



فصل پنجم

خوردگی و پوشش دهی



واحد یادگیری ۱: خوردگی

تمایل دارند تا به حالت اولیه خود برگردند و با ترکیبات محیط اطراف خود واکنش می دهند که اکثراً باعث خوردگی آنها می شود. همه مواد دچار پدیده خوردگی و تخریب ناشی از واکنش با عوامل محیط پیرامون خود می شوند، ولی با توجه به این که فلزات نسبت به مواد پلیمری و سرامیکی سریع تر دچار پدیده خوردگی می شوند، لذا اصطلاح خوردگی را بیشتر برای تخریب فلزات به کار می برند. براساس برآوردها در سطح بین المللی هزینه های ناشی از خوردگی در هر سال معادل ۴ الی ۵ درصد تولید ناخالص ملی کشورها می باشد.

خوردگی یک پدیده طبیعی است که در اثر واکنش الکتروشیمیایی فلز با محیط اطراف اتفاق می افتد. خوردگی فلزات از زمانی که بشر به سمت تولید فلزات رفت شروع شد. فلزات به غیر از طلا که به صورت خالص هم در طبیعت وجود دارد، به صورت ترکیبات اکسیدی، سولفیدی، کربناتی و غیره یافت می شوند. نوع ترکیب فلزات (سنگ های معدن) با توجه به ترکیبات شیمیایی و شرایط محیطی تغییر می کند. پایدارترین شکل یک عنصر شکل موجود آنها در طبیعت می باشد و مواد زمانی که از این ترکیبات جدا می شوند تا در صنعت مورد استفاده قرار گیرند،

استاندارد عملکرد کار

انجام آزمایشات خوردگی بر روی فولادها براساس استانداردها و دستورالعمل های مربوطه

پیش نیاز

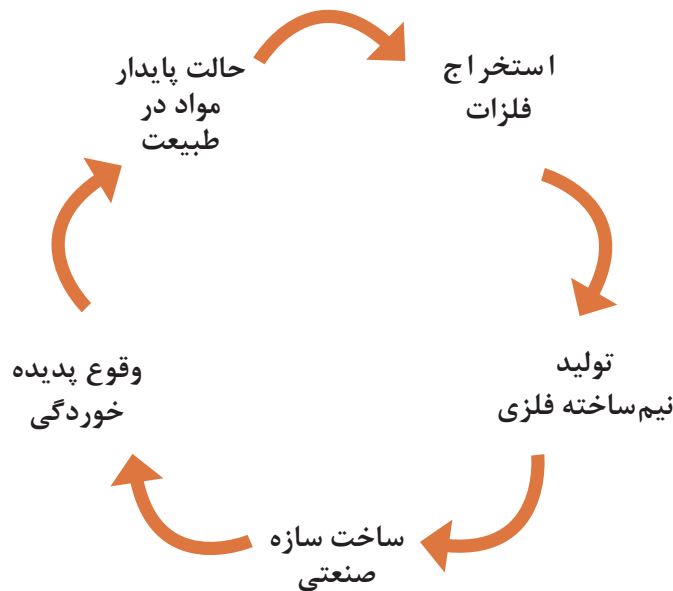
آشنایی با فرایندهای شیمیایی، فلزات، شرایط محیطی مختلف اطراف و نحوه کار با تجهیزات و مواد.



خوردگی چیست و چرا فلزات خورده می‌شوند؟

مواد صنعتی بر اثر عوامل فیزیکی، شیمیایی و یا مکانیکی پیرامون خود مثل گرما، سرما، اشعه خورشید، رطوبت، اکسیژن موجود در هوا، باکتری‌های موجود در خاک، نیروهای مکانیکی و غیره مورد حمله قرار می‌گیرند. این عوامل باعث می‌شوند که ماده صنعتی به تدریج تخریب شده و از بین برود. برای این پدیده چند تعاریف ارائه گردیده است:

- خوردگی به مفهوم تخریب تدریجی یا از بین رفتن تدریجی مواد در اثر فعل و انفعال با محیط اطراف خود است.
 - از بین رفتن مواد در اثر عوامل شیمیایی و الکتروشیمیایی
 - عکس فرایندهای استخراج
- هیچ فلزی در طبیعت تمایل ندارد به صورت فلز باقی بماند و تمایل به انجام واکنش با محیط اطراف خود دارد. شکل (۱) نمودار گردش مواد فلزی در طبیعت را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نمودار چرخه گردش مواد فلزی در طبیعت

جدول زیر تصاویری از قطعاتی که در شرایط محیطی مرطوب قرار گرفته‌اند و دچار خوردگی شده‌اند را نشان می‌دهد.

شکل	نام قطعه یا سازه	شکل	نام قطعه یا سازه
	زنجیر		میخ فولادی
	دوچرخه		نردبان فلزی

در ۱۵۰ سال پیش بشر بدون استفاده از فلزات و آلیاژها بخصوص فولادها، چدن، آلومینیوم و مس نمی‌توانست به حیات صنعتی خود ادامه دهد. استفاده روزافزون در صنایع مختلف و کاربرد آنها در محیط‌های جدید و عموماً خورنده هزینه‌های جبران‌ناپذیری را پدید آورده است. این هزینه‌ها در صنایع مختلف مصرف می‌شوند.

اثرات زیانبار خوردگی:

- ۱ کاهش راندمان تولید و از کار افتادن خط تولید
- ۲ بالا رفتن هزینه‌های تعمیر و نگهداری
- ۳ آلودگی محصولات صنعتی: اگر قوطی کنسرو خورده شود ماده غذایی داخل آن فاسد می‌شود.
- ۴ خطرات فاجعه آمیز: خوردگی لوله‌های سوخت در نیروگاه‌های اتمی
- ۵ آلودگی محیط زیست: هر تخریبی نهایتاً منجر به آلودگی محیط زیست می‌شود.

استفاده از واکنش‌های خوردگی:

با وجود اثرات بسیار زیان‌بار خوردگی، در صنعت مواردی مهم وجود دارد که واکنش‌های خوردگی مورد بهره‌گیری قرار گرفته شده است مثل:

- ۱ آبکاری یا پوشش‌دهی
- ۲ آندایز کردن AI برای به دست آوردن ظاهر مطلوب و پوسته اکسیدی مقاوم در برابر خوردگی
- ۳ الکترواچ یا الکتروپولیش
- ۴ ماشین‌کاری الکتروشیمیایی: این روش در مواردی اقتصادی‌تر است که قطعات سخت بوده و به وسیله روش‌های معمول به سختی ماشین‌کاری می‌شوند. خالی کردن استوانه توپر به منظور ساخت لوله تانک
- ۵ باتری و پیل‌ها
- ۶ الکترولیز: مس در معدن را از طریق الکترولیز خالص‌سازی می‌کنیم.

انواع خوردگی فلزات

عوامل اصلی ایجاد پدیده خوردگی را می‌توان مطابق شکل (۲) به دو دسته تقسیم کرد که ممکن است هر یک به تنهایی و یا به صورت توأم سبب خوردگی و تخریب فلزات شوند. بنابراین مکانیزم خوردگی مواد فلزی بستگی به عوامل خورنده موجود در محیط دارد.



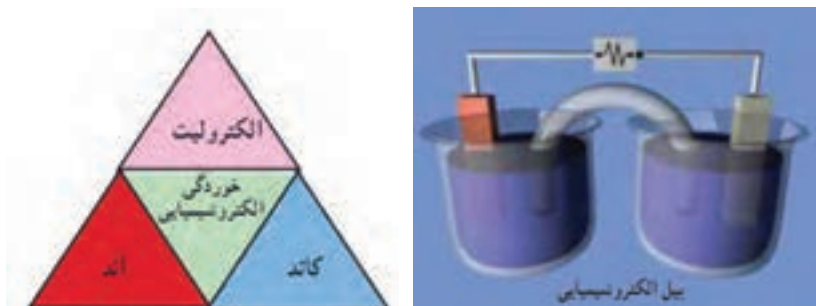
شکل ۲- عوامل ایجاد خوردگی

۱ خوردگی شیمیایی

سطح اکثر فلزات در اثر تأثیر عوامل شیمیایی تغییر می‌یابد. در این فعل و انفعالات وجود اکسیژن و در نتیجه اکسیداسیون نقش مهمی را بازی می‌کند. و از آن گذشته مایعات (رطوبت هوا، اسیدها، بازها و محلول نمک‌ها)، گازها و بخارات نیز اثر شیمیایی روی فلزات پدید می‌آورند و باعث ایجاد خوردگی در سطح آنها می‌شود. در مورد خوردگی شیمیایی فلزات می‌توان به انحلال مقادیر کم مواد فلزی توسط حلال‌های آلی مثل انحلال آلومینیوم در تتراکلریدکربن و استون اشاره کرد و یا انحلال فلزات در جیوه مثال دیگری از خوردگی فلزات با مکانیزم شیمیایی می‌باشد.

۲ خوردگی الکتروشیمیایی

الکتروشیمیایی واکنشی است که اولاً شیمیایی بوده و ثانیاً تبادل الکترون در آن صورت گیرد. به طوری که اگر یک مایع حاوی یون‌های مثبت و منفی (الکترولیت) مابین دو فلز غیرهم‌جنس متصل به هم با یک هادی الکتریسیته قرار گیرد باعث ایجاد خوردگی در یکی از آنها خواهد شد. **آند:** سطحی است که روی آن واکنش اکسیداسیون رخ می‌دهد و فلز تمایل به از دست دادن الکترون دارد. در نتیجه به‌طور معمول دچار انحلال یا خوردگی می‌شود. **کاتد:** سطحی است که روی آن واکنش احیا رخ می‌دهد و فلز تمایل به گرفتن الکترون دارد. در نتیجه دچار انحلال یا خوردگی نمی‌شود. **الکترولیت:** محلولی است که نقش آن هدایت جریان الکتریکی از طریق حرکت یون‌های مثبت و منفی در داخل آن می‌باشد. بنابراین خوردگی الکتروشیمیایی زمانی اتفاق می‌افتد که در اثر تماس فلز با محیط پیرامون خود یک پیل الکتروشیمیایی تشکیل شود. شکل (۳) اجزای اصلی تشکیل دهنده پیل الکتروشیمیایی را نشان می‌دهد.



شکل ۳- اجزای اصلی بیل الکتروشیمیایی خوردگی

فلزات و آلیاژهای با پتانسیل الکتروشیمیایی مثبت تر تمایل کمتری نسبت به اکسید شدن و خوردگی دارند (نجیب ترند). برعکس فلزات و آلیاژهایی که دارای پتانسیل الکتروشیمیایی منفی تر می‌باشند؛ یعنی تمایل بیشتری به خوردگی دارند (فعال ترند). بنابراین چنانچه دو فلز با جنس متفاوت در محیط مرطوب در تماس با یکدیگر قرار گیرند، فلز فعال تر که دارای پتانسیل الکتروشیمیایی منفی تر می‌باشد با سرعت بیشتری دچار خوردگی می‌گردد.

انواع خوردگی از نظر مکانیزم خوردگی

خوردگی را می‌توان به روش‌های مختلف طبقه‌بندی نمود. اساسی که در این کتاب مورد استفاده قرار گرفته است، ظاهر و شکل فلز خورده شده می‌باشد. بدین طریق صرفاً با مشاهده فلز خورده شده می‌توان نوع خوردگی را مشخص کرد. برای تشخیص نوع خوردگی در اکثر موارد چشم غیر مسلح کافی است، لکن گاهی اوقات بزرگ نمایی ذره بین یا میکروسکوپ‌هایی با بزرگ نمایی‌های کم، مفید خواهد بود. در جدول ۱ تصاویری از انواع خوردگی آورده شده است.

جدول ۱- انواع خوردگی

نوع خوردگی	شکل
خوردگی گالوانیکی	خوردگی یکنواخت
خوردگی شیاری	خوردگی فرسایشی
خوردگی حفره‌ای	خوردگی هیدروژنی
خوردگی مرزدانه‌ای	خوردگی تنشی

خوردگی یکنواخت



شکل ۴-لوله فولادی که تحت خوردگی یکنواخت قرار گرفته.

خوردگی یکنواخت متداول ترین نوع خوردگی است. معمولاً به وسیله یک واکنش شیمیایی که به طور یکنواخت در سرتاسر سطحی که در تماس با محلول خورنده قرار دارد، مشخص می شود. فلز نازک و نازک تر شده و نهایتاً از بین می رود یا تجهیزات مورد نظر تخریب می شوند. مثلاً یک قطعه فولاد یا روی در داخل یک محلول رقیق اسید سولفوریک معمولاً با سرعت یکسانی در تمام نقاط قطعه خورده خواهد شد. شکل (۴) تصویری از لوله فولادی که در محیط مرطوب تحت خوردگی یکنواخت قرار گرفته است را نشان می دهد.

با استفاده از روش های زیر می توان قطعات را در برابر خوردگی یکنواخت حفاظت نمود.

۱ پوشش دادن: با پوشش سطح فلز را از عوامل محیطی جدا می کنیم. که پوشش ها می توانند به صورت فلزی و یا پوشش آلی (رنگ) باشند.

۲ به وسیله ممانعت کننده: ممانعت کننده ها ترکیبات آلی و معدنی هستند که بر روی سطح ترکیب پایدار می دهند در نتیجه فلز را از محیط جدا کرده و جلوی خوردگی را می گیرند. فرق این مورد با پوشش این است که پوشش انواع دیگری هم دارد مثل رنگ اما ممانعت کننده ترکیبی از فلز است.

۳ با استفاده از حفاظت کاتدی: فلز وقتی خورده می شود که آند باشد. در حفاظت کاتدی فلز را از حالت آند در آورده و به کاتد تبدیل می کنیم. سرعت خوردگی در خوردگی یکنواخت با استفاده از رابطه زیر به دست می آید:

$$\text{رابطه (۱)} = \frac{534 \Delta W}{P.A.T} = (\text{سال} / \text{اینچ}) \text{ سرعت خوردگی}$$

در این رابطه ΔW اختلاف وزن نمونه قبل و بعد از وارد کردن در داخل محلول بر حسب میلی گرم، P چگالی نمونه بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب، A مساحت نمونه بر حسب اینچ مربع و T زمان بر حسب ساعت می باشد. عدد ۵۳۴ ضریب تبدیل واحد می باشد که در نهایت سرعت خوردگی بر حسب اینچ بر سال به دست می آید.



خوردگی پیچ فولادی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: پیچ فولادی بدون پوشش، بشر ۲۵۰CC، پیپت، پیپت پر کن یا پمپ مکنده، خشک کن، سمباده، اره، اسید کلریدریک ۱۰٪

مراحل انجام کار:

- ۱ پیچ فولادی بدون پوشش را به طول ۵۰ میلی‌متر انتخاب نمایید.
- ۲ محلول HCl ۱۰٪ را آماده کرده و نمونه را در داخل آن به مدت ۱ هفته قرار دهید.
- برای آماده‌سازی محلول HCl ۱۰٪ باید به ازای هر ۱۰ میلی‌لیتر اسید ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه نمود. در این آزمایش ۲۰۰CC محلول تهیه کنید. ابتدا ۱۰۰CC آب مقطر داخل بشر بریزید و سپس مقدار ۲۰۰CC اسید کلریدریک را توسط پیپت به آن اضافه کنید و بعد از آن تا اندازه‌ای آب مقطر به آن اضافه کنید تا محلول به حجم ۲۰۰CC برسد.
- ۳ بعد از گذشت زمان مشخص شده نمونه را از داخل محلول خارج نموده و با آب شست‌وشو کرده و خشک نمایید. نتایج را به همراه پاسخ سئوالات در گزارش کار تحویل هنرآموز محترم دهید.

نکات ایمنی



- حتماً از وسایل ایمنی مانند ماسک تنفسی، دستکش، عینک، روپوش آزمایشگاهی، و کفش ایمنی استفاده نمایید.
- از استنشام، چشیدن یا لمس کردن مواد شیمیایی جداً خودداری نمایید.
- توجه داشته باشید که همیشه اسید را به آب اضافه نمایید و به هیچ عنوان آب را به اسید غلیظ اضافه نکنید.
- هرگاه ماده شیمیایی مانند اسید یا باز، روی میز، زمین یا لباس شما بریزد، در اسرع وقت آن را با مقدار زیادی آب بشویید.
- هنگام کار با پیپت از مکیدن پیپت برای بالا کشیدن مایعات خودداری کنید و از پیپت پرکن استفاده نمایید.
- برای تهیه محلول اسید، در زیر هود کار کنید.

نکته زیست محیطی



- مصرف متناسب با نیاز علاوه بر صرفه‌جویی و کاهش مواد زائد باعث تخریب کمتر محیط زیست می‌شود.
- برای جلوگیری اثرات تخریبی تبخیر محلول‌های شیمیایی، پس از تهیه محلول آن را در ظروف در بسته نگهداری کنید توجه داشته باشید که اسید کلریدریک، سبب اسیدی شدن آب و خاک می‌شود.
- برای بیرون ریختن آن ابتدا با مقداری مواد قلیایی آن را خنثی نمایید و سپس آن را در سیستم فاضلاب آزمایشگاه بریزید.

بحث گروهی



- چه تغییراتی در نمونه مشاهده می‌کنید؟
- چه قسمتهایی از نمونه بیشتر خورده شده است؟ دلیل آن چیست؟
- آیا پیچ فولادی را بعد از خوردگی می‌توان مورد استفاده قرار داد؟
- پس از بحث و گفتگو پاسخ تحلیلی خود را به همراه گرایش کار تحویل هنرآموز خود دهید.



