

بِسْمِ... الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

١٣٢٨٧١



دانشکده مهندسی

پایاننامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مواد- خوردگی و حفاظت از مواد

ایجاد پوشش کامپوزیتی چهارتایی Ni-W-P-B₄C به روش الکترولس بر روی آلیاژ
منیزیم AZ91D و بررسی خواص آن

توسط:

علیرضا عراقی

مجمع اساتید مدرک علمی بزرگ
تسبیح درک

استاد راهنما:

۱۳۸۸/۱۲/۲۷

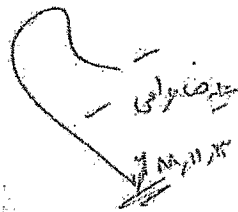
دکتر محمد حسین پایدار

شهریور ۱۳۸۸

۱۳۲۸۷۱

اظہار نامہ

اینجناب علیرضا عراقی دانشجوی رشته ی مهندسی مواد گرایش خوردگی و حفاظت از مواد، دانشکده ی مهندسی، اظہار می کنم کہ این پایان نامہ حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی کہ از منابع دیگران استفادہ کردہ ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشتہ ام. همچنین اظہار می کنم کہ تحقیق و موضوع پایان نامہ ہم تکراری نیست و تعہد می نمایم کہ بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننمودہ و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیہ حقوق این اثر مطابق با آیین نامہ مالکیت فکری و معنوی متعلق بہ دانشگاه شیراز است.



نام و نام خانوادگی

امضا و تاریخ

به نام خدا

ایجاد پوشش کامپوزیتی چهارتایی Ni-W-P-B₄C به روش الکترولس بر روی آلیاژ منیزیم AZ91D و بررسی خواص آن

به کوشش:

علیرضا عراقی

پایانامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته:

مهندسی مواد- خوردگی و حفاظت از مواد

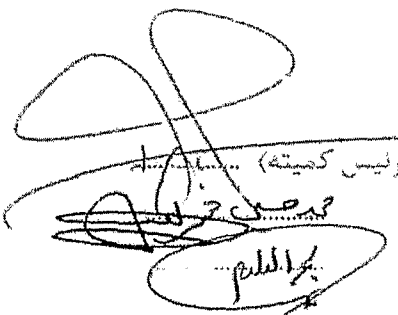
دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایانامه با درجه عالی

امضاء اعضای کمیته پایانامه:



دکتر محمد حسین پایدار، دانشیار بخش مهندسی مواد، دانشگاه شیراز (رئیس کمیته)
دکتر محمد حسین شریعت، استاد بخش مهندسی مواد، دانشگاه شیراز
دکتر محمد ابراهیم بحرالعلوم، استاد بخش مهندسی مواد، دانشگاه شیراز

شهریور ۱۳۸۸

تقدیم به پدر و مادرم

سپاسگزاری

اکنون که این رساله به پایان رسیده است بر خود فرض می دانم که از استاد گرامی جناب آقای دکتر محمد حسین پایدار تشکر نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر محمد حسین شریعت و جناب آقای دکتر محمد ابراهیم بحر العلوم کمال تشکر را دارم.

چکیده

ایجاد پوشش کامپوزیتی چهارتایی Ni-W-P-B₄C به روش الکترولس بر روی آلیاژ منیزیم AZ91D و بررسی خواص آن

به کوشش:

