دانشکده فنی مهندسی مکانیک

گروه مهندسی مواد

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مواد – شناسایی، انتخاب و روش ساخت مواد مهندسی

عنوان

تهیه و بهینه سازی پوشش کروم از حمام سه ظرفیتی با استفاده از جریان آبکاری پالسی

استاد راهنما

دکتر شاهین خامنه اصل

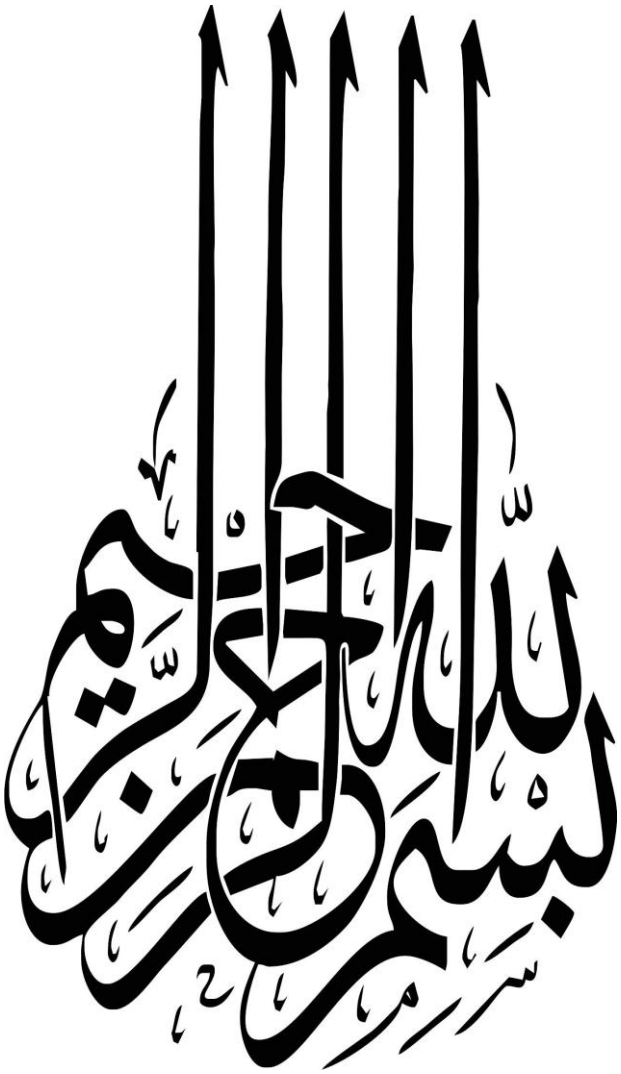
استاد مشاور

دکتر حسین آقاجانی

پژوهشگر

فاطمه قاسمی

شهریور ۱۳۹۱


بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تبریز

دانشکده فنی مهندسی مکانیک

گروه مهندسی مواد

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مواد - شناسایی، انتخاب و روش

ساخت مواد مهندسی

عنوان

تهیه و بهینه سازی پوشش کروم از حمام سه ظرفیتی با استفاده از جریان آبکاری پالسی

استاد راهنما

دکتر شاهین خامنه اصل

استاد مشاور

دکتر حسین آقاجانی

پژوهشگر

فاطمه قاسمی

شهریور ۱۳۹۱

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم که راه و رسم پاک زیستن را به من آموختند

و همسر عزیزم که همواره پشتیبان و حامی من هستند.

تقدیر و تشکر

با سپاس فراوان از زحمات بی دریغ جناب آقای دکتر شاهین خامنه اصل که نقش عمده ای در پیشبرد این پایان نامه داشته اند و اینجانب را در طول دوره تحصیلی و انجام پایان نامه یاری نموده اند. و از همکاری صمیمانه، استاد مشاور ارجمند، آقای دکتر حسین آقاجانی تشکر می کنم.

همچنین از همکاری صمیمانه آقای مهندس محمدرضا اطمینان فر و آقای مهندس میلاد بهامیریان و در پایان تمامی دوستانی که در این تحقیق مرا تنها نگذاشتند، تشکر می کنم.