اندازه گیری سرعت خوردگی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: نمونه‌های فولادی و مسی و آلومینیومی، بشر 250°C ، اسید کلریدریک 10% ، پیپت، پرکن، ترازوی آزمایشگاهی، خشک کن، سنباده

مراحل انجام آزمایش:

- ۱ مکعب‌هایی از جنس فولاد، مس و آلومینیوم در ابعاد $10 \times 20 \times 30$ میلی‌متر را انتخاب نمایید.
 - ۲ سطح مکعب‌ها را سنباده بزنید تا اکسیدها و سایر ناخالصی‌ها از روی آنها تمیز گردند.
 - ۳ وزن مکعب‌های تمیز شده را توسط ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری کرده و سپس سطح کل آنها را محاسبه نمایید.
 - ۴ محلول $10\% \text{HCl}$ را طبق اصول فعالیت شماره (۱) آماده کرده و نمونه‌ها را در داخل آن به مدت ۱ هفته قرار دهید.
 - ۵ بعد از گذشت زمان مشخص شده نمونه‌ها را از داخل محلول خارج نموده و با آب شست‌وشو داده و خشک نمایید.
 - ۶ نمونه‌های خشک شده را وزن کرده و میزان کاهش وزن آنها را یادداشت نمایید.
 - ۷ نتایج و اعداد به دست آمده را در رابطه (۱) قرار داده و سرعت خوردگی نمونه‌های مختلف را به دست آورید.
- نتایج را به همراه پاسخ سئوالات در گزارش کار تحویل هنرآموز محترم دهید.



- کدام یک از نمونه‌ها بیشتر خورده شده است؟ دلیل آن چیست؟
- میزان خورده شدن نمونه بعد از مدت زمان یک ماه را به دست آورید؟

خوردگی گالوانیکی



- وقتی دو فلز غیرهمجنس در محیط مرطوب در اتصال باهم باشند، خوردگی در کدام یک سریع‌تر اتفاق می‌افتد؟ چرا؟
- چنانچه دو فلز با جنس متفاوت در محیط مرطوب در تماس با یکدیگر قرار گیرند، کدام یک به عنوان آند و کدام یک به عنوان کاتد عمل می‌کنند؟



- پس از بحث و گفتگو پاسخ تحلیلی خود را به همراه گرایش کار تحویل هنرآموز خود دهید.

در سال ۱۷۶۱ میلادی بررسی‌های اتفاقی که روی کشتی‌های جنگی رخ داد واقعه‌ای جدی از نقش خوردگی را در تخریب مواد نمایان ساخت. کشتی‌های چوبی را با لایه‌ای نازک از مس می‌پوشاندند که برای این کار آنها را توسط میخ‌های فولادی محکم به بدنه کشتی نصب می‌کردند. بعد از چند مدت متوجه می‌شدند که ورق‌های مسی از بدنه کشتی در چندین نقطه جدا شده است که به دلیل از بین رفتن میخ‌های فولادی بوده است ولی در بعضی نقاط که میخ‌های فولادی با لایه‌ای از کاغذ پوشانده شده بود، میخ‌ها دست نخورده باقی مانده بودند.



- چرا میخ‌های فولادی از بین رفته بودند ولی ورق مسی سالم مانده بود؟
- چرا میخ‌هایی پوشانده شده توسط کاغذ نیز سالم مانده بودند؟

موقعی که دو فلز غیر هم‌جنس که در تماس الکتریکی با یکدیگر هستند، در معرض یک محلول هادی یا خورنده قرار بگیرند، خوردگی فلزی که مقاومت خوردگی کمتری دارد، افزایش یافته و بر عکس، خوردگی فلز مقاوم‌تر، تقلیل می‌یابد. فلزی که مقاومت خوردگی کمتری دارد آندی شده و فلز مقاوم‌تر (از نظر خوردگی) کاتدی می‌شود. این نوع خوردگی، خوردگی گالوانیکی یا دو فلزی نامیده می‌شود مکانیزم این نوع خوردگی، الکترو شیمیایی است. شکل (۵) یک نمونه از خوردگی گالوانیکی را نشان می‌دهد.

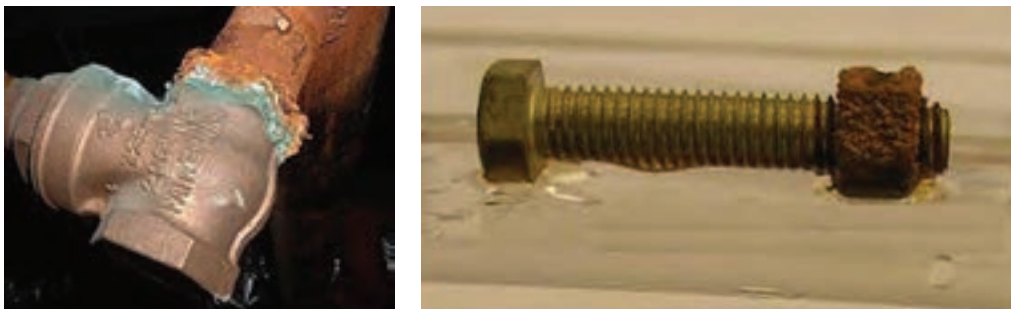


شکل ۵- تشکیل پیل گالوانیک به دلیل نصب پلاک و قفل از جنس آلایژ مس روی ستون فولاد کربنی



باتوجه به شکل زیر در اتصال لوله فولادی با شیر برنجی لوله فولادی خورده می‌شود. دلیل آن چیست؟

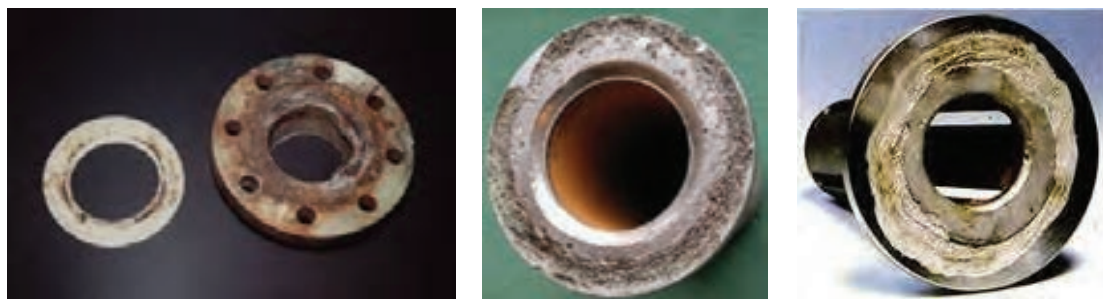
در صنعت فلزات کنار هم قرار دارند، پس خوردگی گالوانیکی داریم. معمولاً در اتصالات خوردگی گالوانیکی به شدت وجود دارد. مثل اتصالات پیچ و مهره و لحیم کاری و جوشکاری. معمولاً اولین جایی که در اتصالات خورده می‌شود پیچ و مهره است و برای این کار، مهره از فولاد ساده کربنی است و پیچ را با کرم یا نیکل پوشش می‌دهند در نتیجه پیچ مقاوم‌تر و براق‌تر است و مهره آند می‌شود.



شکل ۶- تصویری از خوردگی گالوانیکی در اثر اتصال دو فلز متفاوت کنار هم

خوردگی شیاری یا شکافی

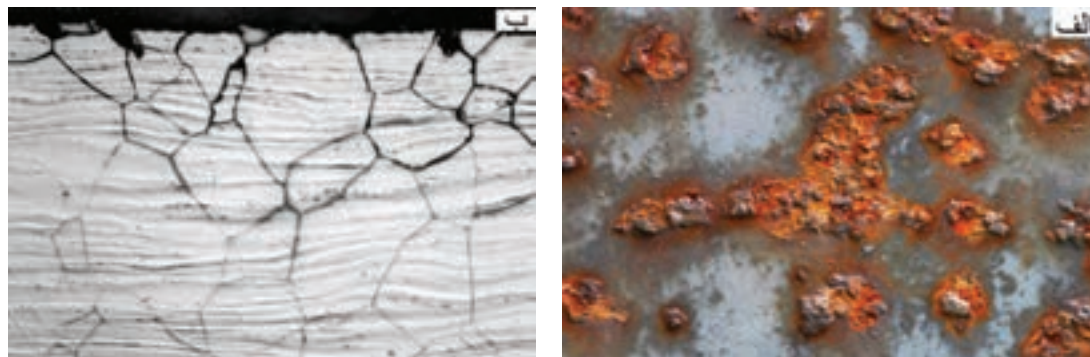
این نوع خوردگی معمولاً در شیاریهایی که در معرض محیط خورنده قرار دارند منجر به خوردگی موضعی شدیدی می شود و معمولاً همراه با حجم های کوچک محلول ها یا مایعاتی که در اثر وجود سوراخ، سطوح و اشرفا، محل روی هم قرار گرفتن دو فلز، رسوبات سطحی و شیاریهای زیر پیچ، مهره ها و میخ پرچها ساکن شده اند یا به اصطلاح حالت مرده پیدا کرده اند، ایجاد می شود. این ساز و کار وقتی رخ می دهد که یک عامل خورنده در فاصله ای باریک، بین دو جزء وجود داشته باشد. با پیشرفت واکنش، غلظت عامل خورنده افزایش می یابد. بنابراین واکنش با نرخ فزاینده ای پیشروی می کند. شکل (۷) نمونه هایی از خوردگی شیاری را نشان می دهد.



شکل ۷- نمونه هایی از خوردگی شیاری

خوردگی مرز دانه ای

این خوردگی میکروسکوپی است که گاهی خوردگی بین دانه ها و گاهی از داخل دانه شروع می شود که به ترتیب به آنها خوردگی بین دانه ای و درون دانه ای می گویند. این نوع خوردگی وقتی رخ می دهد که مرز دانه ها در یک فلز پلی کریستال به صورت ترجیحی مورد حمله قرار می گیرد. چندین عامل می توانند آلیاژی مثل فولاد زنگ نزن آستنیتی را مستعد این نوع خوردگی کنند؛ از جمله حضور ناخالصی ها و غنی بودن یا تهی بودن مرز دانه از یکی از عناصر آلیاژی. شکل (۸) خوردگی مرز دانه ای را نشان می دهد، همان طور که در شکل (۸) (ب) زیر میکروسکوپ دیده می شود، قطعات از سطح بالایی، دچار خوردگی می شوند و به سطوح پایین نمی رسد.



شکل ۸- (الف) تصویر ماکروسکوپی و (ب) تصویر میکروسکوپی از خوردگی مرز دانه ای

خوردگی حفره‌ای

مخرب‌ترین نوع خوردگی در صنعت است و از نوع موضعی می‌باشد. این نوع خوردگی تقریباً همیشه به وسیله یون‌های کلر و کلرید ایجاد می‌شود و به ویژه برای فولاد ضد زنگ بسیار مخرب است؛ چون در این خوردگی، قطعه با چند درصد کاهش وزن نسبت به وزن واقعی‌اش، به راحتی دچار شکست می‌شود. معمولاً عمق این حفرات برابر یا بیشتر از قطر آنهاست و با رشد حفرات، ماده سوراخ می‌شود. تفاوت آن با خوردگی شیاری در این است که در خوردگی شیاری، شیاری از قبل روی قطعه وجود دارد ولی در این خوردگی معلوم نیست حفره از کجا و چه زمانی به وجود می‌آید پس خیلی خطرناک بوده و غیر قابل پیش‌بینی است. در محیط‌های شیمیایی و مرطوب همواره احتمال این نوع خوردگی وجود دارد. خوردگی حفره‌ای سیستم را از کار می‌اندازد و عامل بسیاری از تخریب‌ها می‌باشد. پس نباید منبع و منشأ حفره را در فلز ایجاد کرد. باید سطح فلز را صیقلی کنیم چرا که وجود حفره خود جویانه‌ای برای شروع خوردگی حفره‌ای است. شکل (۹) نمونه‌ای از خوردگی حفره‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ۹- تصاویری از خوردگی حفره‌ای

خوردگی سایشی یا فرسایشی

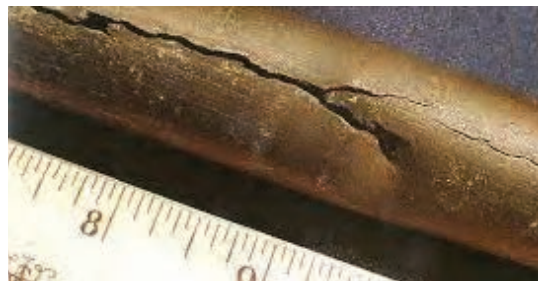
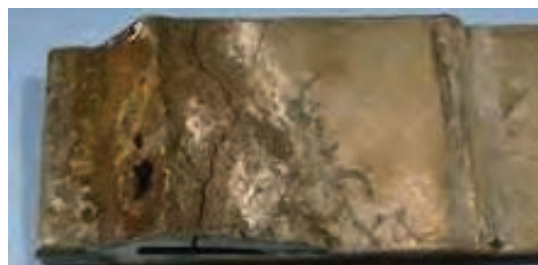
نسبت به یک محیط ثابت دیگر حرکت کند (به عنوان نمونه مایع یا دوغابی که درون یک لوله جریان دارد) یک پدیده مرتبط با این گونه خوردگی، سایش است که هنگام تماس دو ماده با یکدیگر و حرکت نسبی آنها از جمله ارتعاش به وجود می‌آید. این عمل می‌تواند پوشش‌های ضد خوردگی را از بین برده و باعث آغاز خوردگی شود. شکل (۱۰) نمونه‌هایی از خوردگی سایشی در صنعت را نشان می‌دهد.

خوردگی سایشی عبارت است از افزایش سرعت خوردگی یا از بین رفتن یک فلز در اثر حرکت نسبی بین یک مایع خورنده و سطح فلز. این نوع خوردگی در اثر عوامل شیمیایی خورنده و عوامل فیزیکی ساینده به وجود می‌آید. در این فرآیند یون‌های فلزی حل شده روی سطح فلز، در اثر حرکت سیال روی سطح باقی‌مانده و یا محصولات جامد حاصل از خوردگی از سطح فلز به طریق مکانیکی جدا می‌شوند. این نوع خوردگی وقتی رخ می‌دهد که محیطی



شکل ۱۰- الف) پیچ در محلول خورنده حاوی ذرات ساینده دچار خوردگی فرسایشی شده است. ب) پره پمپ به دلیل قرار گرفتن در محلول خورنده حاوی ذرات ماسه دچار خوردگی فرسایشی شده است. پ) لوله فولادی که در اثر وجود سیال داخل آن دچار خوردگی فرسایشی شده است.

خوردگی تنشی



شکل ۱۱- تصاویری از خوردگی تنشی

بسیاری از تخریب‌هایی که در خوردگی می‌بینیم خوردگی تنشی هستند مثلاً یک لوله بعد از مدتی کاملاً تغییر شکل می‌دهد و یک مقطعی از آن باز می‌شود چرا که لوله تحت فشار داخلی بوده و به آن تنش وارد شده است پس استحکام خود را از دست داده و در آن تغییر شکل ایجاد شده است.

این پدیده عبارت است از ترک خوردن در اثر خوردگی توأم با تنش که نتیجه اعمال هم‌زمان تنش‌های کششی و محیط خورنده روی فلز است. در این شرایط ترک‌های ریزی که ناشی از فرآیندهای خوردگی موضعی هستند، در داخل فلز یا آلیاژ پیشرفت می‌کنند. در شکل (۱۱) تصویری از خوردگی تنشی را مشاهده می‌نمایید.

خوردگی هیدروژنی

این نوع خوردگی در دمای کمتر از 20°C رخ می‌دهد که در آن هیدروژن داخل فلز یا آلیاژ نفوذ می‌کند و با تشکیل مولکول گاز H_2 از به هم پیوستن دو اتم هیدروژن باعث ایجاد فشار داخلی در قطعه و بادکردگی یا ترکیدگی در محل‌های مشخصی در قطعه می‌شود. شکل (۱۲) تصویری از خوردگی هیدروژنی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- تصاویری از خوردگی هیدروژنی

راهکارهای جلوگیری از خوردگی

در حالت کلی جهت کاهش میزان خوردگی و حفاظت مواد در برابر این پدیده مخرب چهار راهکار اساسی وجود دارد:

- ۱- طراحی مناسب
- ۲- انتخاب مواد مناسب
- ۳- تغییر شرایط محیط خوردنده
- ۴- استفاده از پوشش محافظ.

به طور معمول ترکیبی از روش‌های مذکور برای حفاظت از مواد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

طراحی و انتخاب مواد مناسب: در موقع طراحی قطعات، طراحان باید پیش‌بینی مسایل مربوط به خوردگی را در نظر بگیرند و تا حد ممکن سعی کنند عوامل مؤثر در خوردگی را کاهش داده و یا شرایط ایجاد آن را از بین ببرند و از مواد مناسب در جای مناسب استفاده نمایند. اگر قطعات در محیط خوردنده قرار می‌گیرند حتماً از فلز با مقاومت بیشتر در برابر خوردگی استفاده شود.

تغییر شرایط محیط خوردنده: یکی دیگر از راهکارهای کاهش میزان خوردگی و حفاظت از مواد، تغییر در شرایط محیط خوردنده است. برای این منظور می‌توان اقدامات زیر را انجام داد:

- ۱- حذف یا کاهش عوامل خوردنده از طریق فیلتر کردن مواد مضر و جلوگیری از ورود آنها به محیط مثل فیلتراسیون گازهای خروجی از دودکش واحدهای صنعتی.
- ۲- اضافه کردن مواد شیمیایی به محیط پیرامون سازه فلزی جهت خنثی کردن اثر مواد خوردنده است. در این خصوص می‌توان به عملیات بهسازی و تصفیه آب‌های صنعتی مورد استفاده در صنایع مختلف مثل نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها اشاره کرد. به منظور کاهش اثرات خوردگی روی سازه‌های صنعتی، مواد خوردنده و مضر موجود در آب قبل از استفاده حذف می‌شوند.
- ۳- با استفاده از حفاظت کاتدی

استفاده از پوشش‌های محافظ: عملکرد پوشش نسبت به شرایط سطح قطعه و تمیز بودن آن قبل از اعمال پوشش بسیار حساس می‌باشد، بنابراین باید قبل از اعمال پوشش هرگونه آلودگی مثل: پلیسه، زنگار، چربی، جرقه‌های جوشکاری و غیره از روی سطح قطعه تمیز گردند. همچنین در موقع اعمال پوشش لازم است دقت شود که پوشش به طور کامل روی سطح قطعه را بپوشاند و یا در صورت تخریب موضعی، نسبت به ترمیم پوشش اقدام گردد.

