



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

گروه مهندسی مواد

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

مهندسی مواد-شناسایی، انتخاب و روش ساخت مواد مهندسی

عنوان:

ساخت پوشش الکترولس کامپوزیتی نیکل-فسفر حاوی نانوذرات ZrO_2 و بررسی

خواص سایشی و خوردگی آن

اساتید راهنما:

دکتر سید محمد حسین سیادتی

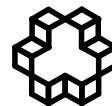
دکتر حمید خرسند

نگارش:

میشم صادق پور (۹۰۰۵۱۷۴)

بهار ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



تاسیس ۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تأییدیه هیأت داوران

شماره:

تاریخ:

هیأت داوران پس از مطالعه پایان‌نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان‌نامه تهیه شده تحت عنوان:
ساخت پوشش الکترولس کامپوزیتی نیکل-فسفر حاوی نانوذرات ZrO_2 و بررسی خواص سایشی و خوردگی آن

توسط میثم صادق‌پور صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مواد گرایش شناسایی، انتخاب و روش ساخت مواد مهندسی در تاریخ ۱۳۹۲/۰۳/۰۸ مورد تأیید قرار دادند.

امضاء

جناب آقای دکتر حمید خرسند

۱- استاد راهنما

امضاء

جناب آقای دکتر سید محمد حسین سیادتی

۲- استاد راهنما

امضاء

جناب آقای دکتر رضا اسلامی فارسانی

۳- استاد ممتحن

امضاء

جناب آقای دکتر کیوان نارویی

۴- استاد ممتحن

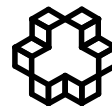
۵- نماینده

امضاء

جناب آقای دکتر رضا اسلامی فارسانی

تحصیلات تکمیلی

دانشکده



تاسیس ۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

اظهار نامه دانشجو

شماره:

تاریخ:

اینجانب میثم صادق پور دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی مواد گرایش شناسایی،
انتخاب و روش ساخت مواد مهندسی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که
تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان:

ساخت پوشش الکترولس کامپوزیتی نیکل-فسفر حاوی نانوذرات ZrO_2 و بررسی خواص سایشی و

خوردگی آن

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر حمید خرسند توسط شخص اینجانب انجام شده و
صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار
دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان
نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه
نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده و استاد/اساتید راهنمای آن می باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا استاد/اساتید راهنما یا کتابخانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی باشد.

۳- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد

تقدیم به پدر عزیز و مادر مهربانم

از اساتید ارجمند جناب آقای دکتر خرسند و جناب آقای دکتر سیادتی ، که حمایت‌ها و راهنمایی‌های ارزشمند ایشان تهیه این تحقیق را امکان پذیر ساخت، کمال تشکر را دارم. همچنین از راهنمایی و همکاری‌های فراوان جناب آقای دکتر امرونی حسینی کارشناس امور تحقیقات مهندسی مواد شرکت طراحی مهندسی و تأمین قطعات ایران خودرو(ساپکو) و سرکار خانم صباغ مسئول محترم آزمایشگاه شیمی ساپکو تقدیر و تشکر می‌نمایم. در نهایت از همه عزیزانی که در انجام این تحقیق مرا یاری نمودند، صمیمانه سپاسگزارم.

