



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

با عنوان

ارزیابی تأثیر عملیات سطحی لیزری بر مقاومت اکسیداسیون داغ یک پوشش HVOF NiCoCrAlY

Evaluating the effect of laser surface treatment on the hot oxidation resistance of HVOF-sprayed NiCoCrAlY coating

ارائه کننده: شادمان منانی

مکان: کلاس ۲۴ دانشکده مهندسی مواد

زمان: چهارشنبه ۱۴۰۱/۰۶/۳۰، ساعت ۱۰:۳۰

اعضای کمیته داوری:

اساتید داور: دکتر مهران نحوی، دکتر مسعود عطاپور

اساتید راهنما: دکتر احمد کرمانپور، دکتر فخرالدین اشرفی زاده

چکیده:

پوشش های MCrAlY به طور گسترده‌ای برای محافظت از اجزای سوپرآلیاژ در برابر اکسیداسیون و خوردگی در بخش‌های داغ توربین‌های گازی استفاده می‌شوند. در این پژوهش، تأثیر عملیات ذوب سطحی لیزری بر ریزساختار، مورفولوژی و رفتار اکسیداسیون داغ پوشش NiCoCrAlY اعمال شده به روش پاشش سوخت-اکسیژن سرعت بالا (HVOF) بررسی شده است. بدین منظور پس از ایجاد پوشش NiCoCrAlY روی زیرلایه سوپرآلیاژ پایه نیکل CMSX-4، عملیات ذوب سطحی روی پوشش‌ها توسط لیزر Nd:YAG پالسی به دو صورت تک پاس و چند پاس انجام گرفت. از میکروسکوپ الکترونی روبشی، طیف سنج تفکیک انرژی، میکروسکوپ نوری، زبری سنجی و میکروسختی‌سنجی به منظور ارزیابی مورفولوژی، ریزساختار و سختی پوشش‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که فرآیند ذوب سطحی لیزری به میزان قابل توجهی در بهبود چسبندگی، کاهش تخلخل، و کاهش زبری سطحی پوشش تأثیرگذار است. در توان ۷۰ وات (سرعت روبش ۲، ۳ و ۴ میلی‌متر بر ثانیه) حدود نیمی از عمق پوشش ذوب مجدد شده و در صد زیادی از تخلخل‌های ساختاری، ناهمگونی‌های سطحی و رشته‌های اکسیدی موجود در ساختار پوشش پاشش حرارتی حذف و تقریباً ساختاری متراکم در نیمه بالایی پوشش حاصل شد. در توان ۲۵۰ وات (سرعت روبش ۸، ۱۰ و ۱۲ میلی‌متر بر ثانیه) علاوه بر حذف نسبتاً کامل تخلخل‌های ساختاری، ناهمگونی‌های سطحی و رشته‌های اکسیدی موجود در ساختار پوشش، کل عمق پوشش ذوب مجدد شده و پیوند مکانیکی موجود در فصل مشترک پوشش-زیرلایه، به پیوند متالورژیکی تبدیل شده و چسبندگی بهتری بین پوشش و زیرلایه ایجاد گردید. در سرعت روبش ثابت (۲ میلی‌متر بر ثانیه)، با افزایش ۴۰ درصدی توان لیزر از ۵۰ به ۷۰ وات، عمق ناحیه ذوب مجدد شده حدود ۵۰ درصد و پهنای ناحیه ذوب سطحی شده حدود ۱۰۰ درصد افزایش یافت. از طرف دیگر در توان لیزر ثابت (۷۰ وات)، با افزایش ۵۰ درصدی سرعت روبش از ۴ به ۶ میلی‌متر بر ثانیه، عمق ناحیه ذوب مجدد شده حدود ۱۴ درصد و پهنای ناحیه ذوب سطحی شده حدود ۰/۵ درصد کاهش یافت. در چگالی انرژی (نسبت توان به سرعت روبش لیزر) برابر، با افزایش ۴۰۰ درصدی توان لیزر از ۵۰ به ۲۵۰ وات و سرعت روبش از ۲ به ۱۰ میلی‌متر بر ثانیه، عمق ناحیه ذوب مجدد شده حدود ۲۲۵ درصد و پهنای ناحیه ذوب سطحی شده حدود ۱۹۰ درصد افزایش یافت. بنابراین تأثیر افزایش توان لیزر در افزایش عمق ناحیه ذوب مجدد شده، کاهش تخلخل موجود در پوشش و افزایش مساحت و پهنای ناحیه ذوب سطحی شده، بیشتر از کاهش سرعت روبش لیزر است. سطح مقطع ناحیه ذوب مجدد تک پاس با افزایش توان لیزر در سرعت روبش ثابت، به صورت خطی افزایش یافت. از طرف دیگر با کاهش سرعت روبش لیزر در توان ثابت نیز، سطح مقطع ناحیه ذوب مجدد تک پاس به صورت خطی افزایش یافت. با این حال تأثیر افزایش توان لیزر در افزایش سطح مقطع ناحیه ذوب مجدد، بیشتر از کاهش سرعت روبش لیزر بود. در فرآیند ذوب سطحی لیزری، مناطق ذوب مجدد چند پاس نسبت به تک پاس عمیق‌تر بود. زبری میانگین R_a برای پوشش NiCoCrAlY پس از رسوب‌دهی با روش HVOF، در حدود ۳/۴۵ میکرومتر بود که پس از فرآیند ذوب سطحی لیزری تا حدود ۸۰ درصد کاهش یافت. همچنین به دلیل نرخ انجماد بالا منجر به کاهش اندازه دانه و افزایش سختی از فصل مشترک به سمت سطح پوشش تا حدود ۱۵ درصد گردید. از طرف دیگر مقایسه متغیرهای فرآیند ذوب سطحی لیزری نشان داد به‌طور کلی در توان لیزر ثابت، با افزایش سرعت روبش لیزر به دلیل ریزتر شدن ساختار ندریتی، مقدار میکروسختی سطح پوشش افزایش می‌یابد. جهت بررسی رفتار اکسیداسیون داغ نمونه‌های پوشش‌دار قبل و بعد از عملیات ذوب سطحی لیزری، آزمون اکسیداسیون داغ ایزوترم در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۷۰ ساعت انجام گرفت. بیشترین میزان افزایش وزن و اکسیداسیون مربوط به پوشش NiCoCrAlY پاشش شده به روش HVOF بود و لایه اکسیدی TGO به ضخامت حدود ۹/۳ میکرومتر، شامل دو لایه اکسید آلومینا ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) و اکسید اسپینل $(\text{Ni},\text{Co})\text{Al}_2\text{O}_4$ بر روی پوشش تشکیل شد. نتایج نشان داد فرآیند ذوب سطحی لیزری از طریق بهبود چسبندگی، کاهش تخلخل و کاهش زبری سطحی، مقاومت به اکسیداسیون داغ پوشش NiCoCrAlY را به طور قابل توجهی افزایش داده و موجب کاهش نرخ رشد لایه اکسیدی و تشکیل لایه $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ پایدار می‌شود. در بین نمونه‌های ذوب سطحی لیزری شده، نمونه‌های $P_{70}V_{12}$ و $P_{70}V_2$ به دلیل داشتن چگالی انرژی کافی و کمترین میزان زبری سطح، بیشترین مقاومت به اکسیداسیون داغ را از خود نشان دادند. همچنین ضخامت لایه TGO در آن‌ها به ترتیب ۳/۸ و ۲/۶ میکرومتر بود که نسبت به پوشش بدون عملیات سطحی لیزر، کاهش قابل توجهی داشت.

کلمات کلیدی: پوشش NiCoCrAlY، سوپرآلیاژ CMSX-4، پاشش HVOF، ذوب سطحی لیزری، اکسیداسیون داغ