گروه شیمی کاربردی

عنوان پایان نامه:

ایجاد پوششهای تبدیلی کامپوزیتی از جنس عناصر کمیاب – پرمنگنات بر روی منیزیم آلیاژی و بررسی خواص آن

استاد راهنما:

دکتر داود سیف زاده

استاد مشاور:

دکتر طاهر علیزاده

توسط:

آیدا قاری حقیقت

دانشگاه محقق اردبیلی

پاییز ۱۳۸۹

ایجاد پوششهای تبدیلی کامپوزیتی از جنس عناصر کمیاب-پرمنگنات بر روی منیزیم آلیاژی و بررسی خواص آن

توسط:

آیدا قاری حقیقت

پایان نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته شیمی فیزیک

از

دانشگاه محقق اردبیلی

اردبیل- ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکتر داود سیف زاده (استاد راهنما و رئیس کمیته) استادیار

دکتر امیرناصرشمخالی (داور داخلی) استادیار

دکتر محمد خدادادی مقدم (داور خارجی) استادیار

دکتر طاهرعلیزاده (استاد مشاور) استادیار

آذر - ۱۳۸۹

تقدیم به

خانوادهٔ عزیزم به ویژه ((پدر و مادر مهربانم)):

که تعبیر عظیم و انسانی کلمهٔ ایثار و از خود گذشتگی اند و عاطفهٔ سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان، در سردترین روزگاران بهترین پشتیبان من است و همواره در سایه سار مهرشان آرامش و خوشبختی را تجربه کرده ام.

تقدیر و تشکر

سپاس آن خداوند یگانه را که سایهٔ حضورش را در تمامی لحظات زندگی ام، از عمق وجود احساس نموده ام.

از جناب آقای دکتر داود سیف زاده، استاد راهنمای این پروژه که خالصانه و بی دریغ، مرا در انجام این پایان نامه یاری نموده اند، بسیار سپاسگزارم. بی شک راهنمایی های ارزندهٔ ایشان باعث پیشبرد این پایان نامه گردیده است.

از جناب آقای دکتر طاهر علیزاده، استاد مشاور این پروژه به جهت همکاریشان در انجام این پایان نامه ممنونم.

از جناب آقای دکتر امیر ناصر شمخالی، داور داخلی و جناب آقای دکتر محمد خدادادی مقدم، داور خارجی که قبول زحمت نموده و با دقت نظر بالای خود مرا در بازخوانی این پایان نامه یاری کرده اند سپاسگزارم.

از تمامی مسئولین و اساتید دانشگاه محقق اردبیلی به جهت امکاناتی که در اختیار اینجانب گذاشته اند تا این پایان نامه را به اتمام برسانم، بسیار ممنونم.

از دوستان عزیزم در آزمایشگاه های تحقیقاتی شیمی فیزیک، شیمی تجزیه و شیمی آلی که در طول این دوره، اوقات خوشی را در کنارشان گذرانده ام و بسیار از آنها آموخته ام، صمیمانه سپاسگزارم.

از تمامی دوستانی که در این مدت، مرا در شادی هایشان سهیم نموده اند و ایام بودن در کنارشان، جزو بهترین روزهای عمر من است، بسیار ممنون و متشکرم.

از خانوادهٔ گرانقدرم به خصوص پدر و مادر بزرگوار و خواهر و برادر مهربانم که همراهی شان همواره موجب دلگرمی من است، بسیار ممنونم و محبتهای بی دریغشان را ارج می نهم.

نام خانوادگی دانشجو: قاری حقیقت **نام**: آیدا

عنوان پایان نامه: ایجاد پوششهای تبدیلی کامپوزیتی از جنس عناصر کمیاب-پرمنگنات بر روی منیزیم آلیاژی و بررسی خواص آن

استاد راهنما: دکتر داود سیف زاده **استادمشاور**: دکتر طاهر علیزاده

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته**: شیمی **گرایش**: شیمی فیزیک **دانشگاه**: محقق اردبیلی

دانشکده: علوم **تاریخ فارغ التحصیلی**: ۱۳۸۹/۹/۱۴ **تعداد صفحه**: ۱۱۱

کلید واژه‌ها: خوردگی، آلیاژهای منیزیم، روش پلاریزاسیون، طیف نگاری امپدانس الکتروشیمیایی، محلولهای خورنده.

