دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مواد

سمینار دفاع از رساله دکتری

با عنوان

بررسی اثر توسعه مرزدانه‌های ویژه توسط مهندسی مرزدانه برخواص فولاد زنگ نزن آستنیتی با ساختارهای میکرودانه و فوق ریزدانه/نانو

ارائه کننده: حسام صفری

زمان : شنبه مورخ ۱۴۰۳/۰۳/۲۶ ساعت ۹ صبح **مکان:** سالن سمینار دانشکده مهندسی مواد

اعضای کمیته داوری:

استاد راهنما : دکتر احمد رضائیان **استاد مشاور**: دکتر فتح اله کریم‌زاده

اساتید داور: دکتر محمدرضا طرقی‌نژاد، دکتر احمد کرمانپور، دکتر حامد میرزاده سلطان‌پور

چکیده

در این پژوهش به بررسی اثر توسعه مرزدانه‌های ویژه در فولاد زنگ نزن آستنیتی گروه ۳۱۶L با ساختار دوگانه به کمک فرایند مهندسی مرزدانه پرداخته شده است. با استفاده از روش نورد- آنیل بازگشت مارتنزیت و اعمال کرنش معادل با ۸۳٪ کاهش در ضخامت در دمای ۱۰°C- و آنیل پس از آن به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۸۰۰°C، ساختار دوگانه با متوسط اندازه دانه ۱/۹ µm به عنوان ورودی فرایند مهندسی مرزدانه حاصل شده است. سپس فرایند مهندسی مرزدانه به روش نورد- آنیل و در پارامترهای کرنش اعمالی به میزان ۵٪ و ۱۵٪ کاهش در ضخامت (به ترتیب کرنش پایین و متوسط)، مدت زمان کوتاه آنیل پس از نورد به میزان ۵ و ۱۵ دقیقه در دمای ۱۰۰۰ °C و تعداد دفعات تکرار ۱، ۳ و ۴ مرتبه از هر سیکل فرایند بر روی نمونه‌های حاصل از فرایند بازگشت مارتنزیت انجام شده است. آنالیز پراش پرتو ایکس به جهت بررسی تغییرات فازی انجام شد. آزمون خوردگی بین دانه‌ای و بررسی ریزساختار سطوح خوردگی با میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی به منظور تعیین شرایط بهینه و انتخاب نمونه‌ها جهت بررسی با میکروسکوپ روبشی گسیل میدان (مجهز به آشکارساز پراش الکترون‌های برگشتی) انجام شد. همچنین خواص مکانیکی مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به نتایج آزمون پراش پرتو ایکس در ساختار نورد شده در دمای پایین، ۷۸٪ مارتنزیت ناشی از کرنش و آستنیت باقیمانده با کرنش بالا شناسایی شد. بررسی‌های ریزساختاری نشان داد که با انجام آنیل پس از نورد و بازگشت فاز مارتنزیت به آستنیت و تبلور مجدد آستنتیت باقیمانده ساختار دوگانه از اندازه دانه‌ها ایجاد شده است. با انجام فرایند مهندسی مرزدانه با اعمال کرنش به میزان ۵٪ کاهش در ضخامت، آنیل به مدت ۵ دقیقه و تکرار مسیر فرایند به میزان ۴ مرتبه درجه حساس شدن در آزمون خوردگی از میزان ۱۷/۷±۰/۵ ٪ به ۶/۱±۰/۲ ٪ برای نمونه مهندسی مرزدانه شده کاهش یافت. نتایج بررسی‌های ریزساختاری از سطوح در تماس با محلول خورنده، حاکی از کاهش میزان خوردگی اطراف مرزدانه‌ها با اعمال سیکل مذکور بود. نتایج آزمون پراش الکترون برگشتی نشان داد که درصد شبکه مکان انطباق و مرزدانه‌های Σ۳ به ترتیب از میزان ۴۲٪ و ۱۶٪ در نمونه اولیه به میزان ۷۲٪ و ۵۳٪ در نمونه مهندسی مرزدانه شده افزایش یافته است. در مسیر با کرنش اعمالی ۱۵٪ و آنیل به مدت ۱۵ دقیقه و مرتبه تکرار ۴ (مسیر با کرنش بالاتر)، با وجود دستیابی به ۶۶٪ شبکه مکان انطباق و ۴۴٪ مرزهای Σ۳، کاهش محسوسی در میزان درجه حساس شدن حاصل نشد. در این نمونه اندازه کم مکان‌های مرتبط دوقلویی، مورفولوژی ساده زنجیره‌های دوقلویی و طول کم آن‌ها نسبت به نمونه با کرنش اعمالی پایین مشاهده شد. تشکیل مکان‌های مرتبط دوقلویی بزرگ منجر به قطع بیشتر ارتباط مرزدانه‌های تصادفی در ریزساختار شد. مقادیر متوسط ۱۰/۳ و ۴/۵ برای نسبت اندازه مکان‌های مرتبط دوقلویی به اندازه دانه به ترتیب در نمونه‌های مهندسی مرزدانه شده در مسیر با کرنش پایین و کرنش متوسط محاسبه شد. تعداد کمتر مکان‌های مستعد برای جوانه‌زنی تبلورمجدد در نمونه مهندسی مرزدانه شده با کرنش پایین نسبت به نمونه با کرنش بالاتر، رشد بیشتر مکان‌های مرتبط دوقلویی در این نمونه را نشان می‌دهد. با بررسی تغییرات نسبت Σ۹+Σ۲۷ به Σ۳ وقوع مکانیزم تشکیل مجدد مرزدانه‌ها ناشی از برهمکنش مرزهای Σ۹ و Σ۲۷ در سیکل اول نمونه مهندسی مرزدانه شده با کرنش پایین و مکانیزم دوقلویی شدن چندگانه در ادامه فرایند مشخصه‌یابی شد. تعداد بالای جوانه‌های اولیه دوقلویی در دانه‌های میکرومتری با تعداد دانه همسایه بالا و تک جوانه‌هایی با شبکه‌ای پیوسته از مرزدانه‌های Σ۳ در دانه‌های ریزتر در سیکل اول نمونه مهندسی مرزدانه شده با کرنش پایین علت ایجاد درصد بالای مرزهای Σ۳ در مدت زمان کوتاه آنیل شناخته شد. ارزیابی خواص کششی نمونه‌ها نشان داد درصد افزایش طول از ۲±۶۸٪ در نمونه اولیه به ۴±۸۸٪ و ۲±۹۵٪ به ترتیب در نمونه‌های مهندسی مرزدانه شده با کرنش پایین و متوسط افزایش یافته است. عدم کاهش استحکام و افزایش نسبی آن از ۸±۶۰۹ مگاپاسکال در نمونه اولیه به ۷±۶۴۱ و ۶±۶۲۳ مگاپاسکال به ترتیب در نمونه‌های مهندسی مرزدانه شده با کرنش کم و متوسط حاصل شد. درصد بالای مرزهای ویژه Σ۳ و افزایش درصد نقاط سه‌گانه متشکل از مرزهای کم انرژی از عوامل موثر در کاهش جوانه‌زنی و رشد ترک مرزدانه‌ای و افزایش انعطاف‌پذیری شناخته شدند. با بررسی‌های شکست‌نگاری، ترکیب شکست نرم و ترد در نمونه اولیه و شکست کاملا نرم همراه با ایجاد گودی و برآمدگی در نوک نمونه آزمون کشش برای نمونه‌های مهندسی مرزدانه شده همراه با اندازه دیمپل‌های متفاوت شناسایی شد.