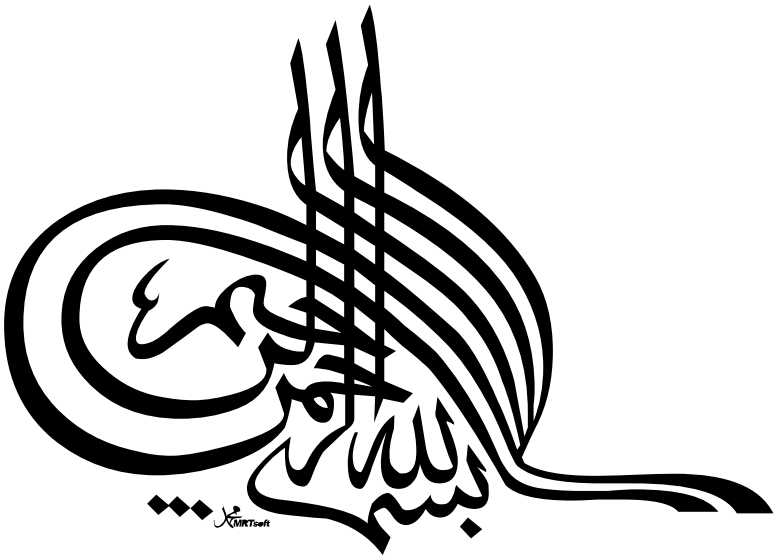
ProjehCenter
www.ProjehCenter.ir
@projehcenter
@projehcenter_ir



ProjehCenter.ir

فهرست مطالب

موضوع **صفحه**

فصل اول ۱
مقدمه ۱
۱-۱- معرفی و به کار گیری سوپر آلیاژها ۲
۱-۲- مروری کوتاه بر فلزات با استحکام در دمای بالا ۳
۱-۳- اصول متالورژی سوپر آلیاژها ۴
۱-۴- بعضی از ویژگیها و خواص سوپر آلیاژها ۶
۱-۵- کاربردها ۸
فصل دوم ۹
انتخاب سوپر آلیاژها ۹
۲-۱- کلیات ۱۰
۲-۲- شکل سوپر آلیاژها ۱۰
۲-۳- دمای کاری سوپرآلیاژها ۱۱
۲-۴- مقایسه سوپر آلیاژهای ریخته و کار شده ۱۲
۲-۴-۱- سوپر آلیاژهای کار شده ۱۲
۲-۴-۲- سوپر آلیاژهای ریخته ۱۳
۲-۵- خواص سوپرآلیاژها ۱۵
۲-۵-۱- کلیات ۱۵
۲-۵-۲- سوپر آلیاژهای پیشرفته ۱۵
۲-۵-۳- خواص مکانیکی و کاربرد سوپرآلیاژها ۱۷
۲-۶- انتخاب سوپرآلیاژها ۱۹

ProjehCenter.ir

۲-۶-۱- کاربردهای آلیاژهای کار شده در دمای متوسط ۱۹
۲-۶-۲- کاربردهای آلیاژهای ریخته در دمای بالا ۲۰
فصل سوم ۲۳
متالورژی سوپرآلیاژها ۲۳
۳-۱- گروه‌ها، ساختارهای بلوری و فازها ۲۴
۳-۱-۱- گروه‌های سوپرآلیاژها ۲۴
۳-۱-۲- ساختار بلوری ۲۴
۳-۱-۳- فاز در سوپرآلیاژها ۲۵
۳-۲- مقدمه‌ای بر گروه‌های آلیاژی ۲۷
۳-۲-۱- سوپر آلیاژهای پایه آهن- نیکل ۲۷
۳-۲-۲- سوپرآلیاژهای پایه نیکل ۲۸
۳-۲-۳- سوپرآلیاژهای پایه کبالت ۲۹
۳-۳- عناصر آلیاژی و اثرات آنها بر ریزساختار سوپرآلیاژها ۲۹
۳-۳-۲- عناصر اصلی در سوپرآلیاژها ۳۰
۳-۳-۳- عناصر جزئی مفید در سوپرآلیاژها ۳۱
۳-۳-۴- عناصر تشکیل دهنده فازهای ترد ۳۱
۳-۳-۵- عناصر ناخواسته و مضر در سوپرآلیاژها ۳۱
۳-۳-۶- عناصر ایجاد کننده مقاومت خوردگی و اکسیداسیون ۳۲
۳-۴- استحکام دهی سوپرآلیاژها ۳۳
۳-۴-۱- رسوب‌ها و استحکام ۳۳
۳-۴-۲- فاز γ' ۳۴
۳-۴-۳- فاز γ'' ۳۵
۳-۴-۴- کاربیدها ۳۵

