

پودمان سوم

عملیات در صنایع پوششی



پوشش ها از دو جنبه تزئینی و محافظت خوردگی اهمیت دارند. پوشش های صنعتی به عنوان کارآمدترین روش باز دارندگی خوردگی محسوب می شوند.

واحد یادگیری ۳

انجام عملیات در صنایع پوششی

مقدمه

پوشش‌های صنعتی برای هدف‌های گوناگون از جمله مسائل حفاظتی، ظاهری و ایمنی به کار گرفته می‌شوند. در واقع یکی از مهم‌ترین دلایل استفاده از پوشش‌های آلی و معدنی، جلوگیری از خوردگی تجهیزات است. کیفیت و مرغوبیت لایه پوششی ایجاد شده، رابطه مستقیم با وضعیت و کیفیت سطح فلزی دارد که بایستی پوشش‌دهی شود. بنابراین جهت دستیابی به یک پوشش با کیفیت قابل قبول، قبل از انجام عمل اصلی پوشش‌دهی، لازم است سطح کار با یک مجموعه عملیات مکانیکی و شیمیایی آماده‌سازی شود. در این پودمان ابتدا عملیات آماده‌سازی قطعه جهت پوشش آورده شده است و در ادامه معرفی، مفاهیم و کاربرد آبکاری و رنگ‌های آلی همراه با فیلم آموزشی، تحقیق کنید و فعالیت‌های عملی قابل اجرا، نکات ایمنی و زیست محیطی مرتبط آورده شده است.

استاندارد عملکرد:

آماده‌سازی قطعه و پوشش‌دهی به روش آبکاری و رنگ طبق دستور کار

شایستگی‌های غیرفنی

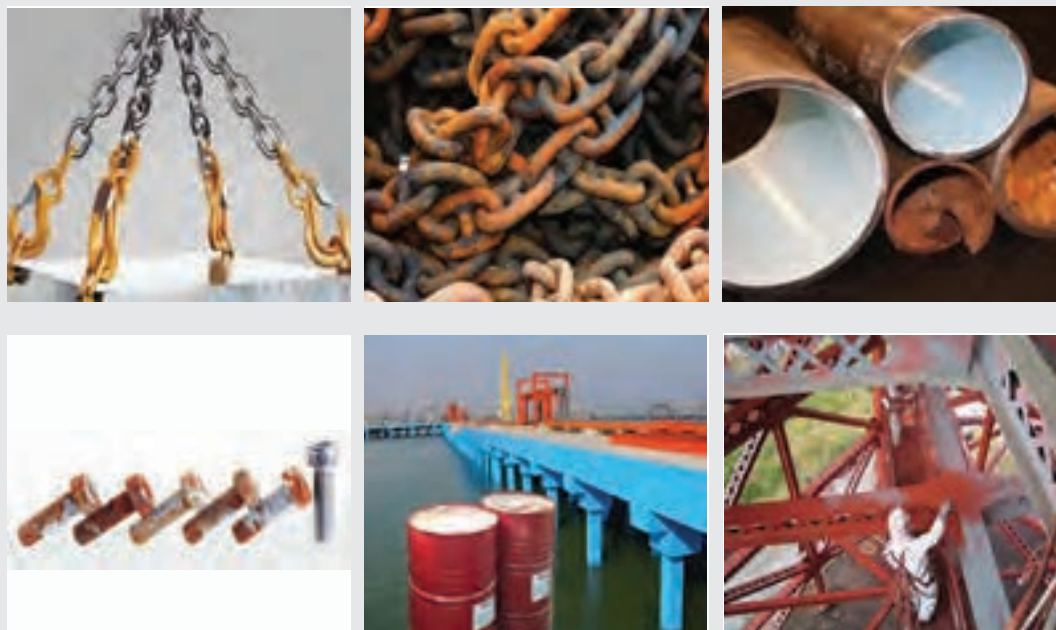
- ۱ اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت شناسی - انجام وظایف و کارهای محول - پیروی از قوانین
- ۲ مدیریت منابع: شروع به کار به موقع - مدیریت مؤثر زمان - استفاده صحیح از مواد و تجهیزات
- ۳ کار گروهی: حضور فعال در فعالیت‌های گروهی - انجام کارها و وظایف محول
- ۴ مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت‌های کارگاهی
- ۵ محاسبه و کار بست ریاضی

شایستگی‌های فنی

- پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود:
- ۱ عملیات آماده‌سازی قطعه پیش از پوشش را انجام دهند.
 - ۲ آبکاری قطعات را انجام دهند.
 - ۳ با اعمال رنگ پوشش‌دهی را انجام دهند.



با توجه به تصویرهای زیر در مورد انواع پوشش‌های صنعتی گفت‌وگو کنید. به نظر شما پوشش‌ها چه اهمیتی در زندگی بشری دارند؟ آیا می‌توانید مثال‌های دیگری بیاورید؟



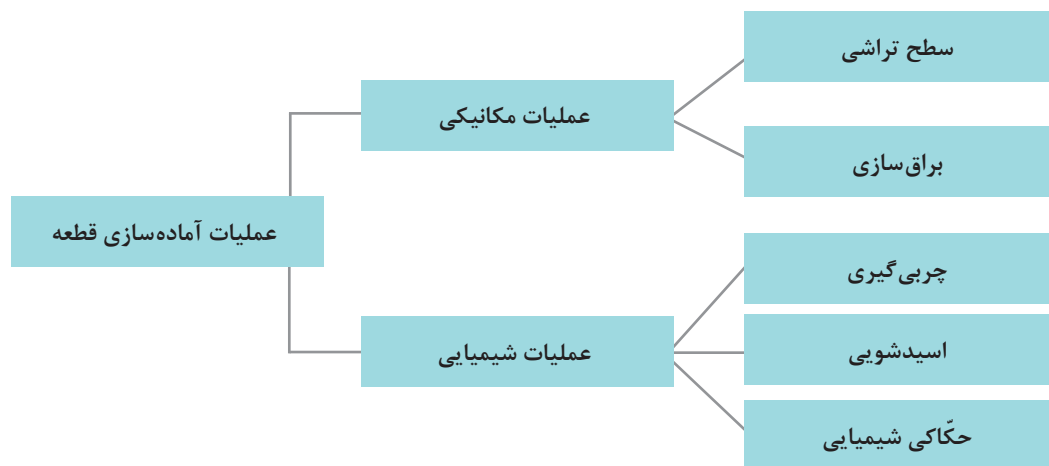
پوشش‌های صنعتی برای هدف‌های گوناگون از جمله مسائل حفاظتی، ظاهری و ایمنی به کار گرفته می‌شوند. در واقع یکی از مهم‌ترین دلایل استفاده از پوشش‌های آلی و معدنی، جلوگیری از خوردگی تجهیزات است. عمل حفاظتی پوشش‌ها از یک یا چند سازوکار تشکیل شده است که عبارت‌اند از:

- ۱ جلوگیری از تماس محیط و جسم موردنظر
- ۲ محدود ساختن تماس بین محیط و جسم موردنظر
- ۳ انتشار موادی که سبب کندکنندگی حملات محیط بر روی جسم موردنظر است.

کیفیت و مرغوبیت لایه پوششی ایجادشده، رابطه مستقیم با وضعیت و کیفیت سطح فلزی دارد که باید پوشش‌دهی شود، لذا وجود چربی‌ها، اکسیدها و سایر مواد خارجی بر سطح قطعه به هنگام اجرای عمل پوشش‌دهی، در میزان چسبندگی، مقاومت مکانیکی و ظاهر پوشش تأثیر خواهد گذاشت. برای دستیابی به یک پوشش با کیفیت قابل قبول، قبل از انجام عمل اصلی پوشش‌دهی، لازم است سطح کار با یک مجموعه عملیات مکانیکی و شیمیایی آماده‌سازی شود.

عملیات آماده‌سازی قطعه برای پوشش

آماده‌سازی قطعات پیش از پوشش دهی هم از نظر پایین آوردن قیمت تمام شده و هم از نظر بالا بردن کیفیت پوشش، اهمیت ویژه‌ای دارد. این آماده‌سازی به روش‌های مکانیکی و شیمیایی انجام می‌گیرد. در شکل ۱ مراحل آماده‌سازی قطعه برای پوشش را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱- مراحل آماده‌سازی قطعه برای پوشش

از آنجا که در طی فرایند تولید، قطعات به انواع روغن‌های مصرفی آغشته می‌گردند، سطح آنها پوشیده از اکسید می‌شود و یا پس از خروج از قالب‌ها، ذرات گردوغبار به آنها می‌چسبند و در کنارهای قالب لبه‌های برنده ایجاد می‌کند، لازم است قطعات تولیدشده (قطعات خام)، در ابتدا از لحاظ ظاهری و سطحی اصلاح شوند تا برای پوشش نهایی (رنگ و آبکاری^۱) آماده شوند. تمامی موارد نام برده، باید قبل از انجام مراحل نهایی پوشش قطعات به روش‌های گوناگون و متداول در صنعت از روی سطح قطعات زدوده، اصلاح و حذف شوند. شکل ۲ یک قطعه خام را نشان می‌دهد که باید عملیات آماده‌سازی بر روی آن انجام شود.



شکل ۲- یک قطعه خام با ناصافی‌ها در سطح

عملیات مکانیکی آماده‌سازی سطح

در صنعت به مجموع فرایندهای آماده‌سازی مکانیکی سطح قطعات، پرداختکاری گفته می‌شود. پرداختکاری از دو نوع فرایند سطح‌تراشی (زیرکار) و براق‌سازی (روکار) تشکیل شده است.

سطح تراشی (پرداخت):

برای دستیابی به این هدف معمولاً سطح قطعه کار با انواع مختلفی از سنباده‌ها پرداخت می‌شود. با انجام عملیات سنباده‌زنی می‌توان چاله‌های ریز سوزنی، خطوط و زخم‌های سطحی، پلیسه‌ها و سایر عوامل نامطلوب سطح قطعه را که در بخش‌های مختلف فرایند تولید و یا حمل‌ونقل ایجاد شده‌اند، از میان برداشت و به یک سطح صاف و صیقلی مطلوب برای انجام عملیات رنگ یا آبکاری رسید.

سنباده: سنباده ورقه‌ای از جنس کاغذ، پارچه و یا الیاف بافته شده است که دانه‌های سخت ساینده بر روی آن به وسیله چسب مخصوص چسبانده شده و برای ساییدن سطوح مختلف اجسام، از آن استفاده می‌شود. ذرات ساینده در سنباده (پودر سنباده) مواد بسیار سخت و ریزی (در اندازه میکرون) هستند که در اندازه‌ها و شماره‌بندی‌های مختلف موجود هستند و با چسب مخصوص سنباده، روی ورقه‌ها یا نوارهایی (پشت‌بند سنباده) از جنس‌های مختلف چسبانده می‌شوند. این ذرات به‌طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

(الف) مواد طبیعی: مانند ماسه، ذرات کوارتز یا سیلیس، ذرات سنگ چخماق

(ب) مواد مصنوعی: مانند آلومینیم اکسید، براده‌های فلزات، سیلیسیم کاربید

انواع سنباده از لحاظ نوع پشت‌بند:

سنباده‌ها از لحاظ نوع پشت‌بند یا صفحات اتصال‌دهنده به دانه‌های ساینده، همانند شکل ۳، به چند دسته تقسیم می‌شوند:

(الف) **پشت‌بند کاغذی:** سنباده‌های پشت‌بند کاغذی از کم‌دوام‌ترین نوع سنباده هستند و بیشتر در نقاشی ساختمان استفاده می‌شوند.

(ب) **پشت‌بند پارچه‌ای:** سنباده‌های پشت‌بند پارچه‌ای از دوام زیادتری برخوردارند و در رنگ‌کاری چوب، بیشتر استفاده می‌شوند. آنها را معمولاً به دستگاه سنباده، با دور بالا و ماشین‌های لرزان وصل می‌نمایند و استفاده می‌کنند.

(ج) **پشت‌بند الیافی:** این نوع از سنباده شامل تعداد زیادی لایه‌های پارچه‌ای است که نسبتاً سخت و محکم است و برای ایجاد پشت‌بند برای دیسک‌ها و غلطک‌ها به کار می‌رود.



سنباده الیافی



سنباده پارچه‌ای



سنباده کاغذی

شکل ۳- سنباده‌های مختلف

برّاق سازی سطح (روکار):

فرایند برّاق سازی سطح یا روکار دارای دو مرحله است:

مرحله اول: در این مرحله قطعه را با فشار زیاد تا متوسط، به سطح چرخ‌های در حال چرخش برّاق کاری می‌فشارند. این کار باعث به دست آمدن یک سطح صاف، یکنواخت و نیمه برّاق تا برّاق می‌شود.



شکل ۴- دستگاه دو سر معمول در عملیات برّاق کاری

مرحله دوم: در این مرحله قطعه را با فشاری متوسط تا کم به سطح چرخ‌های در حال چرخش برّاق کاری می‌فشارند، که در نتیجه آن یک سطح تمیز، برّاق و درخشان ایجاد می‌شود.

در عملیات برّاق کاری یا روکار، می‌توان از انواع چرخ‌های پرداختکاری (نمد، فرچه) و واکس‌های پرداختکاری استفاده کرد (شکل ۴).

فعالیت عملی ۱



تمیز کاری مکانیکی

مواد و وسایل مورد نیاز	
سنباده‌های کاغذی با زبری‌های مختلف	قطعه‌های آهنی ۴ عدد (cm ۵ × ۲ × ۰/۱) و دارای سوراخی به قطر ۲mm)
برس سیمی	دسیکاتور
پنبه	استن

روش کار:

- ۱ نمونه‌های آهنی که دارای زائده یا ناصافی باشند، تهیه کنید.
- ۲ با توجه به ناصافی‌های قطعه با استفاده از وسایل تمیزکاری، مانند سنباده یا برس سیمی، ناصافی‌ها را برطرف کنید.
- ۳ قطعه‌های تمیز شده را با آب شست‌و شو دهید تا ذرات ناخالصی از آنها جدا شوند.
- ۴ قطعات را با استفاده از پنبه آغشته به استون خشک و برای مراحل بعدی در خشکانه نگهداری کنید.

عملیات شیمیایی آماده‌سازی سطح قطعه

چربی‌گیری:

به منظور دستیابی به یک پوشش با کیفیت، قبل از انجام عمل اصلی پوشش‌دهی، لازم است سطح کار با یک مجموعه اعمال شیمیایی آماده‌سازی شود که چربی‌گیری اولیه مرحله آماده‌سازی است. مواد چربی‌گیر به دو دسته کلی آلی و معدنی تقسیم‌بندی می‌شوند. چربی‌گیرهای آلی عبارت‌اند از حلال‌های گوناگون مانند استون و بنزن و هیدروکربن‌های کلردار مانند کربن‌تتراکلرید و تری‌کلرواتیلن، که به دلیل قدرت چربی‌گیری بالا به‌طور مستقیم و یا به کمک بخاراتشان قادرند انواع چربی‌های حیوانی، گیاهی و نفتی (چربی‌های معدنی) را زایل کنند.

چربی‌گیرهای معدنی از ترکیبات معدنی با پایهٔ قلیایی تشکیل شده‌اند و در آب حل می‌شوند. چربی‌گیرهای قلیایی با خاصیت صابونی کردن چربی‌ها، عمل چربی‌زدایی را انجام می‌دهند. معمولاً مجموعه‌ای از ترکیبات معدنی به نسبت‌های معین و در کنار یکدیگر به صورت محلول در آب استفاده می‌شوند، که تحت عنوان «چربی‌گیرهای قلیایی» از آنها نام می‌برند. برای فعال‌تر نمودن چربی‌گیرهای قلیایی ترکیباتی به عنوان ترکننده^۱ و امولسیون‌کننده^۲ به آنها می‌افزایند.

فعالیت عملی ۲



چربی‌زدایی با حلال‌های آلی

مواد و وسایل مورد نیاز	
نمونه‌های آهنی ۴ عدد	تری‌کلرواتیلن
دسیکاتور	استون
بشر دو لیتری	آب گرم (حمام)
بشر ۵۰۰ میلی‌لیتر	پنبه

چربی‌گیری به دو صورت انجام می‌شود: الف) چربی‌گیری به روش غوطه‌وری در حلال آلی، ب) چربی‌گیری در بخار حلال آلی.

چربی‌گیری به روش غوطه‌وری در حلال آلی

روش کار:

- در یک بشر ۵۰۰ میلی‌لیتری تا نیمه استون بریزید، و در زیر هود قرار دهید. یک قطعه آهنی را به کمک سیم‌های نازک به مدت ۵ دقیقه در حالی که آنها را تکان می‌دهید، در استون غوطه‌ور کنید.
- سپس قطعات را خارج کنید و به وسیلهٔ پنبه تمیز، سطح آنها را پاک نمایید و بعد از تبخیر نهایی استون، بدون لمس کردن در خشکانه قرار دهید.

