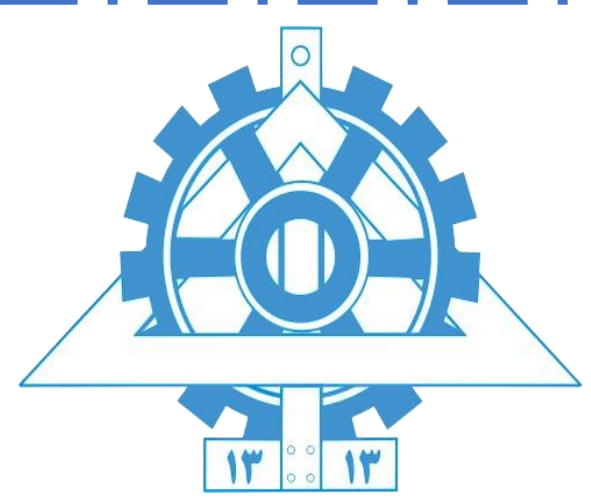




بررسی خواص و تأثیرات پوشش TiAlN بر روی فولاد ابزار AISI D3 با استفاده از روش Arc-PVD

دانشجویان: ایمان محمدی پور و انسیه رزقی
استاد راهنما: دکتر روح‌الله مهدی نواز اقدم
دانشکده مهندسی متالورژی و مواد، دانشکده‌گان فنی، دانشگاه تهران



چکیده

در این پژوهش، پوشش سخت نیتریدی TiAlN بر روی فولاد ابزار AISI D3 مورد بررسی قرار گرفته است. برای ایجاد این پوشش، از روش رسوب‌دهی فیزیکی بخار (PVD) به‌ویژه نوع تبخیر قوس کاتدی (Arc-PVD) استفاده شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهند که پوشش TiAlN به دلیل ویژگی‌هایی همچون سختی بالا، مقاومت برجسته در برابر سایش و اکسیداسیون، و چسبندگی مناسب به زیرلایه، عملکرد قابل توجهی در بهبود کارایی ابزارهای برش دارد. علاوه بر این، تأثیر متغیرهای مختلف فرآیند، از جمله فشار گازهای واکنشی، ولتاژ بایاس، ترکیب فلز هدف و دمای رسوب، بر روی خواص پوشش به‌طور دقیق مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. این عوامل نه تنها بر خصوصیات مکانیکی پوشش تأثیر گذار هستند، بلکه نقش مهمی در تعیین عملکرد پوشش‌ها در شرایط عملیاتی مختلف ایفا می‌کنند.

