بهبود در روش زینکاته برای آبکاری روی قطعات آلومینیومی

برگردان:

جواد یوسفی

شرکت نیکاب شیمی

چکیده:

تحقیقاتی روی محلول زینکاته سدیم مورد استفاده برای آماده سازی آلومینیوم قبل از آبکاری انجام شد. اندازه گیری چسبندگی پوشش نیکل به آلومینیوم و آلیاژهای آن برای بررسی تأثیر تغییرات ایجاد شده در این محلول انجام شد. حضور نیکل در محلول زینکاته مهمترین عامل در چسبندگی مورد نیاز پوشش های نیکل برای پوشش الکترودی از حمام های آبکاری براق معمولی بود، بدون این که زیر لایه ای از مس یا آلیاژ مس لازم باشد.

در این مقاله در مورد خواص لایه غوطه وری تولید شده ازمحلول زینکاته سدیم و همچنین ترتیب فرآیند مناسب برای انواع مختلفی از آلیاژ بحث شده است. آزمایش خوردگی بر روی آلومینیوم با پوشش های مختلف نیکل و کروم انجام شد و نتایج به دست آمده به طور خلاصه بیان شده است.

مقدمه:

در حالی که کاربردهای بی شماری از آلومینیوم و آلیاژهای آن نیازی به آماده سازی سطوح ندارد، موارد بسیاری وجود دارد که با استفاده از برخی فرآیندهای نهایی می تواند قابلیت سرویس دهی آنها را بهبود بخشد. اگرچه متداول ترین محصولات نهایی که با استفاده از آنودایز کردن یا غیر فعال کردن با کروماته تولید می شوند، پوشش دهی به روش الکترودی برای کاربردهای خاصی مهم هستند، به خصوص در تهیه ظاهری براق برای دکوراسیون و هنگامی که آلومینیوم باید به خود یا فلز دیگری لحیم کاری شود. با این حال، پایداری الکترودی پوشش های فلزی چسبنده به آلومینیوم به دلیل سهولت تشکیل یک لایه اکسید روی سطح خود، دشواری هایی دارد. بنابراین، اگرچه پوششهای الکترودی نهایی روی آلومینیوم برای اولین بار حدود پنجاه سال پیش ثبت شده[۱] و از آن زمان اغلب مورد بررسی قرار گرفته است، اما هنوز فرآیندهای آماده سازی پیچیده تری هنگام پوشش دادن روی آلومینیوم ، برای مثال، روی فولاد یا برنج لازم است.

فرآیند شناخته شده زینکاته، پرکاربردترین روش برای آماده آلومینیوم برای آبکاری است. ساده ترین شکل این محلول تنها از اکسید روی حل شده در هیدروکسید سدیم است. هیدروکسید سدیم لایه اکسید سطحی را از آلومینیوم

برمی دارد و روی توسط عمل گالوانیک روی این سطح تازه قرار می گیرد. این لایه نازک روی، مانع از اصلاح اکسید میشود و به عنوان یک سطح چسبنده ای عمل می کند که سایر فلزات - که اغلب آنها مس یا برنج هستند - می توانند روی آن قرار بگیرند. با گذشت سالها ، محلول زینکاته پایه ای هر از گاهی تنظیم شده است تا بتواند به آن پوشش غوطه وری چسبنده تری بدهد یا آن را در مقابله با طیف وسیع تری از آلیاژها قرار دهد یا مزایای دیگر را به یک فرآیند تبدیل کند. که اغلب به نظر می رسد بیشتر یک هنر است تا یک علم. در مقالات بسیاری از فلزات ذکر شده است که افزودن یک ماده به محلول زینکاته مفید است و به نظر می رسد که مس[۳-۵] و آهن [۶]بیشترین کاربرد را در صنعت دارند.

برای حفظ فلزات دیگر عوامل کمپلکس کننده پیچیده تری در محلول سیانیدی[۴و۵و۷] و تارتارات [۸و۶] نمونه های بارز این مواد هستند. آنیون های دیگری مانند کلراید [۶] یا نیترات [۹] نیز یافت شده است که باعث بهبودی می شوند.

از آنجا که نیکل، معمولاً با پوشش نهایی کروم، مهمترین فلزی است که روی آلومینیوم آبکاری می شود، در نظر گرفته می شد که اگر این ترکیب درون زینکاته غوطه ور شود فلز سودمندی است.

بنابراین هدف از این کار تهیه یک محلول زینکاته حاوی نیکل است که قادر به تولید یک پوشش غوطه وری اصلاح شده بر روی آلومینیوم، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رسوب و ارزیابی چسبندگی نیکل و برخی موارد دیگر است. فلزات آبکاری شده بر روی این فیلم غوطه وری چه بر روی آلومینیوم و چه طیف وسیعی از آلیاژهای آن، برای ارزیابی مقاومت در برابر خوردگی قطعات پوشش داده شده است و درنهایت، اگر کار قبلی ارزش انجام این کار را داشته باشد، باید ترتیب فرآیند مناسب را ایجاد کنیم تا بتوان از این حمام زینکاته اصلاح شده برای آبکاری تجاری استفاده کرد.

روش تجربی

۱. فرمولاسیون محلول زینکاته

رویکردی که برای فرمولاسیون محلول ایجاد شد، ابتدا با محلول اصلی زینکاته حاوی هیدروکسید سدیم و اکسید روی است و پس از بررسی اینکه کدام ترکیبات از این نوع نتایج بهینه‌ای را می‌دهند، سپس با افزودن نیکل و کاتیون های دیگر به همراه عوامل کمپلکس کننده، که آنها محلول را در یک محیط بسیار قلیایی نگه می دارند این محلول اصلاح شد. فلزات سخت، آنیون‌ها و مواد کمپلکس کننده مختلفی به صورت پی در پی به فرمولاسیون اصلی، به صورت مجزا و در ترکیب غلظت‌های مختلف اضافه شدند و اثربخشی فرمولاسیون، با استفاده از چسبندگی پوشش نیکل به آلومینیوم با خلوص تجاری که معیار مناسبی است مورد آزمایش قرار گرفت.

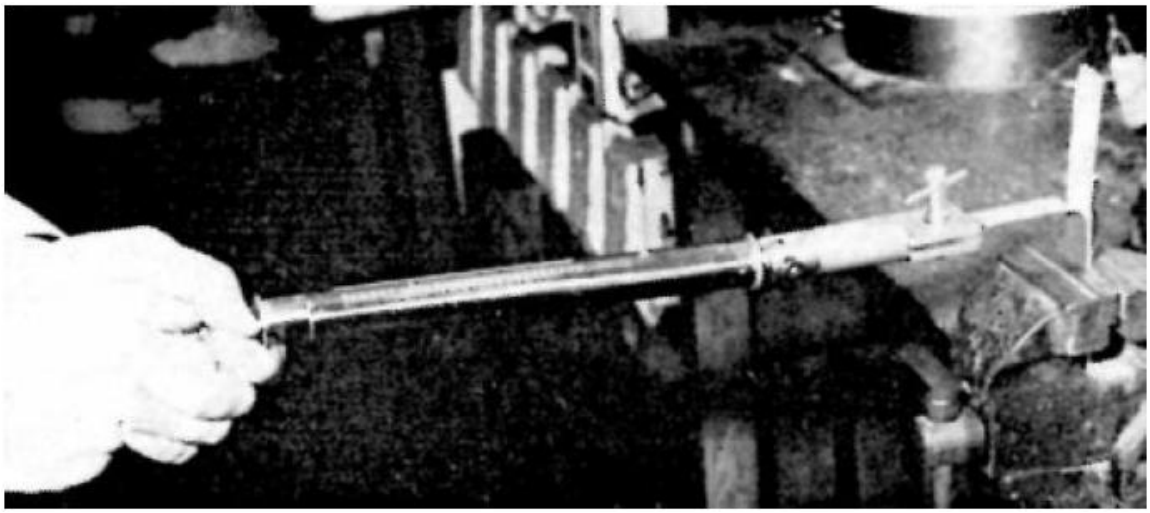
نتایج، که بعداً به طور کامل مورد بحث قرار خواهد گرفت، نشان داد که افزودن نیکل به همراه سیانید و سایر کمپلکس کننده‌ها به محلول اصلی زینکاته سدیم امکان تولید یک رسوب غوطه وری را فراهم می کند که اکثر فلزات مورد استفاده می توانند با یک چسبندگی رضایت بخش آبکاری شوند. اثر متغیرهایی مانند دما، زمان، چرخه تمیز کردن و ترکیب آلیاژ آلومینیوم و عملیات حرارتی که آلیاژ در آن قرار گرفته بود با استفاده از ترکیب محلول استاندارد ارزیابی شد.