چکیده:

آلیاژهای منیزیم دارای نسبت سختی به وزن بالا وخواص مکانیکی خوبی می باشند که باعث شده است از آنها به طور گسترده در اتومبیل سازی، صنایع هوافضا و ساخت وسایل الکترونیکی استفاده گردد اما مقاومت بسیار پایین آنها در برابر خوردگی موجب محدودیت کاربردشان گردیده است. در این راستا روشهای مختلفی جهت جلوگیری از خوردگی آنها به وجود آمده است. یکی از این روشها، استفاده از پوششهای ضد خوردگی بر روی سطح آلیاژ است. ایجاد پوششهای تبدیلی عناصر کمیاب-پرمنگنات بر روی آلیاژ AZ61 منیزیم در این کار پژوهشی مورد مطالعه قرار گرفته است. مورفولوژی سطح آلیاژ و پوشش تشکیل شده بر روی آن توسط روشهای SEM و EDAX بررسی شده است. نتایج این بررسی ها ایجاد یک لایه از جنس اکسیدها و هیدروکسیدهای سریم و لانتانیوم و منگنز را نشان می دهد که پوشش ایجاد شده عمدتا" دارای ساختاری متخلخل است. اثر زمان آبکاری بر روی کیفیت وخواص ضد خوردگی پوشش به وسیلهٔ تستهای پلاریزاسیون پتانسیودینامیک و اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی در محلولهای خورندهٔ نمک طعام و سولفات سدیم بررسی شده است. نتایج تستهای پلاریزاسیون نشان می دهد که مقاومت خوردگی پوششها در محلولهای خورنده نسبت به آلیاژ بدون پوشش به طور قابل ملاحظه ای بیشتر است. همچنین طیفهای امپدانس مُوید این مطلب هستند که امپدانس کلی الکترود کار پوشش کاری شده بیشتر از امپدانس آلیاژ بدون پوشش می باشد و این موضوع کارآیی پوششها را در ایجاد مقاومت در برابر خوردگی برای آلیاژ AZ61 منیزیم تأیید می کند.