نکات ایمنی



- آزمایش زیر هود انجام شود.
- از وسایل حفاظت و ایمنی شخصی مانند ماسک، عینک، دستکش و روپوش مناسب استفاده شود.

۱- Weting Agent

۲- Emulsifier



چربی زدایی با چربی گیرهای قلیایی

مواد و وسایل مورد نیاز	
کاغذ تورنسل یا شناساگر فنول فتالین	قطعه آهنی ۴ عدد
سدیم هیدروکسید	بشر دو لیتری یک عدد
سدیم کربنات	گرمنک برقی
سدیم تری فسفات	همزن (مغناطیسی)
سدیم متاسیلیکات	بشر یک لیتری
مایع ظرف شویی	خشکانه

روش کار:

ترکیب محلول برای چربی زدایی قطعات آهنی:

۱۵ g/L	سدیم هیدروکسید
۳۰ g/L	سدیم کربنات
۱۵ g/L	سدیم تری فسفات
۱۵ g/L	سدیم متاسیلیکات
۲ g/L (به عنوان ترکننده ^۱ یا فعال کننده سطح فلز)	مایع ظرف شویی

طرز تهیه محلول چربی گیر قلیایی:

- معادل $\frac{۳}{۴}$ لیتر آب معمولی را در یک بشر دو لیتری بریزید و روی گرمنک برقی قرار دهید و تا مرحله جوش گرم کنید.
- ۱۵ گرم سدیم متاسیلیکات را وزن کنید و در آب جوشان به کمک همزن شیشه‌ای حل کنید.
- به ترتیب سدیم تری فسفات، سدیم کربنات، سدیم هیدروکسید و در نهایت مایع ظرف شویی را به مقدار لازم برای یک لیتر محلول، وزن نمایید و در آب مذکور حل کنید و حجم محلول را به یک لیتر برسانید.

روش چربی گیری قلیایی:

- ۱ محلول تهیه شده را تا حدود $۸۲-۹۳^{\circ}\text{C}$ به کمک گرمنک برقی گرم نمایید و قطعه آهنی را به مدت ۳۰ دقیقه در آن آویزان کنید. در این فاصله هرگاه حجم محلول به دلیل تبخیر کم شد، از بشر یک لیتری که روی گرمنک دارای آب جوشان است، به آن بیفزایید.
- ۲ پس از ۳۰ دقیقه قطعه را خارج کنید و با آب زیاد آنقدر بشوید تا سطح قطعه نسبت به کاغذ تورنسل و یا فنول فتالین حالت خنثی یا غیرقلیایی نشان دهد. استفاده از دست با دستکش لاستیکی تمیز برای پاک شدن سطح قطعه از مواد قلیایی بلامانع است.
- ۳ پس از شست و شوی کامل قطعه آن را به مدت ۳-۴ دقیقه در آب جوشان فرو ببرید و سپس خارج کنید، به این ترتیب قطعه خشک خواهد شد. سپس آن را در خشکانه قرار دهید.



به نظر شما چه نکات ایمنی را در عملیات چربی‌گیری قلبایی باید رعایت نمود؟

بررسی کیفیت سطوح چربی‌گیری شده

آزمایش گسستگی لایه آب: در این آزمایش با ایجاد یک لایه یکنواخت پیوسته آب بر روی سطوح چربی‌گیری شده و مشاهده گسستگی‌های احتمالی در این لایه پیوسته، به وجود چربی‌های زدوده‌نشده بر سطح قطعه و در نتیجه به کیفیت کار انجام شده پی می‌برند. مبنای علمی این کار آن است که وجود لایه چربی بر سطح قطعه از میزان چسبندگی مولکول‌های آب به سطح فلز می‌کاهد، لذا لایه آب از سطح فلز جدا می‌شود.

روش کار

سطح قطعه را در زیر جریان بسیار آرام و یکنواخت آب معمولی در دمای محیط (شیر آب سرد) بگیرید و به‌گونه‌ای قطعه را از زیر جریان آب خارج کنید که قطعه به حالت افقی یک لایه آب را روی سطح خود نگه دارد و سپس وجود گسستگی در این لایه را کنترل کنید و به این ترتیب کیفیت عمل چربی‌گیری را تعیین نمایید.

حال روش بالا را روی تمام نمونه‌های چربی‌گیری شده (نمونه‌های موجود در خشکانه) اجرا کنید و در جدول ۱ نتایج کار را گزارش نمایید.

جدول ۱- نتایج بررسی کیفیت سطوح چربی‌گیری شده

نمونه ۴	نمونه ۳	نمونه ۲	نمونه ۱	شرح کار
				روش چربی‌گیری
				تاریخ چربی‌گیری
				نتیجه آزمایش گسستگی آب
				تاریخ آزمایش گسستگی آب

روش تشخیص کیفیت و ثبت نتایج: تمام قطعات تحت نظر و کنترل هنرآموز، بررسی و به شرح زیر امتیاز دهید و در جدول ثبت کنید.

- ۱ اگر گسستگی به صورت نقاط پراکنده و با تخمین دیداری در گستره ۱۰-۵ درصد باشد، نتیجه «خوب» در جدول ثبت شود.
- ۲ اگر گسستگی به صورت نقاط پراکنده و با تخمین دیداری ۲۰-۱۰ درصد باشد، نتیجه «متوسط» در جدول ثبت شود.
- ۳ اگر گسستگی به صورت سطح گسترده پیوسته و با تخمین دیداری ۳۰-۲۰ درصد باشد، نتیجه «بد» در جدول ثبت شود.

پوسته زدایی یا اسیدشویی^۱

قطعاتی که باید تحت پوشش‌های آلی (رنگ) و یا معدنی (آبکاری) قرار گیرند، پس از چربی‌گیری لازم است عاری از هرگونه مواد زائد مانند اکسیدها و سایر نمک‌ها باشند؛ به همین جهت این مواد زائد را با انواع اسیدها مانند هیدروکلریک اسید، سولفوریک اسید، نیتریک اسید و فسفریک اسید از سطح قطعه پاک می‌کنند تا مانعی برای کیفیت لایه پوششی به وجود نیاید. از آنجایی که اسیدها علاوه بر اکسیدها و سایر ترکیبات، می‌توانند سطح فلز را نیز تحت تأثیر قرار دهند، در نتیجه موادی به عنوان بازدارنده^۲ به آنها اضافه می‌کنند که سطح تمیز فلز با اسید تخریب نشود. انتخاب بازدارنده‌ها به عوامل گوناگون بستگی دارد که عبارت‌اند از نوع اسید، جنس فلز و دمای عملیات اسیدشویی. مقدار بازدارنده به درصد اسید موجود در محلول بستگی دارد.

نکته

آلیاژهای مختلف مانند آهن و مس نباید در یک محفظه واحد، اسیدشویی شوند.



محفظه‌هایی که برای انجام عملیات آبکاری استفاده می‌شوند، در اصطلاح صنعتی به «وان» و یا «حمام آبکاری» موسوم هستند و عموماً از ورقه‌های آهنی و به شکل مکعب مستطیل ساخته می‌شوند. هرگاه قرار باشد در یک وان آبکاری مواد خورنده مانند اسید ریخته شود، درون آنها را با ورق‌های پی‌وی‌سی و یا لاستیک مصنوعی مخصوص می‌پوشانند.

فعالیت عملی ۴



اسیدشویی قطعه‌های آهنی

مواد و وسایل مورد نیاز	
سولفوریک اسید	قطعه آهنی زنگ زده ۴ عدد
هیدروکلریک اسید	بشر یک لیتری
سفیده تخم‌مرغ، ۱ عدد (به عنوان بازدارنده)	بشر نیم‌لیتری ۲ عدد
هیدرازین (به عنوان بازدارنده)	خشکانه
الکل خالص یا استون (خشک کننده)	شامپوی بچه (به عنوان ترکنده یا فعال کننده)

۱- Pickling

۲- Inhibitor

روش کار اسیدشویی شماره ۱:

- ۱ ابتدا نمونه‌ها را مطابق با روش کار (ابتدا با حلال آلی و سپس چربی‌گیری قلیایی) چربی‌گیری کنید و در خشکانه بگذارید.
- ۲ ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول سولفوریک‌اسید ۲۰٪ وزنی تهیه کنید.
- ۳ محلول سولفوریک‌اسید تهیه‌شده را در دو بشر نیم‌لیتری به دو قسمت مساوی تقسیم کنید.
- ۴ به یکی از این دو بشر به میزان ۲ گرم شامپوی بچه و ۱ گرم هیدرازین اضافه کنید به هم بزنید، سپس در دمای محیط، در هر بشر دو نمونه آهنی بیاویزید و به مدت ۱۵ دقیقه به‌طور دقیق دو نمونه و پدیده‌های شیمیایی پیش‌آمده را تحت نظر داشته باشید.
- ۵ قطعات را پس از مدت زمان تعیین‌شده از محلول سولفوریک‌اسید خارج کنید با آب جاری به‌طور کامل بشوید، سپس با استون یا الکل آغشته نمایید و خشک کنید.
- ۶ کیفیت سطوح تمیزشده را با ذره‌بین با بزرگنمایی $\times 10$ مشاهده و بررسی کنید.
- ۷ گزارش بررسی و پدیده‌های مشاهده‌شده ضمن کار و نتایج آن را ارائه کنید.

روش کار اسیدشویی شماره ۲:

- ۱ ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول ۱۰٪ وزنی هیدروکلریک‌اسید تهیه کنید.
- ۲ محلول تهیه‌شده را در دو بشر نیم‌لیتری به دو قسمت مساوی تقسیم کنید. به یکی از دو بشر به میزان ۱ گرم شامپوی بچه و معادل ۵/۰ درصد سفیده تخم مرغ بیفزایید (این درصد، نسبت به وزن هیدروکلریک‌اسید خالص موجود در محلول تهیه‌شده محاسبه می‌شود).
- ۳ در دمای محیط در هر بشر دو نمونه از قطعه‌ها را بیاویزید و به مدت ۱۵ دقیقه کلیه پدیده‌های حاصل را مشاهده و بررسی کنید.
- ۴ نمونه‌ها را از محلول اسید خارج کنید و در زیر آب جاری به‌طور کامل بشوید و با کمک استون یا الکل خشک کنید.
- ۵ کیفیت سطوح تمیزشده را با ذره‌بین با بزرگنمایی $\times 10$ مشاهده و بررسی نمایید.
- ۶ گزارش بررسی و پدیده‌های مشاهده‌شده ضمن کار و نتایج آن را ارائه کنید.

توجه

برای اسیدشویی یکی از روش‌های ۱ یا ۲ را استفاده کنید.



حکاکی شیمیایی:

حکاکی شیمیایی آخرین مرحله آماده‌سازی قطعه پیش از پوشش‌دهی است. حکاکی شیمیایی به مفهوم ایجاد خوردگی بسیار ضعیف در قسمت‌های ناپایدار سطح نمونه آماده شده است. این عمل سبب می‌شود ذرات اکسید فلز که ممکن است در مرحله چربی‌گیری پدید آمده باشد، در محلول اسید رقیق حل شود. بدین ترتیب چسبندگی پوشش بر سطح قطعه افزایش می‌یابد.

فعالیت عملی ۵



عملیات حکاکی

مواد و وسایل مورد نیاز:

محلول سولفوریک اسید با غلظت ۵ تا ۱۰ درصد، بشر یک لیتری، قطعات آماده سازی شده ۴ عدد

روش کار:

قطعه های تمیز را به مدت چند ثانیه در داخل محلول سولفوریک اسید به غلظت حدود ۵ تا ۱۰ درصد قرار دهید. سپس از محلول اسیدی خارج کنید و با آب شست و شو دهید. بدین ترتیب سطح قطعه فعال شده، آماده آبکاری می شود.

نکته

به هنگام آماده سازی بعد از هر مرحله از عملیات مکانیکی یا شیمیایی، سطح قطعه باید با آب شست و شو داده شود تا ذرات جامد یا محلول و مواد پاک کننده از سطح قطعه جدا شوند.



آبکاری

به تصویرهای آبکاری شده زیر توجه کنید. چه تشابه و تفاوت هایی در آنها مشاهده می کنید؟

بحث گروهی
۲



هر فلزی که بتواند به روش‌های الکتریکی، شیمیایی یا مکانیکی بر روی قطعه رسوب کند، می‌تواند به‌عنوان پوشش محافظ آن استفاده شود. آبکاری یکی از انواع روش‌های ایجاد پوشش‌های فلزی است که به روش شیمیایی، سطح یک جسم را با فلز مورد نظر پوشش می‌دهد. این پوشش فلزی باید چسبندگی زیادی به سطح داشته باشد و تا پایان عمر مفید آن از سطح جدا نشود. قطعه‌ای که سطح آن پوشش داده می‌شود، می‌تواند فلز یا نافلز باشد. قطعه در صورتی، قابلیت آبکاری پیدا می‌کند که پیش‌تر پوششی از یک لایه نازک رسانا به روشی بر روی سطح آن نشانده باشند. آبکاری در صنعت کاربردهای فراوان دارد. برخی از مهم‌ترین اهداف آبکاری عبارت‌اند از:

جلوگیری از خوردگی قطعه: در صنایعی که با مواد شیمیایی بسیار خورنده سروکار دارند، غالباً ظروف و دستگاه‌ها را از جنس‌های نسبتاً ارزان مانند فولاد معمولی می‌سازند که مقاومت زیادی در برابر خوردگی ندارند. سپس با پوشش دادن سطح داخلی ظروف و دستگاه‌ها با یک فلز مقاوم در مقابل خوردگی، از خراب شدن و سوراخ شدن آن جلوگیری می‌شود. شکل ۵ نمونه‌هایی از خوردگی در قطعه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۵- نمونه‌هایی از خوردگی در قطعه‌ها

برای جلوگیری از خوردگی داخل مخزن‌های نگهداری مواد و مایعات مختلف شیمیایی در صنایع چه اقداماتی انجام می‌شود؟

تحقیق کنید
۱



در صنایع غذایی معمولاً شدت خوردگی زیاد نیست، اما حتی میزان کم آن نیز غیرمجاز است. تحقیق کنید برای جلوگیری از خوردگی داخل قوطی‌های نگهداری مواد غذایی، چه اقداماتی انجام می‌شود؟

تحقیق کنید
۲



افزایش مقاومت مکانیکی: در برخی از موارد نیاز است که سطح یک قطعه در مقابل سایش مقاومت بیشتری داشته باشد. در این حالت با انجام نوعی آبکاری نیکل یا کروم سختی لازم در سطح پدید می‌آید.

بهبود ظاهر قطعه: در بسیاری از موارد تنها دلیل یا یکی از دلایل استفاده از آبکاری، ایجاد ظاهری زیبا برای قطعه است. برای مثال در آبکاری زیورآلات بدلی که با یک لایه بسیار نازک طلا پوشش داده می‌شوند، فقط ظاهر زیبا مدنظر است. البته در اغلب موارد، هم جنبه "زیبایی" و هم جنبه "مقاومت در مقابل خوردگی" دلیل انجام آبکاری است.

تحقیق کنید
۳



به چه دلیل در وسایل فلزی آشپزخانه از آبکاری استفاده می‌شود؟ کدام فلز یا فلزات برای این مورد به کار می‌روند؟

افزایش رسانایی الکتریکی: مس یک رسانای خوب برای جریان برق است و به همین منظور در وسایل برقی و مدارهای الکتریکی به شکل گسترده استفاده می‌شود. به مرور زمان روی سطح مس لایه تیره نازکی تشکیل می‌گردد و باعث می‌شود در نقاط لحیم کاری شده و در اتصالات، هدایت الکتریکی سطح مس به شدت کاهش یابد. در دستگاه‌های حساس به منظور افزایش رسانایی الکتریکی سطح مس از پوشش بسیار نازک طلا استفاده می‌شود.

ایجاد خواص سطحی متنوع: علاوه بر خواصی که ذکر شد، آبکاری می‌تواند خواص متنوع دیگری را نیز در سطح یک قطعه ایجاد کند. برای مثال، به منظور ایجاد قدرت انعکاس نور در یک قطعه، آن را با نقره پوشش می‌دهند.

تحقیق کنید
۴



در مورد کاربردهای فلزات مختلف جهت آبکاری و خواص آنها، تحقیق کنید و جدول زیر را کامل نمایید.