۲. تعیین ماهیت و ترکیب فیلم غوطه وری

ترکیب فیزیکی و شیمیایی فیلم با روشهای شیمیایی، متالوگرافی و میکروسکوپ الکترونی مورد مطالعه قرار گرفت.

۳. تست چسبندگی

چسبندگی رسوب غوطه وری و پوشش دهی الکترودی بر روی آلومینیوم و آلیاژهای آن از نظر کیفی و کمی مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایشات کیفی شامل قرار دادن ۱mil فلز مورد نظر روی یک صفحه آلومینیومی صاف و سپس خم کردن این صفحه به اندازه ۱۸۰ درجه بود تا اینکه صفحه بشکند. در موارد چسبندگی کم، معمولاً مقداری پوسته از رسوب در کنار صفحه وجود داشت که در اولین خمش بلند می‌شد. با پوشش دادن مستقیم، می‌توان یک پوشش جدا شده را از بین برد و نیروی لازم برای برداشتن آن را از نظر کیفیت قضاوت کرد تا چسبندگی در مقیاس دلخواه درجه بندی شود. اگر پوشش نیکل به طور خود به خود بلند نمی شد، با استفاده از یک نوک خودکار یا سمباده زبر، از قسمت شکسته شده آن را جدا کردیم. پوشش هایی با چسبندگی خوب بیش از ۳ میلی متر (⅛ ، in) هرگز از سطح بلند نشدند. برای نمونه های بزرگتر از برش اره ای و روش هایی مشابه برای بلند کردن پوشش استفاده شد. آزمایش های کیفی بیشتر شامل پخت نمونه آبکاری شده در دمای ۳۱۵ درجه سانتیگراد (۶۰۰ درجه فارنهایت) به مدت ۱۰ دقیقه و سپس فروبردن سریع آن در آب سرد و بررسی آن برای تاول ها بود.



شکل ۱ – روشی برای تست چسبندگی

تعیین مشخصات کمی، که از الگوی ترسیم شده توسط آزمایشات کیفی پیروی می‌کند، با استفاده از روش توسعه یافته‌ای که توسط ویتروک و سوانسون تهیه شده است، دنبال شد[۱۰]. دستگاه و روش آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. یک گیره نگه دارنده بر روی یک اتصال انعطاف پذیر حاوی یک انبر با ظرفیت ۴۵ کیلوگرم (۱۰۰ib) متصل و در واحدهای ۰/۴۵ کیلوگرمی (ib ۱) درجه بندی می شود. قطعه آزمایشی شامل یک نوار آلومینیومی یا میله ای که به اندازه کافی سفت و سخت بود در برابر نیروی خم به اندازه ib ۱۰۰ مقاومت کرد. این میله به روش عادی تمیز شد و سپس در محلول پیش آماده سازی به عمق کافی فروبرده شد تا حدود ۲/۵سانتی متر (۱ اینچ) از میله در سطح بالاتری از محلول باقی بماند. سپس با نیکل ، مس و غیره به ضخامت حدود mil ۱۰ آبکاری شد. پوشش به سطحی که در محلول آماده سازی قرار داده شده چسبیده بود و به سطحی که درون محلول سازی قرار نگرفته، چسبنده نبود تا به عنوان نقطه شروع آزمون باشد. لبه‌های میله چفت شده بودند و میله به صورت عمودی در یک گیره قرار می‌گرفت. زبانه تشکیل شده نیکل در چنگگ فنری گیره محکم شده و به طور پیوسته از سمت راست پوشش برداشته می‌شود. مقداری که در آن پوشش از فلز پایه جدا می شود، به عنوان چسبندگی یا استحکام لایه برداری بیان شده در in lb./linear inch ضبط شد.

۴. آزمایش وان های پیش آماده سازی برای غوطه وری زینکاته

بسیاری از محلول‌های تمیز کننده قبلی مورد استفاده برای فرآیندهای غوطه وری زینکاته رضایت بخش بوده اند، اما برای دستیابی به چسبندگی بهتر پوشش الکترودی بر روی طیف بسیار گسترده ای از آلیاژهای مورد نظر آماده سازی با محلول زینکاته جدید لازم است.

همچنین از آنجا که ما می خواستیم نیکل براق را مستقیماً روی آلومینیوم بنشانیم، باید آماده سازی سطح فلز قبل از غوطه وری در محلول زینکاته تنظیم شود تا از فعالسازی نامطلوب سطح صیقلی، که باعث ظاهر نهایی آن می شود جلوگیری شود.

۵. ارزیابی مقاومت در برابر خوردگی

مراحل انجام شده برای آزمایش صفحه های آلومینیومی پوشش داده شده EC به شرح زیر است:

الف) تست های خوردگی شتاب

۱. آزمایش سالت اسپری اسید استیک مطابق با ASTM B287-62

۲. تست Corrodkote مطابق با ASTM B380-61T

۳. تست CASS مطابق ASTM B368-62T.

ب) آزمایش های مواجهه با فضای باز

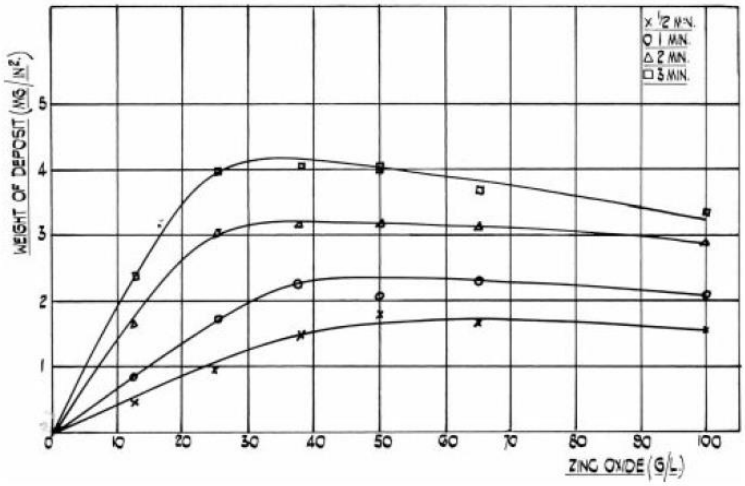
۱. ثابت قرار گرفتن روی سقف نزدیک مرکز بیرمنگام ، انگلیس.
۲. تست خدمات متحرک در قسمت جلوی اتومبیلهایی که عمدتا در بخش بیرمنگام کار می کنند.

نتایج و بحث

۱. اثر تغییر ترکیب و شرایط عملیاتی محلول زینکاته

الف) ترکیب محلول زینکاته

حضور نیکل در محلول زینکاته، در تقویت چسبندگی نیکل، که مستقیماً روی آلیاژ آلومینیوم آبکاری می شد، بسیار سودمند است. نیکل در بسیاری از موارد برای ایجاد چنین تفاوتی پیدا شد که در حالی که قبلاً چسبندگی پوشش نیکل به یک رسوب از یک حمام زینکاته ساده به حدی بود که این پوشش بیشتر شبیه پاکت بود، افزودن نیکل به این محلول زینکاته باعث شد که یک پوشش نیکل بسیار چسبنده به همان آلیاژ آلومینیوم داده شود. همچنین مشخص شد که نیکل براق می‌تواند مستقیماً روی این فیلم اصلاح شده روی از حمام‌های معمولی در اسیدیته‌های معمولی قرار گیرد، بنابراین استفاده از حمام‌های نیکل مات با pH بالا باید جلوگیری شود.



