نشریه علمی سازمان انرژی اتمی ایران
شمارهٔ ۲۲، صفحات ۵۵-۴۷، ۱۳۷۹

طراحی، ساخت و بهره‌برداری از یک دستگاه پوشش‌دهی سخت روی آلومینیوم و آلیاژهای آن

اکرم‌السادات حسینی، غلامرضا دهقانی، حمیدرضا قاسمی[۱]، مریم بیاتی
بخش مواد هسته‌ای
مرکز تحقیقات کشاورزی و پزشکی هسته‌ای - سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده

آلومینیوم و آلیاژهای آن به علت سبکی وزن و استحکام ویژه خود، کاربردهای فراوانی در صنعت یافته‌اند. این آلیاژها خواص چکش‌خواری، شکل‌پذیری، مقاومت در برابر خوردگی و قابلیت هدایت الکتریکی و گرمایی مناسبی از خود نشان می‌دهند، اما در ابزارهایی که سطوح قطعات آلومینیومی در تماس و حرکت نسبی با اجسام دیگرند به علت خواص سایش شناختی[۲] ضعیفی که دارند احتمال ساییدگی، به هم چسبندگی سطوح تماس و تغییرات غیریکنواخت ضریب اصطکاک در آنها وجود دارد. از طرف دیگر برای کاستن وزن قطعات صنعتی، استفاده از آلیاژهای آلومینیومی سبک بسیار مورد توجه است، اما ضعف استحکام سطحی و مقاومت سایشی این آلیاژها مساله‌ساز می‌باشد. با ایجاد پوشش‌های سطحی سخت، که یکی از انواع پوشش‌های اکسیدی - آنودی می‌باشد، این اشکال برطرف شده و مقاومت آلومینیوم پوشش‌دار در برابر ساییدگی افزایش یافته است. در این کار پژوهشی، طراحی، ساخت و بهره‌برداری از یک دستگاه پوشش‌دهی سطوح قطعات آلومینیومی که در بعضی از طرح‌های تحقیقاتی سازمان انرژی اتمی ایران به کار می‌روند مورد نظر بوده است. دستگاه ساخته شده اکنون به عنوان یکی از تجهیزات آزمایشگاه الکتروشیمی سازمان در حال بهره‌برداری است.

۱ـ مقدمه

سطوح صیقلی اغلب فلزات در مجاورت هوا به سرعت اکسید می‌شوند. مثلاً وقتی قطعات صیقلی آلومینیوم و آلیاژهای آن در معرض هوا قرار می‌گیرند لایه‌ای از اکسید آلومینیوم سطح آنها را می‌پوشاند. این لایه با آنکه نازک است در برابر خوردگی بسیار مقاوم می‌باشد. فرآیند تشکیل لایهٔ نازک اکسیدی را می‌توان به روش الکتروشیمیایی از طریق آبکاری آلومینیوم[۳] به منظور ایجاد پوشش رنگین محافظ و تزیینی سطح فلز انجام داد. ضخامت لایه نازکی که با این روش ایجاد می‌شود در حدود ۱۰ تا ۲۵ میکرون گزارش شده است. برای دستیابی به پوشش اکسیدی مقاومتر، تحقیقات بیشتری درباره روش «آبکاری سخت» به عمل آمده است. با این روش، لایه‌های سخت به ضخامت بیشتر و فشرده‌تر، حدود ۵۰ تا ۲۰۰ میکرون ایجاد شده و توسعه یافته است[۲]. این روش اکنون کاربرد و اهمیت تجاری و صنعتی زیادی به ویژه در صنایع هواپیماسازی، صنعت تولید انرژی، الکترونیک، حمل و نقل، پزشکی و حتی مصارف عمومی پیداکرده است.

درجه سختی اکسیدآلومینیوم بسیار زیاد است به طوری که پودر اکسیدآلومینیوم خالص (آلومینا) در آزمایشگاههای تهیه نمونه‌های فلزی و فلزنگاری[۴] به عنوان ماده ساینده به کار می‌رود. پوشش اکسید آلومینیوم بر روی سطح قطعات آلومینیومی مقاومت آنها را در برابر خوردگی به اندازه کافی بهبود می‌بخشد و اثر این کار مفید با ایجاد پوشش سخت و ضخیم‌تر اکسیدآلومینیوم به روش آبکاری سخت (در مقایسه با روش آبکاری معمولی) کاملاً مشخص است، به عنوان مثال، نتیجه آزمایشی را می‌توان ذکر کرد که در آن، ۵۰۰ ساعت پاشیدن نمک بر روی یک قطعه آلومینیوم دارای پوشش آنودی سخت، مقاومت قابل مقایسه با فولاد ضد زنگ ۳۰۴ را در برابر خوردگی از خود نشان داده و هیچگونه اثر خوردگی بر روی

۱- استادیار انستیتو مواد دانشکده فنی دانشگاه تهران

۲- تریبولوژی، یعنی دانش و فناوری سطوح درگیر در حین حرکت نسبی و موضوعهای مربوط به آن که شامل اصطکاک، سایش و روانکاری می‌شود[۱].

3- Anodizing

4- Metalogrphy

سطح آن مشاهده نشده است[۳].