علیرضا عراقی

در تحقیق حاضر پوشش های Ni-P و Ni-W-P و پوشش های کامپوزیتی Ni-P-B₄C و Ni-W-P-B₄C به روش الکترولس بر روی آلیاژ منیزیم AZ91D بررسی شده است. مورفولوژی پوشش های ایجاد شده بوسیله SEM مورد مطالعه قرار گرفت. سختی پوشش ها با دستگاه میکرو سختی سنج و مقاومت به سایش آن ها بوسیله دستگاه سایش پین-برروی دیسک اندازه گیری شد. سختی بدست آمده در این تحقیق، برای پوشش Ni-W-P-B₄C حدود ۱۲۶۰ MPa بود. نتایج حاصله از آزمون پلاریزاسیون انجام شده بر روی پوشش های Ni-P، Ni-W-P، Ni-P-B₄C و Ni-W-P-B₄C، که به روش الکترولس بر روی زیر لایه آلیژ منیزیم AZ91D، ایجاد شده اند، نشان داد که با ایجاد این پوشش ها مقاومت به خوردگی زیر لایه آلیاژ منیزیم AZ91D به میزان قابل ملاحظه ای افزایش می یابد. از میان پوشش های بررسی شده پوشش Ni-W-P از بهترین خواص به خوردگی برخوردار بوده و بعد از آن به ترتیب پوشش های Ni-P، Ni-W-P-B₄C و Ni-P-B₄C قرار دارند.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول
۱	۱-مقدمه
۳	فصل دوم
۳	۲- تئوری
۳	۲-۱- آلیاژ های منیزیم
۴	۲-۲- آلیاژ های ریخته گری منیزیم
۴	۲-۳- تاثیر عناصر جزئی بر خواص آلیاژ های منیزیم
۶	۲-۴- کاربرد آلیاژ های منیزیم
۷	۲-۵- آشنایی با آبکاری به روش الکترولس
۸	۲-۶- انواع حمام های الکترولس
۹	۲-۷- حمام های الکترولس نیکل - فسفر
۱۰	۲-۸- حمام های الکترولس نیکل - بر
۱۴	۲-۹- ترکیب شیمیایی حمام های الکترولس نیکل - فسفر
۱۴	۲-۹-۱- منبع تأمین یون نیکل
۱۴	۲-۹-۲- عامل احیاء کننده
۱۵	۲-۹-۳- عامل کمپلکس کننده
۱۶	۲-۹-۴- شتاب دهنده ها
۱۷	۲-۹-۵- پایدار کننده ها

۱۸	۲-۱۰- مزایا و معایب روش الکتروولس و پوشش‌های به دست آمده
۱۹	۲-۱۰-۱- مزایا
۱۹	۲-۱۰-۲- معایب
۲۰	۲-۱۱- بررسی اثر فاکتورهای آبکاری
۲۰	۲-۱۱-۱- اثر دما
۲۲	۲-۱۱-۲- اثر pH محلول
۲۳	۲-۱۱-۳- ظرفیت حمام
۲۵	۲-۱۱-۴- هم زدن محلول
۲۶	۲-۱۲- خواص پوشش‌های الکتروولس
۲۷	۲-۱۲-۱- ظاهر و یکنواختی پوشش‌های نیکل - فسفر
۲۸	۲-۱۲-۲- سختی
۲۹	۲-۱۲-۳- خواص سطحی
۳۰	۲-۱۲-۴- خواص خوردگی
۳۲	۲-۱۳- کاربرد پوشش‌های نیکل - فسفر
۳۴	۲-۱۴- وسایل مورد استفاده در عملیات آبکاری الکتروولس
۳۴	۲-۱۴-۱- تانک
۳۵	۲-۱۴-۲- منبع تولید حرارت
۳۵	۲-۱۴-۳- هم‌زن
۳۶	۲-۱۵- آماده سازی سطحی نمونه‌ها
۳۷	۲-۱۵-۱- آماده سازی فولادهای کربنی و فولادهای کم آلیاژی
۳۹	۲-۱۵-۲- آماده‌سازی فولادهای ضد زنگ
۳۹	۲-۱۵-۳- آماده سازی نمونه‌های مسی و آلیاژهای آن
۴۱	۲-۱۵-۴- آماده سازی نمونه‌های آلومینیومی و آلیاژهای آن
۴۲	۲-۱۵-۵- آماده‌سازی نمونه‌های پلاستیکی و دیگر غیر هادی‌ها
۴۲	۲-۱۵-۶- آماده سازی نمونه‌های منیزیمی
۴۴	۱۶-۲- مروری بر تحقیقات انجام شده