شکل ۲ – تأثیر غلظت اکسید روی بر سرعت تشکیل فیلم در دمای اتاق بر روی آلومینیوم ۵/ ۹۹درصد (نسبت NaOH :ZnO = ۱ :۵).

اگرچه این اثر مفید نیکل در طیف گسترده‌ای از محلول‌های ساده زینکاته با غلظت‌های مختلف مشهود بود (به شکل ۲ نگاه کنید)، در نظر گرفته می‌شد که یک حمام رقیق به بهترین وجه باشد، زیرا با داشتن ویسکوزیته کم، می توان آن را سریع شستشو داد چون محلولهای غلیظ تر سریعتر به سوراخهای کورکوچک نفوذ می‌کنند. (توجه داشته باشید شکل ۲: کاهش ناچیز در وزن پوشش داده شده در محلولهای غلیظ تر و چسبناک، که نتیجه آن از بین رفتن محلول اصلی است). بنابراین، یک محلول زینکاته بر پایه هیدروکسید سدیم و اکسید روی انتخاب شد. به این محلول پایه،

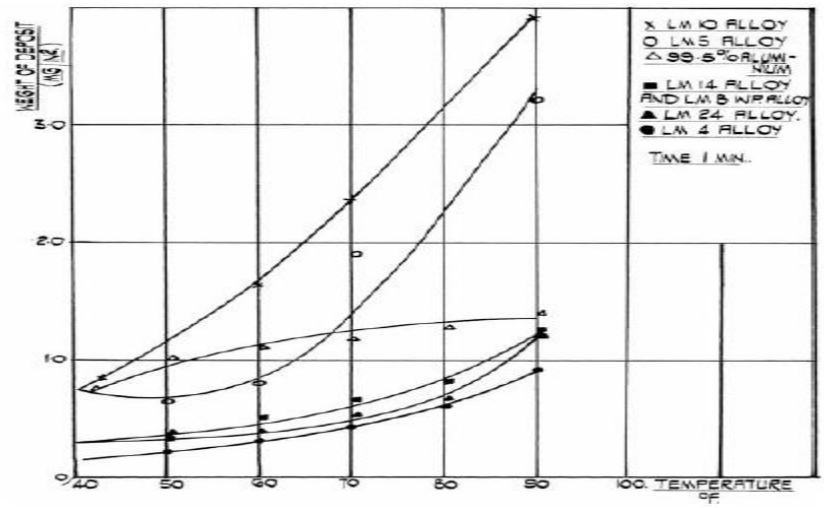
نیکل اضافه شد و محدوده غلظت این فلز که بر روی چسبندگی آن اثر مفیدی را نشان می دهد، تعیین شد. حضور اضافی مس هنگام برخورد با آلیاژهای خاص یک مزیت بود و بنابراین این فلز نیز در فرمولاسیون استاندارد گنجانده شده است. این فلزات نه تنها باید در محدوده مشخصی از غلظت های فردی قرار داشته باشند، بلکه نسبت بین روی، نیکل و مس در محدوده مشخصی نگهداری می شود. برای نگه داشتن این فلزات در محلول، افزودن عوامل کمپلکس کننده ضروری بود. یکی از این مواد سیانیدها بودند و این آنیون نه تنها به عنوان یک عامل کمپلکس کننده اهمیت دارد بلکه غلظت آن برای تأثیرگذاری برروی چسبندگی پوشش الکترودی بسیار مهم است.
بنگستون گزارش داده است که وجود سولفات‌ها در زینکاته یا استفاده از سولفات روی به جای اکسید مفید است. این مسئله در مورد محلول ما اتفاق افتاد و بنابراین سولفات در فرمولاسیون مورد استفاده قرار گرفت، اگرچه یون سولفات به صورت جزئی یا کاملاً توسط کلرید یا نیترات جایگزین می شود، اما چسبندگی خوبی حاصل خواهد داشت.

فرمولاسیون نهایی این حمام زینکاته اصلاح شده در سه سال گذشته به عنوان حمام "Bondal" مورد استفاده تجاری بوده است.

این حمام نسبت به تغییرات ترکیب مقاومت دارد و قبل از آماده سازی سطح برای رسیدن به چسبندگی 2m /L (80 ft/gal) سطح رضایت بخشی را تولید می‌کند اما می توان با ثابت نگه داشتن حمام در یک نسبت مناسب طول عمر آن را زیاد کرد. پودرهای افزودنی حاوی مواد مورد نیاز به نسبت صحیحی با توجه به مقادیر روی و سود سوز آور موجود در تجزیه و تحلیل فرموله شده است که برای کامل شدن حمام ضروری است. بنابراین از نتایج دو تحلیل ساده می توان این حمام زینکاته را در یک حالت تعادل صحیح نگه داشت.

ب) تأثیر شرایط عملیاتی

درجه حرارت حمام زینکاته و زمان غوطه وری عمدتا نقش اصلی را برای ضخامت و ساختار فیلم دارند. ضخامت و ساختار فیلم قبلاً توسط تعدادی از محققان، عمدتاً در تلاش برای پیدا کردن ارتباطی بین وزن فیلم و چسبندگی کاملاً مورد بررسی قرار گرفته است.[۱۲و۱۳ و ۸]



شکل ۳ - تأثیر دما بر میزان تشکیل فیلم.

با مطالعات زیاد ما دریافتیم که دما تأثیر عمیقی بر وزن فیلم رسوب غوطه وری در آلومینیوم دارد. به طور کلی، وزن فیلم با درجه حرارت افزایش می یابد اگرچه رفتار آن کاملاً پیچیده است و به نوع آلیاژ بستگی دارد. شکل ۳ ارتباط بین دما و وزن فیلم برای طیف وسیعی از آلیاژهای تجاری را نشان می دهد. به طور واضح مشخص است که آلومینیوم با خلوص تجاری موقعیت مابینی بین دو آلیاژ، یعنی آلیاژهای دارای مقدار منیزیم بالا و آلیاژهای دارای مقدار سیلیکون بالا، مس یا هر دو را دارد. این امر توسط نویسندگان مختلف گزارش شده است[۸و۱۲و۱۵] که ضخامت فیلم به ترکیب آلیاژ بستگی دارد که این امر به نوبه خود میزان قدرت آن را با توجه به روی تعیین می‌کند. آلیاژهای حاوی منیزیم کم نسبت به روی، آلومینیوم با خلوص تجاری متوسط و آلیاژهای حاوی مس بیشتر نسبت به روی گزارش شده اند. در شکل ۳ می‌بینید که این رابطه بیشتر در دماهای بالا صادق است. همچنین می‌توان دریافت که رفتار آلومینیوم با خلوص تجاری تا حدودی با رفتار آلیاژهای آن متفاوت است، زیرا برای آلومینیوم با خلوص تجاری ضریب دمایی با دما کاهش می‌یابد، در حالی که برای آلیاژهای آلومینیوم ضریب دمایی با دما افزایش می‌یابد. حداقل در یک منحنی برای آلیاژهای حاوی ۳-۶ درصد منیزیم ممکن است از اهمیت الکتروشیمیایی برخوردار باشد ، اما اهمیت آن را نمی توان در زمینه این کار تجسم کرد.

