ های مشخصی را به وجود می آورند.

اچ کردن به روش رنگ آمیزی حرارتی :

با اعمال شرایط معین دمایی و فشاری خاص صورت می گیرد. در این شیوه ، سطح بر اساس خواص گوناگون ریزساختاری با سرعت های مختلف اکسید شده و رنگ های متنوعی اجاد می نماید.محدوده وسیعی از محلولهای اچ در دسترس هستند که شامل اسیدها ، بازها ، محلول های خنثی ، مخلوطی از محلول ها ، نمکهای مذاب و گازها می باشند. اغلب این فرمول ها به صورت تجربی بدست آمده ، ترکیب و شیوه به کارگیری هر یک می تواند تغییر یافته یا بهبود پیدا کند. سرعت خوردگی عمدتا با درجه تجزیه محلول اچ و هدایت الکترکی آن تعیین می گردد که هر یک از این موارد می تواند با افزودن مواد افزودنی شیمیایی تحت کنترل درآید. دامنه زمانی اچ کردن از چند ثانیه تا چند ساعت متغیر است اما هیچ دستورالعمل خاصی در این زمینه وجود ندارد. زیرا سطح نمونه و کدر شدن آن تعین کننده زمان اچ هستند. زمان و دمای اچ به هم وابسته اند. با افزایش دما ، زمان اچ کردن کاهش می یابد. اگر چه افزایش دما توصیه نمی شود. زیرا هنگامی که سرعت خوردگی بالاست ، تباین غیر منتظره ای ایجاد می نماید.

اغلب عملیات اچ در دمای محیط صورت می گیرد.در فرآیند اچ کردن ، خصوصا اچ شیمیایی ، خطاهای فراوانی امکان بروز دارند. این خطاها اغلب به تفسیر نا درست ریزساختار منجر می شوند. به عنوان مثال ، رسوب محلول اچ یا محلول شوینده بر روی سطح می تواند به عنوان یک فاز اضافی تفسیر شود.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

اچ کردن شیمیایی :

قدیمی ترین و مرسوم ترین روش کاربردی برای ایجاد تباین میکروسکوپی و ریزساختاری است. در این روش ، محلول اچ بدون استفاده از جریان الکتریسیته از خارج ، با سطح نمونه واکنش می دهد.در اچ کردن الکتروشیمیایی (اچ کردن الکترولیتی یا آندی) پتانسیل الکتریکی برای نمونه به وسیله یک مدار خارجی تامین می گردد. در طی اچ کردن آندی ، یونهای مثبت فلزی ، سطح نمونه را ترک نموده و وارد الکترولیت می شوند و معادل این مقدار یون مثبت ، الکترون در نمونه باقی می ماند. انحلال ماده بدون تشکیل لایه در این فاصله صورت می گیرد. اگر یونهای فلزی که از ماده خارج می شوند با یونهای غیر فلزی الکترولیت واکنش داده و ترکیبات لاین حل تشکل دهند ، لایه های رسوبی ، با ضخامت های گوناگون بر روی سطح نمونه ایجاد خواهد شد. ضخامت این لایه ها تابعی از ترکیب جهت ریزساختار در نزدیکی مایع اچ می باشد.

تغییر ضخامت این لایه ها رنگ های متنوعی ایجاد می کند که منجر به شناسایی ساختار می گردد. از این نوع تغییرات در اچ الکترولیتی با عنوان آندایزینگ (Anodizing) هم یاد می شود.

پس از انجام اچ شیمیایی یا الکتروشیمیایی لازم است که نمونه بلافاصله در آب کاملا تمیز و شسته شود تا مواد شیمیایی خارج شده و از ادامه واکنش جلوگیری شود. البته در برخی روشها مانند اچ کردن برای جدایش ها به روش اوبرهوفر (Oberhoffer) توصیه شده است که نمونه پس از اچ در الکل شسته شود تا از رسوب مس بر روی سطح نمونه ممانعت به عمل آید.پس از اینکه نمونه ها در آب شسته شدند ، می بایست در الکل نیز شسته شده و سپس در جریان هوای گرم ، خشک گردند. استفاده از الکل بر عمل خشک کردن سرعت بخشیده و از تشکیل لکه روی نمونه جلوگیری می کند. نمونه های مانت شده باید کاملا تمیز شوند تا از تاثیر مخرب محلول اچ و حلال ، که از شیارها و ترک ها نفوذ می کنند ، جلوگیری به عمل آید. در چنین حالتی به کارگیری دستگاه تمیزکننده مافوق صوت (اولتراسونیک) مفید و مشکل گشاست. اگر نمونه دارای تخلخل های فراوان بود و یا اسید به کار رفته برای اچ کردن غلظت زیادی داشت (مثلا در اچ عمیق Deep Etching) ، توصیه شده است که قبل از عملیات تمیز و خشک کردن ، عمل خنثی سازی صورت پذیرد.

اچ فیزیکی (Physical Etching) :

در موادی که اچ شیمیایی یا الکتروشیمیایی نتیجه بخش نیست ، پدیده های فزیکی را می توان برای ظاهر ساختن ساختار به کار برد. اچ کردن فیزیکی دارای این مزیت است که سطح نمونه را از هر گونه پسماند شیمیایی عاری
می نماید. به عنوان مثال هنگامی که اختلاف پتانسیل الکتروشیمیایی بسیار زیاد بین عناصر ریزساختار وجود دارد و یا وقتی که محلول اچ شیمیایی لکه های مخرب یا باقیمانده ایجاد می نماید ، استفاده از اچ فیزیکی توصیه می شود. از زمره نمونه های مناسب برای اچ فیزیکی می توان به سطوح صاف ، اتصالات جوشکاری ، مواد نامتشابه ، مواد متخلخل و سرامیکها اشاره نمود.