فهرست مطالب

فهرست مطالب

عنوان ..... **صفحه**

فصل اول: مقدمه و پیشینهٔ تحقیق

۱-۱- منیزیم و آلیاژهای منیزیم ۲

۱-۲- آلیاژهای منیزیم ۳

۱-۳- مزایا و معایب استفاده از منیزیم و آلیاژهای آن ۴

۱-۴- خوردگی و روش های مقابله با آن ۵

۱-۴-۱- تعریف خوردگی ۵

۱-۴-۲- انواع خوردگی ۶

۱-۴-۲-۱- خوردگی یکنواخت ۶

۱-۴-۲-۲- خوردگی گالوانیکی یا دو فلزی ۷

۱-۴-۲-۳- خوردگی شیاری یا شکافی ۷

۱-۴-۲-۴- خوردگی حفره دار شدن ۷

۱-۴-۲-۵- خوردگی مرز دانه ای ۸

۱-۴-۲-۶- خوردگی جدایش انتخابی ۸

۱-۴-۲-۷- خوردگی سایشی و فرسایشی ۸

۱-۴-۲-۸ – خوردگی توأم با تنش ۹

۱-۴-۲-۹- خوردگی ناشی از عوامل میکروبیولوژیکی ۹

۱-۴-۲-۱۰- خوردگی رشته مانند ۹

۱-۴-۲-۱۱- صدمات هیدروژنی ۱۰

۱-۴-۳- روش های مختلف کنترل خوردگی ۱۰

۱-۴-۳-۱- انتخاب مواد مناسب ۱۱

۱-۴-۳-۲- طراحی مناسب دستگاه ها ۱۱

۱-۴-۳-۳- حفاظت کاتدی ۱۱
۱-۴-۳-۴- حفاظت آندی ۱۲
۱-۴-۳-۵- بازدارنده ها ۱۳
۱-۴-۳-۶- پوشش ها ۱۳
۱-۵- روش های معمول برای افزایش مقاومت خوردگی منیزیم و آلیاژهای منیزیم ۱۵
۱-۵-۱- آبکاری فلزات بر روی منیزیم ۱۵
۱-۵-۲- استفاده از پوششهای بر پایهٔ مواد آلی ۱۶
۱-۵-۳- پوشش های سُل- ژل ۱۸
۱-۵-۴- پوششهای تبدیلی ۱۸
۱-۵-۴-۱- پوشش های کروماته ۱۸
۱-۵-۴-۲- پوشش های فسفاته ۱۹
۱-۵-۴-۳- پوشش های تبدیلی فسفات – پرمنگنات ۲۰
۱-۵-۴-۴- پوشش های تبدیلی مولیبدات – فسفات ۲۱
۱-۵-۴-۵- پوشش های تبدیلی استانات ۲۲
۱-۵-۴-۶- پوشش های تبدیلی سیلان ۲۳
۱-۵-۴-۷- پوشش های تبدیلی از جنس عناصر کمیاب ۲۴
۱-۶- پوشش های تبدیلی پرمنگنات- عناصر کمیاب ۲۷
۱-۶-۱- نحوهٔ اعمال پوشش های پرمنگنات - عناصر کمیاب ۲۷
۱-۶-۲- مطالعات سطحی انجام شده بر روی پوششهای عناصر کمیاب-پرمنگنات ۲۸
۱-۶-۲-الف- تصویر برداری میکروسکوپ الکترونی روبشی(SEM) ۲۸
۱-۶-۲-ب- EDAX یا EDS ۲۹
۱-۶-۲-ج- XPS ۲۹
۱-۶-۳- مطالعات خوردگی ۳۱
۱-۶-۳-۱- مطالعات پلاریزاسیون و اندازه گیری تغییرات پتانسیل مدار باز سیستم ۳۱
۱-۶-۳-۲- مطالعات اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی ۳۱
۱-۶-۳-۳- مطالعات انجام شده با سایر روش ها ۳۲

۱-۶-۳-۳-الف- تست پاشش نمک ۳۲
۱-۶-۳-۳-ب- مطالعهٔ خوردگی با استفاده از میزان آزاد شدن گاز هیدروژن ۳۲
۱-۶-۳-۳-ج- مطالعه با استفاده از میزان کاهش وزن ماده ۳۲
۱-۷- هدف از انجام کار پژوهشی اخیر ۳۲

فصل دوم: مواد و روشها

۲-۱- مواد مورد استفاده ۳۵
۲-۱-۱- مواد شیمیایی ۳۵
۲-۱-۲- نمونه های فلزی ۳۵
۲-۲- ابزارها ۳۷
۲-۳- عملیات پیش تیمار سطحی ۳۷
۲-۳-۱- عملیات پیش تیمار سطحی قبل از اعمال پوشش های تبدیلی ۳۸
۲-۳-۲- عملیات پیش تیمار سطحی قبل از انجام تستهای خوردگی ۳۹
۲-۴- روش های مورد استفاده ۳۹
۲-۴-۱- روش های مطالعهٔ سطح ۳۹
۲-۴-۱-الف- SEM ۳۹
۲-۴-۱-ب-EDAX ۴۰
۲-۴-۲- روش های مطالعهٔ خوردگی ۴۰
۲-۴-۲-۱- روش پلاریزاسیون ۴۰
۲-۴-۲-۲- روش امپدانس الکتروشیمیایی ۴۴
۲-۴-۲-۲-۱- اساس روش EIS ۴۵
۲-۵- شرایط تجربی انجام تستهای الکتروشیمیایی خوردگی ۴۸
۲-۵-۱- تستهای پلاریزاسیون ۴۸
۲-۵-۲- تستهای امپدانس الکتروشیمیایی ۴۹

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱- حمام آبکاری سریم – پرمنگنات ۵۱
۳-۱-۱- بررسی های سطحی ۵۲
۳-۱-۲- مطالعات خوردگی ۶۰
۳-۱-۲-۱- مطالعات خوردگی در محلول خورندهٔ سولفات سدیم ۶۰
۳-۱-۲-۲- مطالعات خوردگی در محلول خورندهٔ نمک طعام ۷۲
۳-۲- حمام آبکاری لانتانیوم- پرمنگنات ۷۹
۳-۲-۱- بررسی های سطحی ۷۹
۳-۲-۲- مطالعات خوردگی ۸۳
۳-۳- حمام آبکاری سریم-لانتانیوم- پرمنگنات ۹۱
۳-۳-۱- بررسی های سطحی ۹۲
۳-۳-۲- مطالعات خوردگی ۹۶
۳-۳-۲-۱- مطالعات خوردگی در محلول خورندهٔ سولفات سدیم ۰/۰۵ مولار ۹۶
۳-۳-۲-۲- مطالعات خوردگی در محلول خورندهٔ نمک طعام ۳/۵٪ ۱۰۲
۳-۴- پیشنهاد برای تحقیقات بعدی ۱۰۷
منابع مورد استفاده ۱۰۸