مقدمه

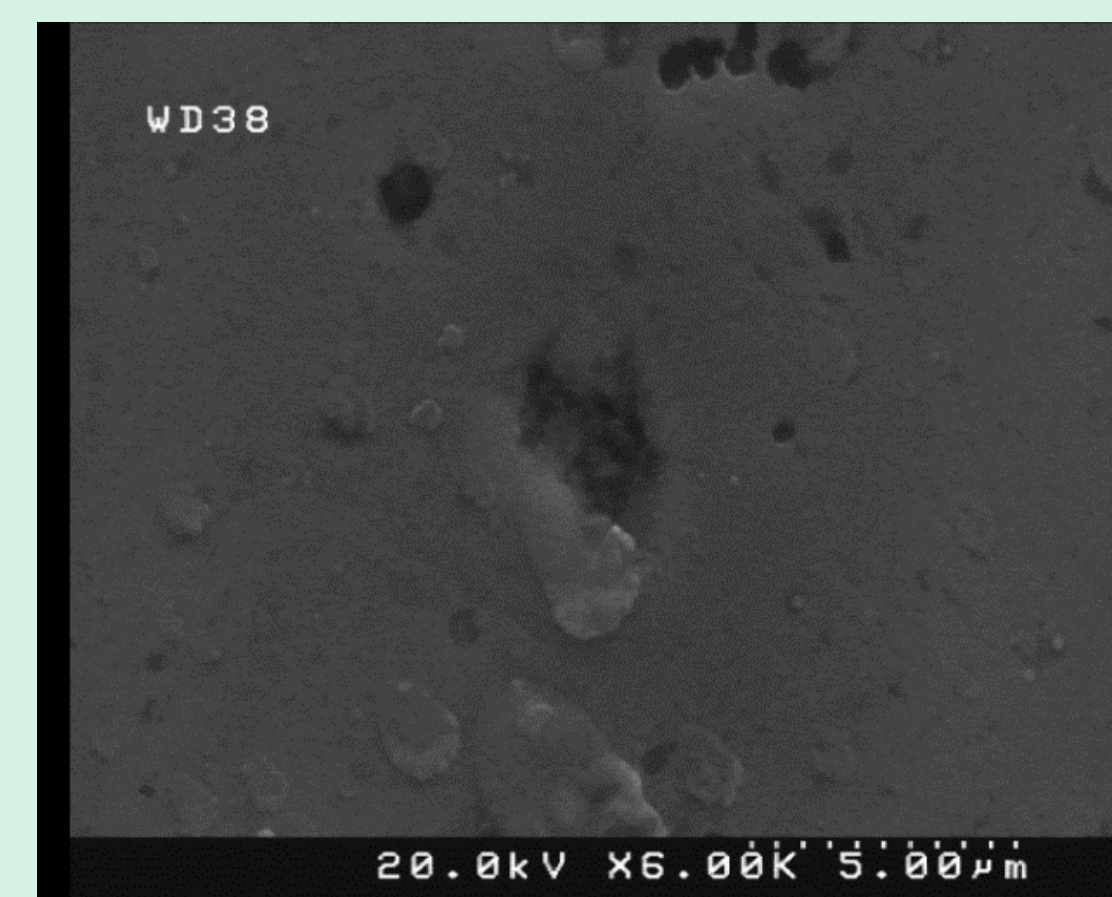
بسیاری از قطعات صنعتی در حین کار با شرایط سختی مانند تنش‌های مکانیکی-حرارتی شدید، سایش و محیط‌های خورنده مواجه‌اند. یکی از راهکارهای مؤثر برای افزایش طول عمر و کارایی ابزارها، استفاده از پوشش‌های سخت نازک است. در میان این پوشش‌ها، نیتریدهای فلزات واسطه به‌دلیل سختی بالا، مقاومت سایشی و پایداری در محیط‌های خورنده کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند. روش Arc-PVD، امکان ایجاد فیلم‌های متراکم، سخت و با چسبندگی بالا روی فولادهای ابزار را فراهم می‌کند. با این حال، چالش‌هایی مانند تشکیل ماکروذرات و تنش‌های پسماند نیز وجود دارد که نیازمند بهینه‌سازی پارامترهای فرایندی هستند. از میان پوشش‌ها، TiAlN نسبت به پوشش مرجع TiN عملکرد بهتری در دماهای بالا و برش خشک دارد و به‌عنوان نسل پیشرفته‌تری از پوشش‌های ابزار شناخته می‌شود. ترکیب Ti و Al در این پوشش موجب سختی بالاتر، مقاومت در برابر خوردگی و دوام بیشتر در شرایط عملیاتی می‌گردد. این پایان‌نامه بر بررسی خواص و اثرات پوشش TiAlN ایجادشده به روش Arc-PVD روی فولاد ابزار AISI D3 تمرکز دارد. همچنین نقش میان‌لایه‌های TiN و Ti/TiN و شرایط مختلف رسوب‌دهی در بهبود چسبندگی، سختی، مقاومت سایشی و خوردگی مورد مطالعه قرار گرفته است.