چکیده

روش الکترولس به دلیل قدرت روکش بسیار عالی و قابلیت ایجاد رسوب یکنواخت حتی در سطوح با اشکال پیچیده و لبه‌دار، در بسیاری از موارد مناسب‌ترین روش اعمال پوشش می‌باشد. جدیدترین پیشرفت در زمینه پوشش الکترولس نیکل-فسفر، رسوب‌دهی همزمان نانوذرات در طول پوشش‌دهی و ایجاد پوشش‌های کامپوزیتی است. از جمله نانوذرات که با توجه به خواص منحصر به فردش در پوشش‌ها به کار می‌رود، نانوذرات ZrO_2 است. در این پژوهش، پوشش‌های الکترولس Ni-P و الکترولس نانوکامپوزیتی Ni-P-nano ZrO_2 با افزودن غلظت‌های مختلف نانوذرات ZrO_2 به حمام آبکاری، بر روی نمونه‌هایی از جنس فولاد St14 اعمال گردید. مورفولوژی و ترکیب شیمیایی پوشش با استفاده از آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مجهز به EDX بررسی شد. به منظور بررسی تأثیر عملیات حرارتی بر سختی، مقاومت به سایش و مقاومت در برابر خوردگی پوشش‌ها، پوشش‌های ایجاد شده به مدت ۱ ساعت و در دمای $400^\circ C$ عملیات حرارتی شدند. مقاومت به سایش پوشش حاصله با استفاده از روش پین روی دیسک، و مقاومت به خوردگی پوشش‌ها با استفاده از روش سالت اسپری، قبل و بعد از عملیات حرارتی بررسی شدند. نتایج آزمایش سایش نشان داد که پوشش‌های حاوی نانوذرات مقاومت به سایش بهتری نسبت به پوشش Ni-P ساده دارند و نتایج آزمایش خوردگی نشان داد که هر دو پوشش Ni-P و Ni-P-nano ZrO_2 از مقاومت به خوردگی بهتری نسبت به زیرلایه برخوردار می‌باشند و همچنین افزودن نانوذرات ZrO_2 موجب افزایش مقاومت به خوردگی پوشش‌های Ni-P-nano ZrO_2 می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که انجام عملیات حرارتی بر روی پوشش باعث افزایش سختی، مقاومت به سایش و مقاومت در برابر خوردگی پوشش می‌شود.

واژه‌های کلیدی: الکترولس، نانوذرات، نانوکامپوزیت، سایش، خوردگی، نیکل-فسفر-نانو زیرکونیا

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- فصل اول: مقدمه
۴	۲- فصل دوم: مروری بر منابع
۵	۱-۲- آبکاری نیکل
۶	۲-۲- پوشش الکترولس نیکل
۷	۳-۲- اجزای حمام آبکاری الکترولس نیکل
۸	۲-۳-۱- منبع یون نیکل
۸	۲-۳-۲- عوامل احیاء کننده
۸	۲-۳-۳- عوامل کمپلکس کننده
۹	۲-۳-۴- عوامل شتاب دهنده
۹	۲-۳-۵- عوامل پایدار کننده
۱۰	۲-۳-۶- عوامل بافر کننده
۱۱	۲-۴-۱- انواع حمام الکترولس نیکل
۱۱	۲-۵-۱- مکانیزم تشکیل پوشش الکترولس نیکل - فسفر
۱۳	۲-۶-۱- انواع پوشش های الکترولس نیکل
۱۳	۲-۶-۱-۱- پوشش های آلیاژی
۱۴	۲-۶-۲- پوشش های کامپوزیتی
۱۶	۲-۷-۱- پارامترهای مؤثر بر ایجاد پوشش کامپوزیتی الکترولس نیکل
۱۶	۲-۷-۱-۱- اثر درجه حرارت بر فرایند پوشش دهی

- ۱۷-۲-۷-۲ اثر pH بر فرایند پوشش دهی.....
- ۱۸-۳-۷-۲ اثر تلاطم بر فرایند پوشش دهی.....
- ۱۹-۴-۷-۲ بار حمام.....
- ۱۹-۵-۷-۲ اثر اندازه ذرات بر فرایند پوشش دهی.....
- ۲۰-۶-۷-۲ اثر غلظت ذرات بر فرایند پوشش دهی.....
- ۲۰-۸-۲-۸ خصوصیات و کاربردهای پوشش الکترولس نیکل.....
- ۲۲-۹-۲-۹ ساختار و ویژگی های پوشش های کامپوزیتی الکترولس نیکل - فسفر.....
- ۲۲-۱-۹-۲ ساختار.....
- ۲۳-۲-۹-۲ سختی.....
- ۲۵-۳-۹-۲ مقاومت سایشی واصطکاکی.....
- ۲۸-۴-۹-۲ مقاومت به خوردگی.....
- ۳۲-۳- فصل سوم: روش تحقیق.....
- ۳۳-۱-۳- تهیه نمونه ها و مراحل آماده سازی.....
- ۳۴-۲-۳- آماده سازی محلول الکترولس برای انجام پوشش دهی.....
- ۳۵-۳-۳- فرایند پوشش دهی.....
- ۳۵-۱-۳-۳- ایجاد پوشش ساده ی Ni-P.....
- ۳۵-۲-۳-۳- ایجاد پوشش کامپوزیتی Ni-P-ZrO₂.....
- ۳۷-۴-۳- عملیات حرارتی نمونه ها.....
- ۳۷-۵-۳- مشخصه یابی.....
- ۳۷-۱-۵-۳- مطالعات میکروسکوپی.....