فهرست اشکال

عنوان اشکال..... صفحه

شکل ۱-۱- نمودار پوربهٔ منیزیم در آب..... ۳

شکل ۱-۲- مکانیسم خوردگی رشته مانند..... ۱۰

شکل ۱-۳- حفاظت آندی یک تانک فولادی حاوی اسید سولفوریک..... ۱۲

شکل ۱-۴- نمونه ای از نمودارهای پلاریزاسیون(الف) و امپدانس(ب) نمونه های بدون پوشش و پوشش کاری شده توسط حمام فسفاته ۲۰

شکل ۱-۵- نمودار پلاریزاسیون نمونهٔ بدون پوشش و نمونهٔ پوشش کاری شده با محلول فسفات-پرمنگنات..... ۲۱

شکل ۱-۶- نمودار پتانسیل –زمان برای نمونهٔ بدون پوشش و نمونه های پوشش کاری شده در حمامهایی با pH های متفاوت ۲۲

شکل۱-۷- نمودارهای پلاریزاسیون نمونهٔ شاهد (a) و نمونه های آبکاری شده به مدت زمانهای ۳۰ دقیقه(b) ، ۶۰ دقیقه (c) و ۹۰ دقیقه (d) در حمام استانات..... ۲۳

شکل ۱-۸- نمودار پلاریزاسیون مربوط به نمونهٔ شاهد و نمونه های پوشش کاری شده پس از زمانهای متفاوت غوطه وری در محلول خورندهٔ سولفات سدیم ۰/۱ نرمال ۲۴

شکل ۱-۹- نمودار امپدانس نمونهٔ بدون پوشش و پوشش کاری شده پس از ۲ ساعت غوطه وری در محلول خورندهٔ سولفات سدیم ۰/۵ مولار..... ۲۵

شکل ۱-۱۰- نمودار پلاریزاسیون نمونه های بدون پوشش و پوشش کاری شده پس از غوطه وری در محلول نمک طعام ۳/۵٪..... ۲۶

شکل ۱-۱۱- تصویر SEM مربوط به نمونهٔ پوشش کاری شده در حمام لانتانیوم..... ۲۷

شکل ۱-۱۲- تصویرSEM آلیاژ AZ91 منیزیم قبل(الف) و بعد(ب) از آبکاری با حمام سریم-پرمنگنات..... ۲۸

شکل ۱-۱۳- طیف EDAX نمونهٔ فلز منیزیم قبل (a) و بعد (b) از پوشش کاری سریم..... ۲۹

شکل ۱-۱۴- طیف های XPS (a) تا (d) به ترتیب مربوط به Ce 3d ، Mn 2p ، Mg 2p و O 1s آلیاژ AZ91D منیزیم..... ۳۰

شکل ۲-۱- نمودار EDAX برای نمونه آلیاژ مورد مطالعه ۳۶

شکل ۲-۲- نحوهٔ مانت کردن نمونه‌های منیزیم ۳۸
شکل ۲-۳- نمودار پلاریزاسیون نیمه لگاریتمی و نحوهٔ محاسبهٔ شیب‌های تافل ۴۲
شکل ۲-۴- رفتار خطی پتانسیل نسبت به جریان در محدودهٔ کوچک پلاریزاسیون ۴۳
شکل ۲-۵- نمودار نایکوئیست برای سیستم سادهٔ فلز در محلول خورنده به همراه مدار معادل متناسب آن: ۴۶
شکل ۲-۶- نمودارهای بُد متناسب با نمودار نایکوئیست شکل ۲-۵ ..... ۴۷
شکل ۲-۷- مهم‌ترین مدارهای الکتریکی مورد استفاده در مطالعات خوردگی ۴۸
شکل ۳-۱- تصاویر SEM نمونهٔ بدون پوشش AZ61 . بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر(a) وبزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر(b) ۵۲
شکل ۳-۲- تصاویر SEM نمونهٔ آبکاری شده بعد از ۱۰ دقیقه. بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر(a) و بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر (b) ۵۳
شکل ۳-۳- تصاویر SEM نمونهٔ آبکاری شده بعد از ۳۰ دقیقه. بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر(a) و بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر(b) ۵۴
شکل ۳-۴- تصاویر SEM نمونهٔ آبکاری شده بعد از ۶۰ دقیقه. بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر(a) و بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر(b) ۵۴
شکل ۳-۵- تصاویر SEM نمونهٔ آبکاری شده بعد از ۱۲۰ دقیقه. بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر(a) وبزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر(b) ۵۵
شکل ۳-۶- تصاویر SEM نمونهٔ آبکاری شده بعد از ۲۴۰ دقیقه. بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر(a) و بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر(b) ۵۵
شکل ۳-۷- برش عرضی نمونهٔ آلیاژی بعد از ۳۰ دقیقه آبکاری در حمام سریم-پرمنگنات ۵۷
شکل ۳-۸- برش عرضی نمونهٔ آلیاژی بعد از ۱۲۰ دقیقه آبکاری در حمام سریم-پرمنگنات ۵۷
شکل ۳-۹- برش عرضی نمونهٔ آلیاژی بعد از ۲۴۰ دقیقه آبکاری در حمام سریم-پرمنگنات ۵۸
شکل ۳-۱۰- طیف EDAX نمونهٔ آلیاژی AZ61 بعد از ۲ ساعت آبکاری در حمام سریم-پرمنگنات ۵۹
شکل ۳-۱۱- نمودارهای پلاریزاسیون آلیاژ AZ61 بدون پوشش بعد از ۶۰ دقیقه غوطه وری در محلول ۰/۰۵ مولار سولفات سدیم ۶۱

