



دانشگاه آزاد اسلامی
معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی

دانشکده علوم

گروه آموزشی شیمی کاربردی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته شیمی گرایش شیمی فیزیک

اعمال پوشش نیکل-بور نانوکامپوزیتی از طریق روش الکترولس و بررسی خواص آن

پژوهشگر:

طاهره میری

استاد راهنما:

دکتر داود سیف زاده

استاد مشاور:

دکتر زهرا رجبعلی زاده

(۱۹ بهمن ۹۸)

عنوان و نام پدیدآور: اعمال پوشش نیکل-بور نانوکامپوزیتی از طریق روش الکترولس و بررسی خواص آن

استاد راهنما:	دکتر داود سیف زاده	طاهره میری
استاد مشاور:	دکتر زهرا رجبعلی زاده	
تاریخ دفاع:	۱۳۹۸/۱۱/۱۹	
تعداد صفحات:	۷۵ ص	
شماره پایان نامه:	گروه شیمی کاربردی	

چکیده:

هدف: روش آبکاری الکترولس یک روش عمومی و شناخته شده برای اعمال پوشش های فلزی بر روی بسترهای مختلف می باشد. از بین پوشش های مختلف الکترولس، پوشش نیکل-بور به دلیل خواص منحصر به فرد از جمله سختی بالا مورد توجه می باشد. با استفاده از راهکارهای مختلف از جمله بهینه کردن شرایط حمام آبکاری می توان خواص پوشش های الکترولس Ni-B از قبیل خواص ضد خوردگی و مکانیکی را ارتقاء داد. یک روش عمومی دیگر برای ارتقاء خواص مذکور وارد کردن نانوذرات در داخل پوشش های نیکل-بور به منظور تهیه نانوکامپوزیت می باشد.

روش شناسی پژوهش: در کار پژوهشی اخیر، به آبکاری الکترولس Ni-B بر روی آلیاژ AM60B پرداخته شد. سپس تاثیر افزودن نانوذرات MMT و MCM-41 بر روی مورفولوژی، ترکیب شیمیایی و ریزساختار با استفاده از روش هایی مانند SEM، EDS و XRD مورد مطالعه قرار گرفت. جهت بررسی میکروسختی، تخلخل و چسبندگی پوشش ها از تست های سنجش میکروسختی، تخلخل و شوک حرارتی استفاده شد. در نهایت رفتار الکتروشیمیایی پوشش های حاصله در محیط های خورنده با استفاده از روش هایی همچون PDP و EIS بررسی شد.

یافته ها و نتیجه گیری: نتایج بدست آمده نشان می دهد که پوشش الکترولس Ni-B دارای ساختار گل کلمی با سطح یکنواخت و متراکم می باشد. پوشش های اعمالی فاقد خلل و فرج بوده و مانع نفوذ محلول خورنده از طریق فضای بین دانه ای به سطح آلیاژ می گردد. همچنین چسبندگی مناسبی بین پوشش ها با سطح آلیاژ وجود دارد. علاوه بر این افزودن نانوذرات باعث افزایش قابل توجهی در مقاومت خوردگی و کاهش چشمگیری در شدت جریان خوردگی شده است.

واژه های کلیدی: آبکاری بدون برق، نیکل-بور، نانوذرات، SEM، EIS

۱- مقدمه و هدف

۱-۱- پوشش

به کارگیری پوشش‌های مقاوم در برابر خوردگی، از راه‌های حفاظت در برابر خوردگی به شمار می‌رود. پوشش به لایه‌ای از مواد کم ضخامت اطلاق می‌شود که به منظور اهدافی از قبیل بهبود مقاومت سطحی، بهبود مقاومت خوردگی، زیبایی ظاهری و عایق نمودن حرارتی روی سطح فلز روکش می‌شود [۱ و ۲]. عملکرد حفاظتی پوشش‌ها به سه روش کلی صورت می‌گیرد:

الف) پوشش‌های جداکننده: این پوشش‌ها در ممانعت از تماس سطح فلز با محیط خارج نقش دارند. رنگ، پوشش کروم و یا طلا بر روی آهن نمونه‌هایی از پوشش‌های جداکننده هستند که باعث جدا نگه داشتن سطح فلز از محیط خارج می‌شوند. [۳].

ب) پوشش‌های فدا شونده: در این نوع پوشش، پوشش استفاده شده تخریب شده و مانع تخریب فلز بستر می‌شوند. نمونه‌ای از این نوع پوشش‌ها، آهن گالوانیزه می‌باشد. مزیت این پوشش‌ها در مقایسه با پوشش‌های جداکننده این است که در صورت ایجاد خراش بر روی پوشش‌های جداکننده، فلز بستر شروع به خوردگی می‌کند ولی اگر پوشش فدا شونده خراشیده شود، به علت این که در نقش آند عمل می‌کند، شروع به خوردگی می‌کند و بدین واسطه از خوردگی در فلز بستر جلوگیری می‌کند [۴].

ج) پوشش‌های بازدارنده یا موقت: این پوشش، همان‌طور که از نام آن پیداست، به صورت موقتی عمل پوشش‌دهی را انجام می‌دهند. نمونه‌ای از این نوع پوشش‌ها، گریس مالی آهن برای جلوگیری از خوردگی است که به راحتی می‌توان آن را پاک کرد.

۱-۲- انواع پوشش‌ها

از دیدگاه جنس می‌توان پوشش‌ها را به سه دسته‌ی پوشش‌های معدنی، آلی و فلزی تقسیم کرد که در زیر به شرح مختصری از آن‌ها خواهیم پرداخت:

۱-۲-۱- پوشش‌های آلی

این پوشش‌ها به صورت لایه‌ی بسیار نازکی، از فلز در برابر محیط خورنده حفاظت می‌کنند. از جمله پوشش‌های آلی می‌توان به انواع رنگ‌ها، لاک‌ها، لعاب‌ها، پلاستیک‌ها و لاستیک‌های قیری اشاره کرد که با قطع ارتباط فلز با محیط شرایط حفاظت از فلزات را فراهم می‌کنند. رنگ کردن با قلم مو، پاشش رنگ، پوشش‌دهی با غلتک، پوشش‌دهی چند لایه، پوشش‌دهی پودری و ترسیب الکتریکی از روش‌های اعمال این پوشش‌ها بر روی بستر می‌باشد. خواص مرتبط با شبکه

پلیمری پوشش‌های آلی و نواقص احتمالی در این شبکه، آماده‌سازی سطح، ویژگی‌های فلز بستر و روش‌های مورد استفاده برای اعمال پوشش کارآمدی پوشش‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهند. ساده‌ترین نوع پوشش آلی، استفاده از رنگ به عنوان استر و رویه است. رنگ‌ها که مخلوطی از رنگ دانه‌ها با روغن‌های خشک‌کننده هستند، عموماً پوشش‌هایی چسبنده هستند. رنگ دانه‌ها معمولاً پودرهای خشکی هستند که در محیط رنگ نامحلول بوده و مخلوط نمودن آن‌ها از طریق روش‌های پراکنده‌سازی صورت می‌گیرد. [۱ و ۵].