۳۸	..... ۲-۵-۳- سختی سنجی
۳۸	..... ۳-۵-۳- رفتار سایشی پوشش
۳۹	..... ۴-۵-۳- رفتار خوردگی پوشش
۴۰	..... ۴- فصل چهارم: نتایج و بحث
۴۱	..... ۱-۴- مورفولوژی پوشش‌های الکترولس
۴۶	..... ۲-۴- ترکیب شیمیایی پوشش‌های الکترولس
۴۹	..... ۳-۴- میکروسختی
۵۲	..... ۴-۴- بررسی خواص تریبولوژی پوشش‌های ساده و کامپوزیتی الکترولس نیکل
۵۲	..... ۱-۴-۴- بررسی رفتار تریبولوژی پوشش Ni-P
۵۳	..... ۲-۴-۴- بررسی مقاومت به سایش پوشش کامپوزیتی Ni-P-ZrO ₂
۵۷	..... ۳-۴-۴- تأثیر عملیات حرارتی بر مقاومت به سایش پوشش‌های Ni-P-nanoZrO ₂
۶۳	..... ۴-۴-۴- بررسی سطح سایش پوشش‌های Ni-P و Ni-P-nanoZrO ₂
۶۸	..... ۵-۴- بررسی رفتار خوردگی پوشش‌های ساده و کامپوزیتی الکترولس نیکل
۶۹	..... ۱-۵-۴- بررسی تأثیر افزودن نانوذرات ZrO ₂ بر مقاومت به خوردگی پوشش‌های Ni-P
۷۰	..... ۲-۵-۴- بررسی تأثیر عملیات حرارتی بر مقاومت به خوردگی پوشش‌ها
۷۲	..... ۵- فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۷۳	..... ۱-۵- نتیجه‌گیری
۷۵	..... ۲-۵- پیشنهادها
۷۶	..... منابع

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲: اثر عملیات حرارتی و ترکیب پوشش بر دانه بندی پوشش [۳۷].....	۲۳
جدول ۲-۲: تأثیر حضور ذرات در پوشش الکترولس نیکل-فسفر [۳۲].....	۲۴
جدول ۳-۲: نتایج مقاومت به سایش پوشش های الکترولس در شرایط عملیات حرارتی شده [۳۹].....	۲۷
جدول ۴-۲: ترکیب پوشش های $Ni-Cu-P-ZrO_2$ ، $CVII$ تا CI [۴۵].....	۳۱
جدول ۱-۳: آنالیز شیمیایی فولاد زیرلایه (St14) (wt.%).....	۳۳
جدول ۲-۳: ترکیب شیمیایی محلول چربی گیری.....	۳۴
جدول ۳-۳: ترکیب شیمیایی حمام پوشش دهی الکترولس.....	۳۴
جدول ۱-۴: تأثیر حضور نانوذرات زیرکونیا بر مقادیر نیکل و فسفر موجود در پوشش.....	۴۸
جدول ۲-۴: درصد وزنی ذرات ZrO_2 در پوشش های کامپوزیتی $Ni-P-ZrO_2$	۴۸
جدول ۳-۴: میکروسختی پوشش های الکترولس $Ni-P$ و $Ni-P-ZrO_2$ با مقادیر مختلف نانوذرات.....	۵۰
جدول ۴-۴: میکروسختی پوشش های الکترولس $Ni-P$ و $Ni-P-ZrO_2$ با مقادیر مختلف نانوذرات بعد از عملیات حرارتی.....	۵۱
جدول ۵-۴: نتایج آزمایش خوردگی حمام نمک قبل از عملیات حرارتی.....	۷۰
جدول ۶-۴: نتایج آزمایش خوردگی حمام نمک بعد از عملیات حرارتی.....	۷۱