نام خانوادگی: قاسمی **نام:** فاطمه

عنوان پایان‌نامه: تهیه و بهینه سازی پوشش کروم از حمام سه ظرفیتی با استفاده از جریان آبکاری پالسی

استاد راهنما: دکترشاهین خامنه اصل **استاد مشاور:** دکتر حسین آقاجانی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی مواد گرایش: شناسایی، انتخاب و روش ساخت مواد مهندسی

دانشکده: فنی مهندسی مکانیک گروه: مهندسی مواد تعداد صفحه: ۱۲۷

کلید واژه‌ها: کروم سه ظرفیتی، آبکاری پالسی، طراحی مرکب مرکزی، خوردگی

چکیده:

پوشش های کروم به صورت گسترده ای در صنعت خودرو، هوافضا و تولید به کار می روند. در مقایسه با حمام شش ظرفیتی حمام های سه ظرفیتی غیر سمی اند. به خاطر افت سریع چگالی جریان با زمان، پوشش های کروم سه ظرفیتی نمی توانند تا ضخامت های کافی برای کاربرد های مشابه کروم سخت آبکاری شوند. به نظر می رسد آبکاری با جریان پالسی بتواند این مشکل را برطرف کند. در این تحقیق اثر پارامتر های جریان پالس (مثل چرخه کار آندی و کاتدی، نسبت چگالی جریان آندی به کاتدی) بر بازده جریان مطالعه می شوند. حمام آبکاری در این تحقیق شامل کلریدکروم شش آبه (منبع یون کروم سه ظرفیتی) ، اسید فرمیک یا فرومات آمونیوم و استات سدیم (کمپلکس ساز)، کلرید آمونیوم و کلرید پتاسیم (افزایش هدایت الکتریکی حمام)، اسید بوریک (بافر)، بورماید آمونیوم (جلوگیری از واکنش اکسیداسیون یون های کروم سه ظرفیتی به کروم شش ظرفیتی)، دودسیل سدیم سولفات (کاهش تنش داخلی پوشش) است. آند و کاتد به ترتیب از جنس پلاتین و فولاد ساختمانی ST37، انتخاب شد. برای بهینه کردن پارامترهای آبکاری پالسی از روش طراحی آزمایش مرکب مرکزی استفاده شد. ریزساختار و آنالیز شیمیایی نمونه ها با میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد مطالعه قرار گرفت. سختی قبل و بعد از عملیات حرارتی با دستگاه میکروسختی سنج ویکرز اندازه گیری شد. در محلول های wt ٪۳/۵ نمک طعام و ۰/۵ مولار اسید سولفوریک، آزمایش ها پلاریزاسیون و امپدانس بر روی نمونه‌های پوشش داده شده با کروم شش ظرفیتی و سه ظرفیتی، انجام شد. مشاهده شد که که در آبکاری با جریان پالسی بازده جریان نسبت به آبکاری با جریان مستقیم افزایش می یابد و بالاترین بازده در شرایط چرخه کارکاتدی: ۷۳٪، چرخه کارآندی: ۹ ٪ و نسبت جریان آندی به کاتدی: ۰/۰۳ اتفاق می افتد. بعد از عملیات حرارتی به علت تشکیل کاربید کروم، سختی افزایش می یابد.

فهرست مطالب

عنوان ..... **صفحه**

فصل اول- مروری بر منابع ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ مروری بر آبکاری پوشش کروم سه ظرفیتی ۳