اچ کاتدی :

در اچ کاتدی (Cathodic Etching) تحت خلا ، که تحت عنوان اچ کردن یونی (Ion Etching) هم بیان می شود ، با بیرون آوردن انتخابی اتم ها از سطح نمونه ، تباین ساختاری ایجاد می گردد. این روش با استفاده از یونهایی مانند آرگون ، که در ولتاژ ۱ تا ۱۰ کیلوولت شتاب مناسبی می گیرند ، انجام می شود. در سرعت های مختلف پرتاب یون ، بر اساس جزییات ریزساختار مانند جهات بلوری دانه ، مرز دانه و... اتم های مشخصی خارج می گردند.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

اچ حرارتی :

یکی دیگر از انواع اچ فیزیکی ، اچ حرارتی (Thermal Etching) است که در میکروسکوپ ها حالت گرم (Hot-Stage) یا دمای بالا (High-Temperature) به کار می رود. این روش بر اساس جدا شدن اتم ها از سطح ماده به دلیل جذب انرژی بنا شده است. این امر باعث می شود که فازها و دانه های گوناگون دارای رنگ های متفاوتی گشته و از هم قابل تمیز باشند.گاهی بر خلاف روش اچ حرارتی که از برداشتن لایه سطحی نمونه برای ایجاد تباین استفاده می شود ، از ترسیب مواد بر روی سطح نمونه استفاده به عمل می آید. در این روش موادی مانند TiO و ZnSe را بخار نموده و تحت خلا بر روی نمونه متالوگرافی رسوب می دهند. این مواد که قابلیت انعکاس نور بالایی دارند ، بنا به خواص متفاوت فازها و دانه های سطح نمونه ، در جاها گوناگون با ضخامت های مختلفی رسوب نموده و قابلیت تشخیص ساختار در میکروسکوپ های نوری را افزایش می دهند.

ارائه و بر رسی نتایج

conclution

روش های ارائه شده به طور کامل برای همه ی سوپرآلیاژهای پایه آهن – نیکل، نیکل و کبالت به کار می رود.

همانطور که ملاحظه شد یک سوپر آلیاژ ، آلیاژی است که برای کار در دمای بالا توسعه یافته است. سوپرآلیاژها در واقع آلیاژهایی مقاوم در برابر حرارت، خوردگی واکسیداسیون می باشند که به لحاظ ترکیب شیمیایی شامل سه گروه پایه نیکل، نیکل-آهن و پایه کبالت می باشند. همچنین آلیاژهای نیکل در حالت‌های " تک فازی"، "رسوب سختی شده " و "مستحکم شده توسط رسوبات اسیدی و کامپوزیت‌ها" در مصارف صنعتی مختلف مورد استفاده قرار می گیرند. سوپرآلیازهای پایه نیکل در همه ی دماها دارای ساختار بلوری با شبکه ی مکعبی با سطوح مرکز دار f.c.c هستند. سوپرآلیاژهای پایه نیکل دارای فاز γ با شبکه ی f.c.c آستنیتی و فاز های ثانویه مختلفی هستند. سایر فازهای ثانویه کنترل کننده خواص دیگر این سوپرآلیاژها عبارت اند از: کاربیدهای f.c.c از نوع M23 C6 , M6C , M7C3 , Mc و فاز γ' با ساختار بلوری f.c.c و ترکیب Ni3(Ti , Al) فاز γ'' با ساختار بلوری BCT و ترکیب Nb3Ni ، فاز η با ساختار بلوری هگزاگونال و ترکیب Ni 3 ti و فاز بین فلزی δ با ساختمان بلوری اورتورمبیک و ترکیب Ni3Nb . در سوپرآلیاژهای پایه نیکل ، فازهای رسوبی استحکام دهنده اصلی γ' و γ'' هستند . اگه چه سوپرآلیاژها ی پایه نیکل سخت شده با محلول جامد هستند ولی مهم ترین آلیاژهای این گروه دارای رسوب ترکیبات بین فلزی در زمینه f.c.c هستند. در آلیاژهای حاوی Tiو Al استحکام با رسوب فاز γ' بهبود پیدا می کند. آلیاژهای کارشده مانند Waspaloy , U-720, u-700, astrology و آلیاژهای ریخته مانند In-713, Rene, MAR-m-200 ، از این قبیل هستند.

همچنین آماده سازی نمونه جهت متالوگرافی به ۴مرحله ی نمونه برداری، سنباده زنی، پرداخت کاری واچ کردن تقسیم می شود.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

مراجع :

ASM HAND BOOK/ VOLUME 3/Alloy phase Diagrams [۱]

ASM HAND BOOK / VOLUME 9/ Metallography and Microstructures 2004 [۲]

METALLOGRAPHIC TECHNIQUES FOR SUPERALLOYS [۳]

George F. Vander Voort[1], Elena P. Manilova[2], Gabriel M. Lucas[1]

[1]Buehler Ltd., 41 Waukegan Road, Lake Bluff, IL 60044 USA

[2]Polzunov Central Boiler and Turbine Institute, Politechnicheskays str., 24, 194021 St. Petersburg, Russia

[۴] کتاب سوپرآلیاژها / راهنمای علمی- کاربردی/ ویرایش دوم/ مترجمین: حجت اله عالی – حسن غیاثوند - محمد رضا رهگذر/ انتشارات جهان جام جم

www.Iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

Metallography and

Microstructures

SUPER ALLOYS

Somayye Kheiri

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد