

باسمه تعالی



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مواد

جلسه دفاع از رساله دکتری مهندسی مواد / گرایش مهندسی مواد

با عنوان

ارزیابی و مدل‌سازی بارپذیری، و خواص سایشی و خوردگی پوشش‌های دولایه نیکل فسفر/نیتريد تیتانیوم بر زیرلایه آلومینیوم ۶۰۶۱

Evaluation and modeling of load bearing, and wear and corrosion properties of NiP/TiN duplex coatings on Al 6061 substrate

ارائه کننده: فریده داودی

مکان: سالن سمینار دانشکده مهندسی مواد

زمان (تاریخ و ساعت): سه‌شنبه ۱۴۰۱/۰۳/۱۰ ساعت ۱۰:۰۰

اساتید راهنما: دکتر فخرالدین اشرفی زاده - دکتر مسعود عطاپور

استاد مشاور: دکتر ریحانه ریخته‌گران

اساتید داور: دکتر بهروز موحدی - دکتر سید مهران نحوی - دکتر عبدالمجید اسلامی

چکیده:

پوشش‌های دولایه NiP/TiN بر آلیاژ آلومینیوم AA6061 با استفاده از فرایندهای الکتروکول و رسوب فیزیکی بخار، به منظور بهبود ظرفیت بارپذیری، و خواص سایشی و خوردگی اعمال شده‌اند. در پژوهش پیش رو سه هدف پیگیری شده است: الف) مدل‌سازی و تعریف کمی ظرفیت بارپذیری، ب) مدل‌سازی مشخصه‌های تریبولوژیکی، ج) مدل‌سازی چگالی جریان خوردگی. مدل‌سازی بارپذیری نمونه‌ها بر اساس سه متغیر شامل ضخامت پوشش (از ۷ تا ۳۰ میکرون)، چسبندگی (از ۸ تا ۲۴ مگاپاسکال) و مدول الاستیک (از ۲۴۱ تا ۳۴۷ گیگاپاسکال)، با استفاده از روش‌های حداقل مربعات جزئی (PLS) و رگرسیون بردار پشتیبان (SVR)، انجام شد. نتایج مدل‌سازی‌ها حاکی از آن بود که هر دو مدول دارای دقت خوبی هستند؛ با این حال، مدل PLS از SVR عملکرد بهتری را نشان داد. ضریب همبستگی که نشان‌دهنده ارتباط خطی میان متغیرها است، بین فاکتورهای ضخامت (X1)، چسبندگی (X2) و مدول الاستیک (X3) با ظرفیت بارپذیری (Y) به ترتیب ۰/۸۵۰۰، ۰/۸۰۹۲ و ۰/۷۶۵۷ به دست آمد؛ بدین ترتیب ضخامت مهمترین عامل موثر بر بارپذیری شناخته شد. بارپذیری نمونه‌ها به صورت تجربی با استفاده از آزمایش‌های سایش و چسبندگی ارزیابی شد. سطح ساییده‌شده نمونه‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاکی از آن بود که پوشش‌های با ظرفیت بارپذیری بالاتر، عملکرد تریبولوژیکی بهتری از خود نشان می‌دهند. برای این پوشش‌ها تحت بار ۲ نیوتن و پس از طی مسافت ۱۰۰ m، پوشش TiN دچار سایش خفیف شد و لایه میانی و زیرلایه محفوظ ماندند. در بخش بعدی پژوهش، برای نمونه بهینه (نمونه‌ای با بالاترین ظرفیت بارپذیری) با دو لایه پوشش‌های نیکل فسفر متوسط و TiN، به ترتیب با ضخامت‌های ۲۵ و ۵ میکرون، مدل‌سازی خواص سایشی و خوردگی با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) انجام شد و اثرات بار اعمالی، سرعت چرخش و طول مسیر سایش بر رفتار تریبولوژیکی، با استفاده از آزمون گلوله روی دیسک بررسی شد. همچنین، بعد از مقایسه رفتار خوردگی پوشش‌های تک‌لایه و دولایه در محلول سدیم کلرید خنثی با دمای ۲۵ °C و غلظت ۰/۶ mol/L، اثرات همزمان دما، pH و غلظت کلر بر چگالی جریان خوردگی مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل‌های ارائه شده، عمق سایش، ضریب اصطکاک و چگالی جریان خوردگی نمونه بهینه را به ترتیب با ضریب تعیین ۹۹/۹۵٪، ۹۴/۳۹٪ و ۹۲/۵۱٪ پیش‌بینی کردند. آنالیز سایش با استفاده از RSM نشان داد که بار اعمالی، مهمترین فاکتور موثر بر عمق سایش و ضریب اصطکاک است. نمونه بهینه در بار ۲ نیوتن دچار سایش خفیف شد و در بار ۱۲ نیوتن، هر دو لایه پوشش به طور کامل تخریب شدند. با استفاده از آزمون امپدانس الکتروشیمیایی، لایه میانی در نمونه بهینه از طریق مسدود کردن حفرات پوشش رویی، منجر به مقاومت به خوردگی بالایی شد؛ پس از ۱ روز غوطه‌وری در محلول ۰/۶ mol/L کلرید سدیم، هر دو پوشش در حفاظت از زیرلایه نقش داشتند. با افزایش زمان غوطه‌وری به ۷ روز، حضور حلقه القایی نشانگر تماس محلول خورنده به صورت موضعی با لایه میانی بود؛ در حقیقت پوشش TiN در آن مناطق عملکرد سدی خود را از دست داده اما پوشش NiP همچنان محافظ زیرلایه بود. بر اساس آزمون‌های پلاریزاسیون پتانسیودینامیک، pH موثرترین عامل برای چگالی جریان خوردگی شناخته شد؛ چگالی جریان خوردگی با افزایش دما و کاهش pH محلول افزایش یافت. رفتار خوردگی پوشش دولایه NiP/TiN در سطوح مختلف pH (۲، ۷ و ۱۲)، کاهش ۲۵ برابری چگالی جریان خوردگی را در یک محیط قلیایی در مقایسه با محلول اسیدی نشان داد. با توجه به نتایج به دست آمده، مدل‌های ارائه شده برای پیش‌بینی بارپذیری، و خواص سایشی و خوردگی پوشش‌های دولایه در کاربردهای آینده مناسب می‌باشند؛ با این حال، توسعه مدل‌ها به کارایی بیشتر آنها کمک خواهد نمود.

کلمات کلیدی: آلیاژهای آلومینیوم، بارپذیری، لایه میانی NiP، پوشش سخت نیتريدی، روش سطح پاسخ، رگرسیون بردار پشتیبان، حداقل مربعات جزئی، رفتار تریبولوژیکی، خوردگی.