۱-۳ مقایسه حمام های کروم سه و شش ظرفیتی ۱۲

۱-۳-۱ معایب و مزایای فرایند آبکاری کروم شش ظرفیتی ۱۲

۱-۳-۲ معایب فرایند آبکاری کروم سه ظرفیتی ۱۴

۱-۴ خصوصیات عمومی پوشش کروم III ۱۴

۱-۴-۱ درخشندگی ۱۵

۱-۵ بازده جریان حمام‌های سه ظرفیتی کروم ۱۷

۱-۵-۱ اثر چگالی جریان اعمالی ۱۸

۱-۵-۲ تاثیرغلظت کروم در حمام ۲۲

۱-۵-۳تاثیر کمپلکس سازها ۲۴

۱-۵-۴تاثیر شرایط کاری ۲۶

۱- ۶ آبکاری پالسی ۲۷

۱-۶-۱ مفاهیم و اصطلاحات ۲۸

۱-۶-۲ تاثیر جریان پالس بر بازده الکتروشیمیایی ۲۹

۱-۶-۳ مزایا و محدودیت ها ۳۴

۱-۷ آبکاری پالسی و پالسی معکوس کروم شش ظرفیتی ۳۵

۱-۸ اثر پالس بر پارامتر های پوشش کروم سه ظرفیتی ۳۶

۱-۸-۱ اندازه دانه های رسوب و سرعت جوانه زنی ۳۷

۱-۸-۲ زبری سطح ۳۸

۱-۸-۳ ترک های درونی ۴۱

۱-۸-۴ ضخامت رسوب و بازده جریان ۴۳

۱-۸-۵ مورفولوژی دانه ها ۴۸

۱-۸-۶ تنش درونی و ریزسختی ۴۹

۱-۹ روش های مطالعه خوردگی - روش‌های الکتروشیمیایی ۵۰

۱-۹-۱ مقاومت پلاریزاسیون خطی (LPR) ۵۰

۱-۹-۲ منحنی‌های پلاریزاسیون تافل ۵۰

۱-۹-۳ روش امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) ۵۲

۱-۱۰ طراحی آزمایش ۵۳

فصل دوم

مواد و روش تحقیق ۵۴

۲-۱ مقدمه ۵۵

۲-۲ نمونه‌سازی و مراحل آماده‌سازی زیرلایه ۵۵

۲-۳ تهیه حمام ۵۷
۲-۴ آبکاری با جریان مستقیم ۵۸
۲-۴-۱ بررسی بازده جریان در پوشش‌ها ۵۸
۲-۴-۲ بررسی مورفولوژی و میزان کربن پوشش ها ۵۹
۲-۴-۳ انتخاب حمام و چگالی جریان بهینه ۵۹
۲-۵ آبکاری پالسی ۶۰
۲-۵-۱ طراحی آزمایش ۶۰
۲-۵-۲ بررسی ضخامت و بازده جریان ۶۳
۲-۵-۳ انتخاب شرایط بهینه آبکاری پالسی جهت بالاترین بازده ۶۳
۲-۶ مقایسه پوشش کروم سه و شش ظرفیتی ۶۳
۲-۶-۱ اندازه گیری سختی ۶۴
۲-۶-۲ بررسی مقاومت به خوردگی ۶۴
۲-۶-۲-۱ مقاومت پلاریزاسیون و رسم نمودار تافل ۶۴
۲-۶-۲-۲ امپدانس الکتروشیمیایی ۶۶

فصل سوم

نتایج وبحث ۶۷
۳-۱ نتایج بدست آمده از آبکاری با جریان مستقیم ۶۹
۳-۱-۱ نتایج بازده جریان ۶۹

۳-۱-۲ بررسی مورفولوژی پوشش ها ۷۰
۳-۱-۲ بررسی میزان کربن پوشش ها ۷۳
۳-۱-۳ انتخاب حمام و چگالی جریان بهینه ۷۵
۳-۲ نتایج آبکاری پالسی ۷۶
۳-۲-۱ نتایج بازده جریان و ضخامت پوشش ها ۷۶
۳-۲-۲ انتخاب شرایط بهینه آبکاری پالسی جهت بالاترین بازده ۷۸
۳-۲-۲-۱ انتخاب مدل ریاضی ۷۹
۳-۲-۲-۲ آنالیز واریانس ۸۱
۳-۲-۲-۳ تاثیر پارامتر های آبکاری پالسی بر بازده جریان ۸۲
۳-۲-۲-۴ بهینه سازی شرایط آبکاری ۸۸
۳-۲-۲-۴ بررسی تصاویر متالوگرافی ۹۰
۳-۳ نتایج مقایسه پوشش کروم سه و شش ظرفیتی ۹۲
۳-۳-۱ نتایج اندازه گیری سختی ۹۲
۳-۳-۲ نتایج آزمون مقاومت به خوردگی ۹۳
۳-۳-۳ نتایج بررسی مقاومت پلاریزاسیون ۹۳
۳-۳-۴ نتایج بررسی امپدانس الکتروشیمیایی ۹۷
۳-۴ نتایج تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی و آنالیز EDS ۱۰۴