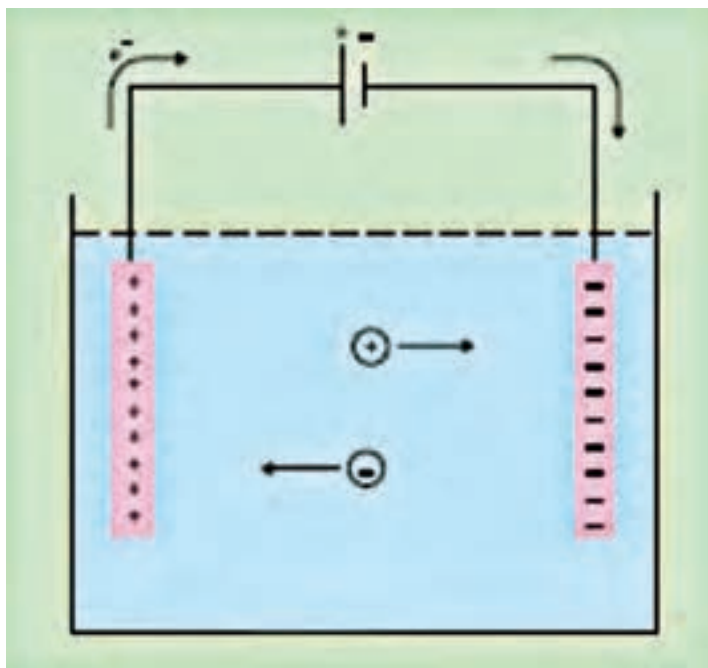
کاربردها و خواص پوشش‌های مختلف آبکاری	فلزات
	طلا
	نقره
	کروم
	نیکل
	مس
	برنج ^۱
	مفرغ (برنز) ^۲
	روی
	آلومینیم
	پلاتین
	قلع

۱- (Brass Alloy) آلیاژ برنج شامل فلزات مس و روی می‌باشد.

۲- (Bronze Alloy) آلیاژ برنز از ترکیب مس با عناصری همچون قلع، آلومینیم، منگنز و یا فسفر تولید می‌شود و مفرغ آلیاژی از مس و قلع است.

مبانی آبکاری

آبکاری یکی از انواع فرایندهای برقکافت است که در آن به کمک جریان الکتریسیته، واکنش‌های اکسایش و کاهش موردنظر انجام می‌شود و بر اثر آن پوشش مناسب بر سطح قطعه مورد نظر می‌نشیند. شکل ۶، اجزای اصلی یک پیل برقکافت را به شکل ساده نشان می‌دهد. جریان برق مستقیم^۱ را می‌توان به کمک یک باتری یا یک سوکننده جریان برق متناوب^۲ تأمین کرد. تیغه‌هایی که جریان الکتریسیته را وارد محلول می‌نمایند **الکتروود** نام دارند. الکتروودی که به قطب مثبت باتری متصل است و در آن نیم‌واکنش «اکسایش» انجام می‌شود، **آند** نام دارد. الکتروودی که به قطب منفی باتری متصل است و در آن نیم‌واکنش «کاهش» انجام می‌شود، **کاتد** نام دارد. محلولی که آند و کاتد در آن قرار گرفته‌اند و حاوی یون‌های مثبت و منفی است، **الکترولیت** نامیده می‌شود. حرکت یا به عبارت بهتر مهاجرت یون‌های مثبت و منفی به معنی عبور جریان الکتریسیته از داخل محلول است. یون‌های مثبت که به سمت کاتد مهاجرت می‌کنند، **کاتیون** و یون‌های منفی که به سمت آند مهاجرت می‌کنند، **آنیون** نام دارند.



شکل ۶- اجزای اصلی یک پیل برقکافت، یون‌های مثبت (کاتیون‌ها) به سمت کاتد و یون‌های منفی (آنیون‌ها) به سمت آند مهاجرت می‌کنند

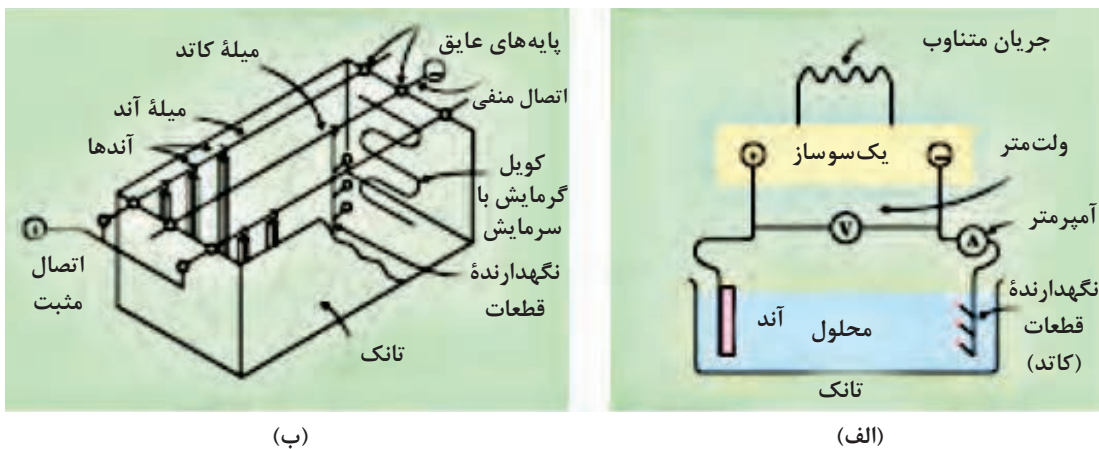
۱- DC: Direct Current

۲- AC: Alternative Current

شکل های ۷ طرح کلی یک دستگاه آبکاری و مخزن آن را نشان می دهند. در عملیات آبکاری، فلز پوشش دهنده در موقعیت آند قرار می گیرد. در آند نیم واکنش اکسایش، غالباً به شکل حل شدن آند انجام می شود:



قطعه ای که باید پوشش داده شود و به آن «قطعه کار» یا «کار» می گویند، در موقعیت کاتد قرار می گیرد. در کاتد نیم واکنش کاهش به شکل رسوب فلز بر سطح قطعه کار انجام می شود:



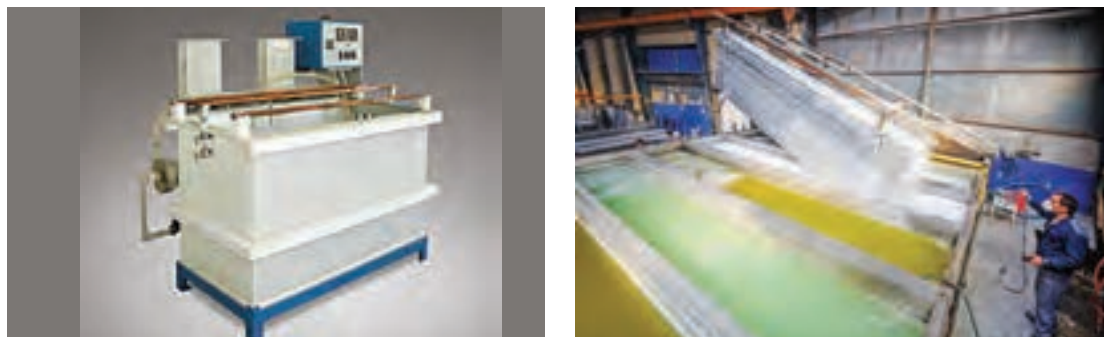
شکل ۷- الف) طرحی از اجزای اصلی یک دستگاه آبکاری، ب) طرحی از مخزن آبکاری و قسمت های مختلف آن



پ) نمونه های صنعتی مخزن آبکاری

ممکن است لازم باشد عملیات آبکاری در یک دمای خاص انجام شود. به همین دلیل دمای مورد نیاز توسط یک گرمکن برقی که در داخل محلول الکترولیت قرار می گیرد، تأمین می شود (شکل ۷- ب).

همان طور که در شکل مشاهده می‌شود، سه میله از جنس مس در بالای تانک بر روی پایه‌های عایق قرار گرفته‌اند. دو میله کناری که به قطب مثبت وصل شده‌اند، میله‌های آندی نام دارند. آندها توسط قلاب‌هایی رسانا به این میله‌ها آویزان می‌شوند. میله وسط که به قطب منفی وصل شده است، میله کاتدی نام دارد و تعدادی نگهدارنده قطعات به آن متصل است (شکل ۸).



شکل ۸- مخزن آبکاری با میله‌های آندی و کاتدی

قوانین فاراده:

در سال ۱۸۸۳ میلادی مایکل فاراده که به پدر علم الکتروشیمی معروف است، بر اساس مشاهدات تجربی خود دو قانون مهم در مورد برقکافت بدست آورد که می‌توان نتیجه آنها را در معادله (۱) خلاصه کرد:

$$m = \frac{q}{F} \times \frac{M}{n} \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله:

m : جرم ماده‌ای است برحسب گرم، که در الکتروود موردنظر تولید می‌شود و یا از بین می‌رود.

q : مقدار الکتریسیته‌ای است که از محلول یا از مذاب مورد برقکافت عبور می‌کند و برابر است با $q = I \cdot t$ که I جریان الکتریکی بر حسب آمپر و t زمان بر حسب ثانیه است.

F : ثابت فاراده است که بار یک مول الکترون را می‌رساند و آن برابر ۹۶۳۸۶ (تقریباً ۹۶۵۰۰) کولن است.

M : جرم یک مول ماده موردنظر برحسب گرم است.

n : تعداد مول‌های الکترون به کاررفته برای تولید یا مصرف شدن یک مول ماده موردنظر در الکتروود مربوطه است. در عمل مقدار ماده‌ای که در یک تانک آبکاری در کاتد رسوب می‌کند، کمتر از مقداری است که معادله فاراده نشان می‌دهد. به همین دلیل بازده جریان^۱، که در مورد آبکاری «بازده کاتد^۲» نام دارد، چنین تعریف می‌شود:

$$\text{بازده کاتد} = \frac{\text{جرم پوشش (واقعی)}}{\text{جرم پوشش (نظری)}} \times ۱۰۰$$

۱- Current Efficiency

۲- Cathode Efficiency

منظور از جرم پوشش نظری، مقداری است که با استفاده از معادله فاراده به دست می‌آید.

مثال ۱:

در یک مخزن آبکاری مس، اگر جریان ۱۰۰ آمپری در مدت ۱۰ دقیقه از محلول عبور کند، چند گرم بر جرم تیغه کاتد افزوده می‌شود؟ جرم اتمی مس ۶۳/۵ گرم بر مول است.

پاسخ :



$$q = I \times t = 100 \times 10 \times 60 = 6 \times 10^4 \text{ C}$$

$$m = \frac{q}{F} \times \frac{M}{n} = \frac{6 \times 10^4}{96500} \times \frac{63.5}{2} = 19.74 \text{ g}$$

در یک تانک آبکاری روی، اگر جریان ۵۰۰ آمپری در مدت ۳۰ دقیقه از محلول عبور کند و مقدار ۲۵۰ گرم از جرم تیغه آند کاسته شود، بازده کاتدی چقدر بوده است؟

تمرین ۱



در یک تانک آبکاری مس، جریان ۱۵ آمپر از داخل محلول مس سولفات به مدت ۱۰ دقیقه عبور می‌کند. اگر بازده کاتد ۱۰۰٪ باشد، الف) چه جرمی از مس بر روی قطعاتی که در کاتد قرار گرفته‌اند، می‌نشیند؟ جرم اتمی مس برابر ۶۳/۵ گرم بر مول است. ب) اگر مجموع سطح آبکاری شده ۱۵۰۰ سانتی‌متر مربع باشد، ضخامت لایه مسی که بر روی قطعات نشسته است، به طور متوسط چقدر است؟ چگالی مس ۸/۹۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

تمرین ۲



پتانسیل کاهش:

یکی دیگر از عواملی که در فرایندهای برقکافت، از جمله آبکاری نقش دارد، پتانسیل کاهش فلزات مختلف است. پتانسیل کاهش یک فلز عبارت است از توانایی یون آن فلز در گرفتن الکترون و تبدیل شدن به اتم، طبق نیم‌واکنش کاهش زیر است.



هر چه پتانسیل کاهش یک فلز بیشتر باشد، بدان معنی است که یون آن فلز در گرفتن الکترون و انجام نیم‌واکنش کاهش و رسوب کردن در کاتد موفق‌تر است. پتانسیل کاهش یک فلز تابع عوامل مختلف از جمله غلظت یون آن فلز در محلول و دمای محلول است. جدول (۲) پتانسیل کاهش استاندارد (E°) را برای برخی از فلزات نشان می‌دهد. منظور از کلمه استاندارد آن است که دمای محلول 25°C و غلظت یون فلز در داخل

محلول آبی برابر یک مولار (مول بر لیتر) است. به کمک این جدول می‌توان فهمید که در شرایط استاندارد کدام فلز پتانسیل کاهش بزرگ‌تری دارد و آسان‌تر در سطح کاتد (قطعه کار) رسوب می‌کند.

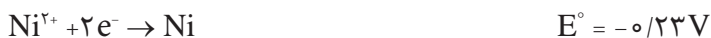
جدول ۲- پتانسیل کاهش برخی فلزات مشهور

نیم واکنش	ε (V)	نیم واکنش	ε (V)
$F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-$	۲٫۸۷	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$	۰٫۴۰
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	۱٫۹۹	$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	۰٫۳۴
$Co^{2+} + e^- \rightarrow Co^+$	۱٫۸۲	$Hg_2Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Hg + 2Cl^-$	۰٫۲۷
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$	۱٫۷۸	$AgCl + e^- \rightarrow Ag + Cl^-$	۰٫۲۲
$Ce^{4+} + e^- \rightarrow Ce^{3+}$	۱٫۷۰	$SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \rightarrow H_2SO_4 + H_2O$	۰٫۲۰
$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$	۱٫۶۹	$Cu^+ + e^- \rightarrow Cu$	۰٫۱۶
$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow MnO + 2H_2O$	۱٫۶۸	$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	۰٫۰۰
$2e^- + 2H^+ + IO_3^- \rightarrow IO_4^- + H_2O$	۱٫۶۰	$Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe$	-۰٫۳۶
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	۱٫۵۱	$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	-۰٫۱۳
$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$	۱٫۵۰	$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$	-۰٫۱۴
$PbO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Pb^{2+} + 2H_2O$	۱٫۴۶	$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	-۰٫۲۳
$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	۱٫۳۶	$PbSO_4 + 2e^- \rightarrow Pb + SO_4^{2-}$	-۰٫۳۵
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	۱٫۳۳	$Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd$	-۰٫۴۰
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	۱٫۲۳	$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	-۰٫۴۴
$MnO_4^- + 4H^+ + 2e^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$	۱٫۲۱	$Cr^{3+} + e^- \rightarrow Cr^{2+}$	-۰٫۵۰
$IO_3^- + 6H^+ + 5e^- \rightarrow I_2 + 3H_2O$	۱٫۲۰	$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	-۰٫۷۳
$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$	۱٫۰۹	$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	-۰٫۷۶
$VO_2^+ + 2H^+ + e^- \rightarrow VO^{2+} + H_2O$	۱٫۰۰	$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$	-۰٫۸۳
$AuCl_4^- + 3e^- \rightarrow Au + 4Cl^-$	۰٫۹۹	$Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$	-۱٫۱۸
$NO_3^- + 4H^+ + 2e^- \rightarrow NO + 2H_2O$	۰٫۹۶	$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	-۱٫۶۶
$ClO_4^- + e^- \rightarrow ClO_3^-$	۰٫۹۵۴	$H^+ + 2e^- \rightarrow 2H^-$	-۲٫۲۳
$2Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg_2^{2+}$	۰٫۹۱	$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow 2H^-$	-۲٫۳۷
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	۰٫۸۰	$La^{3+} + 3e^- \rightarrow La$	-۲٫۳۷
$Hg_2^{2+} + 2e^- \rightarrow 2Hg$	۰٫۸۰	$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	-۲٫۷۱
$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$	۰٫۷۷	$Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca$	-۲٫۷۶
$O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O_2$	۰٫۶۸	$Ba^{2+} + 2e^- \rightarrow Ba$	-۲٫۹۰
$MnO_4^- + e^- \rightarrow MnO_4^{2-}$	۰٫۵۶	$K^+ + e^- \rightarrow K$	-۲٫۹۲
$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$	۰٫۵۴	$Li^+ + e^- \rightarrow Li$	-۳٫۰۵
$Cu^+ + e^- \rightarrow Cu$	۰٫۵۲		

مثال ۲:

در یک عملیات آبکاری که در شرایط استاندارد (دمای $25^\circ C$ و غلظت یک مولار یون‌ها) انجام می‌شود، یون‌های پتاسیم و نیکل هر دو در حمام آبکاری حضور دارند و به سمت کاتد مهاجرت می‌کنند. سطح قطعه کار با کدام فلز پوشش داده خواهد شد؟

پاسخ: از جدول ۲ داریم:



پتانسیل یا به عبارتی توانایی کاهش نیکل، بیشتر از پتاسیم است؛ بنابراین در میدان رقابت برای گرفتن الکترون، کاتیون نیکل نسبت به کاتیون پتاسیم پیروز است؛ یعنی سطح قطعه کار با نیکل پوشیده خواهد شد. با وجود این، تجربه عملی نشان داده است که حضور یون‌های سدیم و پتاسیم در آبکاری نیکل اثر نامطلوب بر کیفیت پوشش می‌گذارد.