روش تحقیق

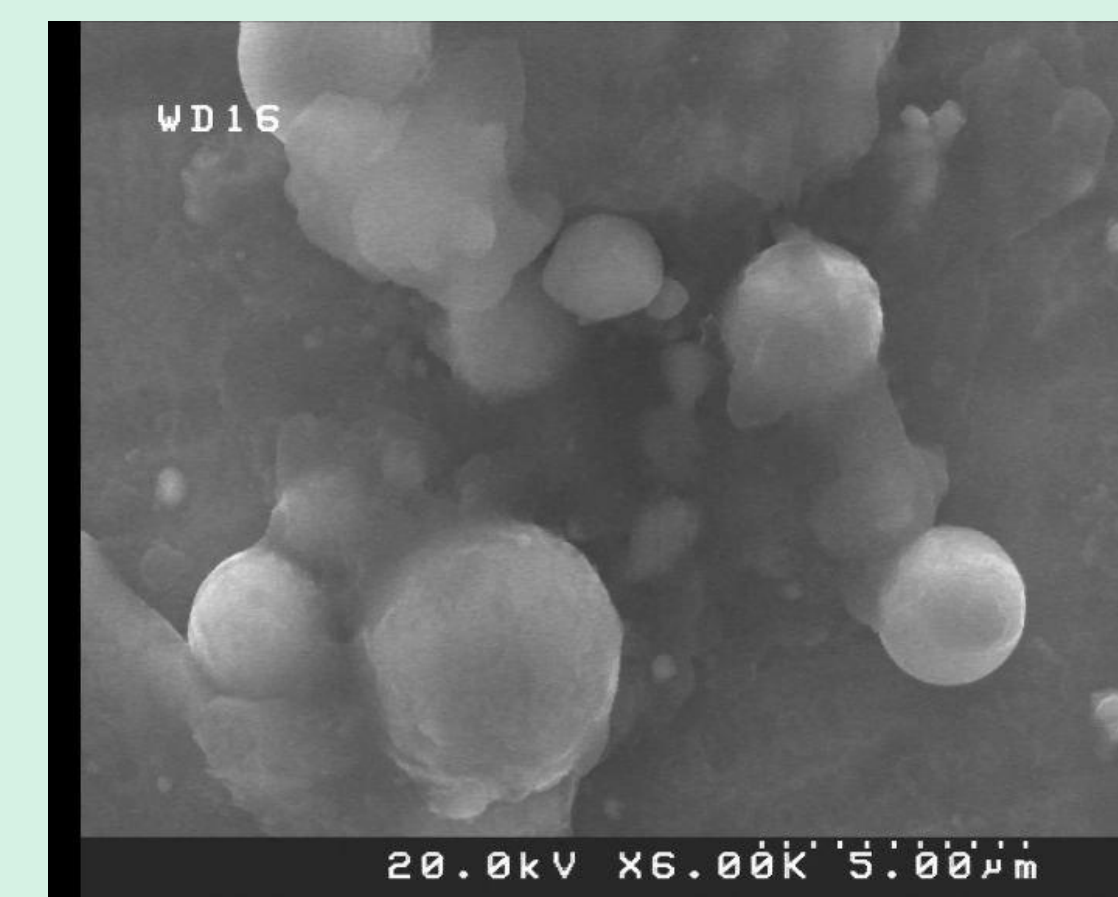
در این پژوهش ابتدا نمونه‌هایی از فولاد ابزار AISI D3 آماده‌سازی و پرداخت شدند. سپس پوشش TiAlN به روش رسوب‌دهی فیزیکی بخار قوس کاتدی بر سطح آن‌ها اعمال گردید. به‌منظور بررسی نقش میان‌لایه‌ها، برخی نمونه‌ها با لایه‌های میانی TiN و Ti/TiN پوشش داده شدند. پس از فرایند پوشش‌دهی، آزمون‌های مختلفی برای ارزیابی خواص انجام گرفت؛ از جمله بررسی ریزساختار و مورفولوژی با میکروسکوپ الکترونی روبشی و آنالیز EDS Mapping، آزمون سختی‌سنجی، آزمون سایش به روش پین روی دیسک، و آزمون‌های الکتروشیمیایی شامل پلاریزاسیون تافل و تیفسنجی امپدانس الکتروشیمیایی.

نتایج و بحث

مشخصه‌یابی پوشش نیترید تیتانیوم-آلومینیم:

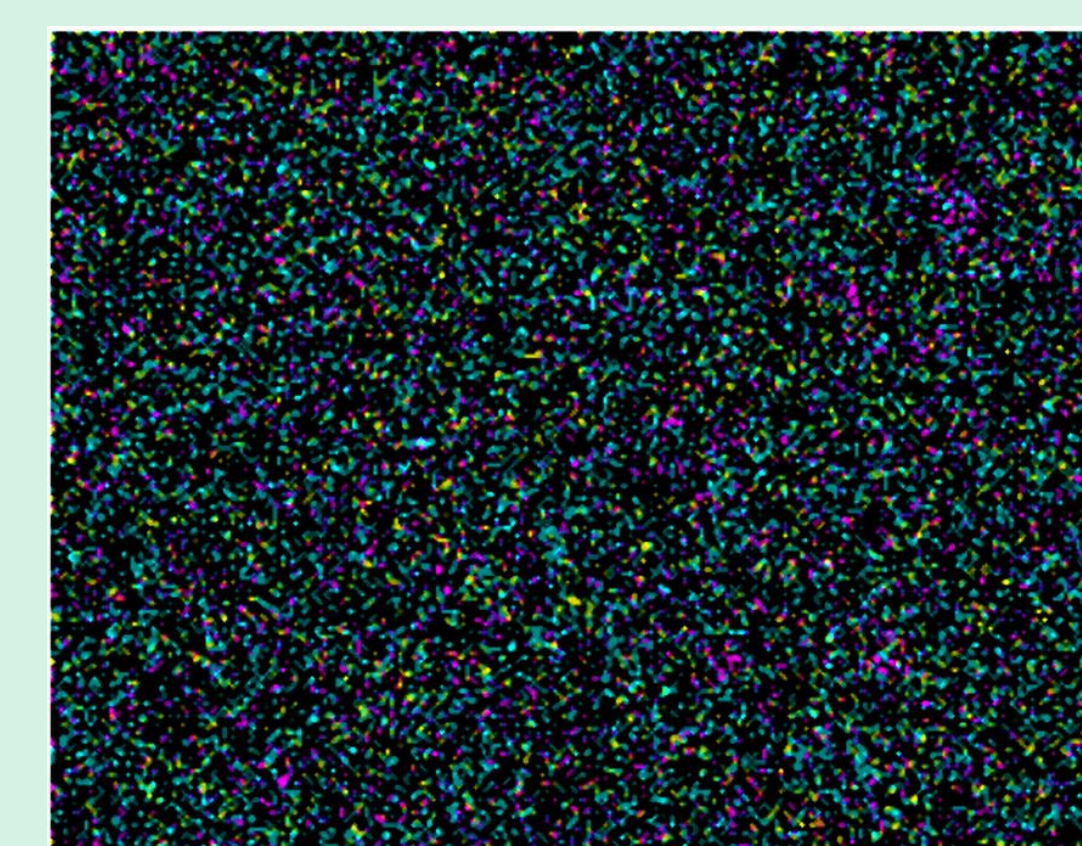


(الف)



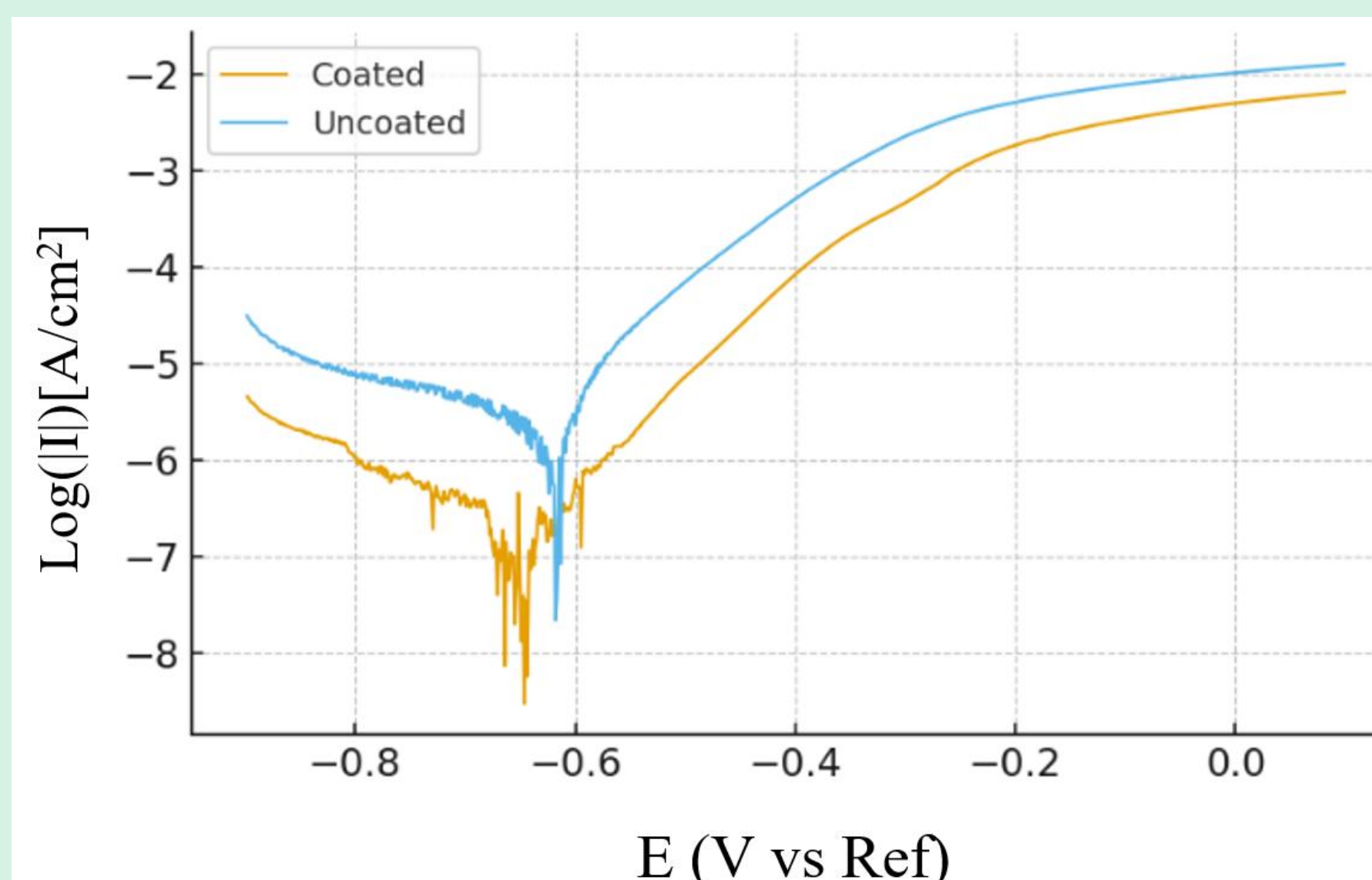
(ب)

شکل ۱- تصاویر SEM پوشش TiAlN (الف) با لایه میانی TiN (ب) با لایه‌های میانی Ti و TiN با بزرگمایی ۶۰۰۰ برابر.