فعالیت
کارگاهی ۳



بررسی خوردگی شیباری در فولاد زنگ نزن

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ورق فولادی زنگ نزن، سمباده، بشر یک لیتری، کش، آب مقطر، ۲ عدد چوب پنبه، کلریدریک

مراحل انجام آزمایش

- ۱ ابتدا ورق فولادی زنگ نزن را در ابعاد 25×50 میلی‌متر به ضخامت ۲ میلی‌متر آماده کنید.
- ۲ نمونه را سمباده بزنیید تا اکسیدها و ناخالصی‌های دیگر از بین بروند.
- ۳ محلول کلرید فریک را در حجم 750 cc آماده نمایید. برای آماده‌سازی این محلول مقدار $122/25$ گرم کلرید فریک را در 750 cc آب مقطر در داخل یک بشر یک لیتری خوب حل کنید.
- ۴ نمونه را مطابق شکل در وسط دو چوب پنبه قرار دهید و کش را در اطراف آن بگذارید تا ثابت بماند.
- ۵ نمونه را در داخل بشر حاوی محلول قرار دهید.



- ۶ بعد از گذشت یک هفته نمونه را از داخل بشر بیرون بیاورید.
- ۷ نمونه را با آب تمیز نموده و خشک نمایید.
- ۸ مشاهدات خود را نوشته و در کلاس بحث نمایید.

- هرگز بدون روپوش، دستکش، ماسک تنفسی، عینک و سایر وسایل ایمنی مناسب، آزمایش را انجام ندهید؛
- فعالیت را زیر هود انجام شود؛
- از ریختن مواد شیمیایی روی ترازو خودداری نمایید؛
- در انجام کار کوشا باشید چرا که تماس پوست با اسیدها و بازهای قوی موجب سوختگی می شوند.

نکته ایمنی



- هرگز ظروف حاوی مواد و محلول ها را بدون درپوش مناسب، نگهداری نکنید تا ضمن جلوگیری از آلودگی هوای آزمایشگاه، از آلودگی نمونه ها با مواد خارجی جلوگیری شود.
- نتایج را به همراه پاسخ سؤالات در گزارش کار تحویل هنرآموز محترم دهید.

نکته زیست محیطی



- خوردگی شیاری جزء کدام یک از خوردگی ها می باشد؟
- برای جلوگیری از خوردگی شیاری چه راه حل هایی پیشنهاد می کنید.
- پس از بحث و گفتگو پاسخ تحلیلی خود را به همراه گزارش کار تحویل هنرآموز خود دهید.

پرسش



- پس از بحث و گفتگو، پاسخ تحلیلی خود را به همراه گزارش کار تحویل هنرآموز خود دهید.

بحث گروهی



واحد یادگیری ۲: عملیات پوشش دهی

می‌توان یک لایه نازک از آن فلز را بر روی فلزی دیگر که هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ خواص مکانیکی مناسب است استفاده نمود. در بسیاری از موارد کاربرد آلیاژهای گران قیمت مقاوم در مقابل خوردگی عمل چندان صحیحی نیست، بلکه از لحاظ اقتصادی استفاده از فولادهای ساده کربنی به دلیل قیمت پایین و قابلیت تغییر شکل آسان ارجحیت دارد. در این گونه موارد توصیه می‌شود که سطح قطعات فولادی با استفاده از پوشش‌های سطحی در مقابل خوردگی محافظت شود.

پوشش‌ها برای مقاصد گوناگون به کار گرفته می‌شوند: برای زیبایی بخشیدن به قطعات تزئینی و صنعتی، جلوگیری از خوردگی و افزایش عمر قطعات در محیط‌های مختلف کاری، بهبود خواص سطحی، هدایت الکتریکی و همچنین از لحاظ خواص بهداشتی. از لحاظ اقتصادی نیز برخی از فلزات مقاوم در برابر محیط‌های خوردنده گران قیمت می‌باشند و یا برخی خواص مکانیکی آنها پایین است و نمی‌توان به عنوان جنس قطعه اصلی از آن استفاده کرد بنابراین توسط عملیات پوشش دادن

استاندارد عملکرد کار

انجام عملیات پوشش دهی سرد و گرم بر روی فولادها بر اساس استانداردها و دستورالعمل‌های مربوطه

پیش نیاز

آشنایی با انواع اسیدها و بازها، نحوه کار با مواد شیمیایی و تجهیزات آنها،

پوشش‌دهی

یکی از دلایل اصلی استفاده از پوشش در سازه‌های صنعتی حفاظت آنها در برابر خوردگی می‌باشد. پوشش به عنوان سدی در برابر حمله عوامل خوردنده به سطح قطعه یا سازه عمل می‌کنند و مانع از تماس این عوامل با سطح می‌شوند.

فعالیت



جدول زیر را کامل کنید.

نوع محصولات	شکل	اهداف پوشش‌دهی	جنس فلز پایه	جنس لایه پوششی	روش پوشش‌دهی
شیر آب					
پیچ و مهره					
قوطی کنسرو					

فلز مورد نظر اعمال شود. پوشش‌ها می‌توانند در انواع مختلف فلزی، سرامیکی و پلیمری وجود داشته باشند. از مهم‌ترین روش‌هایی که برای اعمال پوشش فلزی به کار می‌روند می‌توان، غوطه‌ور کردن در فلز مذاب، آبکاری الکترولیتی، پاشیدن فلز مذاب به کمک پیستوله، آلیاژ کردن سطحی و روکش فلزی را نام برد.

غوطه‌ور کردن در فلز مذاب:

در این روش باید ابتدا سطح قطعه مورد نظر را به وسیله اسید کاملاً تمیز کرد و چربی آن را برطرف نمود، سپس قطعه را در فلز مذاب (به عنوان مثال روی، سرب و یا قلع مذاب) غوطه‌ور کرد، تا پس از خروج، لایه نازکی از فلز مذاب بر روی سطح آن قرار گیرد. در شکل (۱۳) تصویری از پوشش دادن به روش غوطه‌وری آورده شده است.

پوشش‌ها علاوه بر محافظت در مقابل خوردگی برای اهدافی از قبیل افزایش سختی، مقاومت به سایش، کاهش انتقال گرما و الکتریسیته، کاهش قابلیت انعکاس نور نیز به کار می‌روند. در انتخاب ماده پوشش علاوه بر توجه به خواص مورد نظر در ارتباط با کاربرد آن باید عوامل اقتصادی هم مورد توجه قرار بگیرد. پوشش‌دهی به فرآیندی گفته می‌شود که در آن سطح یک ماده را با لایه‌ای از ماده دیگر بپوشانند.

فرآیند پوشش‌دهی فلزات به روش‌های مختلف پوشش‌دهی سرد و گرم انجام می‌گیرد که در اینجا چند روش از این فرآیندها با یا بدون استفاده از جریان برق آورده شده است. برای انجام فرآیند پوشش‌دهی فلزات نیاز است تا مراحل آماده‌سازی سطحی فلزات برای پوشش‌دهی به خوبی انجام شود تا یک پوشش چه به صورت سرد و چه به صورت گرم با کیفیت عالی بر روی

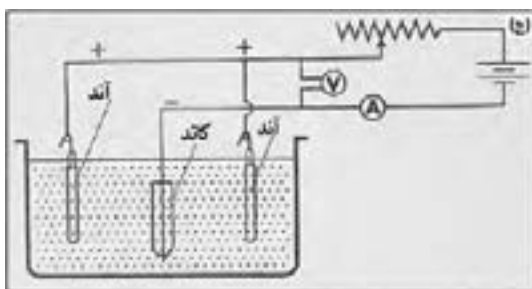


شکل ۱۳- تصاویری از پوشش دهی فلزات به روش غوطه‌وری که داخل روی مذاب غوطه‌ور می‌شوند.

آبکاری الکترولیتی:

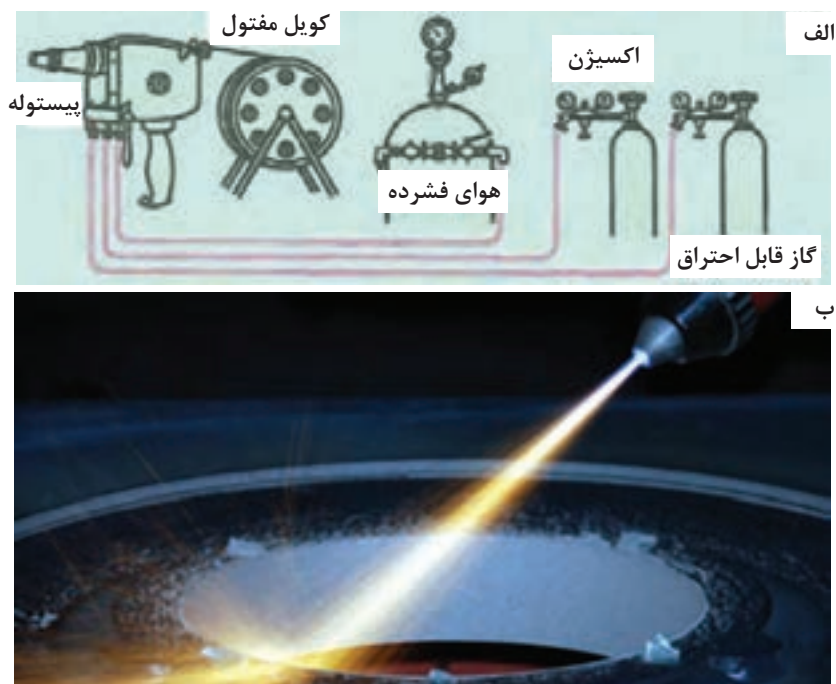
امروزه پوشش دهی الکتریکی (آبکاری) تا حدی توسعه یافته است که نه تنها مرحله نهایی تولید بعضی محصولات است بلکه برای ایجاد پوشش‌های محافظی مثل کادمیم، کروم یا اکسید آلومینیوم روی قطعات به کار می‌رود. پوشش دهی الکتریکی می‌تواند با فلزاتی نظیر نیکل، کرم، مس، روی، کادمیم، قلع، نقره، طلا، پلاتین و... انجام پذیرد. اساس پوشش دهی الکتریکی به این صورت است که در اثر عبور جریان مستقیم از یک الکترولیت فلز محلول در آن روی کاتد رسوب کرده و متعاقباً مقداری از فلز آند وارد محلول می‌شود به این ترتیب ترکیب الکترولیت ثابت می‌ماند.

با استفاده از برق جریان مستقیم و یک مایع الکترولیت می‌توان لایه نازک و یکنواختی از یک فلز را بر روی فلزی دیگر قرار داد. برای این منظور باید مایع الکترولیت را حتماً از محلول نمک فلز پوشش انتخاب کرد و قطعه کار را به قطب منفی و صفحه ای از فلز پوشش را به قطب مثبت متصل نمود. با عبور جریان از داخل مایع، ذرات فلز مورد نظر به صورت لایه نازکی بر روی سطح قطعه قرار می‌گیرند. در شکل (۱۴) خطوطی از آبکاری نیکل نشان داده شده است که در این فصل انجام آن به طور کامل توضیح داده خواهد شد.



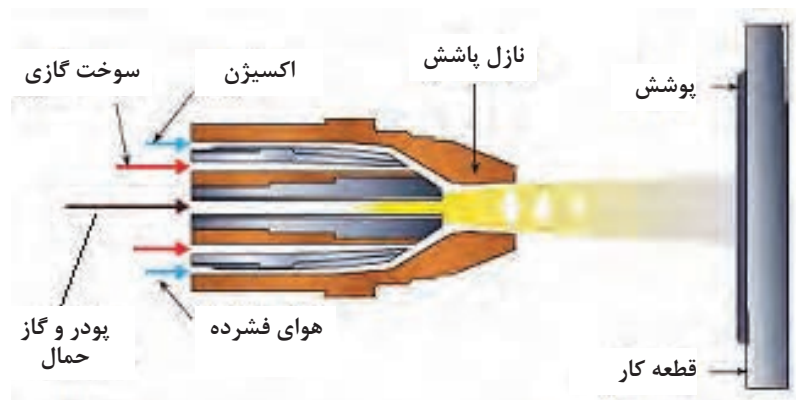
شکل ۱۴- (الف و ب) قسمت‌هایی از خطوط آبکاری نیکل در صنعت، (ج) شماتیکی از اجزا و نحوه آبکاری نیکل با جریان برق

پاشیدن فلز مذاب به کمک پیستوله (Metal spray): در این روش به کمک پیستوله، فلز پوشش را که به صورت مفتول و یا پودر می باشد از طریق حرارتی که به وسیله گاز قابل اشتعال و یا قوس الکتریکی تأمین می شود به صورت مایع درمی آورند و سپس به کمک هوای فشرده به صورت ذرات ریزی بر روی قطعه مورد نظر می پاشند که در شکل (۱۵) به صورت شماتیکی نشان داده شده است.



شکل ۱۵- الف) شماتیکی از اجزای اصلی در پوشش دهی به روش پاشیدن فلز مذاب به کمک پیستوله. ب) پاشیدن فلز مذاب به کمک پیستوله

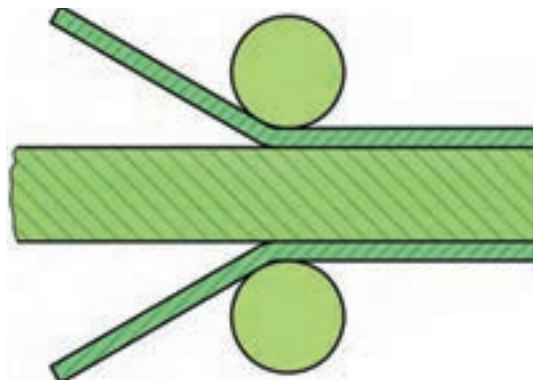
با این روش می توان فلزاتی مانند روی، آلومینیم و فولادهای آلیاژی را نیز به عنوان پوشش بر روی فلز مورد نظر اعمال نمود. استفاده از روش پاشیدن به کمک پیستوله، همیشه به عنوان پوشش محافظ در مقابل خوردگی مورد استفاده نیست بلکه در تعمیرات نیز ممکن است به کار گرفته شود. شکل (۱۶) داخل پیستوله و نحوه ترکیب شدن مواد آن را نشان می دهد.



شکل ۱۶- نحوه ترکیب شدن مواد در داخل پیستوله

آلیاژ کردن سطحی:

این روش بر مبنای انتقال حرارت از طریق برخورد سطحی ملکولهایی بنا شده است که باعث ایجاد اختلاط ذرات در محل برخورد می‌شوند. به عنوان مثال می‌توان از کُرم‌دار کردن سطح فولادها نام برد که در این روش لایه نازکی از سطح خارجی قطعات را به وسیله کرم آلیاژ می‌کنند. از محاسن کرم‌دار کردن می‌توان عدم تورق قشر محافظ را نسبت به گالوانیزه کردن نام برد، و از نظر مقاومت در مقابل خوردگی با فولادهای آلیاژی کرم‌دار قابل مقایسه‌اند.



شکل ۱۷- تصویری از پوشش‌دهی به روش روکش فلزی

روکش فلزی:

نیمه ساخته‌ها، مانند ورق یا پروفیل را که از فلزات سنگین و یا فلزات سبک ساخته شده باشند می‌توان به وسیله کشیدن یک صفحه فلزی مقاوم در برابر خوردگی بر روی آنها به کمک نورد پوشش داد. موادی که برای روکش فولادها انتخاب می‌شوند معمولاً عبارتند از: مس، برنج، نیکل و یا آلومینیم. در شکل (۱۷) تصویری از فرایند روکش فلزی آورده شده است.

در جدول زیر انواع پرکاربرد پوشش‌ها، روش‌ها و کاربرد آنها در صنعت آورده شده است که در این کتاب بیشتر پوشش‌های فلزی توضیح داده شده‌اند.

ردیف	نوع پوشش	ماهیت پوشش	روش‌های متداول اعمال پوشش	تصاویر صنعتی
۱	فلزی	این پوشش‌ها ماهیت فلزی دارند و می‌تواند از یک عنصر فلزی باشد مثل پوشش گالوانیزه، قلع، طلا، نقره، کرم و غیره و یا اینکه پوشش از ترکیب دو یا چند فلزی تشکیل شده است.	۱- پاشش ۲- غوطه‌وری ۳- آبکاری	
۲	سرامیکی	این پوشش‌ها ماهیت معدنی دارند مثل انواع لعاب‌ها که روی ظروف سفالی یا فلزی اعمال می‌شوند.	۱- پاشش ۲- غوطه‌وری	
۳	پلیمری	این پوشش‌ها از مواد پلیمری می‌باشند و عمدتاً به منظور محافظت سازه‌های فلزی در محیط اتمسفری استفاده می‌شوند: نظیر اپوکسی، پلی اورتان، پلی‌استر و غیره.	۱- پاشش ۲- غوطه‌وری ۳- ابزار دستی	

تجهیزات مورد استفاده در عملیات پوشش دهی

در انجام فرآیند پوشش دهی نیاز به ابزار و وسایل آزمایشگاهی می باشد که در زیر آورده شده است. با توجه به شکل آنها نام و موارد کاربرد آنها را پیدا کرده و در جدول زیر بنویسید.

شکل	نام ابزار	کاربرد
	
	
	

آماده سازی سطح قطعات برای پوشش دهی

چگونه می توانیم چربی های روی سطح فلزات را از بین ببریم؟ مهم ترین عامل در پوشش دادن، میزان تمیزی سطح فلز در کیفیت پوشش فلزی، آلی و یا معدنی اعمال شونده بر فلز اصلی بسیار مؤثر است. وجود گریس، روغن، مواد ناشی از خوردگی، گرد و غبار، شن، گرافیت و یا سایر مواد خارجی در میزان چسبندگی و مقاومت پوشش مؤثرند. اعمال پوششی با کیفیت بالا به نحوه آماده سازی سطح فلز اصلی بستگی دارد. کیفیت سطحی که آبکاری می شود باید بهتر از سطحی باشد که رنگ شده است. جهت آماده سازی سطح فلزات برای پوشش دهی مراحل زیر باید قبل از پوشش دهی بر روی فلزات انجام گیرد که عبارتند از: ۱- سمباده زنی، ۲- چربی زدایی و ۳- اکسیدزدایی

۱ سمباده زنی به صورت مکانیکی سطح فلز را صیقلی و صاف می کند و مواد ناخواسته از روی آن تمیز می شود.

