

## فصل ۵

خوردگی و پوشش دهی

## جلسه بیست و پنجم: تعاریف خوردگی - معایب و مزایای خوردگی در صنعت - انواع خوردگی - خوردگی پیچ فولادی

### واحد یادگیری: خوردگی

#### مقدمه

برای شروع تدریس بخش خوردگی ابتدا مقدمه‌ای از خوردگی را بیان نمایید و تأثیر خوردگی در صنعت و کارخانجات، میزان خساراتی که می‌تواند یک حادثه خوردگی ایجاد کند و یا مزایایی که از خوردگی در صنعت استفاده شده است را بیان نمایید. تصاویر و فیلم‌هایی از خوردگی در صنعت را نمایش دهید. از هنرجویان در رابطه با خوردگی سؤالاتی بپرسید برای مثال آیا زنگ زدن برخی از فلزات خوردگی محسوب می‌شود؟ چرا برخی از فلزات زودتر و برخی دیرتر و با سرعت‌های مختلف خورده می‌شوند؟ آیا محیط پیرامون مواد می‌تواند در خوردگی آنها تأثیرگذار باشد؟ چرا در برخی فلزات مثل طلا خوردگی اتفاق نمی‌افتد؟ و سؤالات انگیزشی دیگر به نحوی که توجه هنرجویان را جلب کند.

درباره روش‌های پیشگیری انواع خوردگی توضیحاتی داده و سؤال بپرسید و سعی کنید توجه هنرجویان را به نحوی جلب نمایید تا سؤالاتی هم از طرف آنها مطرح شود و با انگیزه بالا وارد بحث خوردگی شوند. سپس از دیگر هنرجویان بخواهید تا پاسخ را پیدا کنند و در نهایت با توضیحات کامل خود، پاسخ صحیح را بدهید.

#### خوردگی

ابتدا در کلاس درس مجهز به پروژکتور، مقدمه‌ای از خوردگی در صنعت و محیط پیرامون خود برای هنرجویان بیان نمایید. چند نمونه از مواد تحت فرایند خوردگی موجود در کارگاه مثل مواد زنگ زده یا مواد پوسیده شده را نشان دهید و چند تصویر از محیط‌های صنعتی که فرایندهای خوردگی در آن اتفاق افتاده است مثل نشان دادن قطعات و دستگاه‌ها یا سازه‌های موجود در صنایع مختلف، تا با دید صنعتی مشکلات خوردگی آشنایی پیدا کنند. با طرح سؤالاتی درباره خوردگی ذهن هنرجویان را برای درک بهتر مطالب آماده‌سازید. سؤالاتی نظیر: چرا مواد فلزی در محیط خورده می‌شوند؟ دلیل اصلی خورده شدن فلزات چیست؟ آیا تمامی فلزات خورده می‌شوند؟ آیا طلا خورده می‌شود؟ دلیل آن چیست؟ آیا تمامی فلزات با یک سرعت خورده می‌شوند؟ چرا وقتی دو فلز با جنس متفاوت در کنار هم قرار می‌گیرد یکی خورده می‌شود و دیگری سالم می‌ماند؟ آیا فولاد در

محیط‌های آبی سریع‌تر از بین می‌رود یا در هوا؟ چرا بعضی از سازه‌ها در صنعت به طور کامل و از تمامی سطح خورده می‌شوند ولی برخی دیگر تنها از قسمتی از سطح آن خورده می‌شود؟ کدام یک از آنها در صنعت می‌تواند مشکل‌ساز باشد؟ و سؤالاتی دیگر. درباره اثرات زیان‌بار و مفید خوردگی از هنرجویان سؤالاتی بپرسید و در نهایت با توضیحاتی کامل آنها را با فرایند خوردگی بیشتر آشنا کنید. حال در مورد تمامی آنها در کلاس بحث و گفت‌وگو کنید و از هنرجویان بخواهید تا از متن کتاب جواب‌ها را پیدا کنند.

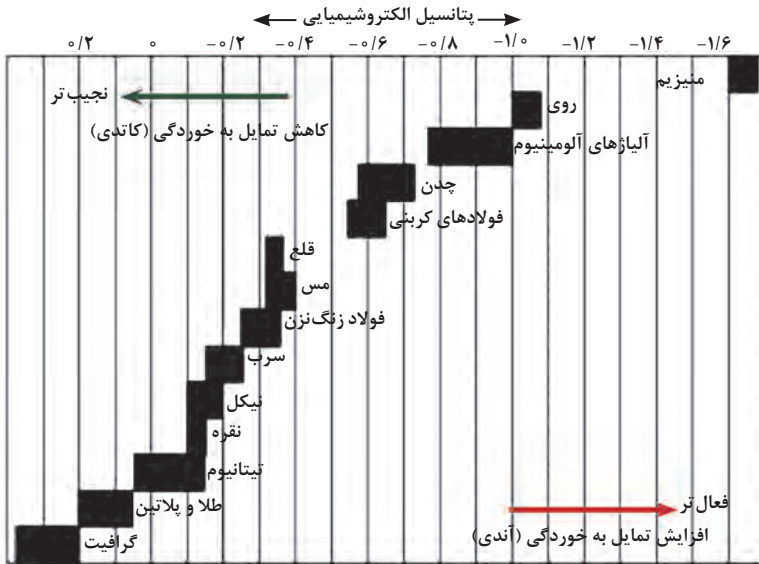
سپس با توضیحات خود، جواب صحیح را به هنرجو بدهید. این امر باعث خواهد شد که فضای رقابتی بین هنرجویان ایجاد شود به نحوی که بخواهند اطلاعات خود را به رخ یکدیگر بکشند و با هدایت شما این فضا به فضای بحث و تبادل نظر تبدیل شود.

تعاریف مختلفی برای خوردگی آورده شده است، از هنرجویان بخواهید تا با توجه به توضیحات داده شده خوردگی را تعریف نمایند که هر کدام تعاریفی خواهند گفت با ایراد یا بدون ایراد، بنابراین اجازه دهید ذهن آنها برای پذیرش کامل و صحیح تعریف آن آماده شود و سپس تعاریف درست خوردگی را بیان نمایید.

### دانش افزایی

عملاً کلیه محیط‌ها، خورنده محسوب می‌شوند. لیکن قدرت خوردگی محیط‌ها با یکدیگر متفاوت است. محیط‌هایی نظیر: آب‌های تازه و معدنی، رطوبت، اتمسفرهای روستایی و شهری، بخار آب، خاک و مواد آلی دارای خوردگی کمتری هستند. اما محیط‌هایی نظیر: آب‌های نمک‌دار، اتمسفرهای صنعتی، گازهای حاصل از احتراق، اسیدها و برخی از مواد معدنی دارای خوردگی زیادی می‌باشند. مواد غیر فلزی مانند سرامیک‌ها معمولاً خوردگی الکتروشیمیایی ندارند اما ممکن است تحت حمله شیمیایی قرار گیرند. همچنین پلیمرها با محلول خورنده تخریب می‌شوند، ممکن است آب جذب کنند و تغییر ابعاد دهند، اثر هم‌زمان اکسیژن و پرتو ماورای بنفش نیز موجب تخریب بعضی پلیمرها می‌شود.

تمایل فلزات مختلف نسبت به از دست دادن الکترون و اکسید شدن متفاوت است. شاخص این تمایل متفاوت، پتانسیل الکتروشیمیایی است که در خصوص تعدادی از عناصر فلزی و آلیاژهای آنها در شکل صفحه بعد نشان داده شده است.



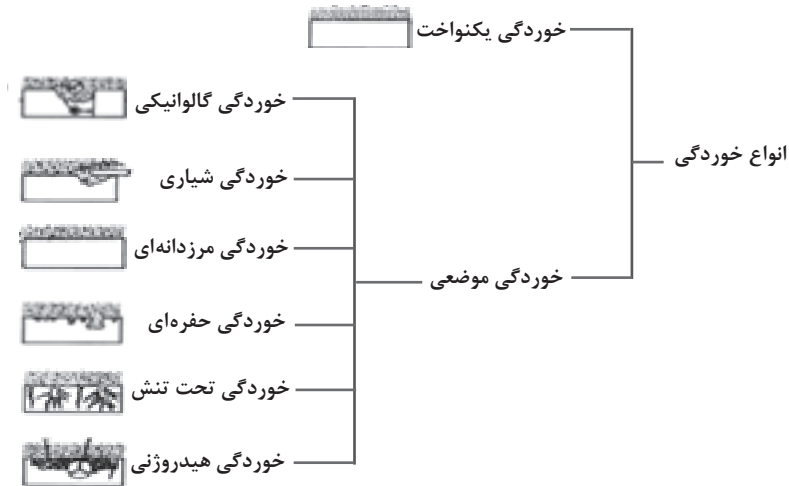
همان‌طور که ملاحظه می‌شود، فلزات و آلیاژهایی با پتانسیل الکتروشیمیایی مثبت‌تر تمایل کمتری نسبت به اکسید شدن و خوردگی دارند (نجیب‌ترند). برعکس فلزات و آلیاژهایی که در بالا و سمت راست شکل قرار دارند، دارای پتانسیل الکتروشیمیایی منفی‌تر می‌باشند؛ یعنی تمایل بیشتری به خوردگی دارند (فعال‌ترند). بنابراین چنانچه دو فلز با جنس متفاوت در محیط مرطوب در تماس با یکدیگر قرار گیرند، فلز فعال‌تر که دارای پتانسیل الکتروشیمیایی منفی‌تر می‌باشد با سرعت بیشتری دچار خوردگی می‌گردد.

### انواع خوردگی

در این قسمت تصاویری از انواع مختلف خوردگی را برای هنرجویان نشان دهید و درباره تفاوت‌های آنها در کلاس بحث کنید. در ابتدا از خوردگی نوع یکنواخت بحث شده که آورده شده است و چند مورد دیگر مثال بزنید. سپس سرعت خوردگی یکنواخت گفته شده است و یک فعالیت عملی برای آن آورده شده است. در مورد علت اینکه چرا برخی از مواد تنها از یک مقطع موضعی دچار خوردگی می‌شوند و مهم‌ترین مشکل خوردگی در صنعت را به خود اختصاص داده‌اند، سؤال بپرسید.

### دانش افزایی

نمودار صفحه بعد دسته‌بندی انواع رایج خوردگی را به طور شماتیکی نشان می‌دهد.



برای درک بهتر هنرجویان، ابتدا در مورد انواع خوردگی موضعی همراه با تصاویر مختلف با استفاده از پروژکتور صحبت نمایید و تفاوت‌ها و دلایل آنها را بیان کنید و از آنها سؤال بپرسید تا وارد بحث شوند. از حوادث مختلف اتفاق افتاده در صنعت و کارخانجات در اثر عدم کنترل خوردگی تصاویر و فیلم پخش کنید تا به درک هرچه بهتر هنرجویان کمک کند.

### خوردگی پیچ فولادی

#### فعالیت کارگاهی ۱



#### خوردگی پیچ فولاد ابزار و تجهیزات

پیچ فولادی خام، ماسک، دستکش، بشر ۲۵۰ CC، پیپت، پیپت پر کن یا پمپ  
مکنده، خشک‌کن، سنباده، اره، اسید کلریدریک

ابتدا نکات ایمنی و نکات زیست محیطی را به‌طور کامل برای هنرجویان بیان کنید. عدم آشنایی کامل آنها با نکات ایمنی می‌تواند خطرات جبران‌ناپذیری داشته باشد حتماً هنگام کار با مواد شیمیایی آنها را کاملاً تحت کنترل داشته باشید. برای مثال در هنگام تهیه محلول‌ها حتماً اسید را به آب اضافه نمایید و به هیچ‌عنوان آب را به اسید اضافه ننمایید که امکان پاشش اسید در این صورت وجود دارد. برای انتقال بهتر این مطلب به هنرجویان می‌توانید با مثالی ساده به آنها بیان نمایید برای مثال در تهیه شربت آلبیمو که در آن آلبیمو را به آب اضافه می‌کنند در اینجا نیز باید اسید را به آب اضافه نمود. در این فعالیت هدف اصلی نشان دادن فرایند خوردگی فولاد می‌باشد تا

هنرجویان بتوانند خوردگی یک پیچ فولادی را مشاهده نمایند. توجه داشته باشید که حتماً از پیچ فولادی خام استفاده نمایید و نمونه بدون پوشش باشد چرا که قدرت خوردگی محیط خورنده نمی‌تواند پیچ با پوشش محافظ را به خوبی تخریب نماید.

با توجه به اینکه در صنعت پوشش‌دهی، از مواد شیمیایی در حجم زیاد استفاده می‌شود از لحاظ اقتصادی از مواد شیمیایی صنعتی استفاده می‌کنند که نسبت به مواد شیمیایی آزمایشگاهی ارزان قیمت بوده ولی غلظت کاملاً مشخصی ندارند. در آزمایشات انجام گرفته در این پودمان نیز بهتر است از مواد شیمیایی صنعتی استفاده شود تا تمامی مواردی که می‌تواند به عنوان ایرادات کاری مواد مورد استفاده باشد، نیز نزدیک به صنعت بوده و بهترین عملکرد از خوردگی و پوشش‌دهی به هنرجویان در مقیاس صنعتی انتقال یابد.

بنابراین ترکیبات محلول و حمام مورد استفاده در فعالیتهای کارگاهی نیز از مواد شیمیایی صنعتی می‌باشد و در تهیه کردن آنها تنها از لحاظ درصد حجمی مورد استفاده از آنها نسبت به کل حجم محلول استفاده می‌شود و نیازی نیست تا از لحاظ نرمال بودن آنها را تهیه کنیم. ولی باید در نظر گرفت که به کیفیت پوشش انجام شده می‌تواند تأثیرگذار باشد. بنابراین نسبت به مواد شیمیایی صنعتی تهیه شده بهترین ترکیب از آن را در نظر گرفته شده است. بهتر است نحوه تهیه محلول نرمال از مواد شیمیایی آزمایشگاهی را برای هنرجویان بیان کنید تا با آن آشنا باشند و تذکر داده شود که به دلیل استفاده از مواد شیمیایی صنعتی که غلظت و خلوص مشخصی ندارند، در صنعت محلول را به صورت درصد حجمی تهیه می‌کنند و در فعالیتهای کارگاهی کتاب نیز با استفاده از مواد اسید و باز صنعتی استفاده می‌شود.