۱-۲-۲- پوشش‌های معدنی

این پوشش‌ها شامل ترکیبات معدنی بوده و اغلب از جنس شیشه و سیمان هستند. عمده‌ترین پوشش‌های معدنی لعاب‌های شیشه‌ای هستند. پوشش‌های شیشه‌ای، پوشش‌هایی از جنس شیشه بوده و در بعضی از موارد به منظور حفاظت از فلزات بر روی آن‌ها پوشش داده می‌شوند. این پوشش‌ها که دارای ضریب انبساط گرمایی مناسب هستند، به صورت مذاب روی سطوح فلزات استفاده می‌شوند. جهت اعمال این پوشش‌ها بایستی قطعه مورد نظر از طریق اسید شویی به‌طور کامل تمیز شود و سپس با پودر، شیشه اندود شده و داخل کوره مخصوصی حرارت داده شود تا پوشش یکنواختی از شیشه مذاب در تمامی سطح فلز ایجاد شود. با تکرار این فرایند می‌توان چندین لایه روی قطعه مورد ایجاد کرد. لعاب‌های شیشه‌ای اغلب برای پوشش فولادها استفاده می‌شود و گاهی اوقات برای فلزاتی نظیر مس، برنج و آلومینیوم نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. ظروف و مخازنی که دارای پوشش شیشه‌ای هستند، به نام ظروف لعابی معروفند. این پوشش‌ها بیشتر در صنایع غذایی و شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ذکر این نکته ضروری است که این پوشش‌ها زمانی فلز را از خوردگی محافظت می‌کنند که عاری از هرگونه خراش یا معایب دیگر باشند. همچنین لعاب‌های شیشه‌ای جهت حفاظت تجهیزات در مقابل گازها و یا بخارهای داغ (مثلاً در آگروز هواپیما) کاربرد دارند.

پوشش‌های سیمانی نیز دسته‌ای از پوشش‌های معدنی به شمار می‌روند و باعث تشکیل لایه‌های سدی و تا حدی قابل نفوذ بر روی نمونه می‌شوند. کلسیم آلومینات، پتاسیم سیلیکات و پتاسیم سیلیکات اصلاح شده با سدیم سیلیکات از انواع پوشش‌های سیمانی هستند. ضربه‌ی مکانیکی یا حرارت می‌تواند باعث تخریب پوشش‌های سیمانی شود ولی به راحتی می‌توان آن‌ها را اصلاح کرد. این پوشش‌ها در محیط‌های قلیایی قوی، اسید هیدروفلوریک و یا نمک‌های فلوریدی مقاومتی از خود نشان نمی‌دهند [۶ و ۷].

۱-۲-۳- پوشش‌های فلزی

هر نوع فلزی که بتواند به طریق الکتریکی، شیمیایی و مکانیکی رسوب داده شود را می‌توان به

عنوان پوشش محافظتی مورد استفاده قرار داد. این گونه پوشش‌ها را از نظر جنس و خواص به دو دسته تقسیم می‌کنند [۸]:

الف) پوشش‌های فلزی کاتدی

مانند پوشش‌های نیکل، نقره، مس، سرب و کروم. مهم‌ترین عیب این پوشش‌ها تخریب سریع فلز پایه در اثر وجود تخلخل در پوشش است. جهت رفع این عیب می‌توان منافذ پوشش را پر کرد و یا اینکه ضخامت آن را افزایش داد. این نوع پوشش‌ها در حالت ایده‌آل حفاظت در برابر خوردگی خوبی دارند.

ب) پوشش‌های فلزی آندی

این گونه پوشش‌ها اغلب از جنس آلومینیوم، کادمیوم، قلع و روی هستند. در این پوشش‌ها حتی در صورت وجود حفره روی پوشش، پوشش آند و فلز بستر کاتد می‌باشد و مشکلی پیش نمی‌آید. به عبارتی فلز بستر به روش حفاظت کاتدی محافظت می‌شود.

۳-۱- روش‌های اعمال پوشش‌های فلزی

مهم‌ترین روش‌های اعمال پوشش‌های فلزی عبارتند از [۴ و ۹]:

۱-۳-۱- غوطه‌وری در مذاب

در این روش فلز مورد نظر در داخل حمام مذاب ترکیباتی مثل روی، قلع، سرب و آلومینیوم غوطه‌ور می‌شود. مثال ساده این روش، ورق‌های گالوانیزه است. گالوانیزه کردن، پوشش دادن آهن و فولاد با روی است. در گالوانیزه کردن به روش غوطه‌وری، قطعه مورد نظر در حمام مذاب روی فرو برده می‌شود. این عمل سبب می‌شود لایه‌ای از روی روی سطح فلز را بپوشاند. روش غوطه‌وری مذاب یکی از ساده‌ترین روش‌های اعمال پوشش حفاظتی می‌باشد. یکی از محدودیت‌های این روش این است که نقطه ذوب فلز پوشش بایستی پایین‌تر از فلز بستر باشد. استفاده از فلزات با دمای ذوب بالا هم انرژی زیادی برای ذوب می‌خواهد و هم عملی نیست.

۲-۳-۱- روش غلافی

با این روش یک فلز ارزان قیمت را که در برابر خوردگی مقاوم نیست، تبدیل به یک فلز مقاوم در برابر خوردگی می‌کنند. در این روش، یک لایه بر روی فلز و یک لایه هم در زیر فلز ایجاد می‌کنند و فلز بین دو لایه قرار می‌گیرد. مثلاً می‌توان فولاد یا چدن را با لایه‌ای از فولاد زنگ نزن ساندویچ کرد.

۳-۳-۱- ترسیب فاز بخار

رسوب‌دهی از فاز بخار به فرآیندی اطلاق می‌شود که در آن ترکیبات فرار از یک ماده و یا گازهای دیگر جهت تهیه و رسوب دادن یک ماده جامد غیرفرار به صورت اتمی بر روی یک زیرلایه مناسب استفاده می‌شوند. رسوب‌دهی شیمیایی از فاز بخار^۱، رسوب لایه اتمی^۲، رسوب‌دهی فیزیکی از فاز بخار^۳ و القای یون^۴ نمونه‌هایی از این فرآیندها می‌باشند که برای تولید پوشش‌ها و لایه‌های نازک استفاده می‌شوند و در ساخت وسایل مختلف کاربردهای زیادی دارند. این فرآیندها تاثیرات زیان‌آور کمی بر روی محیط می‌گذارند، سرعت رسوب‌دهی مواد در آن‌ها به نسبت زیاد است، توانایی جهت‌دهی رسوب، کنترل مورفولوژی سطح، کنترل ساختار کریستال را دارند و می‌توان با استفاده از آن‌ها رسوب‌هایی با درصد خلوص بالا بدست آورد ولی برای اعمال این پوشش‌ها هزینه بسیار بالایی نیاز است.