۲ چربی زدایی به منظور حفاظت موقتی، روغن کاری یا در حین عملیات مکانیکی مثل ماشین کاری، کشش و مته زنی و یا سایر عملیات سطحی به قطعات روغن و گریس می زنند. بنابراین روی قطعات فلزی اغلب روغن و گریس وجود دارد که می توان با محلول های قلیایی قوی مثل کربنات سدیم یا سودسوزآور چربی زدایی نمود.

۲ اکسیدزدایی (اسیدشویی) اصطلاح اسیدشویی به زدودن غبار، اکسید، شن و پوسته‌های ناشی از ریخته‌گری از روی سطح فلزات با وارد کردن آنها در محلول‌های اسیدی گفته می‌شود. اسیدشویی معمولاً در محلول محتوی ۱۲۰ گرم بر لیتر اسیدسولفوریک در دمای حدود ۶۰ تا ۶۵ درجه سانتی‌گراد و یا اسید کلریدریک ۳۰ درصد انجام می‌گیرد. این روش معمولاً برای اسیدشویی آهن و فولاد یا مس استفاده می‌شود. همچنین برای برنج، نقره و آلیاژهای نیکل می‌توان به کار برد. مخزن‌های حاوی محلول برای فلزات آهنی و غیرآهنی باید جدا از هم باشند.

مراحل آماده‌سازی فلزات مختلف، متفاوت می‌باشد و روش انجام آنها و محلولی که در آن باید چربی‌زدایی یا اکسید زدایی انجام گیرد برای فلزات مختلف متفاوت است. مراحل آماده‌سازی سطح فولاد، مس و آلومینیم در زیر به صورت فعالیت عملی آورده شده است.

آماده‌سازی سطح فولاد زنگ زده برای پوشش‌دهی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: هیتر آزمایشگاهی مگنت دار، مگنت، دماسنج، پمپت، پنس چوبی، دستکش، ماسک، خشک‌کن، زمان‌سنج، ترازوی آزمایشگاهی، ورق فولادی، اره، سنباده به شماره ۱۰۰ تا ۸۰۰، بشر ۲۵۰ CC به تعداد ۶ عدد، سودسوزآور ۱۰٪، اسید کلریدریک (HCl) ۳۰٪.

مراحل انجام آزمایش

- ۱ ورق فولاد ساده کربنی را در ابعاد ۵ × ۱۰ سانتی‌متر به ضخامت ۲ میلی‌متر آماده کرده و توسط سنباده‌ها از شماره ۱۰۰ تا ۱۲۰۰ سمباده کاری کنید تا سطح صاف و تمیزی از فولاد به دست آید.
- ۲ تهیه محلول چربی‌زدایی (سود ۱۰٪): برای تهیه حمام چربی‌زدایی فولاد که باید سود سوزآور ۱۰٪ باشد، مقدار ۲۰ گرم سود سوزآور را در مقداری آب مقطر داخل بشر بریزید و خوب به هم بزنید بعد از هم زدن آب مقطر را تا اندازه‌ای اضافه کنید که محلول داخل بشر به اندازه ۲۰۰ CC برسد.
- برای حل کردن تمامی محلول‌ها که در آنها آب مقطر وجود دارد ابتدا محلول را در مقدار کمی آب مقطر به هم بزنید و سپس با اضافه کردن مقدار آب مقطر لازم آن را به حجم مورد نظر برسانید.
- ۳ سپس گرم‌کن آزمایشگاهی (هیتر) را روشن کرده و بر روی دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم کنید و بشر را روی آن بگذارید. در این حین مگنت را داخل بشر بیاندازید و دستگاه را در دور کند آن تنظیم کنید تا محلول را به هم بزند و سود سوزآور به صورت کامل در آب مقطر حل شود.
- ۴ نمونه را توسط پنس چوبی داخل محلول چربی‌زدایی تهیه شده به مدت ۵ دقیقه در همان دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار دهید.

نکته: • ابتدا توسط دماسنج دمای محلول را کنترل کنید تا دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد باشد.

- در حین انجام فرآیند نیز دما و زمان توسط دماسنج و زمان‌سنج کنترل شود.
- در انجام این مرحله می‌توانید مگنت داخل بشر را بیرون بیاورید. این کار را می‌توانید توسط یک قطعه کوچک فولادی انجام دهید که مگنت به آن می‌چسبد و به راحتی بیرون می‌آید.

۵ بعد از چربی‌زدایی نمونه را دو مرحله آبکشی کنید (داخل آب راکد).

• نکته: منظور از دو مرحله آبکشی یعنی تعداد ۲ عدد بشر ۲۵۰ CC را با آب مقطر پر کرده و ابتدا در یکی

از بشرها به مدت ۵ ثانیه نمونه را وارد کنید و تکان دهید تا آبکشی شود و سپس همان کار را در بشر دومی در همان شرایط انجام دهید.

🔹 **تهیه محلول اکسیدزدایی:** برای تهیه محلول اکسیدزدایی مقدار ۱۴۰ cc آب مقطر را داخل بشر ۲۵۰ cc بریزید و سپس مقدار ۶۰ cc اسید کلریدریک را توسط pipette به آن اضافه کنید.

نکته: ● دمای انجام فرآیند اکسیدزدایی دمای محیط بوده و نیازی به گرم کن آزمایشگاهی نیست.

● بر روی بشر نوشته شود محلول اکسیدزدایی می باشد تا با دیگر محلول ها اشتباه گرفته نشود.

● هرگز آب را به اسید اضافه نکنید.

🔸 **بعد از آبکشی نمونه را در محلول ۳۰% اسید کلریدریک (HCl) که در مراحل اولیه تهیه شده به مدت ۵ دقیقه فرو ببرید تا اکسیدزدایی انجام گیرد.**

● **نکته:** در صورتی که تحت عملیات سنباده زنی قرار نگیرد باید به مدت ۱۵ دقیقه در محلول اسید قرار گیرد.

🔸 **بعد از اکسیدزدایی دو مرحله آبکشی انجام دهید و بلافاصله با خشک کن خشک کنید.**

● **نکته:** برای آبکشی در این مرحله از بشرهای آبکشی مرحله چربی زدایی استفاده نشود و حتماً از بشرهای جداگانه استفاده شود.

● **نکته:** می توانید نمونه های آماده شده را در یک محیط مناسب نگهداری کنید تا برای فعالیت های بعدی که پوشش دهی می باشد از آنها استفاده کنید. نمونه ها حتماً باید تمیز نگهداری شود در غیر این صورت باید این مراحل در هنگام پوشش دهی از مرحله اول دوباره بر روی نمونه انجام گیرد.

● **نکته:** به جای خشک کن می توانید از سشوار نیز استفاده نمایید.

● **نکات ایمنی:** ● از بوییدن، چشیدن یا لمس کردن مواد شیمیایی جداً خودداری نمایید.

● تمام مراحل آزمایش در زیر هود انجام شود.

● در نگهداری مواد شیمیایی دقت نمایید و در جای مخصوص خود قرار دهید. به هیچ عنوان نباید مواد شیمیایی را در بالای کابینت، بالای سکوها یا کف زمین حتی به طور موقت نگهداری کرد.

● محلول های سود سوزآور دارای اثر خوردگی بر روی بافت بدن هستند. با دقت با آنها کار کنید.

● قبل از ترک آزمایشگاه لوازمی را که با آنها کار کرده اید به دقت بشویید و در جای خود، به طور مناسب قرار دهید.

● برای دفع مواد پسماند شیمیایی استفاده شده، حتماً آنها را ابتدا خنثی نمایید و توسط کاغذ pH سنج یا هر نوع شناساگر دیگر کنترل نمایید تا خنثی شده باشند و سپس از سیستم فاضلاب آزمایشگاه آنها را بیرون بریزید.

● بهتر است محلول سودسوزآور تهیه شده را در ظرف مخصوص نگهداری کنید تا در صورت نیاز دوباره از آن استفاده شود چرا که در فعالیت های دیگر این فصل نیز کاربرد دارد. همچنین با این کار اتلاف مواد کم شده و خطرات زیست محیطی آن کاهش می یابد.

● هیچ گاه مواد آلوده شده و سود ضایعاتی را مستقیماً وارد سیستم فاضلاب یا رودخانه ها نکنید. ابتدا آن را خنثی نمایید یا با اضافه کردن مقدار زیاد آب به آن غلظت را کاهش دهید و سپس بیرون بریزید.

نکته
زیست محیطی





- ۱ چه تفاوت‌هایی بر روی سطح نمونه مورد آزمایش مشاهده می‌شود؟
- ۲ تمامی مراحل آماده‌سازی را در شکل زیر تکمیل کنید.

نام محلول:

مواد استفاده‌شده:

دما:

زمان نگهداری:

نام محلول:

مواد استفاده‌شده:

دما:

زمان نگهداری:



- ۲ تحقیق کنید این مراحل برای قطعات بزرگ در کارخانه‌ها چگونه انجام می‌گیرد؟
- نتایج فعالیت را به همراه جواب پرسش‌ها در یک گزارش کار تحویل هنرآموز خود دهید.



آماده‌سازی سطح نمونه مسی برای پوشش‌دهی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: پیپت، پنس چوبی، دستکش، ماسک، خشک‌کن، زمان‌سنج، ورق مسی، اره، سنباده به شماره ۱۰۰ تا ۱۲۰۰، بشر ۲۵۰ cc به تعداد ۳ عدد، اسید نیتریک (HNO_3)، اسید کلریدریک (HCl).

مراحل انجام آزمایش:

- ۱ ورق مسی را در ابعاد ۱۰×۵ سانتی‌متر به ضخامت ۲ میلی‌متر برش دهید.
 - ۲ نمونه را تا شماره ۱۲۰۰ سنباده زنی نمایید.
- نکته:** اگر سطح نمونه‌ها صاف باشد نیاز به سنباده‌زنی نمی‌باشد.
- ۳ مقدار ۲۰۰ cc اسید نیتریک را در یک بشر ۲۵۰ cc بریزید و به آن ۲ cc اسید کلریدریک توسط پیپت اضافه کنید.
 - ۴ نمونه مسی را توسط پنس چوبی گرفته و داخل محلول آماده‌سازی به مدت ۱ دقیقه نگهداری شود.
 - ۵ دو مرحله آبکشی کنید و سپس با خشک‌کن خشک کنید.
- نکته:** حتماً بر روی بشر نام محلول‌ها نوشته شود.
- برای نمونه‌های مسی و برنجی هم چربی‌زدایی و هم اکسیدزدایی بعد از پرداخت کاری اولیه در این محلول انجام گیرد.
 - **نکات ایمنی:** برای نمونه‌های فولادی که قلع اندود می‌شوند ابتدا باید یک لایه پوشش مسی داده شود و سپس قلع داده شود تا کیفیت لایه پوششی بالا باشد.
 - در هنگام آزمایش استفاده از عینک، ماسک تنفسی، دستکش و روپوش آزمایشگاهی الزامی است.
 - آزمایش زیر هود انجام شود.
 - محلول خنثی شده را می‌توان در سیستم فاضلاب آزمایشگاه تخلیه کرد.
 - **نکته زیست:** هرگز ظروف حاوی مواد و محلول‌ها را بدون درپوش مناسب، نگهداری نکنید تا

ضمن جلوگیری از آلودگی هوای آزمایشگاه، از آلودگی نمونه‌ها با مواد خارجی جلوگیری شود. مراحل انجام آزمایش در گزارش کار با رسم شکل شرح دهید.

فعالیت
کارگاهی ۶



آماده‌سازی سطح آلومینیم برای پوشش دهی

هدف از انجام آزمایش: افزایش کیفیت و چسبندگی لایه پوشش بر روی سطح آلومینیم مواد و وسایل مورد نیاز: گرم‌کن آزمایشگاهی مگنت‌دار، مگنت هم‌زن، دماسنج، پیپت، پنس چوبی، دستکش، ماسک، خشک‌کن، زمان سنج، ترازوی آزمایشگاهی، ورق آلومینیمی، اره، سنباده به شماره ۱۰۰ تا ۱۲۰۰، بشر ۲۵۰ cc به تعداد ۶ عدد، سودسوزآور ۱۰٪، اسید نیتریک (HNO₃) ۵۰٪.

مراحل انجام آزمایش

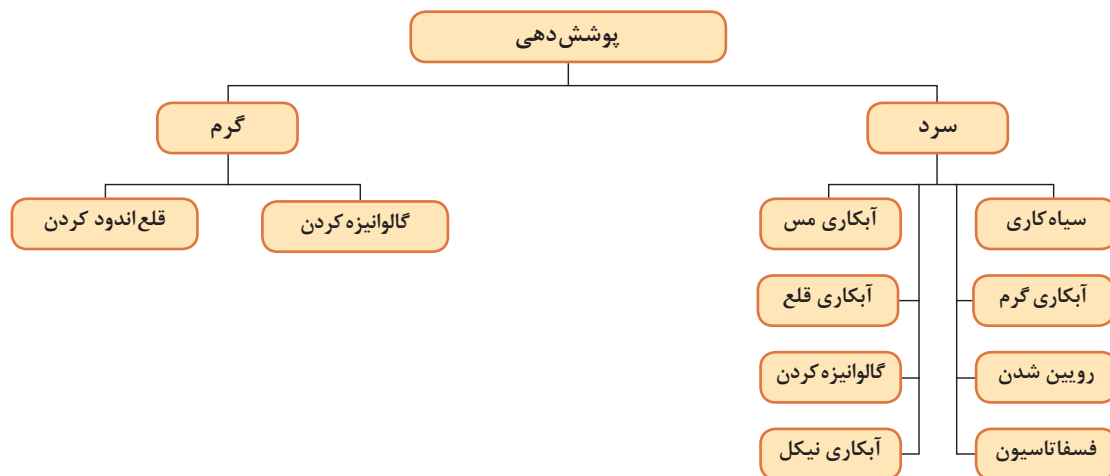
- ۱ هرگروه نمونه‌ای از آلومینیوم را در ابعاد ۵ × ۱۰ سانتی‌متر به ضخامت ۲ میلی‌متر برش دهد.
 - ۲ در صورت صاف نبودن سطح، سنباده‌زنی انجام گیرد.
 - ۳ مقدار ۲۰۰ cc سود ۱۰٪ تهیه کنید و بر روی گرم‌کن آزمایشگاهی مگنت‌دار دمای آن را به ۷۰ درجه سانتی‌گراد برسانید و دستگاه را در دور کند تنظیم نمایید تا خوب حل شود.
 - ۴ مقدار ۱۰۰ cc آب مقطر را در داخل بشر ۲۵۰ cc بریزید و ۱۰۰ cc اسید نیتریک را اندک اندک به آن اضافه کنید.
 - ۵ نمونه آلومینیومی مورد آزمایش را توسط پنس چوبی به مدت ۳۰ ثانیه در سود ۱۰٪ با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار دهید.
- نکته:** ● ابتدا توسط دماسنج دمای محلول کنترل شود تا دما ۷۰ درجه سانتی‌گراد باشد.
- حین آزمایش دما و زمان کنترل شود.
 - ۶ دو مرحله آبکشی انجام شود.
 - ۷ نمونه را بعد از آبکشی به مدت ۱ دقیقه در محلول اسید نیتریک ۵۰٪ در دمای محیط قرار دهید.
 - ۸ دو مرحله آبکشی انجام دهید.
 - ۹ بلافاصله توسط خشک‌کن خشک کنید.

بحث گروهی



- ۱ چه تغییراتی بر روی سطح نمونه ایجاد شد؟
- ۲ تحقیق کنید مهم‌ترین پوششی که بر روی فلز آلومینیوم انجام می‌شود کدام است.
- ۲ پس از بحث و گفتگو پاسخ تحلیلی خود را به همراه گزارش کار به هنرآموز خود تحویل دهید.

پوشش دهی فلزات به دو صورت سرد و گرم می‌تواند انجام شود. در زیر انواع مختلفی از روش‌های پوشش دهی هم برای پوشش دهی سرد و هم برای پوشش دهی گرم آورده شده است.



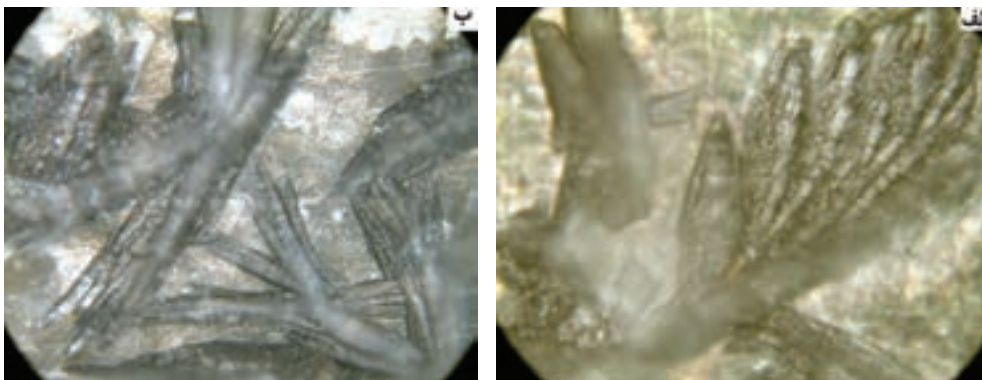
می‌شود که در حین رنگ کردن، ماده رنگی در داخل این حفرات و شیارها گیر می‌کنند و چسبندگی بهتر صورت می‌گیرد. پوشش دهی فسفات، عملیاتی بر روی چدن، فولاد، فولاد گالوانیزه شده یا آلومینیوم، در محلول رقیق اسید فسفریک و دیگر ترکیبات است که در آن سطح فلز در محیط اسید فسفریک به طور شیمیایی فعال شده و به لایه‌ای محکم و تقریباً محافظ از کریستال‌های غیرقابل حل فسفات، تبدیل می‌شود فرآیند فسفات کردن از حساسیت بالایی برخوردار است و عوامل مختلفی از قبیل شرایط آماده‌سازی سطح فلز، ترکیبات شیمیایی حمام، pH، دما، زمان فسفات کاری، اندازه دانه‌ها و بسیاری دیگر از پارامترهای شیمیایی و متالورژیکی، بر روی خواص پوشش حاصله اثر می‌گذارند. این پوشش به رنگ خاکستری تیره بوده و در زیر میکروسکوپ به صورت شکل (۱۸) دیده می‌شود.