در این آزمایش ابتدا تئوری آزمایش که خوردگی فولاد در داخل اسیدکلریدریک ۱۰٪ می‌باشد گفته شود و سپس هنرجویان به صورت گروهی محلول خورنده اسید کلریدریک را تهیه نمایند و نمونه آماده شده خود را به مدت یک هفته در محلول اسیدی قرار دهند. هفته بعد که جلسه آینده کلاس است نمونه را بردارید و مشاهدات را برای هنرجویان توضیح دهید.

در نهایت گزارش کار آزمایش انجام شده را از هنرجویان تحویل بگیرید.

## دانش افزایی

### محلول سازی

محلول سازی یکی از ابتدایی ترین کارها در آزمایشگاه است که لازمه هر کار آزمایشگاهی است. به همین جهت در اینجا روش های ساده و مختصری در مورد محلول سازی در آزمایشگاه برای شما جمع آوری کرده ام و امیدوارم که مورد استفاده قرار گیرد.

معمولاً در آزمایشگاه محلول ها به صورت غلیظ و با درصد خلوص مشخص و استاندارد وجود دارد و برای تهیه محلول های رقیق تر باید از آنها استفاده کرد.

برای این کار از روابط رقیق سازی استفاده می کنیم:

در رابطه بالا نیاز است که نرمالیه یا مولاریته محلول غلیظ موجود در آزمایشگاه را تعیین کنیم. برای تعیین نرمالیه از فرمول زیر استفاده می کنیم:

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \quad \text{یا} \quad N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$N_1$  = نرمالیه اسید یا محلول غلیظ

$N_2$  = نرمالیه محلول مورد نظر

$V_1$  = حجم محلول غلیظ (حجمی از اسید که باید اضافه کنیم)

$V_2$  = حجم محلول مورد نظر (حجمی که می خواهیم آماده کنیم)

$C$  = مولاریته (اگر بخواهیم به جای نرمالیه از مولاریته استفاده کنیم)

در محلول سازی از مواد جامد آزمایشگاه فقط کافی است مقدار ماده جامد به دست آمده را در مقداری آب مقطر حل کرده و به حجم مورد نظر برسانید.

#### نکته

#### زیست محیطی



- به دلیل استفاده از مواد شیمیایی سمی و خطرناک حتماً از هنرجویان بخواهید تا تمام نکات ایمنی را رعایت نمایند و تمامی آنها را کنترل نمایند.
- حتماً از وسایل ایمنی مانند ماسک، دستکش، عینک، روپوش آزمایشگاهی و کفش ایمنی استفاده نمایید.
- از بوییدن، 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.





■ مصرف متناسب با نیاز باعث صرفه جویی و کاهش مواد زائد دفعی می شود. استفاده صحیح از اسید، عدم اختلاط اسید با مواد شیمیایی دیگر، دقت در انتقال میزان اسید مورد نیاز نمونه مواردی هستند که می تواند در کاهش اسید دفعی مؤثر باشد. روش دیگر کاهش ضایعات، استفاده مجدد است. استفاده مجدد اسید برای یک فرایند یا فرایندهای دیگر می تواند مؤثر باشد. برای این مهم می توان یک تانک برای ذخیره اسیدهای مازاد برگشتی در نظر گرفت و به جای تخلیه اسید به سیستم فاضلاب، با رعایت موارد ایمنی اسید را به تانک ذخیره منتقل و از آن مجدداً استفاده نمود. استفاده مجدد از اسید مصرف نشده و مازاد علاوه بر کاهش ضایعات موجب صرفه جویی در خرید مواد شیمیایی می شود و خطرات زیست محیطی را کاهش می دهد.

■ مواد شیمیایی باعث آسیب به محیط زیست می شود. در صورت امکان محلول تهیه شده را در ظروف در بسته نگهداری کنید و نام محلول را بنویسید تا برای مصارف بعدی استفاده شود مواد شیمیایی به دور از رطوبت و کربن دی اکسید هوا و در ظروف در بسته نگهداری شوند.

توجه داشته باشید که اسید کلریدریک آب و خاک را اسیدی می نماید. برای بیرون ریختن آن ابتدا با مقداری مواد قلیایی آن را خنثی نمایید و سپس از سیستم فاضلاب آزمایشگاه آن را بیرون بریزید.

## ارزشیابی

برای ارزشیابی این قسمت بهتر است هنرجو تعاریف خوردگی و مزایا و معایب خوردگی در صنعت را بداند. انواع مختلف خوردگی را نام ببرد. بنابراین هر هنرجو بسته به نظر خود هنرآموز ارزشیابی شود. همچنین سوالات آورده شده در بخش پایانی فعالیت ها را به همراه گزارش کار فعالیت انجام شده از هنرجو دریافت نمایید و با بررسی کامل ایرادات آن نوشته شود و دوباره به هنرجو داده شود. پیشنهاد می شود برای درک بیشتر چنین فعالیت هایی و بحث خوردگی، از هنرجویان در رابطه با آنها تحقیق خواسته شود و برای دیگر هنرجویان در پاورپوینت به همراه تصاویر و فیلم توضیح دهند.

برای داشتن مدرک مشخص شایستگی هر هنرجو، پیشنهاد می شود تا کاربرگ ارزشیابی های زیر هم توسط هنرجو و هم هنرآموز پر شود تا ارزشیابی دقیقی برای هر هنرجو به دست آید و برای هر کدام یک کارپوشه در کارگاه داشته باشید و ارزشیابی هر جلسه را در آن نگهداری کنید.

کاربرگ ارزشیابی پایانی جلسه بیست و پنجم

خود ارزیابی توسط هنرجو		
بله	خیر	مؤلفه‌های خود ارزیابی
		تعریف و مفهوم خوردگی را می‌دانم.
		نمودار چرخه مواد فلزی در طبیعت را می‌دانم.
		دلیل خوردگی فلزات در طبیعت را می‌دانم.
		معایب و استفاده‌های خوردگی در صنعت را می‌دانم.
		می‌دانم یک فرایند خوردگی می‌تواند چه اتفاقاتی در یک کارخانه بزرگ صنعتی به وجود آورد.
		با خوردگی شیمیایی و الکتروشیمیایی آشنا هستم.
		انواع خوردگی از نظر مکانیزم خوردگی را می‌دانم.
		نحوه تهیه محلول اسیدی را بلد هستم.
		تعداد جواب‌های بله

ارزشیابی توسط هنرآموز

نمره دریافتی	مولفه‌های ارزشیابی
	تعریف و مفهوم خوردگی را می‌داند.
	نمودار چرخه مواد فلزی در طبیعت را می‌داند.
	دلیل خوردگی فلزات در طبیعت را می‌داند.
	معایب و استفاده‌های خوردگی در صنعت را می‌داند.
	می‌داند یک فرایند خوردگی می‌تواند چه اتفاقاتی در یک کارخانه بزرگ صنعتی به‌وجود آورد.
	با خوردگی شیمیایی و الکتروشیمیایی آشنایی دارد.
	انواع خوردگی از نظر مکانیزم خوردگی را می‌داند.
	می‌تواند محلول اسیدی با درصد مشخص را تهیه نماید.
	رعایت نکات ایمنی
	رعایت اخلاق حرفه‌ای و مشارکت در کار گروهی
	دقت در انجام فعالیت عملی
	صحت خود ارزیابی هنرجو
	جمع

## جلسه بیست و ششم: اندازه گیری سرعت خوردگی – تشریح انواع خوردگی – راه های مقابله با خوردگی – خوردگی شیاری در فولاد زنگ نزن

### واحد یادگیری: خوردگی

#### فعالیت کارگاهی ۲



#### اندازه گیری سرعت خوردگی ابزار و تجهیزات

نمونه های فولادی و مسی و آلومینیومی، ماسک، دستکش، بشر ۲۵۰ cc، اسید کلریدریک ۱۰٪، پیپت، پرکن، ترازوی آزمایشگاهی، خشک کن، سنباده

در این آزمایش از هنجرویان بخواهید تا نمونه ها را از جنس فولاد، مس و آلومینیوم تهیه نمایند و توجه داشته باشید که برای هر کدام جداگانه محلول تهیه نمایند و همه آنها را در یک بشر نگذارند بلکه ۳ بشر جداگانه محلول تهیه کنند و هر کدام را در یک محلول قرار دهند چرا که واکنش های آنها نسبت به محلول متفاوت است.

در این آزمایش نیز نتایج بعد از یک هفته مورد بررسی قرار می گیرد که بسته به واکنش فلز در اسید می تواند متفاوت باشد. بعد از اتمام فعالیت عملی از هنجرویان بخواهید تا گزارش کار فعالیت مربوطه را نوشته و به همراه پاسخ صحیح سؤالات تحویل دهند.

#### دانش افزایی

در مورد واکنش فلزات با اسیدها، فلزات را به دو دسته بالای هیدروژن و پایین هیدروژن در سری الکتروشیمیایی تقسیم بندی می کنیم. سری الکتروشیمیایی، یک سری از عناصر و عوامل شیمیایی هستند که براساس پتانسیل کاهششان مرتب شده اند. فلزات بالای هیدروژن تمایل به دادن الکترون دارند و پتانسیل کاهششان منفی است و فلزات پایین هیدروژن تمایل به گرفتن الکترون دارند و پتانسیل کاهش مثبت دارند. همچنین پتانسیل کاهش هیدروژن به طور قراردادی صفر است. وقتی فلزات بالای هیدروژن با اسیدها واکنش می دهند چون پتانسیل کاهششان نسبت به هیدروژن کمتر است، تمایل به دادن الکترون دارند و به یون هیدروژن اسید، الکترون می دهند. در واقع اینجا یون هیدروژن نقش اکسیدکننده

را دارد در نتیجه از فلز الکترون گرفته آن را اکسید می کند و خود کاهش می یابد (گاز هیدروژن آزاد می شود) که در جدول زیر سری الکتروشیمیایی برخی از مواد آورده شده است.

اکسایش-کاهش

$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Fe}$	-0.44
$\text{Cr}^{3+} + e^- \rightarrow \text{Cr}^{2+}$	-0.41
$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cd}$	-0.40
$\text{Tl}^+ + e^- \rightarrow \text{Tl}$	-0.34
$\text{Co}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Co}$	-0.28
$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ni}$	-0.25
$\text{Sn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Sn}$	-0.14
$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Pb}$	-0.13
$2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2$	0.00
$\text{S} + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2\text{S}$	0.14
$\text{Sn}^{4+} + 2e^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}$	0.15
$\text{Cu}^{2+} + e^- \rightarrow \text{Cu}^+$	0.15
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$	0.34
$\text{Cu}^+ + e^- \rightarrow \text{Cu}$	0.52

اما فلزات زیر هیدروژن در سری الکتروشیمیایی، چون نسبت به هیدروژن تمایل به گرفتن الکترون دارند و اکسیدکننده تر هستند از قاعده بالا پیروی نمی کنند و با اسیدهای اکسیدکننده، نظیر نیتریک اسید، سولفوریک اسید واکنش داده در مجاورت آنها اکسید می شوند و نمک فلزی، اکسید نافلز و آب می دهند.

**راهکارهای جلوگیری از خوردگی:** در این بخش به طور مختصر، راه های جلوگیری از خوردگی آورده شده است. بهتر است ابتدا از خود هنرجویان روش هایی را برای جلوگیری از خوردگی و یا جلوگیری از زنگ زدگی فولادها سؤال شود و در کلاس مورد بحث قرار گیرد و در نهایت توسط هنرآموز مربوطه روش های مختلف جلوگیری از خوردگی را که به طور مرسوم در صنعت و یا در محیط اطراف زندگی روزمره استفاده می شود مثل روش های ساده رنگ کردن در و پنجره های فولادی و یا پوشش دادن سطح فلزات مختلف، توضیح دهد.

توجه داشته باشید که چون در ادامه پودمان بحث اصلی کلاس ها پوشش دهی می باشد لذا بهتر است روش پوشش دهی بیشتر مورد بحث قرار گیرد و سؤالات مختلفی از آن پرسیده شود تا ذهن هنرجویان برای طرح سؤالات و یادگیری بهتر آماده شود و با علاقه بیشتر به یادگیری قسمت پوشش بپردازد.

فعالیت  
کارگاهی ۳



### خوردگی شیاری ابزار و تجهیزات

ورق فولادی زنگ نزن، ماسک، دستکش، سنباده، بشر یک لیتری، کش، آب مقطر، ۲ عدد چوب پنبه، اسیدکلریدریک

در این قسمت برای آشنایی بیشتر هنرجویان، از انواع مختلف خوردگی یکی از آنها که خوردگی شیاری است به عنوان فعالیت آورده شده است تا بیشتر آشنا شوند. مثال ساده برای اینکه چنین خوردگی در کجا می‌تواند اتفاق بیفتد این است که این نوع خوردگی اکثراً در اتصالات انتقال آب که از مواد فلزی استفاده می‌شود و مابین آنها واشر جهت آب‌بندی استفاده می‌شود، رخ می‌دهد.

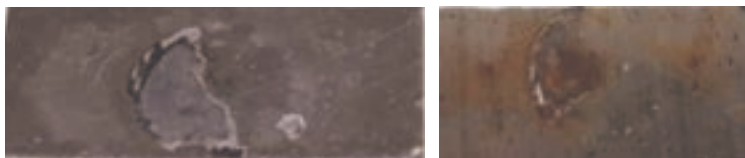
برای انجام این آزمایش هنرجویان را با نحوه تهیه نمونه و محلول آشنا نمایید و تذکرات لازم را برای استفاده از مواد و تجهیزات و رعایت تمامی نکات ایمنی بیان کنید. توجه داشته باشید که اسیدهای جامد به صورتی هستند که احتمال اینکه هنرجویان بخواهند با استفاده از دست آنها را بردارند وجود دارد، بنابراین حتماً تذکر لازم داده شود، با استفاده از اسپاتول یا قاشق بردارند و از تماس مستقیم دست جداً خودداری نمایند.