۶۲	فصل سوم
۶۲	۳- روش تحقیق
۶۲	۳-۱- آماده سازی نمونه ها برای پوشش دهی و انجام پیش عملیات
۶۴	۳-۲- ترکیب شیمیایی حمام الکترولس
۶۶	۳-۳- طریقه اعمال پوشش و آبکاری در حمام الکترولس
۶۷	۳-۴- نحوه بررسی تاثیر دما بر ضخامت و سرعت پوشش دهی
۶۷	۳-۵- نحوه بررسی تاثیر pH بر ضخامت و سرعت پوشش دهی
۶۸	۳-۶- نحوه بررسی تاثیر زمان اسید شویی بر مورفولوژی پوشش
۶۸	۳-۷- نحوه بررسی جوانه زنی و رشد پوشش بر روی زیر لایه آلیاژ منیزیم AZ91D
۶۹	۳-۸- بررسی ترکیب پوشش های ایجاد شده
۷۰	۳-۹- آماده سازی نمونه ها جهت تست های خوردگی و سایش
۷۱	۳-۱۰- نحوه انجام تست های خوردگی
۷۲	۳-۱۱- نحوه انجام تست های سایش و اندازه گیری ضریب اصطکاک
۷۳	۳-۱۲- نحوه انجام آنالیز XRD
۷۳	۳-۱۳- نحوه انجام تست میکروسختی
۷۵	فصل چهارم
۷۵	۴- نتایج و بحث
۷۵	۴-۱- مورفولوژی پوشش های بدست آمده
۷۸	۴-۲- تاثیر pH بر سرعت پوشش دهی
۸۰	۴-۳- تاثیر دما بر سرعت پوشش دهی
۸۲	۴-۴- تاثیر زمان اسید شویی بر مورفولوژی پوشش
۸۴	۴-۵- پیش عملیات و نحوه جوانه زنی و رشد پوشش
۸۵	۴-۶- برش عرضی از پوشش ها
۸۷	۴-۷- نتایج بدست آمده از آزمون EDX
۸۸	۴-۸- نتایج بدست آمده از آزمون XRD
۹۰	۴-۹- نتایج بدست آمده از آزمون سختی

۹۶	۲-۱۰- نتایج بدست آمده از آزمون سایش
۹۸	۴-۱۱- تاثیر ضخامت پوشش بر مقاومت به خوردگی
۹۹	۴-۱۲- مقایسه مقاومت به خوردگی پوشش Ni-P و پوشش Ni-W-P
۱۰۲	۴-۱۳- مقایسه مقاومت به خوردگی پوشش Ni-P و پوشش Ni-P-B ₄ C
	۴-۱۴- مقایسه مقاومت به خوردگی پوشش Ni-P و پوشش های کامپوزیتی Ni-P-B ₄ C
۱۰۴	و Ni-W-P-B ₄ C
۱۰۶	۴-۱۵- جمع بندی نتایج حاصل از آزمون خوردگی
۱۰۷	فصل پنجم
۱۰۷	۵-۱- نتیجه گیری
۱۱۰	۵-۲- پیشنهادات
۱۱۱	منابع