پوشش‌های اکسیدی آنودی سخت، مقاومت در برابر خراشیدگی[۵] و ساییدگی[۶] را نیز افزایش داده و همچنین به عنوان عایق برق و گرما و مرمت‌کاری قطعاتی که به سبب ماشین‌کاری یا ساییدگی ابعادشان تغییر کرده است به‌کار می‌روند. خواص پوشش‌های «اکسید آنودی سخت» بستگی قابل توجّهی به نوع آلیاژ و روش تولید آن دارند و رنگ آنها بسته به نوع آلیاژ، عملیات حرارتی و شرایط آبکاری (چگالی جریان و دما) متفاوت است. پوشش‌دهی «اکسید آنودی سخت» در دماهای نسبتاً پایین و با جریانهای الکتریکی بالا انجام می‌گیرد. الکترولیتی که معمولاً در این روش به‌کار می‌رود اسیدسولفوریک است که با افزودن قدری اسید اوگزالیک، از حل شدن قطعهٔ آلومینیومی در الکترولیت جلوگیری می‌شود. معمولاً برای پوشش‌دهی آنودی سخت، جریان مستقیم (d.c) به‌کار می‌رود، ولی دربعضی از موارد، از جریان متناوب (a.c) نیز استفاده می‌شود. روش «پوشش‌دهی آنودی سخت» برای آلیاژهای آلومینیومی که حاوی بیش از ۵٪ مس و ۷٪ سیلیکون باشند توصیه نمی‌شود، زیرا افزایش درصد مس باعث افزوده شدن قابلیت هدایت الکتریکی جریان در لایه پوشش شده و در نتیجه ولتاژ کمتری را ایجاب می‌کند، اما سیلیکون باعث کاهش هدایت الکتریکی می‌گردد و ولتاژ بالاتری مورد نیاز است. به همین جهت در مورد اینگونه آلیاژها استفاده از جریان متناوب و الکترولیت اسیدسولفوریک توصیه می‌شود[۴].

به طور کلی، وجود «لایه پوشش سخت»، سطح نرم قطعه فلز را از خراشیده شدن به وسیله اجسام یا ذرات سخت محافظت می‌کند. به همین جهت، «پوشش‌های سخت» در مواردی که خراشیدگی و یا ساییدگی وجود دارد مناسب است. موثرترین «پوشش‌های سخت» عبارتند از نیتریدتیتانیوم (TiN)، پوشش‌های کاربیدی (TiC,CrC,WC)، پوشش‌های اکسیدی (Al_2O_3, Cr_2O_3) پوشش بورایدی (TiB_2) پوششهای الماسی و شبه الماسی.

لایه اکسیدی آنودی که در مدت آبکاری آلومینیوم ایجاد می‌شود متشکل از دو لایه است: لایهٔ فعال یا مانع[۷] و لایه متخلخل. لایه مانع درست در مجاورت سطح فلز به وجود می‌آید و هیچگونه تخلخلی ندارد و بسیار نازک است. ضخامت این لایه بستگی به ترکیب شیمیایی الکترولیت و شرایط آبکاری آلومینیوم دارد و عبور جریان الکتریکی از آن تنها به علت نازک بودن و وجود نقص در ساختار بلوری آن است. بنابراین باگذشت زمان، این لایه تحت تاثیر جریان قرار نمی‌گیرد و تنها لایهٔ متخلخل است که رشد می‌کند. اکثر خواص اصلی قطعات آبکاری شده به لایهٔ متخلخل نسبت داده می‌شود[۴]. این لایه در مقایسه با لایهٔ مانع ضخیم‌تر بوده و خلل و فرج بسیار دارد. ساختار لایهٔ آنودی را اکسیدهای آلومینیوم بلوری، بی‌شکل، هیدراته و آنیونها تشکیل می‌دهند که نوع آنیون‌های آن بستگی به نوع الکترولیت دارد[۲].

۲ـ طراحی و ساخت دستگاه آبکاری سخت

فرآیند «آبکاری سخت» معمولاً در دمای پایین انجام می‌گیرد. علاوه بر این لازمست دمای الکترولیت در مدت عمل ثابت نگه داشته شود و افتاخیزهای آن محدود باشد. بنابراین برای ایجاد پوشش آنودی سخت، یک دستگاه سردکننده که بتواند دمای الکترولیت را سریعاً پائین آورده و آنرا در حد مورد نیاز ثابت نگه دارد ضروری است. این دستگاه براساس تبخیر و میعان گاز فرئون کار می‌کند و دمای الکترولیت را تا ۱۰°C-کاهش داده و با تقریب ۱°C± ثابت نگه می‌دارد. به طور کلی، گرما از سه طریق به الکترولیت وارد می‌شود: از واکنش اکسید شدن آلومینیوم که واکنشی گرمازا است، از محیط پیرامون الکترولیت و از اثر ژول در مقاومت الکتریکی محلول (انرژی الکتریکی). با عایق‌بندی مناسب می‌توان انتقال گرما از محیط به الکترولیت را در حد امکان کاهش داد. بنابراین، گرمای ورودی به الکترولیت محدود به دو منبع دیگر می‌شود. محاسبه نشان می‌دهد که گرمای تشکیل «پوشش اکسیدی» تقریباً ۷۰ ژول برای هر دسی مترمربع پوشش به ضخامت میکرون است [۲]. انرژی الکتریکی که در واحد زمان به الکترولیت داده می‌شود برابر حاصل ضرب ولتاژ در شدت جریانی است که از آن می‌گذرد. Brace [۵] در تحقیقات خود نشان داده است که ظرفیت سردسازی مورد نیاز تقریباً برابر است با «$\frac{۳/۴۲}{۱۲۰۰۰}$ تن ×بار الکتریکی» و به ازای هر تن حدود ۱/۲ اسب بخار توان مورد نیاز است. با توجه به این توضیحات، ظرفیت سردسازی لازم را حدود ۰/۲۸۵ تن بدست آوردیم که توان مورد نیاز برابر با