برای انجام بهتر و مشاهده نتایج مطلوب‌تر بهتر است از فولاد زنگ‌نزن استفاده شود تا چرا که نسبت به فولاد ساده کربنی بیشتر خورده می‌شود. همچنین هنرجویان مشاهده کنند که در مدت ۱ هفته فولاد زنگ‌نزن نیز در محیط‌های دیگر خورده می‌شود. بشر آماده شده به صورت مقابل می‌باشد.

و در نهایت بعد از انجام فعالیت نمونه به صورت زیر به دست می‌آید که دلایل ایجاد شکاف و شیار را برای هنرجویان توضیح دهید و از آنها بخواهید به سؤالات پاسخ دهند و گزارش کار را نوشته و با هم به شما تحویل دهند.

تصاویر به دست آمده از دو طرف نمونه را بعد از یک هفته مشاهده نمایید. خوردگی در مناطق تماس با چوب پنبه بیشتر از خوردگی در مناطق با کش است و خوردگی در سطح پایین به دلیل نیروی جاذبه بیشتر از سطح بالایی می‌باشد و خوردگی فولاد زنگ‌نزن بیشتر از خوردگی فولاد ساده کربنی می‌باشد.





- هرگز بدون روپوش، دستکش، ماسک تنفسی، عینک و سایر وسایل ایمنی مناسب، آزمایش را انجام ندهید.
  - فعالیت را زیر هود انجام دهید.
  - از ریختن مواد شیمیایی روی ترازو خودداری نمایید.
  - در انجام کار کوشا باشید چرا که تماس پوست با اسیدها و بازهای قوی موجب سوختگی می‌شوند.
- بعد از اتمام آزمایش از هنرجویان بخواهید به سؤالات پاسخ دهند و گزارش کار آن را نوشته و تحویل شما دهند.

### دانش افزایی

خوردگی شیاری نوعی از حملات موضعی است که در اثر حضور حجم اندکی از محلول ساکن در داخل درزها و ترک‌ها بین سطوح فلزی و غیرفلزی اتفاق می‌افتد و به عبارت دیگر این نوع خوردگی به وسیله تغییرات در شیمی موضعی که داخل شکاف است آغاز می‌گردد.

این خوردگی در شیارها و نواحی از سیستم که الکترولیت حالت مرده یا ساکن داشته باشد به وجود می‌آید. در این حالت به دلیل محبوس شدن مایع خورنده بین شیار، انجام واکنش خوردگی درون شیار تسهیل می‌گردد و خوردگی موضعی شدیدی رخ خواهد داد. برای جلوگیری از این خوردگی باید در طراحی سیستم حتی‌الامکان از به وجود آمدن شیار جلوگیری کرد. بهتر است اتصالات به جای پیچ و پرچ به طریق جوشکاری با کیفیت ایجاد گردند. همچنین باید تمامی شیار با مواد مناسب پوشانیده شوند تا مایع خورنده وارد آنها نگردد. تمیز کردن مرتب دستگاه‌ها نیز می‌تواند از به وجود آمدن خوردگی شیاری جلوگیری کند.

این خوردگی عموماً در تماس فلز یا آلیاژ با مواد غیرفلزی نظیر لاستیک، پلاستیک، چوب، شیشه، بتن، الیاف، واکس و غیره رخ می‌دهد. خوردگی شیاری از جمله شایع‌ترین انواع خوردگی موضعی در کارخانجات صنعتی به‌شمار می‌رود.

از دیگر موضعی که خوردگی شیاری در آنها قابلیت رشد دارد می‌توان به سطوح پوشیده با موجودات زنده نظیر جلبک و خزه در محیط‌های دریایی، سطوح زیر دانه‌های شن و دیگر آلاینده‌های سطحی، زیر پوشش‌های اعمال شده بر سطوح فلزی و محصولات خوردگی نفوذپذیر اشاره کرد. این مناطق عموماً مناطقی هستند که مستعد تولید پیل‌های اختلاف دمشی اکسیژن بوده و لذا خوردگی شیاری می‌تواند به وقوع بپیوندد.

خوردگی شیاری می‌تواند به صورت یکنواخت و یا حفره‌ای در شیارها بروز کند.

این نوع از خوردگی در فلزات و آلیاژهای متفاوتی نظیر مس و فولاد و حتی فلزات بسیار نجیب مثل آلومینیوم و تیتانیوم ظاهر می‌گردد. ظهور خوردگی به ویژه در فلزاتی که به واسطه تشکیل یک لایه پسیو سطحی ارتباط خود را با محیط کاهش داده و خود را در برابر عوامل مخرب محافظت می‌نماید، مشاهده شده است. خوردگی شیاری در فولاد ضدزنگ و در شیارهای آن بسیار به چشم می‌خورد. حتی اگر فولاد ضدزنگ در سطح خود دارای غیرهمگنی نباشد، خوردگی شیاری می‌تواند در آن اتفاق بیفتد، زیرا این نوع خوردگی نیازی به یک هسته اولیه یا جوانه آغازین برای شروع خود ندارد. برای وقوع این نوع خوردگی، شیار بایستی به اندازه کافی باز باشد تا الکترولیت به درون آن جریان یابد (۰/۲۵ تا ۰/۱ میلی‌متر)، اما لازم است تا به اندازه کافی بسته باشد تا قادر باشد الکترولیت را به حال سکون در خود نگه داشته، واکنش‌دهنده‌های کاتدی به آهستگی به شیار وارد شوند و محصولات خوردگی نیز به آهستگی خارج شوند.

خوردگی شیاری را می‌توان به یکی از عوامل زیر در شیار یا مجموعه‌ای از آنها نسبت داد:

■ تغییر اسیدیته

■ کمبود اکسیژن

■ نقصان غلظت یا از بین رفتن بازدارنده

■ تجمع یون‌های مخرب

به طور مثال هر نوع محلول اسیدی یا خنثی از جمله آب خنثی، آب خنثی حاوی یون‌های کلرید، اسید کلریدریک و محلول‌های حاوی اکسیژن حل شده می‌توانند بروز این خوردگی در شیار را به دنبال داشته باشند. محلول‌هایی که به سرعت وارد شیار می‌شوند و سریع هم خارج می‌گردند و حالت سکون به خود نمی‌گیرند، تمایلی به ایجاد این خوردگی ندارند. به نظر می‌رسد که محلول‌های حاوی سود، کربنات سدیم، سولفات سدیم، سولفات منگنز، بی‌کربنات پتاسیم، نترات سدیم و کرومات پتاسیم می‌توانند از بروز خوردگی شیاری جلوگیری کنند.

همان‌طور که اشاره شد رسوبات از دیگر عواملی هستند که می‌توانند محیط مناسبی را برای بروز خوردگی شیاری ایجاد نمایند. به عنوان مثال از این رسوبات می‌توان شن، لایه‌های آلودگی، محصولات خوردگی و دیگر جامدات را نام برد. رسوبات می‌توانند در زیر خود محیط مناسب را برای وقوع خوردگی شیاری ایجاد نمایند. بسته به حساسیت فلز به خوردگی شیاری و خوردگی محیط، خوردگی شیاری می‌تواند شکل‌های مختلفی به خود بگیرد. درجه خوردگی شیاری و شدت آن به شکل هندسی شیار و ابعاد آن وابسته است. معمولاً شیارهای با عرض کم دچار خوردگی شیاری شدیدتری می‌شوند. شیارهایی که بین فلز و یک پلیمر ایجاد می‌شوند حملات شدیدتری را متحمل می‌گردند تا شیارهایی که بین دو



فلز ایجاد شده‌اند. از سوی دیگر بایستی در نظر داشت که در تماس دو فلز با یکدیگر خوردگی گالوانیک می‌تواند نرخ کلی خوردگی را افزایش دهد. از آنجا که فاکتورهای مؤثر بر آزمایشات خوردگی شیاری دقیقاً شناخته شده نیستند، این آزمایش‌ها غالباً تجربی هستند.

شیوه‌های مبارزه با خوردگی شیاری شبیه به شیوه‌های جلوگیری از خوردگی حفره‌ای است و این روش‌ها به‌طور کلی شامل دو شکل عمده کاهش خوردگی محیط و یا افزایش مقاومت فلز نسبت به خوردگی شیاری هستند. برای کاهش قدرت خوردگی محیط می‌توان از کاهش غلظت یون کلرید، کاهش اسیدیته محیط و کاهش دما استفاده کرد. وجود محلول خورنده به‌صورت راکد می‌تواند سبب تشکیل رسوباتی گردد که هیدرولیز آنها، کاهش pH را به دنبال خواهد داشت. همچنین تولید رسوبات از دیگر معایب سیستم‌های با محلول ساکن است. از این رو جهت کاهش احتمال وقوع خوردگی شیاری می‌توان از به جریان انداختن محلول، جلوگیری از ساکن ماندن محلول در گوشه و کنار سیستم و درشیراها، تمیزکاری متناوب سطوح و برطرف کردن رسوبات استفاده کرد. به منظور کاهش رسوبات می‌توان محلول را ابتدا فیلتر کرد و سپس به سیستم تزریق کرد. با این کار ذرات جامد معلق در محلول کاهش یافته و احتمال تولید رسوبات نیز کمتر خواهد شد. ذکر این نکته در طراحی‌ها لازم است که از هر گونه شیاری یا مناطق دیگر که سبب سکون محلول می‌گردند اجتناب شود.

استفاده از بازدارنده‌های خوردگی جهت کنترل خوردگی شیاری می‌تواند مفید واقع شود. استفاده از حفاظت کاتدی می‌تواند سبب توقف خوردگی شیاری و خوردگی حفره‌ای در محیط‌های دریایی گردد، اما در عمل بایستی امکان سنجی به‌کارگیری این سیستم‌ها در محیط‌های خورنده بررسی شود.

از نقطه نظر افزایش مقاومت آلیاژ به خوردگی شیاری باید عنوان کرد که به‌طور کلی آلیاژهایی که به خوردگی حفره‌ای مقاوم هستند، مقاومت خوبی به خوردگی شیاری نیز نشان می‌دهند. افزایش عناصری نظیر نیکل، کروم، مولیبدن و نیتروژن به ترکیب فولادهای ضدزنگ قادر است مقاومت به خوردگی شیاری و حفره‌ای این دسته مهم از آلیاژها را افزایش دهد. آلیاژهای پایه نیکل که درصد کروم و مولیبدن در آنها یکسان است، نسبت به فولادهای ضدزنگ مقاومت بیشتری به خوردگی شیاری دارند و البته گران‌تر هم هستند. عناصری نظیر کربن و گوگرد تأثیر منفی بر مقاومت آلیاژهای پایه آهنی و نیکلی نسبت به خوردگی شیاری دارند. آلیاژهای تیتانیوم مقاومت بسیار خوبی نسبت به خوردگی حفره‌ای حتی در محیط‌های بسیار خورنده از خود نشان می‌دهند، اما در دماهای بالاتر از ۷۰ درجه سانتی‌گراد در محلول‌های کلرید و به‌طور کلی هالیدی به خوردگی شیاری حساس می‌شوند. از روش‌های دیگر کنترل خوردگی شیاری می‌توان به اصطلاح طراحی‌ها به‌ویژه در

اجتناب از شیارها و هر موضعی که به خوردگی شیاری حساس است، اشاره داشت.

## ارزشیابی

برای ارزشیابی این قسمت بهتر است از متن کتاب تعاریف خوردگی و انواع آن و روش‌های جلوگیری از آن از هر هنرجو ارزیابی شود که بسته به نظر خود هنرآموز می‌تواند به روش‌های مختلفی انجام گیرد. همچنین سؤالات آورده شده در بخش پایانی فعالیت‌ها را به همراه گزارش کار فعالیت انجام شده از هنرجو دریافت کرده و با بررسی کامل ایرادات آن نوشته شود و دوباره به هنرجو داده شود. پیشنهاد می‌شود برای درک بیشتر چنین فعالیت‌ها و بحث خوردگی، از هنرجویان در رابطه با آنها تحقیق خواسته شود و برای دیگر هنرجویان در پاورپوینت به همراه تصاویر و فیلم توضیح دهند.

برای داشتن مدرک مشخص شایستگی هر هنرجو، پیشنهاد می‌شود تا کاربرگ ارزشیابی‌های زیر هم توسط هنرجو و هم هنرآموز پر شود تا ارزشیابی دقیقی برای هر هنرجو به دست آید.

### کاربرگ ارزشیابی پایانی جلسه بیست و ششم

خود ارزیابی توسط هنرجو		
بله	خیر	مؤلفه‌های خود ارزیابی
		توانایی اندازه‌گیری سرعت خوردگی یکنواخت را دارم.
		انواع خوردگی را می‌شناسم و می‌توانم تمامی آنها را تشریح کنم.
		دلیل اینکه چرا در خوردگی گالوانیکی یکی از فلزات بیشتر خورده می‌شود را می‌دانم.
		تفاوت خوردگی‌های مختلف را می‌دانم.
		دلیل اینکه خوردگی موضعی مهم‌تر از خوردگی یکنواخت است را می‌دانم.
		نحوه تهیه محلول کلرید فریک را می‌دانم.
		تمامی نکات ایمنی را رعایت می‌کنم.
		خوردگی پیچ فولادی را که فعالیت کارگاهی هفته گذشته بود بررسی کردم و می‌دانم چه اتفاقی افتاد.
		تعداد جواب‌های بله

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	توانایی اندازه‌گیری سرعت خوردگی یکنواخت را دارد.
	انواع خوردگی را می‌شناسد و می‌تواند تمامی آنها را تشریح کند.
	دلیل اینکه چرا در خوردگی گالوانیکی یکی از فلزات بیشتر خورده می‌شود را می‌داند.
	تفاوت خوردگی‌های مختلف را می‌داند.
	دلیل اینکه خوردگی موضعی مهم‌تر از خوردگی یکنواخت است را می‌داند.
	نحوه تهیه محلول کلرید فریک را می‌داند.
	تمامی نکات ایمنی را رعایت می‌کند.
	فعالیت کارگاهی هفته گذشته را مورد بررسی قرار داد.
	در بحث‌های کلاسی فعال می‌باشد.
	رعایت اخلاق حرفه‌ای و مشارکت در کار گروهی
	دقت در انجام فعالیت عملی
	صحت خودارزیابی هنرجو
	جمع

## جلسه بیست و هفتم: پوشش دهی – روش های پوشش دادن – تجهیزات پوشش دادن

### واحد یادگیری: پوشش دهی

#### مقدمه

بعد از اتمام قسمت خوردگی، هنرجویان متوجه شده‌اند که یکی از راه‌های جلوگیری از خوردگی در فلزات استفاده از فرایند پوشش دهی می‌باشد. لذا در این قسمت بیشتر به اهمیت پوشش دهی در صنعت اشاره شده است و چند نمونه از فرایندهای پوشش دهی آورده شده است تا هنرجویان با روش پوشش دهی فلزات آشنا شده و بتوانند چند مورد مهم پوشش دادن فلزات را در صنعت یاد بگیرند و به عنوان یک توانایی صنعتی از آن برخوردار باشند.