برای به دست آوردن پتانسیل کاهش در غلظت C و دمای ۲۵°C از معادله ساده شده نرنست^۱ استفاده می‌شود، که در آن:

$$E = E^{\circ} + \frac{0.059}{n} \log C$$

E: پتانسیل کاهش در غلظت C و دمای ۲۵°C

E[°]: پتانسیل کاهش استاندارد

C: غلظت محلول بر حسب مولار

n: تغییر عدد اکسایش است.

مثال ۳:

پتانسیل کاهش مس در یک محلول ۰/۱ مولار و دمای ۲۵°C چقدر است؟

پاسخ:

به کمک جدول ۲ می‌توان دریافت که پتانسیل کاهش استاندارد مس برابر ۰/۳۴ ولت و تغییر عدد اکسایش مس برابر ۲+ است. بنابراین با جاگذاری این اعداد در معادله ساده شده نرنست داریم:

$$E = 0.34 + \frac{0.059}{2} \log 0.1 = 0.317$$

تمرین ۳



پتانسیل کاهش یون‌های نیکل و کروم، در دمای ۲۵°C با غلظت‌های زیر، چند ولت است؟
 الف) محلول نیکل (Ni²⁺) با غلظت ۰/۰۱ مولار
 ب) محلول کروم (Cr³⁺) با غلظت ۰/۱ مولار

قسمت‌های مختلف دستگاه آبکاری

یک دستگاه آبکاری از چهار بخش اصلی تشکیل شده است:

۱ مدار خارجی جریان مستقیم^۲ (DC)

۲ الکتروود کاتد

۳ الکتروود آند

۴ محلول آبکاری

مدار خارجی: معمولاً انرژی الکتریکی که در اختیار کارگاه‌های آبکاری قرار می‌گیرد به شکل جریان متناوب^۳ با فرکانس ۶۰ هرتز و شدت جریان ۱۵ تا ۳۰ آمپر است. معمولاً نمی‌توان در آبکاری از چنین انرژی الکتریکی استفاده کرد و باید آن را به جریان مستقیم (DC) با ولتاژی به مراتب کمتر از ۲۲۰ ولت و شدت جریانی به مراتب بیشتر از ۳۰ آمپر تبدیل کرد.

برای تبدیل جریان متناوب به جریان مستقیم راه‌های مختلفی وجود دارد. یکی از این راه‌ها استفاده از یک سو سازهای جریان برق است. در کارگاه‌های آبکاری برای این منظور از دستگاه یک‌رکتیفایر^۱ استفاده می‌شود. طرز کار رکتیفایرها به این شرح است که وقتی جریان متناوب به داخل آنها وارد می‌شود، عبور جریان در یک جهت امکان پذیر است، ولی در جهت مخالف با مقاومت زیادی روبه‌رو خواهد شد؛ بدین ترتیب جریان متناوب به جریان مستقیم تبدیل می‌شود. شکل ۹ دو نوع یک‌سوساز جریان برق را نشان می‌دهد.



ب



الف

شکل ۹- الف) آبکاری (رکتیفایر) دستگاه یک‌سوساز در کارگاه، ب) یک‌سوساز جریان برق

هزینه برق مصرفی در یک فرایند آبکاری را بر مبنای انرژی الکتریکی مصرف شده بر حسب کیلووات ساعت (KWh) محاسبه می‌کنند:

$$W(\text{kWh}) = P(\text{kW}) \times t(\text{h})$$

در معادله داده شده W انرژی الکتریکی مصرف شده، P توان مصرفی دستگاه بر حسب کیلووات و t زمان آبکاری بر حسب ساعت است.

ولتاژی که در دو سر یک تانک آبکاری اعمال می‌شود، باید از اختلاف پتانسیل میان دو نیم‌واکنش اکسایش و کاهش بیشتر باشد. اگر ولتاژ اعمال شده کمتر از این حد باشد، آبکاری انجام نمی‌شود و اگر خیلی بیشتر از این حد باشد، مقاومت محلول افزایش می‌یابد و سبب اتلاف انرژی می‌شود. طبق قانون کولن و معادله $q=I.t$ هر قدر شدت جریان بیشتر باشد، وزن فلز رسوب کرده در مدت زمان معین بیش تر خواهد بود. اما نکته مهم آن است که افزایش شدت جریان دارای محدودیت است. شدت جریانی که با آن سرعت رسوب کردن یون‌های فلزی به بیشترین مقدار می‌رسد، «شدت جریان حد^۲» نام دارد. هنگامی که دستگاه آبکاری با شدت جریان حد یا بیشتر از آن کار می‌کند، رسوب مرغوب به دست نمی‌آید و پوشش ایجاد شده پودری شکل یا اسفنجی شکل و تیره‌رنگ خواهد بود که در اصطلاح می‌گویند پوشش سوخته است.

بیشتر بدانید



۱- Rectifier

۲- Limiting Current

نکته



معمولاً در عملیات آبکاری به جای شدت جریان (I، آمپر) از چگالی جریان^۱ ($\frac{I}{S}$ ، آمپر بر واحد سطح) نام می‌برند.

قطعه کار:

قطعه‌ای که باید آبکاری شود، «قطعه کار» یا «کار آ» می‌گویند. چنانچه قطعه کار یک نارسانا باشد، لازم است پیش از اجرای عملیات آبکاری سطح آن با یک لایه رسانای الکتریسیته پوشیده شود. مهم‌ترین روش‌های ایجاد پوشش رسانا در سطح نافلزات عبارت‌اند از:

- ذوب کردن پودر فلز در سطح جسم
 - غوطه‌ور کردن قطعه در فلز مذاب
 - انجام واکنش شیمیایی در سطح قطعه به منظور رسوب دادن فلز
- با استفاده از این روش‌ها می‌توان سطح بسیاری از قطعات شیشه‌ای، چوبی، سرامیکی و پلاستیکی را با فلز مورد نظر پوشاند.

نکته



به‌طور کلی در کاتد واکنشی انجام می‌شود که پتانسیل کاهش بزرگ‌تری دارد. اگر اختلاف پتانسیل اعمال شده به حمام آنقدر بود که در گستره پتانسیل دو یا چند یون باشد، آنها، به‌طور همزمان در کاتد رسوب می‌کنند.

پرسش ۲



چرا نمی‌توان به کمک آبکاری، یک لایه از فلز آلومینیم را از محلول آبی بر سطح یک قطعه نشاناند؟ (با مراجعه به جدول ۲ پاسخ صحیح را بیان کنید)

آند:

آند غالباً از جنس فلز پوشش‌دهنده است و با حل شدن خود، یون‌های مورد نیاز محلول را تأمین می‌کند. گاهی آند فقط نقش هدایت‌کننده الکتریسیته به داخل محلول را دارد. در این حالت کافی است آند رسانا باشد و لازم نیست از جنس فلز پوشش‌دهنده ساخته شود.

آند در آبکاری دو نقش اساسی دارد:

- ۱- آند خنثی^۲: تکمیل مدار الکتریکی و رسانایی الکتریسیته به داخل محلول آبکاری
- ۲- آند حل‌شونده یا فعال^۴: تأمین یون‌های فلز پوشش‌دهنده

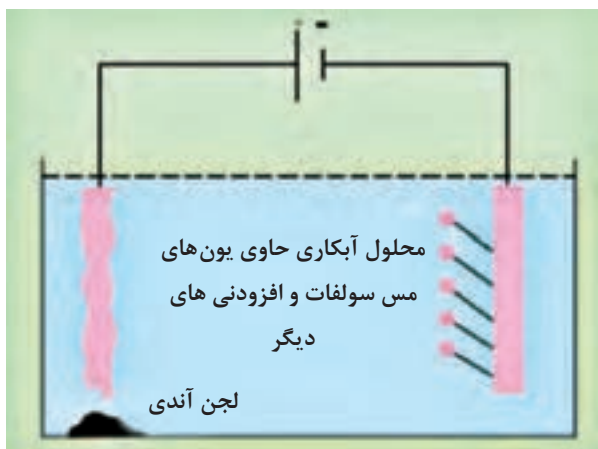
در اغلب فرایندهای آبکاری، یون‌های فلزی که در کاتد رسوب می‌کند، با حل شدن آند (که از جنس فلز پوشش‌دهنده است) تأمین می‌شود. شکل ۱۰ حل شدن آند و رسوب کردن مس را در آبکاری مس نشان می‌دهد.

۱- Current Density

۲- Work

۳- Inert Anode

۴- Active Anode



شکل ۱۰- حمام آبکاری مس

محلول آبکاری

محلولی است آبی، حاوی یون‌های فلز پوشش‌دهنده که اصطلاحاً به آن «حمام آبکار» نیز می‌گویند. محلول آبکاری محلولی است که از اجزای مختلف تشکیل شده است. هر کدام از اجزای سازنده حمام آبکاری خاصیت یا خواص معینی را در آن ایجاد می‌کنند. مواد سازنده یک حمام آبکاری باید دارای ویژگی‌های زیر باشد: الف) یون‌های فلز پوشش‌دهنده را در خود داشته باشد. ب) موادی داشته باشد که با یون‌های فلز پوشش‌دهنده کمپلکس تشکیل دهند. برای مثال، یون سیانید (CN)⁻ و اتیلن‌دی‌آمین تترا استات (EDTA) یکی از مهم‌ترین عوامل کمپلکس‌ساز هستند.

چون یون سیانید سمی است و باعث آلودگی محیط زیست می‌شود، اغلب استفاده از EDTA ترجیح داده می‌شود.

نکته



پ) محلول آبکاری باید رسانایی الکتریکی کافی داشته باشد. ت) محلول آبکاری باید پایدار باشد. برای مثال، اغلب فلزات نمک‌هایی دارند که در واکنش آبکافت شرکت نموده و رسوب تولید می‌کنند. برای جلوگیری از انجام چنین واکنش‌هایی، به محلول آبکاری مواد پایدارکننده اضافه می‌کنند. ث) pH محلول آبکاری باید ثابت باشد. تنظیم pH در حمام‌های آبکاری در کیفیت پوشش تأثیر دارد. به همین دلیل استفاده از محلول‌های بافر در حمام‌های آبکاری متداول است. ج) موادی داشته باشند که شکل فیزیکی پوشش را اصلاح کند. با عبور جریان مستقیم از داخل محلول، یون‌های فلز پوشش‌دهنده بر روی کاتد می‌نشینند و در حالت عادی، کیفیت چنین رسوبی نامطلوب است؛ یعنی ناصاف است و پستی و بلندی‌های زیادی دارد، و چسبندگی مطلوب را نیز ندارد. به منظور اصلاح شکل و خواص فیزیکی پوشش، از افزودنی‌های مختلف در حمام آبکاری استفاده می‌شود. برای مثال، مواد بهبوددهنده سطح^۱، ناصافی‌های پوشش را از بین می‌برد. مواد برآق‌کننده^۲ (برآقی) جلای پوشش را افزایش می‌دهند و مواد مرطوب‌کننده (کفی) از حفره‌دار شدن پوشش جلوگیری می‌کند.

۱- Plating Bath

۲- Improvers

۳- Brightener

چ) موادی داشته باشد که به حل شدن آند کمک کند. در شرایطی که آند فعال است، انتظار می‌رود که بتواند یون‌های مصرف‌شده در کاتد را جایگزین کند و ترکیب حمام را ثابت نگه دارد. در مورد بعضی از فلزات همان‌طوری که قبلاً اشاره شد، احتمال دارد لایه‌های نازک نامحلول نظیر اکسید سطح فلز را بیپوشاند و باعث کم‌اثر شدن^۱ آن شود. در این نوع حمام‌ها موادی اضافه می‌کنند تا از وقوع چنین مشکلی جلوگیری شود. در آبکاری نیکل، یون‌های کلر چنین نقشی را ایفا می‌کنند.

حمام آبکاری نیکل نیاز به بزّاقی نیکل دارد، ولی حمام آبکاری کروم نیازمند این نوع افزودنی نیست، زیرا کروم جلا و درخشندگی لازم را دارد.

نکته



آبکاری مس

با ایجاد تغییرات فراوان در ترکیبات محلول‌های آبکاری می‌توان پوشش‌های متنوعی با خواص گسترده بدست آورد. پوشش مس یکی از مرسوم‌ترین و پرمصرف‌ترین پوشش‌های الکتریکی بر روی فلزات است که به‌سادگی قابل اجرا می‌باشد. فلز مس به‌دلیل قابلیت رسانایی الکتریکی بسیار بالا و چسبندگی خوب به سایر فلزات به‌عنوان زیرکار برای پوشش‌هایی که چسبندگی کمتری روی سطوح فلزی دارند، به کار می‌رود. همچنین به‌منظور افزایش رسانایی الکتریکی در سطوحی که در برابر جریان الکتریکی به‌هنگام آبکاری مقاومت بیشتری نشان می‌دهند، به کار می‌رود. این نوع آبکاری علاوه بر مصرف بسیار گسترده در صنایعی مانند صنایع الکتریکی و الکترونیکی، کاربردهای تزئینی فراوانی دارد که «سیاه‌قلم مس» یکی از معروف‌ترین آنها است.

در مورد روش «سیاه‌قلم مس» تحقیق کرده و در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید
۵



کیفیت اجرای عملیات آبکاری به چهار عامل اساسی وابسته است:

۱ غلظت فلز مورد آبکاری

۲ دمای محلول آبکاری

۳ pH محلول آبکاری

۴ به‌هم زدن محلول هنگام کار

محلول‌های آبکاری مس به انواع مختلف اسیدی و قلیایی تقسیم‌بندی می‌شوند. ترکیب زیر مربوط به یک نوع آبکاری بزّاق مس از نوع اسیدی می‌باشد ترکیب این وان به نام «بی‌ور» معروف است.

ترکیب وان «بی‌ور»:

مس سولفات ۲۱۰ گرم در لیتر

سولفوریک اسید ۶۰ گرم در لیتر

تیواوره ۰/۰۰۹۸ گرم در لیتر

دکسترین ۰/۰۰۹۸ گرم در لیتر

هیدروکلریک اسید ۰/۰۱۲ گرم در لیتر

شرایط عمل:

۱۶-۴۹°C

دما

۱-۴ V

ولتاژ

$$2/16-5/4 \frac{A}{dm^2}$$

چگالی جریان (بدون هم زدن)

$$10/8-21/6 \frac{A}{dm^2}$$

چگالی جریان (در حال به هم زدن)

آند مسی حل شونده که می توان استفاده کرد، عبارت است از مس خالص حاصل از برقکافت به صورت غلطک کاری شده و یا ریختگی. این نوع آند باید با چگالی جریانی کمتر از $4/9 \frac{A}{dm^2}$ و بدون به هم زدن محلول استفاده شود.

فعالیت عملی ۶



آبکاری مس روی قطعات آهنی

مواد و وسایل مورد نیاز	
نمونه های آهنی ۴ عدد	مس سولفات
مخزن آبکاری	سولفوریک اسید
منبع جریان برق مستقیم	هیدروکلریک اسید
آند مسی حل شونده	تیواوره
دماسنج	دکسترین
ذره بین با بزرگ نمایی ۱۰	
گیره سوسماری و سیم های رابط	
گرمکن برقی	
بشر یک لیتری و دو لیتری	
همزن شیشه ای	

روش کار: محلول آبکاری را برابر حجمی معادل $\frac{2}{3}$ حجم مخزن آبکاری و با ترکیب وان «بی-ور» به ترتیب زیر تهیه کنید و گرمکن آن را در حدود $40^{\circ}C$ تنظیم کنید.

ساخت محلول و آماده‌سازی مخزن آبکاری: در یک بشر با حجم مناسب مقداری آب مقطر، معادل نصف حجم محلول نهایی آبکاری، بریزید و با رعایت اصول ایمنی و در حال هم زدن، به آرامی سولفوریک اسید مورد نیاز را اضافه کنید. بعد از انحلال کامل اسید، مس سولفات توزین شده را در محلول حل کنید، سپس تیواوره، دکستروز و هیدروکلریک اسید را نیز اضافه کنید و با آب مقطر حجم محلول را به میزان نهایی برسانید و در مخزن آبکاری بریزید. به طوری که $\frac{2}{3}$ حجم مخزن را پر کند. دمای گرمکن را تنظیم کنید و آند مسی را در قطب مثبت به کمک سیم مخصوص ضد زنگ ببندید و آماده کار شوید.

آماده‌سازی قطعات آهنی و انجام آبکاری:

- ۱ هر چهار قطعه را با حلال‌های آلی و سپس با استفاده از محلول‌های قلیایی چربی‌گیری کنید.
- ۲ پس از چربی‌گیری، اسیدشویی کنید و آنها را بلافاصله با آب جاری بشوید؛ به طوری که فرصت زنگ‌زدگی سطحی نکنند و سپس آنها را با روش آب داغ خشک کنید.
- ۳ قطعه‌ها را در قطب منفی (کاتد) و فلز مسی را در قطب مثبت (آند) ببندید.
- ۴ منبع جریان برق مستقیم را روشن کنید. چگالی جریان را به کمک محاسبات مساحت قطعه کار، با تغییر ولتاژ و جریان، تحت کنترل داشته باشید. شایان ذکر است که چگالی جریان را در محدوده $\frac{A}{dm^2} 4/9$ نگه دارید و محلول را به هم نزنید.
- ۵ قطعه اول را پس از ۵ دقیقه، دومی را بعد از ۱۰ دقیقه، سومی را پس از ۲۰ دقیقه و چهارمی را پس از نیم ساعت از محلول خارج کنید.
- ۶ قطعات را پس از آبکاری با آب بشوید و از نظر کیفیت پوشش ایجاد شده بررسی قرار کنید.