5- Abrasive wear
6- Erosion
7- Barrier Layer

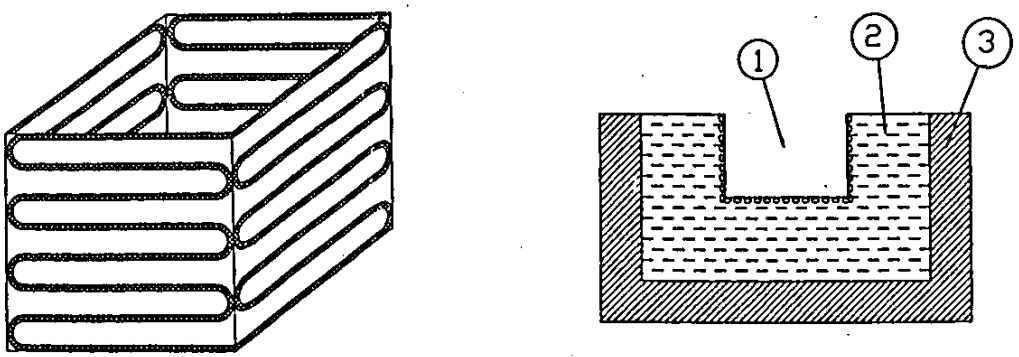
۰/۳۵ اسب بخار تخمین زده شد؛ اما برای اطمینان، دستگاه سردکننده‌ای که قدرت موتور آن ۰/۵ اسب بخار بود انتخاب شد.

دستگاه پوشش‌دهی آنودی در این کار پژوهشی متشکل است از ظرف فولادی که بدنه خارجی آن از لوله‌های مسی پوشیده شده و درون آن الکترولیت ریخته می‌شود و اطراف آن را مایع ضد یخ (آب + اتیلن گلیکول) به عنوان جاذب حرارت (یا چاه حرارتی) فراگرفته است، این مجموعه درون محفظه‌ای که جدار آن عایق‌بندی شده است قرار دارد (شکل ۱). در طراحی سیستم خنک‌کننده، از متراکم‌کننده (کمپرسور) با توان ۰/۵ اسب بخار، چگالنده (کندانسور) $\frac{1}{2}$ دما یا (ترموستات)، عمل‌گر (اواپراتور)، خشک‌کننده، لوله‌های مویین و لوله کشی مسی استفاده شده است. برای به هم زدن الکترولیت، دمش هوا به وسیله پمپ صورت گرفته است تا دمای الکترولیت را یکنواخت نگه دارد. یکی دیگر از لوازم پوشش‌دهی آنودی سخت، تامین جریان برق با چگالی الکتریکی بالا و تثبیت آن در طول مدت فرآیند است. برای این منظور یک منبع تغذیه (یکسوکننده) لازم است که بتواند به طور خودکار جریان برقرار شده را در تمام مدت فرآیند آبکاری ثابت نگه دارد، چون پوشش آنودی سخت به صورت عایق الکتریکی عمل می‌کند در مقابل عبور جریان از خود مقاومت نشان می‌دهد و با افزایش ضخامت پوشش، مقاومت آن نیز افزایش می‌یابد. منبع تغذیه الکتریکی در این تحقیق طوری طراحی شده است که به کمک مدارهای الکترونیکی تعبیه شده در آن، مقاومت اهمی دستگاه را به طور مداوم اندازه گیری کرده و برای ثابت نگه داشتن جریان برق، ولتاژ مورد نیاز را اعمال می‌نماید. در این پژوهش حداکثر جریان و ولتاژ اعمال شده به وسیله این منبع تغذیه به ترتیب برابر با ۱۰A و ۱۰۰V بوده است.

۳ـ شرح آزمایش و نتایج

الف ـ در این پژوهش آلیاژ آلومینیومی ۸۰۷۹ که ترکیب شیمیایی آن در جدول ۱ مندرج است تحت پوشش‌دهی آنودی سخت قرار گرفته است. نمونه اولیه این آلیاژ میله‌ای به قطر ۱۰ سانتیمتر بوده که از آن با برش و تراشکاری دیسکهایی به همان قطر و به ضخامت ۳ میلی‌متر تهیه شده است. قبل از شروع عملیات آبکاری سخت، ابتدا تمیزکاری شیمیایی نمونه‌ها به وسیله محلول سود ۵٪ در دمای حدود ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ تا ۳ دقیقه انجام شد، سپس در محلول اسیدنیتریک ۳۵٪ در دمای اطاق به مدت ۲۰ تا ۳۰ ثانیه دوده زدایی گردید. الکترولیت‌های به کار رفته عبارتند از: الکترولیت S شامل مخلوطی از اسیدسولفوریک به مقدار ۱۵۰ g/Lit، اسیدا گزالیک ۱۰ g/Lit در دمای ۱°C+ و الکترولیت x شامل مخلوطی از اسیدا گزالیک به غلظت ۸۰ g/Lit و مواد افزودنی در دمای ۱°C ± ۱۵.

در جدول ۲، ضخامت و ریز سختی پوشش آنودی سخت و همچنین زبری سطح نمونه‌های مختلف ذکر گردیده است. ضخامت پوشش‌ها به روش میکروسکپی اندازه گیری شده است. بررسی موضوع‌نگاری (توپوگرافی) سطح‌های سائیده شده نمونه و پین و همچنین بررسی شکل و اندازه ذرات سایشی به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) انجام گرفته است.