#### پوشش دهی

هدف از بخش پوشش دهی، آشنایی هنرجویان با نحوه پوشش دهی در صنعت می‌باشد که به صورت آزمایشگاهی در مقیاس کوچک و به روش صنعتی، پوشش های مهم به صورت فعالیت عملی انجام می‌گیرد. ابتدای کلاس بهتر است از بحث های قبلی پودمان کمک گرفته و در یکی از روش های جلوگیری از خوردگی که، فرایند پوشش دادن می‌باشد وارد بحث شوید. ابتدا مقدمه ای از پوشش دهی و انواع آن و روش های مهم و رایج استفاده شده در صنعت را برای هنرجویان بگویید و با طرح چند سؤال آنها را با انگیزه تر نسبت به یادگیری این بخش آماده سازید. چند فیلم از پوشش دهی نشان دهید و سؤالاتی از آن بپرسید و با توضیحات کامل خود جواب درست سؤالات را بدهید.

از هنرجویان بخواهید تا با توجه به شکل های جدول اول کتاب که سه نمونه از قطعات پوشش دهی شده آورده شده است، هدف از انجام پوشش و جنس قطعه و ماده پوشش و نیز روش پوشش دادن آنها را بگویند یا تخمین بزنند. سپس از خود هنرآموز در این بخش راهنمایی های کامل را برای هنرجویان انتقال دهد تا بتوانند جواب درست را برای هر قطعه پیدا کنند. همچنین پیشنهاد می‌شود به صورت گروهی از هنرجویان بخواهید تا درباره چند قطعه صنعتی دیگر که بر روی آنها پوشش دهی می‌شود تحقیق انجام دهند و برای دیگر هنرجویان ارائه بدهند.

انواع مختلف روش های پوشش دادن را با توجه به شکل آنها و نشان دادن فیلم از هر روش برای هنرجویان تدریس نمایید. در این قسمت نیز می‌توانید از هر گروه

در کلاس بخواهید تحقیقی درباره روش‌های مختلف پوشش دادن آماده کنند و به همراه پاورپوینت برای دیگر هنرجویان ارائه دهند. توجه داشته باشید که روش‌های انجام فعالیت بیشتر بر پایه آبکاری با جریان و بدون جریان و همچنین غوطه‌وری است، بهتر است بیشتر توجه کلاس را به این روش‌ها اختصاص دهید و حتماً از روش‌های دیگر که انجام آنها در کارگاه امکان‌پذیر نیست فیلم ارائه دهید یا از خود هنرآموزان بخواهید تا درباره آنها تحقیق انجام دهند.

**تجهیزات مورد نیاز در خوردگی:** در این قسمت هنرجویان باید با ابزارآلات مختلف مورد استفاده در پوشش‌دهی آشنایی کامل داشته باشند تا بتوانند به درستی از آنها در فرایند پوشش دادن استفاده کنند. ابتدا تجهیزات لازم برای پوشش دادن را در آزمایشگاه برای هنرجویان نشان دهید و از هنرجویان در مورد کاربردشان سؤال پرسید سپس نام هرکدام را به همراه کاربردشان به‌طور کامل توضیح دهید.

تجهیزات مورد استفاده در صنعت پوشش‌دهی، به غیر از موارد آورده شده در کتاب موارد زیر نیز می‌باشند که بعد از تهیه شدن در آزمایشگاه به‌طور کامل برای هنرجویان توضیح داده شود.

			
پیپت	گیره یا پنس چوبی	اسپاتول	بشر
			
کاغذ pH (تورنسل)	پمپ مکنده	مکنده پیپت	دماسنج
			
رکتی فایر صنعتی	رکتی فایر	هیتر	pH سنج
			
مگنت هم‌زن	ضخامت سنج پوشش	دستکش	هود

## ارزشیابی پایانی

کاربرگ ارزشیابی پایانی جلسه بیست و هفتم

خود ارزیابی توسط هنرجو		
بله	خیر	مؤلفه‌های خود ارزیابی
		چگونگی اینکه پوشش دهی از فرایند خوردگی جلوگیری می کند را می دانم.
		جدول اول کتاب را به طور صحیح پر کرده‌ام.
		اهداف مختلف پوشش دادن را می دانم.
		انواع مختلف جنس پوشش را می شناسم.
		انواع روش‌های پوشش دادن را بلد هستم و می توانم تشریح نمایم.
		نحوه پوشش دادن در صنایع بزرگ را می دانم و با محیط کارگاه‌های پوشش دهی آشنایی دارم.
		ماهیت پوشش‌های فلزی، سرامیکی و پلیمری را می دانم و می دانم در چه قطعاتی بیشتر استفاده می شوند.
		با تجهیزات پوشش دادن فلزات به‌طور کامل آشنا هستم و نحوه کار با آنها را بلدم.
		تعداد جواب‌های بله

### ارزشیابی توسط هنرآموز

مؤلفه‌های ارزشیابی	نمره دریافتی
چگونگی اینکه پوشش دهی از فرایند خوردگی جلوگیری می‌کند را می‌داند.	
جدول اول کتاب را به طور صحیح پر کرده است.	
اهداف مختلف پوشش دادن را می‌داند.	
انواع مختلف جنس پوشش را می‌شناسد.	
انواع روش‌های پوشش دادن را می‌داند و می‌تواند تشریح نماید.	
تصاویری از محیط‌های کارگاهی را مشاهده کرده و می‌داند در صنعت چگونه می‌باشند.	
ماهیت پوشش‌های فلزی، سرامیکی و پلیمری را می‌داند و می‌داند در چه قطعاتی بیشتر استفاده می‌شوند.	
با تجهیزات پوشش دادن فلزات به‌طور کامل آشنا بوده و نحوه کار با آنها را می‌داند.	
می‌تواند با پمپ مکنده به‌خوبی کار کند.	
تنظیمات رکتی فایر را می‌داند.	
در بحث‌های کلاسی فعال می‌باشد.	
<b>جمع</b>	

## جلسه بیست و هشتم: آماده‌سازی سطح فولاد، مس و آلومینیوم برای

### پوشش دهی

#### واحد یادگیری: پوشش دهی

#### آماده‌سازی سطح قطعات برای پوشش دهی

برای تدریس این قسمت از ابتدا برای هنرجویان تذکر داده شود که یک پوشش عالی بستگی زیادی به نحوه آماده‌سازی سطح فلز مورد پوشش دهی دارد. هر چه سطح فلز تمیزتر آماده شود کیفیت پوشش داده شده و نیز عمر آن، بیشتر خواهد بود. بعد از تدریس تئوری این بخش که تمامی مراحل انجام که سنباذه‌زنی، چربی زدایی و اکسیدزدایی می‌باشد، به‌طور کامل گفته شود و سپس در آزمایشگاه محلول‌ها آماده‌سازی شود و به صورت عملی برای تمامی هنرجویان نشان دهید. سپس خود هنرجویان به‌صورت گروهی فعالیت‌های آورده شده در کتاب را انجام دهند. توجه داشته باشید که این مراحل در تمامی پوشش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و تمامی هنرجویان باید به‌طور صحیح یادگرفته باشند تا بتوانند دیگر فعالیت‌ها را انجام دهند.

فرایند سنباذه‌زنی را در پودمان متالوگرافی به خوبی یاد گرفته‌اند و هر چقدر از سنباذه‌های ریزتر استفاده کنند سطح تمیزتری به دست خواهد آمد. در مورد چربی‌زدایی و اکسیدزدایی محلول تهیه شده را می‌توانید در یک ظرف در بسته نگهداری کنید تا در آزمایشات دیگر نیز از آن استفاده کنید. این کار را تا زمانی می‌توانید انجام دهید که کیفیت محلول از بین نرفته باشد و هر موقع خلوص خود را از دست داد و یا ناخالصی‌ها یا اکسیدهای زیادی وارد آن شد حتماً باید عوض شود.

نکته  
زیست محیطی



توجه داشته باشید که هنگام دور ریختن مواد شیمیایی حتماً آنها را خنثی نمایید تا به محیط زیست آسیب نرسد.

زمانی که برای اکسیدزدایی در نظر گرفته شده است، میزانی است که نمونه‌ها سنباذه زنی می‌شوند و اگر سنباذه‌زنی انجام نشود یا کمتر انجام شود باید زمان نگهداری در اسید اکسیدزدایی را بیشتر کنید مثلاً تا ۳۰ دقیقه تا به‌طور کامل اکسیدزدایی انجام شود. توجه داشته باشید که در این صورت سطح نمونه مورد نظر پستی و بلندی بیشتری نسبت به سنباذه‌زنی با نمره بالا را خواهد داشت.



## تهیه محلول‌های چربی‌زدایی و اکسیدزدایی فولاد

برای تهیه محلول چربی‌زدایی فولاد که سود سوز آور ۱۰٪ می‌باشد، حتماً تذکرات لازم برای رعایت نکات ایمنی را به هنرجویان بدهید. سود سوزآور جامد است و احتمال اینکه هنرجویان بخواهند با تماس مستقیم دست آن را بردارند وجود دارد. بنابراین تمامی خطرات آن را تذکر بدهید و هنگام کار حتماً از دستکش آزمایشگاهی استفاده کنید و از تمامی هنرجویان بخواهید حتماً از دستکش و ماسک استفاده کنند. برای برداشتن سودسوزآور از اسپاتول استفاده کنید و حتی اگر از دستکش استفاده می‌کنید باز هم با دست بردارید. نه تنها پوست بدن، بلکه سدیم هیدروکسید سبب ایجاد خوردگی کف پوش‌های چوبی و سطوح رنگ شده نیز می‌شود. هیدروکسید سدیم بسیار خورنده است و می‌تواند سبب تخریب لایه‌های عمیق پوست شود. اگر چه ترکیبی آتش‌زا نیست ولی در صورت تماس با مواد قابل احتراق ممکن است آتش بگیرد. در هر صورت بهتر است از این مواد دور نگه داشته شود. شکل مقابل یک نمونه از تصاویر آسیب دیدن دست در اثر تماس مستقیم را نشان می‌دهد.



### فعالیت کارگاهی ۴



#### آماده‌سازی سطح فلزات برای پوشش‌دهی

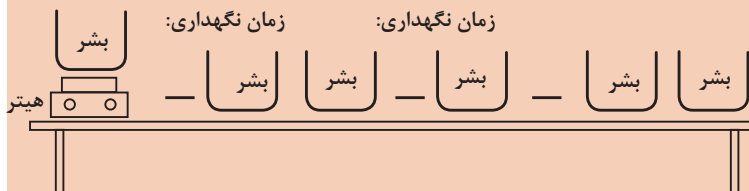
مراحل انجام کار در این فعالیت‌ها مهم می‌باشد و هر مرحله را با دقت و در جای خودش انجام دهند. بهتر است تمام بشرها را آماده کنید تمام محلول‌ها و بشرهای آبکشی را به صورت منظم و با توجه به مراحل آن در کنار هم قرار دهید مانند شکل پایین.

نام محلول: نام محلول:

مواد استفاده شده: مواد استفاده شده:

دما: دما:

زمان نگهداری: زمان نگهداری:



بر روی یک میز تمیز و محکم از بشر اول تا آخر بچینید و حتماً بر روی هر کدام از بشرها نام محلول و یا آبکشی بودن آن را تعیین کنید و با برچسب بر روی آن بچسبانید. این کار را حتماً از هنرجویان بخواهید انجام دهند زیرا بشر محلول‌ها را در صورت جابه‌جایی نمی‌توانند از هم تشخیص دهند.

توجه داشته باشید که بشرهای آبکشی برای آبکشی چربی‌زدایی و اکسیدزدایی حتماً جداگانه استفاده شود و حتی بهتر است بعد از چند بار استفاده آب آنها را عوض کنید.

نمونه‌های آماده شده را در یک محیط بسته یا یک ظرف در بسته نگهدارید تا برای فعالیت‌های دیگر تمیز بمانند و مورد استفاده قرار گیرند.

## دانش افزایی

سود سوزآور یا سدیم هیدروکسید (Sodium hydroxide: NaOH) که در حالت جامد سود پرک و در حالت مایع سود مایع نامیده می‌شود، یک ماده شیمیایی است که با طیف وسیعی از مواد آلی و غیر آلی واکنش می‌دهد. سود سوزآور در تمامی حالت‌ها، از جمله حالت محلول به صورت سود مایع، به شدت خورنده است و می‌تواند سوختگی‌های شدیدی را بر روی پوست و یا چشم ایجاد کند. تماس سود با چشم می‌تواند آسیب دائمی حتی به صورت کوری به چشم وارد کند. تماس کوتاه با پوست ممکن است باعث بروز سوزش شدید یا سوختگی شیمیایی شود.