فسفاتاسیون

هرساله صدها هزار دستگاه خودرو در کارخانجات مختلف خودروسازی تولید می‌شوند. بدنه کلیه خودروها تحت عملیات رنگ کاری قرار می‌گیرند و از آن جایی که بدنه اتومبیل تحت سخت‌ترین شرایط جوی و محیطی قرار دارد دستیابی به پوشش رنگ نهایی که بالاترین مقاومت در برابر خوردگی و تنش‌های مکانیکی را داشته باشد، مطلوب می‌باشد.

جهت حصول به این امر همواره سعی شده که عملیات زیرسازی رنگ با بهترین مواد شیمیایی و در شرایط بهینه انجام شود.

فرآیند فسفاتاسیون بیشتر برای زیرکاری و قبل از انجام فرآیند رنگ کاری برای اینکه رنگ بهتر روی سطح بنشیند و عمر طولانی‌تری داشته باشد استفاده می‌شود. در صورت انجام این عملیات بر روی سطح فولاد حفره‌ها و شیارهای ریزی ایجاد



شکل ۱۸- الف) تصویری از فولاد st۳۷ بعد از یک بار عملیات فسفاتاسیون در بزرگ‌نمایی ۵۰۰ و ب) همان نمونه بعد از دوبار عملیات فسفاتاسیون در بزرگ‌نمایی ۵۰۰.

بیشترین کاربرد پوشش‌های فسفات‌ها به عنوان پوشش زیر رنگ است. علاوه بر آن از پوشش فسفات‌ها در کاربردهای زیر نیز استفاده می‌شود:

- ۱ به عنوان پایه‌ای برای روغن یا ضد زنگ
- ۲ روانکاری و مقاومت در برابر سایش، کنده شدن، سایش سطحی قطعات متحرک در تماس با یکدیگر
- ۳ ایجاد سطوح دارای قابلیت شکل‌پذیری سرد مطلوب
- ۴ ایجاد مقاومت موقت یا کوتاه مدت در برابر خوردگی
- ۵ پایه چسبندگی ورق‌های پلاستیکی - فلزی یا لاستیکی به فلز

سه پوشش عمده فسفات‌ها در صنعت عبارتند از:

- ۱- **فسفات روی:** این نوع پوشش فسفات‌ها جهت افزایش مقاومت سایشی، به عنوان ضد زنگ پایه رنگ و روغن، کمک به شکل‌دهی سرد و کشش سیم و تیوب به کار می‌رود.
- ۲- **فسفات آهن:** به عنوان پایه رنگ به کار می‌رود. به دلیل چسبندگی خوب این پوشش، رنگ در مقابل پوسته‌ای شدن ضربه‌ای به خوبی مقاومت می‌کند. مقاومت خوردگی فسفات آهن از فسفات روی کمتر است.
- ۳- **فسفات منگنز:** بر روی قطعات آهنی برای جلوگیری از کنده شدن سطحی و قفل شدن قطعات با یکدیگر در حین کار اعمال می‌شود.

فسفاتاسیون فولاد

مواد و تجهیزات مورد نیاز: گرم‌کن آزمایشگاهی مگنت‌دار، مگنت همزن، دماسنج، پیپت، پمپ مکنده یا پیپت پرکن، اسپاتول، پنس چوبی، دستکش، ماسک، خشک‌کن، زمان سنج، ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۱ گرم، میکروسکوپ نوری، ورق فولادی، اره، سنباده به شماره ۱۰۰ تا ۱۲۰۰، بشر ۲۵۰ cc به تعداد ۹ عدد، حمام چربی‌زدایی (سودسوزآور ۱۰٪)، حمام اکسیدزدایی (اسید کلریدریک ۳۰٪)، حمام فسفاتاسیون،

فعالیت
کارگاهی ۷



مراحل انجام آزمایش:

- ۱ ابتدا ورق فولادی را در ابعاد 50×100 میلی‌متر به ضخامت ۲ میلی‌متر آماده کرده و توسط سنباده‌ها از شماره ۱۰۰ تا ۱۲۰۰ سمباده کاری کنید تا سطح صاف و تمیزی از فولاد به دست آید.
 - ۲ چربی‌زدایی را طبق اصول چربی‌زدایی توسط سودسوزآور ۱۰٪ انجام دهید.
 - ۳ بعد از چربی‌زدایی نمونه را در دو مرحله آبکشی کنید.
 - ۴ با استفاده از اسید کلریدریک ۳۰٪ و رعایت اصول کلی اکسیدزدایی فولاد، نمونه را اکسیدزدایی نمایید.
 - ۵ دو مرحله آبکشی انجام دهید.
 - ۶ برای تهیه حمام فسفاتاسیون مواد شیمیایی زیر مورد نیاز است:
 - اسید فسفریک ۱۱ cc/lit
 - نیترات سدیم ۱ g/lit
 - اکسیدروی ۵٫۶ g/lit
 - اسید نیتریک ۲٫۵ cc/lit
- مقدار ۲٫۲ سی‌سی اسید فسفریک را توسط پیپت به داخل یک بشر ۲۵۰ CC بریزید سپس مقدار ۲ گرم نیترات سدیم را وزن کرده و به آن اضافه کنید و به هم بزنید. مقدار ۱٫۱۲ گرم اکسیدروی را وزن کرده و به آن اضافه نمایید و دوباره به هم بزنید. همچنین ۰٫۵ سی‌سی اسید نیتریک توسط پیپت به آن اضافه کنید. دمای این حمام باید ۷۰-۸۰ درجه سانتی‌گراد باشد. گرم‌کن را در این دما تنظیم کرده و بشر حمام فسفاتاسیون را بر روی آن قرار دهید و توسط دماسنج، دمای آن را کنترل کنید. بعد از رسیدن به دمای مورد نظر ورق فولادی آماده شده را در داخل آن توسط پنس چوبی به مدت زمان ۱۰ دقیقه قرار دهید.
- ۷ دو مرحله آبکشی شود.
 - ۸ توسط پنس چوبی نمونه را بردارید و بلافاصله با استفاده از خشک‌کن خشک کنید.

نکته



- به هیچ عنوان آب را به اسید اضافه نکنید چرا که امکان پاشش اسید در این صورت وجود دارد و به جای آن آب را به اسید اضافه کنید.
- ترکیب اصلی محلول‌ها برای یک لیتر می‌باشد که در این آزمایش ۲۵۰ CC محلول مورد نیاز است. مقادیر استفاده شده از هر ماده به مقدار ترکیب اصلی آن نسبت به حجم مورد نظر انتخاب می‌شود.
- در تمامی مراحل می‌توانید از آب معمولی نیز به جای آب مقطر استفاده کنید ولی جهت بالا بردن کیفیت پوشش انجام گرفته بهتر است از آب مقطر استفاده شود. اگر از آب معمولی استفاده شود لکه‌های سفید رنگی بر روی پوشش می‌تواند رسوب کند.
- فرایند فسفاتاسیون تا ارتفاعی از نمونه که در داخل حمام قرار دارد انجام می‌گیرد و در صورت نیاز به اینکه تمام قطعه داخل حمام قرار گیرد، باید در بالای آن سوراخ کوچکی با مته ۳ میلی‌متری ایجاد کرد و توسط سیم تمامی آن را در داخل حمام وارد کرد. برای مشاهده تفاوت ایجاد شده بهتر است مقداری از آن داخل حمام باشد تا تفاوت ایجاد شده قبل از انجام کار و بعد از آن مشخص باشد.

نکته ایمنی



- از استشمام، چشیدن یا لمس کردن مواد شیمیایی جداً خودداری نمایید.
- اگر مواد شیمیایی در جایی ریخته شود، آن را با مقدار زیادی آب بشویید.
- اسید سولفوریک فعالیت شیمیایی زیادی دارد، باید با دقت زیاد از آن استفاده کرد و آن را کم و به آهستگی در آب ریخت و به هم زد.
- اسید غلیظ، پوست را می سوزاند و از این لحاظ باید با احتیاط زیاد با آن کار کرد.

نکته زیست محیطی



- توجه داشته باشید که اسید فسفریک آلوده کننده محیط زیست است. در اندازه مناسب استفاده شود و قبل از دفع، حتماً خنثی گردد و سپس از طریق سیستم فاضلاب، دفع شود.
- می توان اسید فسفریک را ابتدا با مواد بازی مانند سودسوزآور خنثی کنید، سپس با موادی مانند شن، ماسه یا خاک آن را جمع آوری کنید و آن را در ظرف مخصوص زباله های شیمیایی بریزید.
- از مواد آتش گیر مانند خاک اره برای جمع آوری اسید هرگز استفاده نکنید
- برای دفع زباله های آلوده به اسید، می توان آن را در خاک دفن کرد تا فسفات به عنوان کود در زمین جذب شود.

پرسش



- ۱ بعد از انجام فرآیند فسفاتاسیون چه تفاوتی بر روی سطح نمونه مشاهده می کنید؟ نتایج به دست آمده را مورد بررسی قرار دهید.
- ۲ این فرآیند تا چه اندازه ای عمر لایه رنگ کاری را افزایش می دهد؟
- ۳ توسط میکروسکوپ نوری در بزرگنمایی های مختلف سطح نمونه را مشاهده کرده و در دایره زیر ترسیم کنید و تفاوت ایجاد شده را در بعد و قبل از فسفاتاسیون بنویسید.
- ۴ تحقیق کنید چند نوع فرآیند فسفاتاسیون وجود دارد؟ تفاوت آنها در چیست؟ پاسخ پرسش ها را به همراه نتایج فعالیت در گزارش کار به هنرآموز تحویل دهید.

سیاه کاری

سیاه کاری به فرآیند ایجاد یک لایه اکسیدی از آهن به کمک مواد اکسیدکننده، بر سطح قطعات فولاد کربنی، می باشد که ظاهر سیاه رنگ سطح حاصل، باعث نامگذاری آن، به فرآیند سیاه کاری گردیده است.

هدف از ایجاد این لایه بر سطح قطعات، به دلیل مقاومت بالای پوشش به خوردگی اتمسفری خصوصاً در محیط های مرطوب، می باشد و اکثراً در مقاصد انبارداری قطعات و ورق های فولادی، کاربرد دارد. هرچند در ابتدا، مهم ترین جنبه استفاده از این پوشش ها در صنایع نظامی و جهت پوشش بدنه اسلحه ها، بوده است. در شکل (۱۹) نمونه هایی از قطعات صنعتی که تحت عملیات سیاه کاری قرار گرفته اند را مشاهده می نمایید.



شکل ۱۹- تصاویری از قطعات سیاه کاری شده

روش‌های مختلفی به منظور ایجاد این لایه بر سطح قطعات فولادی وجود دارند که هم به صورت گرم و هم به صورت سرد انجام می‌گیرد ولی در حالت کلی روش معمول، استفاده از فرآیند غوطه‌وری در حمام قلیایی گرم، شامل ترکیبات نیترات سدیم، نیتريت سدیم، سودسوزآور و مواد افزودنی دیگر می‌باشد. در شکل (۲۰) قسمتی از خط عملیات سیاه کاری را مشاهده می‌نمایید.



شکل ۲۰- تصویری از عملیات سیاه کاری

مزایای سیاه کاری

- **مقاومت خوردگی:** افزایش عمر کاری و مدت زمان انبارداری قطعات
- **مقاومت به سایش مداوم:** پوشش‌های تبدیلی سخت در برابر پوسته شدن، ترک خوردن، سایش و خراش مقاومت خوبی دارند.
- **ضد چسبندگی:** در مواردی که نیاز به تماس قطعات می‌باشد، پوشش سیاه و لایه روانکار مانع چسبندگی سطوح شده، و حین تماس قطعات در اثر سایش فدا شده و سطح قطعه را سالم نگه می‌دارند.
- **روانکاری:** عملیات نهایی پایه روغن که بعد از فرایند سیاه کاری مرسوم می‌باشد، علاوه بر حفاظت سطح در برابر خوردگی، حرکت سطوح در تماس با یکدیگر را راحت تر می‌سازند.
- **زیبایی ظاهری پوشش:** این فرایند سبب ایجاد رنگ سیاه زیبا و تزیینی بر روی سطح قطعه شده و کیفیت سطحی آن را افزایش می‌دهد.
- **کاهش براقیت قطعه:** این فرایند براقیت قطعه را کاهش می‌دهد.
- **آماده‌سازی سطحی:** جهت بهبود چسبندگی رنگ و لاک‌های نهایی می‌توان از این پوشش به عنوان زیرلایه استفاده نمود.
- **رسانایی:** سیاه کاری، پوششی مناسب برای قطعات الکتریکی است، زیرا فقط در حدود ۱٪ رسانایی قطعه بعد از اعمال این پوشش کاهش می‌یابد.



سیاه کاری فولاد

مواد و تجهیزات مورد نیاز: گرم کن آزمایشگاهی مگنت دار، مگنت هم‌زن، دماسنج، پیپت، پمپ مکنده یا پیپت پر کن، اسپاتول، پنس چوبی، دستکش، ماسک، خشک کن، زمان سنج، ترازوی آزمایشگاهی، میکروسکوپ نوری، ورق فولادی، اره، سنباده به شماره ۱۰۰ تا ۱۲۰۰، بشر ۲۵۰ CC به تعداد ۹ عدد، حمام چربی‌زدایی (سودسوزآور ۱۰٪)، حمام اکسیدزدایی (اسید کلریدریک ۳۰٪)، حمام سیاه کاری،

مراحل انجام آزمایش

- ۱ ابتدا ورق فولادی را در ابعاد ۵ × ۱۰ سانتی‌متر به ضخامت ۲ میلی‌متر آماده کرده و توسط سنباده‌های ۱۰۰ تا ۱۲۰۰ سنباده کاری نمایید تا سطح صاف و تمیزی از فولاد به دست آید.
- ۲ چربی‌زدایی را طبق اصول چربی‌زدایی توسط سودسوزآور ۱۰٪ انجام دهید.
- ۳ بعد از چربی‌زدایی نمونه را در دو مرحله آبکشی کنید.
- ۴ با استفاده از اسید کلریدریک ۳۰٪ و رعایت اصول کلی اکسیدزدایی فولاد، نمونه را اکسیدزدایی نمایید.
- ۵ دو مرحله آبکشی انجام دهید.
- ۶ برای تهیه حمام سیاه کاری مواد شیمیایی زیر مورد نیاز است:
 - سودسوزآور ۶۰۰ g/lit
 - نیترات سدیم ۳۰ g/lit
 - نیتريت سدیم ۲۰ g/lit
- مقدار ۱۲۰ گرم سودسوزآور را داخل ۵۰ CC آب مقطر در یک بشر ۲۵۰ CC حل نمایید سپس ۶ گرم نیترات سدیم را وزن کرده و به آن اضافه کنید و به هم بزنید. همچنین مقدار ۴ گرم نیتريت سدیم را به آن اضافه نمایید و دوباره به هم بزنید. گرم کن آزمایشگاهی مگنت دار را در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم نمایید و بشر حاوی محلول را بر روی آن بگذارید و دماسنج را داخل بشر قرار دهید و دمای آن را کنترل کنید تا به دمای مورد نظر برسد. مگنت هم‌زن را داخل بشر بیاندازید و گرم کن آزمایشگاهی را در دور کند تنظیم نمایید تا محلول را هم بزند.
- ۷ بعد از اینکه محلول به دمای مورد نظر رسید، ورق فولادی را به مدت ۲۰ دقیقه داخل محلول قرار دهید.
- ۸ ورق فولادی را توسط پنس چوبی بیرون آورده و در دو مرحله آبکشی نمایید.
- ۹ بلافاصله بعد از آبکشی نمونه را با استفاده از خشک کن خشک نمایید.

● به هیچ عنوان آب را به اسید اضافه نکنید چرا که امکان پاشش اسید در این صورت وجود دارد و به جای آن آب را به اسید اضافه کنید.



نکته ایمنی



- عوارض حاد ناشی از تماس کوتاه با غلظت‌های زیاد سودسوزآور شامل تحریک و التهاب و سوختگی پوست، چشم، بینی، نای و حنجره است. در صورت مشاهده هرچه سریع‌تر فرد را به پزشک ارجاع دهید.
- از بوییدن گاهی استنشاق میزان زیاد سودسوزآور منجر به تورم حنجره و بیماری‌های ریوی غیرقابل برگشت می‌گردد.
- علائم اولیه بلعیدن سودسوزآور شامل درد شکم و استفراغ است. در صورت مشاهده هرچه سریع‌تر فرد را به پزشک ارجاع دهید.

نکته زیست محیطی



هیچ‌گاه مواد آلوده شده و سود ضایعاتی را مستقیماً وارد سیستم فاضلاب شهری یا رودخانه‌ها نکنید.

پرسش



- ۱ بعد از انجام فرآیند سیاه‌کاری چه تفاوتی بر روی سطح نمونه مشاهده می‌کنید؟ نتایج به دست آمده را مورد بررسی قرار دهید.
- ۲ مراحل کامل آزمایش سیاه‌کاری را در شکل زیر تکمیل کنید.
- ۳ تحقیق کنید فرآیند سیاه‌کاری بیشتر بر روی چه نوع قطعاتی انجام می‌گیرد؟

بحث گروهی



پس از بحث و گفتگو پاسخ تحلیل خود را به همراه گزارش کار تحویل هنرآموز خود دهید.

مس اندود کردن فولاد

به علت اینکه بعضی از فلزات بر روی فولادها چسبندگی بالایی ندارند و هنگام پوشش‌دهی کیفیت و عمر لایه پوششی در برخی از فلزات پایین است، ابتدا یک لایه واسطه از فلزی را که چسبندگی خوبی هم با فولاد و هم با فلز پوششی مورد نظر دارد، بر روی فولاد پوشش می‌دهند تا چسبندگی عالی داشته باشد. در پوشش‌دهی قلع نیز ابتدا فولاد را مس اندود می‌کنند تا پوشش قلع کیفیت بالایی داشته باشد. در این بخش نحوه مس اندود کردن فولاد و آماده‌سازی سطح آن برای پوشش‌دهی قلع گفته شده است و فرآیند آبرکاری مس نیز به‌طور کامل در بخش‌های بعدی آورده شده است.