فصل چهارم

نتیجه‌گیری و پیشنهاد ها ۱۱۰

۴-۱ نتیجه‌گیری ۱۱۱

۴-۲ پیشنهاد ها ۱۱۳

مراجع ۱۱۴

پیوست ۱۱۸

فهرست اشکال و جداول

عنوان.....صفحه

شکل ۱-۱ پروفیل خطی طیف الکترون اوژه برای مقطع پوشش Cr-C در a)حمام شش ظرفیتی کروم و b)حمام سه ظرفیتی کروم ۱۷

شکل ۱-۲ بازده جریان واکنش آزاد شدن هیدروژن و واکنش احیای یون‌های کرم در کاتد ساکن و در پتانسیل‌های اعمالی متفاوت ۱۹

شکل ۱-۳ بازده جریان واکنش آزاد شدن هیدروژن با حضور کمپلکس ساز در حمام و بدون آن ۲۰

شکل ۱-۴ بازده جریان واکنش احیای Cr^{2+} به $Cr(s)$ با حضور کمپلکس ساز در حمام و بدون آن.. ۲۰

شکل ۱-۵ بازده جریان برای واکنش احیای یون‌های Cr^{3+} به Cr^{2+} با حضور کمپلکس ساز در حمام و بدون آن ۲۱

شکل۱-۶ نمودار دانسیته جریان در برابر پتانسیل برای واکنش‌های آزاد شدن هیدروژن، احیای یون‌های Cr^{3+} به Cr^{2+} ، و احیای Cr^{2+} به $Cr(s)$ در محلول حاوی $M\ CrCl_3$ ۰/۴ و فرمات آمونیم و استات سدیم ۲۲

شکل ۱-۷ بازده جریان به صورت تابعی از غلظت Cr^{3+} در pH= ۲/۵ ، دمای ^0C ۳۵ و دانسیته جریان ۵ A/dm^2 ..... ۲۳

شکل۱-۸ بازده جریان محلول‌های کرم سه ظرفیتی بدون افزودنی آلی (حمام ۱) و با افزودن: فرمات سدیم+اوره (حمام ۲)، فرمات سدیم+اوره+ هیدرازین (حمام ۳)، فرمات سدیم+ اوره+هیدروکسی لمینو فسفات (حمام ۴) در $A\ dm^{-2}$ ۳۰ و دمای ^0C ۵۰ ..... ۲۵

شکل ۱-۹ تاثیر pH در بازده جریان حمام سه ظرفیتی کرم در دانسیته جریان ۵ آمپر بر دسی متر مربع.۲۶

شکل۱-۱۰ نمودار یک سیکل منتاوب معکوس شونده ۳۱

شکل۱-۱۱ تغیرات واکنش های رقیب با سینتیک های متفاوت تولید شده توسط افزایش چگالی جریان مجموع i_T که $R_1=i_1/i_T$ بازده جریان کاتدی است ۳۲

شکل۱-۱۲ مورفولوژی سطح لایه کروم در دو ونیم ساعت آبکاری a) پالسی با نسبت زمان روشن به خاموش ده به نیم و b) جریان مستقیم ۳۸

شکل ۱-۱۳ توپوگرافی و مورفولوژی لایه کروم در دو ونیم ساعت آبکاری a) پالسی با نسبت زمان روشن به خاموش ده به نیم و b) جریان مستقیم ۳۹

شکل ۱-۱۴ ضخامت ها در چگالی جریان مستقیم ۰/۴ آمپر بر سانتی متر مربع، با چگالی جریان چهارگوش ۱/۵ آمپر بر سانتی متر مربع و پتانسیل ۴/۸ ولت و نسبت زمان روشن و خاموش متفاوت ۴۰

شکل ۱-۱۵ .بزرگنمایی خوشه های کروم در چگالی جریان مستقیم ۰/۴ آمپر بر سانتی متر مربع، با چگالی جریان چهارگوش ۱/۵ آمپر بر سانتی متر مربع و پتانسیل ۴/۸ ولت و نسبت زمان روشن و خاموش متفاوت ۴۱