سود مایع در تمامی غلظت‌ها یک ماده به شدت خورنده است که می‌تواند موجب سوختگی‌های شدید بر روی پوست و چشم گردد. تماس سود سوزآور با چشم حتی برای چند ثانیه ممکن است منجر به آسیب‌های جدی و دائمی و حتی کوری شود؛ تماس کوتاه سود مایع با پوست ممکن است باعث بروز سوزش قابل توجه و یا سوختگی شیمیایی گردد.

در همه موارد تماس سود سوزآور با بدن، سریعاً محل تماس را با آب جاری شست‌وشو دهید.

همیشه سود مایع را همراه با اختلاط و هم زدن پیوسته به آب اضافه کنید. هرگز آب را به محلول سود سوزآور اضافه نکنید.

آب باید به صورت ولرم باشد. (در حدود ۲۷ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد). هرگز از آب داغ یا سرد به منظور رقیق‌سازی سود سوزآور استفاده نکنید.

افزودن سود پرک یا سود مایع به مایع موجب افزایش دمای محلول خواهد شد. اگر سود سوزآور فقط به یک نقطه از مایع اضافه شود و غلظت این ماده در آن نقطه بالا رود، یا خیلی سریع به مایع اضافه گردد و یا به مایع داغ یا سرد اضافه شود، افزایش دما می‌تواند منجر به وجود آمدن بخار یا ترشحات و یا ذرات خطرناک گردد که ممکن است سبب فوران سریع و شدید مایعات شود.

خطرات کار کردن با سود سوزآور بر اهمیت پیروی از دستورالعمل‌های حفاظتی سخت‌گیرانه‌ای را که برای استفاده از این ماده نوشته شده‌اند برای تمام افرادی که به نحوی با این ماده ارتباط دارند، افزوده است. شرکت‌هایی که از سود سوزآور در اشکال مختلف آن استفاده می‌کنند ملزم به اطلاع‌رسانی و آموزش کارکنان خود در زمینه اقدامات ایمنی و کمک‌های اولیه شده‌اند.

سود مایع یک ماده شیمیایی صنعتی به شدت خورنده می‌باشد. هر چند این ماده به

دلیل ظاهر شبیه به آب خطرناک به نظر نمی‌رسد، تماس آن با چشم حتی برای چند ثانیه می‌تواند آسیب‌های جدی حتی به صورت کوری ایجاد کند.

سود سوزآور بی‌بو است بنابراین از بو نمی‌توان به‌عنوان یک هشدار استفاده کرد. علاوه بر این سود مایع هنگامی که با پوست تماس پیدا کند فوراً ایجاد درد نمی‌کند، اما فوراً باعث آسیب پوستی می‌شود. تماس کوتاه با پوست باعث بروز سوزش و یا سوختگی شیمیایی می‌شود.

به‌محض تماس با بدن، سود سوزآور به حمله و نفوذ به سمت چشم و پوست ادامه می‌دهد (برخلاف اسیدها که پروتئین را به شکل یک مانع منعقد می‌کنند). به این معنی که:

در پی تماس با چشم، برای جلوگیری از آسیب جدی باید سریعاً شروع به شست‌وشو با آب کنید؛ بنابراین فواره چشم‌شو باید در نزدیکی محلی که با سود سوزآور کار می‌شود، نصب گردد.

در پی تماس با پوست، شما باید برای جلوگیری از سوختگی‌های شیمیایی که خیلی دیر بهبود پیدا می‌کنند، محل تماس را سریعاً با آب شست‌وشو دهید؛ بنابراین دوش‌های ایمنی باید دقیقاً بالای فواره‌های چشم‌شو نصب شوند. اگر در یک کارخانه تهیه سود سوزآور کار بکنند، تمامی افرادی که با سود پرک یا سود مایع در تماس هستند، باید لباس حفاظتی مناسبی بپوشند.

همیشه از عینک شیمیایی استفاده کنید.

لباس محافظ شیمیایی بپوشید.

همیشه دستکش‌های مقاوم در برابر مواد شیمیایی دست کنید.

حفاظ شفاف صورت و کلاه سخت و محکم

پاچه‌های شلوار بیرون از کفش

کفش‌های مقاوم در برابر مواد شیمیایی



تمامی افرادی که با سود سوزآور در تماس هستند باید همیشه از دستکش‌های ایمنی متصل به لباس کار و عینک‌های مقاوم در برابر مواد شیمیایی استفاده کنند.

### کارهایی که در صورت مواجهه با حادثه سود سوزآور باید انجام داد:

پس از تماس سود سوزآور با بدن هر چه زودتر باید به کمک شست‌وشو فقط با آب آن را از روی پوست حذف نمود. از صابون استفاده نکنید. سعی نکنید سود سوزآور را با استفاده از مواد شیمیایی خنثی و بی‌اثر کنید. شست‌وشو را به مدت ۳۰ دقیقه یا تا زمانی که توسط پرسنل پزشکی توصیه می‌شود ادامه دهید. در صورتی که به هر گونه‌ای در معرض سود قرار گرفتید با فوریت‌های پزشکی تماس بگیرید و از توصیه‌های آنها پیروی کنید. ضروری است به محض اینکه برایتان ممکن شد بدون درنگ شروع به شستن با آب کنید. هر زمانی که قبل از شست‌وشو با آب تلف شود ممکن است موجب آسیب‌های بسیار جدی و جبران‌ناپذیری شود!

در صورت تماس سود جامد یا مایع با بخش‌های مختلف به صورت زیر عمل کنید: **چشم‌ها:** چشم آلوده شده را سریعاً با آب با فشار کم شست‌وشو دهید. بعد از اینکه دست‌ها را به خوبی شستید، پلک‌هایتان را با دست‌باز نگاه‌دارید و به مدت ۳۰ دقیقه یا هر زمانی که توسط نیروهای پزشکی، ترجیحاً چشم‌پزشک، توصیه گردید، شست‌وشو دهید.

**بدن (پوست):** محل آلوده شده را سریعاً با استفاده از دوش ایمنی با آب بشویید. پوستی که تحت تأثیر سود سوزآور قرار گرفته است را به مدت ۳۰ دقیقه با آب جاری شست و شود دهید. در حین شست‌وشو لباس‌ها را در آورید. اگر چشم‌ها در معرض سود قرار نگرفته‌اند تا زمانی که سر و موها را به صورت کامل نشسته‌اید، عینک ایمنی را از چشم‌ها جدا نکنید، در غیر این صورت ممکن است این ماده شیمیایی توسط آب وارد چشم‌ها شود. پس از شست و شوی کامل سر و موها عینک‌ها را جدا کنید و شست و شوی کامل را انجام دهید.

**خوردن (بلعیدن):** در صورت خوردن سود سوز آور در شکل‌های مختلف، اقدام به استفراغ اجباری و عمدی نکنید. سریعاً مقدار زیادی آب یا شیر (یک لیوان یا ۲۴۰ میلی‌لیتر) بنوشید و با فوریت‌های پزشکی تماس بگیرید. هرگز به یک فرد بیهوش از طریق دهان چیزی نخورانید.

**استنشاق:** اگر بخار یا ذرات سود سوزآور استنشاق شوند، سریعاً مصدوم را از محیط آلوده به محیطی با هوای تازه منتقل کرده و درخواست نیروی پزشکی کنید. اگر مصدوم نفس نکشد باید به او تنفس مصنوعی داده شود. در صورتی که مصدوم به سختی نفس بکشد و در تنفس مشکل داشته باشد باید توسط افراد متخصص به او اکسیژن متصل گردد.

در صورت هرگونه حادثه و تماس با سود سوزآور، سریعاً با فوریت‌های پزشکی

تماس گرفته و محل تماس را با آب بشویید. برای پاک‌سازی سود مایع نشت کرده و از بین بردن ضایعات سود سوزآور با دقت و احتیاط آن را با آب ولرم رقیق کنید. در صورت لزوم مایع نشت کرده را با اسید ضعیفی مانند استیک اسید خنثی کنید. با تجهیزات مناسب و سازگار با سود سوزآور به منظر استفاده دوباره یا دور ریختن جمع‌آوری کنید. باقیمانده سود سوزآور را با دقت توسط آب ولرم نیز خنثی کنید و بهتر است در صورت لزوم با اسید ضعیفی آن را خنثی کنید. همچنین در کتاب همراه هنرجو مشخصات و خطرات تمامی مواد شیمیایی که مورد استفاده قرار می‌گیرند آورده شده است از هنرجویان بخواهید تا با مطالعه دقیق از نحوه کار با آنها آشنایی کامل را داشته باشند.

برای نگهداری سود سوزآور آن را در یک ظرف در بسته نگهداری کنید تا هوا به آن نرسد. در صورتی که هوا به آن برسد از حالت جامد به مایع تبدیل می‌شود.

نکته



به منظور دفع مواد آلوده همیشه بر اساس قوانین زیست‌محیطی عمل کنید و هیچ‌گاه مواد آلوده شده و سود ضایعاتی را مستقیماً وارد سیستم فاضلاب یا رودخانه‌ها نکنید.

نکته

زیست‌محیطی



## ارزشیابی پایانی

برای ارزشیابی این قسمت نمونه‌های آماده شده هر گروه را جمع‌آوری کنید و با توجه به کیفیت سطح آماده شده هر گروه و نیز میزان مشارکت هر هنرجو و رعایت نکات ایمنی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار دهید. چگونگی استفاده از مواد و تجهیزات را در نمره ارزشیابی هر هنرآموز دخالت دهید تا به خوبی یاد بگیرند که از مواد به اندازه نیاز استفاده کنند و درست استفاده کردن در یک محیط صنعتی اهمیت بالایی دارد.

در نهایت از هنرجویان بخواهید تا گزارش کارهای این جلسات را نوشته و به همراه جواب سؤالات به شما تحویل دهند در پایان سؤال‌ها شکل آورده شده مراحل انجام کار هر فعالیت را نشان می‌دهد، از هر هنرجو بخواهید آنها را تکمیل کنند و برای دیگر فعالیت‌هایی که شکل آورده نشده است مانند آن را بکشند و مراحل را به صورت شماتیکی نوشته و نشان دهند.

در پایان این جلسه کار برگ ارزشیابی را تکمیل نموده و در کار پوشه هنرجویان قرار دهید.

کاربرگ ارزشیابی پایانی جلسه بیست و هشتم

خود ارزیابی توسط هنرجو		
بله	خیر	مؤلفه‌های خود ارزیابی
		اهمیت آماده‌سازی سطح فلزات برای پوشش دادن را می‌دانم.
		مراحل آماده‌سازی سطح فلزات برای پوشش دادن را می‌دانم.
		با تجهیزات کار با مواد شیمیایی آشنایی دارم و به خوبی از آنها استفاده می‌کنم.
		نحوه تهیه محلول‌های چربی‌زدایی و اکسیدزدایی را به صورت عملی می‌دانم.
		بر روی تمامی بشرهای مورد استفاده نام مواد داخل آن را نوشته بودم.
		به طور منظم و به ترتیب مراحل انجام فعالیت‌ها را انجام دادم.
		نمونه‌ها را با کیفیت بالا برای پوشش‌دهی آماده کردم.
		تمامی نکات ایمنی کار را می‌دانم و هنگام کار تمامی آنها را رعایت می‌کنم.
		تعداد جواب‌های بله

ارزشیابی توسط هنرآموز

نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	اهمیت آماده‌سازی سطح فلزات برای پوشش دادن را می‌داند.
	مراحل آماده‌سازی سطح فلزات برای پوشش دادن را می‌داند.
	با تجهیزات کار با مواد شیمیایی آشنایی دارد و به خوبی از آنها استفاده می‌کند.
	نحوه تهیه محلول‌های چربی‌زدایی و اکسیدزدایی را به صورت عملی انجام می‌دهد.
	بر روی تمامی بشرهای مورد استفاده نام مواد داخل آن را نوشته است.
	به طور منظم و به ترتیب مراحل انجام فعالیت‌ها را انجام داده است.
	کیفیت نمونه‌ای که آماده کرده‌اند عالی است.
	تمامی نکات ایمنی کار را هنگام کار رعایت می‌کند.
	بعد از اتمام کار محیط کار خود را به خوبی تمیز کرده است.
	تمام نکات اخلاق حرفه‌ای را رعایت می‌کند و با هم‌گروهی‌های خود به خوبی کار انجام می‌دهد.
	در بحث‌های کلاسی فعال می‌باشد.
	<b>جمع</b>

## جلسه بیست و نهم: عملیات پوشش دهی – فسفاتاسیون – سیاه کاری

### واحد یادگیری: پوشش دهی

#### مقدمه

در این جلسه وارد فعالیت‌های عملی پوشش دهی می‌شویم که پوشش‌های اول فرایند فسفاتاسیون و سیاه کاری می‌باشد. این پوشش‌ها هم در صنعت و هم در سطح دانشگاهی مورد بررسی قرار می‌گیرند که یادگیری هنرجویان می‌تواند آنها را در بسیاری از زمینه‌های صنعتی آشنا سازد. خیلی از این پوشش‌ها در سطحی هستند که به صورت آزمایشگاهی انجام می‌شود ولی در واقع کاملاً مراحل انجام این فرایندها در صنعت می‌باشند و هر هنرجو می‌تواند با یادگیری کامل وارد صنعت پوشش دهی شود. همچنین می‌توانند در مراحل تحصیل بالاتر از این پوشش‌ها استفاده کرده و به بررسی هرچه بهتر شدن آن در جامعه صنعتی کمک کنند.

