

Surface Characterization and Evaluation of the Tribological Behavior of Ni-5Al/WC Composite Coating at Elevated Temperature

Alireza Naseri and Seyed Mehran Nahvi* 

Department of Materials Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

* Corresponding author, Email: mehran.nahvi@iut.ac.ir

ABSTRACT

Introduction and Objectives: Tungsten carbide (WC)-reinforced nickel–aluminum composite coatings have attracted attention for surface engineering applications due to their potential to enhance hardness and wear resistance. The aim of this study was to investigate the effect of WC content on the microstructure, mechanical properties, and friction–wear behavior of nickel–aluminum coatings at elevated temperature.

Materials and Methods: Nickel–aluminum coatings containing 5, 10, and 15 wt. % WC were deposited on steel substrates using the flame spraying method. The microstructure and phase composition of the coatings were examined using X-ray diffraction, scanning electron microscopy, and energy-dispersive spectroscopy. In addition, the microhardness, adhesion strength, porosity, and wear behavior of the coatings were evaluated using a pin-on-disk test at 600 °C.

Results: The results indicated that increasing the WC content reduced both the friction coefficient and the wear rate of the coatings; specifically, the Ni-5Al coating containing 15 wt. % WC exhibited the highest wear resistance and the lowest friction coefficient under the tested conditions, although this improvement was accompanied by increased porosity and reduced bond strength. Microstructural and phase analyses indicated that the presence of WC particles, along with the formation of nickel and aluminum surface oxides, played an effective role in improving the stability of frictional behavior and reducing wear damage at elevated temperature.

Conclusion: The findings of this study indicate that reinforcing nickel–aluminum coatings with WC can be an effective approach to improving high-temperature wear resistance, enhancing tribological stability, and promoting surface performance in surface engineering applications. However, the appropriate amount of reinforcement should be selected by considering its simultaneous effects on the hardness, porosity, and adhesion of the coating.

Keywords: Surface engineering, Composite coating, Flame spraying, Nickel–aluminum, Tungsten carbide, High-temperature wear, Tribology.

مشخصه‌یابی سطح و ارزیابی رفتار تریبولوژیکی پوشش کامپوزیتی Ni-5Al/WC در دمای بالا

علیرضا ناصری و سید مهران نحوی* 

دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: mehran.nahvi@iut.ac.ir

چکیده

مقدمه و اهداف: پوشش‌های کامپوزیتی نیکل-آلومینیم تقویت‌شده با کاربید تنگستن (WC)، به دلیل قابلیت بالقوه در افزایش سختی و مقاومت به سایش، برای کاربردهای مهندسی سطح مورد توجه هستند. هدف این پژوهش، بررسی اثر مقدار WC بر ریزساختار، خواص مکانیکی و رفتار اصطکاکی-سایشی پوشش نیکل-آلومینیم در دمای بالا است.

مواد و روش‌ها: پوشش‌های نیکل-آلومینیم حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی WC به روش پاشش شعله‌ای بر سطح فولاد اعمال شدند. ریزساختار و ترکیب فازی پوشش‌ها با استفاده از پراش پرتو ایکس، میکروسکوپ الکترونی روبشی و طیف‌سنجی پراش انرژی پرتو ایکس بررسی شد. همچنین، ریزسختی، استحکام چسبندگی، تخلخل و رفتار سایشی پوشش‌ها در آزمون پین روی دیسک و دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد ارزیابی شد.

یافته‌ها: بررسی‌ها نشان داد که با افزایش مقدار WC، ضریب اصطکاک و میزان سایش پوشش‌ها کاهش یافت و پوشش Ni-5Al حاوی ۱۵ wt.% WC، بالاترین مقاومت به سایش و کمترین ضریب اصطکاک را در شرایط آزمون به نمایش گذاشت؛ اگرچه این بهبود با افزایش تخلخل و کاهش استحکام چسبندگی همراه بود. بررسی‌های ریزساختاری و فازی نشان داد که حضور ذرات WC، همراه با تشکیل اکسیدهای سطحی نیکل و آلومینیم، در افزایش پایداری رفتار اصطکاکی و کاهش آسیب سایشی در دمای بالا نقش مؤثری دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تقویت پوشش نیکل-آلومینیم با WC، می‌تواند راهکاری مؤثر برای بهبود مقاومت به سایش دمای بالا، افزایش پایداری تریبولوژیکی و ارتقای عملکرد سطحی در کاربردهای مهندسی سطح باشد. با این حال، انتخاب مقدار مناسب تقویت‌کننده باید با توجه به اثر هم‌زمان آن بر سختی، تخلخل و چسبندگی پوشش انجام شود.

واژه‌های کلیدی: مهندسی سطح، پوشش کامپوزیتی، پاشش شعله‌ای، نیکل-آلومینیم، کاربید تنگستن، سایش دمای بالا، تریبولوژی.