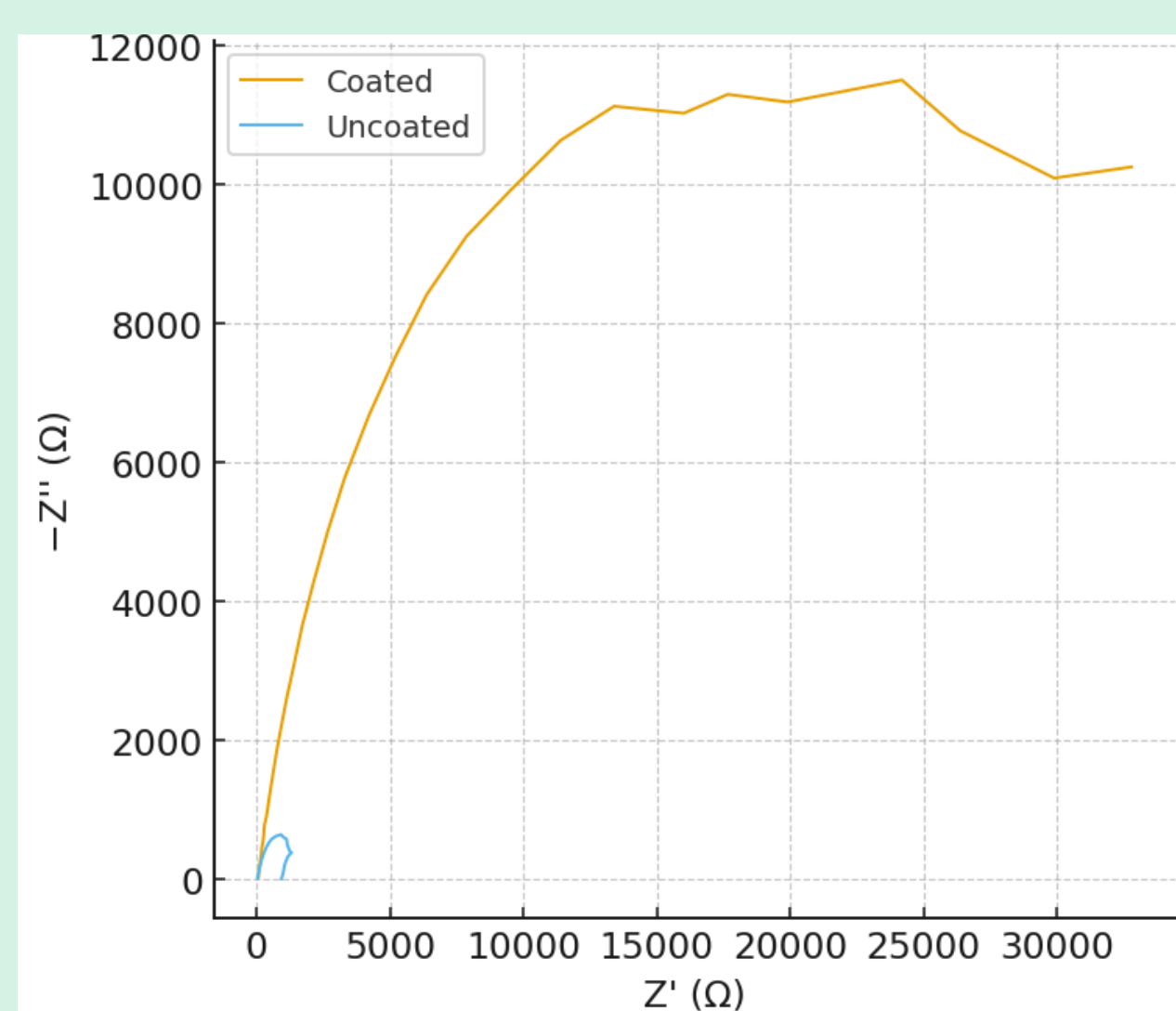


شکل ۲- نقشه‌برداری عنصری EDS Mapping از پوشش TiAlN با لایه میانی TiN نشان‌دهنده توزیع یکنواخت عناصر تیتانیوم (نقاط آبی رنگ)، آلومینیوم (نقاط بنفش رنگ) و نیتروژن (نقاط زرد رنگ) بر سطح نمونه.