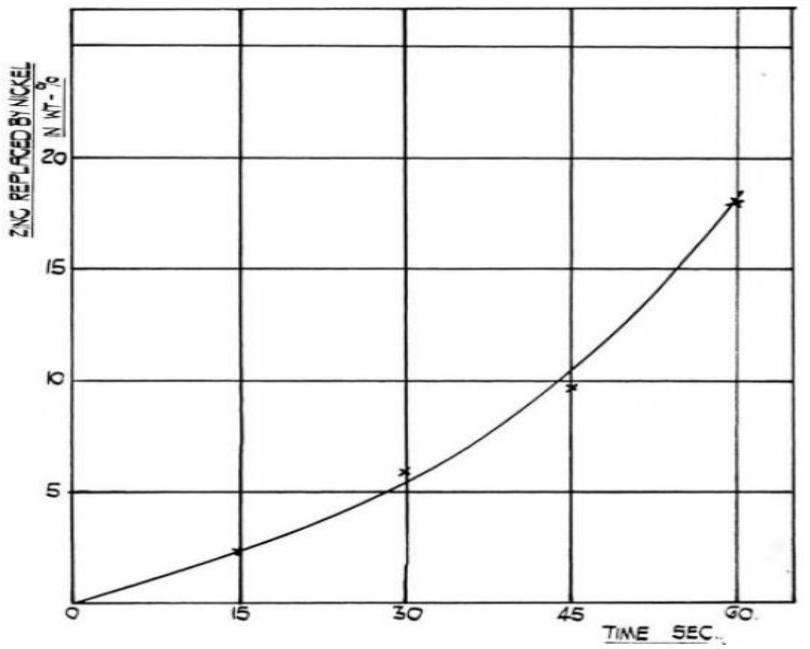
میزان تشکیل فیلم را می‌توان با دمای محلول زینکاته کنترل کرد. از شکل ۳ می‌توان دریافت که میزان تشکیل فیلم در دمای ۳۲ درجه سانتیگراد (۹۰ درجه فارنهایت) بین ۴ تا ۶ برابر سریعتر از از دمای اتاق است. اگرچه با افزایش زمان آماده سازی می‌توان همان ضخامت را بدست آورد، اما نرخ واقعی شکل گیری فیلم قابل افزایش نیست. ما دریافتیم که میزان شکل گیری فیلم به اندازه ضخامت واقعی فیلم اهمیت دارد و با تغییر نرخ تشکیل فیلم، می‌توان چسبندگی خوبی حتی روی آلیاژهایی که قبلاً چسبندگی ضعیف داشتند بدست آورد. در یک دما و چرخه آماده سازی معین، ضخامت فیلم به دست آمده در آلومینیوم و آلیاژهای آن متناسب با زمان غوطه وری است. سرعت تشکیل فیلم، در ابتدا سریع، به تدریج کاهش می یابد و عملاً به حالت یکنواخت (اشباع) می‌رسد. این امر از یک واکنش جابجایی غیر کاتالیزوری انتظار می‌رود، زیرا آن به اثر گالوانیکی متکی است که باید پس از لایه‌ای ناگسستنی بادوام یک فلز نجیب تری بر روی فلز پایه رسوب داده شود. بنابراین، اهمیت زمان بعد از دو دقیقه اول احتمالاً بیش از حد، مورد تأکید قرار گرفته است.

در دما و زمان غوطه وری ثابت، چرخه آماده سازی روی سرعت تشکیل فیلم تأثیر می‌گذارد. به عنوان مثال مشخص شد که سرعت تشکیل فیلم روی آلومینیومی که در یک چربیگیر قلیایی گرم که به صورت غوطه وری تمیز شده بود، کندتر از تشکیل فیلم روی آلومینیومی است که در یک چربیگیری سرد به صورت کاتدی تمیز می‌شود. غالباً از تکنیک زینکاته دوبل استفاده می‌شود، یعنی انحلال فیلم زینکاته ابتدا با غوطه ور شدن آلومینیوم در اسید نیتریک و سپس اصلاح لایه

زینکاته با فرو بردن آلومینیوم در یک محلول زینکاته یا همان زینکاته قبلی، که با محلول زینکاته اصلاح شده مورد آزمایش قرار گرفت. مشخص شد که بهبود مشخصی در چسبندگی می دهد. نتایج کارهای قبلی، نشان می‌دهد سرعت تشکیل فیلم روی آلومینیومی که قبلاً در محلول زینکاته آماده سازی شده کندتر از سطح آلومینیوم جدیدی است که با محلول زینکاته اصلاح شده آماده شده است.

۲. ویژگی های فیلم غوطه وری

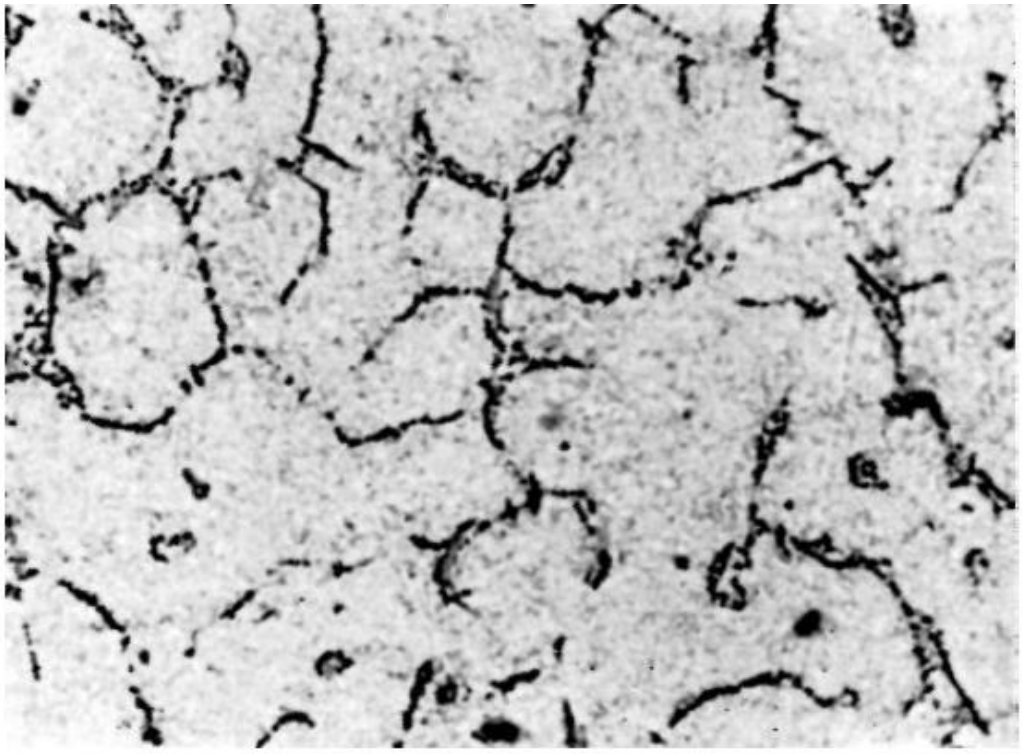
آنالیز شیمیایی یک فیلم معمولی نشان داد که آن حاوی ۸۶ درصد روی ، ۸ درصد مس و ۶ درصد نیکل است. این فیلم احتمالاً یک آلیاژ است نه یک ترکیب شیمیایی، اما هیچ داده‌ای برای اثبات این فرض قابل نقل نیست. ضخامت فیلم که فقط در حدود ۰,۰۱ میلی متر (۰,۲۵ میکرون) است، به اندازه کافی عالی نیست تا اجازه‌ای برای آنالیز یا شناسایی قطعی فاز موجود دهد. یک مطالعه مقدماتی با میکروسکوپ الکترونی نشان داد که فیلم خیلی بی نظم بوده و دارای مقدار زیادی آلومینا برای بدست آوردن نتایج قطعی با این روش است. الگوهای پراش نیز هیچ چیز قطعی را نشان ندادند.