۳-۳-۴- آبکاری الکتروشیمیایی

آبکاری فرآیندی است برای قرار دادن لایه‌ای از فلزات و یا غیر فلزات بر روی فلزات یا غیر فلزات دیگر به منظور جلوگیری از فرآیند اکسیداسیون، سایش، افزایش مقاومت سطحی و غیره است.

۳-۴-۱- هدف از آبکاری

هم زمان با پیشرفت تکنولوژی و ورود به مرزهای ناشناخته جهان هستی، پیچیدگی جهان ارتباطات و رقابت‌های شدید جهانی، نیاز به ابزار و وسایل مدرن و ساخت قطعات و کالاهای که هزینه تولید کمی داشته باشند بیش از پیش احساس می‌گردد. فلزات لازم برای ساخت چنین قطعات و کالاهایی عمدتاً کمیاب و گران قیمت می‌باشند. خسارت‌ها و آسیب‌هایی ناشی از خوردگی به یکی از معضلات جامعه بشری تبدیل شده است. به طوری که میزان خسارت‌ها و ضررهای ناشی از آن را می‌توان بر اساس آمارهای موجود رقمی برابر با ۴/۵ درصد تولید ناخالص ملی کشورهای جهان اعلام کرد. صنعت آبکاری با توجه به اهداف ذیل قادر است میزان خسارت ناشی از خوردگی را به طور قابل توجهی کاهش داده و جامعه بشری را در تولید قطعات، وسایل، ابزار و کالاهای با هزینه‌ای بسیار کم، با توجه به اولویت حفظ منابع معدنی و طبیعی و استفاده بهینه از آنها یاری نماید.

-
- 1 . Chemical Vapor Deposition (CVD)
 - 2 . Atomic Layer Deposition (ALD)
 - 3 . Physical Vapor Deposition (PVD)
 - 4 . Ion Implantation

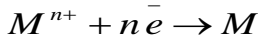
الف - صرفه جویی کلان اقتصادی در ساخت قطعات و کالاهای

ب - مقاومت به خوردگی، سایش و افزایش عمر مفید قطعه

ج - بهداشتی نمودن قطعات و جلوگیری از مشکلات زیست محیطی

د - زیبا سازی قطعات و کالاهای

واکنش انجام گرفته در فرآیند آبکاری به طور کلی به صورت زیر می‌باشد:



در این رابطه، M^{n+} کاتیون مربوط به فلزی است که بر روی فلز بستر ترسیب می‌شود. بسته به اینکه الکترون‌های مورد نیاز برای ترسیب فلز از چه منبعی تأمین شود، آبکاری به دو دسته زیر تقسیم می‌شود:

۲-۴-۳-۱- آبکاری الکتریکی یا با برق

در آبکاری الکتریکی یا آبکاری با برق از جریان برق، جهت اعمال لایه نازکی از یک فلز روی سطح فلزی دیگر استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، الکترون‌های مورد نیاز جهت احیای کاتیون از طریق جریان برق تأمین می‌شوند. حمام آبکاری الکتریکی شامل آند، کاتد، الکتrolیت و منبع جریان است. در آبکاری الکتریکی، عبور جریان مستقیم از الکتrolیت منجر به رسوب فلز محلول روی کاتد و ورود مقداری از فلز آند درون محلول می‌شود در نتیجه، الکتrolیت ثابت می‌ماند. از کاربردهای آبکاری الکتریکی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تهیه پوشش‌های تزئینی و محافظ
- قطعه سازی یا به عبارتی شکل‌دهی الکتریکی قطعات با اشکال پیچیده (دارای زوایای مقعر، ابعاد دقیق و سطوح طرح‌دار مثل صفحات چاپی)
- اصلاح طوح ساییده شده یا ماشین‌کاری شده
- استخراج و تصفیه فلزات
- اسید شویی آندی
- تمیزکاری و پرداخت الکتrolیتی
- عملیات آندکاری

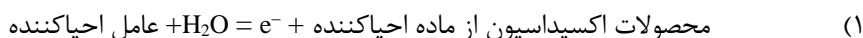
ضخامت پوشش‌های تهیه شده با این روش به دانسیته و راندمان جریان و مدت زمان اعمال آن بستگی دارد. دانسیته جریان، کیفیت سطحی قطعه، ترکیب حمام، عوامل افزودنی به حمام و دما عواملی هستند که بر خواص فیزیکی پوشش اثر می‌گذارند. از عواملی که موجب توسعه اقتصادی این روش می‌شود می‌توان به ارزان بودن جریان برق و عوامل احیا کننده‌ی مصرف شده

در این فرآیند اشاره کرد [۲].

۳-۴-۱- آبکاری الکترولس یا بدون برق

فرآیند آبکاری الکترولس، به عنوان یک روش خودکاتالیستی^۵ یا احیای شیمیایی شناخته می‌شود. در روش پوشش‌دهی الکترولس، مواد پوشش‌دهی بدون اعمال جریان الکتریکی و تنها به کمک حرارت روی سطح زیرلایه رسوب می‌کنند. این فرآیند به کمک چندین واکنش شیمیایی به‌طور همزمان در محیط آبی اتفاق می‌افتد. از آنجا که در آبکاری الکترولس پوشش‌دهی بدون حضور جریان الکتریکی انجام می‌شود، تجمع یون‌های فلزی در گوشه و زوایای قطعه مورد آبکاری رخ نمی‌دهد و از این رو پوشش به‌طور یکنواخت تشکیل می‌شود.

حمام‌های الکترولس عمدتاً شامل یک یا چند یون فلزی (به‌عنوان ماده پوشش)، عامل کمپلکس‌کننده، عامل احیاکننده و پایدارکننده است. این عملیات در محدوده مشخصی از دمای فرآیند، pH محلول الکترولیت، غلظت یون‌های فلزی و عوامل افزودنی انجام می‌شود. عوامل احیاکننده نقش تأمین‌کننده الکترون را دارند. در واقع، یون‌های فلزی گیرنده الکترون هستند و با عوامل احیاکننده واکنش می‌دهند. فرآیند احیا طبق واکنش‌های زیر انجام می‌شوند:



از آنجایی که فقط در حضور کاتالیزور واکنش بین عامل احیاکننده و یون‌های فلزی انجام می‌شود بنابراین، فعال بودن فلز پایه و یا حضور کاتالیزورهای مناسب در زیر لایه (به ویژه در مورد آبکاری غیرهادی‌ها (مثل پلاستیک‌ها) جهت شروع واکنش احیاء اهمیت دارد. از مهم‌ترین پوشش‌های تشکیل شده به روش الکترولس می‌توان به الکترولس نیکل و نیکل-فسفر اشاره نمود. به عنوان مثال، در فرآیند الکترولس نیکل، سولفات نیکل مهم‌ترین منبع یون نیکل می‌باشد. از دیگر نمک‌های مورد استفاده می‌توان کلرید نیکل، هیپوفسفیت نیکل و استات نیکل نام برد. همانطور که گفته شد، عامل کاهنده به عنوان منبع تأمین الکترون برای احیاء نمک‌های فلزی می‌باشد. از جمله عوامل احیاکننده می‌توان به بوروهیدرید، هیپوفسفیت، آمینوبوران و فرمالدئید اشاره کرد. استفاده از این عوامل کاهنده در فرایند ترسیب باعث انجام یک فرایند خودکاتالیزوری می‌گردد. به عبارتی، در مرحله آغازین آبکاری، هسته‌های نیکل تشکیل شده به عنوان کاتالیزوری برای اکسیداسیون عامل احیاکننده عمل می‌کنند. هیپوفسفیت سدیم یکی از متداولترین عامل احیاکننده‌ای است که در روش آبکاری الکترولس مورد مصرف قرار می‌گیرد [۱۰-۱۲].