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲: مقایسه یکنواختی پوشش ایجاد شده به دو روش الکترولس و رسوب الکتروشیمیایی [۵].	۷....
شکل ۲-۲: اثر دمای حمام بر سرعت پوشش دهی [۵].	۱۷
شکل ۳-۲: اثر pH حمام بر سرعت پوشش دهی و محتوای فسفر پوشش [۵].	۱۸
شکل ۴-۲: نتایج تست XRD پوشش های Ni-P و کامپوزیتی Ni-P-CeO ₂ [۳۸].	۲۲
شکل ۵-۲: نتایج تست XRD پوشش کامپوزیتی Ni-P-SiO ₂ عملیات حرارتی [۳۹].	۲۳
شکل ۶-۲: اثر عملیات حرارتی بر روی میکروسختی پوشش کامپوزیتی Ni-P-Al ₂ O ₃ .	۲۵
شکل ۷-۲: تصاویر SEM پوشش های کامپوزیتی Ni-P-Al ₂ O ₃ بعد از انجام تست سایش [۳۹].	۲۷
شکل ۸-۲: ضریب اصطکاک پوشش های Ni-P-ZrO ₂ بدون عملیات حرارتی و عملیات حرارتی شده در دماهای مختلف بر حسب تابعی از غلظت ذرات ZrO ₂ در حمام [۴۸].	۲۸
شکل ۹-۲: رفتار الکتروشیمیایی پوشش های کامپوزیتی در محلول H ₂ SO ₄ و NaCl [۴۳].	۲۹
شکل ۱۰-۲: منحنی پلاریزاسیون فولاد زیرلایه، پوشش های Ni-P و Ni-P-TiO ₂ قبل از عملیات حرارتی [۴۱].	۳۰
شکل ۱۱-۲: منحنی پلاریزاسیون فولاد زیرلایه، پوشش های Ni-P و Ni-P-TiO ₂ با غلظت های مختلف TiO ₂ بعد از عملیات حرارتی [۴۱].	۳۰
شکل ۱۲-۲: منحنی های تافل برای پوشش های مختلف در محلول ۳/۵٪ NaCl [۴۵].	۳۱
شکل ۱-۳: طیف پراش پرتو ایکس نانوپودرهای ZrO ₂ .	۳۶
شکل ۲-۳: شماتیک دستگاه آزمایش سایش Pin on Disk [۴۹].	۳۸
شکل ۱-۴: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح پوشش الکترولس Ni-P.	۴۲
شکل ۲-۴: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح پوشش الکترولس کامپوزیتی Ni-P-0.5g/l nanoZrO ₂ .	۴۳
شکل ۳-۴: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح پوشش الکترولس کامپوزیتی Ni-P-1g/l nanoZrO ₂ .	۴۳

