

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

راهنمای هنر آموز

عملیات تغییر خواص متالورژیکی فلزات

رشته متالورژی

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



- نام کتاب: راهنمای هنرآموز عملیات تغییر خواص متالورژیکی فلزات - ۲۱۲۹۲۱
- پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: حسن حامد، حسن طبیب زاده، حسن عبدالعزیز محمد معتمدی، امیر ریاحی، غلامرضا خلیج، اسداله عابدی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
- مدیریت آماده‌سازی هنری: مهدی احمدی قراملکی، موسی بابا زاده، بهرام شکرین، ابراهیم آقازاده (اعضای گروه تألیف)
- شناسه افزوده آماده‌سازی: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- نشانی سازمان: جواد صفری (مدیر هنری) - سمیه قنبری (صفحه‌آرا)
- ناشر: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹ ، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
- چاپخانه: وب‌گاه: www.irtextbook.ir و www.chap.sch.ir
- سال انتشار و نوبت چاپ: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج -
خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱ ، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰
- صندوق پستی: ۳۷۵۱۵ - ۱۳۹
- چاپ اول: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
۱۳۹۷

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



دست توانای معلم است که چشم انداز آینده ما را ترسیم می کند.
امام خمینی (قدس سرّه الشّریف)

- فصل اول: آزمایشگاه مواد قالب‌گیری (آزمایش های ماسه) ۱
- فصل دوم: آزمایش متالوگرافی ۴۱
- فصل سوم: سخت کاری ۷۱
- فصل چهارم: عملیات حرارتی آنیل و نرماله ۱۰۷
- فصل پنجم: خوردگی و پوشش دهی ۱۱۷

از الزامات اجرای برنامه درسی، وجود محتوای آموزشی جهت تحقق نیازهای فردی و اجتماعی و اهداف نظام تعلیم و تربیت می‌باشد. با توجه به تغییرات نظام آموزشی که حول محور سند تحول بنیادین آموزش و پرورش انجام شد چرخش‌های جدیدی از وضع موجود به مطلوب صورت پذیرفت. از جمله به نقش معلم از آموزش‌دهنده صرف، به مربی، اسوه و تسهیل‌کننده یادگیری و نقش دانش‌آموز از یادگیرنده منفعل به فراگیرنده فعال، تربیت‌جو و مشارکت‌پذیر و نقش محتوا از کتاب درسی به عنوان تنها رسانه آموزشی به برنامه محوری و بسته یادگیری (آموزشی) نام برد. بسته یادگیری شامل رسانه‌های متنوعی از جمله کتاب درسی دانش‌آموز، کتاب همراه دانش‌آموز/ هنرجو، کتاب راهنمای تدریس معلم/ هنرآموز، نرم‌افزارهای آموزشی، فیلم آموزشی و پوستر و ... می‌باشد که با هم در تحقق اهداف یادگیری نقش ایفا می‌کنند. کتاب راهنمای هنرآموز جهت ایفای نقش تسهیل‌گری، انتقال‌دهنده و مرجعیت هنرآموز در نظام آموزشی برای هر کتاب درسی طراحی و تدوین شده است. در این رسانه سعی شده روش تدریس کلی و جلسه به جلسه به همراه تجهیزات، ابزارها و مواد مصرفی مورد نیاز هر جلسه، نکات مربوط به ایمنی و بهداشت فردی و محیطی آورده شود. همچنین نمونه طرح درس، تبیین پیچیدگی‌های یادگیری هنرجویان، هدایت و مدیریت کارگاه و کلاس در هنرستان، راهنمایی و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها، بیان شاخص‌های اصلی جهت ارزشیابی شایستگی و ارائه بازخورد، اشاره به اشتباهات و مشکلات رایج در یادگیری هنرجویان و روش سنجش و نمره‌دهی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت و ارگونومی، منابع مطالعاتی، نکات مهم در فرایند اجرا و آموزش در محیط یادگیری، بودجه‌بندی زمانی و صلاحیت‌های حرفه‌ای و تخصصی هنرآموزان و دیگر موارد آورده شده است.

امید است شما هنرآموزان گرامی با دقت و سعه صدر در راستای تحقق اهداف بسته آموزشی که با کوشش و تلاش مؤلفین گرانقدر تدوین و تألیف شده موفق باشید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

کتاب درسی و کتاب همراه هنرجو به همراه کتاب راهنمای هنرآموز از جمله اجزای بسته آموزشی تلقی می‌شوند که این بسته را سایر اجزا مانند فیلم و نرم‌افزار و... کامل می‌کند. کتاب راهنمای هنرآموز جهت ایفای نقش تسهیل‌گری، انتقال‌دهنده و مرجعیت هنرآموز در نظام آموزشی طراحی و تدوین شده است. این کتاب براساس کتاب درسی عملیات تغییر خواص متالورژیکی فلزات پایه دوازدهم رشته تحصیلی - حرفه‌ای متالورژی تنظیم شده و دارای پودمان‌های ۱- آزمایشگاه مواد قالب‌گیری ۲- آزمایش‌های متالوگرافی ۳- سخت‌کاری ۴- عملیات حرارتی آنیل و نرماله ۵- خوردگی و پوشش‌دهی می‌باشد.

هنرآموزان گرامی در هنگام مطالعه این کتاب به موارد ذیل توجه فرمایند:

در کتاب راهنمای هنرآموز مواردی از قبیل نمونه طرح درس، راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها، ایمنی و بهداشت فردی و محیطی، نکات آموزشی، شایستگی‌های غیرفنی، اشتباهات و مشکلات رایج در یادگیری هنرجویان، منابع یادگیری، نکات مهم هنرآموزان در اجرا، فرایند اجرا و آموزش در محیط یادگیری، بودجه‌بندی زمانی و صلاحیت‌های حرفه‌ای و تخصصی هنرآموزان و دیگر موارد آورده شده است. ارزشیابی در درس دانش فنی تخصصی بر اساس ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است، این درس شامل ۵ پودمان است و برای هر پودمان، ارزشیابی مستقل از هنرجو صورت می‌گیرد. همچنین یک نمره مستقل برای هر پودمان ثبت خواهد شد. این نمره شامل یک نمره مستمر و یک نمره شایستگی است. ارزشیابی از پودمان‌های این درس مطابق با جداول استانداردهای ارزشیابی پیشرفت تحصیلی تهیه شده توسط دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی صورت می‌گیرد.

زمانی هنرجو در این درس، قبول اعلام می‌گردد که در هر پنج پودمان درس، حداقل نمره ۱۲ را کسب نماید. در این صورت میانگین نمره‌های پنج پودمان به عنوان نمره پایانی درس در کارنامه تحصیلی هنرجو منظور خواهد شد.

ارزشیابی مجدد در پودمان یا پودمان‌هایی که حداقل نمره مورد نظر در آن کسب نشده است با برنامه‌ریزی هر هنرستان، انجام می‌شود و چنانچه هنرجو به هر دلیلی تا پایان خردادماه شایستگی لازم را در یک یا چند پودمان کسب ننماید، می‌تواند تا پایان سال تحصیلی برای ارزشیابی مجدد در ارزشیابی مبتنی بر شایستگی شرکت نماید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

فصل ۱

آزمایشگاه مواد قالب گیری (آزمایش های ماسه)

جلسه اول: تعیین خواص و مشخصات ماسه‌های ریخته‌گری – نمونه برداری از ماسه‌های ریخته‌گری – تهیه نمونه استاندارد

واحد یادگیری: آزمایش‌های مخلوط ماسه قالب‌گیری

مقدمه

برای تدریس این قسمت از درس، ابتدا مقدمه‌ای در مورد انواع قالب‌های مورد استفاده در ریخته‌گری را بیان کنید. سپس اهمیت و نقش قالب‌های موقت در تولید قطعات ریخته‌گری را به همراه تشریح مزایای این قالب‌ها به هنرجویان به‌طور کامل توضیح داده و از آنها بخواهید که انواع قالب‌های موقت مورد استفاده در صنایع ریخته‌گری را نام برده و برداشته‌شان را از تولید انواع قطعات در این قالب‌ها بیان کنند.

در ادامه ماسه‌های قالب‌گیری و اهمیت و نقش آن را در تولید قطعات ریخته‌گری سالم بیان کرده و جهت یادآوری هنرجویان انواع ماسه‌های مورد استفاده در صنایع ریخته‌گری را نام برده و خصوصیات هر کدام را به‌طور مختصر شرح دهید. سپس از هنرجویان بخواهید که خواص عمومی قالب‌های موقت را نام ببرند. سپس فیلم‌هایی را که در رابطه با تولید قطعات در انواع قالب‌های موقت در اختیار دارید را به نمایش بگذارید و توصیه کنید که با دقت فیلم را نگاه کنند. در هر قسمت که توانستید سؤالی انگیزشی در مورد انواع قالب‌های موقت از هنرجویان بپرسید به‌نحوی که باعث توجه بیشتر آنها به اهمیت قالب‌های موقت در تولید قطعات و موضوع فیلم شود.

سعی کنید که در فرصت‌های مناسب از هنرجویان بخواهید که سؤال‌هایی مطرح کنند و برای پاسخ دادن به این سؤالات از دیگر هنرجویان کمک بگیرید؛ یعنی ابتدا از دیگر هنرجویان بخواهید که در صورت آگاهی از جواب سؤال، نظر خود را اعلام نمایند.

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

دانش افزایی:

در ریخته‌گری کلیه اعمال تکنولوژیکی و متالورژیکی به‌این نکته ختم می‌شود که فلز یا آلیاژ مذاب در محفظه‌ای به‌نام قالب ریخته‌گری می‌گردد و مهم‌ترین بخش

ریخته‌گری دگرگونی ماهیت فیزیکی مذاب است که در درون قالب انجام می‌گیرد و در اثر انتقال حرارت فلز مذاب منجمد شده و در نهایت شکل محفظه قالب را به خود می‌گیرد.

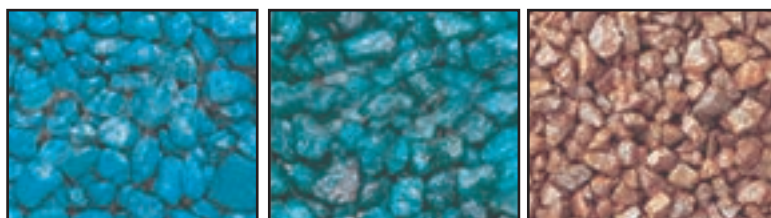
بخش عمده تولید قطعات ریختگی داخل قالب‌های ماسه‌ای انجام می‌شود؛ به طوری که برای تولید یک تن قطعه ریختگی ممکن است به ۴ تا ۵ تن ماسه قالب‌گیری نیاز باشد. نسبت مابین مقدار ماسه - فلز می‌تواند از ۱۰ به ۱ تا ۱ به ۰/۲۵ متفاوت باشد که این نسبت به اندازه قطعات ریختگی و روش قالب‌گیری مورد استفاده بستگی دارد. به هر حال مقدار ماسه‌ای که باید در یک کارگاه ریخته‌گری نگهداری شود خیلی زیاد است و کیفیت آن نیز باید کنترل شود تا قطعات ریختگی سالم و بدون عیب تولید شوند.



شکل ۱- ریخته‌گری در قالب‌های ماسه‌ای (موقت)

به طور کلی یکی از اجزای اصلی در مخلوط ماسه قالب‌گیری ذرات دیرگداز ماسه می‌باشد. به طور کلی طبق تعریف ماسه ذرات ریزی از مواد معدنی است که قطر آن در محدوده ۰/۰۵ - ۰/۰۲ میلی‌متر است. ذراتی که قطر آنها کمتر از ۰/۰۲ میلی‌متر باشد خاک نامیده می‌شوند. ماسه‌های قالب‌گیری که در ریخته‌گری مورد استفاده قرار می‌گیرند براساس ماهیتشان به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند.

ماسه‌های طبیعی: جزء اصلی و دیرگداز این ماسه‌ها سیلیس (کوارتز) یا SiO_2 (اکسید سیلیسیم)، می‌باشد که قسمت اصلی ماسه را تشکیل می‌دهد. معمولاً به غیر از سیلیس ماسه با مواد و ترکیبات معدنی دیگری که رنگ و خواص آن را تعیین می‌کند مخلوط است. به طوری که اگر ماسه اکسید آهن (Fe_2O_3) زیاد داشته باشد رنگ آن قرمز یا قهوه‌ای و اگر اکسید سدیم (Na_2O) و اکسید پتاسیم (K_2O) داشته باشد به ترتیب رنگ‌های سبز و آبی خواهد داشت.



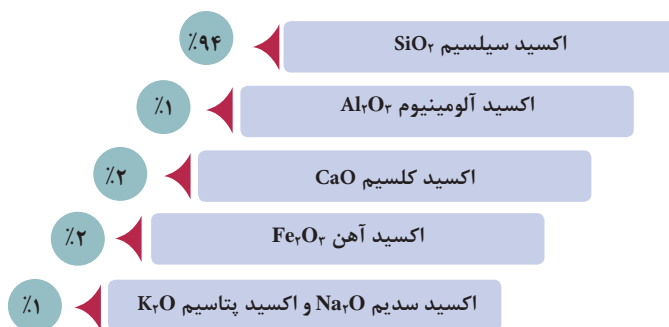
ماسه حاوی اکسید پتاسیم
(K₂O)

ماسه حاوی اکسید سدیم
(Na₂O)

ماسه حاوی اکسید آهن
(Fe₂O₃)

شکل ۲- ماسه‌های طبیعی با رنگ‌های مختلف

به‌طور کلی مواد شیمیایی تشکیل‌دهنده یک ماسه طبیعی معمولاً از این قرار می‌باشد:



انواع ماسه‌های طبیعی

الف) ماسه‌های چسب دار طبیعی: فراوانی و ارزانی این نوع ماسه‌ها باعث شده تا به‌طور وسیعی در صنایع ریخته‌گری مصرف شوند. این نوع ماسه‌ها به‌صورت مخلوطی با چسب طبیعی (خاک رس) یافت می‌شوند و میزان خاک رس در آنها می‌تواند تا حدود ۲۰ درصد متغیر باشد. این ماسه‌ها به‌صورت پیش آماده در طبیعت موجود می‌باشند و فقط با اضافه کردن مقدار مناسبی آب، خواص لازم جهت قالب‌گیری به‌دست می‌آید.

وجود اکسیدهای قلیایی (Na₂O و K₂O) و همچنین آهک (CaO) در این ماسه‌ها دیرگدازی آنها را پایین می‌آورد و چون این ترکیبات در اثر حرارت مذاب تبخیر می‌گردند تشکیل مک و حفره‌های گازی و در نتیجه معیوب شدن قطعه ریختگی را به‌همراه دارد. برای جلوگیری از عیوب مذکور، افزودن موادی نظیر پودر چوب و مواد نشاسته‌ای به‌منظور خروج بهتر گازها می‌تواند مفید باشد. قابل ذکر است که از این ماسه‌های طبیعی به‌دلیل دیرگدازی پایین اکثراً در ریخته‌گری آلومینیوم و آلیاژهای

آن استفاده می‌کنند و در صنعت به ماسه آلومینیوم معروف می‌باشد. معمولاً ماسه‌های چسب‌دار طبیعی را از لحاظ مقدار خاکی که به همراه دارند می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

ماده ضعیف	حداکثر ۸٪ خاک
ماسه متوسط	از ۸٪ تا ۱۸٪ خاک
ماسه غنی	بیش از ۱۸٪ خاک

ب) ماسه‌های طبیعی بدون چسب: این نوع ماسه‌ها در مقایسه با ماسه‌های چسب‌دار طبیعی یا درصد کمتری چسب دارند یا به‌طور کلی فاقد چسب فعال هستند. معمولاً درجه خلوص بالاتر و کم بودن مقدار اکسیدهای قلیایی و آهن و گردی دانه‌ها در این نوع ماسه‌ها، در مقایسه با ماسه‌های چسب‌دار طبیعی، باعث بالا بودن کیفیت آنها می‌شود. در به‌کارگیری این نوع ماسه‌ها افزودن درصد مناسبی از چسب فعال نظیر بنتونیت و سایر مواد افزودنی، البته قبل از افزودن آب، الزامی است. از این ماسه‌ها معمولاً در ریخته‌گری آلیاژهای مس و قطعات کوچک و متوسط چدنی استفاده می‌شود و در صنعت به ماسه بادی معروف می‌باشد.

در هر حال ماسه ریخته‌گری باید در مقابل حرارت به اندازه کافی مقاوم باشد؛ مثلاً اکسید سیلیسیم در مقابل حرارت مقاوم است ولی سایر مواد اضافی که همراه ماسه هستند گاهی در مقابل حرارت مقاوم نبوده و هنگام ریخته‌گری می‌سوزند و یا ذوب می‌شوند که در نتیجه کلوخه ماسه را تشکیل می‌دهند. همچنین ماسه ریخته‌گری باید قابلیت نفوذپذیری گاز و بخار را در هنگام ریخته‌گری داشته باشد.

ماسه مصنوعی

این نوع ماسه‌ها معمولاً از شکستن، خرد کردن و غربال نمودن سنگ‌های سیلیسی، زیرکنی، کرومیتی و اولیوینی به‌دست می‌آیند که برای ایجاد قابلیت شکل‌پذیری، به آنها چسب افزوده می‌شود. در شکل ۳ مراحل تولید این ماسه‌ها نشان داده شده است.



شکل ۳- مراحل تولید ماسه‌های مصنوعی

دلایل مهم استفاده از ماسه‌های مصنوعی به جای ماسه‌های طبیعی عبارت‌اند از:

(الف) دستیابی به دیرگدازی بالاتر
(ب) کنترل مشخصات فیزیکی و مکانیکی مخلوط به منظور تأمین خواص مورد نیاز، قابلیت بازسازی و استفاده مجدد.

از این رو در بیشتر واحدهای ریخته‌گری که به تولید قطعات بزرگ و نیز قطعاتی از فلزات و آلیاژهایی با نقطه ذوب بالا اشتغال دارند از ماسه‌های مصنوعی به طور وسیعی استفاده می‌شود.

به‌طور کلی در میان ماسه‌های مصنوعی، نوع سیلیسی آن مهم‌تر و پرمصرف‌تر از بقیه می‌باشد. همان‌طوری که قبلاً نیز اشاره شد ماده دیرگداز این نوع ماسه‌ها ذرات سیلیس (SiO_2) می‌باشد که معمولاً با ترکیبات دیگر همراه است. از میان این ترکیبات، اکسیدهای آلومینیوم و آهن دیرگدازی ماسه را افزایش داده و اکسیدهای پتاسیم و سدیم، علی‌رغم بهبود چسبندگی و شکل‌پذیری ماسه، دیرگدازی آن را کاهش می‌دهند.

هرچند ماسه‌های سیلیسی استفاده زیادی در ریخته‌گری دارند ولی به دلیل افزایش حجم (انبساط) سریع آن در درجه حرارت‌های بالا، امکان شکستن و یا تغییر شکل قالب وجود دارد. بنابراین جهت دستیابی به دیرگدازی بالاتر، از ماسه‌های کرومیتی، زیرکنی و اولیوبینی استفاده می‌شود.

به‌طور کلی و با توجه به توضیحات داده شده، هر ماسه قابل استفاده در ریخته‌گری باید حداقل دارای شرایط زیر باشد:

- در درجه حرارت‌های بالا پایداری حرارتی و ثبات ابعادی داشته باشد.
- اندازه و شکل مناسب داشته باشد.
- از نظر شیمیایی میل به ترکیب و واکنش با فلز مذاب را نداشته باشد.
- به‌آسانی توسط فلز مذاب خیس نشود.
- عاری از مواد فرار و تخییر شدنی که با بالا رفتن دما گاز تولید می‌کنند، باشند.
- به‌آسانی در دسترس باشد و صرفه اقتصادی داشته باشد.
- دارای خلوص و ترکیب شیمیایی و درجه اسیدی (PH) مطلوب باشد.
- قابلیت تطابق با سیستم چسب و اتصال را داشته باشد.

تعیین خواص و مشخصات ماسه‌های ریخته‌گری (آزمایش‌های ماسه قالب‌گیری)

برای تدریس این قسمت ابتدا فاکتورهای تأثیرگذار در تولید قطعات ریخته‌گری سالم را به‌طور مختصر شرح داده و از هنرجویان بخواهید که نقش قالب در تولید قطعات سالم و عاری از عیب را بیان کنند. پس از شنیدن نظرات هنرجویان، خودتان در مورد

نقش مواد قالب در تولید قطعات سالم توضیحات کامل‌تری را ارائه داده و سپس از هنرجویان بپرسید که چطور می‌توان به‌خواص و خصوصیات ماسه‌های مختلف پی‌برد یا چطور می‌توان فهمید خصوصیات ماسه‌ای که برای ریخته‌گری قطعه‌ای در نظر گرفته‌ایم مناسب است یا نه. پس از شنیدن پاسخ هنرجویان مجدداً بپرسید که آیا می‌توان بدون انجام آزمایش به خصوصیات و خواص ماسه مورد استفاده پی‌برد. پس از شنیدن جواب خیر هنرجویان، خودتان در مورد هدف از انجام آزمایشات ماسه، اهمیت آزمایشات ماسه و نقش نتایج به‌دست آمده از این آزمایشات در تولید قطعات سالم توضیحات کامل‌تری را برای هنرجویان ارائه دهید.

دانش افزایی

به‌طور کلی خواص و مشخصات ماسه‌های قالب‌گیری را توسط یکسری آزمایشات استاندارد و مشخص شده تعیین می‌کنند که جزئیات، روش انجام و تجهیزات موردنیاز برای هر آزمایشی مطابق استانداردهای موجود (اکثراً استاندارد AFS) مشخص و تعیین شده است.

آزمایشات ماسه‌های ریخته‌گری راهی مناسب برای تعیین خصوصیات فیزیکی - شیمیایی و مشخصات ماسه‌ها است. آزمایشات ماسه‌های ریخته‌گری را می‌توان برای تعیین خصوصیات یک ماسه ناشناخته به‌کار گرفت و یا در یک کارگاه ریخته‌گری برای کنترل ماسه مصرفی در هر روز یا هر هفته و یا زمان‌های متناوب دلخواه دیگر مورد استفاده قرار داد. برای مقایسه ماسه‌های مختلف نیز لازم است خواص آنها از طریق این‌گونه آزمایشات تعیین شود تا امکان مقایسه و انتخاب فراهم گردد. کلیه آزمایشات ماسه باید بر روی نمونه‌هایی که از قبل آماده شده است، انجام گیرد. در حقیقت چنین نمونه‌هایی شامل مقدار اندکی از ماسه موردنظر است که با شیوه‌ای ویژه از انبوه ماسه اصلی برداشته شده است. بسیاری اوقات هم این‌گونه نمونه‌ها از طریق مخلوط کردن ماسه خشک با چسب خاک رس و آب و یا مواد دیگر و نیز از طریق روش‌های دیگری که در تهیه قالب‌ها به‌کار برده می‌شود، نظیر روش CO_2 یا روش قالب‌گیری پوسته‌ای و... تهیه و آماده می‌شوند و پس از فراهم شدن نمونه‌های لازم، آزمایشات مورد نظر انجام می‌شود.

نمونه‌برداری از ماسه‌های ریخته‌گری و تهیه نمونه استاندارد:

تدریس این بخش را با طرح یک سؤال از هنرجویان شروع کنید و بپرسید که مرحله اول در انجام کلیه آزمایشات چه مرحله‌ای می‌باشد. پس از شنیدن جواب هنرجویان، در مورد انواع روش‌های نمونه‌برداری و اهمیت و نقش آن در نتایج آزمایشات، توضیحات کامل‌تری را ارائه دهید. سپس مراحل تهیه نمونه استاندارد توسط کوبه آزمایشگاهی مطابق با مطالب ذکر شده در کتاب را توضیح داده و بعداً کاربردهای

نمونه‌های استاندارد در آزمایشات ماسه را به‌طور کامل به‌هنگام توضیح دهید.

دانش افزایی

به‌طور کلی جهت انجام آزمایشات ماسه، باید نمونه‌برداری و تهیه نمونه از ماسه مورد مصرف صورت پذیرد. منظور از تهیه نمونه، به‌دست آوردن مقدار قابل توجهی از ماسه مورد نظر است تا با استفاده از آن آزمایشات متداول برای کنترل وضعیت ماسه مصرفی، بررسی توده ماسه و ارزیابی ماسه‌ای که در آینده مورد استفاده قرار می‌گیرد، انجام شود. مقدار ماسه‌ای که به‌عنوان نمونه مورد استفاده قرار می‌گیرد باید به‌اندازه‌ای باشد که برای انجام کلیه آزمایشات مورد نظر کفایت کند. برای آزمایشات کامل خواص فیزیکی، عددریزی، آزمایشات شیمیایی و تعیین خواص مکانیکی مقدار یک گالن (۳/۷۸ لیتر) ماسه نمونه توصیه شده است. اما برای آزمایشات متداول در کارخانجات ریخته‌گری مقدار یک چهارم گالن (حدود یک لیتر) کفایت می‌کند.

همچنین در نمونه‌برداری از ماسه باید به‌این نکته توجه داشت که نمونه به‌هیچ‌عنوان نباید در ظروف سرباز قرار داده شده و جابه‌جا شود نمونه حتماً باید در پاکت‌ها و ظروف پلاستیکی در بسته یا ظروف ضد زنگ قرار داده شوند تا از آلودگی ماسه به رطوبت و همچنین مرطوب شدن آن و نیز برعکس از کاهش رطوبت ماسه نمونه جلوگیری به عمل آید.