شکل ۳-۱۲- نمودارهای پلاریزاسیون برای نمونه های آبکاری شده در حمام سریم – پرمنگنات در زمانهای مختلف بعد از ۶۰ دقیقه غوطه وری در محلول ۰/۰۵ مولار سولفات سدیم ۶۲
شکل ۳-۱۳- نمودارهای پلاریزاسیون نمونه های آبکاری شده در زمان بهینه، بعد از ۶۰ دقیقه غوطه وری در محلولهایی با غلظتهای متفاوت از سولفات سدیم..... ۶۴
شکل ۳-۱۴- نمودارهای نایکوئیست برای نمونه های آبکاری شده بعد از ۲ ساعت آبکاری در حمام سریم-پرمنگنات در محلول ۰/۰۵ مولار سولفات سدیم بعد از زمانهای مختلف غوطه وری ۶۶
شکل ۳-۱۵- نمودارهای بُد وبُد فازی متناظر با نمودارهای نایکوئیست شکل ۳-۱۴. نمودار بُد(a) و نمودار بُد فازی (b) ۶۷
شکل۳-۱۶- مدار معادل مناسب برای نمونه های آلیاژی پوشش کاری شده و نمونهٔ شاهد در محلول سولفات سدیم..... ۷۰
شکل۳-۱۷- نمودارهای پلاریزاسیون نمونه های آبکاری شده در زمانهای مختلف و همچنین نمونهٔ بدون پوشش بعد از ۵ دقیقه غوطه وری در محلول ۳/۵ ٪ نمک طعام ۷۳
شکل۳-۱۸- نمودارهای پلاریزاسیون نمونه های آبکاری شده در زمانهای مختلف و همچنین نمونهٔ بدون پوشش بعد از ۶۰ دقیقه غوطه وری در محلول ۳/۵ ٪ نمک طعام ۷۳
شکل ۳-۱۹- نمودارهای نایکوئیست برای نمونه های آبکاری شده به مدت ۲ ساعت بعد از زمانهای مختلف غوطه وری در محلول نمک طعام ۳/۵ درصد ۷۶
شکل ۳-۲۰- نمودارهای بُد برای نمونه های آبکاری شده به مدت ۲ ساعت بعد از زمانهای مختلف غوطه وری درمحلول نمک طعام ۳/۵ درصد..... ۷۶
شکل ۳-۲۱- مدار معادل مناسب برای نمونه های آلیاژی پوشش کاری شده و نمونهٔ شاهد در محلول نمک طعام ۳/۵٪..... ۷۸
شکل ۳-۲۲- تصاویرSEM نمونه های پوشش کاری شده در حمام لانتانیوم-پرمنگنات . بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر(a) و بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر(b)..... ۸۰
شکل ۳-۲۳- تصاویر SEM مربوط به نمونه های آلیاژی بدون پوشش پس از ۱۰ دقیقه غوطه وری در محلول نمک طعام با بزرگنمایی های (a) ۱۵۰ و (b) ۱۰۰۰ برابر..... ۸۱