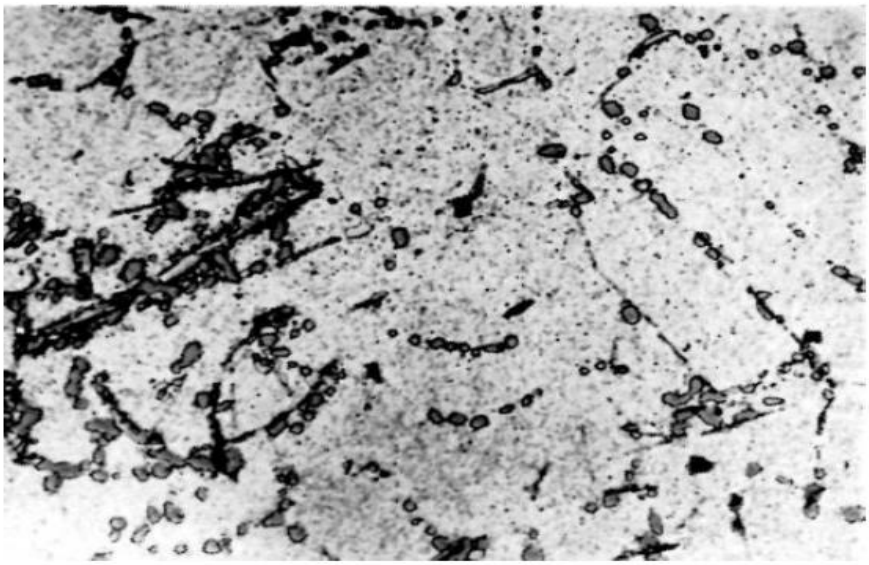
شکل ۴ - سرعت جایگزینی روی توسط نیکل در دمای اتاق در فیلم به دست آمده از ۹۹,۵ درصد آلومینیوم از محلول زینکاته اصلاح شده

یکی از ویژگی‌های خاص این فیلم زینکاته اصلاح شده، آمادگی لازم برای کاهش نیکل از محلول سولفات و ترکیب آن در فیلم است. مشخص شد که این فیلم در محلول حاوی ۳۰۰ گرم بر لیتر سولفات سدیم، ۳۰ گرم بر لیتر کلرید سدیم و ۴۰ گرم بر لیتر اسید بوریک با $pH = 4.2$ کاملاً بی اثر است. با این حال، هنگامی که مقداری سولفات سدیم با سولفات نیکل کریستالی جایگزین می‌شود یک واکنش سریع انجام می شود و نیکل در فیلم گنجانیده می شود. میزان اختلاط

در شکل ۴ نشان داده شده است. این یک واقعیت قابل توجه است که چسبندگی رسوب نیکل متعاقب با مقدار نیکل گنجانده شده پس از رسیدن به حداکثر زمان غوطه وری در حدود ۳۰ ثانیه کاهش می یابد. اگرچه هنوز این مورد تأیید نشده است، اما این امکان وجود دارد که مکانیسم چسبندگی با ترکیب نیکل در مخزن غوطه وری در ارتباط باشد و در طی چند ثانیه اول رسوب، کاهش نیکل در داخل فیلم زینکاته غوطه وری اتفاق می افتد و بعد از آن رسوب الکتریکی نیکل بر روی فیلم نیکل انجام می شود که این امر نه تنها روی سطح زینکاته اصلاح شده بلکه در داخل آن نیز رخ می دهد. یک آزمایش کنترل نشان داد که یک رسوب زینکاته غوطه وری به دست آمده از محلول زینکاته معمولی، هیچ گونه تلفیقی از نیکل را بعد از ۶۰ ثانیه غوطه وری در محلول نیکل از ترکیب داده شده در بالا را نشان نداد.



شکل ۵ - سطح آلیاژ LM8M پس از پرداخت.



شکل ۶ - سطح آلیاژ LM8W پس از پرداخت و اچ کردن در محلول HF 0.5%

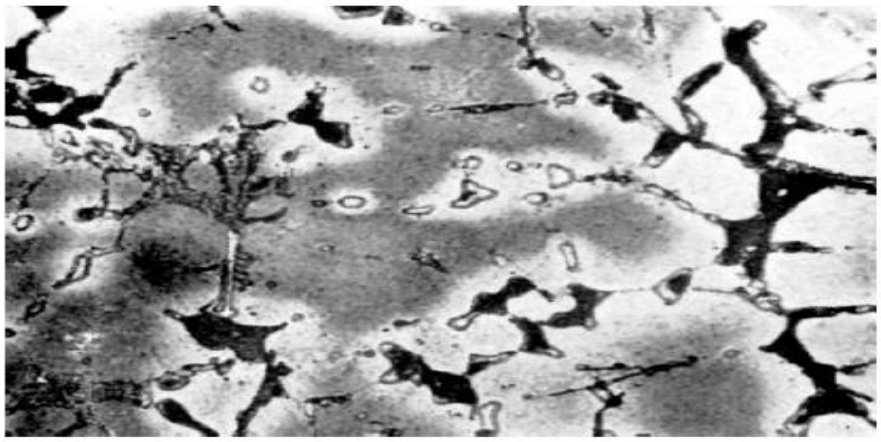
شکل ۷ - سطح آلیاژ LM8WP پس از پرداخت.

بررسی متالورژیکی مکانیسم رسوب نشان داد که شرایط سطح تنها عاملی نیست که بر چسبندگی اثر می‌گذارد. غوطه وری و روند پیرسازی که آلیاژ آلومینیوم در معرض آن قرار می گیرند نیز تأثیر تعیین کننده ای خواهد داشت. به عنوان مثال، اگرچه تشخیص اختلاف معنی داری در میکروساختارهای آلیاژ LM8 پس از آماده سازی درون محلولی در دمای ۵۲۰ درجه سانتیگراد (۹۷۰ درجه فارنهایت) و پس از غوطه وری در محلول آماده سازی غیرممکن بود اما چسبندگی آلیاژ LM8 به محلول آماده سازی عالی بود(۱۰۰lb/in)، در حالی که چسبندگی به همان آلیاژ هنگامی که هم تحت تاثیر محلول و هم محلول آماده سازی قرار بگیرد ضعیف بود(۲۶ lb/in).

از طرف دیگر، اگرچه تفاوت قابل توجهی در میکروساختار بین آلیاژ LM8 در شرایط ریخته گری و پس از عملیات حرارتی با محلول وجود داشت، اما چسبندگی در هر دو مورد قابل مقایسه بود (به ترتیب ۸۰ و ۱۰۰ lb/in). شکل های ۵ ، ۶ و ۷ میکروساختار این آلیاژ را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که علیرغم شباهت ساختار در شکل ۶ و ۷، چسبندگی متفاوت است و با وجود تفاوت ساختار در شکل ۵ و ۶ ، چسبندگی مشابه است. این احتمالاً به دلیل رسوبی است که در طی روند پیر سازی شکل می‌گیرد و در عین حال تحت میکروسکوپ نوری مرئی خواهد بود و بر روی شرایط سطح آلیاژ تأثیر می‌گذارد و بنابراین تفاوت‌های گالوانیک روی سطح را نشان می‌دهد. احتمالاً پس از عملیات حرارتی محلول، فلزات وارد شده به طور یکنواخت پراکنده شده‌اند و زمانی آن درون محلول زینکاته غوطه ور شود، اختلاف پتانسیل ثابتی را روی سطح آلیاژ ایجاد می کنند. تفاوت معنی دار بین ظاهر سطح فلز پس از لایه برداری رسوب نیکل از LM8M ، LM8W و LM8WP در این بودکه، در دو آلیاژ اول، جداسازی در فلز پایه در طول خط لایه برداری رخ داده است، در حالی که در مورد بعدی در فلز پایه فقط شکاف نسبتاً عمیقی وجود داشت، اگرچه عکسهای نوری نشان دادند که آلومینیوم به نیکل چسبیده است، اما پس از عملیات مکانیکی رسوب نیکل از پایه آلومینیوم جدا شد. این امر در شکل های ۸ (a) و (b) به تصویر کشده شده است و نشان می دهد فلز پایه آلومینیوم و نوار نیکل چطور از هم جدا شده اند. از عکس ها مشخص شد که ساختارهای تقریباً مشابه یکدیگر هستند و زمانی که چسبندگی کم است (۲۶lb./in.) جداسازی در فلز پایه اتفاق می افتد. ممکن است که آماده سازی آلیاژ LM8 در محلول زینکاته اصلاح شده منجر به تجزیه جزئی سطح شود و لایه ای تولید کند که استحکام کششی آن چسبندگی کمتری نسبت به رسوب نیکل لایه داشته باشد.