برای نمونه‌برداری از یک سیستم ماسه که در یک کارگاه قالب‌گیری یا کارخانه ریخته‌گری مورد استفاده قرار می‌گیرد، همواره این تردید وجود داشته است که آیا نمونه‌برداری ماسه از مخلوط‌کن و محل مخلوط کردن انجام شود و یا در نقطه استفاده ماسه و محل قالب‌گیری صورت گیرد. از اختلاف در خواص هر یک از دو نقطه مذکور باید اطلاع در دست باشد تا بتوان مواد افزودنی مناسب در مخلوط‌کن اضافه نمود. فاصله زمانی مابین نمونه‌برداری از ماسه باید به‌اندازه کافی باشد. طول این فاصله زمانی به‌سرعت چرخش ماسه در سیستم ماسه کارگاه بستگی دارد. آزمایش کافی برای تعیین تغییرات در سیستم ماسه باید انجام شود. وقتی تغییرات شناخته شد، فاصله زمانی نمونه‌برداری به‌نیازمندی برای کنترل صحیح بستگی دارد. رطوبت مهم‌ترین عامل تغییرات است و لازم است به دفعات کافی کنترل شود تا حداقل تغییر در میزان آن حاصل شود.

نمونه‌برداری برای هر یک از انواع ماسه رویه باید به‌طور روزانه انجام شود تا خواص آنها کنترل شود. نمونه‌برداری و انجام آزمایش باید در کوتاه‌ترین زمان ممکن و پس از آنکه ماسه رویه آماده شد، صورت گیرد و در صورت لزوم اصلاحات لازم قبل از به‌کارگیری ماسه انجام شود.

به‌طور کلی برای بررسی توده ماسه یا ماسه انباشته نمونه‌برداری، ابتدا از وسط و انتهای توده انجام می‌شود. لازم است نمونه‌برداری از فاصله ۱۵۰ میلی‌متری (۶ اینچ) پایین‌تر از سطح ماسه صورت گیرد. تعداد نمونه‌ها باید به‌اندازه کافی باشد تا

تغییرات پدید آمده در توده ماسه تعیین شود. سپس کنترل این تغییرات را به حداقل می‌رساند تا خواص مطلوب حاصل شود. نمونه‌برداری و آزمایش باید در حداقل زمان ممکن و پس از آماده کردن توده ماسه انجام شود و می‌توان در صورت لزوم قبل از به‌کارگیری ماسه، اصلاحات لازم را مورد اجرا گذاشت.

فعالیت عملی ۱



نمونه برداری از مخلوط ماسه قالب‌گیری

جهت انجام این فعالیت هنرجویان را به کارگاه ریخته‌گری برده و پس از ذکر نکات ایمنی و زیست‌محیطی، آنها را در گروه‌های دو یا سه نفره گروه‌بندی کنید. سپس از آنها بخواهید که مطابق مراحل ذکر شده در کتاب نمونه‌برداری از قسمت‌های مختلف ماسه را انجام داده و نمونه‌ها را داخل ظروف یا پاکت‌های پلاستیکی در بسته بریزند. سپس تمامی قسمت‌های دستگاه کوبه استاندارد و نحوه ساخت نمونه استاندارد توسط آن را به‌طور کامل به هنرجویان شرح داده و به‌عنوان نمونه خود هنرآموز یک یا دو عدد نمونه استاندارد را توسط کوبه‌آزمایشگاهی به‌همراه آموزش عملی و ذکر نکات لازم تهیه کند.

سپس هر گروه از هنرجویان با نظارت هنرآموز یا استادکار مربوطه نمونه‌های استاندارد را تهیه کرده و پس از بررسی کیفیت و استحکام نسبی آنها جدول آورده شده در کتاب را با راهنمایی هنرآموز کامل کنند، و گروه‌ها نتایج به دست آمده را با یکدیگر مقایسه کرده و با توجه به نتایج به دست آمده از انجام فعالیت به پرسش‌های آورده شده در کتاب به‌صورت گروهی و تحلیلی پاسخ داده و نتیجه را در قالب گزارش کار به هنرآموز خود تحویل دهند.

نکته



پس از اتمام کار حتماً نحوه نگهداری صحیح، تمیزکاری و روغنکاری بخش‌های متحرک دستگاه کوبه آزمایشگاهی را به هنرجویان آموزش دهید و همچنین پیشنهاد می‌شود مواقعی که از دستگاه استفاده می‌شود اعضای گروه‌ها را به‌صورت دوره‌ای موظف کنید تا تمیزکاری و روغنکاری دستگاه را انجام دهند تا به‌طور کامل نحوه نگهداری و سرویس دستگاه را فرا گیرند.

نکته ایمنی



دستگاه کوبه باید به یک پایه سفت و محکم پیچ شود تا هنگام تهیه نمونه از تکان خوردن و افتادن آن جلوگیری به عمل آید.

نکته زیست‌محیطی



پس از اتمام کار از هنرجویان بخواهید که هر گروهی محل انجام کار خود را تمیز کرده و ماسه‌های اضافی و باقیمانده را به ماسه‌دان کارگاه برگردانند.

جلسه دوم: آزمایش‌های مخلوط ماسه قالب‌گیری – آزمایش تعیین اندازه و پخش ذرات ماسه

واحد یادگیری: آزمایش‌های مخلوط ماسه قالب‌گیری

مقدمه

در ابتدای جلسه هنرجویان را به کلاس درس برده و اهمیت و ضرورت و نقش نتایج حاصل از آزمایشات مخلوط ماسه قالب‌گیری در تولید قطعات سالم و با کیفیت را برای هنرجویان تدریس نمایید. سپس انواع آزمایشات متداول مواد قالب‌گیری را برای آنها نام برده و کاربرد و اهمیت هر کدام از آزمایش‌ها را به‌طور مختصر شرح دهید. برای تدریس بهتر می‌توانید از فیلم‌های موجود در نرم‌افزار آزمایشگاه متالورژی که قبلاً در اختیار شما قرار گرفته است کمک بگیرید، این فیلم‌ها را به‌طور مختصر جهت آشنایی هنرجویان با انواع آزمایش‌های مخلوط ماسه قالب‌گیری نمایش دهید و با طرح سؤال‌های انگیزشی به یادگیری و تفهیم اهمیت انواع آزمایش‌های ماسه کمک نمایید و به آنها یادآور شوید که در آزمایشگاه به‌صورت عملی همه آنها را توسط تجهیزات و دستگاه‌های مربوطه انجام خواهند داد.

دانش افزایی

با توجه به اهمیت و نقش اساسی مواد قالب (ماسه) در تولید قطعات ریختگی سالم در قالب‌های موقت، جهت آگاهی از خصوصیات و ویژگی‌ها و تعیین خواص ماسه‌های مصرفی همواره آزمایشات مختلف و متعددی به کار می‌رود، هر فردی که در صنایع ریخته‌گری مشغول به کار است باید از چگونگی این آزمایشات اطلاع داشته باشد. آزمایشاتی نظیر تعیین اندازه و پخش ذرات ماسه (تعیین عدد ریزی ماسه)، قابلیت نفوذ گاز، درصد رطوبت و خاک ماسه، مشخصات مکانیکی ماسه نظیر استحکام فشاری، کششی و برشی (در حالت تر و خشک)، استحکام و سختی قالب، چقرمگی مخلوط ماسه تر همراه با آزمایشات شیمیایی مختلف که در کارخانجات ریخته‌گری انجام می‌شوند.

آزمایش تعیین اندازه و پخش ذرات ماسه: جهت تدریس این بخش پیشنهاد می‌شود مقداری از انواع مختلفی از ماسه موجود در کارگاه ریخته‌گری مانند ماسه

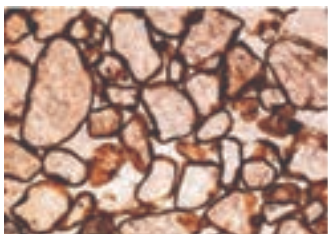
طبیعی چسب‌دار، ماسه طبیعی بدون چسب (ماسه بادی) و انواع ماسه‌های مصنوعی مانند ماسه سیلیسی و زیرکنی و کرومیتی را در ظروف پلاستیکی کوچک ریخته (بهتر است از لیوان‌های یک بار مصرف شفاف استفاده شود) و همراه خود سر کلاس ببرید و به‌هنگام نشان دهید سپس از آنها تفاوت‌های فیزیکی ماسه‌های نشان داده شده مانند شکل ذرات (کروی، گوشه دار و مرکب)، اندازه و توزیع ذرات، ریزی و درشتی ذرات ماسه و تأثیر این عوامل بر کیفیت قطعات ریختگی را سؤال کنید. پس از پاسخ‌های هنرجویان خودتان به‌طور کامل اهمیت و اثر اندازه و پخش ذرات را بر خواص فیزیکی ماسه ریخته‌گری از جمله بر استحکام، نفوذپذیری و... را توضیح دهید.

سپس استانداردها، مشخصات الک‌های مورد استفاده و روش‌های تعیین اندازه و پخش ذرات ماسه را به‌همراه تجهیزات مورد نیاز برای انجام این آزمایش را به‌طور کامل برای هنرجویان شرح دهید. پیشنهاد می‌شود برای تدریس بهتر فیلم موجود در نرم‌افزار آزمایشگاه متالورژی برای هنرجویان نمایش داده شود. پس از نمایش فیلم آشنایی مختصر هنرجویان با نحوه انجام آزمایش مثال آورده شده در کتاب را به‌طور کامل حل کرده و نحوه محاسبه عدد ریزی دانه را برای هنرجویان به‌طور کامل آموزش دهید.

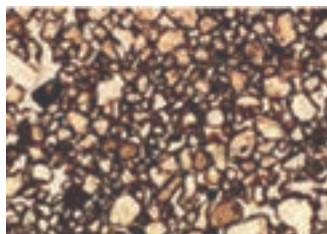
دانش افزایی

کنترل شکل و اندازه ذرات ماسه: شکل، اندازه و چگونگی توزیع و پخش ذرات ماسه از جمله ویژگی‌های مهمی است که خواص عمومی ماسه از قبیل دیرگدازی، قابلیت نفوذ گاز، استحکام و صافی سطوح را تحت تأثیر قرار می‌دهند. لذا کنترل ویژگی‌های مذکور جهت دستیابی به یک قطعه ریختگی سالم امری لازم و ضروری است.

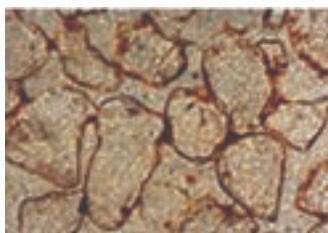
شکل ذرات ماسه از لحاظ قابلیت نفوذ گاز و استحکام قالب دارای اهمیت بیشتری است. ذرات ماسه معمولاً به‌شکل‌های کروی، گوشه‌دار و یا حالتی بین این دو شکل وجود دارند. ماسه‌های کروی علی‌رغم داشتن قابلیت نفوذ عالی، از استحکام و شکل‌پذیری مطلوبی برخوردار نیستند. در حالی که ماسه‌های گوشه‌دار (غیرکروی) از این نظر عکس ماسه‌های کروی می‌باشند. در هر حال، هرچند ماسه‌های کروی عموماً به‌انواع دیگر ترجیح داده می‌شوند، ولی به دلیل فراهم نمودن مجموعه مناسبی از خواص ذکر شده، از ماسه‌هایی با شکل‌های مختلف استفاده می‌شود. در شکل ۴ انواع مختلف شکل دانه‌های گرد، گوشه‌دار و مرکب ماسه‌های مورد استفاده در صنعت ریخته‌گری نشان داده شده است.



ب) دانه‌های گوشه‌دار



الف) دانه‌های گرد



د) نوعی از گوشه‌دار



ج) دانه‌های مرکب

شکل ۴- انواع شکل دانه‌های ماسه

به‌طور کلی ریزی یک ماسه ریخته‌گری توسط اندازه و توزیع ذرات آن تعیین می‌شود. به‌عبارت دیگر دو عامل اندازه دانه‌ها و نحوه توزیع دانه‌ها تعیین‌کننده ریزی ماسه است. به‌طور کلی ماسه‌های قالب‌گیری را براساس اندازه ذرات آن طبقه‌بندی می‌کنند؛ به‌طوری که برای ریخته‌گری قطعات کوچک و سبک ماسه ریز و نرم و برای قطعات سنگین به‌ماسه درشت نیاز است تا قابلیت نفوذ بیشتری داشته باشند.

اهمیت میزان ریزی: همان‌طوری که قبلاً نیز ذکر شد ریزی اثر قابل توجهی بر خواص فیزیکی ماسه ریخته‌گری و از جمله بر استحکام، نفوذپذیری و کارپذیری به‌هنگامی که مقدار رطوبت در حد بهینه باشد، دارد. ریزی همچنین اثر مهمی بر هزینه تهیه و آماده‌سازی ماسه دارد زیرا میزان ریزی بر مقدار ماده‌ای که به‌عنوان چسب برای حصول خواص مطلوب مورد نیاز است، اثر می‌گذارد. علاوه بر آن، ریزی ماسه می‌تواند بر سطح نهایی قطعات ریخته‌گری تأثیر بگذارد. بنابراین، آزمایش تعیین ریزی ماسه ریخته‌گری اهمیت دارد و نتایج آن کمکی به‌حفظ خواص یکنواخت در ماسه مورد مصرف در ریخته‌گری است و نیز یکی از پایه‌های مشخص کردن وضعیت ماسه از طرف تولیدکننده‌ها می‌باشد.

آزمایش تعیین اندازه و پخش ذرات ماسه (عدد ریزی) جزء آزمایشات اولیه ماسه آزمایش بر روی ماسه ورودی به‌کارخانه انجام می‌شود و نتایج حاصل از آن نه فقط نسبت مابین دانه‌های ماسه و خاک رس در یک مخلوط ماسه ریخته‌گری را ارائه

می‌کند بلکه اندازه دانه‌ها و نسبت هریک از اندازه‌ها را بیان می‌کند. همچنین این آزمایش را می‌توان به عنوان راهنمایی برای مقدار چسب مورد نیاز، به منظور حصول خواص مطلوب در یک مخلوط ماسه جدید، برای کنترل نسبت ماده چسبنده خاک رسی، و برای نسبت صحیح مواد ریز و توزیع صحیح اندازه دانه‌ها در ماسه ریخته‌گری به کار گرفت. نتایج این آزمایش را می‌توان به عنوان مبنایی برای بیان مشخصات ماسه به‌هنگام سفارش خرید مورد استفاده قرار داد.

همچنین با استفاده از نتایج این آزمایش می‌توان به غیر از محاسبه عدد ریزی دانه، تعداد الک‌های حاوی ذرات ماسه (چند الک بودن) را که نشان دهنده نحوه توزیع ذرات ماسه می‌باشد، تعیین کرده و سپس نحوه توزیع ذرات ماسه را به صورت یک نمودار نشان داد.

تعیین اندازه ذرات ماسه (عدد ریزی): برای تعیین اندازه ذرات ماسه، استانداردهای متفاوتی به کار می‌رود که از جمله می‌توان استاندارد انگلیسی و آمریکایی را نام برد. استانداردهای مختلف بر اساس غربال‌ها یا الک‌هایی که کلیه آنها تقریباً برابر بوده و مشابه هستند، تعیین می‌گردند. قطر سوراخ، و شبکه‌های غربال و قطر سیم‌های سازنده غربال متفاوت است. در سیستم جامعه ریخته‌گران آمریکا (AFS) که معروفیت جهانی دارد، سیستم آزمایش از ۱۴ غربال (الک) تشکیل شده که درشت‌ترین غربال آن تحت شماره ۴، در هر اینچ طولی دارای ۴ دهانه و ریزترین غربال آن تحت شماره ۲۷۰، در هر اینچ طولی دارای ۲۷۰ سوراخ است. کلمه مش (Mesh) در مقیاس اندازه‌گیری عبارت است از تعداد سوراخ‌های غربال یا الک در یک اینچ طول. بدیهی است بدون دانستن قطر سیم‌های شبکه‌بندی غربال کلمه مش معنایی ندارد. در جدول ۱ سیستم غربال‌های استاندارد مش انجمن ریخته‌گران آمریکا (AFS) و همچنین استاندارد آمریکایی (AFST) درج گردیده‌اند و در آزمایشگاه‌های مختلف معمولاً از ۱۱ ردیف غربال یا الک برحسب ریزی و درشتی ذرات ماسه استفاده می‌کنند.

به‌طور کلی در آزمایش تعیین اندازه و پخش ذرات، مقدار معینی از ماسه موردنظر را در الک اولی که درشت‌تر می‌باشد می‌ریزند و به مدت معینی تکان می‌دهند. این عمل به کمک یک سری غربال یا الک‌های استاندارد و معمولاً توسط یک الکتروموتور انجام می‌گیرد. پس از پایان زمان تکان دادن مقدار ماسه باقیمانده از روی هر شماره غربال یا الک را توزین می‌کنند و با ضرب کردن درصد باقیمانده در هر الک، در ضریب آن الک اعداد مناسبی به دست می‌آید که به وسیله آن عدد ریزی ماسه مشخص می‌شود.



انجام آزمایش تعیین اندازه و پخش ذرات ماسه

جهت انجام این فعالیت هنرجویان را به آزمایشگاه متالورژی برده و پس از ذکر نکات ایمنی و زیست محیطی نحوه کار با وسایل و تجهیزات مورد نیاز در این آزمایش را به طور کامل شرح دهید. در اینجا پیشنهاد می شود جهت آشنایی بهتر هنرجویان با نحوه انجام آزمایش و کار با وسایل و تجهیزات مورد نیاز ابتدا خود هنرآموز بر روی یک نمونه ماسه آزمایش را انجام داده و در حین انجام آزمایش نکات کلیدی و لازم را به هنرجویان یادآوری کرده و سپس جدول مورد نیاز را برای تعیین عدد ریزی تنظیم کرده و عدد ریزی ماسه را محاسبه نمایید. همچنین پس از انجام آزمایش نحوه تمیزکاری الک های دستگاه تعیین عدد ریزی را به هنرجویان آموزش دهید.

پس از انجام مراحل فوق هنرجویان را گروه بندی کنید تا با نظارت هنرآموز یا استادکار آزمایش را بر روی نمونه های مختلف ماسه مطابق مراحل ذکر شده در دستورکار آزمایش در کتاب انجام داده و نتیجه را به صورت گزارش کار ارائه دهند.

نکته



پس از اتمام آزمایش به هنرجویان توصیه کنید که الک ها را با برس های مخصوص تمیز کرده و به ترتیب روی دستگاه ببندند.

نکته

زیست محیطی



پس از اتمام کار از هنرجویان بخواهید که هر گروهی محل انجام کار خود را تمیز کرده و ماسه های اضافی و باقیمانده را به ماسه دان کارگاه برگردانند.

جلسه سوم: آزمایش تعیین مقدار خاک رس – آزمایش‌های تعیین رطوبت

ماسه

واحد یادگیری: آزمایش‌های مخلوط ماسه قالب‌گیری

مقدمه

در ابتدای جلسه هنرجویان را به کلاس برده و انواع چسب‌های متداول و مصرفی در قالب‌های موقت را برای آنها به‌طور مختصر تشریح کنید. سپس خصوصیات خاک رس و نقش آن در چسبندگی ذرات ماسه به یکدیگر، استحکام بخشی به ماسه قالب‌گیری در حالت تر و خشک و همچنین نقش میزان رطوبت موجود در مخلوط ماسه قالب‌گیری جهت فعال شدن خاک رس را به‌طور کامل برای هنرجویان توضیح دهید. سپس از هنرجویان در مورد میزان بهینه خاک رس و رطوبت در مخلوط‌های ماسه قالب‌گیری سؤال کرده و پس از شنیدن پاسخ آنها، خودتان توضیحات کامل و تکمیلی را به آنها بدهید. سپس به‌طور مختصر روش‌های تعیین میزان خاک رس و رطوبت و تجهیزات مورد نیاز برای انجام آنها را به همراه نمایش فیلم برای هنرجویان شرح دهید.

آزمایش تعیین مقدار خاک رس

جهت تدریس این قسمت پیشنهاد می‌شود که هنرجویان را به کارگاه ریخته‌گری برده و یک نمونه ماسه با چسب طبیعی (خاک رس) را به آنها نشان داده و در مورد انواع خاک رس‌ها (مونت موری لونیت، کائولینیت، ایلیت)، انواع ماسه‌ها با چسب طبیعی و دسته‌بندی آنها، مزیت ماسه‌های اتصال داده شده با خاک رس یا چسب‌های حاکی از لحاظ قابلیت برگشت‌پذیر بودن چسبندگی آنها پس از ریخته‌گری (در صورت افزودن رطوبت به‌میزان کافی) و قابلیت استفاده مجدد از آنها، مکانیزم اتصال خاک رس و کاربردهای آزمایش تعیین مقدار خاک رس ماسه قالب‌گیری توضیحاتی را ارائه دهید. سپس سؤالاتی را از هنرجویان در رابطه با میزان خاک رس بهینه در ماسه، تأثیرات کم یا زیاد بودن آن در خواص ماسه قالب‌گیری پرسیده و پس از شنیدن پاسخ آنها، خودتان توضیحات کامل و تکمیلی را به آنها بدهید. سپس وسایل و تجهیزات مورد نیاز و مراحل انجام آزمایش را به همراه نمایش فیلم به هنرجویان شرح دهید.

دانش افزایی

خاک محتوی ماسه که عامل چسبندگی ذرات ماسه است تأثیر زیادی روی خواص ماسه از جمله استحکام تر، استحکام خشک و قابلیت نفوذ گاز دارد. در حقیقت رطوبت کافی ماسه (آب فیزیکی) عامل یونیزه شدن آب تبلور (آب مولکولی) خاک رس می‌شود.

فرمول خاک رس خالص یا کائولن عبارت است از: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ که پس از یونیزاسیون تولید یون‌های H^+ و O^- می‌کند. این یون‌ها که دارای بارهای مثبت و منفی هستند و در لابه‌لای ذرات سیلیس قرار می‌گیرند، باید چسبندگی لازم را برای ماسه تأمین کنند زیرا این بارها مختلف‌العلامه هستند و یکدیگر را جذب می‌کنند. باید توجه داشت که عمل یونیزاسیون در داخل آب و رطوبت ماسه انجام می‌شود. لذا کنترل آن اهمیت زیادی دارد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که خاک رس در آب و رطوبت ماسه فعال می‌شود.

مقدار خاک رس موجود در ماسه به شرط آنکه رطوبت کافی برای فعال شدن خاک رس وجود داشته باشد، تعیین‌کننده استحکام و نفوذپذیری ماسه ریخته‌گری است. اطلاع از میزان خاک رس می‌تواند امکان پیش‌بینی خصوصیات ماسه را فراهم سازد. به‌طور کلی برای هر مقدار خاص از خاک رس به مقدار مشخص آب نیاز است تا بهترین نتیجه حاصل شود. به عبارت دیگر برای هر مقدار خاک رس، لازم است مقدار مشخصی آب موجود باشد که به آن مقدار بهینه گویند. اگر مقدار آب از حد بهینه کمتر باشد امکان فعال شدن کامل خاک رس وجود ندارد و استحکام و شکل‌پذیری ماسه کم است. با افزایش مقدار آب خاک رس بهتر فعال می‌شود و شکل‌پذیری و استحکام بالا می‌رود.

لازم به ذکر است که در یک دسته‌بندی کلی ماسه‌های طبیعی را از لحاظ مقدار خاک رسی که همراه دارند می‌توان به سه دسته به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

الف) ماسه ضعیف حداکثر تا ۸٪ خاک رس دارد

ب) ماسه متوسط که بین ۸٪ تا ۱۸٪ خاک رس دارد.

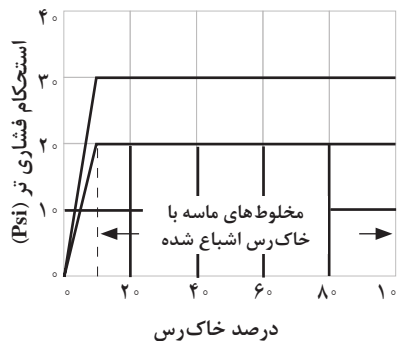
ج) ماسه غنی (ماسه خاک یا ماسه لات) که بیش از ۱۸٪ خاک رس دارد.

معمولاً خاک ماسه‌های طبقات زیرین بیشتر از لایه‌های سطحی می‌باشد و ریخته‌گران بایستی پس از آزمایشات دقیق، ماسه مطلوب خود را تهیه نمایند، که در ریخته‌گری معمولاً از ماسه‌های نوع دوم استفاده می‌شود.

میزان خاک رس موجود در مخلوط‌های ماسه قالب‌گیری با چسب خاک رس بر روی بسیاری از خواص فیزیکی ماسه ریخته‌گری تأثیر دارد. به طوری که مقدار خاک رس موجود در ماسه به شرط آنکه رطوبت کافی برای فعال شدن خاک رس وجود داشته باشد، تعیین‌کننده استحکام و نفوذپذیری ماسه ریخته‌گری است. همچنین اطلاع از

میزان خاک رس می‌تواند امکان پیش‌بینی خصوصیات ماسه را فراهم سازد. به‌طور کلی در یک دسته‌بندی دیگر نیز می‌توان ماسه‌های قالب‌گیری را برحسب میزان خاک رسی که به‌همراه دارند به دو صورت ماسه اشباع شده از خاک رس یا ماسه اشباع نشده از خاک رس دسته‌بندی کرد.

