

Parameter Optimization of Laser Cladding of Super Duplex Stainless Steel by Response Surface Methodology

Ali Jafari Moghaddam¹, Abolfazl Babakhani^{*1}, Seyed Abdolkarim Sajjadi¹,
Mohammad Hossein Farshidianfar² and Ghasem Barati Darband¹

1- Department of Materials and Metallurgical Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

* Corresponding author, Email: babakhani@um.ac.ir

ABSTRACT

Introduction and Objectives: In this study, laser cladding of 2507 super duplex stainless steel on 4130 low-alloy steel was investigated to examine the effects of laser power, scanning speed, and powder feed rate on coating geometry and austenite content, and to identify the optimal single-pass sample.

Materials and Methods: The independent variables including laser power, scanning speed, and powder feed rate, while the responses comprised width, height, depth, wetting angle, dilution, and austenite content. Experiments were conducted using the response surface methodology, and a predictive model was developed by fitting the process variables.

Results: The best single-pass sample is achieved with a power of 1450 W, a powder feed rate of 16.7 g/min, and a laser scanning speed of 4.2 mm/s.

Conclusion: Clad width increases with higher power and lower scanning speed. Clad height increases with a higher powder feed rate at low scanning speeds, whereas it decreases at high scanning speeds. Reducing the scanning speed leads to an increase in height. Dilution percentage rises with increased power and scanning speed, and with a reduced feed rate. The wetting angle decreases as scanning speed increases and power decreases; however, at low scanning speeds, the wetting angle increases with a higher feed rate. The austenite content increases with higher power and lower scanning speed. The observed austenite includes grain boundary, Widmanstätten, and intragranular austenite. Increasing the power results in a larger secondary dendrite arm spacing (λ_2). The results were validated, showing a maximum discrepancy of 3%.

Keywords: Laser cladding, Single pass, 2507 super duplex stainless steel, 4130 low-alloy steel, Response surface methodology.

بهینه‌سازی متغیرهای روکش کاری لیزری فولاد زنگ‌نزن سوپر دوپلکس با استفاده از روش سطح پاسخ

علی جعفری مقدم^۱، ابوالفضل باباخانی^{۱*}، سید عبدالکریم سجادی^۱، محمدحسین فرشیدیان^۲ و قاسم براتی دربند^۱

۱- گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- گروه مهندسی مکانیک، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: babakhani@um.ac.ir

چکیده

مقدمه و اهداف: در این پژوهش، روکش کاری لیزری فولاد زنگ‌نزن سوپر دوپلکس ۲۵۰۷ روی فولاد کم‌آلیاژ ۴۱۳۰ مورد بررسی قرار گرفت و با هدف بررسی اثر توان لیزر، سرعت روبش و نرخ تغذیه پودر بر هندسه پوشش و میزان آستنیت و یافتن بهترین نمونه تک‌پاس انجام شد.

مواد و روش‌ها: متغیرهای مستقل شامل توان لیزر، سرعت روبش و نرخ تغذیه پودر و پاسخ‌ها شامل عرض، ارتفاع، عمق، زاویه ترشوندگی، رقت و مقدار آستنیت بودند. آزمایش‌ها بر اساس روش تحلیل سطح پاسخ، انجام و مدل پیش‌بینی برازش متغیرهای فرآیند ایجاد شد.

یافته‌ها: بهترین نمونه تک‌پاس در توان ۱۴۵۰ وات، نرخ تغذیه پودر ۱۶/۷ گرم بر دقیقه و سرعت روبش لیزر ۴/۲ میلی‌متر بر ثانیه می‌باشد.

نتیجه‌گیری: عرض روکش با افزایش توان و کاهش سرعت روبش، افزایش می‌یابد. ارتفاع روکش با افزایش نرخ تغذیه پودر در سرعت‌های پایین روبش، افزایش و در سرعت‌های بالای روبش کاهش می‌یابد. با کاهش سرعت روبش، ارتفاع افزایش می‌یابد. با افزایش توان و سرعت روبش و کاهش نرخ تغذیه، درصد رقت زیاد می‌شود. با افزایش سرعت روبش و کاهش توان، زاویه ترشوندگی کاهش می‌یابد. در سرعت‌های کم روبش با افزایش نرخ تغذیه، زاویه ترشوندگی افزایش می‌یابد. آستنیت با افزایش توان و کاهش سرعت روبش افزایش می‌یابد. آستنیت موجود شامل مرزدانه‌ای، ویدمنشتاتن و آستنیت درون‌دانه‌ای است. افزایش توان، فاصله بین بازوهای دندردیتی ثانویه (λ_2) را افزایش می‌دهد. صحت‌گذاری نتایج انجام شد و بیشترین درصد اختلاف، سه درصد است.

واژه‌های کلیدی: روکش کاری لیزری، تک‌پاس، فولاد زنگ‌نزن سوپر دوپلکس ۲۵۰۷، فولاد کم‌آلیاژ ۴۱۳۰، روش سطح پاسخ.