چسبندگی و انعطاف پذیری پوشش:

از قطعه‌های آبکاری شده برای ارزیابی میزان چسبندگی و انعطاف پذیری پوشش ایجاد شده استفاده کنید.

روش کار:

- ۱ یک سر هر قطعه را بین دو تکه چوب در میان یک گیره کارگاهی محکم کنید و به آرامی شروع به خم کردن آن نمایید تا به زاویه ۹۰ درجه برسد. کیفیت پوشش را در محل خمش از نظر پوسته شدن، انعطاف پذیری و چسبندگی به کمک ذره بین با بزرگنمایی ۱۰ بررسی کنید.
- ۲ با ادامه عمل خمش به زاویه ۴۵ درجه برسید و کلیه بررسی‌ها را شبیه ۹۰ درجه برای این مرحله نیز انجام دهید و در جدول ۳ ثبت کنید.

جدول ۳- بررسی کیفیت پوشش قطعات آبکاری شده با فلز مس

زاویه (درجه)	قطعه ۱			قطعه ۲			قطعه ۳			قطعه ۴		
	پوسته شدن	انعطاف پذیری	چسبندگی	پوسته شدن	انعطاف پذیری	چسبندگی	پوسته شدن	انعطاف پذیری	چسبندگی	پوسته شدن	انعطاف پذیری	چسبندگی
۹۰												
۴۵												



آبکاری نیکل روی قطعات آهنی

مواد و وسایل مورد نیاز	
نمونه‌های آهنی ۴ عدد	نیکل کلرید
مخزن آبکاری	نیکل سولفات
یک سوکننده جریان برق	بوریک اسید
گرمکن برقی	همزن شیشه‌ای
دماسنج	بشر یک لیتری و دو لیتری
ذره‌بین با بزرگ‌نمایی ۱۰	آند از جنس نیکل
گیره سوسماری و سیم‌های رابط	

پوشش نیکل همانقدر که به عنوان یک پوشش صنعتی مفید است، به صورت یک لایه تزئینی نیز زیبا و قابل استفاده است، ولی هدف اصلی از ایجاد پوشش نیکل بهره‌گیری صنعتی از خواص این فلز است. یکی از مرسوم‌ترین انواع آبکاری نیکل «وات^۱» نام دارد که در دو نوع pH پایین و pH بالا مورد استفاده می‌شود. در ادامه ترکیب و مشخصات روش آبکاری با pH پایین ارائه می‌شود. در این روش پوشش مات نیکل بوجود می‌آید.

ترکیب محلول آبکاری نیکل از نوع وات با pH پایین:

نیکل سولفات
 نیکل کلرید
 بوریک اسید
 این محلول در گسترده pH ۴/۵ - ۱/۵ و در دمای ۶۰-۴۶ درجه سلسیوس و جریانی با چگالی ۱۰/۸-۲/۷ آمپر بر دسی مترمربع عمل می‌کند. (pH محلول با افزودن بوریک اسید و چگالی جریان با تغییر ولتاژ و شدت جریان در گسترده معین ثابت نگه داشته شود).

تهیه محلول آبکاری:

روش کار:

با توجه به حجم مخزن آبکاری باید محلول مورد نیاز را به مقداری تهیه کنید که معادل $\frac{3}{4}$ حجم مخزن را پر کند. لذا مواد مورد نیاز برای تهیه محلول آبکاری نیکل با pH پایین را برای حجم معین وزن کنید. حال در یک بشر به میزان نصف یا سه چهارم حجم محلول مورد نیاز، آب مقطر بریزید و روی گرمکن برقی تا دمای ۵۰°C گرم کنید و بوریک اسید را در آن حل نمایید. بعد از حل شدن کامل اسید، دو نمک دیگر را نیز به طور

۱-Watts

کامل در محلول حل کنید و به هم بزنید (هیچ نمک نامحلولی نباید در ظرف دیده شود) در حالی که محلول روی گرمکن است، به تدریج در حال هم زدن، آب مقطر گرم به آن اضافه کنید تا به حجم مورد نیاز برای آبکاری برسد. حال محلول را در مخزن بریزید و درجه گرمکن را روی $50-55^{\circ}\text{C}$ تنظیم کنید، مقدار دما را با استفاده از دماسنج مخزن مشاهده و کنترل نمایید. محلول آبکاری آماده کار است.

- ۱ هر چهار قطعه آهنی را که در مرحله آماده سازی تمیز کرده اید، را از خشکانه بردارید.
- ۲ ابتدا عمل چربی گیری آلی و چربی گیری قلیایی، سپس اسیدشویی (با یکی از روش های معرفی شده) و عمل حکاکی شیمیایی را انجام دهید و در پایان هر مرحله قطعه ها با آب شست و شو دهید و خشک کنید.
- ۳ قطعات آهنی آماده شده را بلافاصله به کمک سیم و گیره های مخصوص به قطب منفی یا کاتد، و تکه های نیکل را در آند یا قطب مثبت ببندید.
- ۴ دستگاه مولد برق مستقیم را روشن کنید و کلید ولتاژ دستگاه را به تدریج افزایش دهید تا حباب های بسیار ریز به آرامی از سطح آند آزاد شوند. برای بهبود نتیجه کار در همین حال میزان جریان را روی آمپر متر بخوانید و سطح قطعه را بر حسب دسی متر مربع حساب کنید و با تقسیم مقدار جریانی که آمپر متر نشان می دهد، بر مساحت سطحی از قطعه که در محلول است، می توانید چگالی جریان را محاسبه کنید. اگر در گستره $10/8-2/7$ نبود، با کمک تغییر ولتاژ و جریان به این گستره از چگالی جریان وارد شوید.
- ۵ توجه داشته باشید که ممکن است به مرور زمان عوامل تعیین کننده وضعیت آبکاری تغییر نمایند که این عوامل عبارت اند از: pH، دمای محلول، چگالی جریان. با به هم زدن مداوم محلول از تغییرات دمایی و غلظت موضعی جلوگیری کنید. pH محلول را هر ده دقیقه اندازه گیری نمایید و در صورت نیاز به کمک بوریک اسید تنظیم نمایید.
- ۶ یک قطعه را به مدت ۵ دقیقه، ۲ عدد دیگر را ۱۰ دقیقه و آخری را ۲۰ دقیقه آبکاری کنید. بعد از تمام شدن کار و شست و شوی قطعات، آنها را خشک کنید و شکل ظاهری و کیفیت پوسته شدن احتمالی پوشش را برای کلیه قطعات به کمک ذره بین بررسی کنید و نتایج را در جدول ۴ ثبت نمایید.

جدول ۴- بررسی کیفیت پوشش قطعات آبکاری شده با فلز نیکل

قطعه ۲۰ دقیقه ای			قطعه ۱۰ دقیقه ای			قطعه ۵ دقیقه ای			زاویه (درجه)
چسبندگی	انعطاف پذیری	پوسته شدن	چسبندگی	انعطاف پذیری	پوسته شدن	چسبندگی	انعطاف پذیری	پوسته شدن	
									۹۰
									۴۵

نکته های ایمنی در صنعت آبکاری

برای جلوگیری از هرگونه آسیب افرادی که با مواد شیمیایی کار می کنند، باید از وسایل حفاظت شخصی مانند روپوش مناسب، کفش، دستکش مخصوص، عینک، ماسک استفاده کنید (شکل ۱۱).

- ✓ نصب دوش و چشم شوی آزمایشگاهی در کارگاه آبکاری ضروری است.
- ✓ در کارگاه آبکاری بایستی برای خروج مواد زاید دودکشی از جنس مواد مقاوم به خوردگی ساخته شده و به بیرون از کارگاه هدایت شود.



شکل ۱۱- تجهیزات ایمنی ضروری به منظور فرایند آبکاری

مقوله محیط زیست از موارد مورد توجه در توسعه پایدار هر کشور محسوب می شود. از طرف دیگر صنعت آبکاری علی رغم کاربرد گسترده آن در زندگی روزمره و صنایع گوناگون، از جمله اصلی ترین صنایع آلوده کننده محیط زیست به شمار می رود (شکل روبه رو). فرایندهای آبکاری از طریق آلوده کردن آب، هوا و خاک، محیط زیست را تهدید می کنند؛ لذا در ابتدا باید فرایندها و آلودگی های آن شناخته شوند و سپس راه کارهای کاهش آلودگی بررسی شود. در این راستا بهینه کردن فرایندهای رایج و یا جایگزینی روش های نوین، برای کاهش یا حذف آلودگی ها اصلی ترین رهیافت ها محسوب می شوند.



آلودگی زیست محیطی در کارگاه های آبکاری

نکات
زیست محیطی



از جمله فعالیت های مناسب در راستای توجهات زیست محیطی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ✓ وجود یک برنامه دقیق برای تنظیم حمام ها به منظور پیدا کردن و تعمیر نشتی ها
- ✓ تعویض عایق های معیوب ظروف آبکاری برای جلوگیری از خارج شدن بیش از حد محلول ها
- ✓ نصب سینی هایی برای جمع آوری چکه ها
- ✓ استفاده از کمترین غلظت مواد شیمیایی درون حمام ها
- ✓ ایجاد فرایندهای بازیافت مواد شیمیایی و آب مورد استفاده در آبکاری برای استفاده دوباره
- ✓ پالایش حمام های آبکاری برای کنترل میزان آلودگی ها جهت افزایش عمر خدمات رسانی حمام ها
- ✓ جداسازی مواد نفتی در مواردی که غلظت مواد نفتی و روغن ها در پساب خام یک کارخانه بیشتر از ۲۰۰ میلی گرم در لیتر باشد.

تحقیق کنید
۶



در مورد صنایع وابسته به صنعت آبکاری تحقیق انجام داده و در کلاس ارائه دهید.



به نظر شما، فرایندها و پوشش‌های حاصل از آبکاری و رنگ چه تفاوت‌ها و چه شباهت‌هایی با یکدیگر دارند؟

رنگ و صنعت ساخت آن، تاریخ طولانی و کهن را به خود اختصاص می‌دهد. تاریخچه استفاده از رنگ به انسان‌های اولیه بر می‌گردد. آنها بودند که نخستین بار بر روی دیوار غارها، نقوش رنگینی را ترسیم کردند. از ساده‌ترین و قدیمی‌ترین رنگ‌های مورد استفاده بشر می‌توان مخلوط حاصل از انحلال خاک رس رنگی در آب را نام برد. مصریان بانیان اولیه صنعت رنگ‌سازی و به عبارتی هنر رنگرزی و لعاب‌سازی بوده‌اند. آنها در حدود ۱۵۰۰ سال پیش از میلاد مسیح (ع) با این هنر آشنا بودند و از صمغ‌های گیاهی و موم در تهیه مواد رنگی استفاده می‌کردند. به مرور زمان از روغن دانه‌های طبیعی، به عنوان رزین در ساخت رنگ استفاده شد، اما این روغن‌ها کاملاً پاسخگوی نیاز صنعت نبود؛ در نتیجه، رزین‌های مصنوعی به‌طور عمده جانشین روغن‌های طبیعی گردید. در حال حاضر رنگ‌های بسیار متنوعی با ویژگی‌های خاصی تولید می‌شود که برای مصارف گوناگون استفاده می‌شود. از مهم‌ترین کاربردها می‌توان به حفاظت در برابر خوردگی و آسیب‌پذیری، مصرف تزئینی، بهداشت و پاکیزگی، افزایش صافی، برآفت و علامت‌گذاری اشاره کرد.

اجزای تشکیل دهنده رنگ‌ها

اجزای تشکیل دهنده رنگ‌ها عبارت‌اند از:

- رنگ پایه (رزین)^۱
- رنگ دانه یا رنگینه (پیگمان)^۲
- حلال^۳
- مواد افزودنی^۴

■ رنگ پایه یا رزین:

رزین پایه اصلی رنگ است و سایر اجزای رنگ به وسیله آن به یکدیگر و به سطح مورد نظر می‌چسبند. ضمناً رزین، با تشکیل فیلم، بعد از خشک شدن رنگ، باعث محافظت سطوح در برابر عوامل خارجی می‌شود. در واقع کیفیت یک رنگ به نوع رزین آن بستگی دارد. به همین دلیل است که پوشش‌ها و رنگ‌های مختلف را بر حسب نوع رزین آنها طبقه‌بندی می‌کنند. واکنش تبدیل رنگ تر به یک فیلم جامد را که منحصراً به رزین مربوط می‌شود، خشک شدن می‌گویند.

در مورد روش‌های خشک شدن رنگ‌ها تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.



پوشش‌ها و رنگ‌های مختلف را بر حسب نوع رزین آن طبقه‌بندی می‌کنند. رزین‌های مصرفی در رنگ‌ها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

الف) رزین‌های طبیعی: این رزین‌ها اغلب از صمغ و شیرۀ درختان مختلف به دست می‌آید.

بیشتر بدانید



معروف‌ترین رزین‌های طبیعی عبارت اند از:

– **رزین کوپال^۱:** از درختی به همین نام (در افریقا و فیلیپین) به دست می‌آید.

– **رزین شلاک^۲:** از بزاق حشراتی که ما بین شاخه‌های درختان شلاک در هندوستان زندگی می‌کنند، به دست می‌آید.

– **رزین دامار^۳:** از درختی در مالزی و سومالی تهیه می‌شود.

– **رزین کلوفان^۴ (رزین):** از شیرۀ درخت کاج بدست می‌آید. باقیمانده تقطیر چوب درخت کاج (که برای تهیه روغن تراننتین صورت می‌گیرد) رزین کلوفان یا رزین نام دارد.

– **صمغ‌ها و رزین‌های نفتی:** مواد باقیمانده از تقطیر نفت خام را شامل می‌شود.

ب) رزین‌های مصنوعی: این رزین‌ها که امروزه به شیوه‌های مختلف تهیه می‌شوند عبارت اند از: رزین‌های آلکید، پلی‌استر فنولی، اپوکسی، پلی‌اورتان، اپوکسی استر، کلرو کائوچو، وینیلی، سیلیکونی، آکریلی، پلی‌وینیل استات، پلی‌وینیل بوتیرال، ملامین فرم‌آلدهید و نیترو سلولوزی.

در جدول ۵ خواص و کاربرد شش نوع رزین مصنوعی را ملاحظه می‌کنید.

جدول ۵: خواص و کاربرد شش نوع رنگ و رزین

نوع رنگ	نوع رزین	خواص	کاربرد
رنگ سنتزی	آلکید	خاصیت ارتجاعی، براقیت، مقاوم به نور	کالاهای صنعتی، لوازم فلزی، کاربرد ساختمانی، وسایل نقلیه و ...
رنگ سلولوزی	نیترو سلولوز	خشک شدن سریع، نرمی، مقاوم به آب و هوا	ماشین‌آلات، اثاثیه چوبی
رنگ اپوکسی	اپوکسی	سختی بالا، مقاوم به سایش، خاصیت ارتجاعی، حفاظت از خوردگی بالا، مقاوم به روغن‌ها، حلال‌ها و بازهای رقیق	سازه‌های فولادی در صنایع شیمیایی، پوشش‌های مقاوم در برابر سایش و پوسیدگی، کلیه موارد جلوگیری از خوردگی
رنگ حرارت مقاوم	سیلیکونی	مقاوم به گرما تا ۶۰۰°C، مقاوم به آب و هوا	کوره‌ها، اجاق گاز، اطو، دودکش‌ها و کلیه مواردی که در برابر دمای بالا قرار دارند.
رنگ کوره‌ای	آکریلیک	مقاوم به آب و هوا، مقاوم به نور، براقیت، قابلیت انحنا	لوازم خانگی، قطعات یدکی، ماشین لباسشویی، داخل فریزر و یخچال، بویلرهای آب گرم
کائوچوی کلردار شده	لاستیک کلردار شده	مقاوم به اسیدها و بازهای رقیق، آب و گازها	استخر شنا، تانک‌های آب، مخازن ذخیره اسید، حفاظت از خوردگی سازه‌های فولادی

۱- Copal

۲- Shellac

۳- Damar

۴- Rosin

رنگ دانه:

در زمان‌های قدیم از چه موادی به عنوان رنگ دانه استفاده می‌کردند؟ چند نمونه مثال بزنید و در مورد کاربردهای هر یک بحث کنید.