ماسه اشباع شده از خاک رس، ماسه‌ای است که حاوی مقدار بسیار زیادی از خاک رس است به‌طوری‌که افزایش بیشتر خاک رس به آن باعث افزایش استحکام فشاری تر چنین ماسه‌ای نمی‌شود. این مطلب در شکل شماره ۵ به‌صورت یک نمودار نشان داده شده است، در این نمودار حداکثر استحکام فشاری تر برحسب درصد خاک رس ترسیم شده است.



شکل ۵- نمودار تأثیر میزان خاک رس بر روی استحکام فشاری تر نهایی مخلوط‌های ماسه - آب - خاک رس

از بررسی نمودار شکل ۵ نتیجه می‌شود که وقتی مقدار خاک رس موجود به یک حد خاص افزایش یابد و ماسه به حالت اشباع از خاک رس برسد، ادامه افزایش خاک رس اثری بر استحکام نهایی نخواهد داشت. همچنین منطقه پهن شده نمودار، تغییرات حداکثر استحکام فشاری تر را که بر اثر خلوص خاک رس و نوع آن وضعیت اندازه و توزیع دانه‌ها و دیگر عوامل مشابه پدید آمده است نشان می‌دهد. همچنین مقدار خاک رسی که برای تهیه یک ماسه اشباع از خاک رس مورد نیاز است به‌نوع و خلوص خاک رس، ماسه اولیه و دیگر مواد اضافه شونده بستگی دارد. به‌طوری‌که در اغلب موارد در حدود ۸ تا ۱۲ درصد خاک رس برای تهیه یک ماسه اشباع از خاک رس که عدد ریزی (AFS) آن بین ۶۰ تا ۱۰۰ باشد کفایت می‌کند. ماسه‌های اشباع از خاک رس مناسب‌ترین و متنوع‌ترین مخلوط‌های ماسه تر برای ریخته‌گری قطعاتی با وزن‌های متفاوت و آلیاژهای گوناگون هستند. این‌گونه ماسه‌ها اگر به‌هنگام قالب‌گیری به اندازه کافی تحت کوبش قرار گیرند استحکام بالایی در حد ۱۴ الی ۲۰ پوند بر اینچ مربع (PSi) خواهند داشت.

نوع دوم از مخلوط‌های ماسه هنگامی حاصل می‌شود که خاک رس در کمتر از درصد اشباع مورد استفاده قرار گیرد. عموماً این گونه مخلوط‌ها دارای ۶ تا ۹ درصد خاک رس باشند. معمولاً مخلوط‌های ماسه با خاک رس کمتر از حد اشباع برای ریخته‌گری قطعات سبک و در جایی که عیوب ناشی از انبساط و یا سایش قالب کمتر پدید می‌آید مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نوع دیگری از مخلوط ماسه غیراشباع از خاک رس هم با استفاده از مقدار اندکی خاک رس که در حدود ۴ درصد است تهیه می‌شود و در کارگاه‌های تولید فولاد به کار می‌رود. مشکلات ناشی از انبساط در مورد این نوع مخلوط‌ها به‌بالاترین حد می‌رسد. در هر حال به دلیل پایین بودن استحکام فشاری تر (تا ۶ PSI) و رطوبت زیاد این گونه مخلوط‌ها، قالب‌گیری به‌سهولت امکان پذیر است و می‌توان فشردگی را تا بالاترین حد رساند. برای رفع مشکلات ناشی از انبساط نیز آرد حبوبات به مخلوط اضافه می‌شود.

همچنین لازم به توضیح است که در صورت کافی نبودن خاک رس در مخلوط ماسه قالب‌گیری ممکن است عیوبی مانند ماسه‌شویی و یا کنده شدن ماسه به‌وجود بیاید. به‌طور کلی در ریخته‌گری معمولاً از ماسه‌هایی استفاده می‌شود که بین ۸ الی ۱۸ درصد خاک دارند.

تعیین میزان خاک رس ماسه قالب‌گیری

جهت انجام این فعالیت پس از نمونه‌برداری از ماسه‌های موجود در کارگاه ریخته‌گری هنرجویان را به آزمایشگاه متالورژی برده و پس از ذکر نکات ایمنی و زیست‌محیطی، نحوه کار با وسایل و تجهیزات مورد نیاز جهت اجرای آزمایش را به آنها توضیح دهید.

فعالیت
عملی ۳



پیشنهاد می‌شود که قبل از اجرای آزمایش، هنرآموز به‌طور خلاصه رابطه و قانون استوک را که بیان‌کننده وضعیت و نحوه حرکت ذره در داخل سیال است و جزء مبانی تئوری و مهم آزمایش تعیین خاک رس ماسه است را به‌همراه ذکر یک مثال قابل تفهیم برای هنرجویان توضیح دهید.

نکته



سپس هنرجویان را گروه بندی کنید تا با نظارت هنرآموز یا استادکار آزمایش را مطابق مراحل آورده شده در کتاب انجام داده و نتیجه را به‌همراه پاسخ تحلیلی به پرسش آورده شده در کتاب به‌صورت گزارش کار به‌هنرآموز خود تحویل دهند.

نکته ایمنی



هنگام تهیه محلول استاندارد پیروفسفات یا سود سوزآور حتماً از دستکش پلاستیکی و ماسک تنفسی استفاده کنید و حتی الامکان محلول را زیر هود آزمایشگاهی تهیه کنید.

نکته



پس از اتمام آزمایش به هنجرویان توصیه کنید که وسایل و تجهیزات مورد استفاده در انجام آزمایش را با دقت تمیز کرده و در محل مشخص شده سر جای خود قرار دهند.

نکته زیست محیطی



پس از اتمام کار محیط آزمایشگاه را تمیز کرده و ماسه های اضافی را به ماسه دان کارگاه برگردانده و از پراکنده شدن ماسه در محیط کارگاه جلوگیری کنید.

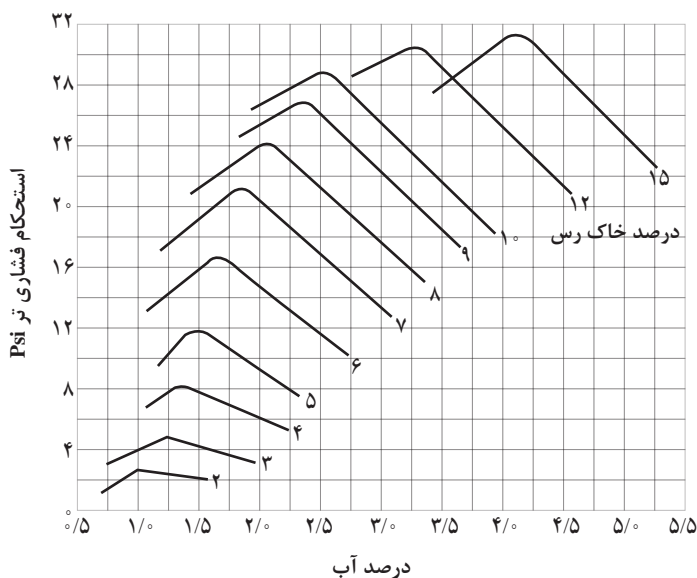
آزمایش های تعیین رطوبت مخلوط ماسه قالب گیری

جهت تدریس این بخش هنجرویان را ابتدا به کلاس برده و در مورد اهمیت میزان رطوبت در خواص مخلوط ماسه قالب گیری و نقش آن در بالا بردن قابلیت قالب گیری و تولید قطعات سالم و عاری از عیوب ریختگی توضیحات کامل را بدهید. سپس سؤالاتی را در مورد میزان بهینه رطوبت و نحوه تعیین میزان آن در مخلوط ماسه قالب گیری از هنجرویان پرسید. پس از شنیدن پاسخ های آنها خودتان توضیحات تکمیلی را داده سپس روش های تعیین میزان رطوبت ماسه قالب گیری (استاندارد و غیر استاندارد)، را با ذکر کاربردها، مزایا و معایب هر کدام از روش ها به همراه وسایل و تجهیزات مورد نیاز جهت انجام آزمایش و روش انجام آزمایش را با نمایش فیلم به هنجرویان شرح دهید.

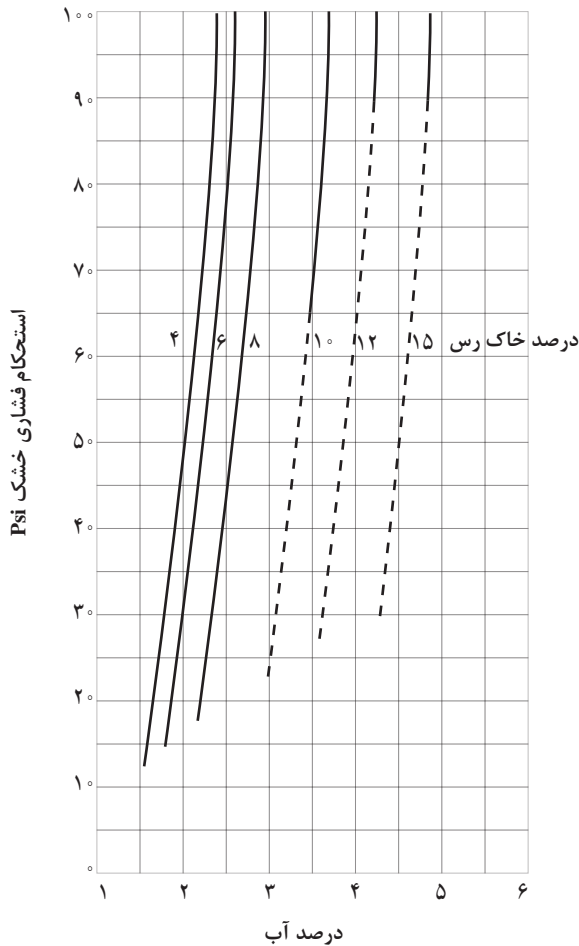
دانش افزایی

از آنجا که مقدار رطوبت در بسیاری از خواص قالب مانند تولید بخار، استحکام، قابلیت متلاشی شدن و غیره تأثیر دارد، بنابراین مقدار رطوبت مخلوط ماسه نباید از حد معینی تجاوز کند و همچنین کاهش مقدار رطوبت باعث از هم پاشیدگی و کاهش شکل پذیری قطعه می گردد و لذا تعیین مقدار مناسب رطوبت لازم و ضروری می باشد. خلاصه اینکه آب (رطوبت)، قابلیت قالب گیری را بالا می برد. ولی اگر مقدار آن از حد معینی بیشتر شود استحکام ماسه را کاهش می دهد از این رو کنترل و تنظیم میزان رطوبت ماسه خیلی مهم است. در واقع وجود یون های آب تبلور (آب مولکولی) خاک رس در داخل آب (رطوبت) عامل اصلی چسبندگی ذرات ماسه و در نتیجه استحکام و سفتی ماسه می باشد.

با توجه به اینکه مخلوط ماسه‌های قالب‌گیری دارای خاک رس و یا چسب‌های خاکی جهت چسبندگی ذرات ماسه به یکدیگر می‌باشند، و از آنجایی که از نقطه‌نظر قالب‌گیری مهم‌ترین خاصیت خاک‌ها جذب می‌باشد که به دلیل جذب آب توسط خاک ذرات آن و ذرات ماسه به هم اتصال می‌یابند که این عمل در داخل آب و رطوبت ماسه انجام می‌شود لذا کنترل میزان رطوبت مخلوط ماسه قالب‌گیری جهت بالا بردن قابلیت قالب‌گیری و تولید قطعات سالم و بدون عیب اهمیت فراوانی دارد. همچنین میزان رطوبت و خاک رس تأثیر به‌سزایی بر روی استحکام فشاری تر و خشک مخلوط ماسه قالب‌گیری دارد که این مطلب در شکل‌های ۶ و ۷ به‌صورت نمودار آورده شده است.



شکل ۶- ارتباط مابین استحکام تر، خاک رس و درصد آب برای یک ماسه با چسب خاک رسی



شکل ۷- تأثیر مقدار آب بر روی استحکام خشک یک ماسه با درصدهای مختلف خاک رس

از بررسی نمودار شکل‌های ۶ و ۷ نتیجه می‌گیریم که برای هر مقدار خاص از خاک رس به مقدار مشخص آب نیاز است تا بهترین نتیجه حاصل شود. به عبارت دیگر برای هر مقدار خاک رس، لازم است مقدار مشخصی آب موجود باشد که به آن مقدار بهینه گویند. اگر مقدار آب از حد بهینه کمتر باشد امکان فعال شدن کامل خاک رس وجود ندارد و استحکام و شکل‌پذیری ماسه کم می‌شود. با افزایش مقدار آب خاک رس بهتر فعال می‌شود و شکل‌پذیری و استحکام بالا می‌رود. وقتی در یک مخلوط ماسه مقدار آب در حد بهینه باشد، استحکام در بالاترین حد است. در صورتی که مقدار آب از حد بهینه بالاتر رود، استحکام تر قالب کاهش خواهد یافت ولی بر روی مقدار استحکام خشک تأثیری پدید نخواهد آمد.

همچنین وقتی میزان رطوبت مخلوط ماسه افزایش یابد، به دلیل فعال شدن خاک رس و ایجاد یک لایه اتصال دهنده بر روی ذرات ماسه، قابلیت عبور گاز زیاد می‌شود. این افزایش قابلیت عبور گاز تا زمانی که مقدار آب برای فعال شدن همه خاک رس موجود کفایت کند، ادامه دارد و از آن پس با افزایش مقدار آب در مخلوط، به واسطه پر شدن فضای خالی توسط آب اضافی، قابلیت عبور گاز کم می‌شود. با توجه به موارد ذکر شده، کنترل میزان رطوبت در یک ماسه قالب‌گیری به طوری که بهترین خواص حاصل شود از موارد اساسی کنترل ماسه است.

به‌طور کلی میزان رطوبت مخلوط ماسه علاوه بر میزان چسب موجود در آن، با توجه به روش‌های قالب‌گیری هم می‌تواند متغیر باشد به طوری که در قالب‌گیری دستی میزان رطوبت ماسه معمولاً بین ۶ تا ۸ درصد بوده، در حالی که در قالب‌گیری‌های ماشینی و تحت فشار بالا میزان رطوبت بین ۳/۵ تا ۴/۵ درصد می‌باشد.

روش‌های تعیین رطوبت مخلوط ماسه قالب‌گیری: برای تعیین میزان رطوبت موجود در یک مخلوط ماسه قالب‌گیری دو روش وجود دارد؛ طریقه اول که روش استاندارد است و طریقه دوم که روش غیراستاندارد محسوب می‌شود.

روش استاندارد: در این روش که برای کلیه مخلوط‌های ماسه به‌جز مخلوط‌هایی که به غیر از آب دارای مواد فرار و اکسید شدنی می‌باشند قابل اجرا می‌باشد مخلوط ماسه قالب‌گیری توسط تجهیزات مخصوصی مانند: کوره خشک کن (اون)، هوای گرم فشرده و لامپ مادون قرمز ماسه خشک می‌شود و اساس اندازه‌گیری میزان رطوبت ماسه بر مبنای کاهش وزن نمونه نسبت به وزن اولیه آن می‌باشد و معمولاً بر حسب درصد بیان می‌شود.

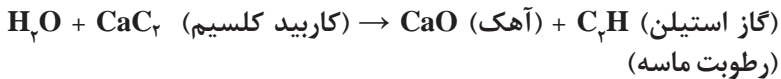
لازم به‌ذکر است که در تعیین میزان رطوبت به طریقه استاندارد استفاده از کوره الکتریکی (اون) بهترین روش کاربردی برای کارهای تحقیقاتی است اما به دلیل طولانی بودن زمان انجام کار برای کنترل مخلوط ماسه در کارخانه‌های ریخته‌گری که به‌طور مداوم انجام می‌گیرد، قابل اجرا نیست. به همین علت با توجه به مدت زمان کم خشک شدن ماسه در روش مادون قرمز (حدوداً ۳ الی ۵ دقیقه) در صنایع و کارخانجات ریخته‌گری، به‌هنگام تعیین میزان رطوبت ماسه به طریقه استاندارد اکثراً از روش مادون قرمز استفاده می‌کنند که در این روش از یک لامپ اشعه مادون قرمز به‌عنوان منبع گرما برای تبخیر رطوبت از نمونه ماسه به‌کار می‌رود.

به‌طور کلی در تعیین رطوبت ماسه به طریقه استاندارد با استفاده از تجهیزات موجود ۵۰ گرم مخلوط ماسه قالب‌گیری نمونه‌برداری شده از خط قالب‌گیری (محل قالب‌گیری) را به مدت زمان کافی با توجه به دستگاه مورد استفاده جهت تعیین رطوبت به میزان لازم حرارت می‌دهند، پس از خشک شدن کامل نمونه مجدداً آن را وزن می‌کنند. کاهش وزن معادل وزن آبی (رطوبتی) است که در مخلوط ماسه وجود

داشته است که با ضرب آن در عدد ۲ مقدار رطوبت تعیین می‌شود.

روش غیر استاندارد: این روش برای کلیه مخلوط‌های ماسه قابل اجرا می‌باشد و معمولاً در مواردی که نتایج دقیق مورد نیاز است به کار می‌رود. روش کاربید کلسیم، یکی از سریع‌ترین و پرکاربردترین روش‌ها برای تعیین درصد رطوبت ماسه به‌طریقه غیر استاندارد می‌باشد.

تعیین رطوبت ماسه به روش کاربید کلسیم: در این روش تعیین رطوبت با استفاده از واکنش شیمیایی مابین آب و کاربید کلسیم (CaC_2) انجام می‌گیرد، به‌طوری که کاربید کلسیم و آب طی یک واکنش شیمیایی به‌صورت زیر گاز استیلن تولید می‌کنند.



مقدار گازی که طی این واکنش ایجاد می‌شود متناسب با مقدار رطوبت موجود در ماسه است. نمونه ماسه و کاربید کلسیم به خوبی با یکدیگر مخلوط می‌شوند و مقدار کاربید کلسیم باید به اندازه‌ای باشد که همه رطوبت موجود در ماسه وارد واکنش شود. اگر واکنش در یک ظرف بسته انجام پذیرد، فشار گاز تشکیل یافته متناسب با مقدار رطوبت موجود در نمونه ماسه است.

دستگاهی که برای این روش به کار می‌رود در شکل ۸ نشان داده شده است که دارای یک محفظه بسته است که از نظر ورود و خروج هوا نیز کاملاً عایق‌بندی شده است و یک فشارسنج هم میزان فشار داخل محفظه (فشار گاز استیلن تولید شده) را دقیقاً مشخص می‌کند در واقع صفحه مدرج این دستگاه برحسب درصد رطوبت ماسه درجه‌بندی شده است که میزان رطوبت موجود در ماسه را به‌طور مستقیم نشان می‌دهد.

نکته مهم در این دستگاه آن است که باید مقدار کاربید کلسیم به‌اندازه کافی و حتی بیشتر، در مخزن وجود داشته باشد تا بتواند تمامی رطوبت ماسه را در واکنش شیمیایی شرکت دهد و آن را بسنجد.

این دستگاه شامل چهار قسمت به شرح زیر می‌باشد:

- الف) تکان‌دهنده که عمل تکان دادن و لرزاندن مخلوط ماسه و کاربید کلسیم را انجام می‌دهد.
- ب) کلاهک یا درپوش که بر روی تکان‌دهنده قرار دارد و به‌وسیله یک واشر کاملاً بر روی تکان‌دهنده محکم شده است.



شکل ۸- دستگاه رطوبت سنج ماسه با استفاده از کاربید کلسیم

ج) بست U شکل که به وسیله یک پیچ به انتهای مخزن تکان دهنده بسته می‌شود. د: صفحه مدرج (فشار سنج) که درصد رطوبت ماسه را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است، همان طوری که قبلاً نیز ذکر شد روش تعیین درصد رطوبت به این طریق استاندارد نیست ولی از آنجایی که می‌توان از آن برای ماسه قالب یا ماسه ماهیچه که حاوی مواد فرار نظیر ترکیبات اکسید شونده و چسب‌های گیاهی هستند، به خوبی استفاده کرد، کاربرد قابل توجهی دارد.

تعیین درصد رطوبت مخلوط ماسه قالب گیری

جهت انجام این فعالیت پس از نمونه برداری از ماسه مورد استفاده در محل قالب گیری کارگاه ریخته‌گری هنرجویان را به آزمایشگاه متالورژی برده و پس از ذکر نکات ایمنی و زیست محیطی، نحوه کار با وسایل و تجهیزات مورد نیاز جهت اجرای آزمایش را به آنها توضیح دهید. سپس هنرجویان را گروه‌بندی کنید تا با نظارت هنرآموز یا استادکار آزمایش را مطابق مراحل آورده شده در کتاب انجام داده و نتیجه را به همراه پاسخ تحلیلی به پرسش آورده شده در کتاب به صورت گزارش کار به هنرآموز خود تحویل دهند.

فعالیت عملی ۴



نکته ایمنی



هنگام استفاده از کوره خشک کن حتماً به هنرجویان تأکید کنید که از دستکش ایمنی استفاده نمایند.

نکته



پس از اتمام آزمایش به هنرجویان توصیه کنید که وسایل و تجهیزات مورد استفاده در انجام آزمایش را با دقت تمیز کرده و در محل مشخص شده سر جای خود قرار دهند.

نکته زیست محیطی



پس از اتمام کار از هنرجویان بخواهید که محیط آزمایشگاه را تمیز کرده و ماسه‌های اضافی را به ماسه‌دان کارگاه برگردانده و از پراکنده شدن ماسه در محیط کارگاه جلوگیری کنند.

هنرآموز محترم با توجه به اینکه آزمایش‌های تعیین درصد خاک و رطوبت برای یک جلسه ۸ ساعته در نظر گرفته شده است خواهشمند است نسبت به مدیریت زمان جهت اجرای کامل و دقیق آزمایشات توجه لازم را مبذول فرمایید.

جلسه چهارم: روش‌های تعیین استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری - آزمایش‌های مربوط به استحکام فشاری

واحد یادگیری: آزمایش‌های مخلوط ماسه قالب‌گیری

مقدمه

جهت تدریس این بخش ابتدا هنرجویان را به کلاس برده، اهمیت و نقش استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری را در تولید قطعات ریختگی سالم را به‌طور کامل به آنها توضیح دهید. سپس سؤالاتی را در مورد عوامل مؤثر بر استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری مطرح کرده و از هنرجویان بخواهید که به‌صورت گروهی در مورد سؤالات مطرح شده با همدیگر بحث و تبادل نظر کرده و نتایج را به‌شما ارائه دهند. پس از ارائه پاسخ سؤالات توسط هنرجویان، خودتان به‌طور کامل عوامل مؤثر بر مخلوط ماسه قالب‌گیری، انواع آن، وسایل و تجهیزات مورد نیاز برای انجام آنها را به‌طور کامل برای هنرجویان تشریح کنید.

دانش افزایی

به‌طور کلی جهت تعیین استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری می‌توان در آزمایش‌های فشاری، کششی، برشی و خمشی تعیین کرد که در دو حالت تر و خشک انجام می‌شوند.

در استحکام ماسه در حالت تر و خشک عواملی چون مقدار خاک و سایر چسب‌ها، مقدار رطوبت، درجه حرارت خشک کردن و اندازه ذرات بسیار مؤثر می‌باشند. این آزمایش‌ها همچنین می‌توانند خاصیت شکل‌پذیری مخلوط چسب و ماسه را تعیین کنند.

لازم به‌ذکر است که برای انجام کلیه آزمایش‌های استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری نیاز به نمونه استاندارد می‌باشد که نحوه تهیه آن برای هر کدام از آزمایش‌های استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری در کتاب درسی به‌طور کامل آورده شده است.

تعیین استحکام فشاری تر و خشک :

جهت تدریس این بخش پیشنهاد می‌شود هنرجویان را به آزمایشگاه برده سپس استحکام فشاری تر و خشک، عوامل مؤثر بر آن، وسایل و تجهیزات مورد نیاز و نحوه اجرای آن را به‌طور کامل برای هنرجویان تشریح کنید.

دانش افزایی

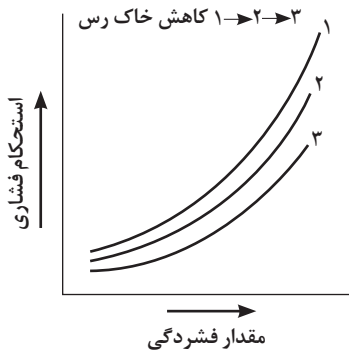
استحکام فشاری تر: ماکزیمم تنش فشاری نمونه برحسب PSi که یک نمونه معین از ماسه تر با ابعاد مشخص و استاندارد می‌تواند تحمل کند و گسیخته نشود استحکام فشاری تر آن نمونه نامیده می‌شود است. در عمل برای تعیین این استحکام ابتدا نمونه‌ای تهیه کرده و آن را با کوبیدن متراکم می‌کنند. سپس نمونه را (استوانه استاندارد) در امتداد طول، تحت نیروی فشاری قرار می‌دهند تا گسیخته شود.

استحکام فشاری خشک: استحکام فشاری خشک کاملاً مانند استحکام فشاری تر تعریف می‌شود، با این تفاوت که استحکام ماسه، در حالت خشک و پخته شده مورد نظر است.