شکل ۱: طرح ساده دستگاه سرد کننده: ۱ـ ظرف الکترولیت. ۲ـ مخزن واسطه جذب حرارت. ۳ـ جدار عایق‌بندی شده

جدول ۱: ترکیب شیمیایی آلیاژ ۸۰۷۹ و پین دستگاه سایش

نوع آلیاژ	Al	P	C	Cr	Mg	Mn	Cu	Fe	Si
۸۰۷۹	—	—	—	—	—	—	۰/۵۰	۰/۷-۱/۳	۰/۰۵-۰/۳
پین فولادی	S ≤ ۰/۰۲	۰/۱- < ۰/۰۲۵	۰/۹۸- ۱/۱	۱/۳- ۱/۶	—	۰/۲۵- ۰/۴۵	—	—	۰/۱۵- ۰/۴۵

جدول ۲: ضخامت و سختی میکروسکپی پوشش و زبری سطح نمونه‌ها

نمونه AL ۸۰۷۹	X45	S55	S160
ضخامت پوشش (میکرون)	۳۷-۴۰	۳۷-۳۹	۱۳۰-۱۳۵
زبری سطح (میکرون)	۰/۹	۱/۱	۱/۳
سختی میکروسکوپی (۵۰gr) Hv	۵۸۰	۵۲۰	۴۶۴

زبری سطح پین فولادی ۰/۲ میکرون می‌باشد.

پین فولادی (AISI52100) یکی از معروفترین فولادهای مقاوم در مقابل سایش است که به نام فولاد بلبرینگ شناخته می‌شود. سختی نوک پین ۶۱Rc-۵۸ می‌باشد.

ب - نتایج: ولتاژ منبع تغذیه در فرایند آبکاری سخت به گونه‌ای تغییر می‌کند که چگالی جریان برق در الکترولیت ثابت بماند. چگونگی تغییرات ولتاژ در الکترولیت‌های اسیدسولفوریک و اسیدا گزالیک نشان دهندهٔ این است که آهنگ متوسّط افزایش ولتاژ در الکترولیت اسیدسولفوریک (الکترولیت S) تقریباً ۰/۱۶۷ ولت در دقیقه و در اسیدا گزالیک (الکترولیت X) برابر ۱/۱۳۷ ولت در دقیقه بوده‌است۰ در الکترولیت S ولتاژ اوّلیه در محدودهٔ ۲۵ تا ۳۰ ولت بود که به تدریج به ۵۰ ولت می‌رسید، ولی در الکترولیت X بطور کلی ولتاژ مورد نیاز بالا بوده و افزایش سریعتری داشته است، به طوری که از محدودهٔ ۶۷ تا ۸۰ ولت شروع می‌شد و به حدود ۹۵ ولت می‌رسید.

چگونگی تغییرات کاهش وزن نمونه‌های مختلف بر حسب مسافت لغزش تحت اثر نیروهای اعمال شده در شکلهای ۲ و ۳ نشان داده شده است. در شکل ۲ رفتار سایشی آلیاژ ۸۰۷۹، که به مدت ۵۵ دقیقه در الکترولیت اسیدسولفوریک آبکاری شده و ضخامت پوشش آن ۳۸ میکرون است، تحت اثر سه نیروی ۳۰ و ۶۰ و ۹۰ نیوتن نشان داده شده است.

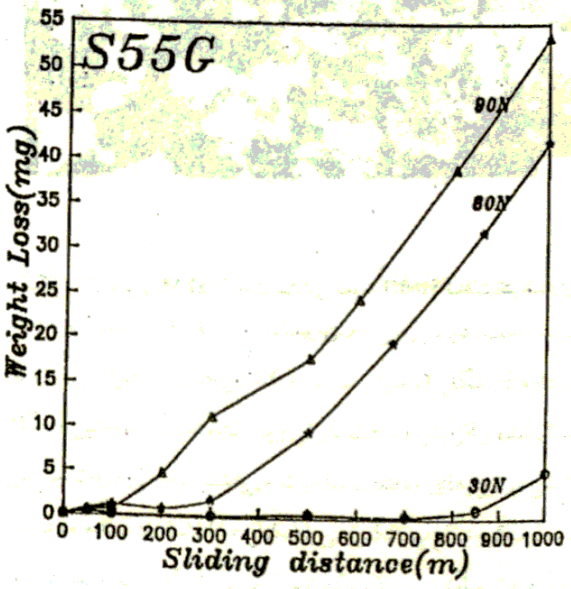
هر یک از نمودارها دارای دو قسمت مجزا است: آهنگ سایش در قسمت اوّل پایین بوده ولی در قسمت دوّم افزایش یافته است. شکل ۳ نشان دهندهٔ رفتار سایشی آلیاژ ۸۰۷۹ که به مدت ۴۵ دقیقه در الکترولیت اسیدا گزالیک آبکاری شده و ضخامت پوشش آن ۳۸ میکرون است و تحت اثر بارهای ۶۰ و ۹۰ و ۱۲۰ نیوتن بوده است: با نیروی ۶۰ نیوتن تا مسافت ۱۰۰ متر آهنگ تغییرات کاهش وزن پایین بوده سپس به شدت زیاد می‌شود و به یک حالت پایدار می‌رسد ولی در اثر نیروهای ۹۰ و ۱۲۰ نیوتن، آهنگ سایش بسیار ناچیز بوده و تا مسافت ۱۰۰۰ متر نیز تغییر چندانی در آن دیده نمی‌شود. رفتار سایشی آلیاژ ۸۰۷۹ که به مدت ۱۶ دقیقه در اسیدسولفوریک آبکاری و ضخامت پوشش آن ۱۲۵ میکرون است نشان می‌دهد که پراکندگی نقاط وجود دارد ولی در هر سه نیروی اعمال شده روند کلی بدین صورت است که در ابتدا میزان کاهش وزن نسبتاً زیاد بوده و با افزایش مسافت لغزش، افتاخیزهایی در آن بوجود می‌آید به گونه‌ای که مقدار وزن دائماً کم و زیاد می‌شود ولی آهنگ سایش بسیار پایین است(شکل ۴).