ProjehCenter.ir

۳-۴-۵- کاربیدهای M_7C_3 ..... ۳۸
۳-۴-۶- بوریدها و عناصر جزئی مفید دیگر (به جز کربن)..... ۳۹
۳-۵- تاثیر فرآیند بر بهبود ریز ساختار..... ۳۹
فصل چهارم..... ۴۱
ذوب و تبدیل..... ۴۱
۴-۱- فرآیند EAF/AOD..... ۴۲
۴-۱-۱- تشریح فرآیند EAF/AOD..... ۴۲
۴-۲- عملیات کوره قوس الکتریکی/ کربن زدایی با اکسیژن و آرگن (EAF/AOD) ۴۵
۴-۲-۱- ترکیب شیمیایی آلیاژ و آماده کردن شارژ..... ۴۵
۴-۲-۲- بارگذاری EAF..... ۴۷
۴-۲-۳- کوره قوس الکتریک..... ۴۸
۴-۲-۴- تانک AOD..... ۵۱
۴-۲-۵- پاتیل ریخته‌گری..... ۵۳
۴-۳- مروری بر ذوب القایی در خلاء (VIM)..... ۵۴
۴-۳-۲- تشریح فرآیند VIM..... ۵۵
۴-۴- عملیات ذوب القایی در خلاء..... ۵۸
۴-۴-۱- عملیات ذوب القایی در خلاء..... ۵۸
۴-۴-۲- کوره القائی تحت خلاء..... ۶۱
۴-۴-۳- سیستم‌های ریخته‌گری..... ۶۳
۴-۴-۴- عملیات ذوب القایی در خلاء..... ۶۴
۴-۵- مروری بر ذوب مجدد..... ۶۹
۴-۵-۲- تشریح فرآیند ذوب مجدد در خلاؤء با قوس الکتریکی (VAR)..... ۷۰

ProjehCenter.ir

۴-۵-۳- تشریح فرآیند مجدد با سرباره الکتریکی (ESR) ۷۲
۴-۶- عملیات ذوب مجدد در خلاء با قوس الکتریکی ۷۳
۴-۶-۱- کوره VAR ۷۳
۴-۶-۲- عملیات ذوب مجدد در خلاء با قوس الکتریکی ۷۵
۴-۶-۳- کنترل ذوب مجدد در خلاء با قوس الکتریکی ۷۶
۴-۷- عملیات ذوب مجدد با سربار الکتریکی (ESR) ۷۸
۴-۷-۱- کوره ESR ۷۸
۴-۷-۲- عملیات کوره ذوب مجدد با سرباره الکتریکی ۷۹
۴-۸- محصولات ذوب سه مرحله‌ای ۸۵
۴-۸-۲- فرآیند ذوب سه مرحله‌ای شمش ۸۵
۴-۹- تبدیل شمش و محصولات نورد ۸۷
۴-۹-۲- همگن‌سازی توزیع عنصر محلول در شمش‌ها ۸۸
۴-۹-۳- آهنگری محصول نیمه تمام ۹۰
۴-۹-۴- آهنگری محصول نیمه تمام آلیاژ IN-718 ..... ۹۲
۴-۹-۵- اکستروژن ۹۳
۴-۹-۶- نورد ۹۴
۴-۹-۷- دسترسی به محصولات نورد ۹۵

ProjehCenter.ir

فصل اول

مقدمه

طراحان نیاز فراوانی به مواد مستحکم‌تر و مقاوم‌تر در برابر خوردگی دارند. فولادهای زنگ نزن توسعه داده شده و به کار رفته در دهه‌های دوم و سوم قرن بیستم میلادی، نقطه شروعی برای برآورده شدن خواسته‌های مهندسی در دماهای بالا بودند. بعداً معلوم شد که این مواد تحت این شرایط دارای استحکام محدودی هستند. جامعه متالوژی با توجه به نیازهای روز افزون بوجود آمده، با ساخت جایگزین فولاد زنگ نزن که سوپر آلیاژ نامیده شد به این تقاضا پاسخ داد. البته قبل از سوپر آلیاژها مواد اصلاح شده پایه آهن به وجود آمدند، که بعدها نام سوپر آلیاژ به خود گرفتند.