شکل ۳-۲۴- تصاویر SEM مربوط به نمونه های آلیاژی پوشش کاری شده در حمام لانتانیوم-پرمنگنات پس از ۱۰ دقیقه غوطه وری در محلول نمک طعام با بزرگنمایی های (a) ۱۰۰۰ و (b) ۵۰۰۰ برابر ۸۱
شکل ۳-۲۵- طیف EDAX نمونهٔ آلیاژی AZ61 بعد از ۳۰ دقیقه آبکاری در حمام لانتانیوم-پرمنگنات ۸۲
شکل ۳-۲۶- نمودار پلاریزاسیون آلیاژ AZ61 آبکاری شده در حمام لانتانیوم-پرمنگنات با مدت زمان های مختلف بعد از ۵ دقیقه غوطه وری در محلول سولفات سدیم ۰/۰۵ مولار ۸۴
شکل ۳-۲۷- نمودارهای پلاریزاسیون نمونه های آبکاری شده در حمام لانتانیوم-پرمنگنات با غلظتهای مختلف از پرمنگنات پس از ۵ دقیقه غوطه وری در محلول خورندهٔ سولفات سدیم ۸۶
شکل ۳-۲۸- نمودارهای پلاریزاسیون نمونه های آبکاری شده به مدت ۱ ساعت در حمامهایی با غلظتهای مختلف از لانتانیوم پس از ۵ دقیقه غوطه وری در محیط خورندهٔ سولفات سدیم ۰/۰۵ مولار ۸۸
شکل ۳-۲۹- نمودارهای نایکوئیست برای نمونه های آبکاری شده در حمام لانتانیوم-پرمنگنات در زمانهای مختلف غوطه وری درمحلول ۰/۰۵ مولار سولفات سدیم ۸۹
شکل ۳-۳۰- نمودارهای متناظر بُد و بُد فازی برای شکل ۳-۲۹ ..... ۹۰
شکل ۳-۳۱- تصاویر SEM مربوط به نمونه های آلیاژی پوشش کاری شده در حمام سریم-لانتانیوم-پرمنگنات با بزرگنمایی های(a) ۱۰۰۰ و (b) ۵۰۰۰ برابر ۹۳
شکل ۳-۳۲- طیف EDAX نمونه پوشش کاری شده در حمام سریم-لانتانیوم-پرمنگنات ۹۴
شکل ۳-۳۳- تصاویر SEM نمونهٔ پوشش کاری شده در حمام سریم-لانتانیوم-پرمنگنات پس از ۱۰ دقیقه غوطه وری در محلول نمک طعام ۳/۵٪ با بزرگنمایی های (a) ۱۰۰۰ برابر و (b) ۵۰۰۰ برابر. ۹۵
شکل۳-۳۴-نمودارهای پلاریزاسیون نمونه های آبکاری شده در حمام سریم-لانتانیوم-پرمنگنات با زمانهای مختلف آبکاری به منظور تعیین زمان بهینهٔ آبکاری پس از ۵ دقیقه غوطه وری در محلول خورندهٔ سولفات سدیم ۰/۰۵ مولار ۹۶
شکل ۳-۳۵- نمودارهای پلاریزاسیون برای نمونه های آبکاری شده در حمام سریم-لانتانیوم-پرمنگنات با غلظتهای متفاوت پس از ۵ دقیقه غوطه وری در محیط خورندهٔ سولفات سدیم ۰/۰۵ مولار..... ۹۸

شکل ۳-۳۶- منحنی نایکوئیست نمونهٔ آبکاری شده در حمام سریم-لانتانیوم-پرمنگنات پس از غوطه وری به مدت زمانهای مختلف در محلول سولفات سدیم ۰/۰۵ مولار..... ۱۰۰
شکل ۳-۳۷- نمودارهای بُد مربوط به شکل ۳-۳۶..... ۱۰۰
شکل ۳-۳۸- نمودارهای پلاریزاسیون نمونه های آبکاری شده در زمانهای مختلف پس از ۵ دقیقه غوطه وری درمحلول نمک طعام ۳/۵٪..... ۱۰۲
شکل ۳-۳۹- نمودارهای نایکوئیست برای نمونه های آبکاری شده در حمام سریم-لانتانیوم-پرمنگنات پس از زمانهای مختلف غوطه وری در محلول خورنده نمک طعام ۳/۵٪..... ۱۰۴
شکل ۳-۴۰- نمودارهای بُد برای نمونه های آبکاری شده در حمام سریم-لانتانیوم-پرمنگنات پس از زمانهای مختلف غوطه وری در محلول خورنده نمک طعام ۳/۵٪..... ۱۰۴
شکل ۳-۴۱- نمودارهای بُد فازی برای نمونه های آبکاری شده در حمام سریم-لانتانیوم-پرمنگنات پس از زمانهای مختلف غوطه وری در محلول خورنده نمک طعام ۳/۵٪..... ۱۰۵