شکلهای ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ تصاویر میکروسکپی و SEM سطوح چند نمونه راکه در آنها ساختار دانه‌بندی پوششی بخوبی نمایان است و شیارهای سایش طی مسافت ۱۰۰۰ متر، تحت

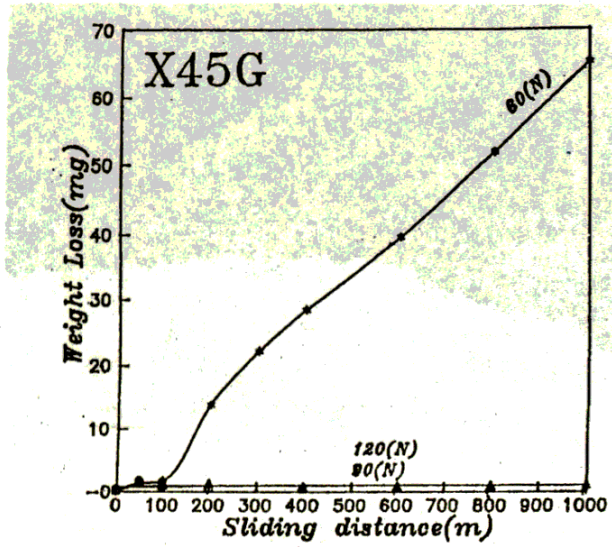
اثر نیروهای مختلف را نشان می‌دهند.

۴ - بحث

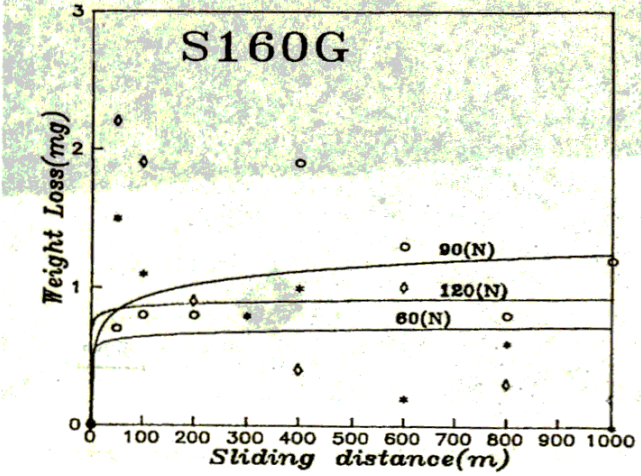
پوشش‌های اُکسید آنودی سخت در چگالی جریان برق ثابت ایجاد می‌شوند به همین جهت برای ثابت ماندن جریان اعمال شده، ولتاژ به وسیلهٔ منبع تغذیه بطور خودکار در مدت فرآیند آبکاری کنترل می‌شود. روند کلی تغییرات ولتاژ بدین صورت است که در حدود ۱۰ ثانیه اول، ولتاژ سریعاً افزایش یافته و به حداکثر مقدار لازم می‌رسد سپس کاهش می‌یابد و پس از آن به تدریج زیاد می‌شود. اینگونه رفتار دقیقاً به علت تشکیل لایهٔ مانع در ابتدای فرآیند آبکاری است، این لایه متخلخل نیست و جریان الکتریکی را تنها به سبب نازک بودن لایه و وجود نقایص ساختاری از خود عبور می‌دهد [۲]. در مرحلهٔ بعد، رشد لایهٔ متخلخل شروع می‌شود و لایهٔ مانع تحت تأثیر جریان قرار نمی‌گیرد. با ادامه رشد لایهٔ متخلخل، مقاومت الکتریکی مجموعه افزایش می‌یابد و برای ثابت ماندن جریان، ولتاژ توسّط منبع تغذیه به طور خودکار تنظیم می‌شود. نتایج آزمایش نشان می‌دهد که ولتاژ مورد نیاز در الکترولیت اسیدسولفوریک کمتر از الکترولیت اسیدا گزالیک است. افزایش سریع ولتاژ را می‌توان نشانهٔ افزایش سریع ضخامت پوشش دانست.