وسیله انجام آزمایش برای انجام هر دو آزمایش استحکام فشاری تر و خشک یکسان می‌باشد که دارای امکانات اعمال بار و دو کفه (فک) دایره‌ای تخت است که نمونه استوانه‌ای در امتداد طول ما بین آن دو قرار گرفته و سپس به واسطه اعمال نیرو توسط دستگاه دو فک تخت به یکدیگر نزدیک می‌شوند و به نمونه نیرو وارد می‌شود. چند نوع دستگاه برای تعیین استحکام فشاری تر قابل استفاده است که از میان آنها می‌توان به نوع فنری و دستگاه آزمایش چند کاره (یونیورسال) اشاره کرد که در شکل ۱۳ کتاب درسی نمونه‌هایی از این دستگاه‌ها نشان داده شده است.

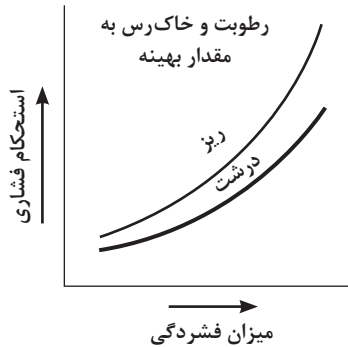
عوامل مؤثر بر استحکام فشاری مخلوط ماسه قالب‌گیری: عواملی چون میزان فشردگی، مقدار خاک رس، مقدار رطوبت و اندازه ذرات ماسه بر استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری اثر می‌گذارد.

افزایش کوبش و در نتیجه بالا رفتن میزان فشردگی مخلوط ماسه، باعث افزایش استحکام فشاری می‌شود. اگر میزان فشردگی ثابت باشد، افزایش مقدار خاک رس باعث بالا رفتن استحکام خواهد شد این موضوع در شکل ۹ به صورت یک نمودار نشان داده شده است.



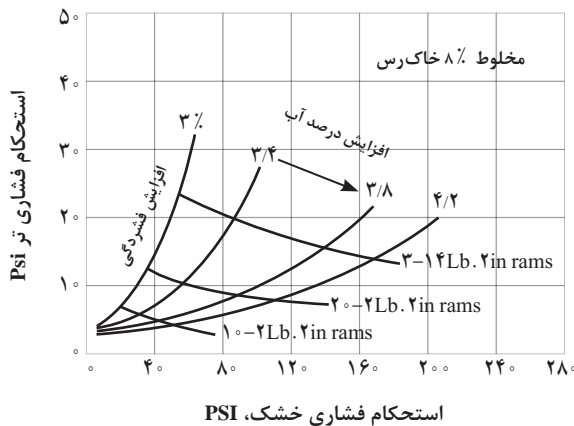
شکل ۹- تأثیر میزان فشردگی و خاک رس بر استحکام فشاری

همچنین مقدار کوبش عاملی است که در خلال قالب‌گیری موجودیت پیدا می‌کند و در زمره عوامل ناشی از قالب‌گیری است. از آنجا که امکان فشردگی ذرات ریز در هنگام قالب‌گیری بیشتر از ذرات درشت است، در یک مقدار فشردگی ثابت به شرط آنکه آب و خاک رس در حد بهینه باشد، استحکام فشاری ذرات ریز بالاتر است. نمودار شکل ۱۰ تأثیر این عوامل نشان داده شده است.



شکل ۱۰- تأثیر اندازه ذرات و میزان فشردگی بر استحکام فشاری

همچنین استحکام فشاری تر و استحکام فشاری خشک ماسه متأثر از شرایط قالب‌گیری و از جمله میزان کوبش و مقدار رطوبت است. نمودار شکل ۱۱ تأثیر این عوامل را نشان می‌دهد. از نمودار مذکور می‌توان دریافت که با افزایش میزان کوبش، استحکام فشاری تر و استحکام فشاری خشک افزایش می‌یابد و با افزایش درصد آب میزان استحکام فشاری خشک بالا می‌رود ولی استحکام فشاری تر کاهش می‌یابد. نمودار مذکور مربوط به مخلوطی با ۸ درصد خاک رس است.



استحکام فشاری خشک، PSI

شکل ۱۱- ارتباط استحکام فشاری تر، استحکام فشاری خشک، مقدار رطوبت و میزان کوبش برای مخلوط ماسه با ۸ درصد خاک رس

به‌طور کلی استحکام فشاری مخلوط ماسه قالب‌گیری در حالت تر بین ۵ تا ۲۲ PSi و در حالت خشک نیز بین ۲۰ تا ۲۵۰ PSi می‌باشد.

نحوه انجام فعالیت‌های عملی (آزمایش‌های) مربوط به استحکام فشاری:

هنرموزان گرامی با توجه به اینکه برای جلسه چهارم واحد یادگیری آزمایش‌های مخلوط ماسه قالب‌گیری انجام آزمایش‌های مربوط به استحکام فشاری تر و خشک مخلوط ماسه قالب‌گیری که شامل:

- فعالیت عملی ۵: تعیین استحکام فشاری تر
- فعالیت عملی ۶: بررسی تأثیر میزان رطوبت بر روی استحکام فشاری تر
- فعالیت عملی ۷: تعیین استحکام فشاری خشک
- فعالیت عملی ۸: بررسی تأثیر میزان چسب بنتونیت بر روی استحکام فشاری خشک

فعالیت عملی



می‌باشند، در نظر گرفته شده است لذا جهت انجام آزمایش‌ها و مدیریت بهتر زمان موارد زیر پیشنهاد می‌شود.

➤ با توجه به ۸ ساعته بودن زمان جلسه پیشنهاد می‌شود که زنگ اول را به مباحث تئوری پیرامون استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری و استحکام فشاری در حالت تر و خشک و نحوه انجام آن اختصاص دهید.

➤ پس از اتمام کلاس تئوری جهت نمونه‌برداری هنرجویان را به کارگاه ریخته‌گری ببرید و نمونه‌برداری از مخلوط ماسه را به صورت زیر برای انجام آزمایش‌های آورده شده در کتاب درسی انجام دهید.

ابتدا هنرجویان گروه بندی شده سپس با نظارت هنرموز یا استادکار مربوطه به اندازه مورد نیاز از محل قالب‌گیری جهت انجام آزمایش‌های استحکام فشاری تر و خشک نمونه‌برداری کنند.

با توجه به اینکه نمونه‌های مربوط به آزمایش استحکام فشاری خشک جهت خشک شدن نمونه بایستی در داخل کوره گرمکن به مدت زمان ۲ ساعت خشک شوند لذا توصیه می‌شود ابتدا هنرجویان با راهنمایی و نظارت هنرموز و یا استادکار نمونه‌های مربوط به این آزمایش را تهیه کرده و با رعایت کامل نکات ایمنی نمونه‌ها را در داخل کوره گرم کن قرار دهند.

پس در فاصله زمانی تا خشک شدن نمونه‌های داخل کوره گرمکن، هر گروه از هنرجویان نمونه‌های مربوط به آزمایش‌های استحکام فشاری تر را تهیه کرده و مطابق مراحل آورده شده در کتاب آزمایش‌های استحکام فشاری تر را انجام داده و نتایج آن را در جداول و نمودارهای آورده شده در کتاب ثبت کنند.

پس از خشک شدن نمونه‌های داخل کوره گرم‌کن، کوره را خاموش کرده و هر گروه از هنرجویان با رعایت کامل نکات ایمنی نمونه‌ها را از داخل کوره بیرون آورده و پس از رسیدن دمای نمونه‌ها به دمای محیط هر گروه با نظارت هنرآموز یا استادکار مربوطه آزمایش را مطابق مراحل آورده شده در کتاب انجام داده و نتیجه را در جداول و نمودارهای آورده شده در کتاب ثبت نمایند.

هنرآموزان محترم لطفاً پس از اتمام کلیه آزمایشات از هنرجویان بخواهید که نتایج حاصل از انجام آزمایشات فوق را به همراه پاسخ تحلیلی به پرسش‌های کتاب به شما ارائه دهند.

نکته



قبل از انجام آزمایشات نحوه استفاده صحیح از وسایل و تجهیزات مورد استفاده در انجام آزمایشات را حتماً به هنرجویان توضیح داده و از آماده به کار بودن و کالیبره بودن دستگاه‌های مورد استفاده اطمینان حاصل کنید.

نکته



پس از اتمام آزمایش به هنرجویان توصیه کنید که وسایل و تجهیزات مورد استفاده در انجام آزمایش را با دقت تمیز کرده و در محل مشخص شده سر جای خود قرار دهند.

نکته ایمنی



هنگام استفاده از کوره خشک کن حتماً به هنرجویان تأکید کنید که از دستکش ایمنی استفاده نمایند.

نکته

زیست محیطی



پس از اتمام کار از هنرجویان بخواهید که محیط آزمایشگاه را تمیز کرده و ماسه‌های اضافی را به ماسه‌دان کارگاه برگردانده و از پراکنده شدن ماسه در محیط کارگاه جلوگیری کنند.

واحد یادگیری: آزمایش‌های مخلوط ماسه قالب‌گیری

مقدمه

جهت تدریس این بخش هنرجویان را به کلاس تئوری برده و در رابطه با استحکام کششی در حالت تر و خشک و همچنین استحکام برشی در حالت تر و خشک مخلوط ماسه قالب‌گیری توضیحاتی ارائه کنید. سپس در رابطه با تأثیر عوامل مختلف بر روی استحکام کششی و برشی مخلوط ماسه قالب‌گیری در دو حالت تر و خشک سؤالاتی را مطرح کرده و از هنرجویان بخواهید که در رابطه با سؤالات مطرح شده به صورت گروهی با یکدیگر بحث و گفتگو کرده و نتیجه را به شما ارائه دهند. سپس خودتان توضیحات تکمیلی را در رابطه با سؤالات مطرح شده به هنرجویان بدهید. سپس وسایل و تجهیزات مورد نیاز، نحوه انجام آزمایشات استحکام کششی و برشی را به طور کامل برای هنرجویان توضیح داده و در صورت در اختیار داشتن فیلم مربوط به انجام آزمایشات فوق آن را برای هنرجویان نمایش دهید.

دانش افزایی

تعیین استحکام کششی تر: استحکام کششی تر یک مخلوط ماسه قالب‌گیری حداکثر تنش کششی است که نمونه استاندارد آن ماسه قادر به تحمل آن است. چنین نمونه‌ای تهیه می‌شود، تحت کوبش لازم قرار می‌گیرد و به شکل استاندارد آماده می‌شود. استحکام کششی تر یک مخلوط ماسه ریخته‌گری در حالت مرطوب است که برحسب PSi بیان می‌شود.

لوله تهیه نمونه برای آزمایش کششی تر باید به شکل دو تکه طراحی شده باشد به طوری که نمونه بتواند در خلال آزمایش در داخل لوله باقی بماند و دو تکه لوله به هنگام شکست نمونه به سهولت در ناحیه وسط از هم جدا شود.

در شکل شماره ۱۸ کتاب درسی لوله تهیه نمونه دو تکه که برای آزمایش استحکام کششی تر مورد استفاده قرار می‌گیرد نشان داده شده است.

لوله فوق‌الذکر معمولاً برای مخلوط‌های ماسه‌ای که استحکام کششی پایین دارند به کار می‌رود و در مورد مخلوط‌هایی که استحکام کششی بالا دارند از روشی که برای اندازه‌گیری استحکام کششی ماهیچه‌ها مورد توجه است، استفاده می‌شود.

نتایج حاصل از استحکام کششی تر می‌تواند اطلاعات خوبی در زمینه کیفیت بتنوبیت مورد استفاده به ما بدهد.

به‌طور کلی استحکام مخلوط ماسه تر برای کشش کم می‌باشد. لذا برای تعیین استحکام کششی مخلوط‌های ماسه که استحکام زیادی دارند از روش تعیین استحکام ماهیچه‌های پخته شده استفاده می‌کنند. استحکام کششی ماسه‌های تر حدود ۱ تا ۶ پوند بر اینچ مربع یا ۶/۹ تا ۴۱/۵ کیلو پاسکال است که بستگی به ترکیب و نوع ماسه دارد.

فعالیت
عملی ۹



انجام آزمایش استحکام کششی تر

جهت انجام این فعالیت پس از نمونه‌برداری از ماسه مورد استفاده در محل قالب‌گیری کارگاه ریخته‌گری هنرجویان را به آزمایشگاه متالورژی برده و پس از ذکر نکات ایمنی و زیست‌محیطی، نحوه کار با وسایل و تجهیزات مورد نیاز جهت اجرای آزمایش را به آنها توضیح دهید. سپس هنرجویان را گروه‌بندی کنید تا با نظارت هنرآموز یا استادکار آزمایش را مطابق مراحل آورده شده در کتاب انجام داده و نتیجه را به‌صورت گزارش کار به هنرآموز خود تحویل دهند.

دانش افزایی

تعیین استحکام کششی خشک: استحکام کششی خشک برابر است با حداکثر تنش کششی که به یک نمونه ماسه (نمونه کششی خشک ماسه‌ای استاندارد) در حالت خشک تا مرحله گسیختن وارد می‌شود. این استحکام برحسب PSi اندازه‌گیری می‌شود. چنین نمونه‌ای تهیه می‌شود، تحت کوبش لازم قرار می‌گیرد و به شکل استاندارد آماده شده و سپس در داخل کوره خشک کن تا دمای معینی خشک می‌شود.

جهت تهیه نمونه استاندارد استحکام کششی خشک ماسه از یک جعبه ماهیچه فلزی استفاده می‌شود که در شکل ۱۹ کتاب درسی ابعاد استاندارد و نیروهای وارد بر نمونه استحکام کششی خشک ماسه نشان داده شده است.

کلیه عوامل مؤثر بر استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری مخصوصاً میزان خاک رس، بر روی استحکام کششی خشک تأثیر گذار می‌باشند، به‌طوری که با افزایش میزان درصد خاک رس از ۱۰٪ به ۱۶٪ استحکام کششی خشک آن حدود ۱۱۰٪ افزایش می‌یابد درحالی که استحکام کششی تر حدود ۱۶٪ افزایش خواهد داشت.

فعالیت
عملی ۱۰



انجام آزمایش استحکام کششی خشک:

جهت انجام این فعالیت پس از نمونه‌برداری از ماسه مورد استفاده در محل قالب‌گیری کارگاه ریخته‌گری هنرجویان را به آزمایشگاه متالورژی برده و پس از ذکر نکات ایمنی و زیست‌محیطی، نحوه کار با وسایل و تجهیزات مورد نیاز

جهت اجرای آزمایش را به آنها توضیح دهید.
سیس هنرجویان در گروه‌های خود با راهنمایی و نظارت هنرآموز یا استادکار
آزمایش را مطابق مراحل آورده شده در کتاب انجام داده و نتیجه را به همراه
پاسخ تحلیلی به پرسش آورده شده در کتاب به صورت گزارش کار به هنرآموز
خود تحویل دهند.

هنگام استفاده از کوره خشک کن حتماً به هنرجویان تأکید کنید که از دستکش
ایمنی استفاده نمایند.

نکته ایمنی



**بررسی تأثیر میزان چسب سیلیکات سدیم و عدد ریزی ماسه بر روی
استحکام کششی خشک**

هنرجویان در گروه‌های خود با نظارت هنرآموز یا استادکار آزمایش را مطابق
مراحل آورده شده در کتاب درسی انجام داده و نتایج به دست آمده را در جدول
و نمودار کتاب ثبت کرده و به صورت گزارش کار به هنرآموز خود تحویل دهند.

فعالیت
عملی ۱۱



دانش افزایی

استحکام برشی تر و خشک

استحکام برشی تر: استحکام برشی تر یک ماسه ریخته‌گری برابر حداکثر تنش
برشی است که نمونه استاندارد آن ماسه در حالت تر می‌تواند متحمل شود. آزمایش
استحکام برشی تر بدین طریق صورت می‌گیرد که نمونه استاندارد در دستگاه
چندکاره آزمایش استحکام قرار داده می‌شود. دو کفه مورد استفاده در این آزمایش
تخت و صاف نیست بلکه بر روی هریک از فک‌ها پله وجود دارد به طوری که سطح
مقطع هر فک به دو بخش پایین و بالا تقسیم شده است. شیارهای واقع بر روی فک‌ها
مقابل هم قرار می‌گیرند و بدین طریق پس از اعمال بار، تنش برشی به نمونه اعمال
می‌شود و گسیختگی پدید می‌آید. سرعت اعمال نیرو برش توسط دستگاه باید بین
۱۹ تا ۲۹ PSI در دقیقه باشد و مقدار استحکام برشی بر حسب پوند بر اینچ مربع
(PSi) می‌باشد.

به طور کلی اکثر عوامل تأثیرگذار بر استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری مانند اندازه
ذرات ماسه، میزان خاک رس، رطوبت و... بر استحکام برشی تر و خشک نیز تأثیرگذار
می‌باشند. همچنین لازم به ذکر است که استحکام برشی تر ماسه در حدود ۱/۵ تا
۷PSi می‌باشد.

استحکام برشی خشک: استحکام برشی خشک نیز مشابه استحکام برشی تر اندازه‌گیری می‌شود اما در این مورد خشک کردن نمونه قبلاً صورت می‌گیرد و سپس آزمایش تعیین استحکام انجام می‌شود. هنگامی که مخلوط ماسه خشک می‌شود هم استحکام فشاری و هم استحکام برشی اهمیت دارند. نسبت مابین استحکام برشی خشک به استحکام فشاری خشک به‌عنوان ملاکی برای ارتباط مابین فرمولاسیون ماسه و بازدهی عمل به‌کار می‌رود. پایین بودن نسبت فوق‌الذکر می‌تواند نشانگر به‌عمل نیامدن ماسه باشد درحالی‌که بالا بودن نسبت فوق‌الذکر می‌تواند نمایانگر زیاد بودن مقدار خاک رس، مواد قابل احتراق یا عدم کافی بودن مواد افزودنی به‌ماسه جدید باشد. خشک کردن نمونه‌های مورد آزمایش حداقل به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد صورت می‌پذیرد و سپس فرصت خنک شدن نمونه تا دمای محیط در یک دسیکاتور به نمونه داده می‌شود.

فعالیت
عملی ۱۲



انجام آزمایش استحکام برشی تر و خشک

جهت انجام این فعالیت پس از نمونه‌برداری از ماسه مورد استفاده در محل قالب‌گیری کارگاه ریخته‌گری هنرجویان را به آزمایشگاه متالورژی برده و پس از ذکر نکات ایمنی و زیست محیطی، نحوه کار با وسایل و تجهیزات مورد نیاز جهت اجرای آزمایش را به آنها توضیح دهید. سپس هنرجویان در گروه‌های خود با راهنمایی و نظارت هنرآموز یا استادکار آزمایش را مطابق مراحل آورده شده در کتاب انجام داده و نتیجه را به‌همراه پاسخ تحلیلی به پرسش آورده شده در کتاب به‌صورت گزارش کار به‌هنرآموز خود تحویل دهند.

نکته ایمنی



هنگام استفاده از کوره خشک کن حتماً به‌هنرجویان تأکید کنید که از دستکش ایمنی استفاده نمایند.

نکته



پس از اتمام آزمایش به‌هنرجویان توصیه کنید که وسایل و تجهیزات مورد استفاده در انجام آزمایش را با دقت تمیز کرده و در محل مشخص شده در جای خود قرار دهند.



پس از اتمام کاراز هنرجویان بخواهید که محیط آزمایشگاه را تمیز کرده و ماسه‌های اضافی را به ماسه‌دان کارگاه برگردانده و از پراکنده شدن ماسه در محیط کارگاه جلوگیری کنند.

هنرآموز محترم با توجه به اینکه آزمایش‌های مربوط به استحکام کششی و برشی برای یک جلسه ۸ ساعته در نظر گرفته شده است، خواهشمند است نسبت به مدیریت زمان جهت اجرای کامل و دقیق آزمایشات توجه لازم را مبذول فرمایید.

جلسه ششم: آزمایش‌های استحکام و سختی قالب

واحد یادگیری: آزمایش‌های مخلوط ماسه قالب گیری

مقدمه

در ابتدای جلسه هنرجویان را به کلاس برده و در رابطه با اهمیت استحکام و سختی قالب و ارتباط آنها با یکدیگر و نقش آنها در تولید قطعات ریختگی سالم توضیحاتی را ارائه کرده و سپس از هنرجویان در رابطه با عوامل مؤثر و تأثیرگذار بر استحکام و سختی قالب سؤال کرده و پس از شنیدن پاسخ آنها، خودتان توضیحات کامل و تکمیلی را به آنها بدهید. سپس وسایل و تجهیزات مورد نیاز برای تعیین استحکام و سختی قالب را به همراه روش‌های انجام آنها را به همراه نمایش فیلم برای هنرجویان شرح دهید.

دانش افزایی

استحکام قالب: استحکام قالب میزان باری است که سطح یک قالب می‌تواند به‌هنگام اعمال بار ناشی از یک نفوذسنج فنری تحمل نماید. اطلاعات حاصل از این آزمایش برای تعیین یکنواختی سطح قالب تهیه شده که مستقیماً متناسب با یکنواختی فشردگی قالب است، به کار می‌رود. ابزار و وسیله اندازه‌گیری استحکام قالب مستقیماً بر روی سطح قالب تهیه شده قرار می‌گیرد و استحکام اندازه‌گیری می‌شود. واحد اندازه‌گیری در وسیله اندازه‌گیری استحکام قالب PSI می‌باشد که در دو نوع عقربه‌ای و دیجیتالی می‌باشد و در شکل شماره ۲۶ کتاب درسی آورده شده است.

به‌طور کلی عواملی همچون دانه‌بندی ماسه (اندازه ذرات)، شکل و توزیع ذرات ماسه (وضعیت ذرات)، میزان خاک رس یا چسب ماسه، میزان رطوبت و میزان فشردگی یا کوبش ماسه می‌تواند بر استحکام قالب تأثیرگذار باشد.

فعالیت
عملی ۱۳



انجام آزمایش استحکام قالب

جهت انجام این فعالیت ابتدا هنرجویان را به کارگاه ریخته‌گری برده و در ۴ گروه، گروه‌بندی کنید. سپس برای هر گروه یک مدل یک تکه تحویل داده و از آنها بخواهید که فعالیت را با رعایت نکات ایمنی مطابق مراحل ذکر شده در کتاب انجام داده و نتایج آن را در جدول و نمودار آورده شده در کتاب ثبت کرده و در رابطه با عوامل مؤثر بر استحکام قالب به صورت گروهی بحث کرده و نتیجه آن را به‌همرا نتایج به‌دست آمده از آزمایش به صورت گزارش کار به‌هنرآموز خود تحویل دهند.

نکته ایمنی



هنرآموز محترم توجه داشته باشید که هنرجویان قالب‌ها را با رعایت نکات ایمنی خشک کرده و در حین خشک کردن از دستکش ایمنی استفاده کنند و همچنین از سالم و ایمن بودن مشعل اطمینان حاصل کنید.

نکته
زیست‌محیطی



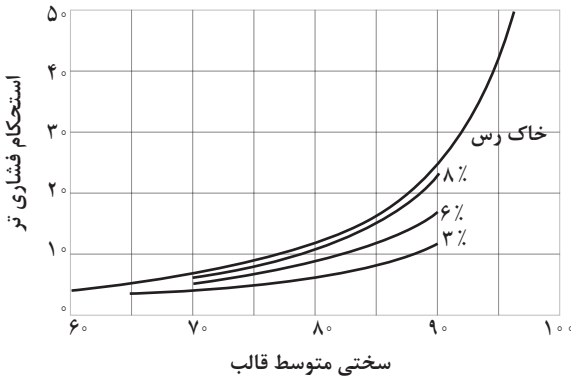
پس از اتمام آزمایش هنرجویان محیط کارگاه را تمیز کرده و قالب‌ها را در ماسه‌دان تخلیه کنند.

دانش افزایی

تعیین سختی قالب: سختی سطح یک قالب که از مخلوط ماسه تر آماده شده است به کمک این آزمایش تعیین می‌گردد. سختی سطح قالب عبارت است از: مقاومت سطح یک قالب ماسه ای تر در برابر نفوذ یک فرورونده وزین. هر قدر مقاومت سطح یک قالب در برابر نفوذ فرورونده بیشتر باشد نشانه سختی بیشتر آن است. عمده‌ترین کاربرد عملی آزمایش سختی قالب و اطلاع از میزان سختی این است که می‌توان با توجه به مقدار سختی قالب، درجه یا میزان کوبش را کنترل کرد و در حد استاندارد و معین تثبیت نمود. به کمک فرایند قالب‌گیری مناسب و ماشین قالب‌گیری امکان حصول سختی یکنواخت و استاندارد وجود دارد. حداکثر سختی قالب که باید توسط کوبش حاصل شود توسط آزمایش سختی‌سنجی تعیین و مشخص می‌شود. اگر سختی در نقاط مختلف قالب متفاوت باشد خواص ماسه هم در نقاط مختلف متغیر است. متفاوت بودن سختی در نقاط مختلف قالب نیز از طریق انجام آزمایش

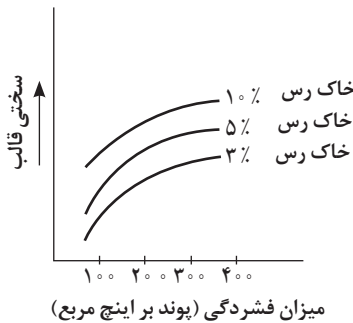
سختی مشخص می‌شود.