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۲-۱: ترکیب شیمیایی حمام الکترولس Ni-B و Ni-P	۱۲
جدول ۲-۲: ترکیب حمام های الکترولس دیگر فلزات	۱۳
جدول ۲-۳: کاربرد پوشش های الکترولس Ni-P	۳۳
جدول ۳-۱: ترکیب شیمیایی آلیاژ منیزیم ریخته گری شده AZ91D	۶۳
جدول ۳-۲: ترکیب محلول های مورد استفاده در پیش عملیات	۶۳
جدول ۳-۳: ترکیب حمام الکترولس برای ایجاد پوشش دوتایی Ni-P	۶۴
جدول ۳-۴: ترکیب حمام الکترولس برای ایجاد پوشش سه تایی Ni-W-P	۶۵
جدول ۳-۵: ترکیب حمام الکترولس برای ایجاد پوشش کامپوزیتی Ni-P-B ₄ C	۶۵
جدول ۳-۶: ترکیب حمام الکترولس برای ایجاد پوشش کامپوزیتی Ni-W-P-B ₄ C	۶۶
جدول ۴-۱: سختی زیر لایه آلیاژ منیزیم AZ91D و پوشش های ایجاد شده	۹۱
جدول ۴-۲: نتایج بدست آمده از آزمون پلاریزاسیون برای پوشش Ni-P	۹۹
جدول ۴-۳: مقایسه رفتار خوردگی آلیاژ AZ91D، پوشش Ni-P و پوشش Ni-W-P	۱۰۱
جدول ۴-۴: مقایسه رفتار خوردگی آلیاژ AZ91D، پوشش Ni-P و پوشش Ni-P-B ₄ C	۱۰۴
جدول ۴-۵: مقایسه رفتار خوردگی آلیاژ AZ91D، پوشش Ni-P، پوشش Ni-P-B ₄ C و پوشش Ni-W-P-B ₄ C	۱۰۶

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۲-۱: تاثیر دما بر سرعت آبکاری.....	۲۱
شکل ۲-۲: تاثیر pH بر سرعت آبکاری و درصد فسفر.....	۲۳
شکل ۲-۳: تاثیر زمان آبکاری و ظرفیت حمام بر درصد فسفر.....	۲۴
شکل ۲-۴: تاثیر ظرفیت حمام و دما بر سرعت آبکاری.....	۲۵
شکل ۲-۵: ضخامت پوشش ایجاد شده به روش پوشش دهی الکترو شیمیایی.....	۲۸
شکل ۲-۶: ضخامت پوشش ایجاد شده به روش الکترولس.....	۲۸
شکل ۲-۷: تاثیر آماده سازی سطح فولاد بر سرعت رسوب نیکل.....	۴۵
شکل ۲-۸: تغییرات مورفولوژی پوشش Ni-P با تغییر زمان اسید شویی: الف) s ، ب) s	
۵، پ) s ۱۰، ت) s ۲۰، ث) s ۴۰ و ج) s ۶۰.....	۴۶
شکل ۲-۹: تاثیر زمان اسید شویی بر سرعت پوشش دهی.....	۴۷
شکل ۲-۱۰: نمودار پلاریزاسیون الف) آلیاژ منیزیم AZ91D، ب) زیر لایه با پیش عملیات CHFP، پ) زیر لایه با پوشش Ni-P با پیش عملیات CH+HFP، ت) زیر لایه با پوشش Ni-P با پیش عملیات CHFP.....	۴۸
شکل ۲-۱۱: تاثیر زمان بر ضخامت پوشش الکترولس Ni-P با پیش عملیات الف) CHFP و ب) CH+HFP.....	۴۹
شکل ۲-۱۲: نتایج بدست آمده از آزمون XRD برای پوشش سه تایی Ni-W-P.....	۴۹
شکل ۲-۱۳: زمان خوردگی در محلول ۱۰٪ HCl بر حسب ضخامت پوشش.....	۵۰