مس اندود کردن فولاد

مواد و تجهیزات مورد نیاز: گرم‌کن آزمایشگاهی مگنت دار، مگنت هم‌زن، دماسنج، پیپت، پمپ‌مکنده یا پیپت پرکن، اسپاتول، پنس چوبی، دستکش، ماسک، خشک‌کن، زمان‌سنج، ترازوی آزمایشگاهی، ورق فولادی، اره، سنباده به شماره ۱۰۰ تا ۱۲۰۰، بشر ۲۵۰ CC به تعداد ۹ عدد، حمام چربی زدایی (سودسوزآور ۱۰٪)، حمام اکسیدزدایی (اسید کلریدریک ۳۰٪)، حمام مس اندود کردن (سولفات مس، اسید سولفوریک)

فعالیت کارگاهی ۹



مراحل انجام آزمایش

- ۱ ابتدا ورق فولادی را در ابعاد 50×100 میلی‌متر به ضخامت ۲ میلی‌متر آماده کرده و توسط سنباده‌های ۱۰۰ تا ۱۲۰۰ سنباده‌کاری کنید تا سطح صاف و تمیزی از فولاد به دست آید.
 - ۲ چربی‌زدایی را طبق اصول چربی‌زدایی توسط سودسوزآور ۱۰٪ انجام دهید.
 - ۳ بعد از چربی‌زدایی نمونه را در دو مرحله آبکشی کنید.
 - ۴ با استفاده از اسید کلریدریک ۳۰٪ و رعایت اصول کلی اکسیدزدایی فولاد، نمونه را اکسیدزدایی نمایید.
 - ۵ دو مرحله آبکشی انجام دهید.
 - ۶ حمام مس اندود را تهیه نمایید. برای تهیه حمام مواد زیر مورد نیاز است که طبق مراحل زیر اقدام نمایید:
- سولفات مس ۱۵ g/lit
 - اسید سولفوریک ۱۰ cc/lit
- محلول را در اندازه ۲۰۰ cc آماده میکنیم. برای انجام این کار ابتدا مقدار ۳ گرم سولفات مس را در ۱۰۰ cc آب مقطر خوب به هم بزنید. سپس ۲ cc اسید سولفوریک به آن اضافه کنید و خوب به هم بزنید. آب مقطر را تا اندازه‌ای به آن اضافه نمایید که به حجم ۲۰۰ cc برسد.
- ۷ نمونه را به مدت ۱۰ ثانیه توسط پنس چوبی داخل حمام وارد کنید.
 - ۸ دو مرحله آبکشی نمایید و بلافاصله با خشک‌کن خشک کنید.
- نمونه را برای انجام آزمایشات بعدی نگه دارید.

دمای انجام فرآیند دمای محیط می‌باشد.

رعایت تمامی نکات ایمنی فعالیت‌های گذشته الزامی است.

اسید سولفوریک توسط آهک، کربنات سدیم، سودسوزآور و هیدروکسید منیزیم خنثی می‌شود. در صورتی که محللول را نگهداری نمی‌کنید، ابتدا محللول را خنثی نمایید و سپس آن را دفع کنید.

- ۱ چه تغییراتی بر روی سطح نمونه مشاهده می‌نمایید.
- ۲ مراحل کامل انجام آزمایش مس‌اندود کردن را در شکل زیر تکمیل کنید.

نتایج فعالیت را همراه با پاسخ پرسش‌ها در گزارش کار تحویل دهید.

نکته



نکته ایمنی



نکته زیست محیطی



پرسش



بحث گروهی



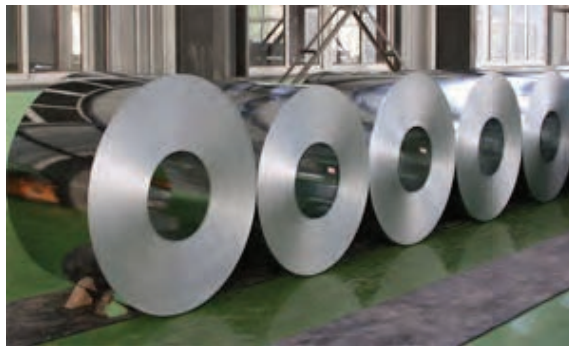
پوشش دهی قلع

ورقه‌های قلع اندود یا حلبی تولید می‌شود که اغلب در ساخت ظروف مواد غذایی به کار می‌روند. غیر سمی بودن ترکیبات قلع سبب استفاده از آنها در ظروف مواد غذایی شده است و اولین و گسترده‌ترین کاربرد ورق‌های قلع‌اندود تولید قوطی‌های کنسرو می‌باشد.

چون آهن فلزی فعالتر از قلع است و پتانسیل احیا قلع بیشتر از آهن است و به عنوان کاتد در حلبی به کار می‌رود و آهن آند می‌شود. به همین دلیل در صورتی که پوشش قلع بشکند، خوردگی آهن در زیر این پوشش پیش می‌رود در غیر این صورت قلع خود فلزی مقاوم در برابر خوردگی است. شکل (۲۱) ورق قلع‌اندود شده را نشان می‌دهد که قلع به عنوان زیرلایه بوده و بعد از آن پوشش کرم داده شده است تا قلع چسبندگی آن را افزایش دهد.

قلع‌اندود کردن فرآیندی است که بر روی فولاد یا آهن کار شده لایه نازکی از قلع پوشیده می‌شود، محصول نهایی به دست آمده از این فرآیند ورق قلع‌اندود می‌باشد. این ورق اغلب برای جلوگیری از زنگ زدگی استفاده می‌شود.

قلع از فلزاتی است که ذاتاً به راحتی اکسید می‌شود و از طریق ایجاد اکسید در مقابل اتمسفر مقاوم می‌شود و در محیط‌های بسیار خورنده مثل اسیدها و نمک‌ها، به خوبی پایداری می‌کند. به همین دلیل در موارد حساس که خوردگی قابل کنترل است از قطعات قلع یا پوشش‌های قلع استفاده می‌شود. پوشش‌های قلع را به روش‌های غوطه‌وری در مذاب، آبکاری، پاششی و جابه‌جایی شیمیایی تهیه می‌نمایند. هر ساله میلیون‌ها تن



شکل ۲۱- ورق قلع‌اندود شده که بر روی آنها پوشش کرم داده شده است.

ورق قلع‌اندود دارای کاربردهای زیادی است و غالباً در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی، شیمیایی، دارویی، رنگ‌ها و با درصد اندکی نیز در ساخت سایر مصنوعات از قبیل فیلتر روغن، گازوئیل، هوا و آب برای کامیون، اتوبوس، تراکتور و ماشین‌آلات سنگین، اتومبیل‌های سواری، صنایع اسباب‌بازی، باتری‌سازی و ... به کار می‌رود.

پوشش دهی قلع بر روی فولاد بدون استفاده از جریان برق

به دلیل خطرات احتمالی این فعالیت تنها توسط هنرآموز در حضور هنرجویان انجام شود

فعالیت
کارگاهی ۱۰



نکته



آبکاری نیکل

نیکل اولین فلزی است که در صنعت از طریق آبکاری به عنوان پوشش به کار گرفته شده است. نیکل فلزی است سفید رنگ که رنگ پوشش آن نقره‌ای روشن و متمایل به زرد است. برای این که از زرد یا کدر شدن نیکل در فضای آزاد جلوگیری شود از سال ۱۹۲۵ بر روی پوشش‌های نیکل لایه نازکی از کروم به صورت الکترولیتی پوشش داده می‌شود که این روش بعدها به پوشش‌های چند لایه نیکل منجر گشت.

آبکاری نیکل برای کاربردهای تزئینی، با افزودن مواد مناسب به محلول آبکاری پوشش هموار و براق رسوب می‌کند. با اعمال پوشش نهایی گرم، طلا یا نقره سطح قطعات بسیار جذاب و بادوام می‌گردد. در آبکاری صنعتی نیکل، براقی ظاهری پوشش مورد نظر نیست. در این موارد پوشش‌های نیکل معمولاً فاقد گوگرد بوده و ظاهری کدر دارند. این پوشش‌ها برای بالا بردن مقاومت به خوردگی و مقاومت در برابر سایش، بازسازی قطعات ساییده شده، تغییر خواص مغناطیسی و آماده‌سازی برای لعاب کاری به کار می‌رود که این موارد عمدتاً در صنایع الکتریکی، رایانه، مخابرات و شیمی به کار می‌رود.

فعالیت
کارگاهی ۱۱



پوشش دهی نیکل بر روی فولاد

مواد و تجهیزات مورد نیاز: منبع جریان DC یا رکتی فایر (تراکم جریان ۳-۵/۰ آمپر بر دسی متر مربع)، ۲ عدد سیم رابط یکسر گیره، گرم کن آزمایشگاهی مگنت دار، مگنت هم‌زن، دماسنج، پیپت، پمپ مکنده یا پیپت پرکن، اسپاتول، پنس چوبی، دستکش، ماسک، خشک کن، زمان سنج، ترازوی آزمایشگاهی، ورق فولادی، اره، سنباده به شماره ۱۰۰ تا ۱۲۰۰، بشر ۲۵۰ cc به تعداد ۹ عدد، ورق نیکل یا در صورت نبودن ورق سرب (به عنوان آند)، حمام چربی زدایی (سودسوزآور ۱۰٪)، حمام اکسیدزدایی (اسید کلریدریک ۳۰٪)، حمام نیکل (سولفات نیکل، کلرید نیکل، اسید بوریک)

مراحل انجام آزمایش

- ۱ ابتدا ورق فولادی را در ابعاد ۵۰ × ۱۰۰ میلی‌متر به ضخامت ۲ میلی‌متر آماده کرده و توسط سنباده‌های ۱۰۰ تا ۱۲۰۰ سنباده کاری کنید تا سطح صاف و تمیزی از فولاد به دست آید.
- ۲ چربی زدایی را طبق اصول چربی زدایی توسط سودسوزآور ۱۰٪ انجام دهید.
- ۳ بعد از چربی زدایی نمونه را در دو مرحله آبکشی کنید.
- ۴ با استفاده از اسید کلریدریک ۳۰٪ و رعایت اصول کلی اکسیدزدایی فولاد، نمونه را اکسیدزدایی نمایید.
- ۵ دو مرحله آبکشی انجام دهید.
- ۶ حمام پوشش دهی نیکل را تهیه نمایید. برای تهیه این حمام مواد زیر مورد نیاز بوده و طبق اصول آورده شده آن را انجام دهید.

■ سولفات نیکل ۳۱۰ g/lit

■ کلرید نیکل ۵۰ g/lit

■ اسید بوریک ۴۰ g/lit

حمام را در اندازه ۲۰۰ cc آماده می‌کنیم. ابتدا مقدار ۶۲ گرم سولفات مس را در ۱۰۰ cc آب مقطر حل کنید. سپس ۱۰ گرم کلرید نیکل به آن اضافه کنید و هم بزنید. مقدار ۸ گرم اسید بوریک نیز به آن اضافه کرده و

سپس بر روی هیتر بگذارید و در دمای ۴۰ الی ۷۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم نمایید و هم‌زن آن را روی دور کند بگذارید تا کاملاً حل شود.

۷ رکتی فایر (یکسوکننده) را روشن نمایید و ولتاژ جریان آن را در 3 A/dm^2 تنظیم نمایید. توجه داشته باشید که در این آزمایش ولتاژ جریان مهم است و نیازی نیست آمپر در مقدار مشخصی باشد. آمپر خود نسبت به ولتاژ تنظیم خواهد شد.

۸ نمونه فولادی را توسط سیم به قطب منفی منبع تغذیه و نیکل یا سرب را به قطب مثبت آن وصل نمایید و هردو را در داخل حمام نیکل قرار دهید.

۹ بعد از ۲۰ دقیقه نمونه را بردارید.

۱۰ دو مرحله آبکشی انجام دهید و بلافاصله با خشک‌کن آن را خشک نمایید.

در این آزمایش فقط یک طرف نمونه فولادی تحت پوشش قرار می‌گیرد و اگر بخواهیم دو طرف آن نیز پوشش دهی شود باید نمونه فولادی در وسط دو تا آند قرار گیرد.

نکته



- رعایت تمامی نکات ایمنی حفاظتی فعالیت‌های قبلی الزامی است
- محل اتصال دستگاه به پریز برق را با دست مرطوب نگیرید.

نکته ایمنی



اسید سولفوریک توسط آهک، کربنات سدیم، سودسوزآور و هیدروکسید منیزیم خنثی می‌شود. در صورتی که محلول را نگهداری نمی‌کنید، ابتدا محلول را خنثی نمایید و سپس آن را دفع کنید.

نکته

زیست محیطی



۱ چه تفاوتی دارد که از نیکل به عنوان آند استفاده کنیم یا از سرب؟ آزمایش را جداگانه انجام دهید و مشاهدات خود را بنویسید.

۲ آیا فاصله آند و کاتد بر روی کیفیت پوشش تأثیرگذار است؟ چگونه می‌توان بهترین فاصله را برای آن پیدا کرد؟

۳ مراحل انجام آزمایش پوشش‌دهی نیکل را در شکل زیر به‌طور کامل بنویسید.

۴ نمونه‌های خود را بعد از اینکه پوشش دادید به‌صورت عرضی ببرید و مانع نمایید و سپس آنها را خوب سمباده زده و زیر میکروسکوپ لایه پوشش داده شده را اندازه‌گیری نمایید.

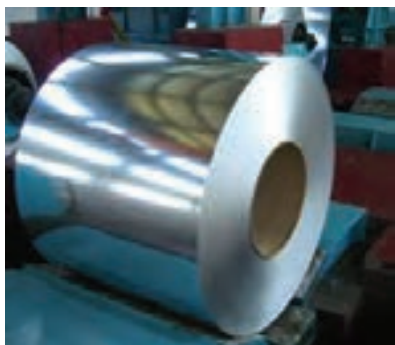
۵ تحقیق کنید در صنعت برای اینکه تمامی قسمت‌های قطعات پوشش‌دهی شود، آند باید به چه شکلی باشد و در کجا قرار گیرد؟

پرسش



پس از بحث و گفتگو پاسخ تحلیل خود را به همراه گزارش کار تحویل هنرآموز خود دهید.

بحث‌گروهی



شکل ۲۲- ورق آهن گالوانیزه

گالوانیزه سرد

آهن گالوانیزه آهنی است که با فلز روی پوشانده شده است. این آهن، حتی اگر پوشش آن هم شکستگی پیدا کند، از زنگ زدن محفوظ می ماند. چون بین آهن و روی، پیل الکتروشیمیایی تشکیل می شود که در آن روی به جای آهن به عنوان آند و آهن به عنوان کاتد به کار می رود. روی چون فلزی پست تر یا فعالتر از آهن است و دارای پتانسیل احیا کمتری از آهن است و پتانسیل اکسید بیشتری از آن دارد، در آند اکسید می شود. شکل (۲۲) ورق آهن گالوانیزه را نشان می دهد.

از کاربردهای آهن گالوانیزه در ساختن لوازمی مثل لوله بخاری، کانال کولر، کابینت آشپزخانه، شیروانی منازل، لوله های آب و هر جا که احتمال خوردگی آهن و خسارت وجود دارد، استفاده می شود. همچنین مواردی نظیر:

۱ دکل ها و خطوط انتقال نیرو

۲ پل ها، سوله ها، مخازن و...

۳ سازه های فلزی.

۴ پروژه های ساخت و تجهیز نیروگاهی، صنایع نفت، گاز و پتروشیمی.

۵ گلخانه ها

۶ شناورهای دریایی

۷ شاسی خودروهای سبک و سنگین

به غیر از محیط های دریایی که کادمیوم مناسب تر است، زمانی که لایه نازکی از روی بر فولاد رسوب داده شود نسبت به نیکل و سایر پوشش های کاتدی هم ضخامت، در برابر خوردگی محافظت بهتری ارائه می دهد. عنصر روی ارزان تر است اما دوام پوشش آن در مقایسه با نیکل و کرم کمتر می باشد ولی از نظر محافظت در برابر خوردگی در مقایسه با آنها کارایی بیشتری دارد.

گالوانیزه سرد

مواد و تجهیزات مورد نیاز: منبع جریان DC یا رکتیفایر (تراکم جریان ۳-۵/۰ آمپر بر دسی متر مربع)، ۲ عدد سیم رابط یکسر گیره، گرم کن آزمایشگاهی مگنت دار، مگنت هم زن، دماسنج، پیپت، پمپ مکنده یا پیپت پر کن، پنس چوبی، دستکش، ماسک، خشک کن، زمان سنج، ترازوی آزمایشگاهی، اسپاتول، ورق فولادی، اره، سنباده به شماره ۱۰۰ تا ۱۲۰۰، بشر ۲۵۰CC چند عدد، سودسوزآور ۱۰% (چربی زدایی)، اسید کلریدریک ۳۰% (اکسیدزدایی)، سولفات روی، کلرید آمونیم یا کلرید سدیم، کلرید آلومینیوم، اسیدبوریک،

مراحل انجام آزمایش

۱ ورق فولادی در اندازه ۵ × ۱۰ سانتی متر به ضخامت ۲ میلی متر را بریده و سنباده زنی انجام دهید.