به‌طور کلی بسیاری از خصوصیات مخلوط‌های ماسه قالب‌گیری با یکدیگر ارتباط دارند؛ به‌عنوان مثال افزایش برخی از خواص باعث کاهش خاصیت دیگر می‌شود و یا افزایش برخی از خصوصیات باعث افزایش خاصیت دیگر می‌شود و یا افزایش برخی از خصوصیات باعث افزایش خاصیت دیگر نیز خواهد شد. به‌عنوان مثال استحکام فشاری تر یک مخلوط قالب‌گیری با مقدار سختی آن تناسب دارد و هر قدر سختی مخلوط قالب‌گیری بیشتر شود استحکام آن نیز افزایش می‌یابد. شکل ۱۲ نشان می‌دهد که چگونه افزایش سختی مخلوط‌هایی با درصد خاک رس متفاوت باعث افزایش استحکام می‌شود.



شکل ۱۲- تأثیر مقدار خاک رس بر ارتباط مابین سختی قالب و استحکام فشاری تر

همچنین سختی قالب نیز با میزان فشردگی آن ارتباط مستقیم دارد. به‌طوری‌که هر قدر میزان فشردگی بیشتر باشد، سختی حاصل نیز بالاتر است و این نکته قابل توجه است که در یک میزان فشردگی ثابت، هر قدر مقدار خاک رس مخلوط بالاتر باشد سختی قالب نیز بالاتر است که این موضوع در شکل ۱۳ به‌صورت نمودار نشان داده شده است.



شکل ۱۳- تأثیر مقدار خاک رس بر ارتباط مابین سختی و میزان فشردگی

فعالیت
عملی ۱۴



انجام آزمایش تعیین سختی سطح قالب

جهت اجرای این فعالیت ابتدا هنرجویان را به کارگاه ریخته‌گری برده و پس از گروه‌بندی آنها، آزمایش را با نظارت هنرآموز و یا استادکار مطابق مراحل ذکر شده در کتاب انجام داده و نتیجه آن را به صورت گزارش کار به هنرآموز خود تحویل دهند.

نکته



قبل از انجام آزمایشات نحوه استفاده صحیح از وسایل و تجهیزات مورد استفاده در انجام آزمایشات را حتماً به هنرجویان توضیح داده و از آماده به کار بودن کالیبره بودن دستگاه‌های مورد استفاده اطمینان حاصل کنید.

نکته



پس از اتمام آزمایش به هنرجویان توصیه کنید که وسایل و تجهیزات مورد استفاده در انجام آزمایش را با دقت تمیز کرده و در محل مشخص شده در جای خود قرار دهند.

نکته
زیست محیطی



پس از اتمام کار از هنرجویان بخواهید که محیط آزمایشگاه را تمیز کرده و ماسه‌های اضافی را به ماسه‌دان کارگاه برگردانده و از پراکنده شدن ماسه در محیط کارگاه جلوگیری کنند.

جلسه هفتم: آزمایش‌های تعیین خردشوندگی ماسه تر و اندازه‌گیری قابلیت

نفوذ گاز ماسه

واحد یادگیری: آزمایش‌های مخلوط ماسه قالب‌گیری

مقدمه

جهت تدریس این بخش هنرجویان را به کلاس تئوری برده و در رابطه با ضریب خردشوندگی ماسه و اندازه‌گیری قابلیت نفوذ گاز، اهمیت و عوامل مؤثر بر روی این دو پارامتر توضیحات لازم و کافی را ارائه کرده سپس وسایل و تجهیزات مورد نیاز، نحوه انجام آزمایشات تعیین خردشوندگی و تعیین قابلیت نفوذ گاز ماسه را به طور کامل برای هنرجویان توضیح داده و در صورت در اختیار داشتن فیلم مربوط به انجام آزمایشات فوق آن را برای هنرجویان نمایش دهید.

دانش افزایی

تعیین خرد شوندگی مخلوط ماسه تر: برای اندازه‌گیری و تعیین چقرمگی مخلوط ماسه تر از آزمایش ضریب خرد شوندگی (اندیس شاتر) استفاده می‌شود. این آزمایش معیاری از استحکام ماسه می‌باشد به طوری که این استحکام با ضریب خردشوندگی ماسه ارتباط مستقیم دارد. با استفاده از نتایج این آزمایش می‌توان قابلیت شکل‌پذیری ماسه را اندازه‌گیری و تعیین کرد.

چقرمگی و ضریب خردشوندگی یک مخلوط ماسه تر می‌تواند متأثر از عواملی همچون میزان فشردگی، مقدار خاک رس، مقدار رطوبت و اندازه ذرات ماسه باشد. به‌طور کلی ضریب خرد شوندگی (اندیس شاتر) در بدترین حالت صفر و در بهترین و ایدئال‌ترین حالت ۱۰۰ درصد است. دامنه اندیس شاتر ماسه‌های قالب‌گیری در ریخته‌گری معمولاً بین ۸۰ تا ۹۰ درصد است.

اهمیت اندیس شکل‌پذیری ماسه، بیشتر برای بلند کردن درجه‌های محتوی ماسه است. چنانچه این اندیس کم باشد، ماسه داخل درجه‌ها هنگام حمل و نقل ریزش می‌کند. درحالی که اگر این اندیس بیش از حد باشد مشکلاتی نظیر ترک خوردن قالب، عدم خروج گازها، عدم سهولت تخلیه ماسه از درجه‌ها و غیره پیش می‌آید.

انجام آزمایش تعیین ضریب خرد شوندگی و اندیس شکل‌پذیری مخلوط ماسه تر جهت انجام این فعالیت پس از نمونه‌برداری از ماسه مورد استفاده در محل قالب‌گیری کارگاه ریخته‌گری هنرجویان را به آزمایشگاه متالورژی برده و پس از ذکر نکات ایمنی و زیست محیطی، نحوه کار با وسایل و تجهیزات مورد نیاز جهت اجرای آزمایش را به آنها توضیح دهید.

سیس هنرجویان در گروه‌های خود با راهنمایی و نظارت هنرآموز یا استادکار آزمایش را مطابق مراحل آورده شده در کتاب انجام داده و نتیجه را به‌همراه پاسخ تحلیلی به پرسش آورده شده در کتاب به‌صورت گزارش کار به‌هنرآموز خود تحویل دهند.

فعالیت
عملی ۱۵



پس از اتمام آزمایش از هنرجویان بخواهید دستگاه تعیین خرد شوندگی ماسه را به‌طور کامل تمیز کرده و قسمت‌های متحرک آن را روغن کاری نمایند.

نکته



دانش افزایی

اندازه‌گیری قابلیت نفوذ گاز ماسه: یکی از عوامل مهم در تولید قطعات ریخته‌گری سالم قابلیت نفوذ گاز از ماسه یا نفوذپذیری ماسه است. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر

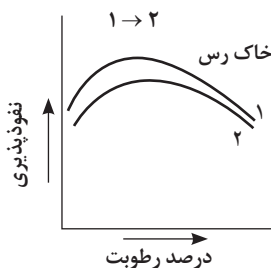
شد دانه‌بندی و پخش ذرات ماسه، نقش مهمی در خروج گازهای محلول در مذاب، هوای قالب، بخار آب و غیره دارد. لذا کنترل و تعیین قابلیت نفوذ گاز می‌تواند نتایج بسیار مفیدی برای کیفیت قطعات ریختگی داشته باشد.

به‌طور کلی برای تعیین قابلیت نفوذ گاز ماسه معمولاً سرعت خروج هوا از یک نمونه ماسه‌ای را برحسب سانتی‌متر مکعب در دقیقه در زمان معین و تحت فشار ثابت اندازه‌گیری می‌کنند. این سرعت در واقع می‌تواند مشخص‌کننده توانایی خروج گاز از ماسه باشد.

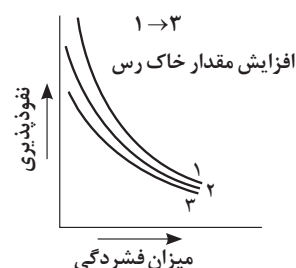
به‌طور کلی ماسه‌هایی که دانه‌های درشت‌تری دارند، فضای خالی مابین ذرات آنها بیشتر است و نفوذپذیری آنها از ماسه‌هایی با دانه‌های ریز بیشتر خواهد بود. گذشته از اندازه متوسط دانه‌ها، توزیع اندازه دانه‌ها نیز اثر قطعی بر نفوذپذیری دارد. هر قدر اندازه متوسط دانه‌ها کمتر باشد و یا به عبارت دیگر عدد ریزی ماسه بیشتر باشد، فضای خالی مابین دانه‌ها کاهش پیدا می‌کند و نفوذپذیری و قابلیت عبور گاز کمتر می‌شود. توزیع دانه‌ها نیز اثر قابل توجهی دارد. ماسه‌ای با دانه‌های ریز که محدوده توزیع ذرات آن گسترده است در مقایسه با ماسه‌ای که عدد ریزی آن یکسان است و اندازه ذرات نیز مشابه است ولی توزیع دانه‌های آن محدودتر است، نفوذپذیری کمتری دارد زیرا وقتی توزیع دانه‌ها گسترده‌تر باشد ذرات ریز و درشت فضای خالی را بهتر پر می‌کنند و نفوذپذیری کاهش می‌یابد.

نفوذپذیری قالب گذشته از عوامل دیگر به میزان متراکم‌سازی یا فشردگی بستگی دارد. اگرچه افزایش فشردگی قالب مقدار استحکام فشاری و سختی آن را بالا می‌برد ولی قابلیت عبور گاز و نفوذپذیری کاهش پیدا می‌کند. در این رابطه مخلوط‌هایی که خاک رس بیشتری دارند در ثابت بودن بقیه شرایط نفوذپذیری کمتری دارند.

اندازه، شکل و توزیع دانه در زمره دسته عوامل مؤثر بر نفوذپذیری و قابلیت عبور گاز هستند که به خصوصیات اولیه ماسه ارتباط پیدا می‌کنند و مواردی چون میزان کوبش و فشردگی، مقدار رطوبت و خاک رس مخلوط ماسه قالب‌گیری عوامل مؤثری هستند که طی فرایند قالب‌گیری و تهیه مخلوط ماسه قالب‌گیری موجودیت پیدا می‌کنند. در نمودار شکل‌های ۱۴ و ۱۵ تأثیر میزان فشردگی، خاک رس و رطوبت بر نفوذپذیری ماسه قالب‌گیری آورده شده است.



شکل ۱۵



شکل ۱۴



انجام آزمایش قابلیت نفوذ گاز ماسه

جهت انجام این فعالیت نیز همانند فعالیت قبلی پس از نمونه برداری از ماسه مورد استفاده در محل قالب گیری کارگاه ریخته گری هنرجویان را به آزمایشگاه متالورژی برده و پس از ذکر نکات ایمنی و زیست محیطی، نحوه کار با وسایل و تجهیزات مورد نیاز جهت اجرای آزمایش را به آنها توضیح دهید و قبل از انجام آزمایش از کالیبره بودن و آماده به کار بودن دستگاه تعیین قابلیت نفوذ گاز ماسه اطمینان حاصل کنید.

سپس هنرجویان در گروه های خود با راهنمایی و نظارت هنرآموز یا استادکار آزمایش را مطابق مراحل آورده شده در کتاب انجام داده و نتیجه را به همراه پاسخ تحلیلی به پرسش آورده شده در کتاب به صورت گزارش کار به هنرآموز خود تحویل دهند.

نکته



پس از اتمام آزمایش از هنرجویان بخواهید که قسمت های مختلف دستگاه تعیین قابلیت نفوذ گاز ماسه را تمیز کنند.

نکته زیست محیطی



پس از اتمام کار از هنرجویان بخواهید که محیط آزمایشگاه را تمیز کرده و ماسه های اضافی را به ماسه دان کارگاه برگردانده و از پراکنده شدن ماسه در محیط کارگاه جلوگیری کنند.

فصل ۲

آزمایش متالوگرافی

جلسه هشتم: آشنایی با ساختار ریختگی فلزات و آلیاژها

برای تدریس این قسمت از درس، مقدمه‌ای درباره لزوم آشنایی با ساختار فلزات و آلیاژها، اهمیت و ارتباط آن را با خواص مکانیکی بیان نمایید. چند نمونه از فلزات و آلیاژهای مختلف مانند آلیاژهای روی، آلومینیوم، فولاد و چدن را که قبلاً تهیه شده به هنرجویان نشان داده و درباره نوع و جنس، رنگ، وزن، چگالی، استحکام و کاربرد عمده آنها در محیط اطراف و صنعت پرسش نموده و پاسخ صحیح آنها را دسته‌بندی و در تخته سفید کلاس با دقت و اصلاح شده نوشته و در پایان به‌طور کامل توضیح دهید.

هنرجویان را به چهارگروه مختلف تقسیم‌بندی کرده و برای هر گروه دو نمونه ماکروسکوپی از فلز روی یا آلومینیوم خالص که در قالب فلزی ریخته شده، تهیه و قبل و بعد از اچ در اختیار آنها قرار داده و از آنها بخواهید شکل شماتیکی را ترسیم نمایند، سپس به سوالات زیر پاسخ دهند.

1 چه تفاوت‌هایی بین نمونه‌ها (اچ شده و اچ نشده) مشاهده می‌نمایید؟

2 سطح نمونه‌های اچ شده را از دانه‌بندی به چند قسمت می‌توان تقسیم‌بندی کرد؟

3 دلایل متفاوت بودن سطح نمونه اچ شده از نظر دانه‌بندی را چگونه توجیه می‌کنید؟

پاسخ‌های داده شده توسط هنرجویان را دسته‌بندی و اصلاح کرده و برای هنرجویان توضیح دهید.

آشنایی با ساختارهای کریستالی

جهت تدریس این قسمت بهتر است ابتدا ماده، مولکول، اتم و مباحث مربوط به پیوندهای بین فلزات یادآوری شده و از ماکت‌های سه بعدی و یا فیلم آموزشی در رابطه با ساختارهای اصلی فلزات استفاده شود.

انواع روش‌های بررسی ساختمان داخلی فلزات و آلیاژها

برای تدریس این بخش از فیلم آموزشی مناسب در مورد میکروسکوپ‌های نوری، الکترونی، آنالیز توسط اشعه X و سایر روش‌های آلتراسونیک و غیره استفاده شده و بهتر است تصاویر و نتایج حاصل از بررسی فلزات و آلیاژها با این تجهیزات، از منابع معتبر، به‌طور مثال برای یک فلز یا آلیاژ خاص تهیه و با یکدیگر مقایسه شوند و موارد کاربرد آنها به‌طور کامل توضیح داده شود.

دانش افزایی

میکروسکوپ‌های الکترونی

میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، یکی از ابزارهای مورد استفاده در فناوری‌ها و علوم مختلف از جمله نانو فناوری است. یکی دیگر از ابزارهای بزرگنمایی که در آنها به جای پرتوهای نور، از الکترون استفاده می‌شود.

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، از ابزارهای مطالعه در نانوفناوری است که می‌تواند به شیوه بمباران الکترونی، تصاویری از اجسامی به کوچکی 10^5 نانومتر تهیه کند. استفاده از این ابزار، آماده‌سازی نمونه برای مطالعه و...، نیازمند اطلاعاتی درباره امکانات، سازوکار، اجزا و چگونگی عملکرد آن است.

میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM): اساس عملکرد میکروسکوپ الکترونی عبوری (Transmission Electron Microscope) که به اختصار به آن TEM می‌گویند، مشابه میکروسکوپ‌های نوری است با این تفاوت که به جای پرتوی نور در آن از پرتوی الکترونی استفاده می‌شود. آنچه که می‌توان با کمک میکروسکوپ نوری مشاهده کرد بسیار محدود است، در حالی که با استفاده از الکترون‌ها به جای نور، این محدودیت از بین می‌رود. وضوح تصویر در TEM هزار برابر بیشتر از یک میکروسکوپ نوری است.

با استفاده از TEM می‌توان جسمی به اندازه چند آنگستروم (10^{-10} متر) را مشاهده کرد. برای مثال، می‌توانید اجزای موجود در یک سلول یا مواد مختلف در ابعادی نزدیک به اتم را مشاهده کنید. برای بزرگنمایی، TEM ابزار مناسبی است که هم در تحقیقات پزشکی و زیست‌شناسی و هم در تحقیقات مرتبط با مواد قابل استفاده است.

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM): میکروسکوپ الکترونی روبشی که به آن (Scanning Electron Microscope) یا به اختصار SEM می‌گویند، یکی از ابزارهای مورد استفاده در فناوری نانو است که با کمک بمباران الکترونی، تصاویر اجسامی به کوچکی 10^5 نانومتر را برای مطالعه تهیه می‌کند. ساخت SEM سبب شد تا محققان بتوانند نمونه‌های بزرگ‌تر را به سادگی و با وضوح بیشتری مطالعه کنند. بمباران نمونه سبب می‌شود تا از نمونه، الکترون‌هایی به سمت صفحه دارای بار مثبت رها شود که این الکترون‌ها در آنجا تبدیل به سیگنال می‌شوند. حرکت پرتو بر روی نمونه مجموعه‌ای از سیگنال‌ها را فراهم می‌کند که بر این اساس میکروسکوپ می‌تواند تصویری از سطح نمونه را بر صفحه کامپیوتر نمایش دهد. SEM اطلاعات زیر را در خصوص نمونه در اختیار می‌گذارد:

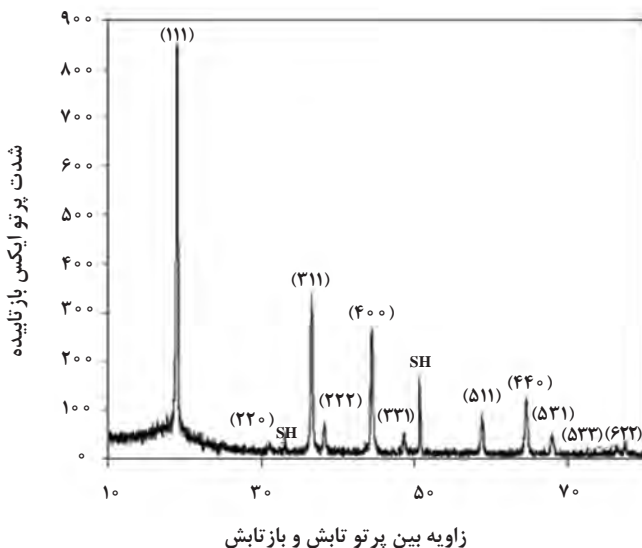
■ توپوگرافی نمونه (خصوصیات سطوح)

■ مورفولوژی (شکل، اندازه و نحوه قرارگیری ذرات در سطح جسم)

■ ترکیب (اجزایی که نمونه را می‌سازند)

آنالیز توسط اشعه X

XRD یا همان پراش اشعه ایکس (X-Ray Diffraction) تکنیکی قدیمی و پرکاربرد در بررسی خصوصیات کریستال‌ها است. در این روش از پراش اشعه ایکس توسط نمونه، جهت بررسی ویژگی‌های نمونه استفاده می‌شود. XRD برای تعیین عموم کمیت‌های ساختار کریستالی از قبیل ثابت شبکه، هندسه شبکه، تعیین کیفی مواد ناشناس، تعیین فاز کریستال‌ها، تعیین اندازه کریستال‌ها، جهت‌گیری تک کریستال، تنش، عیوب شبکه و غیره، قابل استفاده است. در پراش اشعه ایکس توسط کریستال، مشاهده می‌شود که شدت اشعه ایکس بازتابیده از کریستال، که در هر اتم به صورت الاستیک پراکنده شده‌اند (بدون تغییر طول موج)، در زوایای خاصی ماکسیمم خواهد بود و در بقیه زوایا، شدت اشعه پراشیده شده مقدار قابل ملاحظه‌ای ندارد. منظور از پراش، همین رفتار اشعه ایکس است.



نمونه اطلاعات ثبت شده از پراش یک نمونه در روش پودری

ارزشیابی

در پایان این جلسه اهمیت ارزشیابی را به هنرجویان یادآوری کرده و در مورد انجام کارگروهی در کارگاه و آزمایشگاه توضیحات لازم را بیان نمایم و برای پاسخ

سؤالات مطرح شده در حین درس و انجام کارگروهی صحیح، نمره‌ای در نظر گرفته شود. به دلیل اینکه این کاربرد ارزشیابی، مدرک مشخص شایستگی خواهد بود، لذا برای تکمیل نمودن جدول ارزشیابی کار باید در فرایند تدریس و انجام کار توسط هنرجویان نظارت کامل داشته باشید.

ارزشیابی پایانی جلسه هشتم

با توجه به متن کتاب درسی و فعالیت‌های کارگاهی انجام شده توسط هنرجویان، ارزشیابی پایانی جلسه اول مطابق کاربرگ‌های زیر صورت گیرد.

کاربرگ ارزشیابی پایان جلسه اول

خودارزیابی توسط هنرجو		
مؤلفه‌های خودارزیابی	خیر	بلی
با انواع فلزات آشنایی دارم.		
می‌توانم فلزات را از نظر خواص فیزیکی از هم تفکیک کنم.		
با نحوه انجماد فلزات آشنایی دارم.		
مفهوم دانه‌بندی فلزات را می‌دانم.		
با انواع دانه‌های تبریدی، ستونی و هم‌محور آشنا هستم.		
مفهوم شبکه فضایی را می‌دانم.		
مفهوم سلول واحد را می‌دانم.		
با انواع روش‌های بررسی ساختمان داخلی فلزات و آلیاژها آشنایی دارم.		
تعداد جواب‌های بلی		

ارزشیابی توسط هنر آموز	
نمره دریافتی	مؤلفه های ارزشیابی
	سه ناحیه متمایز ساختار دانه ای فلزات را می شناسد.
	عوامل مؤثر در نواحی مختلف ساختار دانه ای فلزات را می داند.
	مفهوم ساختار شبکه فضایی را می داند.
	مفهوم شبکه واحد یا سلول واحد را می داند.
	انواع شبکه واحد فلزات را می شناسد.
	با انواع روش های بررسی ساختمان داخلی فلزات و آلیاژها آشنایی دارد.
	نمره خود ارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه نهم: متالوگرافی و انواع روش‌های آن

برای تدریس این قسمت علاوه بر توضیح مطالب بیان شده چند قطعه کوچک یا نمونه چدنی از انواع چدن‌های سفید، خاکستری، داکتیل و مالیل تهیه و بین گروه‌های هنرجویان تقسیم‌بندی کرده و از آنها بخواهید تا نوع چدن‌ها را با توجه به اطلاعات قبلی خود تشخیص داده و در جدول زیر یادداشت نمایند.

گروه	نوع قطعه یا نمونه ۱	نوع قطعه یا نمونه ۲	نوع قطعه یا نمونه ۳	نوع قطعه یا نمونه ۴
۱	چدن.....	چدن.....	چدن.....	چدن.....
۲	چدن.....	چدن.....	چدن.....	چدن.....
۳	چدن.....	چدن.....	چدن.....	چدن.....
۴	چدن.....	چدن.....	چدن.....	چدن.....

با توجه به اینکه بررسی از روی شکل ظاهری می‌باشد قطعاً جواب‌های داده شده اشتباه خواهد بود. چون بدون بررسی ساختار درونی و شکل و نوع گرافیت نمی‌توان به راحتی نوع چدن‌ها را تشخیص داد، با این فعالیت اهمیت متالوگرافی و بررسی ساختار درونی کاملاً قابل فهم می‌شود.

در ادامه تدریس انواع نمونه‌های چدنی خاکستری، سفید، داکتیل و مالیل را در حالت پولیش (نشان دادن شکل گرافیت) در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی ۱۰۰ به هنرجویان نشان دهید و از آنها بخواهید تا شکل شماتیکی مشاهده شده را ترسیم و تفاوت آنها مورد بحث گروهی قرار دهید.

با توجه به شکل گرافیت‌های مورد مشاهده و اطلاعات قبلی هنرجویان راجع به انواع چدن‌ها، نوع صحیح چدن‌ها را از آنها درخواست نموده و جدول پر شده قبلی را اصلاح نمایید.

کاربردهای عمده ماکروسکوپی فلزات و آلیاژها

برای تدریس این قسمت پیشنهاد می‌شود چند قطعه ریختگی معیوب انتخاب کرده و در اختیار گروه‌های هنرجو قرار داده و از آنها درخواست نمایید نام و علت تشکیل عیوب را مورد بحث و گفت‌وگو قرار دهند. و همچنین بهتر است نمونه‌های از جنس آلیاژهای آلومینیوم که در کارگاه ریخته‌گری با قالب‌های ماسه‌ای و فلزی ریخته شده‌اند تهیه و بعد از پولیش و بدون اچ شده در اختیار هنرجویان قرار دهید تا مک و حفره و ترکه‌ای احتمال را تشخیص دهند.

مراحل آماده کردن نمونه برای مطالعه ماکروسکوپی

ابتدا مراحل مختلف آماده کردن نمونه‌های متالوگرافی برای مطالعه ماکروسکوپی را به‌طور خلاصه شرح داده و نکات ضروری و ایمنی را توضیح داده و هرکدام از مراحل را به‌صورت زیر در آزمایشگاه و یا کارگاه اجرا نمایید.

الف) انتخاب نمونه: هنرجویان را در گروه‌های چهار یا پنج نفری تقسیم‌بندی نموده مطابق فعالیت کارگاهی (۱) نمونه‌های آزمایشگاهی را تهیه نمایید. برش نمونه‌ها توسط گروه‌ها به‌صورت عرضی و طولی انجام شود.