بحث‌گروهی
۴



رنگ دانه‌ها ذرات جامد سفید یا رنگین بسیار ریزی هستند که در جزء سیال رنگ پخش می‌شوند ولی در آن حل نمی‌شوند. در این ارتباط، معمولاً به جزء سیال رنگ، ناقل^۱ نیز گفته می‌شود. رنگ دانه علاوه بر جنبه تزئینی، ویژگی‌های دیگری، از قبیل رنگ ظاهری یا فام^۲، تقویت قدرت مکانیکی و ثبات در برابر تابش نور خورشید، را نیز در رنگ ایجاد می‌کند.

انواع رنگ دانه‌ها

رنگ دانه‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

- ۱- رنگ دانه‌های اصلی که می‌توانند مواد معدنی یا آلی باشند، مانند تیتانیم دی‌اکسید، سرب کرومات، روی کرومات، اکسیدهای آهن، سرنج^۳، دوده و گرافیت، فتالوسیانین‌ها.
 - ۲- رنگ دانه‌های کمکی یا رنگ دانه یار^۴ مانند کلسیم کربنات^۵ (گل سفید، سنگ آهک)، باریم سولفات^۶ (باریت)، منیزیم سیلیکات^۷ (تالک)، آلومینیم سیلیکات^۸ (خاک چینی یا کائولین که اصطلاحاً خاک رس گفته می‌شود)، سیلیس^۹، آزبست یا پنبه نسوز.
- رنگدانه یارها برای ارزانی و ایجاد خواصی چون پوشش‌دهندگی، ماتی، جلوگیری از ته‌نشینی، تنظیم گران‌روی، حفظ شفافیت، ایجاد یکنواختی و به‌منظور ایجاد خواص مطلوب در سطح فیلم نظیر چسبندگی، نفوذناپذیری، قابلیت سنباده‌خوری و حفظ رزین از فاسد شدن به کار می‌روند.

در مورد رنگ دانه‌های شبرنگ^{۱۰}، متالیک و ضدخوردگی تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید
۸



- ۱- Vehicle
- ۲- Color
- ۳- Pb_3O_4
- ۴- Extender
- ۵- $CaCO_3$
- ۶- $BaSO_4$
- ۷- $2MgO.4SiO_2.H_2O$
- ۸- $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$
- ۹- SiO_2
- ۱۰- Luminous Pigments

حلال‌ها:

به نظر شما حلال‌های مناسب برای تهیه رنگ چه شرایطی باید داشته باشند؟

بحث‌گروهی
۵



حلال‌ها مایعاتی هستند که برای حل کردن رنگ پایه به رنگ اضافه می‌گردند و پس از کاربرد رنگ تبخیر می‌شوند. معمولاً حلال مناسب ترکیبی از چند نوع حلال است. مخلوط و یا ترکیب مناسبی از حلال‌ها می‌تواند در کاهش قیمت، میزان آلودگی، مسمومیت و خطر آتش‌سوزی مؤثر باشد. انتخاب به‌جا و صحیح حلال در خاصیت برس‌خوری (امکان اعمال مناسب رنگ با قلم‌مو)، سرعت خشک‌شدن و در نهایت در تشکیل فیلم مطلوب تأثیر مستقیم دارد.

الف) آیا آب می‌تواند همواره یک حلال مناسب برای رنگ‌ها باشد؟ توضیح دهید.
ب) اگر خشک شدن رنگی بیش از حد معمول به‌طول انجامد، چه علتی دارد و چه مشکلاتی در فیلم رنگ ایجاد می‌کند؟ اگر در زمان بسیار کوتاهی رنگ خشک شود، چه علتی دارد و چه مشکلاتی در نتیجه کار خواهد داشت؟

پرسش ۳



مواد افزودنی: افزودنی‌ها به موادی گفته می‌شود که به منظورهای گوناگون، از جمله بهبود کیفیت، مرغوبیت بیشتر، بهبود عملکرد و سهولت استفاده به مقدار یک تا دو درصد وزن کل رنگ و حداکثر تا پنج درصد در ساخت یک رنگ استفاده می‌شوند. افزودنی‌ها در انواع گوناگون وجود دارند که برخی از آنها عبارت‌اند از: خشک‌کننده^۱، ضد پوسته، ضد ته‌نشینی، پوشش‌دهنده، پخش‌کننده، ضد شره، ضد کف، ضد قارچ و کپک‌زدگی، ضد دلمگی، انعطاف‌دهنده^۲، پایدارکننده^۳.

رنگ‌های حفاظتی یا صنعتی

به نظر شما در صنعت به چه دلایلی از رنگ‌ها استفاده می‌شود؟

بحث‌گروهی
۶



یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای حفاظت سازه‌های فولادی و آهنی استفاده از رنگ‌های حفاظتی یا صنعتی است. در بیشتر موارد صنعتی از چند نوع رنگ تحت عنوان «سامانه پوششی» استفاده می‌شود. این رنگ‌ها با عنوان ضدزنگ یا آستری^۴، رنگ میانی^۵ و رنگ رویه^۶ مشخص می‌گردند.

۱- Dryer

۲- plastisizer

۳- Stabilize

۴- Primer

۵- Under Coa - Intermediate Coat

۶- Top Coat - Finish Coat



آیا می‌توان از یک نوع سامانه پوششی در تمام مناطق آب و هوایی استفاده کرد؟

در مورد ضد زنگ‌ها، نقش آنها در جلوگیری از خوردگی و چند نمونه از آنها تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

عوامل مؤثر در ایفای نقش حفاظتی رنگ‌های صنعتی

این عوامل عبارت‌اند از:

- انتخاب سامانه پوششی مطلوب؛
- تولید و فرمول‌بندی مناسب رنگ‌ها؛
- آماده‌سازی مناسب سطوح؛
- اجرای صحیح عملیات رنگ‌آمیزی؛
- نظارت و بازرسی در کلیه مراحل.

بی‌توجهی به هر یک از عوامل فوق به نوبه خود موجب ایجاد عوارض در فیلم رنگ می‌شود و در کاهش عمر مفید سامانه پوششی مؤثر خواهد بود. در ادامه توضیح مختصر هر کدام از عوامل مؤثر در ایفای نقش حفاظتی رنگ‌های صنعتی آورده شده است.

انتخاب سامانه پوششی: در انتخاب سامانه‌های پوششی باید نوع و جنس سطح مورد نظر، محیط اطراف سازه، طول عمر مفید پوشش در نظر گرفته شوند. برای رسیدن به اهداف فوق، انتخاب صحیح نوع رزین، گونه و درصد وزنی رنگ‌دانه، درصد حجمی مواد جامد و ضخامت پوشش در نظر گرفته می‌شوند.



برای تجهیزات صنعتی باید سامانه‌های پوششی با متوسط عمر ۷ سال را در نظر گرفت.

شکل ۱۲، نمونه‌ای از عوارض ناشی از انتخاب یک سامانه پوششی نامناسب را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- تاول زدگی (مقاومت نکردن فیلم در محیط رطوبتی)



در تعیین رنگ‌ها و سامانه‌های پوششی در شرایط جوی به چه عواملی باید توجه کرد؟

تولید و فرمول‌بندی مناسب رنگ‌ها: پس از انتخاب سامانه پوششی، تولید رنگ‌ها مطابق فرمول‌بندی مربوطه در کارخانه صورت می‌گیرد. در تهیه رنگ‌ها بایستی از مواد مرغوب و درصد‌های مشخص و دستگاه‌ها و وسایل مناسب استفاده کرد و گر نه تغییرات نامطلوبی را در پوشش باید انتظار داشت.



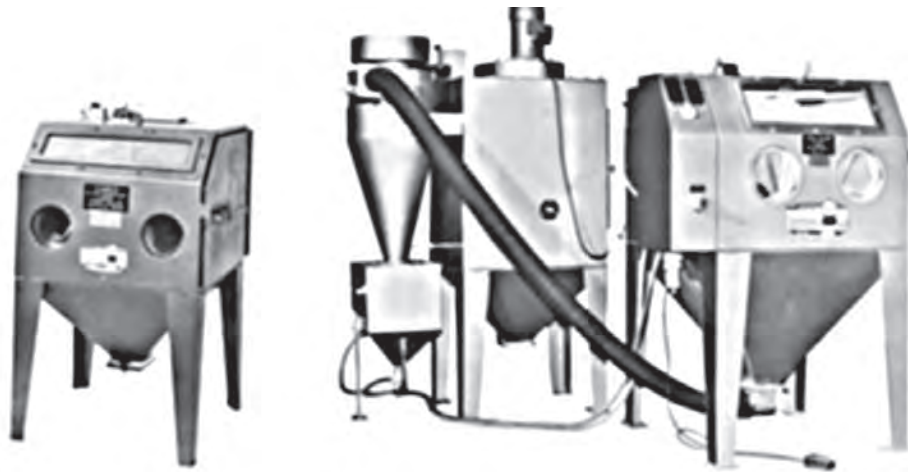
چرا تهیه رنگ‌ها باید به‌طور دقیق مطابق فرمول‌بندی انجام شود؟

آماده‌سازی مناسب سطوح:

آیا پیش از اعمال رنگ روی سطوح، عملیات آماده‌سازی ضرورت دارد؟ چه آلاینده‌هایی می‌تواند روی سطح موردنظر باشد؟



قسمت عمده اهمیت یک پوشش، به کیفیت آماده‌سازی سطح مربوط می‌شود. در عملیات پوشش دادن حدود $\frac{2}{3}$ هزینه کل کار، برای آماده‌سازی سطح در نظر گرفته می‌شود؛ در نتیجه، در صورت از بین رفتن رنگ به علت نامناسب بودن سطح، دو سوم مخارج و یا به عبارتی تمامی آن به هدر می‌رود. شکل ۱۳، تمیزکاری به روش شن‌پاشی (سندبلاست) و شکل ۱۵، رنگ‌آمیزی مخزن‌های صنعتی را نشان می‌دهد. با توجه به وضعیت سطوح، روش‌های مختلفی برای زیرسازی استفاده می‌شود. از آن جمله می‌توان شست‌وشو با حلال، سنباده‌کشی، برس‌کشی، آب‌فشانی، شن‌پاشی^۱ و ساچمه‌پاشی را نام برد. در برخی موارد خاص برای سطوح زنگ‌زده از مواد شیمیایی تبدیل‌کننده لایه اکسیدشده به یک لایه فیلم محکم با چسبندگی مناسب استفاده می‌شود. در حال حاضر در صنعت بیشتر از روش شن‌پاشی برای آماده‌سازی قطعه استفاده می‌شود. در این روش با پاشیدن شن به وسیله فشار مشخص، لایه‌های اکسید از فلز جدا می‌شود و از طرفی در سطح، حفره‌ها و خلل و فرج‌های فراوان ایجاد می‌گردد. وجود این حفره‌ها به دلیل افزایش سطح تماس، و درگیر شدن بیشتر رنگ با سطح، باعث افزایش چسبندگی رنگ به سطح می‌شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- چند نوع دستگاه شن پاش



شکل ۱۴- رنگ آمیزی مخازن

هر یک از تصویرهای داده شده، نمونه‌هایی از آماده‌سازی نامناسب قطعه برای رنگ‌کاری را نشان می‌دهد. در هر مورد علت را بیان کنید.

پرسش ۷



پ



ب



الف

اجرای صحیح عملیات رنگ آمیزی:

روش‌های متداول رنگ آمیزی و اعمال رنگ چیست؟ در مورد هر یک چه می‌دانید؟

بحث گروهی

۸



پس از عملیات آماده‌سازی، رنگ را باید کاملاً یکنواخت کرد و رنگ آمیزی را، طبق دستور کار مربوط، بر روی سطح مورد نظر اجرا کرد.

اگر به دلیل استفاده از رنگ‌های نامناسب و یا اجرای عملیات رنگ آمیزی نامناسب، عمر و عملکرد رنگ‌های صنعتی کوتاه باشد، مشکلات ذیل در صنعت ایجاد می‌شود:

- ۱ امکان خوردگی و تخریب زود هنگام سطوح فراهم می‌شود.
- ۲ تکرار عملیات رنگ آمیزی ضرورت پیدا می‌کند.
- ۳ گازهای سمی متصاعد شده از رنگ‌ها به هنگام تکرار عملیات، مشکلات زیست محیطی را افزایش می‌دهد.
- ۴ تخریب تأسیسات و تکرار عملیات رنگ آمیزی، توقف کار را به دنبال دارد و باعث کاهش تولید می‌شود و خسارت مالی قابل توجهی به صنعت تحمیل می‌شود.

بین عملیات شن پاشی (آماده‌سازی) و رنگ آمیزی نباید بیش از ۶ الی ۱۰ ساعت فاصله زمانی وجود داشته باشد.

نکته



در رنگ آمیزی به چه مواردی باید توجه کرد؟

پرسش ۸



نظارت و بازرسی در کلیه مراحل یک طرح رنگ آمیزی:

پس از تعیین یک سامانه پوششی مناسب توسط کارشناسان مربوط، تولید رنگ‌ها در کارخانه صورت می‌گیرد. در این مرحله ضمن دقت در مرغوبیت و مقدار مواد مصرفی، ضروری است طی مراحل مختلف تولید، چندین بار نمونه‌گیری صورت گیرد و بررسی‌های لازم انجام شود. همچنین متقاضیان و خریداران رنگ‌ها نیز برای پروژه‌های رنگ آمیزی خود باید نمونه‌های ارائه شده را توسط مراکز مربوط، ارزیابی کنند. در مرحله آماده‌سازی و رنگ آمیزی نیز باید کاملاً اصول فنی لازم را رعایت نمود. در صورتی که به هر دلیل در اجرای صحیح مراحل فوق بی‌توجهی شود، عملاً سامانه پوششی مطلوب ایجاد نشده و بدیهی است از آن انتظار زیادی نمی‌رود.



در چه صورتی ناظران می‌توانند کار نظارتی خود را به خوبی انجام دهند؟

شکل ۱۵ نشان دهندهٔ چهار نوع عارضه در فیلم به علت فرمول‌بندی و اعمال رنگ نامناسب است.



پدیدهٔ پوست سوسماری شدن



پدیدهٔ ترک خوردگی فیلم



پدیدهٔ پوست‌های شدن



پدیدهٔ شره کردن

شکل ۱۵- چهار نوع عارضه نامطلوب در فیلم رنگ



به چه دلایلی عارضه‌های نامطلوب در فیلم رنگ (شکل ۱۶) ایجاد شده است؟ در مورد علت‌های آن تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

وسایل و ماشین‌آلات مورد نیاز برای ساخت رنگ

مهم‌ترین وسایل و ماشین‌آلات مورد نیاز برای ساخت رنگ‌ها عبارت‌اند از:

- مخلوط‌کن‌ها^۱ یا همزن‌ها؛
- آسیاب‌ها،
- وسایل توزین، بسته‌بندی، نقاله‌های مختلف، ظروف فلزی استوانه‌ای کوچک و بزرگ، لوازم آزمایشگاهی

مراحل تهیه یک نمونه رنگ

پس از انتخاب سامانه پوششی، تولید رنگ‌ها در کارخانه، مطابق فرمول‌بندی مربوط، طی مراحل زیر صورت می‌گیرد:

۱- مرحله ساخت پایه یا خمیر رنگ: در این مرحله براساس فرمول‌بندی مورد نظر، مقدار مشخصی از رزین، رنگ‌دانه مواد پرکننده و حلال توسط همزن با قدرت و سرعت زیاد مخلوط می‌شوند. پس از اختلاط و تهیه خمیر رنگ، به‌منظور نرمی مناسب مواد را وارد آسیاب می‌کنند. نوع آسیاب به مواد رنگ‌دانه بستگی دارد. معمولاً باید آسیابی را در نظر گرفت که ذرات رنگ‌دانه و پرکننده‌ها را به خوبی نرم و ریز کند. در ادامه این مرحله و پیش از مرحله دوم از خمیر رنگ آسیاب‌شده نمونه‌گیری کرده و در آزمایشگاه کارخانه میزان نرمی^۲ (دانه‌بندی) آن را ارزیابی می‌کنند. درجه نرمی باید با شرایط استاندارد مطابقت داشته باشد، در غیر این صورت لازم است خمیر تهیه شده دوباره آسیاب شود.

۲- مرحله تکمیل و اصلاح رنگ: این مرحله در یک همزن انجام می‌شود. سایر مواد از قبیل باقیمانده رزین و حلال و نیز مواد افزودنی مورد نیاز در این مرحله اضافه می‌شوند. برای تنظیم رنگ (فام) از خمیرهایی که درصد رنگ‌دانه بالایی دارد و مادر رنگ نامیده می‌شود، به محصول اضافه می‌شود. این کار آنقدر با مادر رنگ‌های مختلف انجام می‌شود تا فام دلخواه به دست آید. این عمل را رنگ‌آرایی^۳ می‌گویند. در این مرحله نیز آزمایش‌هایی در قسمت تولید و یا کنترل کیفیت صورت می‌گیرد که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از: تعیین چگالی، غلظت، نرمی، براقیت^۴، چسبندگی، سختی، خشک شدن، شره کردن^۵ و ضربه‌پذیری.