۴-۳-۱- مزایای آبکاری الکترولس

- الف) عدم نیاز به آند و منبع جریان
- ب) کاهش ورود ناخالصی به حمام به دلیل عدم وجود آند در آبکاری الکترولس
- ج) امکان پوشش دهی قطعات با شکل پیچیده و ناهموار
- د) قابلیت اعمال بر روی زیرلایه‌های با خاصیت رسانا و یا نارسانا
- ه) کمتر بودن خلل و فرج پوشش‌های تهیه شده نسبت به آبکاری الکتریکی
- ی) یکنواختی ضخامت پوشش‌های الکترولس نسبت به آبکاری الکتریکی (به دلیل عدم استفاده از جریان برق در روش الکترولس، دانسیته جریان الکتریکی اثری بر سطح پوشش نداشته و پوشش حاصله دارای ضخامت یکنواختی خواهد بود) [۱۳ و ۱۴].

۴-۳-۱- معایب آبکاری الکترولس

- الف) حمام‌های الکترولس نسبت به متوازن نبودن غلظت محلول و همچنین غلظت یون‌های موجود در حمام، حساسیت بیشتری دارند.
- ب) با توجه به نیاز به افزایش دما تا حدود ۸۰-۹۰ درجه سانتی‌گراد، در انتخاب جنس محفظه آبکاری مورد استفاده محدودیت وجود دارد.
- ج) سطح محفظه‌ای که برای آبکاری استفاده می‌شود، نباید به عنوان بستری کاتالیزوری برای انجام واکنش احیاء باشد.
- د) در این روش، کنترل سرعت آبکاری به آسانی مقدور نیست [۱۵].

۴-۱-۱- منیزیم و آلیاژهای آن

۱-۴-۱- خواص و کاربردهای منیزیم و آلیاژهای آن

امروزه استفاده از فلزات سبک در صنایع مختلف، خصوصاً در صنعت حمل و نقل توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده است. کاهش وزن خودروها راهی مناسب جهت افزایش بازدهی مصرف سوخت آن‌ها است که خود کاهش میزان آلاینده‌های محیطی را به دنبال دارد. معمول‌ترین فلزات سبک مورد استفاده Al ، Ti ، Mg و آلیاژهای آن‌ها می‌باشند. منیزیم با چگالی $1/74 \text{ g/cm}^3$ ، یکی از سبکترین فلزات مورد استفاده می‌باشد که چگالی برابر با یک چهارم فولاد و دو سوم آلومینیوم دارد. از منیزیم خالص بیشتر در واکنش‌های شیمیایی و یا به عنوان عنصر آلیاژی در ساخت آلیاژهایی چون Al و چدن استفاده می‌شود چراکه این فلز استحکام کافی را جهت استفاده در کاربردهای صنعتی ندارد. آلیاژهای با استحکام به وزن بالا را می‌توان از طریق ترکیب Mg خالص با Al ، Zn و Mn تهیه کرد. از دیگر ویژگی‌های این آلیاژ می‌توان به موارد زیر

اشاره کرد:

- هدایت الکتریکی و حرارتی بالا
- حفاظت الکترومغناطیسی خوب
- پایداری دیمانسیونی بالا

دلیل کاربرد گسترده از این آلیاژ در صنایع خودروسازی، هوا و فضا، لوازم ورزشی و الکترونیک چگالی پایین است [۱۶].

۲-۴-۱- محدودیت‌های منیزیم و آلیاژهای آن

علی‌رغم ویژگی‌های منحصر به فرد منیزیم و آلیاژهای آن، این آلیاژها یک سری محدودیت‌های ذاتی دارند که استفاده گسترده از آن‌ها را محدود کرده است.

- ۱- چکش‌خواری پایین
- ۲- لحیم‌پذیری نبودن
- ۳- سختی کم
- ۴- مقاومت خوردگی و فرسایشی پایین
- ۵- واکنش‌پذیری بالا

واکنش‌پذیری بالای منیزیم و آلیاژهای آن، آن‌ها را مستعد خوردگی گالوانیک کرده است و در صورت تماس الکترولیتی با فلزات دیگر، خوردگی آن‌ها تشدید می‌یابد. میزان مقاومت خوردگی منیزیم و آلیاژهای آن می‌تواند با استفاده از روش‌های مختلف بهبود یابد. از جمله این روش‌ها می‌توان به آندایزینگ، انواع پوشش‌ها از جمله پوشش آلومین، هیبریدی، تبدیلی و آبکاری الکتروشیمیایی اشاره کرد که از این میان، روش آبکاری الکترولس منیزیم مورد بررسی قرار خواهد گرفت [۱۷].

۵-۱- آبکاری الکترولس نیکل بر روی منیزیم آلیاژی

همانطور که گفته شد، اضافه کردن عناصر آلیاژی (مثل Al, Zn و عناصر کمیاب) تا حدی می‌تواند باعث ایجاد آلیاژهایی با استحکام بالا شود ولی مناسب‌ترین روش برای افزایش مقاومت خوردگی، استفاده از روش‌های مهندسی سطح همچون اعمال پوشش است. آبکاری الکترولس نیکل به دلیل خواص قابل توجه همچون مقاومت خوردگی و فرسایشی بالا، لحیم‌پذیری، هدایت الکتریکی و سختی بالا در کاربردهای زیادی مورد توجه بوده است. از جمله این کاربردها می‌توان به استفاده از پوشش‌های نیکل در صنایع الکترونیک، اتومبیل، صنایع هوایی و شیمیایی اشاره کرد. همانطور که گفته شد، جهت آبکاری الکترولس نیکل از محلول‌های مختلفی استفاده می‌شود که این محلول‌ها شامل منبع برای یون نیکل، عوامل کاهنده، عامل پایدارکننده، عامل

تنظیم‌کننده pH، عامل کمپلکس ساز و برخی مواد افزودنی هستند. تغییر عامل احیاکننده، تغییر pH حمام آبکاری و یا دمایی که آبکاری در آن انجام می‌شود از عوامل مهمی هستند که بر اساس این عوامل می‌توان حمام‌های الکترولس را دسته‌بندی کرد. مهم‌ترین روش دسته‌بندی حمام‌های الکترولس بر اساس عامل احیاکننده است به عبارتی حمام الکترولس با توجه به نوع عامل کاهنده شامل حمام‌های هیپوفسفیتی، حمام‌های حاوی ترکیبات بور و حمام‌های پایه هیدرازین می‌باشند. در صورت استفاده از هیپوفسفیت به عنوان عامل احیاکننده، فسفر و در صورت استفاده از ترکیبات بور، بور نیز علاوه بر نیکل در سطح پوشش‌های حاصل حضور خواهد داشت، بنابراین پوشش‌های حاصل از این فرایندها را به ترتیب Ni-P و Ni-B می‌نامند. درمقابل، در صورت استفاده از هیدرازین به عنوان عامل احیاکننده پوشش‌های حاصل فقط حاوی نیکل خواهند بود [۱۸].