شکل ۸ - (a) سطح آلیاژ LM8WP پس از حذف رسوب الکتریکی با لایه بردار؛ (b) فویل نیکل حذف شده از آلیاژ LM8WP توسط لایه بردار

شکل ۹ - سطح آلیاژ LM4 بعد از پرداخت و فرو بردن در محلول زینکاته اصلاح شده.



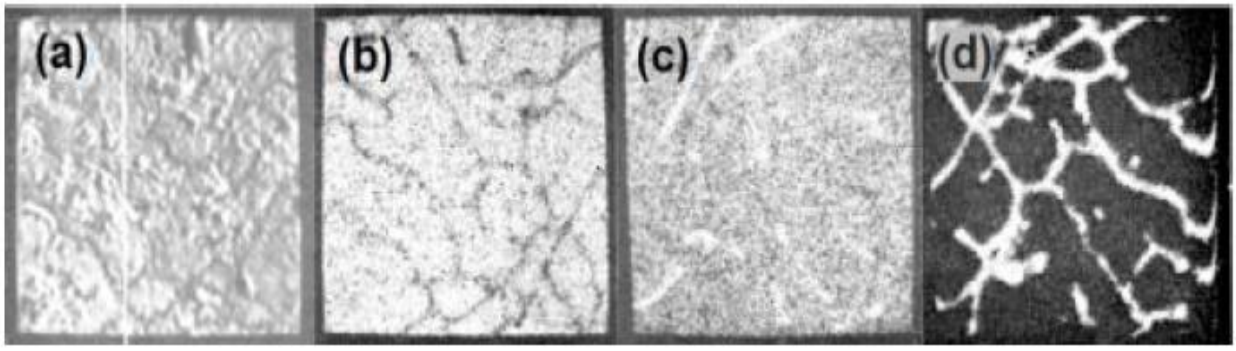
شکل ۱۰ - سطح آلیاژ LM12WP پس از پرداخت و فرو بردن در محلول زینکاته اصلاح شده.

به منظور بررسی اینکه آیا بین چسبندگی نیکل به آلیاژهای مختلف و ظاهر سطح آلیاژ پس از آماده سازی در محلول زینکاته اصلاح شده، رابطه ای وجود دارد، پس از آماده سازی، عکس های نوری از سطح آلیاژ تهیه شد. شکل ۹ و ۱۰ الگوی معمولی به دست آمده در LM4 و LM12WP را نشان می دهد. اگرچه ظاهر با چسبندگی نباید همبستگی داشت باشد، اما شکل ۹ و ۱۰ نشان می دهد که الگوی فیلم ناشی از ضخامت فیلم زینکاته در مراحل مختلف آلیاژ است.

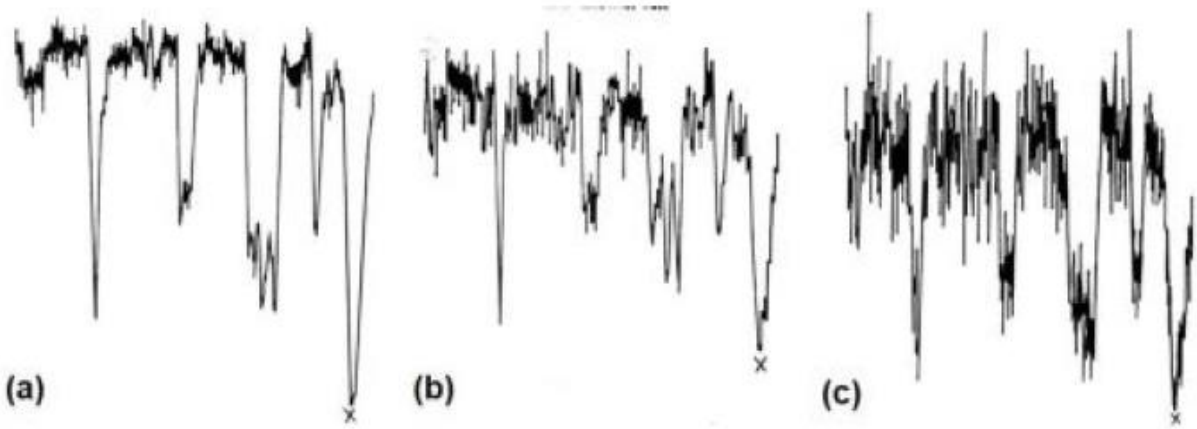
شواهد این امر براساس تحقیقات انجام شده بر روی پرتو الکترونی میکروآنالایزر است، اما تاکنون محدود به یک آلیاژ - LM8M است. میکروساختار این آلیاژ در شکل ۵ نشان داده شده است. هر دو ذرات اسکولار و کروی به عنوان α- (آهن

، منگنز ، سیلیسیوم ، آلومینیوم) یافت شده اند و اینها در یک ساختار ریز از Eutectic Al-Si وجود دارند، دندریت های آلومینیوم نیز موجود هستند.

سطح یک نمونه از این آلیاژ با یک استاندارد متالوگرافی جلا داده شد و با استفاده از تکنیک "زینکاته دوبل" با محلول زینکاته اصلاح شده آماده سازی شد. سپس سطح پوشش داده شده توسط میکرو آنالایزر مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱۱ - میکروآنالیز پرتو الکترونی از آلیاژ آلومینیوم LM8M پس از فرو بردن در محلول زینکاته اصلاح شده: a) تصویر الکترونی، b) تصویر x-ray روی، c) تصویر x-ray آهن، d). تصویر x-ray سیلیکون

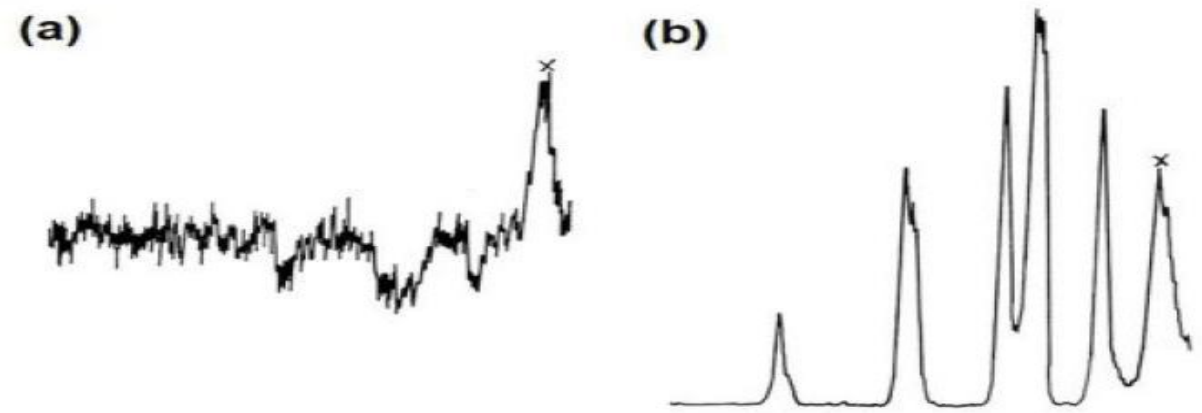


شکل ۱۲ - وضعیت عناصر موجود در فیلم زینکاته اصلاح شده بر روی آلیاژ LM8M: (a) ردیابی x-rayروی. (b) ردیابی x-ray مس؛ (c) ردیابی x-ray نیکل