فعالیت
کارگاهی ۱۲



- ۲ طبق اصول آماده‌سازی نمونه‌های فولادی، نمونه را در سود سوزآور ۱۰٪ چربی زدایی کنید.
- ۳ طبق اصول آماده‌سازی نمونه‌های فولادی، اکسید زدایی در اسید کلریدریک ۳۰٪ انجام دهید.
- ۴ محلول گالوانیزه سرد را تهیه نمایید. مواد و مراحل تهیه محلول به صورت زیر است:
- **سولفات روی:** ابتدا ۶۰ گرم سولفات روی را با استفاده از اسپاتول و ترازو بکشید و در مقدار کمی آب مقطر در داخل بشر هم بزنید.
- **کلرید آمونیم یا کلرید سدیم:** مقدار ۳ گرم کلرید آمونیم و یا در صورت نبودن آن ۳ گرم کلرید سدیم (نمک طعام) به آن اضافه کنید و هم بزنید.
- **کلرید آلومینیم:** سپس ۶ گرم کلرید آلومینوم به آن اضافه کنید.
- **اسید بوریک:** ۳ گرم اسید بوریک نیز به آن اضافه کنید.
- **نکته:** تمامی مواد را توسط اسپاتول تمیز و با استفاده از دستکش بردارید.
- **نکته:** دمای مورد نیاز برای انجام فرآیند گالوانیزه سرد دمای محیط است که باید توسط دماسنج کنترل شود
- **نکته:** برای هم زدن محلول می‌توانید گرم کن را خاموش کرده و فقط هم زن آن را در دور کند تنظیم کنید و بشر را بر روی آن بگذارید تا خوب حل شود.
- **نکته:** pH محلول حدود ۳٫۸ تا ۴٫۶ می‌باشد که توسط دستگاه pH سنج کنترل می‌شود.
- سپس به محلول آماده شده آب مقطر اضافه کنید تا به اندازه ۲۰۰ cc برسد.
- ۵ منبع جریان DC (رکتی فایر) را روشن کنید و آمپر آن را در ۱٫۰۵ آمپر تنظیم نمایید.
- **نکته:** برای پیدا کردن شدت جریان مورد استفاده در فرایند، باید مساحت پوشش را در تراکم جریان مورد استفاده ضرب کرد تا مقدار شدت جریان به دست آید. تراکم جریان بسته به میزان کیفیت سطح مورد نظر از ۰٫۵ تا ۳ آمپر بر دسی متر مربع متغیر است که در این آزمایش انتخاب به صورت تجربی مقدار ۱٫۵ آمپر بر دسی متر مربع می‌شود.
- ۶ نمونه را به قطب منفی منبع جریان DC (رکتی فایر) توسط کابل یک سر گیره وصل کنید و ورق سرب را به قطب مثبت.
- ۷ بعد از ۲۰ دقیقه نمونه را توسط پنس چوبی بردارید و بلافاصله توسط خشک کن خشک کنید.
- **نکته:** توجه داشته باشید که بعد از هر ۳ دقیقه، ضخامت ۱ میکرون بر روی سطح نمونه پوشش داده می‌شود و در صورت نیاز می‌توانید با تغییر دادن زمان آزمایش به ضخامت‌های مورد نیاز دست یابید. نمونه‌های خود را بعد از اینکه پوشش دادید به صورت عرضی ببرید و مانت نمایید و سپس آنها را خوب سمباده زده و زیر میکروسکوپ لایه پوشش داده شده را اندازه‌گیری نمایید و گزارش کار را تحویل هنرآموز خود دهید.

آندایزینگ آلومینیوم

به مجموعه عملیاتی که منجر به تشکیل لایه نازک اکسیدی بر روی قطعات آلومینیومی شده و باعث افزایش سختی، مقاومت در برابر خوردگی، ایجاد نمای تزئینی و تغییر برخی از خصوصیات فیزیکی می‌گردد آندایزینگ اطلاق می‌شود. در این روش لایه متخلخل و سختی از اکسید آلومینیوم بر سطح فلز ایجاد می‌شود. مکانیزم کلی عمل به این صورت است که جریان مستقیم برق از مایع الکترولیت مناسبی می‌گذرد که در آن آلومینیوم آند بوده و فلز مناسب دیگری مثل سرب به عنوان کاتد می‌باشد. در این صورت بر سطح آلومینیوم یک لایه نازکی از اکسید ایجاد می‌شود که ضخامت آن به عوامل گوناگونی بستگی دارد.

آلومینیوم در شرایط معمولی نیز اکسید می‌شود به طوری که در مجاورت هوا به‌طور معمول لایه از اکسید به ضخامت یک سوم میکرون و به‌صورت غیرمتخلخل بر روی سطح قطعات آلومینیومی تشکیل می‌گردد که وظیفه حفاظت از سطح فلز را بر عهده دارد اما برتری و مزیت اکسید ایجاد شده در روش آندایزینگ نسبت به شرایط طبیعی مقاومت در برابر خوردگی می‌باشد.

از مزایای آندایز کردن آلومینیوم می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- افزایش مقاومت فلز به خوردگی؛
- افزایش خاصیت عایق بودن نسبت به الکتریسیته؛
- بهبود چسبندگی رنگ بر سطح فلز؛
- افزایش مقاومت سایشی ماده؛
- افزایش روانکاری سطح فلز؛
- بهبود ظاهری و براق شدن سطح و در نتیجه امکان پذیر شدن انجام رنگ کاری‌های مختلف.

مراحل آندایزینگ آلومینیوم

- پرداخت کاری مکانیکی؛
- اتصال قطعه به قلاب؛
- تمیزکاری قلیایی؛
- شست‌وشو با آب؛
- غوطه‌وری در اسید نیتریک ۵۰٪ حجمی؛
- شست‌وشو با آب؛

عملیات آندایزینگ در شرایط اسید سولفوریک با غلظت ۱۵٪ وزنی و دانسیته جریان ۱-۲/۵ آمپر بر دسی متر مربع و دمای ۱۸ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد و فلز سرب به عنوان کاتد در زمان ۲۰-۴۰ دقیقه می‌باشد.

آندایزینگ آلومینیوم

مواد و وسایل مورد نیاز: منبع جریان DC یا رکتیفایر (تراکم جریان ۳-۵/۰ آمپر بر دسی متر مربع)، ۲ عدد سیم رابط یکسر گیره، گرم‌کن آزمایشگاهی مگنت‌دار، مگنت هم‌زن، دماسنج، پیپت، پمپ مکنده یا پیپت پرکن، پنس چوبی، دستکش، ماسک، خشک‌کن، زمان‌سنج، ترازوی آزمایشگاهی، اسپاتول، ورق آلومینیومی، اره، سنباده به شماره ۱۰۰ تا ۱۲۰۰، بشر ۲۵۰CC به تعداد ۹ عدد، سودسوزآور ۱۰٪، اسید نیتریک ۵۰٪، حمام آندایزینگ (اسید سولفوریک)

مراحل انجام آزمایش

۱ ورق آلومینیومی در اندازه ۵ × ۱۰ سانتی متر به ضخامت ۲ میلی‌متر را بریده و سنباده‌زنی انجام دهید.

فعالیت
کارگاهی ۱۳



طبق اصول آماده‌سازی نمونه‌های آلومینیومی، نمونه را در سود سوزآور ۱۰٪ و اسید نیتریک ۵۰٪ چربی زدایی و اکسیدزدایی کنید.

۲ حمام آندایزینگ که اسیدسولفوریک ۹۰ cc/lit می‌باشد را به صورت زیر تهیه نمایید:

۳ حمام را به مقدار ۲۰۰ cc آماده می‌کنیم. ابتدا ۱۸ cc اسیدسولفوریک را در ۱۰۰ cc آب مقطر بریزید و به هم بزنید. سپس به اندازه مورد نظر (۸۲ cc) آب مقطر به آن اضافه کنید تا به حجم ۲۰۰ cc برسد.

۴ منبع جریان DC (رکتیفایر) را روشن کرده و ولتاژ آن را در 15 A/dm^2 تنظیم نمایید.

۵ ورق آلومینیومی را به قطب مثبت (آند) و سرب را به قطب منفی (کاتد) توسط سیم‌های رابط وصل کنید و در داخل حمام آندایزینگ قرار دهید.

۶ نمونه را به مدت ۲۰ دقیقه در داخل حمام و در دمای محیط قرار دهید.

● نکته: دمای حمام باید کنترل شود تا از ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر نشود زیرا عملیات آندایزینگ متوقف می‌شود.

۷ دو مرحله آبکشی انجام دهید و بلافاصله نمونه را خشک کنید.

چه تغییراتی در سطح نمونه‌ها مشاهده می‌نمایید؟

پرسش



تحقیق کنید



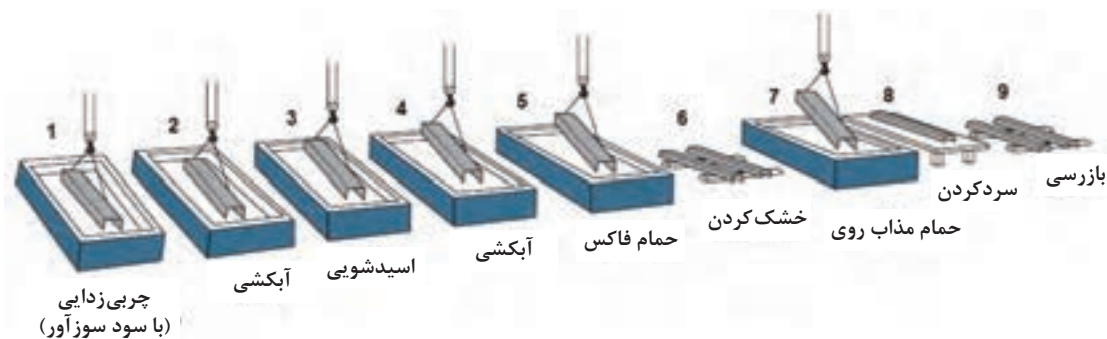
آلومینیوم رنگی موجود در بازار به چه روشی رنگ کاری می‌شوند؟

گالوانیزه گرم

گالوانیزه گرم فرآیندی است که در طی آن پوشش چسبنده و محافظی از فلز روی یا ترکیبات آن توسط فروبردن قطعات فولادی و چدنی در روی مذاب بر روی این قطعات تشکیل می‌شود. پوشش محافظ معمولاً از لایه‌های مختلفی تشکیل شده است. لایه‌هایی از پوشش که به فلز پایه نزدیک‌ترند، در واقع آلیاژهایی از آهن و روی هستند که به نوبه خود توسط لایه خارجی که تقریباً از روی خالص تشکیل شده است پوشیده شده‌اند.

ساختمان پیچیده این لایه که تشکیل یک پوشش گالوانیزه را می‌دهند از نقطه نظر ترکیب شیمیایی تفاوت‌های زیادی باهم دارند و خواص فیزیکی و شیمیایی یکسانی ندارند. خواص مذکور در این لایه‌ها تحت تأثیر فعالیت شیمیایی، نفوذ و نحوه خنک شدن بعدی قرار دارد. همچنین تفاوت‌های جزئی در ترکیب شیمیایی حمام مذاب (پوشش)، دمای حمام، زمان غوطه‌وری در حمام، سرعت خنک شدن و حرارت‌دهی مجدد (در موارد خاص و به منظور مقاصد خاص انجام می‌شود) می‌تواند سبب تغییرات چشمگیری در ظاهر و خواص پوشش گردد.

پوشش‌های گالوانیزه گرم که قابل اعمال بر روی انواع قطعات فولادی تولید شده هستند را می‌توان توسط روش‌های کاملاً مکانیزه خودکار، نیمه خودکار و دستی در کمیت‌های بالا و پایین به صورت مداوم و غیر مداوم به انجام رساند. در شکل (۲۳) مراحل گالوانیزه گرم نشان داده شده است.



شکل ۲۳- مراحل انجام گالوانیزه گرم

کاربرد پوشش‌های گالوانیزه گرم

پوشش‌های گالوانیزه اساساً به منظور ایجاد حفاظت در برابر خوردگی بر قطعات فولادی و چدنی اعمال میشوند. موارد استفاده پوشش‌های گالوانیزه گرم بسیارند که برخی از آنها عبارتند از:

- ۱ فولادهای ساختمانی به کار رفته در نیروگاه‌ها، تأسیسات پتروشیمی، مبدل‌های حرارتی، کویل‌های خنک‌کننده و دکل‌ها و تیرهای انتقال نیرو.
- ۲ قطعات سازه پل‌ها، کانال‌ها، لوله‌های فولادی کرکره شده و قوس‌های دیگر.
- ۳ مقاوم کردن فولاد به کار رفته در برج‌های خنک‌کننده، بتن‌های پیش‌ساخته، معماری و قسمت‌های مسطح پل‌ها که در معرض خوردگی کلریدها قرار دارند.
- ۴ سخت‌افزار به کار رفته در سازه‌های برق رسانی، خطوط انتقال نیرو و خط آهن.
- ۵ حفاظ‌های بزرگراه‌ها، روشنایی‌های در سطوح بالا و پل‌های ساخته شده جهت نصب تابلوهای علایم.
- ۶ ستون‌ها و ریل‌های واقع در نواحی دریایی.
- ۷ شبکه‌ها، نردبان‌ها و محفظه‌های ایمنی.

عناصر آلیاژکننده حمام مذاب

کادمیم و آهن معمولاً به عنوان آلوده‌کننده‌های حمام حضور دارند که به عنوان عناصر ناخواسته موجود در فلز روی می‌باشند. فلز آلومینیوم در غلظت‌های بسیار کم و حدوداً ۰/۰۲ درصد مذاب می‌تواند سبب تخلیه بهتر مذاب از سطح قطعات و افزایش درخشش پوشش‌های حاصله گردد. مقادیر جزئی سرب در حمام می‌تواند به منظور گلداز شدن پوشش، تخلیه بهتر ذرات ناخالصی و تفاله‌های ته حمام مذاب به کار رود. حضور آلومینیوم در غلظت‌های کمتر از ۰/۰۱ درصد معمولاً در حمام مذاب در روش‌های مختلف از جمله روش خشک و روش تر حفظ می‌شود. کلریدهای موجود که به مقدار زیاد در فلاکس هستند با آلومینیوم موجود در حمام مذاب واکنش کرده و در نتیجه یک لایه مسطحی متشکل از تفاله ته حمام (دراس)، اکسید و کلرید آلومینیوم در سطح حمام ایجاد می‌گردد.

ضخامت پوشش

علاوه بر ترکیب شیمیایی فلز پایه و پروفیل سطحی قطعات (زبری و غیره)، ضخامت پوشش به دست آمده در اثر گالوانیزاسیون گرم اساساً تابعی است از:

۱ زمان غوطه‌وری که ضخامت لایه آلیاژ را کنترل مینماید.

۲ سرعت بیرون کشیدن قطعات از حمام مذاب که کنترل‌کننده ضخامت لایه خالص چسبیده بر سطح قطعات است.

۳ دمای حمام مذاب که هم ضخامت لایه آلیاژ و هم ضخامت لایه خالص را کنترل می‌کند.

زمان حفاظت در برابر خوردگی که توسط پوشش روی تأمین می‌شود، اساساً توسط ضخامت پوشش تعیین می‌گردد. مطالعات جامع بسیاری که در این زمینه انجام گرفته‌اند نشان می‌دهند، تمامی عوامل دیگر نظیر روش اعمال پوشش، خلوص فلز روی مصرفی و میزان آلیاژ شدن در مقایسه با ضخامت پوشش، تأثیر بسیار جزئی بر عمر حفاظت پوشش از قطعه را دارند. معمولاً مقدار پوشش روی را بر حسب گرم بر متر مربع مساحت قطعه کار اندازه‌گیری می‌کنند. در مورد ورق‌های گالوانیزه مقدار پوشش در یک طرف ورق تقریباً نصف وزن متوسط بر حسب گرم بر متر مربع بیان شده می‌باشد. گاهی ضخامت پوشش بر حسب هزارم اینچ یا بر حسب میکرومتر داده می‌شود و گاهی به صورت درصدی از وزن فولاد پایه بیان می‌گردد.

تمیزکاری قطعات قبل از گالوانیزه کردن

هر یک از این مراحل چربی‌گیری و اسیدشویی شست‌وشو با آب (آبکشی) باید انجام گیرد. در مورد قطعاتی که از چدن ریختگی و فولادهای کارشده در ساخت آنها استفاده شده است، آماده‌سازی سطحی بیشتری نیاز است و بهتر است تمیزکاری سایشی (مکانیکی) نیز بر روی آنها انجام گیرد.

اگرچه عملیات چربی‌گیری، اکسیدزدایی و آبکشی و سایر عملیات تمیزسازی، قسمت اعظم آلودگی‌ها و پوسته اکسیدی را از بین می‌برد، مقادیر جزئی ناخالصی‌ها به شکل اکسیدها، کلریدها، سولفات‌ها و سولفیدها در سطح قطعات ممکن است باقی بماند. این ناخالصی‌ها در صورتی که از بین نروند می‌توانند در واکنش آهن و روی در هنگامی که قطعه چدنی یا فولادی درون مذاب غوطه‌ور است تداخل کند. به همین منظور یک لایه فلاکس بر روی مذاب روی قرار داده می‌شود و هنگامی که قطعه وارد مذاب می‌شود ابتدا توسط فلاکس سطح آنها خیس می‌شوند معمولاً آمونیم کلراید اکسید روی جهت تشکیل یک لایه فلاکس بر سطح روی مورد استفاده قرار می‌گیرد که باید پایداری

قطعات چدنی و فولادی که قرار است گالوانیزه شوند پس از ساخت (قبل از فروبری در حمام روی مذاب) باید عاری از روغن، چربی و پوسته اکسیدی و سایر آلوده‌کننده‌های سطحی باشند. آماده‌سازی سطحی ناقص و نامناسب، بیشترین علت ایجاد ضایعات و نقاط سخت در پوشش‌های گالوانیزه را تشکیل می‌دهند.