فهرست جداول

عنوان جدول ..... صفحه

جدول ۲-۱- عناصر تشکیل دهندهٔ آلیاژ منیزیم به همراه درصدهای وزنی آنها ۳۶

جدول ۳-۱- ترکیب شیمیایی حمام آبکاری سریم-پرمنگنات ۵۱

جدول ۳-۲- نتایج کمی حاصل از طیف EDAX برای نمونهٔ آبکاری شده به مدت ۲ ساعت در حمام سریم- پرمنگنات ۶۰

جدول ۳-۳- پارامترهای روش پلاریزاسیون برای نمونه های آبکاری شده در حمام سریم-پرمنگنات با زمانهای مختلف آبکاری بعد از ۶۰ دقیقه غوطه وری در محلول خورندهٔ ۰/۰۵ مولار سولفات سدیم۶۳

جدول ۳-۴- پارامترهای خوردگی بدست آمده از روش پلاریزاسیون برای نمونه های آبکاری شده به مدت ۲ ساعت در حمام سریم-پرمنگنات بعد از ۶۰ دقیقه غوطه وری در غلظت های مختلف سولفات سدیم ۶۵

جدول ۳-۵- پارامترهای امپدانس بدست آمده از طریق برازش نمودارهای نایکوئیست شکل ۳-۱۴ با استفاده از مدار معادل نشان داده شده در شکل۳-۱۶ ..... ۷۱

جدول ۳-۶- نتایج الکتروشیمیایی بدست آمده از اشکال ۳-۱۷ و ۳-۱۸ ..... ۷۴

جدول ۳-۷- پارامترهای امپدانس بدست آمده از طریق برازش نمودارهای نایکوئیست شکل ۳-۱۹ با استفاده از مدار معادل نشان داده شده در شکل۳-۲۱ ..... ۷۸

جدول ۳-۸- ترکیب شیمیایی حمام آبکاری لانتانیوم-پرمنگنات ۷۹

جدول ۳-۹- نتایج کمی حاصل از طیف EDAX برای نمونهٔ آبکاری شده به مدت ۳۰ دقیقه در حمام لانتانیوم پرمنگنات ۸۲

جدول ۳-۱۰- پارامترهای متناظر با نمودارهای پلاریزاسیون شکل ۳-۲۶ ..... ۸۴

جدول ۳-۱۱- داده های پلاریزاسیون متناظر با نمودارهای شکل ۳-۲۷ ..... ۸۶

جدول ۳-۱۲- پارامترهای پلاریزاسیون متناظر با شکل ۳-۲۸ ..... ۸۸

جدول ۳-۱۳- پارامترهای امپدانس بدست آمده از طریق برازش نمودارهای نایکوئیست شکل ۳-۹۱۲۹

جدول۳-۱۴- ترکیب شیمیایی حمام آبکاری سریم-لانتانیوم-پرمنگنات ۹۲

جدول ۳-۱۵- نتایج کمی حاصل از طیف EDAX برای نمونهٔ آبکاری شده به مدت ۶۰ دقیقه در حمام سریم-لانتانیوم-پرمنگنات ۹۴
جدول ۳-۱۶- داده های پلاریزاسیون متناظر با شکل ۳-۳۴..... ۹۷
جدول ۳-۱۷- پارامترهای پلاریزاسیون برای نمونه های شکل ۳-۳۵ ..... ۹۸
جدول ۳-۱۸- پارامترهای امپدانس بدست آمده از طریق برازش منحنی های نایکوئیست شکل۳-۳۶ ۱۰۱
جدول ۳-۱۹- پارامترهای پلاریزاسیون مربوط به شکل ۳-۳۸..... ۱۰۳
جدول ۳-۲۰- پارامترهای بدست آمده از نمودارهای نایکوئیست شکل ۳-۳۹..... ۱۰۵