شکل ۱۱ (a) تصویر الکترونی کلی را که توسط backscatter الکترون ها را از منطقه انتخاب شده نشان می دهد. شکل ۱۱ (b) سطح اسکن شده با توجه به انتشار x-ray روی را نشان می دهد. اختلاف کمی در ضخامت فیلم نسبت به ماتریس، یعنی فضای داخلی دندریت ها مشاهده می شود، اما تکه های تیره در مرزها نشان می دهد که مقدار روی ناچیز یا هیچ روی در این مناطق وجود ندارد. شکل های ۱۱ (c) و (d) به ترتیب رشته از شکل ۱۱ (b) اسکن شده به

منظور شناسایی میزان انتشار آهن و سیلیکون را نشان می دهد، و نشان می دهد که نازک شدن فیلم زینکاته اصلاح شده با ذرات سیلیکون و α- (آهن ، منگنز ، سیلیسیوم ، آلومینیوم) مرتبط است. شکل ۱۲ ردیابی ضبط کننده خودکار، که با سرعت اسکن کم را در امتداد خط نشان داده شده در شکل ۱۱ (a) ، با تکنیکی که در آن پرتو الکترونی از طریق فیلم زینکاته اصلاح شده به دست می آید، را نشان می دهد. در این روش می توان ارزیابی نیمه کمی از عناصر موجود در حجم نفوذ شده توسط پرتو بدست آورد. اولین اثر، شکل ۱۲ (a) ، با آشکارساز حساس فقط به انتشار روی ساخته شده است در حالی که ۱۲ (b) و (c) ردیابی مربوط به غلظت عناصر جزئی مس و نیکل را نشان می دهد.

غلظت هر عنصر با هر روشی مشابه متفاوت است و نشان می‌دهد که ترکیب فیلم، روی سطح ثابت باقی می‌ماند. تغییرات در شدت انتشار در طول تراشه نشان دهنده اختلاف در ضخامت فیلم زینکاته اصلاح شده است. اثرات دیگر با آشکارساز حساس به آهن و سیلیکون ، به ترتیب در شکل ۱۳ (الف) و (ب) مرتب شده اند که تاکید می‌کنند مناطق غنی از آهن و سیلیکون همزمان با کاهش ضخامت فیلم همراه هستند. ضخامت تقریباً در حدود ۰,۰۲ میل (۰,۵ میکرون) نسبت به دندریت‌ها ثابت است اما از مناطقی که اجزای آهن و سیلیکون وجود دارند ، نازکتر از ۰,۰۰۴ میل (۰,۱ میکرون) - احتمالاً به طور کامل ناپدید می‌شوند.



شکل ۱۳ – وضعیت عناصر آلیاژی در آلیاژ LM8M: (a) ردیابی x-ray آهن؛ (b) ردیابی x-ray سیلیکون.

۳. چسبندگی پوشش های آبکاری شده

استفاده از ترتیب فرآیند که در ادامه توضیح داده شده است، پوشش‌های چسبنده‌ای را برای هر دو نوع نیکل مات و براق، از وان‌های نیکل واتس با اسیدیته‌های نرمال (دامنه pH ۳ تا ۵) بر روی آلومینیوم با خلوص تجاری و آلیاژهای انتخاب شده آن را برای انواع کاربرد ها در زمینه صنعتی قادر می سازد. برای بررسی چسبندگی، از شکستگی یا ساییدگی و تست های گرمایشی به علاوه تست های فرونشانی برای همه آلیاژها استفاده شد. برای به دست آوردن اطلاعات دقیق تر در ارتباط با این نتایج کیفی، از تست کمی، پوسته کردن استفاده شده است (جدول ۱ را ببینید). مشخص شد که

آلیاژهای سری زیر با استفاده از زینکاته اصلاح شده - ۱۰۰۰ ، ۲۰۰۰ ، ۳۰۰۰ ، ۵۰۰۰ و ۶۰۰۰ می توانند به طور رضایت بخشی آبکاری شوند.

انواع آلیاژهای ساخته شده معمولی ۱۱۰۰ و آلومینیوم خالص تا ۹۹,۹۹ درصد ، ۲۰۱۴ ، ۲۰۱۷ ، ۳۰۰۳ ، ۵۰۵۰ ، ۵۰۵۲ ، ۵۰۵۶ ، ۵۱۵۴،۶۰۵۳ ، ۶۰۶۱ ، ۶۰۶۳ و ۶۱۵۱ چسبندگی خوبی به نیکل دارند. از بین آلیاژهای ریخته گری، مانند ۱۳ ، ۱۲۲، ۱۳۲،۱۴۲، ۲۱۴، ۲۲۰، ۳۱۹، ۳۵۶ و ۳۸۰ همه با موفقیت آبکاری نیکل شده اند.

خلاصه ، به نظر می رسد که نیکل - چه مات و یا براق ، می تواند به طور چسبنده روی هر آلیاژ آلومینیوم که حاوی بیش از ۵ درصد مس ، ۹ درصد منیزیم ، ۱,۵ درصد منگنز یا ۱۳ درصد سیلیکون، پس از آنکه اینها در "Bondal" به صورت غوطه وری آماده سازی شدند آبکاری شود. باید تأکید کرد که این نتیجه را می توان بدون هیچگونه آماده سازی، مانند برخی از فرآیندهای مورد استفاده برای آبکاری آلومینیوم بسیار حیاتی به دست آورد.

جدول ۱

PERCENTAGE OF MAIN ALLOYING ELEMENTS

Alloy	Copper	Magnesium	Silicon	Peel (lb/in)
SIB	0.05	—	0.3	100
LM2	0.7–2.5	0.3	9–11.5	66
LM4	2–4	0.15	4–6	68
LM6	0.1	0.1	10–13	37
LM8M	0.1	0.3–0.8	5–6	80
LM8W				100
LM8WP				26
LM10W	0.1	9.5–11	0.25	95
LM12WP	9–10.5	0.15–0.35	2.0	30
LM24	3–4	0.1	7.5–9.5	40
HE9	0.1	0.4–0.9	0.3–0.7	30

The LM alloys are numbered according to British Standard 1490, the SIB alloy according to British Standard 1470 and the HE alloy according to British Standard 1476. (Single values are maxima for impurities).

۴. آماده سازی قبل از فرو رفتن درون زینکاته اصلاح شده

همانطور که گفته شد زینکاته اصلاح شده غوطه وری بسیار متنوع است و بنابراین می توان نتایج رضایت بخشی را در بسیاری از انواع آلیاژ آلومینیوم بدست آورد. برای آلومینیوم با خلوص تجاری و آلیاژهای حاوی کمتر از ۱,۵ درصد عناصر آلیاژی، ترتیب فرآیند ساده ای که در زیر آورده شده است چسبندگی بسیار خوبی از نیکل و بسیاری از پوشش های آبکاری شده دیگر را به شما می دهد:

۱. چربیگیری در تری کلرواتیلن یا چربیگیری در یک چربیگیر گرم بدون سیلیکات و بدون اچ سازی

۲. آب شویی

۳. چربیگیری الکتریکی بر پایه کاستیک و بدون سیلیکات

۴- آبشویی

۵. غوطه وری در اسیدنیتریک (۵۰ درصد حجمی)

۶. آب شویی

۷. فرو بردن در "Bondal" زینکاته اصلاح شده به مدت ۱ تا ۲ دقیقه در دمای ۱۶ تا۳۰ درجه سانتیگراد (۸۵-۶۰ درجه فارنهایت)

۸- آبشویی

۹- آبکاری با فلزهای مطلوب معمول وان های آبکاری مات یا براق

برای ریخته‌گری آلیاژهای حاوی مقادیر زیادی سیلیکون یا مس ، مانند ۱۳ ، ۳۸۰ یا ۱۲۲ ، بهتر است از یک غوطه وری مضاعف در زینکاته اصلاح شده استفاده شود. آلیاژهای حاوی بیش از ۳ درصد منیزیم، به عنوان مثال ۲۲۰ یا ۵۰۵۶ ، باید به جای غوطه وری در اسید نیتریک در مرحله ۵ در ترتیب فرآیند فوق، از اسید سولفوریک رقیق و گرم استفاده شود.