برخی خواص منیزیم و آلایزهای آن باعث شده تا آبکاری آن با چالش روبرو باشد. از جمله این خواص می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۱۹]:

۱- ناهمگن بودن ریزساختارهای آلایزهای منیزیم که ناشی از توزیع غیر یکنواخت عناصر آلایزی است.

۲- واکنش‌پذیری بالای منیزیم و آلایزهای آن که منجر به ایجاد سریع لایه‌های اکسیدی (MgO) و هیدروکسیدی (Mg(OH)₂) روی سطح و کاهش چسبندگی پوشش اعمالی می‌شود.

۳- به دلیل داشتن پتانسیل الکتروشیمیایی پست‌تر، مستعد خوردگی گالوانیک بوده و در اثر تماس الکترولیتی با فلزات دیگر خورده می‌شود.

۱-۵-۱- پوشش الکترولس نیکل- فسفر

هیپوفسفیت متداولترین عامل احیاکننده برای ترسیب نیکل در نظر گرفته می‌شود. در صورت استفاده از هیپوفسفیت در حمام آبکاری الکترولس، پوشش‌های حاصل پوشش‌های نیکل- فسفر خواهند بود. میزان فسفر در پوشش را می‌توان با تغییر در غلظت نیکل، هیپوفسفیت و pH محلول آبکاری تغییر داد. خصوصیات و کارایی پوشش‌های الکترولس نیکل- فسفر تا حد زیادی با تغییر مقدار فسفر موجود در آن‌ها (که از ۱ تا ۱۳ درصد متغیر است) تغییر می‌کند. با اینکه حد مرزی مقدار فسفر در پوشش‌های کم، متوسط و پر فسفر به‌طور دقیق مشخص نشده اما مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که حداقل فسفر لازم برای بدست آوردن خواصی مشابه با خواص پوشش‌های کم فسفر، ۱ تا ۵ درصد، پوشش‌های با فسفر متوسط، حدود ۵-۸ درصد است و برای حصول خواصی مشابه با خواص پوشش‌های پرفسفر، ۸-۱۳ درصد می‌باشد. علاوه بر آن، مقدار فسفر بر ساختار کریستالی پوشش‌های الکترولس نیکل بسیار موثر است.

براین اساس ساختار کریستالی پوشش حاصله به صورت زیر دسته‌بندی می‌شود

- عموماً ساختار کریستالی برای پوشش‌های حاوی فسفر کم (۱ تا ۵ درصد وزنی)

- مخلوطی از ساختارهای کریستالی و آمورف برای پوشش‌های حاوی فسفر متوسط (۵ تا ۸ درصد وزنی)

- ساختار آمورف برای پوشش‌های حاوی فسفر زیاد (بیش از ۹ درصد وزنی)
آنیون‌های یک‌دندانه (مانند سوکسینات، استات و پروپیونات)؛ آنیون‌های دو دندانه (مانند پیروفسفات، مالونات و هیدروکسی‌استات)؛ آنیون سه دندانه (مانند مالئات) و آنیون‌های چهاردندانه (مثل سیترات) به عنوان عوامل کمپلکس‌کننده‌ی در این آبکاری استفاده می‌گردد. برخی ویژگی یون‌های نیکل از جمله پتانسیل احیا، حلالیت و رنگ با تغییرعامل‌های کمپلکس‌کننده تغییر می‌کند [۲۰ و ۲۱].

۲-۵-۱- پوشش الکترولس نیکل - بور

با اینکه احیای الکترولس نیکل با هیپوفسفیته (پوشش‌های الکترولس Ni-P) توجه گسترده‌ای را به خود جلب کرده است ولی اخیراً توجه‌ها به سمت پوشش‌های الکترولس نیکل احیا شده با بور و هیدرید کشیده شده است. فرآیند پوشش الکترولس Ni-B پوشش‌های یکنواختی تولید می‌کند که حاوی مقدار قابل توجهی بورید نیکل است و باعث بهبود قابل توجهی در خاصیت سایشی و سختی می‌شوند. پوشش‌های الکترولس نیکل - بور بر روی انواع زیادی از مواد بسترشامل انواع فولاد، آهن، آلومینیوم و آلیاژهای آن، شیشه، پلاستیک اعمال می‌شوند. از مزایای برجسته پوشش‌های Ni-B الکترولس می‌توان به سختی بالای آنها (بالاتر از فولادهای ابزار)، مقاومت بیش از حد در برابر سایش (برتر نسبت به روکش‌های کروم سخت) و خواص مقاوم در برابر خوردگی اشاره کرد. از دیگر مزایای این پوشش‌ها می‌توان به کم هزینه بودن، ضخامت یکنواخت پوشش‌های بدست آمده، مقاومت بالا در برابر سایش، چکش‌خواری خوب، لحیم‌پذیری عالی، خواص الکتریکی بالا، تخلخل کم، هدایت خوب، خاصیت الکترومغناطیسی برجسته اشاره کرد. علاوه بر این، راندمان پوشش‌های Ni-B بدست آمده بالاتر از پوشش‌های Ni-P می‌باشد چرا که در تهیه این پوشش‌ها از عامل احیاکننده قوی‌تری (سدیم بورویدرید) استفاده شده است. صنایع نفت، شیمیایی، پلاستیک، نوری، چاپ، الکترونیک از جمله صنایعی هستند که در آنها از این پوشش به‌عنوان پوشش محافظ استفاده می‌شود. همچنین این پوشش‌ها در صنایع هواپیما سازی و خودرو سازی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. پوشش الکترولس نیکل-بور نسبت به پوشش الکترولس نیکل-فسفر دارای سختی و مقاومت به سایش بالاتری است اما در اکثر مواقع، مقاومت به خوردگی آن نسبت به پوشش الکترولس نیکل-فسفر کمتر گزارش شده است [۲۲-۲۴].