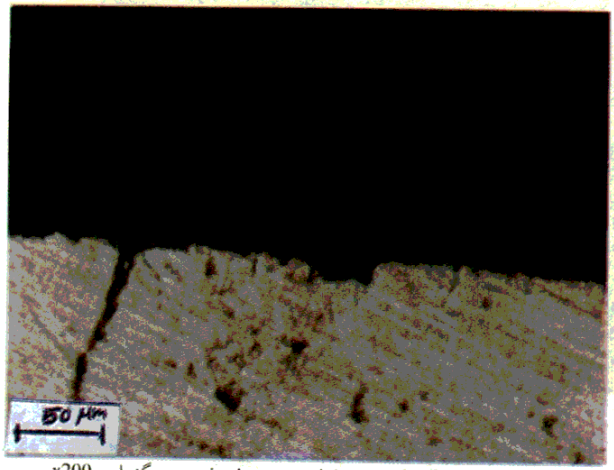
شکل ۲: نمودار تغییرات کاهش وزن نمونه S55G بر حسب مسافت لغزش تحت اثر نیروهای مختلف



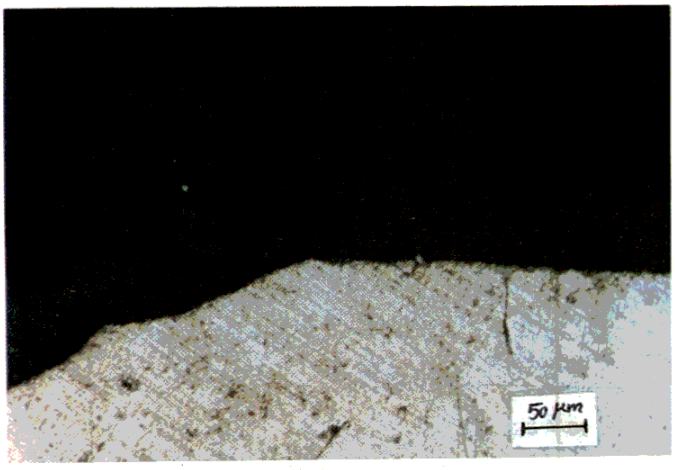
شکل ۳: نمودار تغییرات کاهش وزن نمونه X45G بر حسب مسافت لغزش تحت اثر نیروهای مختلف



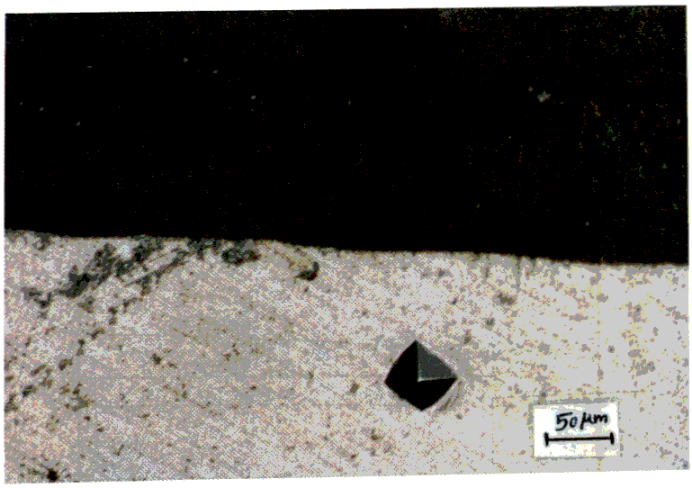
شکل ۴: نمودار تغییرات کاهش وزن نمونه S160G بر حسب مسافت لغزش تحت اثر نیروهای مختلف. این نمودارها لگاریتمی هستند.



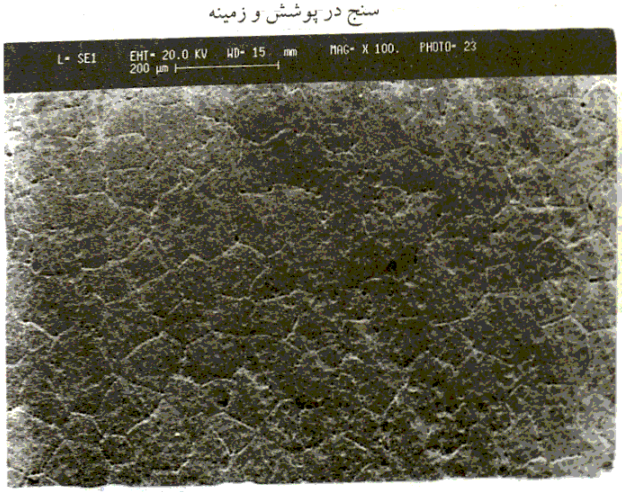
شکل ۵: تصویر میکروسکوپی پوشش و زمینه نمونه در بزرگنمایی x200



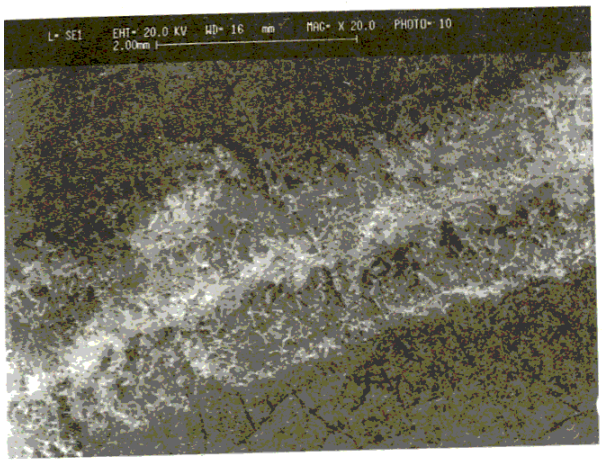
شکل ۶: تصویر میکروسکپی در قسمت زاویه‌دار نمونه در بزرگنمایی x200. در محل تغییر زاویه، ترک مشاهده می‌شود.