#### عملیات پوشش دهی

در این جلسه ابتدا مقدمه‌ای از پوشش‌های مهم صنعتی را برای هنرجویان بگویید. مثالی از صنعت و هر چیز دیگری در محیط اطراف بیاورید و از هنرجویان بخواهید تا در مورد اینکه آیا یک قطعه مورد نظر پوشش دهی شده است یا نه؟ اگر پوشش دهی شده باشد از چه نوع پوشش فلزی یا چه فلزی به عنوان پوشش استفاده شده است؟ توجه داشته باشید که برخی از پوشش‌ها یک لایه اکسیدی بسیار مقاوم در برابر خوردگی هستند که فسفاتاسیون نیز چنین است و یا آندایزینگ که در جلسات دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد. بعد از به چالش کشیدن ذهن هنرجویان پوشش‌های مهم صنعتی را با دلایل استفاده از آنها بیان کنید که مهم‌ترین آنها در کتاب آورده شده است. یک مورد مهم دیگر نیز پوشش دهی کرم می‌باشد که به دلیل سمی بودن انجام این فرایند و وجود بخارات اسید کرومیک در فعالیت‌ها آورده نشده است. بهتر است اطلاعاتی در این زمینه نیز به هنرجویان بدهید و در صورت لزوم از آنها برای این پوشش نیز بخواهید تا تحقیق کنند و به کلاس بیاورند و ارائه دهند.

**فسفاتاسیون:** برای تدریس این بخش ابتدا تئوری فرایند فسفاتاسیون و هدف اصلی انجام این فرایند بر روی فولادها را برای هنرجویان انتقال دهید. سپس مراحل تهیه حمام فسفاتاسیون را به صورت تئوری بگویید و در آزمایشگاه به صورت عملی نشان دهید. و از هر گروه بخواهید تا با توجه به نحوه آماده‌سازی سطح نمونه‌ها، نمونه مورد نظر را برای انجام فرایند فسفاتاسیون تهیه نمایند و مراحل را



به ترتیب و با دقت کامل و رعایت تمام اصول ایمنی انجام دهند. در انجام فعالیت عملی توجه داشته باشید که مانند فعالیت‌های قبلی که نحوه آماده‌سازی سطح بود، در اینجا نیز تمامی آنها انجام می‌شود و در آخر مراحل فسفاتاسیون به آن اضافه می‌شود بنابراین از هنرجویان بخواهید تا حمام یا محلول فسفاتاسیون را تهیه نمایند و بر روی بشر نام آن را بنویسند و بر روی میز در جای خود به ترتیب قرار دهند و عملیات را به ترتیب و با دقت انجام دهند.

در این آزمایش دمای حمام فسفاتاسیون بین ۷۰-۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که نیاز به هیتر دارد. باید تجهیزات آزمایشگاه به اندازه کافی وجود داشته باشد ولی اگر در آزمایشگاه هیتر کم باشد می‌توانید از یک هیتر در هر گروه استفاده کنید که بعد از مرحله آماده‌سازی نمونه هیتر را برای بالا بردن دمای حمام فسفاتاسیون استفاده نمایید ولی توجه داشته باشید تا سطح نمونه آماده شده در این مدت تمیز بماند. بعد از آکشی پایانی توجه داشته باشید که حتماً باید به‌طور صحیح و بلافاصله تمامی سطح نمونه خشک شود و اگر قسمتی از آن کامل خشک نشده باشد کیفیت آن قسمت خوب نخواهد بود که به‌طور ظاهری نیز دیده می‌شود.

برای بررسی اینکه در سطح نمونه چه تغییراتی ایجاد شده است نمونه تکمیل شده را هنرجویان توسط میکروسکوپ که استفاده از آن را در پودمان‌های قبلی به خوبی یادگرفته‌اند مورد بررسی قرار دهند، تا سطح نمونه در قسمت فسفات شده و فسفات نشده را باهم مقایسه کنند.

**سیاه‌کاری:** برای انجام فرایند سیاه‌کاری که ایجاد یک پوشش اکسیدی سیاه‌رنگ و مقاوم در برابر خوردگی بر روی فولاد می‌باشد، ابتدا تئوری سیاه‌کاری را در کلاس برای هنرجویان توضیح دهید هدف از آن و نیز جایگاه آن در صنعت. چیست سپس مراحل انجام آن را و نحوه تهیه حمام سیاه‌کاری را توضیح دهد و در آزمایشگاه به‌صورت عملی انجام دهید.

توجه داشته باشید که برای انجام این فعالیت نیاز به دمای ۱۲۰ درجه می‌باشد که می‌توانست بالاتر از این هم باشد ولی به دلیل کیفیت خوب بودن همین دما کافی است و اگر دما بالاتر بود زمان انجام فرایند می‌توانست کمتر شود. در بازار هیترهایی وجود دارد که تا دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد کار می‌کنند، توجه داشته باشید که هنگام خرید این نکته مورد اهمیت قرار گیرد.

همچنین به دلیل دمای بالای فرایند بخارات حاصل می‌تواند خطرناک باشد، حتماً فعالیت زیر هود انجام شود و از ماسک ایمنی استفاده شود. توجه داشته باشید که هنرجویان تمام نکات ایمنی را رعایت نمایند.

## دانش‌افزایی

اکسید سیاه بر روی آلیاژهای آهنی را می‌توان با استفاده از حمام نمک مذاب

در دمای حدود ۳۱۵ درجه سانتی‌گراد یا بالاتر، محلول سیاه‌کاری سرد در دمای محیط و یا محلول قلیایی پایه آب جوشان در دمای ۱۴۸-۱۳۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آورد.

کنترل حمام‌های مذاب در دماهای بالا بسیار مشکل است و از این رو پوشش حاصل رنگی یکنواخت نخواهد داشت. محلول‌های سرد نیز اغلب به‌جای رنگ سیاه، رنگ خاکستری ایجاد می‌کنند و پوشش حاصل از این نوع حمام‌ها دوام زیادی نخواهد داشت. از این رو، از فرایندهای سیاه‌کاری سرد نمی‌توان پوشش اکسیدی با رنگ سیاه خالص و یک‌دست به‌دست آورد. این پوشش‌ها اغلب حاوی ترکیبی از مس و سلنیم بوده و بسیاری از مشخصه‌های فنی و استانداردهای بخش‌های خودروسازی و نظامی را تأمین می‌کنند. محلول‌های قلیایی جوشان بر پایه آب متداول‌ترین روش سیاه‌کاری می‌باشند. پوشش حاصل از این روش رنگ سیاه قوی تر و یکنواخت‌تری را ایجاد می‌کند.

پوشش اکسید سیاه اغلب برای فولادهای کربنی، فولادهای آلایژی، فولادهای ابزار و قالب‌سازی و چدن‌ها به‌کار می‌رود. فولادهای زنگ‌نزن و آلیاژهای مسی را نیز می‌توان سیاه‌کاری نمود.

پوشش سیاه‌کاری فولاد از مگنتیت (اکسید آهن سه ظرفیتی) تشکیل می‌شود که نتیجه اکسیداسیون آهن و اکسیژن هوا یا یون‌های اکسیدکننده موجود در محلول‌های پایه آب یا نمک‌های مذاب است.

فرایند قلیایی داغ سبب تشکیل پوشش اکسیدی بر روی سطح قطعه غوطه‌ور در محلول قلیایی در حال جوش ۱۴۸-۱۳۵ درجه سانتی‌گراد حاوی نمک‌های اکسیدکننده می‌شود. درجه حرارت جوشیدن بر پایه مقدار نمک‌های حمام تعیین می‌شود. در دماهای بالاتر از ۱۴۸ درجه سانتی‌گراد، اکسید ایجاد شده به قرمز تغییر رنگ داده و زنگ می‌زند. دماهای پایین تر از ۱۳۵، که نشان‌دهنده غلظت پایین نمک‌های موجود در حمام است، سبب کاهش سرعت فرایند می‌شود. درجه حرارت جوش با افزودن نمک‌های مصرفی (افزایش دما) یا رقیق کردن محلول (کاهش دما) تنظیم می‌شود.

نمونه‌هایی از ترکیب شیمیایی محلول‌های قلیایی داغ

- سود یا هیدروکسید سدیم (۶۰۰-۷۰۰ g/l) + نیتريت سدیم (۲۰۰-۲۵۰ g/l)
- سود (۶۰۰-۷۰۰ g/l) + نیترات سدیم (۲۵۰-۴۰۰ g/l)
- سود (۵۰۰ g/l) + نیترات سدیم (۵۰۰ g/l)
- سود (۶۵۰-۷۵۰ g/l) + نیترات سدیم (۱۰۰ g/l) + نیتريت سدیم (۱۰۰ g/l)
- پتاس یا هیدروکسید پتاسیم (۱۲۰۰-۱۰۰۰ g/l) + نیترات پتاسیم (۱۵۰-۲۵۰ g/l)

## ارزشیابی پایانی

نمونه‌های آماده شده هر گروه را به همراه گزارش کار جمع‌آوری کنید و با توجه به کیفیت سطح آماده شده و نیز میزان مشارکت هر هنرجو و رعایت کردن نکات ایمنی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار دهید. در نهایت از هنرجویان بخواهید تا گزارش کارهای این جلسات را نوشته و به همراه جواب سؤالات به شما تحویل دهند. همچنین در این فعالیت نیز از هنرجویان بخواهید تا مراحل کار را به صورت شماتیکی نشان دهند.

### کاربرگ ارزشیابی پایانی جلسه بیست و نهم

خود ارزیابی توسط هنرجو		
کل نمره: ۲ نمره		
بله	خیر	مؤلفه‌های خود ارزیابی
		مفهوم فسفاتاسیون را می‌دانم.
		نحوه تهیه حمام فسفاتاسیون را می‌دانم.
		مراحل انجام فرایند فسفاتاسیون را می‌دانم.
		مفهوم سیاه‌کاری را می‌دانم.
		نحوه تهیه حمام سیاه‌کاری را می‌دانم.
		مراحل انجام فرایند سیاه‌کاری را می‌دانم.
		نمونه‌های با کیفیت عالی آماده کرده‌ام.
		تمامی نکات ایمنی کار را می‌دانم و هنگام کار تمامی آنها را رعایت می‌کنم.
		تعداد جواب‌های بله

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه های ارزشیابی
	مفهوم فسفاتاسیون را می داند.
	نحوه تهیه حمام فسفاتاسیون را به خوبی می داند.
	با مراحل انجام فرایند فسفاتاسیون به صورت عملی آشنایی کامل دارد.
	مفهوم سیاه کاری را می داند.
	نحوه تهیه حمام سیاه کاری را می داند.
	با مراحل انجام فرایند سیاه کاری به صورت عملی آشنایی کامل دارد.
	نمونه های با کیفیت عالی آماده کرده است.
	تمامی نکات ایمنی کار را هنگام کار رعایت می کند.
	گزارش کار را به همراه جواب سؤالات به طور کامل تحویل داده است.
	تمام نکات اخلاق حرفه ای را رعایت می کند و با هم گروهی های خود به خوبی کار انجام می دهد.
	در بحث های کلاسی فعال می باشد.
	جمع

## جلسه سی ام: مس اندود کردن – پوشش دهی قلع

### واحد یادگیری: پوشش دهی

#### مس اندود کردن

برای تدریس این بخش ابتدا مقدمه‌ای از مس و مقاومت آن در برابر خوردگی برای هنرجویان بیان کنید. دلایل مس اندود کردن فولاد را از آنها بپرسید و آنها را برای پذیرش جواب صحیح آماده کنید. سپس دلایل مهم مس اندود کردن فولاد را توضیح دهید.

فرایند مس اندود کردن زیاد زمان گیر نیست و به سادگی قابل اعمال است و در عرض ۱۰ ثانیه نمونه مس اندود می‌شود که یک لایه بسیار نازک در اندازه میکرونی بر روی فولاد می‌نشیند. وارد بحث عملی شوید و توضیحات کامل نحوه تهیه محلول یا حمام مس اندود کردن را برای هنرجویان ارائه دهید. سپس در آزمایشگاه به صورت عملی برای هنرجویان نشان دهید و از آنها بخواهید تا با رعایت تمام اصول ایمنی و با دقت کافی توسط هم گروهی‌های خود فعالیت عملی شماره ۹ را انجام دهند.

#### دانش افزایی

مس به عنوان پوشش تنها توصیه نمی‌شود و به ندرت به کار می‌رود، ولی به عنوان پوشش زیرین برای نیکل و کروم به کار می‌رود. پوشش مسی ظاهر و حالت صیقلی پوشش نیکلی را ندارد. پوشش مس در هوا تیره رنگ می‌شود و باید آن را در محلول ۱۵ g/l اسید کرومیک فرو برد تا تیرگی آن بر طرف شود. دلیل اصلی مس اندود کردن میله‌های فولادی فقط مقاوم کردن میله‌ها در مقابل خوردگی است و برخلاف تصور عموم، مس که همیشه بازیگر اصلی در امر هدایت الکتریکی است در اینجا نقشی ندارد.

مس را با روش‌های الکترولیز، پاشیدن فلز مذاب، روش‌های مکانیکی و روش‌های الکترولس می‌توان پوشش داد. پوشش‌های مس الکترولیزی غالباً به عنوان لایه زیرین برای نیکل و کروم کاربرد دارند.

#### پوشش دهی قلع

برای تدریس بخش پوشش دهی قلع ابتدا چند سؤال در مورد آهن حلبی بپرسید و از هنرجویان بخواهید تا هر چه در مورد آهن حلبی می‌دانند بگویند و سپس توضیحات کامل را ارائه دهید و وارد مطالب کتاب شوید تا جواب کامل را هنرجویان متوجه شوند.

توجه شود که این قسمت به دلیل وجود سیانید که ماده شیمیایی خطرناکی است، انجام فعالیت پوشش دهی قلع در کتاب آورده نشده است. این فعالیت به دلیل خطرات احتمالی توسط هنرآموز و در حضور هنرجویان انجام گیرد. برای انجام فرایند پوشش دهی قلع به صورت زیر باید اقدام کرد که رعایت تمام نکات ایمنی الزامی است.