۳-۵-۱- اجزای حمام الکترولس نیکل - بور

در حمام آبکاری نیکل-بور الکترولس اجزای مختلفی با کارکردهای متفاوت حضور دارند که عبارتند از [۲۲ و ۲۵]:

۱-۳-۵-۱- منبع یون نیکل

برای تامین نیکل حمام از هر نمک قابل حل نیکل می‌توان استفاده کرد. در حمام‌های بازی استفاده از کلرید نیکل مطلوب‌تر است زیرا آنیون آن نسبت به اجزای محیط خنثی است. به‌علاوه از نمک سولفات نیکل نیز می‌توان استفاده نمود.

۲-۳-۵-۱- عامل احیاکننده

برای آبکاری پوشش نیکل-بور الکترولس دو نوع عامل احیاکننده وجود دارد. اولی ترکیبات نیتروژن-بور می‌باشند که عبارتند از: دی‌اتیل‌آمینوبوران، مونومتیل‌آمینوبوران، دی‌متیل‌آمینوبوران و تری‌اتیل‌آمینوبوران. عامل احیاکننده دیگر یون بوروهیدرید است که معمولاً به‌صورت نمک سدیم بوروهیدرید یا پتاسیم بوروهیدرید به حمام اضافه می‌گردد. بوروهیدریدها عوامل احیاکننده قوی‌تری نسبت به آمینوبوران‌ها هستند. سدیم بوروهیدرید می‌تواند ۸ الکترون را برای احیای برخی فلزات مهیا سازد در حالی که عامل احیاکننده هیپوفسفیت تنها قادر به تهیه ۲ الکترون می‌باشد. سدیم بوروهیدرید در محیط‌های بازی با محدوده pH بین ۱۲ تا ۱۶ قابل استفاده است و در محیط‌های اسیدی و خنثی تجزیه می‌شود. در حالی که آمینوبوران‌ها در محیط‌های خنثی یا اسیدی ضعیف کاربرد دارند. آمینوبوران‌ها به عنوان عامل احیاکننده خوبی برای آبکاری پلاستیک‌ها، غیر فلزات و همچنین برای ترسیب فلزات دیگر مثل مس، طلا، نقره و کبالت مورد استفاده قرار می‌گیرند. مزیت عمده رسوب نیکل الکترولس تهیه شده با سدیم بوروهیدرید سختی و مقاومت به سایش بیشتر آن است.

۳-۳-۵-۱- عامل کمپلکس کننده

از دلایل اضافه کردن عوامل کمپلکس کننده به حمام آبکاری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- باعث جلوگیری از تجزیه خودبه‌خودی محلول آبکاری می‌شود
- مانع تشکیل رسوب هیدروکسید نیکل می‌شود
- واکنش‌هایی که روی سطح زیرلایه انجام می‌گیرند را کنترل می‌کند
- به عنوان عامل بافری عمل کرده و مانع تغییر ناگهانی pH ناشی از تولید هیدروژن می‌شود

در عدم حضور عامل کمپلکس کننده یون نیکل توسط مولکول های آب احاطه می شود. عوامل کمپلکس کننده جای مولکول های آب را گرفته و غلظت یون نیکل آزاد را در حمام کاهش می دهند. از جمله عوامل کمپلکس کننده ای که برای آبکاری الکترولس Ni-B با عامل احیا کننده بوروهیدرید به کار می روند می توان اتیلن دی آمین، ترکیبی از آمونیاک، تارتاریک اسید و نمک قابل حل تارتاریک اسید، عوامل کمپلکس کننده بر پایه سترات و تارتارات و پلی آمین را نام برد.

۴-۳-۵-۱- عامل پایدار کننده

حمام های الکترولس نیکل-بور ممکن است با گذشت زمان به طور ناگهانی تجزیه شده و به دنبال آن گاز هیدروژن زیادی آزاد شود و در نتیجه هیدروکسید نیکل و بورید نیکل به صورت رسوبی سیاه رنگ در کف ظرف ته نشین گردند. حضور ذرات کلئیدی جامد ناشی از مواد بیگانه (مثلاً گردوغبار) می تواند باعث تجزیه ناگهانی حمام شود. همچنین لازم است که فرآیند آبکاری روی سطح مورد نظر با سرعتی مشخص صورت گیرد. به منظور دست یافتن به این موارد فوق الذکر از عوامل پایدارکننده استفاده می شود. از جمله مواد پایدارکننده مورد استفاده در حمام های بوروهیدریدی نیکل الکترولس می توان به نترات تالیم، استات تالیم، نترات سرب، تنگستات سرب و مرکاپتوبنزوتیازول اشاره کرد. البته استفاده از یون تالیم به عنوان پایدارکننده به علت اثرات سمی آن نامناسب است. تالیم نترات در براق ساختن پوشش مؤثر است و علاوه بر پایدارسازی حمام، نرخ آبکاری را افزایش می دهد.

۵-۳-۵-۱- عامل تنظیم کننده pH

همان طور که عنوان شد یون بوروهیدرید در محیط های خنثی یا اسیدی هیدرولیز می شود در نتیجه لازم است تا با استفاده از عاملی pH محیط را به بالای ۱۲ رسانید. هیدروکسید سدیم ماده ای است که در اکثر تحقیقات برای این کار از آن استفاده شده است.

۴-۵-۱- انواع حمام الکترولس نیکل - بور

پوشش های الکترولس نیکل-بور مشابه نیستند. انواع مختلفی از پوشش الکترولس نیکل-بور برای به دست آوردن خواص به خصوص گسترش یافته است؛ بسته به نوع حمام مورد استفاده، خواص نهایی و ضخامت پوشش تغییر می کند [۲۵].

۴-۵-۱- حمام های اسیدی

دی متیل آمینوبوران عامل احیا کننده مورد استفاده در حمام اسیدی پوشش های الکترولس نیکل-بور است که مقدار بور در پوشش بین ۰/۱ تا ۴ درصد است. مهم ترین مزیت این حمام

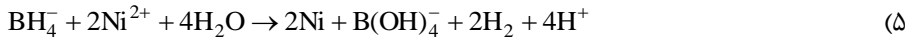
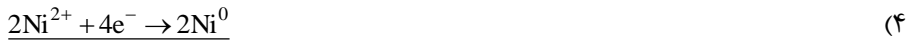
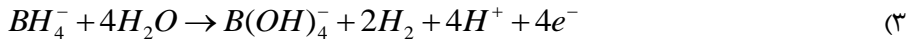
پایداری بالای آن است و پوشش‌های بدست آمده از این حمام نقطه ذوب بالا (حدود ۱۳۵۰ درجه سانتی‌گراد) دارند. به دلیل سختی بالا (که بالاتر از سختی پوشش‌های نیکل-فسفر است) این پوشش‌ها اغلب در کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. پوشش‌های با بیش از ۱ درصد بور، خاصیت لحیم‌پذیری خوبی دارند. بور می‌تواند با الکیل آمین نیز احیا شده و با استفاده از مقداری شتاب دهنده مقدار آن به ۵ درصد نیز برسد. حمام اسیدی معمولاً حاوی ۳۰ گرم بر لیتر نیکل کلرید، ۳ گرم بر لیتر دی اتیل آمین بوران، ۴۰ گرم بر لیتر متانول، ۴ گرم بر لیتر دی متیل آمین بوران، ۲۰ گرم بر لیتر سدیم استات، ۲۰ گرم بر لیتر سدیم سوکسینات و ۱۰ گرم بر لیتر سدیم سیترات است. شرایط اعمال پوشش در محدوده pH بین ۵ تا ۶ و دمای ۵۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد است و سرعت ترسیب ۱۵-۲۰ میکرومتر بر ساعت است.