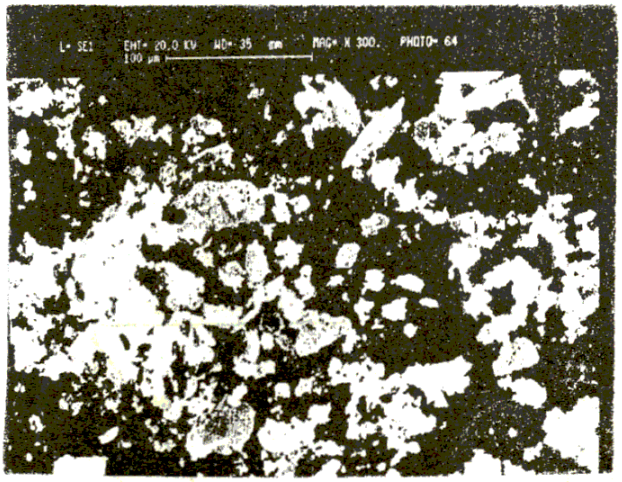
شکل ۷: تصویر میکروسکپی پوشش و زمینه و اثر فرورونده سختی سنج در پوشش و زمینه



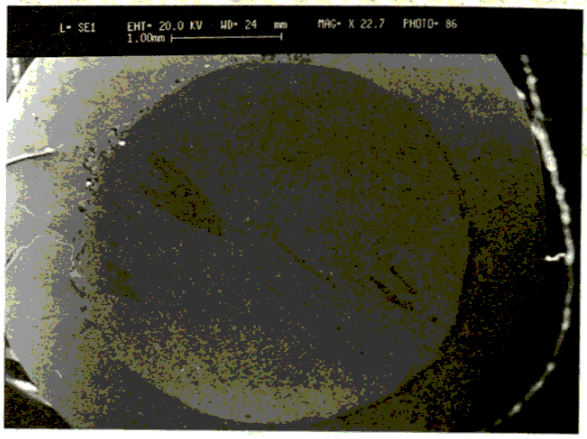
شکل ۸: تصویر SEM از سطح نمونه X45G. شبکهٔ سلولی و ساختار تنس وجهی آن به خوبی مشاهده می‌شود.



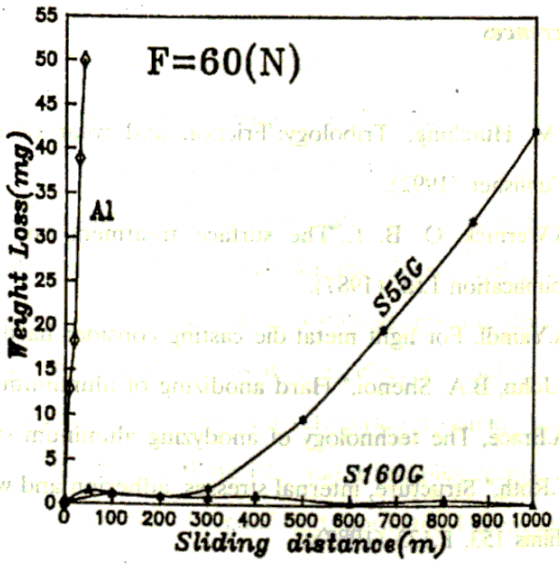
شکل ۹: تصویر SEM از شیار سایش نمونه S55G تحت اثر نیروی ۳۰ نیوتن پس از مسافت لغزش ۱۰۰۰ متر.



شکل ۱۰: تصویر SEM از ذرات سایشی نمونه S160G تحت اثر نیروی ۹۰ نیوتن.

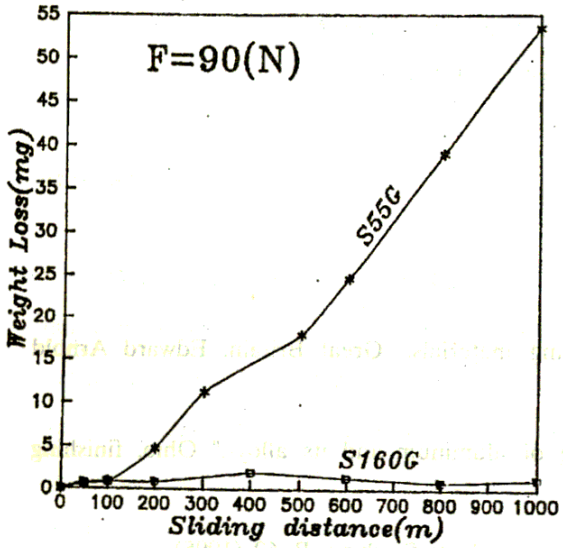


شکل ۱۱: تصویر SEM از سطح پین فولادی مربوط به نمونه S160G تحت اثر نیروی ۹۰ نیوتن پس از مسافت لغزش ۱۰۰۰.



شکل ۱۲: مقایسه تغییرات کاهش وزن نمونه‌های Al و S55G و S160G بر حسب مسافت لغزش تحت اثر نیروی ۶۰ نیوتن (تأثیر ضخامت پوشش آندی سخت بر رفتار سایشی آلیاژ ۸۰۷۹).