- شکل ۴-۴: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح پوشش الکترولس کامپوزیتی Ni-P-3g/l nanoZrO₂ ۴۴
- شکل ۴-۵: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح پوشش الکترولس کامپوزیتی Ni-P-5g/l nanoZrO₂ ۴۴
- شکل ۴-۶: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح پوشش الکترولس کامپوزیتی Ni-P-1g/L nanoZrO₂ با بزرگنمایی خیلی زیاد ۴۵
- شکل ۴-۷: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح پوشش الکترولس کامپوزیتی Ni-P-5g/L nanoZrO₂ با بزرگنمایی خیلی زیاد ۴۵
- شکل ۴-۸: آنالیز EDX پوشش الکترولس Ni-P ۴۷
- شکل ۴-۹: آنالیز EDX پوشش الکترولس کامپوزیتی Ni-P-0.5g/l nanoZrO₂ ۴۷
- شکل ۴-۱۰: منحنی تغییرات وزن پوشش نسبت به مسافت سایش برای پوشش الکترولس Ni-P ۵۳
- شکل ۴-۱۱: منحنی تغییرات وزن پوشش نسبت به مسافت سایش برای پوشش‌های الکترولس Ni-P و Ni-P-0.5g/L nanoZrO₂ ۵۴
- شکل ۴-۱۲: منحنی تغییرات وزن پوشش نسبت به مسافت سایش برای پوشش‌های الکترولس Ni-P و Ni-P-1g/L nanoZrO₂ ۵۴
- شکل ۴-۱۳: منحنی تغییرات وزن پوشش نسبت به مسافت سایش برای پوشش‌های الکترولس Ni-P و Ni-P-3g/L nanoZrO₂ ۵۵
- شکل ۴-۱۴: منحنی تغییرات وزن پوشش نسبت به مسافت سایش برای پوشش‌های الکترولس Ni-P و Ni-P-5g/L nanoZrO₂ ۵۵
- شکل ۴-۱۵: نمایش مقادیر کاهش وزن پوشش‌های Ni-P و Ni-P-ZrO₂ حاوی مقادیر مختلف نانو ذره‌ی زیرکونیا بر حسب مسافت طی شده ۵۷
- شکل ۴-۱۶: نمایش مقادیر کاهش وزن پوشش‌های الکترولس نیکل-فسفر، قبل از عملیات حرارتی (Ni-P) و بعد از عملیات حرارتی (Ni-P-HT) بر حسب مسافت طی شده ۵۸
- شکل ۴-۱۷: نمایش مقادیر کاهش وزن پوشش‌های کامپوزیتی الکترولس Ni-P-0.5g/L nanoZrO₂ ، قبل از

عملیات حرارتی (0.5g/L ZrO_2) و بعد از عملیات حرارتی ($0.5\text{g/L ZrO}_2\text{-HT}$) بر حسب مسافت طی شده. ۵۹

شکل ۴-۱۸: نمایش مقادیر کاهش وزن پوشش‌های کامپوزیتی الکترولس $\text{Ni-P-1g/L nanoZrO}_2$ ، قبل از عملیات حرارتی (1g/L ZrO_2) و بعد از عملیات حرارتی ($1\text{g/L ZrO}_2\text{-HT}$) بر حسب مسافت طی شده. ۵۹

شکل ۴-۱۹: نمایش مقادیر کاهش وزن پوشش‌های کامپوزیتی الکترولس $\text{Ni-P-3g/L nanoZrO}_2$ ، قبل از عملیات حرارتی (3g/L ZrO_2) و بعد از عملیات حرارتی ($3\text{g/L ZrO}_2\text{-HT}$) بر حسب مسافت طی شده. ۶۰

شکل ۴-۲۰: نمایش مقادیر کاهش وزن پوشش‌های کامپوزیتی الکترولس $\text{Ni-P-5g/L nanoZrO}_2$ ، قبل از عملیات حرارتی (5g/L ZrO_2) و بعد از عملیات حرارتی ($5\text{g/L ZrO}_2\text{-HT}$) بر حسب مسافت طی شده. ۶۰

شکل ۴-۲۱: نمایش مقادیر کاهش وزن پوشش‌های Ni-P و Ni-P-ZrO_2 حاوی مقادیر مختلف نانوذره‌ی زیرکونیا بر حسب مسافت طی شده بعد از عملیات حرارتی. ۶۱

شکل ۴-۲۲: مقایسه‌ی تغییرات کاهش وزن پوشش الکترولس نیکل قبل و بعد از عملیات حرارتی. ۶۲