- شکل ۱۴-۲: نمودار پلاریزاسیون برای الف) زیر لایه آلیاژ منیزیم (AZ91D، ب) زیر لایه
 با پوشش Ni-P و پ) زیر لایه با پوشش Ni-P ۵۰
- شکل ۱۵-۲: ضخامت پوشش بر حسب زمان پوشش دهی در غلظت های مختلف کربنات
 سدیم ۵۳
- شکل ۱۶-۲: نتایج بدست آمده از آزمون EDS برای پوشش Ni-W-P ۵۳
- شکل ۱۷-۲: نتایج بدست آمده از آزمون XRD برای پوشش های الکترولس الف) Ni-P،
 ب) Ni-P-ZrO₂ و پ) Ni-W-P و ت) Ni-W-P-ZrO₂ ۵۴
- شکل ۱۸-۲: مورفولوژی پوشش های بدست آمده الف) Ni-P، ب) Ni-P-ZrO₂، پ) Ni-
 W-P و ت) Ni-W-P-ZrO₂ ۵۴
- شکل ۱۹-۲: مورفولوژی پوشش های بدست آمده بعد از عملیات حرارتی الف) Ni-P،
 ب) Ni-P-ZrO₂، پ) Ni-W-P و ت) Ni-W-P-ZrO₂ ۵۶
- شکل ۲۰-۲: مورفولوژی بدست آمده از آزمون AFM برای پوشش های الف) Ni-P، ب)
 Ni-Cu-P، پ) Ni-W-P و ت) Ni-W-Cu-P ۶۳
- شکل ۲۱-۲: نمودار پلاریزاسیون برای پوشش های Ni-P، Ni-Cu-P، Ni-W-P و Ni-
 W-Cu-P ۵۷
- شکل ۲۲-۲ تصویر TEM نانوتیوبهای کربنی ۵۸
- شکل ۲۳-۲: تصویر SEM از مورفولوژی پوشش کامپوزیتی Ni-P نانو تیوب کربن ۵۸
- شکل ۲۴-۲: مراحل کلی ایجاد پوشش الکترولس Ni-P از طریق ایجاد لایه آرگانیک ۶۰
- شکل ۲۵-۲: مورفولوژی پوشش های الف) Ni-P و ب) Ni-W-P ۶۱
- شکل ۲۶-۲: برش عرضی از پوشش های الف) Ni-P و ب) Ni-W-P ۶۱
- شکل ۱-۳: میکروسکوپ الکترونی مدل Oxford LEO 440 SEM ۶۹
- شکل ۲-۳: شماتیک نمونه تست خوردگی ۷۰
- شکل ۳-۳: دستگاه پتانسیواستات مدل AUTOLAB ۷۱
- شکل ۴-۳: دستگاه سایش پین روی دیسک ۷۲
- شکل ۵-۳: دستگاه Bruker D8 advance diffractometer ۷۳
- شکل ۶-۳: دستگاه میکروسختی سنچ ویکرز مدل Leitz L137 ۷۴

- شکل ۴-۱: مورفولوژی پوشش های ایجاد شده به روش الکترولس بر روی زیر لایه آلیاژ منیزیم AZ91D، الف و ب (Ni-P، پ و ت) Ni-W-P، ث و ج (Ni-P-B₄C، چ) Ni-W-P-B₄C..... ۷۷
- شکل ۲-۴: تغییرات سرعت پوشش دهی بر حسب pH (مدت زمان قرارگیری نمونه ها در حمام الکترولس ۳ ساعت بوده است)..... ۷۰
- شکل ۳-۴: تغییرات ضخامت پوشش بر حسب pH (مدت زمان قرارگیری نمونه ها در حمام الکترولس ۳ ساعت بوده است)..... ۷۹
- شکل ۴-۴: تغییرات سرعت پوشش دهی بر حسب دما (مدت زمان قرارگیری نمونه ها در حمام الکترولس ۳ ساعت بوده است)..... ۸۱
- شکل ۵-۴: تغییرات ضخامت پوشش بر حسب دما (مدت زمان قرارگیری نمونه ها در حمام الکترولس ۳ ساعت بوده است)..... ۸۱
- شکل ۶-۴: مورفولوژی پوشش Ni-P، ایجاد شده به روش الکترولس بر روی آلیاژ منیزیم AZ91D بر حسب تغییرات زمان اسید شویی: الف) ۳۰ ثانیه، ب) ۹۰ ثانیه، ج) ۱۲۰ ثانیه..... ۸۳
- شکل ۷-۴: الف) سطح آلیاژ منیزیم AZ91D پس از قرارگیری در محلول اسیدی CrO₃, HNO₃ و ب) سطح آلیاژ منیزیم AZ91D که پس از انجام پیش عملیات، تنها به مدت ۵ دقیقه تحت عملیات پوشش دهی در حمام الکترولس قرار گرفته است..... ۸۴
- شکل ۸-۴: برش عرضی پوشش های الف) Ni-W-P-B₄C، ب و پ) Ni-P-B₄C، ت و ج) Ni-P..... ۸۶
- شکل ۹-۴: نتایج بدست آمده از آزمون EDX برای پوشش Ni-P..... ۸۷
- شکل ۱۰-۴: نتایج بدست آمده از آزمون EDX برای پوشش Ni-W-P..... ۸۷
- شکل ۱۱-۴: نتایج بدست آمده از آزمون XDR برای پوشش سه تایی Ni-W-P..... ۸۹
- شکل ۱۲-۴: نتایج بدست آمده از آزمون XDR برای پوشش کامپوزیتی سه تایی Ni-P-B₄C..... ۸۹
- شکل ۱۳-۴: نتایج بدست آمده از آزمون XDR برای پوشش کامپوزیتی چهارتایی Ni-W-P-B₄C..... ۹۰