بنابراین، سرعت تشکیل پوشش در الکترولیت اسیداگرالیک بیشتر است. در بررسی رفتار سایشی آلیاژ ۸۰۷۹، با توجّه به نمودارهای شکل ۲، میزان سایش (کاهش وزن) با افزایش نیروی اعمال شده و افزایش مسافت لغزش زیاد شده است، همچنین آهنگ سایش در نیروهای مختلف متفاوت می‌باشد. بررسی ذرات سایشی توسط میکروسکوپ الکترونی (شکل ۱۰) نشان دهنده ورقه‌ای بودن ذرات سایشی می‌باشد که اندازه برخی از آن‌ها به حدود ۱۵۰ میکرون می‌رسد و نشان دهنده وجود سازوکار سایش ورقه‌ای می‌باشد. چگونگی تأثیر ضخامت «پوشش آنودی سخت» بر رفتار سایشی آلیاژ ۸۰۷۹ در شکلهای ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که تحت هر شرایط با افزایش ضخامت پوشش، مقاومت سایشی به نحو محسوسی افزایش می‌یابد، به عبارت دیگر مقدار کاهش وزن و آهنگ تغییرات آن کاسته می‌شود.



شکل ۱۳: مقایسه تغییرات کاهش وزن نمونه‌های S55G و S160G بر حسب مسافت لغزش تحت اثر نیروی ۹۰ نیوتن (تأثیر ضخامت پوشش آندی سخت بر رفتارسایشی آلیاژ ۸۰۷۹).

تأثیر ضخامت پوشش بر رفتار سایشی را می‌توان با توجه به دو عامل اساسی چسبندگی لایهٔ آنودی به زمینه و تأثیر متقابل زمینه بر «پوشش آنودی سخت» مورد بررسی قرار داد. به طور کلی چسبندگی «پوشش اکسید آنودی» به فلز پایه در حد مطلوب است، ولی گفته می‌شود که چسبندگی آن با افزایش مدت آبکاری آنودی، و یا به عبارت دیگر، با افزایش ضخامت پوشش افزایش می‌یابد [۲]. با استفاده از پوشش‌های سخت و نازک مقاومت سایشی را می‌توان بالا برد ولی اگر زمینه به اندازه کافی سخت نباشد که بتواند نیروی اعمال شونده را تحمل نماید، در این صورت تغییر شکل الاستیک یا پلاستیک در آن اتفاق خواهد افتاد؛ در این حالت، پوشش همراه با تغییر شکل زمینه، تغییر شکل می‌یابد و در نتیجه تنش‌هایی در پوشش و یا در فصل مشترک پوشش و زمینه اتفاق می‌افتد که اگر اندازهٔ این تنش‌ها از استحکام کششی یا برشی مادّه ساخت زمینه

بزرگتر باشد منجر به جوانه‌زنی و ایجاد ترک خواهد شد.
با افزودن ضخامت پوشش، تغییر شکل زمینه بر آن کمتر اثر خواهد کرد و تاب تحمل نیروی تنشی بیشتری را در مقابل ترک خوردن و یا شکسته شدن خواهد داشت [۶].

در آلیاژ ۸۰۷۹ تحت اثر نیروی ۹۰ نیوتن، با افزایش پوشش از ۳۸ به ۱۳۵ میکرون آهنگ سایش از ۰/۷ به ۰/۰۰۱ کاهش می‌یابد. در نیروهای اعمالی پایین، پوشش‌های ایجاد شده در اسیدسولفوریک نسبت به پوشش‌های ایجاد شده در اسیداگزالیک از مقاومت سایشی بالاتری برخوردارند در حالیکه در نیروهای اعمالی بالا پوشش‌های اسیداگزالیک مقاومت سایشی بهتری از خود نشان می‌دهند.

References

1. I.M. Hutching, Tribology:"Friction and wear of engineering materials," Great Britain, Edward Arnold Publisher (1992).
2. S.Wernick, O. B. E."The surface treatment and finishing of aluminum and its alloys," Ohio, finishing publication Ltd. (1987).
3. A.Yaindl, For light metal die casting consider hard anodizing, products finishing, P. 62 (1995).
4. S.John, B.A. Shenoi," Hard anodizing of aluminum and its alloys, Aluminum finishing," P.23, 1985.
5. A.Brace, The technology of anodyzing aluminum stone house technicopy Limited, P. 67 (1979).
6. T.Roth," Structure, internal stresses, adhesion and wear resistance of sputtered alumina coatings." Thin solid films 153, P.123 (1987).

AEOI Scientific Bulletin

No.22,pp.47-55,2001

Desing, manufacturing and current use of hard coating system of aluminum and its alloys

A.A. Hosseini, Gh.R. Dehghani, H.M. Ghasemi and M. Bayati

Nuclear Material Group

Nuclear Research Canter for Agriculture & Medicine

AEOI P.O. BOX. 31585-4395, Karaj - Iran

Abstract

Due to the light weight and high specific strength of Aluminum and its alloys, they have found many industrial applications. These alloys have good formability, corrosion resistivity and good electrical and thermal conductivites, but because of their weak tribological properties in applications where the Al surfaces are in moving contact with each other, they do not have enough wear resistance. Decorative and protective anodizing layers of 10-25 micron thick are made for this reason. The search for the denser and heavier coatings (50 to 200 micron) has led to the development of hard anodizing. Coatings provide abrasion resistance for sliding wear applications, erosion and corrosion resistance, as well as electrical and thermal insulation properties. In this research work a hard anodizing system consists of a refrigeration system capable of reducing the temperature of electrolyte to 10°C, to be controlled within±1°C, and a complex rectifier for providing and maintaining the current during the anodizing period was designed and fabricated.The system is now in daily operational condition in electrochemistry laboratory. In this research work the 8079 series aluminum alloys were hard coated using hard anodizing system. The results have indicated that by increasing the coating thickness the wear rate is reduced considerably and the load carrying capacity is increased to some extent. The mechanism in thin coatings was demonstrated to be brittle fracture.