۲-۴-۵-۱- حمام‌های بازی

حمام‌های قلیایی، به‌عنوان عامل کاهنده از این الکیل آمینوبوران‌ها یا بوروهیدریدها استفاده می‌کنند. یون‌های بوروهیدرید قوی‌ترین عامل احیاکننده برای آبکاری الکترولس نیکل می‌باشند. در صورت استفاده از آمینوبوران به‌عنوان کامل کاهنده، میزان بور در پوشش نهایی ۰/۲ تا ۴ درصد وزنی خواهند بود. در حمام‌هایی که از سدیم بوروهیدرید به‌عنوان عامل کاهنده استفاده کنند میزان بور در پوشش نهایی بین ۴ تا ۷ درصد وزنی خواهد بود. این پوشش‌ها معمولاً در محدوده دمایی بین ۲۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد اعمال می‌شوند که پوشش‌های با دمای پایین ترجیح داده می‌شوند. در دماهای بالا حمام ناپایدار شده و کاربرد صنعتی محدودتری دارد. حمام‌های الکیل آمینوبوران سرعت ترسیب بسیار پایین‌تری دارند. عامل کمپلکس‌کننده مثل اتیلن دی آمین جهت کنترل ترسیب نیکل هیدروکسید مورد استفاده قرار می‌گیرد. حمام بازی با دمای بالا معمولاً حاوی ۳۰ گرم بر لیتر نیکل کلرید، ۶۰ گرم بر لیتر اتیلن دی آمین، ۱/۲ گرم بر لیتر سدیم بوروهیدرید، ۰/۰۷ گرم بر لیتر تالیوم نیترات و ۴۰ گرم بر لیتر سدیم هیدروکسید است. دمای آبکاری ۹۰ درجه سانتی‌گراد، pH برابر ۱۴ و سرعت ترسیب برابر با ۲۰-۲۵ میکرومتر بر ساعت است. حمام بازی با دمای پایین معمولاً حاوی ۳۰ گرم بر لیتر نیکل سولفات، ۳ گرم بر لیتر دی متیل آمین بوران، ۱۵ گرم بر لیتر آمونیوم سیترات، ۱۵ گرم بر لیتر آمونیوم کلرید و ۰/۰۰۲ گرم بر لیتر ۲- مرکاپتوبنزوتیازول است. دمای آبکاری ۲۵-۳۵ درجه سانتی‌گراد، pH برابر ۷/۵ و سرعت ترسیب ۷-۱۲ میکرومتر بر ساعت است.

۳-۴-۵-۱- مکانیزم تشکیل پوشش الکترولس نیکل-بور

مکانیسم‌های مختلفی جهت ترسیب الکترولس نیکل-بور پیشنهاد شده است. یکی از پیشنهادات ارائه شده توسط گورونوا [۲۶] که با شواهد تجربی اثبات شده، به صورت زیر است:



6-1- عوامل موثر بر سرعت آبکاری الکترولس نیکل-بور

6-1-1- اثر غلظت یون نیکل

در حمام الکترولس نیکل-بور، با افزایش غلظت یون نیکل (حاصل از نمک مربوطه) در محلول، در صد نیکل موجود در پوشش ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. علت این امر این است که پس از گذر از جایی که با افزایش غلظت یون نیکل، درصد نیکل در پوشش حداکثر می‌گردد، غلظت اتیلن‌دی‌آمین محلول آبکاری جهت تشکیل کمپلکس نیکل محلول کافی نیست که این منجر به کاهش درصد وزنی نیکل در پوشش می‌شود [27].

6-1-2- اثر غلظت عامل احیاکننده

با افزایش غلظت عامل احیاکننده نرخ آبکاری افزایش می‌یابد که این امر ناشی از افزایش قدرت کاهندگی محلول است. با این حال رابطه نرخ آبکاری (ضخامت آبکاری‌شده) و زمان آن رابطه‌ای خطی نیست که علت احتمالی آن کاهش غلظت عامل احیاکننده به موجب اکسید شدن آن می‌باشد.

چنانچه غلظت عامل احیاکننده در حمام آبکاری الکترولس نیکل-بور افزایش یابد، در ابتدا در صد نیکل پوشش افزایش یافته ولی سپس منجر به افزایش نسبی بور و کاهش نسبی نیکل پوشش می‌گردد؛ زیرا که با افزایش بیشتر غلظت عامل احیاکننده، به تدریج پایداری حمام کاهش پیدامی‌کند [28].

6-1-3- اثر عامل کمپلکس کننده

با افزایش غلظت عامل کمپلکس کننده در ابتدا محتوای نیکل پوشش افزایش می‌یابد اما پس از رسیدن به مقدار بیشینه، پایداری حمام کاهش یافته و تجزیه می‌شود. در نتیجه در صد وزنی نیکل در پوشش کاهش می‌یابد. تشکیل ذرات $Ni(OH)_2$ در فراتر از غلظت بهینه عامل کمپلکس کننده احیای یون‌های نیکل را درون حمام تسهیل می‌نماید و تجزیه حمام به این دلیل اتفاق می‌افتد که ذرات ریز محلول‌های مناسبی برای هسته‌زایی یون نیکل هستند. علاوه بر تغییر ترکیب پوشش، با افزایش غلظت عامل کمپلکس کننده به بیش از مقدار بهینه (که در آن بیشینه

نرخ آبکاری رخ می‌دهد) نرخ آبکاری را به‌علت کاهش پایداری حمام کاهش می‌دهد. بیشینه نرخ آبکاری مربوط به زمانی است که یک کمپلکس میان عامل کمپلکس کننده و یون‌های نیکل تشکیل شده و حمام را پایدار نگه دارد [۲۷].

۴-۶-۱- اثر عامل پایدارکننده

افزایش غلظت عامل پایدارکننده ابتدا سرعت تشکیل پوشش را افزایش داده اما پس از آن به سبب اثر آن روی پایین آوردن سرعت واکنش اکسایش-کاهش در فصل مشترک بین جامد و مایع، سرعت ترسیب را کاهش می‌دهد [۲۷].

۵-۶-۱- اثر دما

پوشش الکترولس Ni-B آبکاری شده در زیر دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد ظاهر خارجی مناسبی ندارد. بین دمای ۸۸ و ۹۲ درجه سانتی‌گراد کیفیت پوشش بهبود می‌یابد و بالای ۹۲ درجه سانتی‌گراد ظاهر پوشش عالی است. دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد، دمای بهینه برای آبکاری این پوشش می‌باشد، البته در این دما حمام ناپایدار شده و به سرعت تجزیه می‌گردد.