شکل ۱-۱۶ سطح کروم پس از ۷۲ ساعت آزمایش پاشش مه نمک خنثی ۴۳

شکل ۱-۱۷ مقایسه ضخامت های جریان پالس و جریان مستقیم ۴۵

شکل ۱-۱۸ نمودار پلاریزاسیون تافل و نواحی مربوط به قانون تافل ۵۱

شکل ۲-۱ شماتیکی از روند انجام تحقیق ۵۵

شکل۲-۲ سیستم سه الکترودی مورد استفاده در روش‌های الکتروشیمیایی ۶۶

شکل ۳-۱ تاثیر چگالی جریان آبکاری برروی بازده جریان در حمام های شماره یک و دو ۶۹

شکل ۳-۲ مورفولوژی سطحی پوشش های کروم آبکاری شده از حمام شماره یک در دانسیته جریان های ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰ و ۳۵۰ میلی آمپر بر سانتی متر مربع ۷۰

شکل ۳-۳ مورفولوژی سطحی پوشش های کروم آبکاری شده از حمام شماره دو در دانسیته جریان های به ترتیب۵۰، ۱۰۰ و۲۰۰ میلی آمپر بر سانتی متر مربع ۷۱

شکل۳-۴ آنالیز EDS از نمونه پوشش داده شده با چگالی جریان الف)۵۰، ب) ۱۰۰و ج) ۲۰۰ میلی آمپر بر سانتیمترمربع از حمام شماره ۲ ..... ۷۳

شکل ۳-۵ درصد نسبی کربن پوشش های کروم آبکاری شده در دانسیته جریان های مختلف در حمام های شماره یک و دو ۷۴

شکل ۳-۶ تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع نمونه آبکاری شده پالسی با شرایط چرخه کارکاتدی: ۷۹٪، چرخه کارآندی:۸ ٪ و نسبت جریان آندی به کاتدی:۰/۰۷ با بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر ۷۶

شکل ۳-۷ نمودار احتمال توزیع نرمال ۸۱

شکل ۳-۸ نمودار perturbation ۸۲

شکل ۳-۹ منحنی سطوح نشان دهنده تاثیر متقابل فاکتور های چرخه کار کاتدی و آندی بر بازده جریان، الف: سه بعدی، ب: دو بعدی ۸۳

شکل ۳-۱۰ منحنی سطوح نشان دهنده تاثیر متقابل فاکتور های چرخه کار کاتدی ونسبت چگالی جریان آندی به کاتدی بر بازده جریان، الف: سه بعدی، ب: دو بعدی ۸۴

شکل ۳-۱۱ منحنی سطوح نشان دهنده تاثیر متقابل فاکتور های چرخه کار آندی و نسبت چگالی جریان آندی به کاتدی بر بازده جریان، الف: سه بعدی، ب: دو بعدی ۸۵

شکل ۳-۱۲ شرایط پیش بینی شده برای بالاترین بازده ۸۷

شکل ۳-۱۳ تصاویر میکروسکوپ نوری از نمونه های با شماره استاندارد به ترتیب ۴، ۳، ۲، ۱ و ۱۵ ..... ۸۹

شکل ۳-۱۴ منحنی های پلاریزاسیون پوشش ها در محلول نمک طعام الف: کروم سه ظرفیتی ب: کروم شش ظرفیتی ۹۲

شکل۳-۱۵ منحنی های پلاریزاسیون پوشش ها در محلول اسید سولفوریک، الف: کروم سه ظرفیتی ب: کروم شش ظرفیتی ۹۴

شکل ۳-۱۶ مدار معادل برای پوشش کروم سه وشش ظرفیتی در محیط نمک طعام و اسید سولفوریک ۹۵

شکل ۳-۱۷ منحنی نایکوییست پوشش کروم الف: سه ظرفیتی، ب: شش ظرفیتی در محلول NaCl٪۳/۵ ..... ۹۶

شکل ۳-۱۸ منحنی نایکویست پوشش کروم الف: سه ظرفیتی ب: شش ظرفیتی در محلول اسید سولفوریک ۹۷

شکل۳-۱۹ مدل مناسب برای یک الکترود فلزی در حال خورده شدن در محلول ۹۹

شکل ۳-۲۰ مدل فیزیکی مناسب برای نمونه پوشش دار ۱۰۱

شکل ۳-۲۱ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از پوشش کروم الف: سه ظرفیتی، ب: شش ظرفیتی ۱۰۳

