باسمه تعالی

**دانشگاه صنعتی اصفهان**

دانشکده مهندسی مواد

سمینار دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش شناسایی و انتخاب مواد

با عنوان

# ارزیابی تاثیر مهندسی مرزدانه بر ریزساختار، مقاومت به خوردگی مرزدانه‌ای و خواص مکانیکی یک فولاد زنگ نزن آستنیتی ساخته شده به روش ذوب بسترپودر به کمک لیزر

# Evaluating the effect of grain boundary engineering on the microstructure, intergranular corrosion resistance and mechanical properties of an austenitic stainless steel manufactured by laser powder bed fusion

ارائه کننده: **ارسلان کریمی**

**زمان:** یکشنبه ۲۹ مهر۱۴۰۳ ساعت ۱۴:۰۰ **مکان:** کلاس ۱۹ دانشکده مهندسی مواد

**اعضای کمیته داوری:**

**اساتید راهنما:** دکتر احمد کرمانپور – دکتر احمد رضاییان **اساتید داور:** دکتر محمد رضا طرقی نژاد – دکتر عبدالمجید اسلامی

**چکیده:**

ساخت افزودنی یکی از روش‌های تولید دیجیتال است که به‌عنوان یکی از عناصر انقلاب صنعتی چهارم نیز شناخته می‌شود. در این روش نوین قطعه از یک فایل سه‌بعدی و معمولاً به‌صورت لایه به لایه ایجاد و شکل نهایی قطعه ساخته می‌شود. ذوب بستر پودر با لیزر یکی از روش‌های ساخت افزودنی است که در آن قطعات به‌صورت لایه‌لایه طی ذوب و انجماد متناوب ذرات پودر توسط لیزر ساخته می‌شوند. به علت سرعت سرد شدن زیاد و شیب دمایی پیچیده‌ای که ماده حین فرآیند ذوب بستر پودر با لیزر تجربه می‌کند، یک ساختار ریز منحصر به فرد در قطعات تولیدی با این روش ایجاد خواهد شد. این ریزساختار خاص، می‌تواند منجر به خواص مکانیکی و مقاومت در برابر خوردگی بهتر نسبت به روش‌های تولید معمول شود. مهندسی مرزدانه شامل افزایش درصد مرزهای ویژه در ریزساختار قطعات می‌باشد و یکی از موضوعات جذاب برای تحقیق در طی چند دهه گذشته بوده و هدف آن بهبود خواص مواد از طریق تغییر در ساختار مرزدانه آن‌ها است. مهندسی مرزدانه حین و پس از فرآیند ذوب بستر پودر با لیزر، امکان تولید قطعات پیچیده با خواص عالی را فراهم می‌کند. افزایش درصد مرزهای ویژه در ریزساختار قطعات ساخت افزودنی شده، می‌تواند با تغییر متغیرهای فرآیند ساخت به‌صورت درجا و نیز انجام عملیات بعدی نظیر کرنش و عملیات حرارتی به‌صورت غیردرجا صورت پذیرد. هدف اصلی پژوهش حاضر، بررسی امکان اعمال مهندسی مرزدانه هم به‌صورت درجا و هم غیر درجا روی یک فولاد زنگ نزن 316L ساخته‌شده به روش ذوب بستر پودر با لیزر است. امکان اعمال مهندسی مرزدانه و اثر آن روی ریزساختار، رفتار رسوب‌زایی مرزدانه‌ها، نوع و درصد مرزهای ویژه، مقاومت به خوردگی مرزدانه‌ای و خواص مکانیکی قطعات توسط میکروسکوپ نوری، الکترونی روبشی، الکترونی روبشی گسیل میدانی و آزمون‌های فعال‌سازی مجدد پتانسیودینامیکی الکتروشیمیایی دو حلقه‌ای و کشش دمای محیط بررسی شد. مهندسی مرزدانه درجا با تغییر پارامتر استراتژی روبش از میندر (دوطرفه) به جزیره‌ای اعمال شد. بعد از اعمال عملیات حرارتی حساس‌سازی مشخص شد، نوع مرزدانه‌های نمونه میندر به‌گونه‌ای هستند که کروم در آن‌ها رسوب‌کرده و منطقه تخلیه شده از کروم در اطراف مرزدانه‌ها ایجاد می‌شود. در نتیجه، مرزدانه‌های این نمونه (مشابه مرزدانه‌های بزرگ زاویه تصادفی) حساس‌شده و مستعد خوردگی مرزدانه‌ای هستند. از طرف دیگر، نوع مرزدانه‌های نمونه جزیره‌ای به‌گونه‌ای هستند که مقدار تخلیه عنصر کروم در اطراف مرزدانه‌های آن نسبت