فعالیت  
کارگاهی ۱۰



**عنوان آزمایش:** پوشش دهی قلع بر روی فولاد بدون استفاده از جریان برق  
**هدف از انجام آزمایش:** ایجاد لایه پوششی قلع بر روی فولاد جهت افزایش مقاومت به خوردگی آن

**مواد و تجهیزات مورد نیاز:** هیتر آزمایشگاهی مگنت دار، مگنت همزن، دماسنج، پیپت، پمپ مکنده یا پیپت پر کن، استاتول، پنس چوبی، دستکش، ماسک، خشک کن، زمان سنج، ترازوی آزمایشگاهی، ورق فولادی، اره، سنباده به شماره ۱۰۰ تا ۱۲۰۰، بشر ۲۵۰CC به تعداد ۹ عدد، حمام چربی زدایی (سودسوزآور ۱۰٪)، حمام اکسیدزدایی (اسید کلریدریک ۳۰٪)، حمام مس اندود کردن (سولفات مس، اسید سولفوریک)، حمام پوشش قلع (سیانید پتاسیم، پتاس، کلرید قلع)

**مراحل انجام آزمایش**

- ۱ ابتدا ورق فولادی را در ابعاد  $5 \times 10$  سانتی متر به ضخامت ۲ میلی متر آماده کرده و توسط سنباده‌ها از شماره 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 در این مرحله نمونه را مس اندود نمایید و تمامی اصول مربوط به آن را رعایت نمایید.
- ۷ دو مرحله آبکشی نمایید.
- ۸ حمام پوشش قلع را تهیه نمایید. برای انجام این کار مواد زیر مورد نیاز است:
  - سیانید پتاسیم ۶۰ g/lit (در صورت نبودن می توانید از سیانید سدیم نیز استفاده کنید)
  - پتاس ۵/۶ g/lit



نکته



توجه داشته باشید که این آزمایش را می‌توانید برای ورق مسی نیز انجام دهید و در این صورت مراحل مس‌اندود کردن حذف خواهد شد ولی برای آماده‌سازی سطح باید به روش آماده‌سازی فلز مس انجام دهید.

### ارزشیابی پایانی

برای ارزشیابی این قسمت تمامی تئوری مربوط به مس‌اندود کردن و پوشش دهی قلع را از هنرجویان بخواهید و از لحاظ عملی تنها فرایند مس‌اندود کردن می‌باشد که نمونه تهیه شده هر گروه را مورد ارزیابی قرار دهید و از فرایند عملی پوشش دهی قلع تنها به صورت تئوری از مراحل انجام آن و نحوه تهیه حمام آن سؤال بپرسید. در نهایت نیز گزارش کار هر دو فعالیت را از آنها بخواهید که مراحل انجام فعالیت پوشش دهی قلع توسط خود هنرآموز در حضور هنرجویان انجام شده و هر هنرآموز باید گزارش کار آن را به‌طور تکمیل و با شکل مراحل آن را گزارش کند.

#### کاربرگ ارزشیابی پایانی جلسه سی‌ام

خود ارزیابی توسط هنرجو		
کل نمره: ۲ نمره		
بله	خیر	مؤلفه‌های خود ارزیابی
		منظور و هدف از مس‌اندود کردن فولاد را می‌دانم.
		نحوه تهیه حمام مس‌اندود کردن را می‌دانم.
		مراحل انجام مس‌اندود کردن را می‌دانم.
		می‌دانم حلی چه نوع فلزی است.
		منظور از پوشش دهی قلع را می‌دانم.
		ترکیب حمام پوشش دهی قلع را می‌دانم و می‌توانم آن را تهیه کنم.
		نمونه مس‌اندود کرده خود را به خوبی و با کیفیت بالا تهیه کرده‌ام.
		تمامی نکات ایمنی کار را می‌دانم و هنگام کار تمامی آنها را رعایت می‌کنم.
		تعداد جواب‌های بله



ارزشیابی توسط هنرآموز

نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	منظور و هدف از مس‌اندود کردن فولاد را می‌داند.
	نحوه تهیه حمام مس‌اندود کردن را به خوبی می‌داند.
	مراحل انجام مس‌اندود کردن را می‌داند.
	می‌داند منظور از حلبی چیست.
	منظور از پوشش‌دهی قلع را می‌داند.
	ترکیب حمام پوشش‌دهی قلع را می‌داند.
	نمونه مس‌اندود کرده را با کیفیت بالا تهیه کرده‌اند.
	تمامی نکات ایمنی کار را هنگام کار رعایت می‌کند.
	بعد از اتمام کار محیط کار خود را به خوبی تمیز کرده است.
	تمام نکات اخلاق حرفه‌ای را رعایت می‌کند و با هم‌گروهی‌های خود به خوبی کار انجام می‌دهد.
	در بحث‌های کلاسی فعال می‌باشد.
	جمع

## جلسه سی و یکم: آبکاری نیکل – گالوانیزه سرد

### واحد یادگیری: پوشش دهی

#### آبکاری نیکل

برای شروع تدریس ابتدا تئوری مورد نیاز از آبکاری نیکل که یکی از پوشش‌های مهم صنعتی است را توضیح دهید و از آنها بخواهید تا نام چند قطعه که در اطراف خود و یا در محیط‌های صنعتی پوشش‌دهی نیکل شده‌اند را بگویند و سپس با نشان دادن چند تصویر و فیلم از آبکاری نیکل توضیحات خود را کامل کنید. توجه داشته باشید که در این فعالیت که پوشش‌دهی الکترولیز می‌باشد پوشش‌دهی با استفاده از جریان برق DC است و در آن از یک منبع تغذیه یا رکتی فایر استفاده می‌شود. با توجه به اینکه در جلسات گذشته در حین توضیحات ابزار و تجهیزات پوشش‌دهی رکتی فایر را نیز برای هنرجویان توضیح داده بودید، در این جلسه نیز برای یادآوری، دوباره مراحل کار را با آنها بگویید و نیز نحوه پیدا کردن آمپر مورد استفاده در نمونه مورد نظر را توضیح دهید. سپس در آزمایشگاه به طور عملی آن را برای هنرجویان نشان دهید و سپس به صورت گروهی همه هنرجویان فعالیت‌های خود را انجام دهند.

برای پیدا کردن آمپر مورد استفاده در جریان باید مساحت پوشش را در تراکم جریان مورد استفاده ضرب کرد تا آمپر به دست بیاید. تراکم جریان بسته میزان کیفیت مورد نظر از ۰/۵ تا ۳ متغیر است که به صورت تجربی مقدار ۱/۵ آمپر بر دسی متر مربع را در این آزمایش انتخاب کرده‌ایم. برای مثال:

در این آزمایش که از نمونه با ابعاد  $۵۰ \times ۱۰۰$  میلی‌متر استفاده شده است و نمونه به طور کامل در محلول وارد نمی‌شود. اگر تا اندازه ۷۰ میلی‌متر وارد شود به صورت زیر عمل می‌کنیم.

دو تا سطح  $۵۰ \times ۷۰$  میلی‌متر وارد محلول می‌شود که مساحت کل آن برابر است با:

$$۵۰ \times ۷۰ = ۳۵۰۰ \text{ mm}^2 = ۰/۳۵ \text{ dm}^2 \rightarrow \text{مساحت یک سطح نمونه}$$

$$۰/۳۵ \times ۲ = ۰/۷ \rightarrow \text{مساحت کل نمونه}$$

$$۰/۷ \times ۱/۵ = ۱/۰۵ \text{ A/dm}^2 \rightarrow \text{آمپر مورد استفاده}$$

اگر از مساحت‌های دیگر استفاده می‌کنید و یا اینکه بشر به صورتی است که نمونه مساحت نمونه که وارد حمام می‌شود متفاوت است باید توجه شود که حتماً آن مساحت را محاسبه کنید و آمپر جریان آن را پیدا کنید.

توجه داشته باشید که اگر از یک آند (سرب یا نیکل) استفاده می‌کنید یک طرف نمونه که به سمت آند است بیشتر پوشش داده می‌شود و احتمالاً طرف دیگر نمونه به خوبی تحت پوشش نیکل قرار نگیرد. برای حل این مشکل می‌توانید از دو عدد آند که هر کدام در یک طرف نمونه باشند استفاده کنید. برای این کار کافیت تا به یکی از قطعات سربی یا نیکلی و یا همان آند سیم را از رکتی فایر وصل کنید و سپس توسط یک سیم رابط دیگر از آند اولی به دومی وصل نمایید تا از هر دو طرف پوشش اعمال گردد. در صنعت برای حل این مشکل آند را در کل اطراف وان قرار می‌دهند. همچنین دقت داشته باشید که فاصله آند تا کاتد نیز در کیفیت پوشش مهم می‌باشد که در فعالیت عملی مورد نظر به صورت تجربی یک فاصله مشخص انتخاب کنید که برای پیدا کردن فاصله مناسب باید از هول سل استفاده کرد.

### دانش‌افزایی

پوشش‌های ضخیم نیکل در درجه اول برای مصارف مهندسی و به منظور تعمیر قطعات، آستر دادن ماشین‌آلات شیمیایی و برای تولید قطعاتی که در دماهای بالا در برابر اکسید شدن مقاومت کننده به کار می‌رود. در برخی طرح‌های شیمیایی اغلب به علت وجود سولفید و بر اثر عمل تیره شدن گوگردی شفافیت نیکل کاهش می‌یابد. از آنجا که نیکل سختی و استحکام بالایی دارد در عملیات شکل دادن الکتریکی جای مس را گرفته است. در صنایع اتومبیل‌سازی معمولاً ابتدا قشری از نیکل به ضخامت ۵ تا ۱۰ میکرون و بر روی آن قشری از کروم به ضخامت ۰/۱ تا ۰ میکرون ایجاد می‌کنند، لیکن برای اجزای خاص، مخصوصاً آلیاژهای روی ریخته‌گری شده تحت فشار نظیر دسته در اتومبیل، پوشش اولیه ممکن است لایه مس پرداخت شده به ضخامت ۱۰ میکرون باشد پس از آن نیکل به ضخامت ۱۰ میکرون و سرانجام به پوشش کروم می‌رسیم.

### گالوانیزه سرد

ابتدا همانند دیگر بحث‌های کلاس ابتدا تئوری گالوانیزه سرد را برای هنرجویان بگویید. برای این کار ابتدا از خود هنرجویان بخواهید تا منظور از گالوانیزه را بگویند و هر آنچه در مورد گالوانیزه می‌دانند و یا سؤالی دارند بپرسند. سپس تفاوت منظور از گالوانیزه گرم و گالوانیزه سرد را از آنها بپرسید و به صورتی که می‌توان آنها را انجام داد نظر بخواهید. بعد از به چالش کشیدن ذهن هنرجویان، با استفاده از تصاویر و فیلم توضیحات کامل را ارائه دهید و منظور از گالوانیزه سرد و گرم را بگویید و بیشتر بر بحث گالوانیزه سرد وقت بگذارید که بحث اصلی می‌باشد و فعالیت عملی طراحی شده نیز گالوانیزه سرد می‌باشد.

نحوه انجام کار و نیز نحوه تهیه حمام گالوانیزه سرد را بیان کنید و به صورت عملی در آزمایشگاه برای هنرجویان نشان دهید تا با رعایت کامل اصول ایمنی و با دقت کافی به صورت گروهی فعالیت عملی را انجام دهند.

در این بخش برای اندازه گیری لایه پوشش داده شده نیز یکی از روش های آن از هنرجویان خواسته شده است. با استفاده از نحوه مانت کردن و کار با میکروسکوپ که در پودمان های قبلی به خوبی یاد گرفته اند، نمونه بعد از پوشش را بریده و یک اندازه مناسب از آن را مانت کنند و در زیر میکروسکوپ لایه پوشش داده شده را ببینند و اندازه آن را نسبت به ضخامت فلز اصلی مشاهده نمایند.

### دانش افزایی

در گالوانیزه کردن قطعات جهت جلوگیری از ایجاد زنگ زدگی از دو روش اصلی به نام روش گالوانیزه گرم و روش گالوانیزه سرد استفاده می شود که پوشش گالوانیزه سرد به دو بخش اسیدی و قلیایی (سیانوری) تقسیم می شود. در زیر تفاوت کلی گالوانیزه سرد و گرم آورده شده است.

**۱** نوع گالوانیزه گرم دارای پوشش حدود ۱۰۰ میکرون یا کمی بالاتر تا ۱۳۰ میکرون فلز روی به روش مذاب روی قطعه پوشش داده می شود که در شرایط سخت کاربرد دارند و از نظر ظاهری کدر و نقره ای بسیار سرد دارد. نمونه مصارف آن در دکل های مخابراتی و تیرهای برق و گارد ریل جاده و دکل های برق فشار قوی و... که در شرایط جوی باز قرار دارند و سرعت خوردگی زیاد می باشد استفاده می شود.

**۲** گالوانیزه سرد مصارف به مراتب بیشتر و وسیع تری نسبت به گالوانیزه گرم دارد و مقاومت به خوردگی خوبی (از جهت کرومات شدن) هم دارند. اکثراً در صنایع قطعه سازی و خودروسازی و پیچ و مهره سازی و... کاربرد دارد. ظاهر این پوشش صاف براق و درخشان است و ضخامت آن در حدود ۲۰ میکرون می باشد. تشخیص گالوانیزه سرد با توجه به پوشش و رنگ و ضخامت و زوایای پوشش قطعه قابل شناسایی است و معمولاً در رنگ های نقره ای متمایل به آبی و سبز تیره، زرد هفت رنگ و مشکی کرومات می باشد.

تصاویر زیر تفاوت ظاهری گالوانیزه سرد و گرم را نشان می دهند.