شکل ۳-۲۲ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نمونه های پوشش داده شده کروم الف: سه ظرفیتی، ب: شش ظرفیتی بعد از آزمون خوردگی در محیط نمک طعام ۱۰۵

شکل ۳-۲۳ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نمونه های پوشش داده شده کروم الف: سه ظرفیتی، ب: شش ظرفیتی در محیط اسید سولفوریک ۱۰۶

شکل ۳-۲۴آنالیزEDS به ترتیب برای پوشش های الف: کروم شش و ب: کروم سه ظرفیتی بعد از آزمون خوردگی در محلول نمک طعام ۱۰۷

شکل ۳-۲۵ آنالیزEDS به ترتیب برای پوشش های الف: کروم شش و ب: کروم سه ظرفیتی بعد از آزمون خوردگی در محلول اسید سولفوریک ۱۰۸

جدول۱-۱ ترکیب حمام و شرایط آبکاری ارائه شده توسط توماسچوسکی ۵

جدول۱-۲ حمام آبکاری کروم III ارائه شده توسط لاشمور ۶

جدول۱-۳ حمام و شرایط آبکاری کروم III ارائه شده توسط دوان و همکارانش ۷

جدول۱-۴ حمام آبکاری کروم III ارائه شده توسط کودریتسو و همکارانش ۸

جدول۱-۵ حمام آبکاری کروم III ارائه شده توسط کودریتسو و همکارانش ۹

جدول۱-۶ حمام و شرایط آبکاری کروم III ارائه شده توسط رنز و همکارانش ۱۰

جدول ۱-۷ حمام کروم III ارائه شده توسط ادیگاریان ۱۰

جدول ۱-۸ شرایط آبکاری کروم سخت ارائه شده توسط ادیگاریان ۱۱

جدول ۱-۹ شرایط آبکاری کروم تزئینی ارائه شده توسط ادیگاریان ۱۱

جدول ۱-۱۰مقدار اکسیژن و کربن پوشش‌های کروم آبکاری شده از الکترولیت‌های سه ظرفیتی کروم با افزودن اسید فرمیک و مشتقات آن در غلظت 0.2 M ۱۶

جدول ۱-۱۱ تاثیر غلظت کلرید کروم در بازده جریان کاتدی محلول آبکاری ۳۴

جدول۱-۱۲ ضخامت ها و اندازه خوشه ها ۴۴

جدول۱-۱۳ بازده جریان رسوب کروم با مقادیر مختلف چگالی جریان و سیکل کاری و فرکانس پالس ۴۶

جدول ۱-۱۴ آزمایش های انجام شده توسط تیلور و همکارانش ۴۷

جدول ۱-۱۵ نتایج آزمایش های آمده در جدول ۱-۸ ..... ۴۴

جدول ۱-۱۶ نتایج ریزسختی سنجی نوپ ۴۹

جدول ۲-۱ ترکیب حمام آبکاری کروم سه ظرفیتی (حمام شماره یک و دو) ۵۷

جدول ۲-۲ شرایط آبکاری پالسی انتخاب شده ۶۰

جدول ۲-۳ متغیرهای آزمایش، واحدها و نمادها ۶۱

جدول ۲-۴ مقادیر واقعی و کد شده متغیر ها در سطح های مختلف ۶۱

جدول ۲-۵ آزمایشهای انجام شده در طرح مرکب مرکزی ۶۲

جدول ۲-۶ شرایط آبکاری پالسی نمونه های پوشش داده شده کروم شش ظرفیتی ۶۴

جدول ۳-۱ نتایج بازده جریان نمونه های آبکاری شده با جریان پالسی ۷۵

جدول ۳-۲ نتایج تحلیل آنالیز واریانس ۸۰

جدول ۳-۳ نتایج بدست آمده با آزمایش و نتایج پیش بینی شده ۸۸

جدول ۳-۴ نتایج میکرو سختی ۹۰

جدول۳-۵ مقادیر به دست آمده برای جریان و پتانسیل خوردگی در شرایط غوطه وری در محلول نمک طعام ۹۳

جدول۳-۶ مقادیر به دست آمده برای جریان و پتانسیل خوردگی در شرایط غوطه وری در محلول اسید سولفوریک ۹۵