ابتدا قطعات یا ورق‌ها در حمام‌های قلیایی متداول مثل سودسوزآور در دمای بین ۶۵ تا ۸۲ درجه سانتی‌گراد چربی‌گیری می‌شوند و سپس توسط محلول‌های آبی اسیدسولفوریک در غلظت‌های ۳ تا ۱۰ درصد وزنی در دمای ۶۰ الی ۸۰ درجه سانتی‌گراد یا اسیدکلریدریک در غلظت‌های ۳ تا ۱۵ درصد وزنی و در دمای محیط (۲۴ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد) و اگر بالای این دما باشد بخارات آن باعث آلودگی محیط خواهد شد، جهت زدودن پوسته اکسیدی و زنگ‌زدگی قطعات فولادی، اسیدشویی می‌شوند. از آن جایی که هرگونه نمک آهن و یا ذرات آن در صورتی که بر روی سطح ورق یا قطعات باشد باعث ایجاد تفاله در حوضچه مذاب می‌شود، بنابراین پس از

شیمیایی کافی جهت تشکیل یک کف فعال در وجود دارد و قبل از وارد شدن به روی مذاب ابتدا دمای گالوانیزاسیون (۴۴۵ درجه سانتی‌گراد) را داشته باشد و بتواند عمل تمیزسازی را به درستی انجام دهد. یا اینکه حمام فلاکس به طور جداگانه از روی مذاب جداگانه

حمام گالوانیزاسیون

حمام روی مذاب معمولاً در دمای بین ۴۴۵ تا ۴۶۵ درجه سانتی‌گراد جهت کار تولیدی کنترل می‌شود. بسته به ترکیب شیمیایی فولاد یا چدن، دمای حمام مذاب روی می‌تواند تأثیرات بسیار زیادی بر روی خواص متالورژیکی پوشش داشته باشد. استفاده از حمام روی خالص مشکلاتی به همراه دارد که برای رفع آن حمام را به صورت آلیاژی از فلز روی تهیه می‌کنند که به فرایند پلیگالوا معروف است. پلیگالوا اساساً آلیاژی از روی است که دارای مقادیر معین و کنترل شده‌ای از فلزات آلومینیوم، منیزیم، قلع و سرب می‌باشد. آلومینیوم به منظور به تأخیر انداختن تشکیل لایه بین فلزی و سایر عناصر به منظور حصول اطمینان از یکنواختی پوشش به کار گرفته شده است.

زمان وارد کردن و خارج نمودن ورق یا قطعات از حمام مذاب

در گالوانیزاسیون قطعات پیش‌ساخته، ضخامت معمولاً توسط زمان غوطه‌وری کنترل می‌شود. به طور معمول زمان غوطه‌وری در محدوده ۱ الی ۵ دقیقه می‌باشد که سریع غوطه‌ور کردن (فروبری) تأثیر زیادی در یکنواختی پوشش دارد. این امر مخصوصاً در مورد قطعات طویل که اختلاف زمانی در فروبری ما بین نقاط ابتدایی و انتهایی آن زیاد است مهم‌تر بوده و باید بیشتر رعایت شود. به منظور ایجاد یک پوشش یکنواخت و با حداقل ضخامت، قطعات معمولاً با سرعت کم از دورن حمام مذاب بیرون کشیده می‌شوند. سرعت بیرون کشیدن که کنترل‌کننده ضخامت لایه غیرآلیاژی (روی خالص) باقی‌مانده بر روی قطعات است، نسبت به نوع فرایند به کار گرفته شده متفاوت است و زمان مناسب برای بیرون کشیدن قطعات معمولاً در حدود ۱/۵ متر بر دقیقه می‌باشد. در صنعت برای این منظور از جرثقیل‌های دو سرعت استفاده می‌شود که توسط این جرثقیل‌ها می‌توان قطعه کار را با سرعت زیاد وارد مذاب نمود و با سرعت کم از مذاب بیرون کشید. در مورد قطعات طویل که زمان بیرون کشیدن خیلی طولانی است، سرعت‌های بالا را می‌توان به کار برد.

سانتریفیوژ کردن (گریز از مرکز) و سرمایش پس از گالوانیزاسیون

قطعات کوچکی که ممکن است روی اضافی موجود در سطح پوشش، موجب چسبیدن آنها به یکدیگر یا اختلال در کارایی آنها شود، در سبدهای مخصوص، گالوانیزه می‌شوند و بلافاصله بعد از خروج از مذاب به داخل دستگاه سانتریفیوژ منتقل و چرخانده می‌شوند. بر طرف شدن روی موجود در سطح قطعه، موجب نازک شدن پوشش باقی‌مانده بر سطح، نسبت به حالت عادی می‌شود که این نازک شدن می‌تواند روی بسیاری از مشخصات پوشش تأثیر بگذارد. بعد از سانتریفیوژ، قطعات را به سرعت به داخل آب فرو می‌برند تا پوشش گالوانیزه ثابت شود و

قطعات به یکدیگر نچسبند. پس از انجماد نیز روی، در دمای زیاد می‌تواند به نفوذ خود در آهن ادامه دهد و متقابلاً آهن به خارج نفوذ می‌کند، در نتیجه زیاد شدن لایه آلیاژی و رسیدن آن به سطح، رنگ پوشش متمایل به خاکستری می‌شود. این موضوع ممکن است خریدار را به مرغوبیت محصول مشکوک کند اما ثابت شده است که اگر ضخامت آن یکسان باشد این پوشش خاکستری تقریباً همان مقاومت به خوردگی پوشش شفاف را دارد و تنها اختلاف در سرعت سرد کردن است که رنگ شفاف و یا مات (خاکستری) را ایجاد می‌کند.

برای جلوگیری از این مشکل و شفاف شدن پوشش باید بلافاصله بعد از خارج کردن قطعات از مذاب، آنها را با یک کمپرسور هوا تا حدود 35°C سرد کرد و بلافاصله در آب سریع سرد کرد. سرد کردن در آب مزایایی دارد مانند زدودن بقایای فلاکس و حفاظت در مقابل خوردگی. همچنین برای شفاف کردن پوشش مقادیر کمی روغن و یا صابون برای براق شدن لایه سطحی به آب اضافه می‌شود. آبی که برای سرد کردن قطعات به کار می‌رود به علت وارد شدن بقایای فلاکس در آن لازم است به‌طور متناوب عوض شود.

فعالیت
کارگاهی ۱۴



گالوانیزه گرم

مواد و وسایل مورد نیاز: کوره آزمایشگاهی، بوته نمره ۵، حمام چربی زدایی (سودسوزآور ۱۰٪)، حمام اسیدشویی (اسید کلریدریک ۱۵٪)، گیره، گرم‌کن، فولاد ST۳۷.

مراحل انجام آزمایش:

- ۱ ورق فولادی در اندازه 100×50 میلی‌متر به ضخامت ۲ میلی‌متر را بریده و سمباده‌زنی انجام دهید.
- ۲ طبق اصول آماده‌سازی نمونه‌های فولادی، نمونه را در سود سوزآور ۱۰٪ و اسید نیتریک ۵۰٪ چربی‌زدایی و اکسیدزدایی کنید.
- نکته: مابین هر مرحله، دو مرحله آبکشی انجام شود.
- ۳ روی خالص را به مقدار ۱ کیلوگرم در بوته قرار داده و سپس مقدار ۱٪ وزنی نیز سرب به آن اضافه کنید و توسط کوره ذوب نمایید.
- ۴ ورق فولادی را در محلول فلاکس به مدت ۲ دقیقه نگهدارید.
- نکته: محلول فلاکس شامل کلرور روی (ZnCl_2) به مقدار ۴۵٪ وزنی و کلرور آمونیم (نشادر) (NH_4Cl) به مقدار ۵٪ و آب به مقدار ۵۰٪ تهیه شود که باید در دمای 50°C الی 60°C درجه سانتی‌گراد باشد.
- ۵ سپس ورق فولادی را تا دمای 50°C الی 80°C درجه سانتی‌گراد پیش گرم نمایید.
- نکته ایمنی: در صورتی که دمای پیش گرم کافی نباشد هنگام فروبری در مذاب سبب پاشش قطرات روی به اطراف و ایجاد حادثه می‌شود.
- ۶ ورق فولادی را به مدت ۱ دقیقه در حمام مذاب روی وارد نمایید.
- نکته: نمونه را سریع وارد حمام کنید تا یکنواختی پوشش بهتر باشد.
- ۷ نمونه را سپس از حمام آهسته بیرون آورده و ضرب‌های به نگهدارنده ورق بزنید تا روی اضافی از سطح ورق تخلیه شود و بلافاصله وارد آب نمایید.
- نکته: دمای آب باید بین 60°C الی 90°C درجه سانتی‌گراد باشد تا احتمال پیچیدگی یا پارگی قطعه در اثر خنک شدن بیش از حد زیاد نباشد.

▲ بعد از خارج کردن از آب، نمونه را در جای مناسبی قرار دهید.

- نکته: از نگهدارنده مناسب و لباس ایمنی استفاده شود.
- نکته: از انبر در اندازه مناسب استفاده نمایید و در انجام کار دقت لازم را انجام دهید.
- نکته: وجود جعبه کمک‌های اولیه، کپسول آتشنشانی و سایر موارد در آزمایشگاه الزامی می‌باشد.

از وسایل ایمنی جهت ذوب استفاده نمایید.

توجه داشته باشید که عملیات پوشش‌دهی می‌تواند آسیب‌های جدی نظیر آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از تخلیه پساب خام، آلودگی آب و خاک ناشی از پسماندهای فلزات سنگین و آلودگی هوا ناشی از انتشار بخارات سمی را به محیط زیست وارد نمایند. لذا در استفاده از مواد و انجام کارها دقت کافی را داشته باشید تا دورریز مواد کم باشد.

چه تغییراتی در سطح نمونه ایجاد شده است؟

همین کار را برای نمونه‌های مشابه در زمان غوطه‌وری ۱ دقیقه و ۳ دقیقه و ۵ دقیقه انجام دهید و باهم مقایسه کنید. چه تفاوتی با افزایش زمان غوطه‌وری در نمونه‌ها مشاهده می‌کنید؟

کنترل کیفیت پوشش‌های انجام شده

آزمایش‌های کنترل کیفیت در چند دسته مختلف مثل مشاهدات عینی، ترکیب شیمیایی، ضخامت، تخلخل، چسبندگی، تنش، قابلیت انعطاف، استحکام، سختی و مقاومت سایشی تقسیم‌بندی شده‌اند که در زیر چند مورد از آنها به‌طور مختصر توضیح داده شده است.

مشاهدات عینی

مشاهدات عینی روشی ابتدایی برای کنترل است و برای بازرسی ظاهر قطعات پوشش مفید است. با این روش که بسیار سریع است، افراد با تجربه کاری بالا می‌توانند با مشاهده عینی اطلاعات بسیار مفیدی از کیفیت پوشش به دست بیاورند. با مشاهده می‌توان عیوب ناشی از پوشش نداشتن برخی نواحی و یا عیوب حاصل از صدمات مکانیکی را به سرعت تشخیص داد و معمولاً علل منجر به این عیوب را نیز می‌توان دید.

ترکیب شیمیایی پوشش

برای به‌دست آوردن پوشش‌های مناسب، لازم است ترکیب شیمیایی آن را دقیقاً تنظیم کنیم. در عمل آزمایش ترکیب شیمیایی پوشش به علت نازک بودن پوشش و تماس آن با پوشش‌های دیگر و فلز زمینه مشکل می‌باشد.

نکته ایمنی



نکته زیست محیطی



پرسش



فعالیت



اندازه‌گیری ضخامت پوشش

از آن جایی که عمر پوشش و دوام آن به ضخامت بستگی دارد، لذا لازم است با یکی از روش‌ها ضخامت آن تعیین شود. اگر ضخامت فلز پایه را دقیقاً بدانیم و ضخامت پوشش هم به حد کافی باشد می‌توانیم با وسایل عادی (از قبیل میکرومتر) ضخامت پوشش را تعیین کنیم. ایده‌آل است که ضخامت پوشش را با روش‌های غیرمخرب اندازه بگیریم تا پوشش تخریب نشود و بعد از آزمایش قطعه را بتوان به کار برد. با استفاده از دستگاه مانومتر یا ضخامت سنج نیز که تصویر آن در شکل (۲۴) آورده شده است می‌توان ضخامت پوشش را اندازه‌گیری نمود.



شکل ۲۴- تصاویری از دستگاه ضخامت سنج

اندازه‌گیری مستقیم ضخامت پوشش زیر میکروسکوپ، روشی است که معمولاً برای تمامی پوشش‌ها قابل اجرا است. به نحوی که نمونه را به صورت عرضی و عمود بر سطح پوشش برش داده و مانند می‌نمایند و بعد از صیقل کاری در زیر میکروسکوپ با دقت بالا لایه‌های آلیاژی بین فلز و پوشش و ضخامت آنها را اندازه‌گیری می‌کنند.

روش وزنی نیز یکی دیگر از روش‌های پرکاربرد در صنعت است. در روش توزینی یعنی زدودن پوشش و وزن کردن برای طیف وسیعی از پوشش به کار می‌رود و دقت آن ۵٪ است. این روش کاملاً تخریب‌کننده است و تنها متوسط مقدار پوشش را بر روی سطح نمونه می‌دهند. اصول کلی ساده است و عبارت است از توزین نمونه‌ای با سطح معلوم قبل و بعد از شست‌وشو در محلول شیمیایی مناسب که فلز پوشش را از بین می‌برد ولی با فلز اصلی هیچ واکنشی نمی‌دهد. برای مثال پوشش‌های کادمیم، قلع یا روی را می‌توان در اسید کلریدریک محتوی تریاکسیدآنتیموان و یا تریکلرور آن (که به عنوان ممانعت‌کننده عمل می‌کند) از روی فولاد زدود. برای ورق‌های فولادی بزرگ نیز قطعه کوچکی از آن را می‌برند و تنها بر روی آن آزمایش را انجام می‌دهند.

ارزشیابی پایانی

<p>نقشه کار: انجام آزمایش های خوردگی و پوشش دهی شاخص عملکرد: ۱- پارامترهای اعمال پوشش سرد (آبکاری) ۲- پارامترهای اعمال پوشش گرم ۳- کیفیت نهایی پوشش</p>			
<p>شرایط انجام کار: ۱- انجام کار در محیط کارگاه پوشش دادن ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس ۳- تهویه استاندارد و دمای $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ۴- ابزارآلات و تجهیزات استاندارد و آماده به کار ۵- وسایل ایمنی استاندارد ۶- زمان ۱۵۰ دقیقه</p>			
<p>مواد مصرفی: انواع اسید و محلول های شیمیایی - آند از جنس فلزات آبکاری - شمش روی - شمش قطع و ...</p>			
<p>ابزار و تجهیزات: رکتیفایر - وان آبکاری - پ هاش متر (PHm) - دماسنج - مولتی متر - ضخامت سنج - زمان سنج - زبری سنج - کوره ذوب - بوته - وسایل اندازه گیری حجم و وزن و تجهیزات آزمایشگاهی (شامل بشر، لوله آزمایش و ...)</p> <p>نمونه و نقشه کار: ۱- اندازه گیری پارامترهای مؤثر در وان آبکاری شامل دما، غلظت، زمان، پتانسیل، شدت جریان ... و تنظیم آنها جهت رسیدن به پوشش با ضخامت و کیفیت مطلوب ۲- اندازه گیری پارامترهای مؤثر در اعمال پوشش به روش گرم شامل دمای مذاب فلز پوشش، مقدار فلز پوشش، زمان نگهداری فولاد در مذاب فلز پوشش ... و تنظیم آنها جهت رسیدن به پوشش با ضخامت و کیفیت مطلوب ۳- بررسی کیفی پوشش نهایی از لحاظ یکنواختی ضخامت، پیوستگی، چسبندگی و ... و عدم وجود عیوبی نظیر عدم پیوستگی پوشش، زبری سطح و ...</p>			
<p>معیار شایستگی :</p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی	نمره هنرجو
۱	انجام آزمایشات خوردگی	۱	
۲	اعمال پوشش فلزی سرد روی فولاد	۲	
۳	اعمال پوشش فلزی گرم روی فولاد	۲	
۴	کنترل کیفیت پوشش	۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- مسئولیت پذیری ۳- مدیریت مواد و تجهیزات ۴- استفاده از لباس کار نسوز، دستکش نسوز، کفش ایمنی و عینک محافظ ۵- تمیز کردن وسایل و محیط کار	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.

- ۱- برنامه درسی رشته متالورژی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و کارو دانش، سال ۱۳۹۵.
 - ۲- جی.ا. رینولدز، ترجمه فرهاد رهبری، ۱۹۸۱، ریزساختار قطعات ریختگی، انتشارات جامعه ریخته‌گران ایران.
 - ۳- ا.تومر. ترجمه داود خرازیکار، ۱۳۷۶، ساختار فلزات زیر میکروسکوپ نوری، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند تبریز.
 - ۴- ساعتچی، احمد. ۱۳۷۲، اصول و کاربرد عملیات حرارتی فولادها و چدن‌ها، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
 - ۵- تویسرکانی، حسین. ۱۳۸۸، اصول علم مواد (ساختار، خواص و مهندسی مواد)، ویرایش سوم، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
 - ۶- کمیسیون تخصصی رشته متالورژی، ۱۳۸۷، آزمایشگاه متالورژی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
 - ۷- آ.آر. بایلی. ترجمه احمد ساعتچی، ۱۳۷۰، مقدمه‌ای بر متالوگرافی، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.
 - ۸- قربانعلی، محمد. ۱۳۸۵، پوشش دادن فلزات جلد ۱، مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف
 - ۹- ساعتچی، احمد. ۱۳۷۸، مهندسی خوردگی، انتشارات مرکز جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان
 - ۱۰- فتحی، محمد حسین. ۱۳۸۶، مواد قالب‌گیری برای ریخته‌گری فلزات، انتشارات ارکان دانش اصفهان
- ۱۱- William D. Callister, Jr David G. Rethwisch.2014. Materials Science and Engineering. Printed in the United States of America.
 - ۱۲- George F. Vander Voort. 1986. Applied metallography. Van Nostrand Rfinhold Company Inc.
 - ۱۳- ASM Handbook, Volume 3. 1992. Alloy Phase Diagram. Printed in the United States of America.
 - ۱۴- Bruce L. Bramfitt, Arlan O. Benschoter. 2002. Metallographer's Guide (Practices and Procedures for Irons and Steels). ASM International.
 - ۱۵- Janina M. Radzikowska. 1998. Metallography and Microstructures of Cast Iron. The Foundry Research Institute, Kraków, Poland.
 - ۱۶- Vander Voort, George F.1999. Metallography, principles and practice. ASM International.
 - ۱۷- Małgorzata Warmuzek. 2004. Aluminum-Silicon Casting Alloys: Atlas of Microfractographs. ASM International.
 - ۱۸- Michael W. Davidson and Mortimer Abramowitz.2004. optical microscopy. National High Magnetic Field Laboratory, The Florida State University.