ب) برش و سوهان کاری: نمونه‌های مورد نظر را می‌توان از قطعات انتخابی به‌وسیله اره کمانه‌ای و یا دستگاه کاتر، در صورت موجود، برش داد. برای این منظور لازم است هنرآموز ابتدا یک نمونه برش داده و اصول صحیح کار با ابزار برش و نکات ایمنی را متذکر شود. سپس هنرجویان اقدام به کار برش کرده و سپس با استفاده از سوهان درشت و ریز به خوبی سطح مورد نظر نمونه را سوهان کاری نمایند به‌صورتی که اثرات اره برش از بین رفته و سطح نمونه کاملاً صاف و گونیایی گردد.

جهت آسیب ندیدن دست و همچنین جلوگیری از پارگی کاغذهای سنباده در مراحل بعد لازم است دور تا دور سطح نمونه سوهان کاری شده، به‌صورت پخ‌دار ساییده شود.

ج) سنباده کاری: جهت سنباده کاری گروه‌های هنرآموز، نمونه‌های برش و سوهان کاری شده را بر روی صفحات سنباده همراه با شوینده آب از سنباده درشت تا ریز انجام دهند. پیشنهاد می‌شود سنباده کاری بر روی سطح شیب‌دار و فشار دست از بالا به پایین انجام شده و در زمان‌های مختلف، نمونه به اندازه حدود ۹۰ درجه چرخانده شده و فشار دست در سنباده‌های درشت بیشتر و با ریز شده سنباده‌ها فشار و سرعت حرکت دست کمتر شود، تا سطح نمونه با خش کمتری در مراحل پایانی سنباده کاری به‌دست آید.

با توجه به اینکه نمونه مورد نظر برای مطالعه ماکروسکوپی می‌باشد نیازی به پولیش کاری نیست.

د) آشکارسازی یا اچ کردن (حکاکی): با توجه به نوع فلز یا آلیاژ موردنظر با استفاده از محلول اچانت تهیه شده توسط هنرآموز، نمونه‌های آماده شده با حضور هنرآموز و با رعایت کلیه نکات ایمنی بیان شده در کتاب درسی، اچ کردن در زیر هود انجام شده و بلافاصله با آب کافی شسته شده و سپس با استفاده از فشار هوای گرم (سشوار) خشک و مورد مطالعه ماکروسکوپی قرار می‌گیرند.

از هنرجویان بخواهید یکی از بهترین نمونه تهیه شده در گروه را انتخاب کرده و با مطالعه ماکروسکوپی جدول صفحه بعد را تکمیل نمایند.

گروه	روش ریخته‌گری	عیب ریختگی، ترک	حفره گازی	حفره انقباضی	نوع و اندازه دانه‌ها
۱	قالب فلزی	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>
۲	قالب فلزی	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>
۳	قالب ماسه‌ای	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>
۴	قالب ماسه‌ای	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>

ارزشیابی

برای پاسخ سؤالات مطرح شده در حین درس و انجام کارگروهی صحیح، نمره‌ای در نظر گرفته شود و برای تکمیل نمودن جدول ارزشیابی کار باید در فرایند تدریس و انجام کار توسط هنرجویان نظارت کامل داشته باشید.

ارزشیابی پایانی جلسه نهم:

با توجه به متن کتاب درسی و فعالیت‌های کارگاهی انجام شده توسط هنرجویان، ارزشیابی پایانی جلسه دوم مطابق کاربرگ‌های زیر صورت گیرد.

خودارزیابی توسط هنرجو		
بلی	خیر	مؤلفه‌های خودارزیابی
		معنی متالوگرافی را می‌دانم.
		انواع روش‌های بررسی و مطالعه ساختار داخلی فلزات را می‌شناسم.
		هدف از مطالعه ماکروسکوپی را می‌دانم.
		کاربرد مطالعه ماکروسکوپی را می‌دانم.
		با مراحل آماده‌سازی نمونه ماکروسکوپی آشنایی دارم.
		با روش انتخاب نمونه ماکروسکوپی آشنایی دارم.
		با روش برش، سوهان کاری و سنباده کاری نمونه‌ها آشنایی دارم.
		نحوه اچ کردن نمونه‌ها را با محلول اچ و نکات ایمنی استفاده از آنها را می‌دانم.
		تعداد جواب‌های بلی

ارزشیابی توسط هنرآموز

نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	تعریفی کاملی از متالوگرافی را می‌داند.
	هدف از مطالعه ماکروسکوپی را می‌داند.
	کاربرد مطالعه ماکروسکوپی را می‌شناسد.
	مراحل آماده‌سازی نمونهٔ ماکروسکوپی را به ترتیب می‌داند.
	در آماده‌سازی نمونه‌ها دقت لازم را انجام داده است.
	در استفاده از محلول اچ نکات ایمنی را رعایت کرده است.
	نمره خود ارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه دهم: مطالعه میکروسکوپی ساختار فلزات و آلیاژها

برای تدریس این قسمت بعد از توضیح کامل مطالب بیان شده در کتاب درسی، پیشنهاد می‌شود هنرآموز تفاوت بین مطالعه ماکروسکوپی با میکروسکوپی از نظر تجهیزات لازم، مراحل آماده‌سازی نمونه و روش بررسی ساختار فلزات و آلیاژها را به صورت بحث گروهی بین هنرجویان مطرح نماید. در ادامه پاسخ‌های صحیح آنها را جمع‌بندی و توضیح کامل آنها را بیان کند.

مراحل تهیه نمونه برای مطالعه میکروسکوپی

الف) انتخاب نمونه: با توجه به فعالیت کارگاهی (۲) هنرجویان با راهنمایی هنرآموز در گروه‌های چهار تا پنج نفری اقدام به ذوب و تهیه نمونه‌هایی از آلیاژهای آلومینیوم با گاززدایی و بدون گاززدایی می‌نمایند. سپس هر هنرجو یک نمونه برش داده و مراحل آماده‌سازی را ادامه می‌دهد.

ب) مانت کردن: جهت مانت کردن پیشنهاد می‌شود یک نمونه کوچک از آلیاژ فعالیت کارگاهی (۲) تهیه شده و در دستگاه مانت گرم گذاشته ماده مخصوص مانت روی آن به اندازه کافی ریخته و دستگاه روشن و عمل مانت کردن به صورت گرم انجام شود.

در روش دیگر می‌توان با استفاده از مواد مانت سرد (مواد رزینی، سخت‌کننده و کاتالیزور) و با استفاده از یک قالب پلاستیکی اقدام به مانت سرد نمود. لازم است مانت سرد توسط هنرآموز یا استادکار مربوطه با رعایت نکات ایمنی صورت گیرد. **ج) سنباده‌کاری:** عمل سنباده‌کاری توسط گروه‌های هنرجویی و با استفاده از سنباده‌های درشت تا ریز بر روی صفحات شیب‌دار انجام شود. چون این نمونه‌ها جهت مطالعه میکروسکوپی می‌باشد بهتر است تا سنباده‌های ریزتر (۲۴۰۰) انجام گیرد.

د) صیقل کاری یا پولیش کردن: قبل از اقدام به پولیش کردن ابتدا دستگاه پولیش از نظر روش کار و نکات ایمنی توسط هنرآموز توضیح داده شده و از هر گروه یک نمونه بهتر انتخاب و توسط هنرجویان عمل پولیش کاری بر روی پارچه نرم صفحه پولیش به همراه پودر اکسیدها و آب جاری انجام شود.

برای آموزش روش الکتروپولیش از فیلم‌های آموزشی مربوطه استفاده شود. **ه) حک کاری یا اچ کردن:** برای حک کاری نمونه‌ها از مواد اچ مربوطه و با راهنمایی هنرآموز و رعایت نکات ایمنی در زیر هود توسط هنرآموزان انجام شده و بعد از شست‌وشو و خشک کردن مورد مطالعه میکروسکوپی قرار می‌گیرد.

میکروسکوپ نوری متالوگرافی

برای تدریس این قسمت ابتدا از روی میکروسکوپ‌های موجود در آزمایشگاه انواع آنها را همراه با قسمت‌های مختلف و روشکار توضیح دهید. سپس یکی از نمونه‌های آماده شده را روی عدسی شیئی قرار داده و تصویر ساختار را آشکار نمایید. در ادامه این عمل را برای بزرگنمایی‌های مختلف تکرار نمایید. با توجه به فعالیت کارگاهی (۲) هنرجویان نمونه‌های آماده شده خود را در زیر میکروسکوپ قرار داده و از نظر وجود مک‌های گازی مورد بررسی قرار داده و برای پرسش بیان شده در کتاب درسی بحث گروهی نمایند.

دانش‌افزایی

نرم‌افزار ImageJ

ImageJ یک نرم‌افزار قدرتمند آنالیز تصویر می‌باشد و کاربردهای مختلفی در علوم مختلف دارد. یک نرم‌افزار قدرتمند آنالیز تصویر لایه باز بوده که با توسعه صدها پلاگین و ماکرو، قدرت و کاربرد وسیعی در علوم مختلف پیدا کرده است. از این نرم‌افزار نیز برای آنالیز عکس‌های میکروسکوپی در مهندسی مواد با توان بالایی می‌توان استفاده نمود. در متالوگرافی و تحلیل عکس‌های میکروسکوپ الکترونی می‌توان درصد فازها، تعداد ذرات، اندازه ذرات، ندول کانت و این‌گونه موارد که بر پایه محاسبه پیکسلی تصویر به نتیجه می‌باشد را محاسبه کرد.

مهم‌ترین ویژگی‌های نرم‌افزار ImageJ :

- بررسی نحوه توزیع ذرات تشکیل‌دهنده در کامپوزیت‌ها
- بررسی میزان نشکن شدن چدن
- اندازه‌گیری گرافیت در چدن
- بررسی کاربیدها در فولاد
- محاسبه درصد فازها در آلیاژها
- بررسی میزان جدایش
- بهبود کیفیت عکس‌های متالوگرافی

ارزشیابی

برای پاسخ سؤالات مطرح شده در حین درس و انجام کارگروهی صحیح، نمره‌ای در نظر گرفته شود و برای تکمیل نمودن جدول ارزشیابی کار باید در فرایند تدریس و انجام کار توسط هنرجویان نظارت کامل داشته باشید.

ارزشیابی پایانی جلسه دهم

با توجه به متن کتاب درسی و فعالیت‌های کارگاهی انجام شده توسط هنرجویان، ارزشیابی پایانی جلسه سوم مطابق کاربرگ‌های زیر صورت گیرد.

خودارزیابی توسط هنرجو		
مؤلفه‌های خودارزیابی	خیر	بلی
هدف از مطالعه میکروسکوپی را می‌دانم.		
با موارد کاربرد مطالعه میکروسکوپی آشنا هستم.		
با مراحل تهیه نمونه میکروسکوپی آشنا هستم.		
نحوه انتخاب نمونه میکروسکوپی را می‌دانم.		
با روش مانت کردن نمونه آشنایی دارم.		
نحوه برش، سوهان کاری و سنباده کاری نمونه‌ها را می‌دانم.		
با محلول‌های اچ میکروسکوپی و روش اچ کردن نمونه‌ها و نکات ایمنی آشنا هستم.		
قسمت‌های مختلف میکروسکوپ نوری متالوگرافی را می‌دانم.		
تعداد جواب‌های بلی		

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	کاربردهای مطالعه میکروسکوپی را می‌داند.
	با مراحل مختلف آماده‌سازی نمونه میکروسکوپی را به ترتیب آشنا می‌باشد.
	انواع روش‌های مانت کردن را می‌داند.
	نمونه میکروسکوپی مناسبی را می‌تواند آماده نماید.
	نمونه میکروسکوپی را به خوبی رعایت نکات ایمنی اچ می‌کند.
	تصویر ساختار میکروسکوپی را آشکار می‌سازد.
	نمره خود ارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه یازدهم: انواع آلیاژها و نمودارهای فازی

آلیاژهای محلول جامد

جهت آموزش نمودارهای فازی پیشنهاد می‌شود ابتدا روش به دست آوردن این نمودارها به طور خلاصه توضیح داده شده (با استفاده از نمودار ترکیب شیمیایی - درجه حرارت مربوط به آلیاژ مس- نیکل) و سپس چند نمونه از مس خالص، مس با ۵،۱۰ و ۱۵ درصد روی (مطابق فعالیت کارگاهی ۳) تهیه شده و بعد از پولیش و اچ در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی یکسان مورد بحث و گفت‌وگوی گروهی قرار گیرد. جهت تهیه نمونه‌ها به روش ذوب و ریخته‌گری، مدل چوبی یا فلزی استوانه‌ای به قطر ۳-۴ سانتی‌متر و با ارتفاع ۸-۱۰ سانتی‌متر در قالب CO_2 (۸-۴ قالب) قالب‌گیری شده و مس خالص به مقدار ۱۰ کیلوگرم ذوب و بعد از عملیات کیفی (گاززدایی و آخال‌زدایی) به تعداد ۲-۱ قالب ریخته می‌شود. در مرحله دوم به مذاب باقی مانده مقدار محاسبه شده روی افزوده و ۲-۱ قالب دیگر ریخته شده و در مراحل بعدی نیز ۱۰ و ۱۵ درصد روی به مذاب باقی مانده محاسبه و از هر

کدام ۱-۲ قالب ریخته می‌شود.

در هر مرحله انجام عملیات کیفی انجام شده و دمای فوق ذوب تقریباً یکسان باشد. در این قسمت از تدریس هنرجویان علاوه بر آشنایی با نمودار فازی مفاهیم اصلی مانند محلول جامد، تغییر خواص و ریزساختار در اثر آلیاژ کردن، می‌توانند در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی‌های مختلف نمونه‌ها را مورد بررسی میکروسکوپی قرار دهند.

دانش افزایی

آلیاژ مس - روی (برنج)

برنج‌ها آلیاژهای مس و روی می‌باشند که براساس تغییرات ترکیبی و رنگ ظاهری به برنج زرد و برنج قرمز و برنج سرب، برنج سیلیسیم، برنج قلع، برنج‌های نیکلی (ورشو) تقسیم می‌شوند.

برنج‌ها از نقطه نظر شبکه محلول‌های جامد مس و روی دارای خواص زیر می‌باشند:
(الف) محلول جامد (α): این شبکه در دمای محیط چکش‌خوار می‌باشد ولی چکش‌خواری آن در دمای بالا منوط به نداشتن سرب در آلیاژ است (به دلیل تشکیل سرب مایع در دمای بالا).

(ب) محلول جامد (β): در این شبکه وجود سرب کمتر مزاحم می‌باشد و شبکه خاصیت چکش‌خواری خود را در گرما حفظ می‌کند.

(ج) محلول جامد (γ): این شبکه سخت و شکننده است و خواص عمومی شبکه γ را دارد. اگر مقدار فلز روی از 50% کمتر باشد، آلیاژ در ناحیه β بوده و برای به وجود آمدن شبکه γ باید مقدار فلز روی از 50% بیشتر باشد. به همین دلیل مقدار فلز روی در برنج همواره کمتر از 47% است و رنگ برنج به مقدار روی بستگی دارد. اگر برنج تنها از محلول جامد α تشکیل شده باشد در این صورت خواص مکانیکی با افزایش فلز روی بالا می‌رود سپس با افزایش بیش از حد روی، دوباره کاهش می‌یابد. اگر برنج از شبکه α و β تشکیل شده باشد، مقدار درصد تغییر شکل کاهش یافته در حالی که سختی به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد.

آلیاژهای یوتکتیک

یکی از ساده‌ترین و عمومی‌ترین آلیاژهای یوتکتیک، آلیاژ آلومینیوم - 11% سیلیسیوم می‌باشد. که در شرایط ریخته‌گری قابل مشاهده زیر میکروسکوپ نوری می‌باشد. جهت آموزش این قسمت پیشنهاد می‌شود با توجه به فعالیت کارگاهی ۴، این آلیاژ تهیه شده و بعد عملیات آماده‌سازی نمونه در زیر میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور از گروه‌های هنرآموز درخواست نمایید تا نمونه‌هایی در قالب فلزی (استوانه‌ای به قطر ۳-۴ سانتی متر) و قالب ماسه‌ای تهیه کرده و عملیات برش، سوهان کاری، سنباده کاری، پولیش و اچ روی آنها انجام داده و نمونه‌های هر دو قالب را از نظر مک و حفره و

چگونگی تشکیل ساختار یوتکتیک با هم مقایسه و گزارش تهیه نمایند.

دانش افزایی

آلومینیوم و آلیاژهای آن

آلیاژهای آلومینیوم در حالت کلی به دو دسته کارپذیر و ریختگی تقسیم بندی می شوند و هر کدام از این گروه ها به دو دسته عملیات حرارتی پذیر و غیر قابل عملیات حرارتی تقسیم بندی می شوند.

آلیاژهای کار شده		آلیاژهای ریختگی	
سری	ترکیب	سری	ترکیب
۱XXX	آلومینیوم تقریباً خالص	۱XX.X	آلومینیوم تقریباً خالص
۲XXX	آلیاژ آلومینیوم و مس	۲XX.X	آلیاژ آلومینیوم و مس
۳XXX	آلومینیوم منگن دار	۳XX.X	آلومینیوم دارای مس، سیلیسیم و اندکی منیزیم
۴XXX	آلومینیوم سیلیسیم دار	۴XX.X	آلومینیوم سیلیسیم دار
۵XXX	آلیاژ آلومینیوم و منیزیم	۵XX.X	آلیاژ آلومینیوم و منیزیم
۶XXX	آلیاژهایی با ترکیب منیزیم، سیلیسیم و آلومینیوم	۶XX.X	آلیاژهایی با ترکیب منیزیم، سیلیسیم و آلومینیوم
۷XXX	آلیاژهایی با ترکیب روی و آلومینیوم و منیزیم	۷XX.X	آلیاژهایی با ترکیب روی و آلومینیوم و منیزیم
۸XXX	آلیاژ آلومینیوم با عناصر کمتر متعارف همچون لیتیم	۸XX.X	آلیاژ آلومینیوم با عناصر کمتر متعارف همچون قلع و لیتیم

آلیاژهای کار شده آلومینیوم دارای ویژگی ها و خصوصیات زیر می باشند:

مقاومت به خوردگی: بسیاری از آلیاژهای آلومینیوم به علت تشکیل طبیعی لایه اکسیدی چسبنده به سطح مقاومت به خوردگی اتمسفری و شیمیایی بالایی دارند. این مشخصه در آلیاژهای سری ۱XXX، ۳XXX، ۵XXX و ۶XXX بارزتر است.

رسانایی حرارتی: آلومینیوم و آلیاژهای آن رسانایی حرارتی بالایی دارند و با اینکه نسبت به فولاد در دمای پایین تری ذوب می شوند، اما در صورت مجاورت با آتش دمای آنها کندتر افزایش می یابد.

رسانایی الکتریکی: آلومینیوم و برخی از آلیاژهای آن رسانایی الکتریکی بسیار بالایی داشته و از این لحاظ در میان فلزات رسانای تجاری پس از مس در مرتبه دوم قرار می گیرند.

نسبت استحکام به وزن: آلومینیوم با چگالی کم خود برای ساخت آلیاژهای مهندسی مناسب است. گرچه استحکام آلیاژهای پایه آلومینیوم به اندازه استحکام قابل حصول در فولادها نیست ولی نسبت استحکام به وزن این آلیاژها بالا بوده و

به این دلیل آلیاژهای تجاری آلومینیوم تعداد زیادی دارند. استحکام اغلب این آلیاژ را می‌توان از طریق رسوب سختی و یا کار گرم افزایش داد.

چقرمگی شکست: بسیاری از آلیاژهای آلومینیوم چقرم بوده و در کاربردهایی که مقاومت به شکست ترد و رشد ترک مورد نیاز باشد به کار گرفته می‌شوند.

کارپذیری: آلومینیوم و آلیاژهای آن را می‌توان در بسیاری از روش‌های فلزکاری که نیاز به کارپذیری دارند (مانند اکستروژن) به کار گرفت.

سهولت اتصال: آلومینیوم و آلیاژهای آن را می‌توان با روش‌های تجاری معمول از قبیل جوشکاری، لحیم‌کاری، پیچ‌کاری، پرچ‌کاری و حتی میخ‌زنی به یکدیگر اتصال داد.

قابلیت بازیافت: بازیافت آلومینیوم و آلیاژهای آن در میان مواد سازه‌ای بسیار ساده است و می‌توان پس از بازیافت آنها را مستقیماً به صورت محصولات کیفیت بالا به کار برد.

به‌طور کلی خواص آلیاژهای کار شده در آلیاژهای ریختگی نیز وجود دارد ولی در انتخاب آلیاژهای ریختگی خواص زیر اهمیت دارند:

سهولت ریخته‌گری: این خصوصیت در سری سیلیسیوم بالای X بارز است. میزان بالای سیلیسیوم باعث جریان‌پذیری خوب و پرشدن قالب می‌شود.

استحکام: آلیاژهای سری X استحکام بسیار بالایی دارند ولی ریخته‌گری آنها سخت‌تر بوده و قابلیت پرداخت خوبی ندارند.

پرداخت کار: سری X و YXX.X به علت قابلیت پرداخت خوب مورد توجه‌اند اما ریخته‌گری آنها از گروه ۳XX.X سخت‌تر است.

از مهم‌ترین و پرکاربردترین آلیاژهای ریختگی آلومینیوم، آلیاژ آلومینیوم-سیلیسیوم می‌باشد. از ویژگی‌های این آلیاژ می‌توان به سیالیت بالا، مقاومت به خوردگی بالا، جوش‌پذیری خوب اشاره کرد. همچنین حضور سیلیسیوم، ضریب انبساط حرارتی و قابلیت ماشین‌کاری را کاهش می‌دهد. ترکیب یوتکتیک این سیستم برابر با $Al-12\% Si$ است. انجماد آهسته آلیاژ خالص $Al-Si$ منجر به تولید ریزساختار بسیار درشتی می‌شود که در آن صفحات سیلیسیوم در زمینه آلومینیوم قرار گرفته‌اند. اگر از ریخته‌گری پیوسته که سرعت سرد کردن آلیاژ در آن زیاد است، استفاده شود، ساختار این آلیاژ ریز شده، سیلیسیوم به شکل الیافی در آمده و در نتیجه، انعطاف‌پذیری و استحکام کششی افزایش می‌یابد.

ارزشیابی

برای پاسخ سؤالات مطرح شده در حین درس و انجام کار گروهی صحیح، نمره‌ای در نظر گرفته شود و برای تکمیل نمودن جدول ارزشیابی کار باید در فرایند تدریس و انجام کار توسط هنرجویان نظارت کامل داشته باشید.

ارزشیابی پایانی جلسه یازدهم:

با توجه به متن کتاب درسی و فعالیت‌های کارگاهی انجام شده توسط هنرجویان، ارزشیابی پایانی جلسه چهارم مطابق کاربردهای زیر صورت گیرد.

خودارزیابی توسط هنرجو		
بلی	خیر	مؤلفه‌های خودارزیابی
		با تعریف فاز آشنا هستم.
		با نمودار فازی آشنا هستم.
		مفهوم آلیاژهای محلول جامد را می‌دانم.
		مفهوم آلیاژهای یوتکتیک را می‌دانم.
		با نمودارهای فازی یوتکتیک آشنا هستم.
		با خصوصیات و ویژگی‌های دگرگونی یوتکتیکی آشنا هستم.
		ریزساختار آلیاژ آلومینیوم-سیلیسیوم را می‌دانم.
		با ریزساختار آلیاژ یوتکتیک آلومینیوم-سیلیسیوم آشنا هستم.
		تعداد جواب‌های بلی

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	با معنی و مفهوم فاز آشنا بوده و می‌تواند در زیر میکروسکوپ فازها را از هم تشخیص دهد.
	اهمیت و کاربرد نمودارهای فازی را می‌داند.
	مفهوم آلیاژ محلول جامد را می‌داند و می‌تواند در زیر میکروسکوپ تشخیص دهد.
	نمونه میکروسکوپی مناسبی را می‌تواند تهیه کند.
	با افزایش درصد روی در برنج تفاوت آنها را می‌تواند تشخیص دهد
	تفاوت ریزساختاری آلیاژهای آلومینیوم-سیلیسیوم ریخته شده در قالب فلزی و ماسه‌ای را می‌تواند تشخیص دهد.
	نمره خود ارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه دوازدهم: آلیاژهای یوتکتوئیدی

تبدیل فاز آستنیت در فولادها و چدن‌ها معروف‌ترین و قابل دسترس‌ترین و در عین حال پرکاربرترین دگرگونی یوتکتوئید می‌باشد. که در این قسمت جهت آشنایی با این تحول، انواع فولادهای ساده کربنی مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور لازم است هنرآموز قبل از هر کار کارگاهی مختصری مربوط به فولادها و انواع فازهای موجود در آن را توضیح داده و در صورت لزوم از انواع فیلم‌های و محتوای آموزشی استفاده نماید. سپس تحول یوتکتوئید مورد بررسی قرار بگیرد.

دانش افزایی

فولادها

فولادها گروهی از آلیاژهای آهن-کربن و عناصر دیگر هستند که بیشترین کاربرد را در صنعت و فناوری دارند. کاربرد وسیع فولادها ناشی از خواص کاملاً متنوع آنهاست که به کمک تغییر درصد کربن و یا تغییر درصد عناصر آلیاژی و یا تغییر نوع عملیات حرارتی حاصل می‌شود. گستره وسیع خواص متنوع فولادها ناشی از نوع، مقدار، اندازه و نحوه توزیع فازها می‌باشد.