به نمونه میندر به‌شدت کمتر بوده و در نتیجه مرزدانه‌های این نمونه کمتر حساس‌شده و یا اصلاً حساس نمی‌شوند و همانند مرزدانه‌های ویژه، مستعد خوردگی مرزدانه‌ای نیستند. بر اساس بررسی‌های ریزساختاری با روش پراش الکترون‌های برگشتی، نمونه جزیره‌ای به دلیل داشتن درصد بالایی از مرزهای ویژه در ریزساختار به مقدار ۴۲/۸٪، به‌عنوان نمونه مهندسی مرزدانه شده شناخته شد. مطابق آزمون خوردگی مرزدانه‌ای، عدد درجه حساسیت نمونه جزیره‌ای، به علت دانه‌های ریزتر و حضور درصد بالایی از مرزهای ویژه در ریزساختار خود، نسبت به نمونه میندر به مقدار ۴۳/۵٪ کاهش یافت و در نتیجه، مقاومت به خوردگی مرزدانه‌ای بسیار بالاتری نسبت به نمونه میندر از خود نشان داد. مهندسی مرزدانه غیردرجا نیز به‌صورت مستقیم، بدون اعمال کرنش و با انجام عملیات حرارتی در دمای ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد روی نمونه با استراتژی روبش میندر اعمال شد. در طی این عملیات، دانه‌های ریزساختار در اثر تبلور مجدد کامل از ستونی به هم‌محور تبدیل شدند. بعد از اعمال عملیات حساس‌سازی مشخص شد، نوع مرزدانه‌های نمونه میندر عملیات حرارتی شده در دمای ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌گونه‌ای هستند که درصد عنصر کروم در روی مرزدانه‌ها و اطراف آن هیچ تفاوتی نداشته و عملاً هیچ مقدار از عنصر کروم به سمت مرزدانه‌ها رسوب نکرده و هیچ منطقه مستعد خوردگی مرزدانه‌ای نیز ایجاد نمی‌شود. مطابق بررسی ریزساختار با روش پراش الکترون‌های برگشتی، نمونه میندر عملیات حرارتی شده در دمای ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به دلیل داشتن درصد بالایی از مرزهای ویژه به مقدار ۷۶/۹٪ به‌خصوص مرزدوقلویی به مقدار ۴۷/۹٪ در ریزساختار، به همراه ایجاد قطع ارتباط بین مرزهای بزرگ زاویه تصادفی توسط این مرزهای ویژه، به‌عنوان نمونه مهندسی مرزدانه شده شناخته شد. مطابق آزمون خوردگی مرزدانه‌ای، به علت وجود درصد بسیار بالایی از مرزهای ویژه در نمونه میندر عملیات حرارتی شده در دمای ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، عدد درجه حساسیت این نمونه بسیار پایین به دست آمد و نسبت به نمونه میندر در حالت پس از ساخت به مقدار ۷/۵ ٪ کاهش یافت و در نتیجه مقاومت به خوردگی مرزدانه‌ای بالاتری نیز نسبت به نمونه میندر در حالت پس از ساخت داشت. همچنین مطابق تست کشش در دمای محیط در اثر اعمال مهندسی مرزدانه غیردرجا، استحکام کششی در نمونه میندر عملیات حرارتی شده در دمای ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به دلیل کاهش مرزهای کم زاویه در ریزساختار آن نسبت به نمونه در حالت پس از ساخت، به مقدار ناچیزی کاهش‌یافته و از ۶۰۲ مگاپاسکال در حالت پس از ساخت به ۵۴۲ مگاپاسکال در حالت عملیات حرارتی شده رسید. بااین‌حال درصد انعطاف‌پذیری نمونه عملیات حرارتی شده، به علت وجود درصد بالایی از مرزهای ویژه به‌خصوص مرزدوقلویی در ریزساختار آن، به مقدار ۳۵٪ نسبت به نمونه در حالت پس از ساخت افزایش داشت و به مقدار بسیار بالای ۹۱/۳٪ رسید. بررسی سطوح شکست نمونه‌های میندر در حالت پس از ساخت و در حالت عملیات حرارتی شده در دمای ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، حاکی از وقوع شکست نرم در هر دو نمونه بود.

**کلمات کلیدی:**

ذوب بستر پودر با لیزر؛ مهندسی مرزدانه؛ فولاد زنگ‌نزن 316L؛ مرزهای ویژه؛ خوردگی مرزدانه‌ای؛ خواص مکانیکی