بسیاری از فلزات به غیر از نیکل حتی با استفاده از یک ترتیب فرآیند مناسب می‌توانند روی آلیاژهای پیچیده تر آلومینیوم رسوب داده شوند. به عنوان مثال، کروم سخت می‌تواند مستقیماً بر روی آلیاژ ۱۳ یا ۳۸۰ از حمام هایی که حاوی سیلیکو فلوئورید نیستند، رسوب داده شوند، به شرط آنکه مخلوطی از اسید نیتریک و هیدروفلوئوریک در مرحله ۵ از ترتیب فرآیند استاندارد استفاده شود. مس و برنج همچنین می توانند مستقیماً روی آلومینیوم با استفاده از حمام های سیانیدی مانند روی، کادمیوم و نقره قرار گیرند. بهتر است برای آبکاری قلع از یک محلول سولفات قلع دو ظرفیتی به جای یک حمام سدیم استانات استفاده شود. اگر از حمام مشخصی برای آبکاری مستقیم مانند مس اسیدی یا کروم با راندمان بالا استفاده نشود یا جایی که زیر لایه مرغوبی مانند طلا، قابل استفاده نیست، می توانید فلز مورد نظر را روی زیر لایه نیکل آبکاری کنید.

۵- آزمایش خوردگی روی آلومینیوم آبکاری شده

آزمایشات شتاب نشان داد که مقاومت در برابر خوردگی آلومینیوم آبکاری شده با ۱,۲ میل نیکل ، دقیقاً مانند سایر فلزات، به ماهیت نیکل و پوشش کروم بستگی دارد. اگرچه نمونه های نیکل براق بعلاوه ۰,۰۱ میل کروم ، در آزمایشات ناموفق هست اما استفاده از لایه های نیکل دوبل یا کروم میکرو کرک منجر به عملکرد بسیار بهتری می شود و آلومینیوم

آبکاری شده پس از آن رفتاری مشابه با قطعات فولادی آبکاری شده با همان نوع پوشش را دارند، بنابراین هر دو صفحه فولادی و آلومینیومی تقریباً در آزمایش های شتاب ناکام هستند. به عنوان مثال ، نمونه های آزمایشی آلومینیوم و فولاد آبکاری شده با ۰,۰۳ میل کروم میکرو کرک و بیش از ۱,۲ میل نیکل براق هنوز هم دارای رتبه۹ از ASTM پس از هر دو چرخه آزمایش Corrodkote یا ۲۴۰ ساعت در سالت اسپری اسید استیک بودند. همچنین نمونه آبکاری شده با ۱,۲ میل نیکل دوبل به همراه ۰,۰۱ میل کروم منظم پس از دو تست Corrodkote یا یک آزمایش CASS دارای رتبه ۹ را دارد. کروم بدون کرک عملکردی متفاوت داشت؛ گاهی اوقات بسیار خوب بود، اما اگر چند منافذ در این پوشش وجود داشته باشد، به سرعت به نیکل زیرین نفوذ می کند و باعث حمله به آلومینیوم می شود. در طول این آزمایشات، مشاهده شد که قطعات آلومینیومی آبکاری شده پس از آماده سازی با محلول زینکاته اصلاح شده خوردگی های جانبی بسیار کمتری در خطوط اتصال آلومینیوم / آبکاری شده با مس ، نیکل و کروم پس از غوطه ور شدن در یک محلول ساده زینکاته به نمایش گذاشتند.

آزمایش های در فضای باز آزمایش های شتاب را تأیید کرد، و نیکل دوبل و کروم میکرو کرک دوباره مزایای خود را نشان دادند، اما رسوبات سنگین کروم بدون کرک باعث می شود که بدتر از لایه کروم معمول ۰,۰۱ میلی باشد.

اگرچه آزمایشهای گسترده ای انجام شده است، آنها می توانند با بیان اینکه در کلیه موارد، به جز کروم بدون کرک ، فواید پوشش نیکل و کروم بهبود یافته که قبلاً برای فولاد و آلیاژ روی مناسب بود، برای آلومینیوم نیز قابل استفاده است.

از آنجایی که آزمایش های خوردگی بیشتری انجام شده و رفتارهای مختلفی که روی محصولات مشاهده شده در سرویس مشاهده می شوند، به طور فزاینده ای آشکار شده است که مهمترین عامل آن، نوع پوشش نیکل / کروم آبکاری شده است. طول عمر آن به طور مشخص بر روی آلومینیوم مثلاً روی آلیاژ روی یکسان است.

نتیجه گیری

وجود یون های نیکل در محلول زینکاته سدیم که برای آماده سازی آلومینیوم به صورت غوطه وری استفاده می شود، مفید واقع شده است. این امر باعث شده است که نیکل، از جمله نیکل براق و سایر فلزات به طور مستقیم و چسبنده روی آلومینیوم و طیف گسترده ای از آلیاژهای آن چسبانده شود، بدون اینکه هیچ زیر لایه ای از مس یا آلیاژ مس لازم باشد. بنابراین پخت لازم نیست. مقاومت در برابر خوردگی آلومینیوم، نیکل و کروم آبکاری شده توسط این فرآیند بستگی به ماهیت پوشش دارد و از این رو نیکل دوبل یا کروم میکرو کرک به همین دلیل برای کالاهایی که در شرایط شدید خورنده استفاده می شوند، توصیه می شود. نیکل براق به علاوه کروم معمولی، با این حال ، برای خدمات عادی داخل

خانه کاملاً رضایت بخش است. این امر با انواع مقاله هایی که توسط این فرآیند اختصاصی با موفقیت تجاری رسم شده اند، تأیید می شود، که شامل لوازم توخالی خانگی، ظروف آرایشی، دکمه ها و نشان ها، و اجزای آتش سوزی برقی و اجاق گاز، دوربین، دستگاه های توزیع و تجهیزات مهندسی عمومی، در حالی که استفاده از آن در قطعات برای سرویس در فضای باز توسط چرخ اتومبیل و موتور سیکلت مشخص می شود.

منابع:

1. Q. Marino, *Brass World*, 9, 29 (1913).
2. S. Wernick & R. Pinner, *The Surface Treatment and Finishing of Aluminum*, Teddington, Robert Draper, 1964; Chapters 13-16.
3. J. Korpiun, U.S. Patent 2,142,564 (1939).
4. F. Passal, U.S. Patent 2,662,054 (1953).
5. J. Patrie, U.S. Patent 2,745,799 (1956).
6. W. Zelley, U.S. Patent 2,676,916 (1954).
7. J. Korpiun, U.S. Patent 2,418,265 (1947).
8. W. Bullough & G.E. Gardam, *J. Electrodep. Tech. Soc.*, 22, 169 (1947).
9. W. Zelley, *J. Electrochem. Soc.*, 100, 328 (1953).
10. H.J. Wittrock & L. Swanson, *Plating*, 49, 880 (1962).
11. H. Bengston, *Trans. Electrochem. Soc.*, 88, 307 (1945).
12. G.L.J. Bailey, *J. Electrodep. Tech. Soc.*, 27, 233 (1951).
13. F. Keller & W.G. Zelley, *J. Electrochem. Soc.*, 97, 143 (1950).
14. H. Richaud, *Revue De Aluminum*, 881, July 1961.
15. V.I. Lainer & Yu A. Velichko, *Vestnik Mashinostroenya*, 37, 48 (1957).