دسته‌بندی‌های گوناگونی بر اساس سیستم‌های مختلف برای فولادها موجود است که در اینجا به مواردی از این تقسیم‌بندی‌ها اشاره می‌کنیم، این دسته‌بندی‌ها ممکن است بر اساس موارد زیر باشد:

- ترکیب شیمیایی، مانند فولادهای کربنی، کم آلیاژ یا زنگ نزن
- روش تولید مانند فولادسازی با اکسیژن، زیمنس مارتین، روش کوره الکتریکی
- روش پرداخت مانند نورد گرم یا نورد سرد
- شکل محصول مانند میلگرد، ورق، نوار، لوله یا فرم ساختمانی
- عملیات اکسیژن‌زدایی مانند فولاد آرام، نیمه آرام، سرپوشی یا نا آرام
- ساختار میکروسکوپی مانند فولاد فریتی، پرلیتی، مارتنزیتی و ...
- سطح استحکام مورد نیاز که در استاندارد ASTM مشخص شده است
- عملیات حرارتی مانند آنیلینگ، کوئنچینگ، تمپرینگ و فرایندهای ترمومکانیکی
- کیفیت مورد نظر مانند کیفیت فورج و یا کیفیت اقتصادی

نام‌گذاری فولادها در استاندارد آمریکایی AISI/SAE: در استاندارد آمریکایی، تمامی آلیاژهای فولادی با یک عدد چهار رقمی XXXX شناخته می‌شوند. در این روش نام‌گذاری، اولین عدد، معرف گروه فولاد و دومین عدد، نشان‌دهنده درصد تقریبی عنصر آلیاژی اصلی و دو رقم آخر نیز بیانگر مقدار کربن بر حسب صدم درصد می‌باشد. گروه‌های مختلف فولاد طبق استاندارد

AISI/SAE در جدول زیر مشخص شده است.

نام گروه فولاد	کد گروه
فولاد کربنی	۱XXX
فولاد نیکل	۲XXX
فولاد نیکل - کروم	۳XXX
فولاد مولیبدن	۴XXX
فولاد کروم	۵XXX
فولاد کروم - وانادیوم	۶XXX
فولاد تنگستن	۷XXX
فولاد نیکل - کروم - مولیبدن	۸XXX
فولاد سیلیسیوم - منگنز	۹XXX

به عنوان مثال آلیاژ فولاد ۱۰۶۰ از گروه فولادهای کربنی با ۰/۶ درصد کربن و آلیاژ فولاد ۴۱۳۰ از نوع مولیبدنی با حدود ۱ درصد مولیبدن و ۰/۳ درصد کربن است.

سیستم نام‌گذاری فولادهای غیرآلیاژی بر اساس DIN: فولادهای غیر آلیاژی دارای یک سری عناصر همراه هستند که مقدار آنها از مقادیر اعلام شده ذیل هیچ‌گاه بالاتر نمی‌رود. این عناصر همراه از طریق ذوب مواد اولیه وارد فولاد می‌شوند.

P<۰/۰۹٪	S<۰/۰۶٪	Ti<۰/۱٪
Si<۰/۱۵٪	Mn<۰/۱۸٪	Ai<۰/۱٪

این فولادهای غیر آلیاژی به دو قسمت تقسیم می‌شوند، این تقسیم‌بندی بر اساس اینکه آیا برای این فولاد عملیات حرارتی در نظر گرفته شده است یا نه انجام می‌شود.

دسته اول فولادهای انبوه که توسط علامت St نشان داده می‌شود، که بعد از آن

عددی دو رقمی می‌آید که حداقل استحکام کششی را اعلام می‌کند. بر اساس این استاندارد گاهی اوقات نحوه تولید و همچنین موارد خاص توسط حروفی که در ابتدای St آورده می‌شوند. این دسته برای عملیات حرارتی در نظر گرفته نشده‌اند. دسته دوم فولادهای مرغوب هستند که برای عملیات حرارتی در نظر گرفته شده‌اند. در این فولادها از حرف C به عنوان مشخصه استفاده می‌شود، که بعد از حرف C درصد متوسط کربن به صورت صد برابر ارائه شده است.

جهت تمایز فولادهای غیر آلیاژی و مشخص نمودن ویژگی خاصی در آنها، بعد از علامت C حروف زیر با معانی معینی می‌آید:

F: فولاد سخت کاری شده شعله ای یا القایی، مثلاً Cf53

k: فولاد نجیب با مقدار پائین فسفر و گوگرد، مثلاً Ck15

m: فولاد نجیب با محدوده معینی از گوگرد- نه فقط حد مجاز بالا، مثلاً Cm35

Q: فولاد کربوره و بهسازی جهت کله‌زنی، Heading، سرد، مثلاً Cq35

گاهی اوقات بعد از عدد مشخصه مقدار کربن، حرف مشخصه زیر نیز می‌آید:

W: کیفیت فولاد ابزار، مثلاً C110W

W1: فولاد ابزار با کیفیت درجه اول، مثلاً C80W1

W2: فولاد ابزار با کیفیت درجه دوم، مثلاً C80W2

به عنوان مثال:

شماره استاندارد	علامت DIN	C%	Si%	Mn%	P%<	S%<
۱/۰۶۰۱	C6۰	۰/۵۷-۰/۶۵	<۰/۴	۰/۶-۰/۹	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵
۱/۱۲۲۱	CK6۰	۰/۵۷-۰/۶۵	<۰/۴	۰/۶-۰/۹	۰/۰۳۵	۰/۰۳۰

جهت نام‌گذاری سایر فولادها به منابع معتبر در مورد این استاندارد مراجعه شود.

نکته



ساختار متالوگرافی فولادها

ساختارهای زمینه در فولادهای ساده کربنی

الف) آستنیت: افزودن عناصر آلیاژی خاصی مانند منگنز و نیکل باعث پایدار شدن ساختار آستنیت می‌شود. پیشنهاد می‌گردد جهت تدریس این قسمت علاوه بر مطالب بیان شده در کتاب درسی، از نمونه‌های فولاد منگنزی و یا فیلم آموزشی استفاده شود.

ب) فریت: در تمامی فولادهای ساده کم کربن این فاز قابل مشاهده می‌باشد. جهت آشنایی هنرجویان با این فاز پیشنهاد می‌شود از نمونه‌های آماده شده این نوع فولادها استفاده شود.

ج) سمانتیت: جهت تدریس این قسمت از نمونه‌های فولاد ساده پرکربن آماده در آزمایشگاه استفاده شود.

د) پرلیت: جهت تدریس این قسمت از فولادهای ساده میان کربن در بزرگنمایی‌های بیش از ۵۰۰ برابر استفاده شود.

نمودار فازی آهن-کربن

جهت آشنایی و تدریس نمودار فازی آهن-کربن پیشنهاد می‌شود پوستر یا بنر و یا محتوای آموزشی این نمودار حتماً تهیه شده و هنرآموز ابتدا خط افقی (درصد کربن)، خطوط عمودی (درجه حرارت سانتی‌گراد و فارنهایت) به‌طور کامل از روی نمودار توضیح داده و سپس خطوط تحول‌های پریتکتیک، یوتکتیک و یوتکتوئید را همراه با درصد کربن و دماهای تحول را در حالت‌های پایدار و نیمه‌پایدار را بیان نماید.

در ادامه مناطق فازی (تک‌فاز و دو فاز) را همراه با محدوده دمایی پایدار بودن آنها همراه با محدوده درصد کربن موجود در آنها را توضیح دهد. و در پایان پرسش مربوط به کتاب درسی از گروه‌های هنرجو پرسیده شود.

فولادهای هیپویوتکتوئید، یوتکتوئید و هیپریوتکتوئید

جهت آشنایی هنرجویان با این نوع فولادها با توجه به نمودار آهن-کربن فرایند انجماد این فولادها از دمای فوق ذوب تا دمای محیط توضیح داده و شکل‌های شماتیک آنها توسط هنرجویان ترسیم گردد. و در ادامه با توجه به فعالیت کارگاهی ۵ گروه‌های هنرجو نمونه‌هایی از فولاد ۱۰۱۰، ۱۰۴۰ و ۱۰۸۰ (و یا CK۴۵، CK۴۵ و CK۸۰) تهیه کرده و بعد از آماده‌سازی و اچ با محلول مورد نظر در زیر میکروسکوپ مورد بررسی قرار داده و شکل شماتیک آنها ترسیم گردد.

ارزشیابی

برای پاسخ به سؤالات مطرح شده در حین درس و انجام کارگروهی صحیح، نمره‌ای در نظر گرفته شود و برای تکمیل نمودن جدول ارزشیابی کار باید در فرایند تدریس و انجام کار توسط هنرجویان نظارت کامل داشته باشید.

ارزشیابی پایانی جلسه دوازدهم

با توجه به متن کتاب درسی و فعالیت‌های کارگاهی انجام شده توسط هنرجویان، ارزشیابی پایانی جلسه پنجم مطابق کاربرگ‌های زیر صورت گیرد.

خودارزیابی توسط هنرجو		
مؤلفه‌های خودارزیابی	خیر	بلی
با دگرگونی یونکتوئیدی آشنا هستم.		
تعریف و انواع تقسیم‌بندی فولاد را می‌دانم.		
با ساختارهای زمینه در فولادها آشنا هستم.		
با نمودار فازی آهن-کربن آشنایی دارم.		
تحول یونکتیک و یونکتوئید در فولادها را می‌دانم.		
مناطق فازی (تک‌فاز و دوفاز) در نمودار آهن-کربن را می‌شناسم.		
با دماهای بحرانی آشنا هستم.		
با انواع فولادها از نظر درصد کربن و ریزساختار آنها آشنایی دارم.		
تعداد جواب‌های بلی		

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	تعریف دگرگونی یونکتوئیدی را می‌داند.
	با فاز آستنیت، فریت، سمنتیت و پرلیت آشنا می‌باشد.
	مناطق فازی در نمودار آهن-کربن را می‌تواند توضیح دهد.
	دماهای بحرانی را می‌تواند بیان کند.
	نمونه‌های فولاد ساده کربنی را به خوبی تهیه می‌کند.
	با ریزساختار نمونه‌های فولاد ساده کربنی آشنایی دارد.
	نمره خود ارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه سیزدهم: متالوگرافی چدن ها

ساختار چدن ها در سیستم تعادلی آهن-سمانتیت

چدن های هیپوئوتکتیک، یوتکتیک و هیپرئوتکتیک

جهت آشنایی هنرجویان با این مباحث، هنرآموز با توجه به نمودار آهن-کربن (نیمه تعادلی) فرایند انجماد چدن ها را با درصد کربن های زیر $4/3$ و $4/3$ و بالای $4/3$ با ترسیم شکل شماتیک در دماهای مختلف تشکیل و تحول فازهای مختلف را به تفصیل توضیح دهد. سپس با توجه به فعالیت کارگاهی ۶ از گروه های هنرجو خواسته شود نمونه هایی از چدن ها با درصد کربن مختلف و با مقاطع نازک تهیه و بعد از آماده سازی کامل بعد از پولیش بدون اچ شده و در حالت اچ شده در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی های مختلف مورد بررسی قرار داده و شکل شماتیک مشاهده شده ترسیم و فازهای مختلف نشان داده شوند.

ساختار چدن ها در سیستم تعادلی آهن-گرافیت

چدن های هیپوئوتکتیک، یوتکتیک و هیپرئوتکتیک

پیشنهاد می شود جهت آموزش این قسمت، هنرآموز محترم با توجه به نمودار آهن-گرافیت فرایند انجماد هر سه نوع چدن را از دمای فوق ذوب تا دمای محیط در دماهای مختلف بیان کرده و شکل شماتیکی از ریزساختارها را در دمای محیط ترسیم و توضیح دهد و برای این منظور می تواند از محتواهای آموزشی نیز استفاده نماید.

سپس مطابق فعالیت کارگاهی ۷ توسط گروه های هنرآموز، نمونه هایی از چدن با درصد کربن مختلف و با مقاطع ضخیم آماده شده و قبل از اچ و بعد از اچ مورد بررسی میکروسکوپی قرار گیرد و شکل شماتیک نمونه ها ترسیم و فازهای مختلف موجود در ریزساختار چدن ها شناسایی گردد.

ارزشیابی

برای پاسخ به سؤالات مطرح شده در حین درس و انجام کار گروهی صحیح، نمره ای در نظر گرفته شود و برای تکمیل نمودن جدول ارزشیابی کار باید در فرایند تدریس و انجام کار توسط هنرجویان نظارت کامل داشته باشید.

ارزشیابی پایانی جلسه سیزدهم

با توجه به متن کتاب درسی و فعالیت‌های کارگاهی انجام شده توسط هنرجویان، ارزشیابی پایانی جلسه ششم مطابق کاربرگ‌های زیر صورت گیرد.

خودارزیابی توسط هنرجو		
بلی	خیر	مؤلفه‌های خودارزیابی
		تعریف چدن را می‌دانم.
		با انواع چدن‌ها آشنا هستم.
		با ریزساختار چدن‌ها در سیستم آهن-سمانتیت بدون اچ آشنایی دارم.
		با شکل، اندازه و نحوه توزیع گرافیت‌های چدن در سیستم آهن-گرافیت، بدون اچ آشنایی دارم.
		ریز ساختار چدن‌های هیپوئوتکتیک، یوتکتیک و هیپرئوتکتیک را در سیستم آهن-سمانتیت، می‌توانم تشخیص دهم.
		ریز ساختار چدن‌های هیپوئوتکتیک، یوتکتیک و هیپرئوتکتیک را در سیستم آهن-گرافیت، می‌توانم تشخیص دهم.
		انواع توزیع و شکل گرافیت‌های لایه‌ای در چدن‌های خاکستری را می‌شناسم.
		روش آماده‌سازی نمونه‌های چدنی را می‌دانم.
		تعداد جواب‌های بلی

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	اهمیت متالوگرافی چدن‌ها را می‌داند.
	ریزساختار چدن‌ها را قبل از اچ از نظر شکل، اندازه و نحوه توزیع گرافیت‌ها می‌شناسد.
	انواع فازهای موجود در چدن‌ها را می‌تواند تشخیص دهد (سیستم آهن - سمانتیت).
	انواع فازهای موجود در چدن‌ها را می‌تواند تشخیص دهد (سیستم آهن - گرافیت).
	انواع شکل‌های گرافیت در چدن خاکستری را می‌شناسد.
	نمونه‌های چدنی خوبی را می‌تواند تهیه کرده و با رعایت نکات ایمنی اچ نماید.
	نمره خود ارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه چهاردهم: متالوگرافی چدن‌ها

ساختار میکروسکوپی چدن داکتیل و مالیل

برای تدریس این قسمت پیشنهاد می‌شود هنرآموز مربوطه علاوه بر توضیح کامل مطالب کتاب درسی فیلم و محتوای آموزشی جهت تهیه و تولید چدن‌های داکتیل و مالیل تهیه کرده و در کلاس درس نمایش دهد. در ادامه بهتر است با استفاده از یک محتوای آموزشی به‌طور مثال در یک قالب پاورپوینت انواع شکل و توزیع گرافیت‌ها توضیح داده و درصد کروی شدن در چدن‌های داکتیل و همچنین تشکیل ساختارهای زمینه در چدن‌های داکتیل و مالیل را همراه با شکل‌های مناسب توضیح دهد. سپس با توجه به فعالیت کارگاهی ۸ و ۹ از هنرجویان درخواست نماید که نمونه‌های مختلفی از چدن‌های داکتیل و مالیل تهیه کرده و بعد از آماده‌سازی مناسب قبل و بعد از اچ مورد مطالعه میکروسکوپی قرار داده و شکل شماتیک نمونه‌ها را ترسیم نموده و درصد کروی شدن و فازهای موجود را نمایش دهند.

ارزشیابی

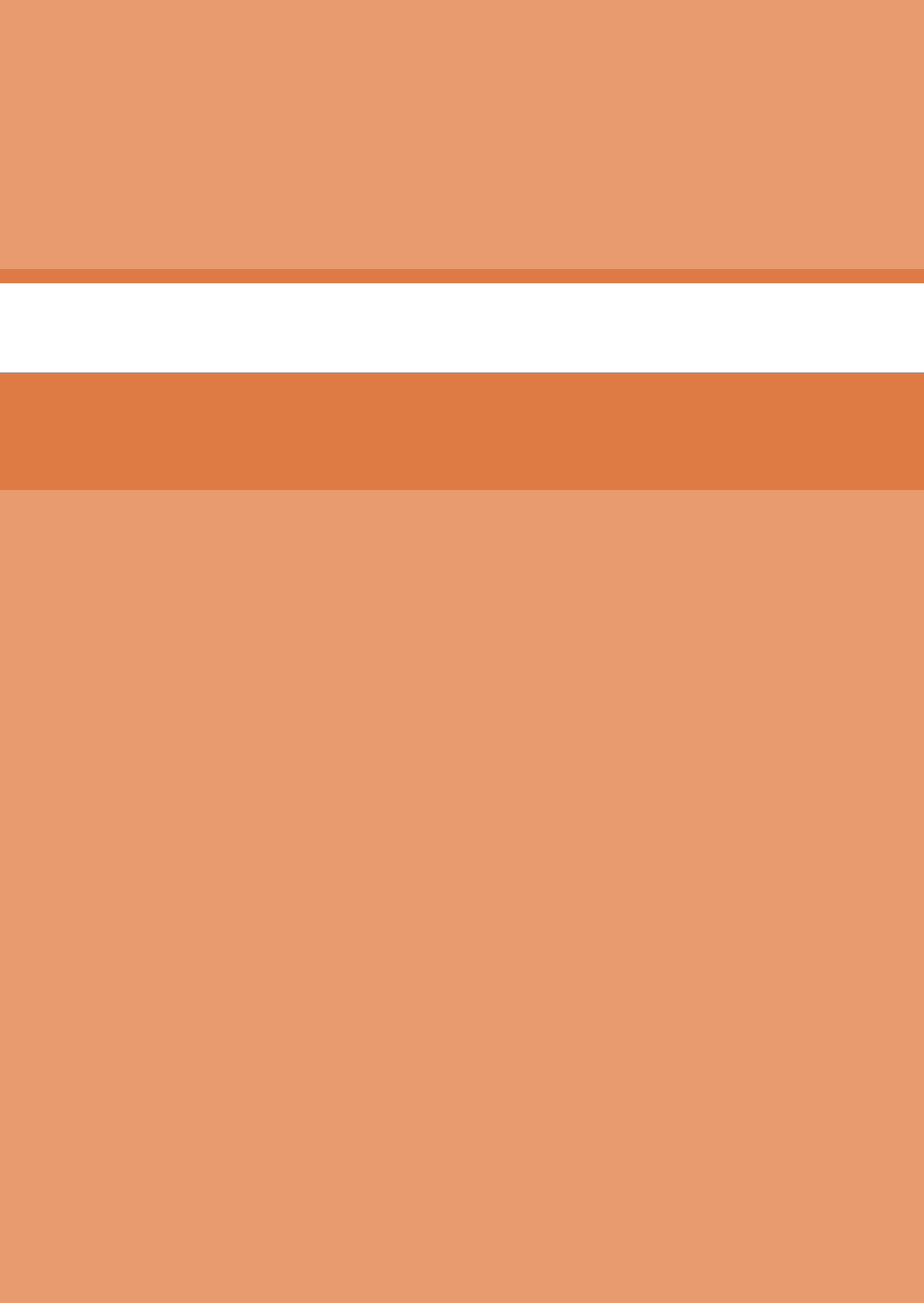
برای پاسخ به سؤالات مطرح شده در حین درس و انجام کارگروهی صحیح، نمره‌ای در نظر گرفته شود و برای تکمیل نمودن جدول ارزشیابی کار باید در فرایند تدریس و انجام کار توسط هنرجویان نظارت کامل داشته باشید.

ارزشیابی پایانی جلسه چهاردهم

با توجه به متن کتاب درسی و فعالیت‌های کارگاهی انجام شده توسط هنرجویان، ارزشیابی پایانی جلسه هفتم مطابق کاربرگ‌های زیر صورت گیرد.

خودارزیابی توسط هنرجو		
بلی	خیر	مؤلفه‌های خودارزیابی
		با انواع شکل گرافیت در چدن‌ها آشنایی دارم.
		روش تولید چدن با گرافیت کروی را می‌دانم.
		با انواع و اندازه و نحوه توزیع گرافیت‌های کروی آشنا هستم.
		با نحوه تخمین درصد کروی شدن آشنا هستم.
		روش تولید چدن مالیبیل را می‌دانم.
		با اندازه و شکل گرافیت در چدن مالیبیل آشنایی دارم.
		با انواع زمینه در ساختار چدن‌های مالیبیل آشنا هستم.
		روش تهیه نمونه چدن‌های داکتیل و مالیبیل را می‌دانم.
		تعداد جواب‌های بلی

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	اهمیت تولید چدن داکتیل را می‌داند.
	نوع چدن داکتیل را با توجه به شکل گرافیت تشخیص می‌دهد.
	با روش تولید چدن داکتیل آشنایی دارد.
	کاربردهای چدن مالیبیل را می‌داند.
	با روش تولید چدن مالیبیل از چدن سفید با عملیات حرارتی آشنایی دارد.
	نمونه‌های متالوگرافی خوبی از چدن داکتیل و مالیبیل می‌تواند تهیه کند.
	نمره خود ارزیابی هنرجو
	جمع



فصل ۳

سخت کاری

جلسه پانزدهم: عملیات حرارتی کوره‌های عملیات حرارتی راه اندازی کوره الکتریکی

واحد یادگیری: سخت‌کاری حجمی

مقدمه

برای شروع تدریس ابتدا با سؤالات انگیزشی (مانند عملیات حرارتی چیست و چرا انجام می‌گیرد؟) ذهن هنرجویان را متمرکز کنید و از آنها بخواهید برداشتشان را از عملیات حرارتی بیان کنند و سپس با توضیحات خود تعریفی از عملیات حرارتی و اهداف آن ارائه دهید. و سپس چند مورد از کاربرد عملیات حرارتی در صنایع مختلف (خودروسازی، ریخته‌گری، ماشین‌سازی، جوشکاری) برای تولید قطعات را نام ببرید. سپس می‌توانید با یک پرسش که به نظر شما حالا عملیات حرارتی بر روی کدام فلزات انجام می‌گیرد هنرجویان را به چالش بکشید و ذهن آنها را به خواص فولاد و اهداف کتاب که بیشتر بر روی عملیات حرارتی فولاد متمرکز شده به کار بگیرید.

روش‌های عملیات حرارتی:

در این بخش می‌توانید از هنرجویان بپرسید به نظر شما آیا می‌توان عملیات حرارتی را در سطح و حجم دلخواه انجام داد؟ سپس با نشان دادن چند تصویر از عملیات حرارتی سطحی و حجمی تقسیم‌بندی نمایید و به‌طور خلاصه زیرمجموعه‌های عملیات حرارتی سطحی و حجمی را به هنرجویان شرح دهید و به آنها متذکر شوید که تا پایان این فصل تمامی بخش‌های عملیات حرارتی سطحی و حجمی تدریس خواهند شد.

ابزار و تجهیزات مورد نیاز عملیات حرارتی:

برای تدریس این مبحث بهتر است هنرجویان را به کارگاه برده و توضیحات مربوطه را برای هنرجویان به‌صورت عینی همراه با نمایش عملکرد ارائه نمایید. در شروع تدریس از هنرجویان بپرسید چه تجهیزاتی برای عملیات حرارتی نیاز است. سپس به معرفی تمامی ابزار و تجهیزات مورد نیاز بپردازید. (۱- کوره‌ها ۲- تجهیزات حمل مواد ۳- محیط‌های سرد کننده ۴- سختی سنج‌ها)

۱ کوره‌ها: در معرفی کوره‌ها از هنرجویان بپرسید تا کنون چه کوره‌هایی مشاهده نموده‌اند و یک کوره از چه قسمت‌هایی تشکیل می‌شود. سپس با ارائه فیلم یا اسلاید شروع به معرفی انواع کوره‌های عملیات حرارتی نموده و تفاوت انواع

کوره‌ها را شرح دهید. و سپس در کارگاه قسمت‌های مختلف کوره حمام نمک (مکان المنت‌ها، ترموکوپل، نشانگر دیجیتالی، بوته فولادی، نسوز سرامیکی) و کوره الکتریکی مقاومتی (دمای کاری، اتمسفر کوره، سیستم گرم‌کننده، سیستم کنترل دما) را کاملاً برای هنرجویان شرح دهید.

دانش افزایی:

انواع گازهای محافظ در کوره‌های عملیات حرارتی عبارت‌اند از:

۱ گاز خنثی: گازهای خنثی تحت هیچ شرایطی با سطح فلز واکنش نمی‌دهند. گازهای محافظ مورد استفاده عبارت‌اند از: هیدروژن، هلیوم، آرگون و نیتروژن. البته متداول‌ترین گاز خنثای مورد استفاده نیتروژن می‌باشد. گاز هیدروژن خطر انفجار دارد زیرا مخلوط هیدروژن و هوا قابلیت انفجار دارد از طرفی دو گاز هلیوم و آرگون نسبتاً گران قیمت هستند. بنابراین شاید یکی از بهترین گازهای مورد استفاده به عنوان اتمسفر محافظ گاز نیتروژن باشد.