۶-۶-۱- اثر عملیات حرارتی

اثر عملیات حرارتی بر روی پوشش بستگی به دمای عملیات حرارتی دارد. عملیات حرارتی در دمایی بین ۱۹۰-۲۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌تواند چسبندگی پوشش به زیرلایه را بهبود بخشد اما سختی رسوب را تغییر نمی‌دهد. عملیات حرارتی در ۲۵۰-۲۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور قابل ملاحظه‌ای میکروسختی رسوب را تحت تاثیر قرار می‌دهد که این امر به دلیل تشکیل فاز Ni_3B شبه پایدار و ذرات بلوری Ni_3B در دمای بالای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بالای دمای ۳۷۰-۳۸۰ درجه سانتی‌گراد پوشش کاملاً متبلور می‌گردد. ساختار نهایی پوشش پس از عملیات حرارتی شامل فازهای Ni_3B ، Ni_2B و نیکل فلزی است. به‌طور کلی عملیات حرارتی در دماهای ۲۸۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد خواص سایشی و تریبولوژیکی پوشش Ni-B را بهبود می‌بخشد. در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و بالاتر به‌علت رشد ذرات بورید نیکل، کاهش در سختی رخ می‌دهد و همچنین ذرات Ni_3B کلوخه شده و منجر به کاهش محل‌های سخت می‌گردد. عملیات حرارتی در دمای ۲۰۰-۳۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت طولانی ۴۰ هفته افزایش مقادیر سختی تا ۱۸۰۰-۲۰۰ ویکرز را ممکن می‌کند. دلیل این اتفاق توزیع ریزتر بورید نیکل در مقایسه با دماهای بالاتر و یا تشکیل بورید آهن زمانی که زیرلایه فولادی مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌باشد [۲۲].

۷-۱- آبکاری الکترولس کامپوزیتی

فرآیندهای رسوب فلز بر پایه پوشش آلیاژی و کامپوزیتی الکترولس نیکل، در سطوح مختلف علاقه محققان را به خود جلب کرده و امکان ساخت آن‌ها با خواص مطلوب از موارد قابل اشاره در این زمینه است. هم رسوبی مواد (ذرات سخت یا غیر فلزی) با پوشش‌های الکترولس، به عنوان پوشش‌های الکترولس کامپوزیتی نامگذاری می‌شود. کامپوزیت‌های مقاوم به سایش می‌توانند با استفاده از هم رسوبی مواد با اندازه ریز و یکنواخت تولید شوند. هدف از این کار ایجاد خواص مختلف هم‌چون ایجاد پوشش‌های ضد سایش، پوشش‌های مقاوم به خوردگی نانوکامپوزیتی، مقاوم در برابر اکسیداسیون دمای بالا و غیره می‌باشد. مقاومت سایشی کامپوزیت‌ها را می‌توان با افزودن ذرات سخت مثل الماس، کاربید سیلیکون، اکسید آلومینیوم و روغن و روان کننده‌های جامد مثل پلی تترافلورواتیلن^۷ بهبود داد. پوشش‌های کامپوزیت الکترولس در ابتدا به راحتی رسوب نمی‌کنند و معمولاً موجب تجزیه‌ی حمام می‌شوند. پخش شدن ذرات ریز، سطح تماس حمام الکترولس را حدود ۷۰۰-۸۰۰ بار بیش تر از حمام الکترولس نرمال می‌کند که این باعث ناپایداری حمام می‌شود. این مشکل را می‌توان با استفاده از یک پایدارکننده مناسب برطرف کرد [۲۹].

نیازهای اساسی حمام الکترولس کامپوزیتی به صورت زیر است [۲۵]:

الف) پایداری حمام: توزیع ذرات ریز در حمام باعث افزایش مساحت سطح و در نتیجه ناپایداری حمام می‌شود.

ب) هم زدن: هم زدن محلول آبکاری یک فاکتور مهم است. ذرات سخت مثل الماس، کاربید سیلیکون و اکسید آلومینیوم بایستی از طریق هم زدن محلول معلق باقی بمانند و جذب پوشش شوند.

ج) اندازه ذرات: ذرات اضافه شده به حمام بایستی در اندازه و شکل مناسب باشد، نامحلول باشد، آلودگی ایجاد نکند و به صورت معلق در حمام نگه داشته شود. اندازه ذرات نقش اساسی در ترسیب دارد.

د) غلظت ذرات: در صورت اضافه کردن ذرات با غلظتی بیشتر از غلظت بهینه، ذرات انباشته می‌شوند. غلظت ذرات نقش مهمی در توزیع ذرات در پوشش دارد.

ه) مواد فعال سطح^۸: این ماده افزودنی نقش مهمی در جذب ذرات نرم مثل پلی تترافلورواتیلن (PTFE)، گرافیت و مولیبدنیوم دی سولفید دارد.

1. Polytetrafluoroethylene (PTFE)

1. Surfactants

Title and Author: **Application of Ni-B nanocomposite coating via electroless method and investigation of its properties /Tahereh Miri**
Supervisor: **Dr. D. Seifzadeh**
Graduation date: **8 February 2020**
Number of pages: **75**

Abstract

Research Aim: Electroless plating is a popular and well-known method for applying metal coating on various substrates. Among the various electroless coatings, the Ni-B coating is gained popularity due to unique properties such as high hardness. The mechanical and corrosion protection properties of the Ni-B coating can be enhanced by several strategies such as optimizing the plating bath condition. Another common method for enhancing these properties is to insert nanoparticles into the Ni-B coating.

Research method: In this work, electroless Ni-B plating on AM60B magnesium alloy was investigated. Then, the effect of MMT and MCM-41 nanoparticles addition on the morphology, chemical composition, and microstructure was studied using SEM, EDS, and XRD methods. Also micro-hardness, porosity, and thermal shock tests were used to study the microhardness, porosity and adhesion of the coatings. Finally, the electrochemical behavior of the coatings in corrosive media was investigated using PDP and EIS methods.

Findings and Conclusion: The results showed that the electroless Ni-B coating has cauliflower-like structure with a uniform and dense surface. The coatings were pore-free which makes them able to prevent the penetration of corrosive solution through the intergranular space. There is also suitable adhesion between the coatings and the alloy surface. In addition to, nanoparticles addition significantly increased the corrosion resistance and decreased the corrosion current intensity.

Keywords: Electroless plating, Ni-B, nanoparticles, SEM, EIS



University of Mohaghegh Ardabili

Faculty of science

Department of Chemistry

Thesis submitted in partial fulfillment for the degree of

M.Sc. in Physical Chemistry

Application of Ni-B nanocomposite coating via electroless method and investigation of its properties

By:

Tahereh Miri

Supervisor:

Dr. Davod Seifzadeh

Advisor:

Dr. Zahra Rajbalizadeh

(8 February 2020)