با شروع و ادامه جنگ جهانی دوم توربین‌های گازی تبدیل به یک محرک قوی برای اختراع و کاربرد آلیاژها شدند. در سال ۱۹۲۰ افزودن آلومینیوم و تیتانیوم به آلیاژهای از نوع نیکروم به عنوان اختراع به ثبت رسید، ولی صنعت سوپر آلیاژها با پذیرش آلیاژ کبالت (ویتالیوم) برای برآورده کردن نیاز به استحکام در دمای بالا در موتورهای هواپیما پدیدار شدند. بعضی آلیاژهای نیکل- کروم (اینکونل و نیمونیک) مانند سیم نسوز کم و

بیش وجود داشتند و کار دستیابی به فلز قوی‌تر در دمای بالاتر برای رفع عطش سیری ناپذیر طراحان ادامه یافت و هنوز هم ادامه دارد.

۱-۱- معرفی و به کار گیری سوپر آلیاژها

سوپر آلیاژها؛ آلیاژهای پایه نیکل، پایه آهن- نیکل و پایه کبالت هستند که عموماً در دماهای بالاتر از $۵۴۰^{o}C$ استفاده می‌شوند. سوپر آلیاژهای پایه آهن- نیکل مانند آلیاژ IN-718از فن‌آوری فولادهای زنگ نزن توسعه یافته و معمولاً به صورت کار شده می‌باشند. سوپر آلیاژهای پایه نیکل و پایه کبالت بسته به نوع کاربرد و ترکیب شیمیایی می‌توانند به صورت ریخته یا کار شده باشند.

در شکل ۱-۱ رفتار تنش- گسیختگی سه گروه آلیاژی با یکدیگر مقایسه شده‌اند (سوپر آلیاژهای پایه آهن- نیکل، پایه نیکل و پایه کبالت). در جدولهای ۱-۱ و ۱-۲ فهرستی از سوپر آلیاژها و ترکیب شیمیایی آنها آورده شده است.

سوپر آلیاژهای دارای ترکیب شیمیایی مناسب را می‌توان با آهنگری و نورد به اشکال گوناگون در آورد. ترکیب‌های شیمیایی پر آلیاژتر معمولاً به صورت ریخته‌گری می‌باشند. ساختارهای سرهم بندی شده را می‌توان با جوشکاری یا لحیم‌کاری بدست آورد، اما ترکیب‌های شیمیایی که دارای مقادیر زیادی از فازهای سخت کننده هستند، به سختی جوشکاری می‌شوند. خواص سوپر آلیاژها را با تنظیم ترکیب شیمیایی و فرآیند (شامل عملیات حرارتی) می‌توان کنترل کرد و استحکام مکانیکی بسیار عالی درمحصول تمام شده بدست آورد.

۱-۲- مروری کوتاه بر فلزات با استحکام در دمای بالا

استحکام اکثر فلزات در دماهای معمولی به صورت خواص مکانیکی کوتاه مدت مانند استحکام تسلیم یا نهایی اندازه‌گیری و گزارش می‌شود. با افزایش دما به ویژه در دماهای بالاتر از ۵۰ درصد دمای نقطه ذوب (بر حسب دمای مطلق) استحکام باید بر حسب زمان انجام اندازه‌گیری بیان شود. اگر در دماهای بالا باری به فلز اعمال شود که به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از بار منجر به تسلیم در دمای اتاق باشد، دیده خواهد شد که فلز به تدریج با گذشت زمان ازدیاد طول پیدا می‌کند. این ازدیاد طول وابسته به زمان خزش نامیده می‌شود و اگر به اندازه کافی ادامه یابد به شکست (گسیختگی) قطعه منجر خواهد شد. استحکام خزش یا استحکام گسیختگی (در اصطلاح فنی استحکام گسیختگی خزش یا استحکام گسیختگی تنشی نامیده می‌شود) همانند استحکام‌های تسلیم و نهایی در دمای اتاق یکی از مولفه‌های مورد نیاز برای فهم رفتار مکانیکی ماده است. در دماهای بالا استحکام خستگی فلز نیز کاهش پیدا می‌کند. بنابراین برای ارزیابی توانایی فلز با در نظر گرفتن دمای کار و بار اعمال شده لازم است، استحکام‌های تسلیم و نهایی، استحکام خزش، استحکام گسیختگی و استحکام خستگی معلوم باشند. ممکن است به خواص مکانیکی مرتبط دیگری مانند مدول دینامیکی، نرخ رشد ترک و چقرمگی شکست نیز نیاز باشد. خواص فیزیکی ماده مانند ضریب انبساط حرارتی، جرم حجمی و غیره فهرست خواص را تکمیل می‌کنند.