شکل ۴-۲۳: مقایسه‌ی تغییرات کاهش وزن پوشش‌های کامپوزیتی الکترولس $\text{Ni-P-1g/L nanoZrO}_2$ ، قبل و بعد از عملیات حرارتی. ۶۲

شکل ۴-۲۴: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی سطح سایش پوشش Ni-P ساده. ۶۴

شکل ۴-۲۵: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی سطح سایش پوشش Ni-P-0.5g/L ZrO_2 . ۶۵

شکل ۴-۲۶: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی سطح سایش پوشش Ni-P-1g/L ZrO_2 . ۶۶

شکل ۴-۲۷: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی سطح سایش پوشش Ni-P-3g/L ZrO_2 . ۶۷

شکل ۴-۲۸: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی سطح سایش پوشش Ni-P-5g/L ZrO_2 . ۶۸

فصل اول: مقدمه

مقدمه

با وجود اینکه فلزات مختلفی را به روش الکترولس می‌توان روی سطح رسوب داد اما پوشش الکترولس نیکل - فسفر بدون شک مهمترین و پرکاربردترین پوشش ایجاد شده به روش لکترولس است. هنگامی که کاربردهایی از قبیل مقاومت به خوردگی و سایش، سختی، روانکاری، قابلیت لحیم کاری، خواص مغناطیسی و یا یکنواختی پوشش مدنظر باشد، پوشش‌های الکترولس نیکل مورد استفاده قرار می‌گیرند.

میزان فسفر موجود در پوشش نقش مهمی داشته و در نوع ساختار و خواص آن موثر است. پوشش‌های با مقدار فسفر کم (۱ تا ۵ درصد) ساختار میکروکریستالی، پوشش‌های با مقدار فسفر متوسط (۶ تا ۹ درصد) مخلوطی از ساختار کریستالی و آمورف و پوشش‌های با مقدار فسفر بالا (۱۰ تا ۱۳ درصد) ساختار آمورف دارند. پوشش‌های دارای فسفر بالا مقاومت به خوردگی بهتری دارند اما سختی و مقاومت به سایش آنها کمتر است.

جدیدترین پیشرفت در زمینه پوشش الکترولس نیکل - فسفر رسوبدهی همزمان ذرات جامد در طول پوشش‌دهی است. این ذرات جامد می‌توانند ذرات سخت (از قبیل SiC ، B_4C ، ZrO_2 ، Al_2O_3 و الماس) و یا روانکارهای خشک (مانند PTFE و MoS_2) باشند. ذرات سخت سبب افزایش سختی و مقاومت به سایش پوشش می‌شوند که در میان آنها ZrO_2 از لحاظ انجام پذیری و هزینه، بهترین ترکیب می‌باشد. پوشش‌های کامپوزیتی الکترولس Ni-P-ZrO_2 از لحاظ سختی و مقاومت به سایش جایگزین مناسبی برای پوشش‌های کروم سخت در صنایع مختلف شناخته می‌شوند.

یکی از دلایل استفاده گسترده از پوشش‌های الکترولس نیکل - فسفر مقاومت به خوردگی آنهاست که خصوصاً در پوشش‌های دارای فسفر بالا، بسیار عالی می‌باشد. در مورد پوشش‌های کامپوزیتی نیکل - فسفر و اثر ذرات افزوده شده بر مقاومت به خوردگی پوشش، در سال‌های اخیر تحقیقاتی صورت گرفته است. با این وجود هنوز نمی‌توان در مورد مقاومت به خوردگی کلیه پوشش‌های کامپوزیتی و مقایسه‌ی آنها با پوشش نیکل - فسفر به طور قطعی نظر داد. همچنین اثر عملیات حرارتی آنیل هم‌دما، که معمولاً به منظور افزایش سختی بر روی این پوشش‌ها صورت می‌گیرد، بر مقاومت به خوردگی این پوشش‌ها کاملاً روشن

نشده است.

