



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مواد

سمینار دفاع از رساله دکتری مهندسی مواد

با عنوان:

بررسی رفتار تغییر شکل داغ آلیاژ آنترابی بالا FeCoCrNi

ارائه کننده: سید علی سجادی

مکان: سالن شورا دانشکده

زمان دفاع: شنبه ۱۶ مهرماه ۱۴۰۱

اعضاء کمیته داوری:

اساتید مشاور: دکتر غلام رضا ابراهیمی

اساتید راهنما: دکتر محمد رضا طرقي نژاد، دکتر احمد رضائیان

اساتید داور: دکتر حامد میرزاده، دکتر قاسم دینی و دکتر ابوذر طاهری زاده

چکیده

در سال‌های اخیر آلیاژهای آنترابی بالا به علت داشتن خواص منحصر به فرد مورد توجه تعداد زیادی محققان قرار گرفته‌اند. از آن‌جا که در حین تهیه این آلیاژها نیاز به فرایند تغییر شکل در دمای بالا است پس داشتن اطلاعات کافی در زمینه رفتار تغییر شکل داغ آن‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در این پژوهش رفتار سیستم آلیاژی FeCoCrNi پس از تغییر شکل داغ و فرایندهای تبلور مجدد مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. ریخته‌گری این آلیاژ با استفاده از کوره القایی تحت اتمسفر خنثی انجام گرفت و سپس بررسی‌های ریزساختاری و مکانیکی روی این آلیاژ صورت انجامید. این آلیاژ به صورت تک فاز محلول جامد FCC بوده و استحکام کششی بیش از ۴۵۱ مگاپاسکال و ازدیاد طول بیش از ۷۴/۵ درصد نشان‌گر خواص مکانیکی مناسب این آلیاژ در حالت ریختگی بوده‌اند. در ادامه به منظور دستیابی به فرایند بهینه همگن‌سازی، فرایندهای مختلف عملیات حرارتی در دماهای ۶۰۰ تا ۱۱۰۰ °C و زمان‌های ۲ تا ۳۲ ساعت روی آلیاژ انجام گرفت و اثرات آن بر خواص مکانیکی و ساختاری آلیاژ بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان دادند که ساختار ریختگی آلیاژ بعد از عملیات حرارتی در دمای ۱۱۰۰ °C برای ۶ ساعت از حالت دندریتی خارج شده است لذا این دما جهت همگن‌سازی آلیاژ انتخاب گردید. نمونه‌های استوانه‌ای شکل برای انجام فشار داغ در محدوده دمایی ۸۰۰-۱۲۰۰ °C و دامنه نرخ کرنش 10^{-1} تا 10^{-2} s⁻¹ تهیه گردیدند. در ابتدا تأثیر دما و نرخ کرنش روی مقادیر تنش و کرنش پیک به دست آمده در تمامی شرایط تغییر شکل داغ بررسی شدند. مشاهده شد که با افزایش نرخ کرنش و کاهش دمای تغییر شکل مقادیر تنش و کرنش پیک به علت به تعویق افتادن تبلور مجدد افزایش پیدا کرده‌اند. بوجود آمدن پیک منفرد در تمامی شرایط تغییر شکل داغ و نرم شدن بعد از نقطه پیک حاکی از وجود تبلور مجدد دینامیکی در حین تغییر شکل داغ بوده است. رفتار کارسختی نمونه‌ها در شرایط مختلف تغییر شکل با استفاده از ترسیم منحنی‌های نرخ کارسختی بر حسب تنش و کرنش بررسی شد و سپس مقادیر تنش/کرنش بحرانی، تنش/کرنش پیک و تنش/کرنش حالت پایدار در منحنی‌های سیلان تعیین گردیدند. از پارامتر زنر-هولمان و روابط بنیادی وابسته به کرنش برای پیش‌بینی منحنی‌های سیلان در شرایط مختلف و محاسبه انرژی فعال‌سازی ظاهری تغییر شکل داغ آلیاژ استفاده گردید. هم‌چنین در این تحقیق ریزساختار آلیاژ در حین تغییر شکل داغ در شرایط مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. مشاهده شد که در شرایط مختلف فرایند کارنرمی به صورت تبلور مجدد دینامیکی از طریق مکانیزم بادکردگی بوده است. تغییر شکل در دماهای ۸۰۰ °C و ۹۰۰ °C منجر به تشکیل ساختار گردنبندی، اما در دماهای بالاتر منجر به ساختاری کاملاً تبلور مجدد یافته گردیده است. بررسی سینتیک تبلور مجدد دینامیکی با استفاده از معادله آورامی نشان داد که کسر ساختار تبلور مجدد و اندازه دانه‌های تبلور مجدد یافته به شدت تحت تأثیر دمای تغییر شکل، نرخ کرنش و کرنش بوده‌اند. با استفاده از منحنی‌های تنش سیلان در شرایط مختلف نقشه فرایندی تغییر شکل داغ آلیاژ در کرنش ۰/۸ به منظور شناسایی دامنه ایمن (دما و نرخ کرنش مناسب) برای وقوع تبلور مجدد دینامیکی ترسیم گردید. نتایج نشان داد که یک ناحیه ناپایدار و دو ناحیه پایدار جهت تغییر شکل وجود دارد که رشد دانه باعث ناپایداری و تبلور مجدد دینامیکی دلیل اصلی پایداری بوده‌اند. شرایط بهینه برای تغییر شکل داغ آلیاژ دمای ۱۰۰۰ °C و نرخ کرنش 10^{-1} s⁻¹ در نظر گرفته شد. چون در این شرایط ساختاری کاملاً تبلور مجدد یافته با مقدار بالای بازده اتلاف انرژی حاصل گردید. تحلیل به روش ریتولد پراش پرتو ایکس نمونه‌های تغییر شکل داغ داده شده در شرایط مختلف نشان داد که با افزایش دما و کاهش نرخ کرنش، دانسیته نابجایی‌ها کاهش یافته است. ضمناً انرژی فعال‌سازی رشد دانه در حین تغییر شکل داغ ۳۹۱ kJ/mol محاسبه شد.

کلمات کلیدی: تغییر شکل داغ، آلیاژ آنترابی بالا، تبلور مجدد دینامیکی، انرژی فعال‌سازی تغییر شکل، نرخ کارسختی، معادلات بنیادی،

رشد دانه، ساختار گردنبندی، مکانیزم بادکردگی و نقشه‌های فرایند.