- شکل ۱۴-۴: سختی زیر لایه آلایژ منیزیم AZ91D و پوشش های ایجاد شده بر روی این آلایژ..... ۹۱
- شکل ۱۵-۴: اثر ایندنتور ویکرز بر روی پوشش الف: Ni-P، ب: Ni-W-P، پ: Ni-P و B₄C و ت: Ni-W-P-B₄C..... ۹۲
- شکل ۱۶-۴: کاهش وزن بر حسب مسافت طی شده برای پوشش های ایجاد شده..... ۹۴
- شکل ۱۷-۴: کاهش وزن پس از طی مسافت طی شده برای پوشش های ایجاد شده..... ۹۴
- شکل ۱۸-۴: تصویر سطح سایش آلایژ منیزیم AZ91D..... ۹۵
- شکل ۱۹-۴: تصویر سطح سایش پوشش Ni-P..... ۹۵
- شکل ۲۰-۴: تصویر سطح سایش پوشش Ni-W-P..... ۹۶
- شکل ۲۱-۴: تصویر سطح سایش پوشش Ni-P-B₄C..... ۹۶
- شکل ۲۲-۴: تصویر سطح سایش پوشش Ni-W-P-B₄C..... ۹۷
- شکل ۲۳-۴: نمودار ضریب اصطکاک بر حسب مسافت طی شده برای الف) آلایژ منیزیم AZ91D، ب) پوشش Ni-P، پ) پوشش سه تایی Ni-W-P و ت) پوشش کامپوزیتی Ni-P-B₄C..... ۹۷
- شکل ۲۳-۴: نمودارهای پلاریزاسیون برای زیر لایه آلایژ منیزیم AZ91D (الف)، برای زیر لایه با پوشش Ni-P به ضخامت ۳۴ μm (ب)، به ضخامت ۴۰ μm (ج) و به ضخامت ۵۰ μm (د)..... ۹۸
- شکل ۲۴-۴: نمودارهای پلاریزاسیون برای زیر لایه آلایژ منیزیم AZ91D (الف)، برای زیر لایه با پوشش Ni-P (ب) و برای زیر لایه با پوشش Ni-W-P (ج)..... ۱۰۰
- شکل ۲۵-۴: نمودارهای پلاریزاسیون برای زیر لایه آلایژ منیزیم AZ91D (الف)، برای زیر لایه با پوشش Ni-P (ب) و برای زیر لایه با پوشش کامپوزیتی Ni-P-B₄C (ج)..... ۱۰۲
- شکل ۲۶-۴: حضور ترک در پوشش کامپوزیتی Ni-P-B₄C..... ۱۰۳
- شکل ۲۷-۴: نمودارهای پلاریزاسیون برای زیر لایه آلایژ منیزیم AZ91D (الف)، برای زیر لایه با پوشش Ni-P (ب)، برای زیر لایه با پوشش کامپوزیتی Ni-P-B₄C (ج) و برای زیر لایه با پوشش کامپوزیتی Ni-W-P-B₄C (د)..... ۱۰۵