جدول۳-۷ داده های خوردگی به دست آمده از طیف های امپدانس پوشش ها در محلول نمک طعام .۹۸

جدول۳-۸ داده های خوردگی به دست آمده از طیف های امپدانس پوشش ها در محلول اسید سولفوریک ۹۸

فصل اوّل

مروری بر منابع

۱-۱- مقدمه

آبکاری پوشش کروم از حمام های سه ظرفیتی اولین بار در اواسط قرن نوزده انجام شد[۱]. در سال ۱۹۷۵ فرایند آبکاری پوشش کروم III به صنعت آبکاری معرفی شد. گرچه این فرایند فقط برای پوشش کروم تزئینی با ضخامت کمتر از ۲/۵ میکرومتر بود [۲]. پوشش کروم به طور گسترده برای افزایش سختی و مقاومت به سایش و مقاصد تزئینی به کار می رود. ضخامت پوشش کروم تزئینی کمتر از۰/۵ میکرومتر است، و ضخامت پوشش کروم سخت در محدوده ۱/۳ تا ۷۶۰ میکرومتر است [۳ و۴].

عمده مزیت حمام‌های سه ظرفیتی نسبت به حمام‌های شش ظرفیتی غیر سمی بودن یون‌های Cr(III) است [۵]. بالا بودن نرخ آزاد شدن هیدروژن در حین آبکاری کروم از حمام‌های شش ظرفیتی باعث می‌شود که ذرات اسید کرومیک به صورت مه در هوا پخش شوند و محیط را آلوده کنند [۶ و۷]. از دیگر مزیت‌های حمام‌های سه ظرفیتی دوبرابر بودن اکی والان الکتروشیمیایی یون‌های سه ظرفیتی نسبت به یون‌های شش ظرفیتی است [۸]. با توجه به این موارد اتحادیه اروپا قوانینی را به منظور محدود کردن استفاده از کروم شش ظرفیتی در تجهیزات الکترونیکی تصویب کرده است. همچنین استفاده از کروم شش ظرفیتی از سال ۲۰۱۰ در ایالات متحده ممنوع شده است [۳].

۱-۲ آبکاری پوشش کروم سه ظرفیتی

برخی تحقیقات انجام شده روی آبکاری پوشش کروم III از سال های ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۱ در زیر آمده است:

لوی و مامیر[1] روی پوشش کروم از محلول های غیر آبی آمیدی مطالعه کردند. مقدار آب در این محلول ها کمتر از ppm ۴۰۰ به منظور جلوگیری از تشکیل کمپلکس کروم مثل $[Cr(H_2O)_6]^{+3}$ بود. پوشش کروم ازفرومات هگزاآمین[2] در یک محلول شامل استامید[3] و فورمامید[4] (با نسبت مولی ۳:۷) با بازده جریان کمتر از ۵۰٪ راسب می شد. با این وجود ترکیب حمام برای کارکرد طولانی مدت ناپایدار بود [۹].

درلا و همکارانش[5] روی پوشش کروم سه ظرفیتی از کمپلکس های استات مطالعه کردند . آن ها پوشش کروم را به طور مستقیم از محلول های حاوی $Cr(OOCCH_3)_3$، CH_3COONH_4 و $HClO_4$ در pH ۳/۵ تا ۴/۵ به دست آوردند. تصاویر به دست آمده از میکروسکوپ الکترونی نشان داد که پوشش کروم حاصل از این حمام دارای برآمدگی[6] است [۱۰].

به علت اکسید شدن اکثر یون های کروم III به یون های VI در سطح آند، در سال ۱۹۸۴ توماچوسکی[7] اختراعی در رابطه با استفاده از فلز های نجیب مثل طلا، پلاتین و پالادیوم به عنوان یون های احیا کننده منتشر کردکه با استفاده از این یون ها میزان یون های کروم VI کاهش می یافت. ترکیب این حمام در جدول ۱-۱ آمده است. این محقق بر این باور است که یون های کروم VI در بازده جریان و قدرت پوشش دهی دخالت می کنند، اطلاعات به خصوصی در مورد خواص پوشش به دست آمده فاش نشده است [۱۱].

[1] Levy and Mamyer

[2] Hexaamminechromium III formate

[3] acetamide

[4] formamide

[5] Drela

[6] nodulous

[7] Tomaszewski