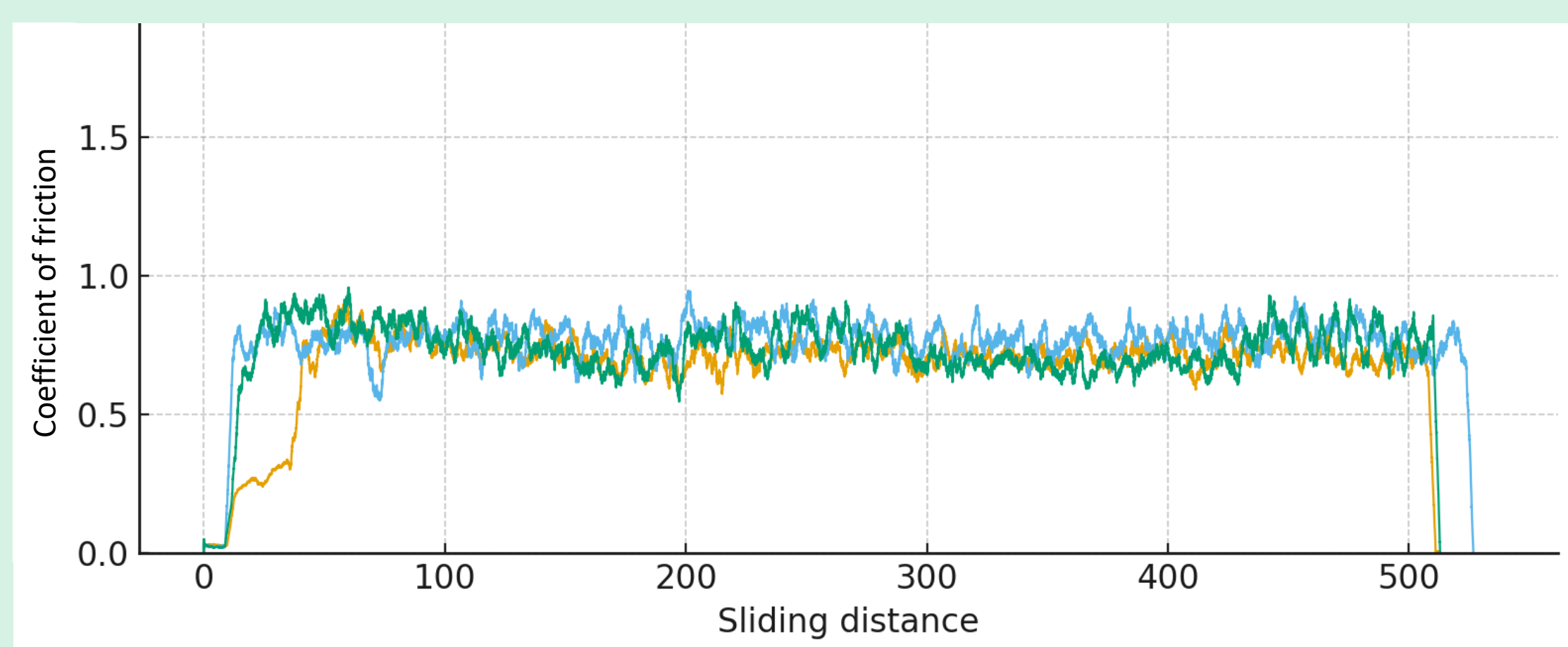
بررسی رفتار خوردگی پوشش نیترید تیتانیوم-آلومینیم:



شکل ۳- نمودار پلاریزاسیون تافل نمونه‌های باپوشش TiAlN (منحنی نارنجی رنگ) و بدون پوشش (منحنی آبی رنگ).



شکل ۴- نمودار نایکوئست نمونه‌های باپوشش TiAlN و بدون پوشش.



شکل ۵- ضریب اصطکاک (μ) بر حسب مسافت لغزش برای نمونه بدون پوشش (زرد رنگ)، نمونه پوشش‌دار با لایه میانی TiN (سبز رنگ) و نمونه پوشش‌دار با لایه‌های میانی Ti و TiN (آبی رنگ).

نتیجه‌گیری

پوشش TiAlN ایجادشده به روش Arc-PVD بر روی فولاد ابزار AISI D3 باعث بهبود چشمگیر خواص سطحی شد. نمونه‌های دارای میان‌لایه به‌ویژه پیکربندی Ti/TiN/TiAlN بهترین عملکرد را نشان دادند؛ به‌طوری‌که چسبندگی بالاتر، سختی مؤثر بیشتر، مقاومت سایشی بهتر و بهبود رفتار خوردگی نسبت به فولاد بدون پوشش یا پوشش تک‌میان‌لایه حاصل گردید. در مجموع، این نوع پوشش توانست نرخ سایش را حدود یک مرتبه بزرگی کاهش داده و مقاومت خوردگی را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله مراتب قدردانی و تشکر صمیمانه خود را از همکاری و حمایت شرکت نانوسیلیکون آتین در انجام این پروژه اعلام می‌داریم.

منابع اصلی

- [1] PalDey, S. C. D. S., and S. C. Deevi. "Single layer and multilayer wear resistant coatings of (Ti, Al) N: a review." *Materials Science and Engineering: A* 342.1-2 (2003): 58-79.
- [2] Hörling, Anders, et al. "Mechanical properties and machining performance of Ti1-xAlxN-coated cutting tools." *Surface and Coatings Technology* 191.2-3 (2005): 384-392.
- [3] Zhang, Shanyong, and Weiguang Zhu. "TiN coating of tool steels: a review." *Journal of Materials Processing Technology* 39.1-2 (1993): 165-177.
- [4] Aihua, Liu, et al. "Friction and wear properties of TiN, TiAlN, AlTiN and CrAlN PVD nitride coatings." *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* 31 (2012): 82-88.