۳- مرحله پرکردن و بسته‌بندی: رنگ تولیدشده پس از تأیید کیفیت، در ظروف مورد نظر (قوطی، حلب، سطل، بشکه) بسته‌بندی و توزین می‌گردد و پس از نصب برچسب مشخصات به انبار فرستاده می‌شود.

۱- Mixer

۲- Fineness

۳- Tint, Coloring

۴- Gloss

۵- Flowing, Running



تفاوت اساسی بین دو واژهٔ coating و painting چیست؟

آزمایش‌های رنگ

آزمایش‌هایی که جهت ارزیابی عملکرد رنگ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند متعدد و متنوع می‌باشند. تعیین آزمایش‌های ضروری برای یک نمونهٔ رنگ یا سامانهٔ پوششی (مجموعهٔ چند رنگ) به عوامل زیر بستگی دارد:

- نوع سطحی که رنگ بر روی آن اعمال می‌شود؛
- شرایط محیطی موردنظر؛
- طول عمری که از رنگ برای محافظت سطح انتظار می‌رود.

به‌طور کلی آزمایش‌های رنگ به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- ۱) آزمایش‌های مربوط به رنگ مایع
- ۲) آزمایش‌های مربوط به فیلم تر رنگ
- ۲) آزمایش‌های مربوط به فیلم خشک رنگ



- آزمون‌های مربوط به رنگ‌ها، در زیر هود یا جایی که دارای هواکش مناسب باشد، انجام گیرد.
- آزمون‌ها ترجیحاً در محیطی با دمای $25 \pm 5^\circ\text{C}$ و رطوبت نسبی 50 ± 5 صورت گیرد.
- از دستکش مرغوب استفاده شود. برای رنگ‌های صنعتی عینک و ماسک نیز توصیه می‌شود.
- از انجام آزمایش‌ها در کنار شعله خودداری شود.



به هیچ عنوان مواد اضافی و دورریز، به خصوص مواد شست‌وشو، در فاضلاب تخلیه نشود، بلکه در ظرف جداگانه‌ای جمع‌آوری گردد. بدیهی است با رعایت اصول ایمنی و زیست‌محیطی باید نسبت به بازیافت و یا انهدام این مواد اقدام کرد..

آزمایش‌های مربوط به رنگ مایع

به نظر شما، نشانه‌های سالم بودن و قابل مصرف بودن رنگ‌ها کدام است؟





تعیین نوع و درجه ته نشینی رنگ

مواد و وسایل مورد نیاز	
همزن مخصوص ^۱	رنگ روغنی یک کیلو
ظرف مخصوص	رنگ غنی از روی ^۲ یک کیلو
تینر ^۳	رنگ آلومینیمی یک کیلو

روش آزمایش :

- در قوطی رنگ را باز کنید و مطابق جدول زیر به بررسی ته نشینی آن بپردازید.
- در صورت دسترسی به دو نمونه دیگر رنگ، امکان مقایسه بهتری فراهم می گردد.

بررسی ته نشینی رنگ مطابق استاندارد ASTM D-۸۶۹

وضعیت رنگ	نوع ته نشینی ^۴
در رنگ دو فاز مایع و جامد به وجود نیامده است و رنگ شرایط اصلی و اولیه را حفظ کرده است.	۱۰
مقدار کمی رسوب ایجاد شده است. میله همزن با وزن خود داخل رسوب فرومی رود و هیچ گونه مقاومتی در برابر حرکت آن در رنگ دیده نمی شود.	۸
میله همزن با وزن خود داخل رسوب فرومی رود و مقاومت کمی در حرکت آن در داخل رنگ مشاهده می گردد. قسمت هایی از رسوب نیز به وسیله همزن کنده می شود.	۶
میله همزن با وزن خود داخل رسوب فرو نمی رود. حرکت آن در جهت پهن مشکل است، ولی در امتداد ضخامت آن، مقاومت کمی مشاهده می شود. در عین حال رنگ به آسانی یکنواخت می شود.	۴
میله همزن با فشار و سختی داخل رسوب می رود. حرکت آن در رنگ خیلی مشکل است، اما به هر ترتیب رنگ با کمک دست یکنواخت می شود.	۲
با کمک دست و حرکت میله همزن نمی توان رنگ را یکنواخت کرد.	۰

۱- Spatula این همزن دارای وزن ۴۵ گرم بوده و تیغه آن به شکل مربع و مستطیل و ابعاد ۱۲۵×۲۰ میلی متر می باشد.

۲- Zinc Rich

۳- حلالی است که برای رقیق کردن رنگ های پایه روغنی به کار می رود هم چنین می توان برای پاک کردن بخش هایی که

۴- Rate.No

رنگ آلود شده اند نیز به کار رود.

نکته



تحقیق کنید
۱۲



بلافاصله پس از تمام شدن آزمایش، وسایل مورد استفاده با حلال مناسب شسته شود.

حلال تینر فوری و روغنی چه نوع ترکیب شیمیایی هستند؟ چه تفاوت و چه کاربردهایی دارند؟

فعالیت عملی ۹

بررسی وضع ظاهری رنگ در قوطی یا ظرف مربوطه

مواد و وسایل مورد نیاز	
همزن شیشه‌ای	رنگ روغنی استفاده نشده یک قوطی
	تینر

روش کار:

- در قوطی رنگ را باز کنید. رنگ باید فاقد پوسته (رویه) باشد. رسوب آن نیز باید در حدی باشد که با همزدن، رنگ به صورت کاملاً یکنواخت درآید.
- ضمناً هیچ گونه علائمی از فساد رنگ، شامل بوی نامطبوع و زنده، کپک‌زدگی، ژله‌ای شدن و تجمع رنگ‌دانه نباید در آن مشاهده نشود.

فعالیت عملی ۱۰



رویه بستن

مواد و وسایل مورد نیاز	
همزن شیشه‌ای	رنگ روغنی حدود یک لیتر
آون یا محیطی با دمای 40°C	تینر
یک قوطی خالی یک لیتری با در مناسب	

روش کار:

- $3/4$ قوطی خالی را از رنگ مورد نظر پر کنید و در آن را محکم ببندید. سپس به مدت ۴۸ ساعت آن را در دمای 40°C قرار دهید.
- پس از گذشت این زمان رنگ را از نظر وضع ظاهری بررسی کنید. رنگ نباید رویه بسته باشد.



تعیین گران روی

مواد و وسایل مورد نیاز	
مقداری رنگ	چند فنجان ^۱ مخصوص اندازه‌گیری با نازل‌های مختلف
تینر	همزن شیشه‌ای
	زمان سنج

مطابق شکل ۱۶، وسایل اندازه‌گیری گران روی رنگ را آماده کنید.

روش کار:

- ۱ رنگ را کاملاً یکنواخت کنید.
 - ۲ سوراخ نازل یکی از فنجان‌ها را با انگشت بگیرید آن را از رنگ مورد نظر پر کنید؛ به طوری که با گذاشتن درپوش مربوط، رنگ اضافی از فنجان جدا شود.
 - ۳ همزمان با رها کردن انگشت، زمان سنج را به کار اندازید.
 - ۴ به محض آنکه جریان ریزش رنگ (به صورت سیلان) قطع شد، زمان سنج را متوقف کنید و زمان سیلان را بر حسب ثانیه یادداشت کنید.
- شکل ۱۶، کاپ‌های اندازه‌گیری گران روی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶- فنجان‌های مختلف اندازه‌گیری گران روی

معمولاً برای اعمال رنگ به روش‌های مختلف، گران روی مشخصی از رنگ مورد نیاز است. چگونه می‌توان گران روی مناسب را در کاربردهای مختلف رنگ ایجاد کرد؟

پرسش ۱۰

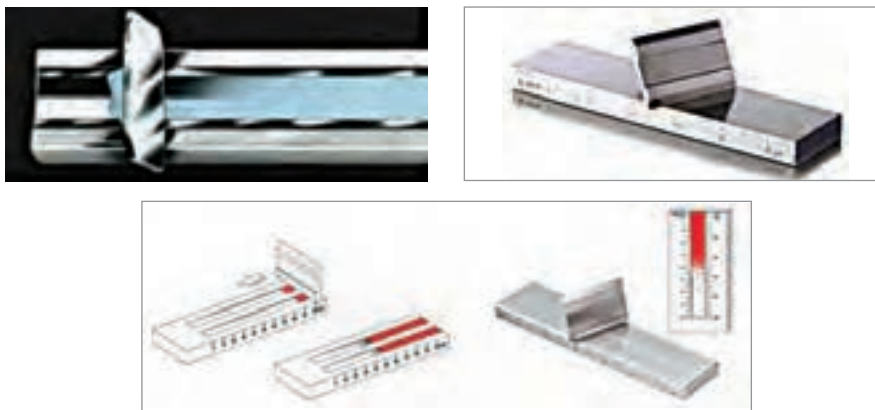




تعیین دانه‌بندی (اندازه‌گیری درجهٔ پخش شدن رنگدانه‌ها)

مواد و وسایل مورد نیاز	
رنگ	وسیلهٔ اندازه‌گیری مربوط به نام گریندومتر ^۱
تینر	همزن شیشه‌ای

برای تعیین دانه‌بندی و اندازه‌گیری درجهٔ پخش شدن رنگ‌دانه‌ها در رنگ از وسیله‌ای به نام گریندومتر استفاده می‌شود. گریندومتر از یک صفحهٔ فلزی مکعب مستطیل تشکیل شده است که در سطح آن دو شیار طولی دیده می‌شود. عمق این شیارها از یک طرف به طرف دیگر اضافه شده و از صفر تا صد میکرون درجه‌بندی شده است. یک تیغهٔ فلزی لبه‌تیز نیز، برای کشیدن رنگ بر روی شیارها وجود دارد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- وسیلهٔ اندازه‌گیری دانه‌بندی رنگ تر

روش کار:

- ۱ ابتدا گریندومتر را به صورت افقی قرار داده و چند قطره از رنگ مورد نظر را در قسمت عمیق در شیار قرار دهید.
- ۲ سپس رنگ را با تیغهٔ مربوط در طول دو شیار بکشید.
- ۳ پس از پهن شدن رنگ، بلافاصله گریندومتر را در مقابل نور (ترجیحاً مهتابی) قرار دهید و اندازهٔ ذرات رنگ‌دانهٔ موجود در رنگ را در مقطع شیارها مشخص کنید.
- ۴ هر جا که تجمع رنگ‌دانه‌ها بیشتر بود، عدد مربوط به آن ناحیه نشان‌دهندهٔ اندازهٔ ذرات جامد در رنگ است.

پرسش ۱۱



الف) اهمیت انجام این آزمایش در رنگ‌ها چیست؟

ب) اگر درجهٔ دانه‌بندی بزرگ‌تر از استاندارد باشد، چه علتی دارد و چه مشکلی در فیلم رنگ ایجاد می‌کند؟

فعالیت عملی ۱۳



سازگاری با رقیق کننده

مواد و وسایل مورد نیاز	
رنگ	یک ظرف مناسب ترجیحاً شیشه‌ای و مدرج
رقیق کننده یا حلال مناسب	همزن شیشه‌ای

روش کار:

- سه حجم رنگ مورد نظر را در ظرف بریزید سپس یک حجم رقیق کننده مربوط را به آرامی (ضمن همزدن) به آنها اضافه کنید و در ظرف را ببندید.
- پس از گذشت ۲۴ ساعت در ظرف را باز کنید.
- در رنگ رقیق شده نباید هیچگونه رسوب، جدایی رنگ دانه و رنگ پایه و تشکیل فازهای مختلف مشاهده شود.

فعالیت عملی ۱۴



تعیین میزان پوشانندگی رنگ (قدرت اختفا یا پنهان کنندگی)^۱

مواد و وسایل مورد نیاز	
رنگ	فیلم کش (اپلیکاتور)
تینر	همزن
کاغذ شطرنجی با خانه‌های سیاه و سفید	

روش کار:

- رنگ را کاملاً یکنواخت کنید.
- مطابق شکل ۱۸، فیلم کش مناسبی را با ضخامت‌های متفاوت بر روی کاغذ شطرنجی قرار دهید و داخل آن را از رنگ مورد نظر پر کنید. سپس به آهستگی فیلم کش را بر روی کاغذ عبور دهید. ضخامتی از رنگ را، که در آن خانه‌های سیاه و سفید قابل تمایز نباشد، مشخص کنید.
- این ضخامت با عنوان قدرت پوشانندگی یا اختفای رنگ در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۱۸- دو نمونه فیلم کش رنگ

آزمایش‌های مربوط به فیلم تر رنگ

فعالیت کارگاهی ۱۵



اندازه‌گیری ضخامت فیلم تر

مواد و وسایل مورد نیاز	
صفحات فولادی یا شیشه‌ای	رنگ
همزن	تینر
	شانه ^۱ مخصوص ^۱

روش کار :



شکل ۱۹- شانه^۱ مخصوص اندازه‌گیری ضخامت فیلم تر رنگ

- ۱ رنگ یکنواخت شده را بر روی سطح مناسبی (شیشه یا فلز) اعمال کنید.
- ۲ مطابق شکل ۱۹، شانه^۱ مخصوص را به صورت عمودی روی فیلم تر رنگ قرار دهید. این شانه دارای دندان‌هایی است که دندان‌های اول و آخر یکسان‌اند، اما سایر دندان‌ها کوتاه و بلند هستند و اختلاف طول آنها در بعضی نمونه‌ها یک میلی‌متر است.
- ۳ با قرار دادن شانه، دندان‌های آن که با فیلم تماس پیدا می‌کند، ضخامت آن را مشخص می‌کند.
- ۴ با تمیز کردن شانه این کار را می‌توان در قسمت‌های دیگر فیلم تکرار کرد و میانگین ضخامت فیلم تر را به دست آورد. این روش برای اندازه‌گیری‌های تقریبی استفاده می‌شود.

۱- Wet Film comb

فعالیت عملی ۱۶



مقاومت در برابر شره کردن و موجی شدن رنگ

مواد و وسایل مورد نیاز	
صفحات فولادی یا شیشه‌ای	رنگ
همزن	تینر
	شانه یا تیغه مخصوص

روش کار :

- ۱ رنگ را کاملاً یکنواخت کنید، سپس به روش برس کشی یا پاششی، آن را (با ضخامت مشخص) بر روی ورقه‌های آماده شده و تمیز اعمال کنید.
- ۲ شانه مخصوص را بر روی فیلم تر بکشید. قطعات باریکی با عرض مشخص بر روی فیلم ایجاد می‌شود.
- ۳ ورقه را بلافاصله به حالت عمود بر شیارها قرار دهید. در صورتی که رنگ مشکل شره کردن یا موجی شدن را داشته باشد، جاری می‌شود و سرتاسر باریکه‌های بدون رنگ (شیارها) را می‌پوشاند.

فعالیت عملی ۱۷



ضرورت آماده‌سازی سطح قبل از اعمال رنگ

مواد و وسایل مورد نیاز	
چند عدد سنباده با زبری‌های مختلف	۶ قطعه ورقه فولادی به اندازه ۱۵×۱۰ سانتی متر و ضخامتی حدود ۱ تا ۲ میلی‌متر

روش کار :

- ۱ یک ورقه زنگ‌زده را کنار بگذارید و بر روی آنها هیچ اقدامی انجام ندهید.
- ۲ یک ورقه دیگر را با سنباده، کمی تمیز کنید؛ به طوری که سطح کاملاً سفید و یک‌دستی ایجاد نشود.
- ۳ سطوح سه ورقه دیگر را جداگانه با سنباده‌های متفاوت کاملاً تمیز کنید. این کار برای ۳ نوع سنباده با زبری مختلف انجام شود.
- ۴ سطح یک ورقه دیگر را با سنباده کاملاً تمیز کنید. سپس آن را برای دقایقی در محیط مرطوب قرار دهید و یا سطح آن را کمی خیس کنید.
- ۵ بر روی کلیه ورقه‌های فوق، رنگ مورد نظر را به‌طور یکسان اعمال کنید و پس از یک هفته، به بررسی چسبندگی فیلم رنگ‌ها بپردازید.



به نظر شما در کدام ورقه چسبندگی رنگ بیشتر و در کدام نمونه رنگ کمترین چسبندگی را خواهد داشت؟

فعالیت کارگاهی ۱۸



اندازه‌گیری زمان خشک‌شدن سطحی فیلم رنگ

آزمایش ۱:

مواد و وسایل مورد نیاز	
ورقه فولادی یا شیشه‌ای	رنگ
همزن	تینر
وزنه ۵۰۰ گرمی	ترازو

روش کار:

- ۱ بر روی صفحه آماده‌شده‌ای، قشری از رنگ با ضخامت مناسب (دلخواه) اعمال کنید.
- ۲ ساعاتی بعد، پس از آنکه بر اثر تماس، رنگ به دست نچسبید، صفحه را داخل کفه ترازویی قرار دهید و در کفه دیگر با فشار دادن انگشت دست، نیرویی معادل ۵۰۰ گرم بر روی قشر رنگ وارد کنید.
- ۳ زمانی که با این فشار اثری از خطوط انگشت بر روی فیلم دیده نشود، خشک‌شدن سطحی در فیلم صورت گرفته است. این زمان را یادداشت کنید.