## ارزشیابی پایانی:

نمونه‌های تهیه شده هر گروه را جمع‌آوری کنید و اشکالات و ایرادات و خوبی‌های آنها را توسط تمامی هنرجویان بررسی کنید و در نهایت کاربرگ ارزشیابی هر هنرجو را تکمیل کنید و در کارپوشه آنها قرار دهید.  
کاربرگ ارزشیابی پایانی جلسه سی و یکم

خود ارزیابی توسط هنرجو		
بله	خیر	مؤلفه‌های خود ارزیابی
		اهداف آبرکاری نیکل را می‌دانم.
		نحوه تهیه حمام نیکل را می‌دانم.
		فرایند انجام پوشش‌دهی نیکل را به خوبی می‌دانم.
		اهداف گالوانیزه سرد را می‌دانم و نام چند قطعه که در صنعت گالوانیزه سرد می‌شوند را می‌دانم.
		نحوه تهیه حمام گالوانیزه سرد را می‌دانم.
		فرایند انجام گالوانیزه سرد را می‌دانم.
		از کیفیت نمونه‌های پوشش داده شده گروهمان راضی هستم.
		تمامی نکات ایمنی کار را می‌دانم و هنگام کار تمامی آنها را رعایت می‌کنم.
		تعداد جواب‌های بله

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه های ارزشیابی
	اهداف آبکاری نیکل را می داند.
	می تواند حمام نیکل برای پوشش دهی تهیه نماید.
	فرایند انجام پوشش دهی نیکل را به خوبی می داند.
	اهداف گالوانیزه سرد را می داند.
	نحوه تهیه حمام گالوانیزه سرد را می داند.
	می تواند برای قطعات گالوانیزه سرد انجام دهد.
	کیفیت نمونه های پوشش داده شده آنها خوب است.
	تمامی نکات ایمنی کار را هنگام کار رعایت می کند.
	بعد از اتمام کار محیط کار خود را به خوبی تمیز کرده است.
	تمام نکات اخلاقی حرفه ای را رعایت می کند و با هم گروهی های خود به خوبی کار انجام می دهد.
	در بحث های کلاسی فعال می باشد.
	جمع

## جلسه سی و دوم: آندایزینگ آلومینیوم – گالوانیزه گرم – کنترل کیفیت

### پوشش‌های انجام شده

#### واحد یادگیری: پوشش دهی

##### آندایزینگ آلومینیوم

تدریس این بخش را با تئوری مورد نیاز آن و شروع چند سؤال و نشان دادن تصاویر و فیلم آغاز کنید. از هنرجویان بخواهید تا تفاوت این پوشش دهی را با دیگر پوشش دهی‌ها بیان کنند. پاسخ‌های مختلفی خواهید شنید مثل تفاوت در جنس نمونه مورد آزمایش که آلومینیوم است. توجه آنها را به قطب آند و کاتد جلب کنید و بپرسید در پوشش دهی‌های قبلی نمونه به کدام قطب بسته می‌شد و در اینجا به کدام قطب رکتی فایر بسته می‌شود؟ آیا در این فعالیت عملی روی نمونه لایه پوشش می‌نشیند یا لایه‌ای از آن اکسید می‌شود؟ و سؤالاتی دیگر که می‌تواند در بهتر یادگیری هنرجویان کمک کند.

حال وارد توضیحات کتاب شده و با توضیحات خود تمامی مطالب مورد نیاز را به هنرجویان انتقال دهید. نحوه تهیه حمام آندایزینگ را توضیح داده و مراحل آن را به‌طور شماتیکی و منظم برای هنرجویان بگویید. سپس وارد آزمایشگاه شده و فعالیت را انجام دهید و از هنرجویان بخواهید تا به صورت گروهی شروع به انجام فعالیت نمایند.

در این فعالیت توجه داشته باشید که دمای حمام آندایزینگ دمای محیط می‌باشد و اگر دما از ۲۵ درجه سانتی‌گراد بالا رود فرایند آندایزینگ قطع خواهد شد. برای حل این مشکل بشر حاوی حمام آندایز را در داخل یک بشر بزرگ‌تر یا یک ظرف بزرگ حاوی آب قرار دهید و چون واکنش گرمازا است مقداری یخ در دسترس نگهدارید و هنگام کار با کنترل دماسنج هر موقع دما بالا رفت، مقداری یخ در ظرف بریزید تا دمای حمام را کاهش دهد. توجه داشته باشید یخ را داخل حمام آندایزینگ نیندازید.

با این ترکیب از حمام که در فعالیت شماره ۱۳ کتاب آورده شده است رنگ لایه رنگی به رنگ خود آلومینیوم می‌باشد و مقداری روشن‌تر به نظر می‌رسد. اگر از ترکیب دیگری استفاده شود رنگ آن تغییر می‌یابد مثلاً اگر از اسید اگزالیک به جای اسید سولفوریک و با ترکیب و زمان متفاوت استفاده شود رنگ متمایل به زرد به دست می‌آید.

## دانش‌افزایی

بسیاری از فلزات به اکسید شدن تمایل دارند و لایه نسبتاً پایداری از اکسید، روی آنها تشکیل می‌شود. در شرایط معینی این لایه اکسید محافظت‌کننده است و از خوردگی سطح فلز جلوگیری می‌کند. در عمل، با استفاده از این خاصیت، لایه اکسیدی یا هیدروکسیدی موجود بر روی فلزات را تقویت می‌کنند و یا باعث ایجاد این لایه می‌شوند. به این نوع عملیات سطحی، ایجاد پوشش‌های تبدیلی و یا اکسیدی می‌گویند.

سطح آلومینیوم همواره پوشیده از لایه از اکسید به ضخامت تا ۱۰ نانومتر است، در حین آندایزینگ، این لایه رشد می‌کند و ضخیم‌تر می‌شود. این لایه از مقاومت به خوردگی خوبی برخوردار است و می‌تواند جهت عایق کاری الکتریکی برای فیلم‌های فشرده و یا ایجاد آلومینیوم رنگین روی فیلم‌های متخلخل به کار رود.

قطعات آلومینیومی رنگی موجود در بازار می‌توانند به روش آندایزینگ رنگی به رنگ‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرند که برای انجام آن نیاز است تا مراحل اصلی آندایزینگ صورت بگیرد و سپس توسط یک منبع تغذیه AC مراحل پایانی آنکه رنگی کردن آن می‌باشد انجام گیرد. توجه داشته باشید که برای انجام آندایزینگ آلومینیوم به صورت یک لایه اکسیدی ساده تنها منبع تغذیه DC کافی است و می‌توان با تغییر دادن ترکیب حمام (الکترولیت) رنگ متفاوتی از لایه اکسیدی ایجاد کرد ولی آلومینیوم رنگی که در شکل زیر نشان داده شده است حتماً باید جریان AC نیز باشد.

تصاویری از قطعات آلومینیومی رنگی تحت فرایند آندایزینگ رنگی در زیر آورده شده است.





## گالوانیزه گرم

برای تدریس این قسمت که قبلاً هنرجویان با گالوانیزه سرد آشنا شده‌اند و هنگام تدریس قسمت گالوانیزه سرد اشاره‌ای به گالوانیزه گرم نیز شده است، از هنرجویان بخواهید تا تفاوت‌های قطعات گالوانیزه سرد و گالوانیزه گرم را بگویند و نیز تفاوت خود فرایند را بپرسید که چرا در دو روش گرم و سرد وجود دارد از مزایا و معایب آنها بپرسید.

این فعالیت که جزء پوشش‌دهی‌های گرم محسوب می‌شود با فرایندهای پوشش‌دهی قبل تفاوت‌هایی دارد. این تفاوت‌ها را برای هنرجویان توضیح دهید. با نشان دادن تصاویر و فیلم از کارخانجات گالوانیزه گرم نحوه انجام کار را در مقیاس صنعتی به هنرجویان نشان دهید.

تمام مطالب آورده شده در کتاب در حد نیاز هنرجویان می‌باشد و با مراجعه به کتاب تمام توضیحات مورد نیاز را برای آنها بدهید و وارد فعالیت عملی که انجام گالوانیزه گرم می‌باشد شوید. تمام مراحل گفته شده از یک کارخانه گالوانیزه گرم می‌باشد که هم ورق‌های فولادی و قطعات فولادی را گالوانیزه می‌کردند که ترکیب خود فولاد و وجود درصدهای مختلف سیلیسیم در آن فرایند را متفاوت‌تر می‌کرد. فعالیت عملی شماره ۱۴ کتاب بر اساس گالوانیزه کردن صنعتی آورده شده است که در مقیاس آزمایشگاهی و در اندازه کوچک قطعات قابل اجرا می‌باشد. حتماً تمام نکات ایمنی را در انجام کار رعایت نمایید و از هنرجویان بخواهید لباس کار مناسب برای کار با مذاب بیوشند و تمام نکات ایمنی را رعایت نمایند. توجه داشته باید که چون در دمای بالا کار می‌شود تمام دماهای گفته شده برای موارد مختلف مثل فلاکس و آب جهت خنک‌کاری رعایت شود در صورت عدم رعایت می‌تواند باعث پاشش آب یا مذاب به اطراف شود. بهتر است از دو کوره یا در صورت در دسترس بودن از ۳ یا ۴ کوره استفاده شود تا دمای فلاکس، دمای نمونه فولادی، دمای آب و دمای روی مذاب را به خوبی تنظیم نمایید.

## کنترل کیفیت پوشش‌های انجام شده

ابتدا توضیحاتی راجع به نحوه کنترل کیفیت پوشش‌ها و نیز اینکه چگونه می‌توان پوشش موردنظر را تحت کنترل قرار داد ارائه دهید. از هنرجویان بپرسید که تا این جلسه که چند مورد پوشش‌دهی مهم صنعتی را انجام داده‌اند چگونه می‌توانند کیفیت و یا ضخامت لایه پوشش را بررسی کنند. در برخی از سؤالات پایانی

فعالیت‌ها به برخی از آنها اشاره شده بود و از هنرجویان خواسته بودیم تا در زیر میکروسکوپ بررسی کنند که یکی از موارد می‌تواند همین باشد که باید به آنها اشاره کنید. همچنین بپرسید اگر کیفیت لایه پوششی مناسب نباشد چه راهکاری وجود دارد؟ سپس با توضیحات کامل خود و با مراجعه به کتاب جواب‌های درست را به هنرجویان انتقال دهید. در نهایت نمونه‌ای از پوشش‌های انجام گرفته توسط هنرجویان را توسط ضخامت سنج کنترل کنید و ضخامت آنها را به دست آورید. همچنین می‌توانید آنها را از لحاظ ظاهری به همراه هنرجویان مورد بررسی قرار دهید و اطلاعات تکمیلی را بگویید.

فیلم نحوه بررسی و کنترل کیفیت پوشش‌ها را نشان دهید و با نرم‌افزاری مثل ImageJ که می‌توان ضخامت لایه پوششی را اندازه گرفت و یا انواع تست‌های مخرب و غیرمخرب که برای اندازه‌گیری ضخامت پوشش استفاده می‌شود، هنرجویان را آشنا سازید.

### ارزشیابی پایانی

به تمامی فعالیت‌های هنرجویان را در حین انجام کار نظارت کامل داشته باشید و از همکاری آنها با دیگر هنرجویان و نحوه کار و رعایت نکات ایمنی و امنیتی مورد ارزیابی قرار دهید و در پایان کار برگ ارزشیابی را تکمیل نموده و در کار پوشه هنرجویان قرار دهید.

کاربرگ ارزشیابی پایانی جلسه سی و دوم

خود ارزیابی توسط هنرجو		
بله	خیر	مؤلفه های خود ارزیابی
		منظور از آندایزینگ را به طور کامل می دانم.
		مزایای آندایزینگ آلومینیوم را می دانم.
		مراحل انجام آندایزینگ را می دانم و به صورت عملی می توانم انجام دهم.
		تفاوت گالوانیزه گرم و گالوانیزه سرد را می دانم.
		تمامی مراحل انجام گالوانیزه گرم و نیز ترکیب فلاکس و روی مذاب آن را می دانم.
		نمونه ها را با کیفیت بالا آندایز و پوشش دهی کرده ام.
		روش های کنترل کیفیت پوشش ها را می دانم.
		تمامی نکات ایمنی کار را می دانم و هنگام کار تمامی آنها را رعایت می کنم.
		تعداد جواب های بله

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه های ارزشیابی
	منظور از آندایزینگ را به طور کامل می داند.
	مزایای آندایزینگ آلومینیوم را می داند.
	مراحل انجام آندایزینگ را می داند و به صورت عملی می تواند انجام دهد.
	تفاوت گالوانیزه گرم و گالوانیزه سرد را می داند.
	تمامی مراحل انجام گالوانیزه گرم را می داند.
	ترکیب روی مذاب و افزودنی ها و دلایل افزودن آنها و نیز ترکیب فلاکس را می داند.
	روش های کنترل کیفیت پوشش ها را می داند.
	کیفیت نمونه ای که آماده کرده اند عالی است.
	تمامی نکات ایمنی کار را هنگام کار رعایت می کند.
	بعد از اتمام کار محیط کار خود را به خوبی تمیز کرده است.
	تمام نکات اخلاق حرفه ای را رعایت می کند و با هم گروهی های خود به خوبی کار انجام می دهد.
	در بحث های کلاسی فعال می باشد.
	صحت خود ارزیابی هنرجو
	جمع

- ۱ برنامه درسی رشته متالورژی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای کارودانش، سال ۱۳۹۵.
- ۲ ۱. تومر. ترجمه داود خرازیکار، ۱۳۷۶، ساختار فلزات زیر میکروسکوپ نوری. انتشارات دانشگاه صنعتی سهند تبریز.
- ۳ ۲ ساعتچی، احمد. ۱۳۷۲، اصول و کاربرد عملیات حرارتی فولادها و چدن‌ها، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
- ۴ ۲ تویسرکانی، حسین. ۱۳۸۸، اصول علم مواد (ساختار، خواص و مهندسی مواد)، ویرایش سوم، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۵ ۵ کمیسیون تخصصی رشته متالورژی، ۱۳۷۸، آزمایشگاه متالورژی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران
- ۶ ۶ قربانعلی، محمد، ۱۳۸۵، پوشش دادن فلزات جلد، مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف
- ۷ ۷ ساعتچی احمد، ۱۳۷۸، مهندسی خوردگی، انتشارات مرکز جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان
- ۸ ۸ فتحی، محمدحسین، ۱۳۸۶، مواد قالب‌گیری برای ریخته‌گری فلزات، انتشارات ارکان دانش اصفهان



هنرآموزان محترم، می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران -

صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام‌نگار [tvoccd@roshd.ir](mailto:tvoccd@roshd.ir) ارسال نمایند.

وب‌گاه: [tvoccd.oerp.ir](http://tvoccd.oerp.ir)

دفترتالیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