خواص نهایی پوشش‌های کامپوزیتی وابسته به خواص ذرات است که شامل نوع، شکل و سایز ذرات می‌شود. بیشتر مطالعات انجام شده روی این پوشش‌ها با کاربرد ذرات میکرونی بوده است. با این وجود به علت خواص منحصر به فرد نانوذرات، کاربرد این ذرات در پوشش‌های کامپوزیتی به تازگی مورد توجه قرار گرفته است.

هدف از انجام این پژوهش بررسی مقاومت به سایش و مقاومت به خوردگی پوشش نانوکامپوزیتی Ni-P-ZrO₂ و اثر عملیات حرارتی بر روی این پوشش بوده است تا مقایسه‌ای بین این پوشش‌های نانوکامپوزیتی و پوشش‌های ساده Ni-P صورت گرفته و امکان استفاده از این پوشش‌ها در محیط‌های خورنده و محیط‌هایی که در معرض سایش هستند، بررسی گردد.

فصل دوم: مروری بر منابع

۲-۱- آبکاری نیکل

نیکل فلزی است سفید که سختی آن در حدود سختی فولاد است و مقاومت آن در مقابل خوردگی در آب و اتمسفر بالاست. سرعت خوردگی آن در اتمسفر ۰/۰۲ تا ۰/۲ میکرومتر در سال است و حتی در زمان‌های طولانی بر اثر تشکیل اکسید نیکل، که غیر فعال است، سرعت خوردگی از این مقدار هم کمتر می‌شود.

اگرچه نیکل قابل انعطاف است ولی انعطاف پذیری پوشش‌های نیکلی به روش تهیه آن‌ها و درجه‌ی خلوص پوشش بستگی دارد. اکثر پوشش‌های نیکلی، خصوصاً پوشش‌های براق با مواد آلی تردند و تنش‌های داخلی زیادی دارند. همچنین پوشش‌های نیکلی حاصل از روش‌های شیمیایی سختی بیشتری دارند و تردی، مقاومت در برابر خوردگی و خواص دیگر آن‌ها کاملاً با پوشش‌های الکترولیزی فرق دارد، زیرا فسفر یا بران در رسوب دخالت می‌کند و پوشش‌های حاصل از محلول‌های کمپلکس غیر چسبنده است [۱].

اگر نیکل به طور آزاد در محلول خورنده قرار گیرد سطحش کدر می‌شود، ولی پوشش‌های نیکلی روی آهن با وجود کدر کردن سطح، آن را محافظت می‌کنند. این پوشش‌ها در برابر اسیدها نیز بسیار مقاومند. وقتی پوشش نیکلی را برای تزئین به کار می‌برند، روی آن را با کروم براق می‌کنند تا کدروی نیکل دیده نشود. در چنین حالتی در محلول‌هایی که کروم متخلخل است، نیکل زیر آن دچار حمله‌ی موضعی و خوردگی حفره‌ای می‌شود و نیکل به سرعت خورده می‌شود. در اتمسفر صنعتی پوشش نیکل با ضخامت ۲۵ میکرون در نواحی متخلخل کروم در طی ۶ هفته از بین می‌رود، زیرا روی این سطوح کوچک نیکلی، چگالی جریان آندی زیاد است [۱].

درجه‌ی خوردگی پوشش‌های نیکل به مواد دیگری که در پوشش داخل می‌شود بستگی دارد و پوشش‌های الکترولیزی محتوی سولفور، پوشش‌های براق از مواد آلی سریعتر از پوشش‌های خالص‌تر، نیمه براق-تیره، خورده می‌شوند. به همین دلیل پوشش‌های دوگانه با لایه‌ی نیمه براق زیرین و لایه‌ی براق رویی را به کار می‌برند، تا وقتی خوردگی رخ می‌دهد لایه‌ی بالایی خورده شود و از لایه‌ی پایینی محافظت شود. با استفاده از این روش عمر لایه‌ی نیکل ۲۵ میکرونی خیلی بیشتر از موقعی خواهد بود که