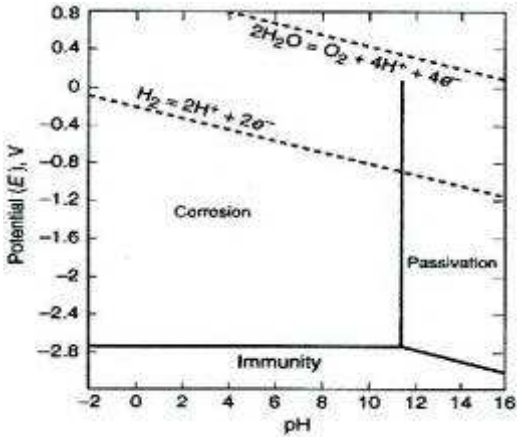
فصل اول

مقدمه و پیشینهٔ تحقیق

۱-۱- منیزیم و آلیاژهای منیزیم

استفادهٔ روز افزون بشر از سوخت های فسیلی منجر به مشکلات فراوان زیست محیطی گردیده است و لذا دانشمندان از دیرباز همواره در پی «روش هایی سبز» برای دستیابی به محیط زیستی پاک تر و سالمتر بوده اند. یکی از راه های کاهش مصرف سوخت های فسیلی، کاهش وزن قطعات وسایل نقلیه موتوری است. این کار از طریق کاربرد فلزات و آلیاژهای سبک تر به جای آهن و فولاد میسر می گردد. در این راستا منیزیم و آلیاژهای آن از اصلی ترین جایگزین ها برای فولاد به شمار می روند. منیزیم که یکی از سبک ترین فلزات تجاری است، عنصری با دانسیتهٔ $1/75\ g/cm^3$ (یک سوم آلومینیوم و یک پنجم آهن) است. نقطهٔ ذوب آن $651\ ^\circ C$ و نقطهٔ جوش آن $1090\ ^\circ C$ می باشد و در دمای $550\ ^\circ C$ در خلاء تبخیر می گردد. منیزیم فلزی نقره ای رنگ، نرم، سبک، چکش خوار و قابل مفتول شدن است و همچنین رسانای خوب حرارت و جریان الکتریسیته می باشد[۶]. منیزیم در طبیعت به صورت آزاد یافت نمی شود اما به صورت سنگ های معدنی مانند مگنزیت ،دولومیت و ... یافت می شود. منیزیم هشتمین عنصر و ششمین فلز فراوان پوستهٔ زمین است. همچنین ترکیبات منیزیم از لحاظ فراوانی چهارمین مادهٔ معدنی موجود در بدن می باشند(۵۰٪ منیزیم موجود در بدن در استخوان ها موجود است، ۱٪ در خون و ۴۹٪ بقیه در بافت ها و سلول ها وجود دارد). هنگامی که یک قطعه منیزیم خالص (غیر آلیاژی) در هوای آزاد در دمای اتاق قرار گیرد، یک لایهٔ اکسیدی خاکستری رنگ بر روی سطح آن ایجاد می شود. این لایه در معرض رطوبت به $Mg(OH)_2$ تبدیل می شود که در pH های بازی پایدار است اما درpH های اسیدی و خنثی ناپایدار می باشد. شکل ۱-۱ نمودار پوربه[1] منیزیم را در آب نشان می دهد[۲۹].

1- Pourbiax



شکل ۱-۱- نمودار پوربهٔ منیزیم در آب

در pH های اسیدی و خنثی، $Mg(OH)_2$ همراه با متصاعد شدن گاز هیدروژن در محلول حل می شود اما در محلول های بازی، $Mg(OH)_2$ ایجاد شده بر روی سطح باعث ایجاد روئینگی می شود[۲۹].

۱-۲- آلیاژهای منیزیم

از ترکیب منیزیم با عناصری مانند آلومینیوم، روی، منگنز، سیلیسیوم، مس، عناصر کمیاب، زیرکونیوم و ...آلیاژ تشکیل می شود. این آلیاژها را می توان بر حسب عوامل متعددی تقسیم بندی کرد که بر اساس یکی از این تقسیم بندی ها، آلیاژهای منیزیم به دو دستهٔ کلی تقسیم می شوند[۶]:

الف) آلیاژهایی که بین ۲ تا۱۰٪ آلومینیوم و مقدار کمی روی و منگنز دارند. این آلیاژها در دمای بالاتر از $95\ ^\circ C$ تا حدود $120\ ^\circ C$ خواص مکانیکی خوبی از خود نشان می دهند. مانند:AZ31،AZ61،AZ91 و ...

ب) دستهٔ دوم آلیاژهایی هستند که شامل عناصر مختلفی مانند: عناصر کمیاب، روی، توریم، نقره و ... به غیر از آلومینیوم هستند و به مقدار جزئی حاوی زیرکونیوم می باشند. این آلیاژها ساختار دانه ای ریزی دارند که خواص مکانیکی را بهبود می بخشد و در دماهای بالاتر خواص بهتری نسبت به دستهٔ