مقدمه

منیزیم و آلیاژهای آن جز آلیاژهای سبک محسوب می شوند که به علت نسبت استحکام به وزن بالا دارای کاربرد وسیعی در صنایع هوا فضا، الکترونیک و اتومبیل سازی می باشند [۱-۳]. اما بهر حال کاربرد این آلیاژها به علت مقاومت پایین در برابر خوردگی و سایش محدود می باشد [۱ و ۳]. یکی از روش های موثر برای بهبود این عیوب ایجاد پوشش مناسب بر روی این آلیاژها است. پوشش ایجاد شده به عنوان مانع بین زیر لایه و محیط عمل کرده و باعث بهبود مقاومت به خوردگی می گردد. به همین جهت این پوشش باید از یکنواختی خوبی برخوردار بوده و عاری از تخلخل باشد [۱-۴]. همچنین در مواردی که مقاومت به سایش مورد توجه است، ایجاد پوشش مناسب با سختی و مقاومت به سایش بالا اهمیت می یابد. در این تحقیق از بین روش های پوشش دهی روش الکترو لس انتخاب گردیده است. این روش در مقایسه با روش های دیگر، به خصوص روش پوشش دهی الکتروشیمیایی دارای مزایایی است، که از بین آنها می توان به ایجاد پوشش یکنواخت بر روی زیر لایه با اشکال هندسی مختلف و عدم نیاز به تجهیزات خاص، اشاره نمود [۳ و ۴]. بنابر این ایجاد پوشش های خانواده Ni-P به روش الکترو لس بر روی آلیاژهای منیزیم، به علت مقاومت به خوردگی، مقاومت به سایش و همچنین سختی بالا، بسیار سودمند می باشد [۱-۵].

به علت فعالیت شدید منیزیم در محلول های آبی و واکنش سریع آن در این محیط ها، ایجاد پوشش بر روی آلیاژهای آن کار بسیار دشواری است. به همین خاطر تحقیقات کمی در این مورد صورت گرفته است و بیشتر تحقیقات انجام شده درباره زیر لایه های ساده تر مانند آهن و مس می باشد [۶-۸]. از آنجایی که آلیاژ AZ91D در ترکیب خود حدود ۹۰٪ وزنی منیزیم دارد، اگر مستقیماً و بدون انجام پیش عملیات وارد حمام الکترو لس شود، سطح آن به سرعت

خورده شده و ایجاد پوشش روی سطح نمونه‌ها امکان پذیر نمی باشد. زمانی پوشش دهی امکان پذیر است که سرعت خورده شدن سطح از سرعت پوشش دهی کمتر باشد [۱ و ۳]. با توجه به تحقیقات صورت گرفته در سالهای اخیر، با انجام یک پیش عملیات مناسب، قبل از عملیات پوشش دهی بر روی آلیاژ منیزیم AZ91D، می توان این مشکل را بر طرف نمود [۳].

در تحقیق حاضر از بین روش های پوشش دهی، روش الکترولس انتخاب گردید و ایجاد پوشش های Ni-P، Ni-W-P و پوشش های کامپوزیتی Ni-P-B₄C و Ni-W-P-B₄C بر روی آلیاژ منیزیم AZ91D، در حمام پوشش دهی حاوی سولفات نیکل به عنوان تامین کننده یون نیکل و هیپوفسفیات سدیم به عنوان عامل احیا کننده، صورت گرفت. به منظور حضور ذرات B₄C در پوشش، مقدار مشخصی B₄C، به ترکیب حمام اضافه گردید (۴ g/l). مقایسه مقاومت به سایش، سختی پوشش های ایجاد شده و تاثیر حضور ذرات B₄C بر این خواص، از بررسی های انجام شده در این تحقیق است.