آزمایش ۲:

مواد و وسایل مورد نیاز	
ورقه فولادی یا شیشه‌ای	رنگ
الک ۳۰۰ و ۱۵۰ میکرونی	تینر
قلم‌مو	پودر کلسیم کربنات

روش کار:

- ۱ پودر کلسیم کربنات را الک کنید تا درشتی ذرات آن بین ۱۵۰ الی ۳۰۰ میکرون شود (از الک ۳۰۰ میکرونی قابل عبور باشد، ولی از الک ۱۵۰ میکرونی رد نشود).
- ۲ سپس آن را بر روی قشر رنگی که پیش‌تر اعمال کرده‌اید، بپاشید (زمانی که احساس می‌کنید خشک شدن سطحی اتفاق افتاده است). پس از مدتی پودرها را با قلم‌موی تمیز از روی سطح فیلم پاک کنید.
- ۳ خشک شدن سطحی زمانی اتفاق می‌افتد که پودر کلسیم کربنات کاملاً از سطح فیلم جدا شود و این عمل لطمه‌ای به قشر رنگ وارد نکند.

فعالیت عملی ۱۹



تعیین خشک شدن کامل

مواد و وسایل مورد نیاز	
وزنه ۲ کیلوگرمی	ورقه رنگ‌شده
	ترازو

روش کار:

- ۱ صفحه رنگ‌شده را در یک کفه ترازو قرار دهید. در کفه دیگر، هم وزن آن وزنه بگذارید.
 - ۲ سپس در کفه‌ای که وزنه گذارده‌اید وزنه دیگری به وزن ۲ کیلوگرم اضافه کنید.
 - ۳ در مرحله بعد، با انگشت دست، روی صفحه رنگ‌شده فشار دهید تا هر دو کفه برابر شود. به مدت یک دقیقه ترازو را به همان وضع نگهدارید، سپس آن را به آرامی رها کنید.
 - ۴ هیچ اثری از انگشت نباید روی قشر رنگ باقی مانده باشد. می‌توان به جای انگشت پارچه‌ای را روی فیلم رنگ قرار داد و سپس وزنه ۲ کیلوگرمی را روی پارچه گذاشت. در این حالت نیز نباید هیچ‌گونه اثری از خطوط پارچه بر روی قشر رنگ باقی مانده باشد.
- برای اعمال رنگ وسایل مختلفی وجود دارد که با توجه به سطح موردنظر می‌توان وسیله مناسب را انتخاب کرد.

در مورد وسایل مختلف اعمال رنگ تحقیق کنید و جدول زیر را کامل کنید.

تحقیق کنید
۱۳



مقایسه وسایل اعمال رنگ		
تصویر	ویژگی‌ها و نکات مهم	وسایل اعمال رنگ
		قلم مو
		رنگ پاش
		رنگ پاش
		غلطک

آزمایش‌های فیلم خشک رنگ

فعالیت عملی ۲۰



تعیین برآقیت

فیلم‌های رنگ می‌توانند برآقیت‌های متفاوتی بین دو حالت بسیار برآق (بازتاب نور ۹۸ تا ۱۰۰٪) و مات (بازتاب نور صورت نمی‌گیرد) داشته باشند. برای تشخیص رنگ‌ها غالباً از این دسته‌بندی استفاده می‌شود: رنگ‌های بسیار برآق، رنگ‌های نیمه‌برآق، رنگ‌های برآق پوست تخم‌مرغی و رنگ‌های مات پوست تخم‌مرغی استفاده می‌شود.

مواد و وسایل مورد نیاز	
دستگاه برآقیت سنج	صفحه پوشش داده شده شیشه‌ای

روش آزمون:

- ۱ ابتدا رنگ مورد نظر را با ضخامت یکسان و یکنواخت به وسیله فیلم کش روی سطح شیشه‌ای صاف اعمال کنید.
 - ۲ ۲۴ ساعت برای خشک شدن آن فرصت دهید.
 - ۳ توسط دستگاه برآقیت سنج، میانگین برآقیت آن را مشخص کنید. معمولاً برای اندازه‌گیری برق فیلم رنگ‌های بسیار برآق، از زاویه ۶۰ درجه استفاده می‌شود.
- در شرایط عادی نقاش با مخلوطی از رنگ‌های برآق و مات، برآقیت مورد نظر را به دست می‌آورد.



شکل ۲۰- دو نمونه دستگاه برآقیت سنج رنگ

فعالیت عملی ۲۱



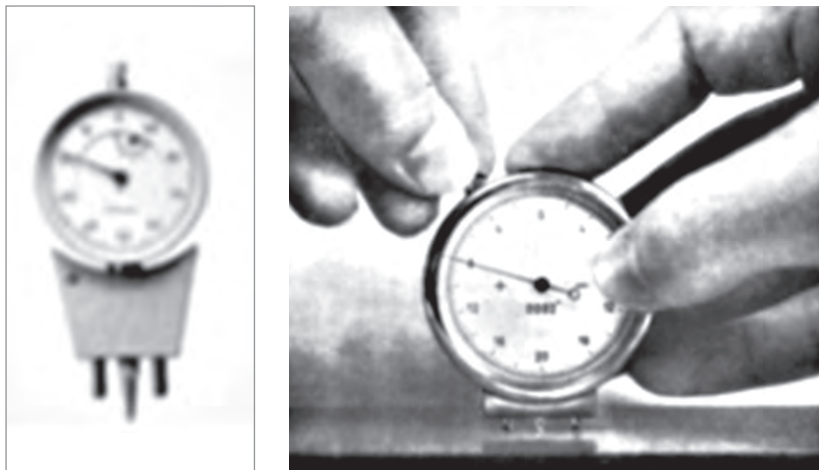
اندازه‌گیری ضخامت فیلم خشک

مواد و وسایل مورد نیاز	
ضخامت سنج انگشتی	تعدادی ورقه فلزی پوشش داده شده
	ضخامت سنج دیجیتال

روش آزمون

روش تخریبی:

- ۱ مطابق شکل ۲۱، دستگاه ضخامت سنج فیلم خشک رنگ، دارای ۲ پایه است که بر روی فیلم رنگ قرار می‌گیرند. میله‌ای در وسط این دو پایه وجود دارد که به صفحه مدرجی متصل است. برای تنظیم دستگاه میله را روی شیشه قرار دهید. در این حالت عقربه باید عدد صفر را نشان دهد.
- ۲ به مقدار لازم فیلم را از سطح جدا کنید و میله را در آن قسمت قرار دهید تا با سطح زیرین فیلم در تماس باشد (پایه‌ها باید بر روی فیلم قرار داشته باشند). عددی که صفحه مدرج نشان می‌دهد، ضخامت فیلم را مشخص می‌کند. در روش تخریبی می‌توان از میکرومتر و یا میکروسکوپ نیز استفاده کرد.



شکل ۲۱- ضخامت سنج فیلم خشک رنگ (روش تخریبی)

روش غیر تخریبی:

در این رابطه دستگاه‌هایی وجود دارند که با خاصیت مغناطیسی یا الکتریکی آنها می‌توان ضخامت فیلم خشک را بر روی فلزات آهنی و غیرآهنی تعیین کرد. روش تنظیم و طرز کار دستگاه‌ها در کتابچه‌های راهنمای آنها نوشته شده است. گفتنی است معمولاً ضخامت چندین نقطه را مشخص کرده و میانگین آنها را منظور می‌کنند. شکل ۲۲ دو نوع ضخامت‌سنج را نشان می‌دهد.

نکته

برای اندازه‌گیری ضخامت اطراف و کناره‌های ورقه‌ها را در نظر نمی‌گیرند.



شکل ۲۲- انواع ضخامت‌سنج فیلم خشک رنگ (غیر تخریبی)

کدام روش اندازه‌گیری ضخامت خشک رنگ بیشتر کاربرد دارد؟ علت را بیان کنید.

پرسش ۱۳



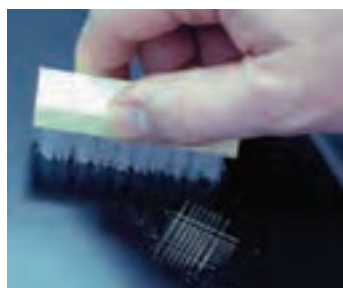


تعیین چسبندگی فیلم خشک به روش برش متقاطع یا صلیبی

مواد و وسایل مورد نیاز	
چسب استاندارد پرماسل ۹۹	تعدادی ورقه فلزی پوشش داده شده با ضخامت‌های متفاوت
کاتر مخصوص یک و دو میلی متری	برش مخصوص

روش آزمایش :

- ۱ ورقه پوشش داده شده، به ضخامت فیلم خشک حداکثر ۵۰ میکرون را انتخاب کنید.
- ۲ مطابق شکل ۲۳، بر روی ورقه با کاتر مخصوص^۱ یک میلی متری دو بار به صورت عمود بر هم خراش ایجاد کنید تا ۲۵ مربع یک میلی متری ایجاد شود.
- ۳ برس مربوط دستگاه را به آرامی بر روی خراش‌ها بکشید، سپس چسب نواری مخصوص را بر روی مربع‌های تشکیل شده قرار دهید. طول چسب را حدود ۷ سانتی متر در نظر بگیرید، سپس با پاک کن حدود ۳۰ ثانیه بر روی چسب مالش دهید.
- ۴ حداکثر ۲ دقیقه بعد یک طرف نوار را برگردانید و به حالت موازی با سطح ورقه، آن را از خراش‌ها جدا کنید. مقدار رنگ جدا شده از سطح (که به چسب چسبیده است) کاهش چسبندگی را نشان می‌دهد.
- ۵ نتایج آزمون چسبندگی را مطابق استاندارد ASTM D-۳۳۵۹ و بر اساس جدول ۶ بررسی نمایید و گزارش کنید.



شکل ۲۳- مراحل انجام آزمایش چسبندگی به روش صلیبی

چسبندگی مطلوب ۵B است و به طور معمول چسبندگی کمتر از ۴B در بسیاری از استانداردها مورد پذیرفته نمی‌شود.



جدول ۶- نتایج آزمایش چسبندگی رنگ بر اساس استاندارد ASTM-۳۳۵۹

Classification	% of Area Removed	Surface of Cross-cut Area From Which Flaking has Occured for 6 Parallel Cuts & Adhesion range by %
5B	0% None	
4B	Less than 5%	
3B	5 - 15%	
2B	15 - 35%	
1B	35 - 65%	
0B	Greater than 65%	



اندازه‌گیری سختی فیلم خشک رنگ

مواد و وسایل مورد نیاز

چند ورقه فلزی رنگ شده با ضخامت‌های متفاوت	مدادهای مخصوص با سختی متفاوت
---	------------------------------

روش آزمایش:

ساده‌ترین روش اندازه‌گیری سختی فیلم خشک استفاده از مدادهایی است که سختی آنها از ۶H به ۴B کاهش می‌یابد. انجام آزمون بدین‌گونه است که مدادهای مختلف به‌صورت جداگانه روی سطح فیلم کشیده می‌شوند. این کار تا زمانی ادامه می‌یابد که یکی از مدادها بتواند خط سیاهی روی فیلم رنگ ایجاد کند. سختی مداد مورد استفاده، نشان‌دهنده سختی فیلم است (شکل ۲۴-الف).

روش دیگری که برای تعیین سختی فیلم خشک رنگ در آزمایشگاه‌های مجهز به کار می‌رود، استفاده از آونگ‌های مخصوص است. در این روش سختی رنگ با استفاده از خاصیت تلف شدن انرژی در اثر نوسان آونگ مشخص می‌شود (شکل ۲۴-ب).



ب) سختی سنج پاندولی



الف) سختی سنج مدادی

شکل ۲۴- دو نوع سختی سنج فیلم خشک رنگ

- ۱ هدف از انجام عملیات آبکاری چیست؟ ۵ مورد را با ذکر مثال برای هر کدام بنویسید.
- ۲ قسمت‌های مختلف یک دستگاه آبکاری را نام ببرید.
- ۳ نقش‌های آند در آبکاری را نام ببرید و در مورد هر کدام توضیح دهید.
- ۴ چگونه می‌توان یک قطعه نارسانا را به روش آبکاری پوشش داد؟
- ۵ شدت جریان حد را تعریف کنید. اگر در یک عملیات آبکاری شدت جریان اعمال شده برابر یا بیشتر از جریان حد باشد، کیفیت پوشش به دست آمده چگونه خواهد بود؟
- ۶ اجزای تشکیل دهنده یک حمام آبکاری را نام ببرید.
- ۷ انواع عملیات آماده‌سازی را نام ببرید.
- ۸ علت انجام عملیات اسیدشویی را توضیح دهید.
- ۹ نقش یون‌های کلر در آبکاری نیکل را بنویسید.
- ۱۰ از یک محلول نقره‌نیترات جریان ۰/۰۵ آمپر به مدت ۳۰ دقیقه عبور می‌کند. در صورتی که بازده کاتد صددرصد باشد، چند گرم نقره در کاتد رسوب می‌کند؟ جرم اتمی نقره ۱۰۸ است.
- ۱۱ در یک تانک آبکاری روی، کل مساحت پوششی ۱/۵ متر مربع و متوسط ضخامت پوشش ۲۵ میکرون است. اگر شدت جریان در مدت ۱۵ دقیقه به‌طور متوسط ۱۰۰۰ آمپر باشد، بازده کاتد را به دست آورید. جرم اتمی روی ۶۵ و چگالی آن ۷/۱۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.
- ۱۲ در آبکاری مس جریان ۱۵ آمپر از داخل محلول مس سولفات عبور می‌کند و مس بر روی قطعه کار که مساحت مجموع آنها ۱۰۰۰ سانتی‌متر مربع است، می‌نشیند. اگر بازده کاتد صددرصد باشد، چه مدت باید عملیات آبکاری را ادامه داد تا ضخامت پوشش $5\mu\text{m}$ شود؟ جرم اتمی مس ۶۳/۵ و چگالی آن $\frac{8}{93}\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ است.
- ۱۳ هر یک از واژه‌های زیر را توضیح دهید:
الف) کفی ب) براقی پ) نرمکن ت) حکاکی شیمیایی
- ۱۴ در یک آبکاری، قطعه‌ای به مساحت یک مترمربع توسط روی پوشش داده شده است. اگر ضخامت متوسط پوشش ۲۰ میکرون باشد، چند گرم فلز بر روی سطح قطعه نشسته است؟ چگالی روی $\frac{7}{14}\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ است.
- ۱۵ پتانسیل کاهش کروم در محلول ۰/۰۰۱ مولار حاوی یون‌های Cr^{3+} چند ولت است.
- ۱۶ اگر اجرای رنگ رویه (به هر دلیل) پس از یک سال از اجرای لایه آستری (ضد زنگ) صورت گیرد، چه کارهایی جهت چسبندگی بهتر آن باید انجام داد؟
- ۱۷ آثار موج یا غیریکنواخت بودن رنگ به هنگام رنگ‌آمیزی در منزل چگونه تشخیص داده می‌شود؟
- ۱۸ پنج مورد از نشانه‌های فساد رنگ را نام ببرید.
- ۱۹ آزمایش‌های عمومی برای رنگ‌های مختلف کدام‌اند؟
- ۲۰ در ارزیابی رنگ‌ها معمولاً تأثیرات محیط بر روی آنها مورد توجه قرار می‌گیرد. چند مورد را نام ببرید که تأثیر رنگ بر محیط نیز باید بررسی شود.

ارزشیابی شایستگی انجام عملیات در صنایع پوششی

<p>شرح کار: چگونگی استفاده تجهیزات کارگاهی را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد. هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند. پس از انجام کار، وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.</p>			
<p>استاندارد عملکرد: آماده سازی قطعه و پوشش دهی به روش آبکاری و رنگ طبق دستور کار</p>			
<p>شاخص ها: ■ رعایت مسائل ایمنی حین کار ■ انجام کار طبق دستور کار</p>			
<p>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: شرایط مکان: کارگاه شرایط دستگاه: آزمایشگاه آماده به کار زمان: یک جلسه آموزشی ابزار و تجهیزات: وسایل ایمنی شخصی، تجهیزات کارگاهی - وان آبکاری - لوازم آزمایش های رنگ (گریندومتر - ضخامت سنج - ...)</p>			
<p>معیار شایستگی:</p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی قطعه پیش از پوشش	۱	
۲	آبکاری قطعات	۲	
۳	پوشش دهی با اعمال رنگ	۲	
۴			
<p>شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲- نگرش: صرفه جویی در مواد مصرفی ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی های غیر فنی: ۱- اخلاق حرفه ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کار بست ریاضی ۵- مستند سازی: گزارش نویسی</p>			
<p>میانگین نمرات</p>			
<p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.</p>			