۲- تئوری

۱-۲- آلیاژ های منیزیم:

منیزیم یکی از سبک ترین عناصر فلزی می باشد که در صنعت استفاده می شود و دارای دانسیته $1/73$ گرم بر سانتی متر مکعب در درجه حرارت محیط، نقطه ذوب 650 و دمای جوش 1105 درجه سانتی گراد می باشد. این عنصر دارای شبکه HCP بوده و پارامتر شبکه $a=3/2$ و $c=5$ آنگسترم می باشد. نسبت c به a برای این عنصر در حدود $1/58$ بوده و هر چه این نسبت بیشتر باشد دارای شکنندگی بیشتری می باشد [۹]. این عنصر قابلیت تشکیل محلول جامد با سایر عناصر HCP نظیر روی، کادمیم، تیتانیوم، زیرکنیم و باریوم را دارد. منیزیم به علت سبک بودن در صنایع هوایی، موشک سازی و اتومبیل سازی استفاده می شود [۹ و ۱۰].

منیزیم قابلیت اکسیداسیون بالایی دارد و قابلیت ترکیب شدن آن با عناصری نظیر کلر، گوگرد، فلوئور، ازت و ... باعث می گردد تا ریخته گری آن نسبت به سایر عناصر غیر آلیاژی مشکل تر باشد.

آلیاژ های منیزیم عموماً به دو گروه نوردی و ریخته گری تقسیم می شوند. در ریخته گری آلیاژ های منیزیم مراحل اکسیژن زدایی گاز زدایی - تلقیح و و تصفیه آلیاژ از اهمیت بالایی برخوردار می باشد [۱۰].

۲-۲- آلیاژ های ریخته گری منیزیم:

آلیاژ های منیزیم طبق استاندارد ASTM به پنج گروه تقسیم می شوند [۹]:

گروه اول : آلیاژ های منیزیم آلومینیم روی، که با علامت اختصاری AZ نشان داده می شود.

گروه دوم : آلیاژ های منیزیم منگنز آلومینیم، که با علامت اختصاری AM نشان داده می شود.

گروه سوم: آلیاژ های منیزیم منگنز، که با علامت اختصاری M نشان داده می شود.

گروه چهارم: آلیاژ های منیزیم روی زیرکنیم می باشد که با علامت اختصاری ZK نشان داده می شود.

گروه پنجم : آلیاژ های حاوی منیزیم زیرکنیم و فلزات نادر می باشد که با علامت اختصاری EK نشان داده می شود.

از بین این آلیاژ ها، گروه اول و دوم قابلیت ریخته گری در قالب های ماسه ای را دارند. آلیاژ های گروه چهارم و پنجم قابلیت ریخته گری در قالب های فلزی و آلیاژ های گروه سوم، هم قابلیت ریخته گری در ماسه و هم در قالب های فلزی را دارند. این آلیاژ ها معمولاً دارای دامنه انجماد خمیری می باشند که در آلیاژ های دسته چهارم و پنجم به علت دامنه انجماد طولانی باید در قالب های فلزی ریخته گری و مذاب به صورت تزریقی وارد قالب شود [۹].

۲-۳- تاثیر عناصر جزئی بر خواص آلیاژ های منیزیم:

آلومینیوم: آلومینیوم باعث می شود که عملیات حرارتی پیر سازی بر روی آلیاژ های منیزیم، امکان پذیر شود. همچنین باعث بهبود خواص مکانیکی و ریز کردن دانه ها نیز می شود. اما به علت افزایش جذب گاز به خصوص هیدروژن، باعث افزایش تخلخل در قطعات می گردد [۱۰-۱۲].

روی: روی عمدتاً همراه با عناصری نظیر آلومینیم در ساخت آلیاژ های منیزیم استفاده می شود. این عنصر باعث بهبود خواص مکانیکی به علت افزایش فاز های بین فلزی MgZn و