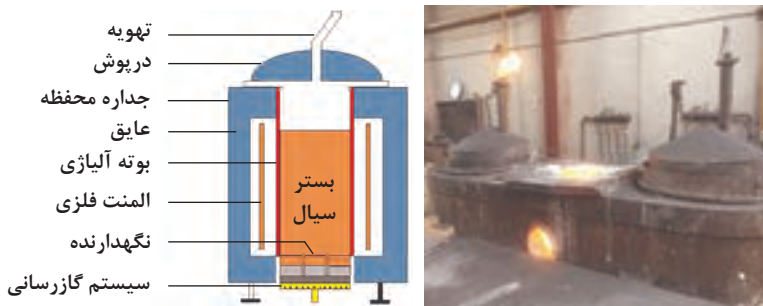
۲ گاز اگزوترمیک (گرم‌زا): با توجه به پایین بودن هزینه تولید، این گاز به‌طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد. ترکیب این گاز قابل تغییر است. این گاز با احتراق ناقص یک گاز قابل احتراق مانند گاز طبیعی یا پروپان با هوا به دست می‌آید. بدین صورت که مخلوط هوا و گاز در دمای 980°C به مدت زمانی که محصولات احتراق به تعادل برسند در محفظه احتراق سوزانده می‌شود، در اثر این واکنش مقدار زیادی حرارت ایجاد می‌شود؛ به همین دلیل آن را گاز گرم‌زا می‌گویند.

۳ گاز اندومتریک (گرم‌گیر): محصول احتراق یک گاز طبیعی مانند متان یا پروپان با هوا در دمای بالاتر از 1000 درجه سانتی‌گراد به صورت گرم‌گیر یک گاز به نام گاز اندومتریک می‌باشد. اجزای این گاز CO ، CO_2 ، H_2 ، H_2O ، N_2 می‌باشد. شاید مهم‌ترین گاز مورد استفاده در حال حاضر گاز اندومتریک باشد. جهت تولید این گاز معمولاً در کنار کوره یک ژنراتور تولید گاز قرار می‌دهند. به عبارت ساده‌تر در هنگام فروش این گونه کوره‌ها حتماً یک ژنراتور گاز نیز به همراه آنها موجود می‌باشد. جهت تهیه گاز اندومتریک مخلوط فشرده‌ای از هوا و گاز طبیعی با نسبت تقریبی 3 به 1 را در محدوده دمایی 1040 تا 1200 درجه سانتی‌گراد گرم کرده و از روی بستری از نیکل به عنوان کاتالیزور عبور می‌دهند و گاز اندومتریک به وجود می‌آید.

دانش افزایی:

کوره با بستر سیال: اگر گازی (هوا، آمونیاک، نیتروژن) با سرعت مناسب از پایین به داخل محفظه حاوی ذرات ریز و خشک (مانند اکسید آلومینیم) از طریق یک صفحه توزیع‌کننده جریان یابد، ذرات به‌صورت میکروسکوپی از یکدیگر جدا شده

و در بستر سیال گازی معلق می‌شوند و رفتار یک مایع جوشان را پیدا می‌کنند که به این پدیده بستر سیال می‌گویند. سرعت انتقال حرارت در این روش سریع بوده و ذرات نیز به هم نمی‌چسبند در نتیجه مشکلات تمیزکاری قطعات بعد از عملیات حرارتی وجود ندارد. در شکل زیر نمونه‌ای از این کوره‌ها نشان داده شده است.



شکل الف) شمانیک کوره با بستر سیال، ب) کوره با بستر سیال

فعالیت کارگاهی ۱



راه‌اندازی کوره الکتریکی مقاومتی

کوره را طبق دستورالعمل سازنده راه‌اندازی کرده و به هنرجویان توضیح دهید. سپس هنرجویان را در گروه‌های چهارنفری گروه‌بندی نمایید و کوره را به دماهای مختلف (۵۰۰-۷۰۰-۹۰۰ درجه سانتی‌گراد) تنظیم نمایید. نکات ایمنی و بهداشتی زیر را برای هنرجویان بازگو نمایید.

- ۱- قبل از روشن کردن کوره اتصالات کوره رو کنترل کنید. ۲- از سلامت نشانگر دیجیتالی دما اطمینان حاصل نمایید. ۳- حتماً از محافظ صورت، کلاه و عینک ایمنی، دستکش مخصوص و در مواقعی که با فلز داغ کار می‌کنید از لباس ضدآتش استفاده نمایید. ۴- از برخورد قطعات یا تجهیزات با المنت داخل کوره خودداری شود.

محیط‌های سردکننده:

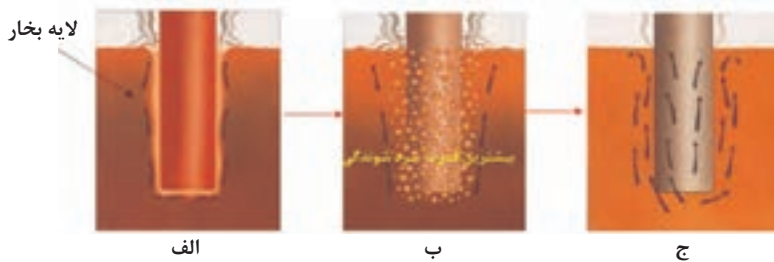
در تدریس این قسمت از هنرجویان بپرسید چه محیط‌هایی می‌توانند به عنوان محیط سردکننده برای کوئنچ قطعات به کار برده شوند. سپس شروع به شرح محیط‌های کوئنچ بپردازید و آنها را به ترتیب قدرت سردکنندگی رتبه‌بندی نمایید.

آب نمک - آب روغن - هوا - حمام نمک

سپس از هرنجویان بپرسید چه عواملی می‌توانند روی شدت سردکنندگی یک محیط سردکننده تأثیر بگذارد و نظرات آنها را بدانید سپس عوامل تأثیرگذار روی قدرت سردکنندگی محیط مانند شدت تلاطم محیط سرد کننده، دمای محیط سردکننده، منابع آلودگی محیط سردکننده، افزودنی‌ها را شرح دهید و کاربرد رایج محیط‌های سردکننده را برای فولادهای معین مشخص نمایید.

دانش افزایی:

مراحل سرد شدن قطعه در وان کوئنچ:



مرحله الف) مرحله سرد شدن توسط لایه بخار می‌باشد. این مرحله شامل یک لایه بخار پایدار در اطراف قطعه و در نتیجه جدا کردن آن از محیط سرد اطراف است. در این مرحله لایه بخار به عنوان عایق عمل کرده در نتیجه این مرحله سرد شدن آهسته است

مرحله ب) این مرحله بیشترین آهنگ انتقال حرارت را در بین مراحل مختلف دارد و هنگامی شروع می‌شود که دمای سطح فلز آن قدر کاهش می‌یابد که سبب ناپایداری لایه بخار شود.

مرحله ج) آهنگ سرد شدن در این مرحله از مراحل الف و ب کمتر می‌باشد و مرحله ج زمانی شروع می‌شود که دمای سطح فلز تا زیر نقطه جوش مایع سردکنندگی کاهش یابد.

نکته



در واقع دلیل افزایش قدرت سردکنندگی آب نمک نسبت به آب کاهش قشر لایه بخار یا مرحله الف می‌باشد.

خودارزیابی توسط هنرجو		
خبیر	بلی	مؤلفه‌های خودارزیابی
		معنای عملیات حرارتی و اهداف آن را می‌دانم.
		فلزات رایج مورد استفاده در عملیات حرارتی را می‌شناسم.
		روش‌های عملیات حرارتی (حجمی و سطحی) را می‌دانم.
		ابزار و تجهیزات رایج در عملیات حرارتی را می‌شناسم.
		قسمت‌های مختلف کوره حمام نمک را می‌شناسم.
		قسمت‌های مختلف کوره الکتریکی را می‌دانم.
		راه‌اندازی کوره الکتریکی را انجام می‌دهم.
		راه‌اندازی کوره حمام نمک را انجام می‌دهم.
		محیط‌های سردکننده را می‌شناسم.
		ابزار و تجهیزات حمل مواد را می‌شناسم.
		در حفاظت از ابزار جدید دارم.
		نکات ایمنی حفاظتی را انجام می‌دهم.
		تعداد جواب‌های بلی

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	معنای عملیات حرارتی و اهداف آن را می‌داند.
	فلزات رایج مورد استفاده در عملیات حرارتی را می‌شناسد.
	روش‌های عملیات حرارتی (حجمی و سطحی) را می‌داند.
	ابزار و تجهیزات رایج در عملیات حرارتی را می‌شناسد.
	قسمت‌های مختلف کوره حمام نمک را می‌شناسد.
	قسمت‌های مختلف کوره الکتریکی را می‌داند.
	راه‌اندازی کوره الکتریکی را انجام می‌دهد.
	راه‌اندازی کوره حمام نمک را انجام می‌دهد.
	محیط‌های سردکننده را می‌شناسد.
	ابزار و تجهیزات حمل مواد را می‌شناسد.
	در حفاظت از ابزار جدیت دارد.
	نکات ایمنی حفاظتی را انجام می‌دهد.
	به اخلاق حرفه‌ای آگاهی دارد.
	صحت خودارزیابی هنرجو
	میزان مؤثر بودن در کارگروهی
	نمره خودارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه شانزدهم: سختی سنجی – روش راکول – برینل و ویکرز

واحد یادگیری: سخت کاری حجمی

سختی سنجی:

برای تدریس این قسمت ابتدا از هنرجویان بپرسید سختی چیست و سختی اجسام را چگونه اندازه گیری می نمایند. پس از شنیدن نظرات هنرجویان سختی را شرح داده و روش اندازه گیری سختی را به چهار روش موهس، برینل، راکول و ویکرز تقسیم بندی نموده و سپس با استفاده از جدول ۲ (مدون شده در کتاب) به ترتیب شکل و جنس فرورونده، میزان بار اعمالی و کاربرد هر یک، شروع به تشریح هر کدام از روش ها نمایید.

دانش افزایی

ساده ترین روش تعیین سختی با خراش می باشد که با مراجعه به جدول زیر می توان سختی اجسام را تعیین کرد.

سختی	فرمول شیمیایی	جسم
۱۰	C	الماس
۹	Al ₂ O ₃	کروندم
۸	Al ₂ SiO ₅ F ₂	توپاز
۷	SiO ₂	کوارتز
۶	KAlSi ₃ O ₈	ارتوکلاز
۵	Ca ₃ (PO ₄) ₂ F	آپاتیت
۴	CaF ₂	فلوریت
۳	CaCO ₃	کلسیت
۲	CaSO ₄ ·۲H ₂ O	گچ
۱	Mg ₃ SiO ₁₀ (OH) ₂	تالک

در این روش الماس سخت ترین جسم نمره ۱۰ و پودر تالک دارای نمره ۱ می باشد. با استفاده از این جدول و مقایسه سختی اجسام با سختی مواد دیگر، سختی کاربید تنگستن ۹/۵، کاربید سیلیسیم ۹، فولاد بین ۵ تا ۸/۵، سرب ۱/۵ و گرافیت حدود ۱ می باشد.

اندازه گیری سختی به روش راکول: قبل از اندازه گیری سختی به روش راکول یک فیلم کامل از نحوه اندازه گیری سختی به روش راکول تهیه کرده و به هنرجویان نشان دهید و در حین نمایش فیلم مراحل را شرح دهید.

فعالیت
کارگاهی ۲



تعیین میزان سختی با استفاده از دستگاه راکول

پس از تشریح اندازه گیری سختی به روش راکول و روش های آن (شکل و جنس فرورونده و نیروی اعمالی) هنرجویان را به کارگاه برده و نمونه های مختلفی از جنس فولاد سخت شده سطحی، آلیاژ آلومینیم، فولاد معمولی را انتخاب نموده برای اندازه گیری سختی سنجی آماده نمایید. پس از تهیه نمونه ها در کارگاه هنرجویان را به آزمایشگاه برده و سختی فولاد سخت شده سطحی را با روش راکول A، آلیاژ آلومینیم را با روش راکول B و فولاد معمولی را با روش راکول C طبق مراحل و نکات مهم مدون شده در کتاب (فعالیت کارگاهی ۲) به ترتیب روی دستگاه سختی سنج راکول اجرا نموده و روش به دست آوردن عدد سختی را آموزش دهید.

پس از تشریح عملی دستگاه سختی سنج راکول هنرجویان را به گروه های چهارنفره تقسیم کرده و از آنها بخواهید سختی انواع مختلفی از فولادها را به روش راکول اندازه گیری نموده و در قالب گزارش کار تحویل دهند.

نکته



- ۱ توجه داشته باشید هنگام برش، نمونه ها کاملاً عمودی برش داده شوند و دو سطح بالا و پایین نمونه ها کاملاً موازی باشد.
- ۲ سندان مناسب با شکل قطعه انتخاب شود تا نمونه به طور صاف و محکم بر روی سندان قرار گیرد. به عنوان مثال برای نمونه های گرد از سندان ۷ شکل استفاده نمایید.



اندازه‌گیری سختی به روش برینل: قبل از اندازه‌گیری سختی به روش برینل یک فیلم کامل از نحوه اندازه‌گیری سختی به روش برینل تهیه به هنرجویان نشان دهید و در حین نمایش فیلم مراحل را شرح دهید.

دانش افزایی

در روش برینل یک ساچمه با نیروی P به قطر D روی جسمی به مدت ثابتی (۱۰ ثانیه) توسط دستگاه فشار ایجاد می‌کند. از تقسیم نیروی وارده بر سطح ایجاد شده (سطح عرقچین کروی) عدد سختی به دست می‌آید. عدد سختی برینل را به اختصار با BHN نمایش می‌دهند.

$$BHN = \frac{P}{A}$$

که در آن P نیروی وارد به ساچمه و A سطح عرقچین کروی ایجاد شده روی فلز یا آلیاژ مورد آزمایش است. از طرفی سطح عرقچین کروی با توجه به شکل آن چنین است.

$$t = \frac{1}{4}(D - \sqrt{D^2 - d^2}) \quad \text{و} \quad A = \pi D t$$

در این روابط t عبارت است از عمق فرو رفتگی (نفوذ ساچمه در آلیاژ) و d قطر دایره اثر است. به این ترتیب می‌توان سختی برینل را از رابطه زیر محاسبه و تعیین کرد.

$$BHN = \frac{P}{A} = \frac{P}{\pi D t} = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

چون سختی برینل عبارت است از نیرو تقسیم بر سطح، لذا واحد آن بر حسب

$$\frac{N}{m^2} \quad \text{یا} \quad \frac{Kgf}{mm^2} \quad (\text{پاسگال}) \quad \text{بیان می‌شود.}$$

روش دیگری که در روش سختی برینل استفاده می‌شود و نیازی به اندازه‌گیری قطر اثر ساچمه نمی‌باشد. استفاده از دستگاه راکول به کمک صفحات مدرج و مخصوص برای اندازه‌گیری سختی به روش برینل می‌باشد به طوری که با انتخاب مناسب صفحه مدرج (که قطر ساچمه و نیروی متناسب با آن درج شده است) و نصب کردن آن بر روی صفحه مدرج دستگاه، عمل سختی‌سنجی مانند روش



را کول انجام می شود و عدد سختی مستقیماً از روی صفحه مدرج انتخاب شده، به دست می آید.

فعالیت کارگاهی ۳



اندازه گیری سختی به روش برینل

پس از تشریح اندازه گیری سختی به روش برینل هنرجویان را به کارگاه برده و نمونه های مختلفی از جنس مس، چدن و آلومینیم را انتخاب نموده و برای اندازه گیری سختی سنجی آماده نمایید. پس از تهیه نمونه ها در کارگاه هنرجویان را به آزمایشگاه برده و مراحل اندازه گیری سختی را برای هر یک از نمونه ها طبق فعالیت کارگاهی ۳ مدون شده در کتاب اجرا نمایید و پس از اندازه گیری قطر اثر ساچمه توسط میکروسکوپ میکرومتردار، عدد سختی را با استفاده از جداول موجود در راهنمای هنرجو به دست آورید.

هنرجویان را در گروه های چهار نفری گروه بندی نموده و از گروه ها بخواهید به ترتیب سختی فلزات انتخاب شده را به روش برینل (با استفاده از صفحه مدرج یا اندازه گیری اثر ساچمه) اندازه گیری کرده و در قالب گزارش کار به شما ارائه نمایند.

اندازه گیری سختی به روش ویکرز:

قبل از اندازه گیری سختی به روش برینل یک فیلم کامل از نحوه اندازه گیری سختی به روش ویکرز تهیه و به هنرجویان نشان دهید و در حین نمایش فیلم مراحل را شرح دهید.

فعالیت کارگاهی ۴



اندازه گیری سختی به روش ویکرز

پس از تشریح اندازه گیری سختی به روش ویکرز نمونه های مختلفی از جنس فولاد، چدن و آلومینیم را انتخاب نموده و برای اندازه گیری سختی سنجی آماده نمایید. پس از تهیه نمونه ها، در آزمایشگاه مراحل اندازه گیری سختی را برای هر یک از نمونه ها طبق فعالیت کارگاهی ۴ مدون شده در کتاب اجرا نمایید و پس از اندازه گیری قطر اثر لوزی توسط میکروسکوپ میکرومتردار عدد سختی را با استفاده از جداول موجود در راهنمای هنرجو به دست آورید. هنرجویان را در گروه های چهار نفری گروه بندی نموده و از آنها بخواهید به ترتیب سختی فلزات انتخاب شده را به روش ویکرز اندازه گیری کرده و در قالب گزارش کار به شما ارائه نمایند.

خود ارزیابی توسط هنرجو کل نمره: ۲ نمره		
بله	خیر	مؤلفه‌های خود ارزیابی
		معنای سختی و روش‌های اندازه‌گیری آن را می‌دانم.
		جنس و شکل فرورونده‌ها، میزان بار اعمالی را در انواع روش سختی سنجی را می‌دانم.
		اندازه‌گیری سختی به روش راکول را انجام می‌دهم.
		اندازه‌گیری سختی به روش برینل را انجام می‌دهم.
		اندازه‌گیری سختی به روش ویکرز را انجام می‌دهم.
		در حفاظت از ابزار و دستگاه سختی‌سنج جدیدت دارم.
		نکات ایمنی حفاظتی را انجام می‌دهم.
		تعداد جواب‌های بله

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	معنای سختی و روش‌های اندازه‌گیری آن را می‌داند.
	جنس و شکل فرورونده‌ها، میزان بار اعمالی را در انواع روش سختی سنجی را می‌داند.
	توانایی اندازه‌گیری سختی به روش راکول را دارد.
	توانایی اندازه‌گیری سختی به روش برینل را دارد.
	توانایی اندازه‌گیری سختی به روش ویکرز را دارد.
	در حفاظت از ابزار جدیدت دارد.
	نکات ایمنی حفاظتی را انجام می‌دهد.
	به اخلاق حرفه‌ای آگاهی دارد.
	صحت خودارزیابی هنرجو
	میزان مؤثر بودن در کار گروهی
	نمره خودارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه هفدهم: سخت کاری نحوه وارد کردن و چیدمان قطعات داخل کوره – بررسی تأثیر محیط خنک کننده بر روی فولادهای ساده کربنی

واحد یادگیری: سخت کاری حجمی

در ابتدای تدریس این بخش از هنرجویان بپرسید که چرا قطعات را سخت کاری می کنند و اهداف سخت کاری چیست. سپس چند قطعه صنعتی مانند موارد زیر را نام برده و اهداف عملیات سخت کاری را که در هر قطعه متفاوت است را برای هنرجویان شرح دهید.

قالب دایکاست: افزایش استحکام سایشی قالب تیغه گیوتین: افزایش استحکام برشی
قلاویز: افزایش سختی و استحکام پیچشی فنر تخت اتومبیل: تحمل بارگذاری های سنگین

پس از شرح اهداف عملیات سخت کاری از هنرجویان بپرسید به نظر شما دلایل سخت شدن فولاد بعد از عملیات سخت کاری چیست و پس از گوش دادن به نظرات هنرجویان دیاگرام آهن - کربن را به ریز ساختارهای تعادلی و غیرتعادلی تقسیم بندی نمایید. فازهای تعادلی در پودمان ۲ تدریس شده و فازهای غیرتعادلی (مارتنزیت و بینیت) را نام برده و شروع به شرح دادن نمایید و دلایل سخت شدن را به تشکیل فازهای غیرتعادلی مرتبط سازید.

دانش افزایی

مارتنزیت:

در صورتی که از دامنه حرارتی مربوط به آستنیت، سرعت سرد کردن فولادهای کربنی را افزایش دهیم، اتم های کربن فرصت خارج شدن از شبکه آستنیت را نداشته و به دام می افتند، در نتیجه شبکه کریستالی دچار اعوجاج شده و شبکه مارتنزیت به وجود می آید. در واقع مارتنزیت در دمایی به مراتب پایین تر از دمای تشکیل پرلیت انجام می شود. مارتنزیت سخت ترین ساختار میکروسکوپی است که می تواند در فولادهای ساده کربنی به وجود آید.

بینیت: ساختار بینیتی در سرعتی بین تعادلی و غیرتعادلی به وجود می آید. به عبارتی بینیت در دمایی بین پایین ترین درجه حرارتی که در آن تشکیل پرلیت متوقف می شود و بالاترین دمایی که در آن مارتنزیت به وجود می آید تشکیل می شود.

از جمله مشخصه های عمده استحاله بینیتی که مطالعه آن را مشکل نموده است،

عبارتست از طبیعت دوگانه آن؛ بدین صورت که استحالهٔ بینیتی از بعضی جهات شبیه دگرگونی پرلیتی و از برخی جنبه‌ها نشانهٔ استحالهٔ مارتنزیتی می‌باشد. بینیت یک فاز نیست بلکه مخلوطی از دو فاز فریت و سمانتیت می‌باشد.

مراحل سخت کاری:

برای تدریس این قسمت ابتدا تمامی مراحل سخت کاری (۱- گرم کردن تا ناحیه آستنیت ۲- نگهداری در ناحیه آستنیت ۳- سریع سرد کردن) را برای هنرجویان نام برده و سپس شروع به شرح هر کدام نمایید.

الف) گرم کردن تا ناحیه آستنیت: برای تدریس این بخش ابتدا از هنرجویان بپرسید برای عملیات سخت کاری که اولین مرحله گرم کردن فولاد است به نظر شما تا چه دمایی فولاد را گرم کنیم و یا دمای آستنیت کردن را بر اساس چه معیاری انتخاب می‌کنند و همچنین بپرسید که اگر دماهای بالا و پایین از معیار ایده‌آل در نظر بگیریم چه اتفاقی می‌افتد. سپس شروع به شرح انتخاب دمای آستنیت کردن بهینه (استفاده از جداول سازنده فولاد و یا انتخاب از روی دیاگرام آهن - کربن) نمایید و مزایا و محدودیت آن را بازگو نمایید.

نحوه تنظیم کردن دمای کوره جهت آستنیت کردن قطعه: برای تدریس این قسمت ابتدا به هنرجویان شرح دهید که برای آستنیت کردن قطعات، دو محیط وجود دارد. ۱- محیط خشک (کوره با اتمسفر معمولی یا کنترل شده) ۲- محیط تر یا مایع (کوره‌های حمام نمک) سپس شرح دهید در کوره‌های حمام نمک بعد از ذوب شدن نمک و رسیدن دمای کوره حمام نمک به دمای آستنیت قطعه، قطعات داخل کوره قرار داده می‌شوند و در کوره‌های خشک یا کوره‌های الکتریکی به دو صورت می‌توان قطعات را آستنیت کرد. در روش اول این نمونه در کوره قرار داده می‌شود و سپس کوره روشن شده و به دمای مورد نظر می‌رسد و در روش دوم کوره روشن می‌شود به دمای مورد نظر می‌رسد سپس درب کوره باز می‌شود و قطعات داخل کوره قرار داده می‌شود. در روش اول نمونه و کوره با هم به دما می‌رسند ولی در روش دوم کوره در دمای مورد نظر می‌باشد و پس از آن نمونه در کوره قرار داده می‌شود. در این حالت نیاز به هم‌رنگ شدن داریم که در حین عملیات مرتباً از چشمی کوره نمونه را مورد بررسی قرار می‌دهیم و هنگامی که نمونه در کوره محو شد عملاً دمای نمونه و کوره یکسان می‌باشد. پس از این زمان، زمان قرارگیری در ناحیه آستنیت شروع می‌شود. و همچنین در کوره‌ها حمام نمک نیز نیاز به هم دما کردن یا هم‌رنگ‌سازی داریم و همچنین به هنرجویان شرح دهید که برای هم‌گن‌سازی درجه حرارت در داخل کوره (جداره، سقف کوره، کف کوره) در صنعت از یک فن فولادی در سقف کوره استفاده می‌کنند.

نحوه وارد کردن و چیدمان قطعات داخل کوره:

برای تشریح این قسمت نحوه چیدمان قطعات، نحوه قرارگیری قطعات در سبد یا فیکسچر، نحوه وارد شدن قطعات به کوره‌ها و همچنین نحوه کنترل اتمسفر کوره، را در دو نوع کوره‌ها با اتمسفر گازی و کوره‌ها با حمام نمک با استفاده از تصویر مدون شده در کتاب را شرح دهید و همچنین توضیح دهید که اگر قطعات به شکل نادرست چیده شوند ممکن است چه مشکلاتی (تاب برداشتن، سختی غیریکنواخت) در مراحل بعدی به وجود بیاید.

دانش افزایی

نحوه چیدمان قطعات در داخل کوره‌ها با محیط گازی (هوا، اتمسفر کنترل شده):

۱ قرارگیری قطعات در سبد: قطعاتی که می‌خواهند عملیات حرارتی شوند در سبد یا روی صفحه با یک چیدمان خاص به طوری که قطعات به هم برخورد نکرده و فاصله مشخصی نسبت به هم داشته باشند قرار می‌گیرند. تا جریان اتمسفر کوره و تشعشع حرارتی آن دچار اختلال نگردد؛ به همین جهت فیکسچرها متناسب با شکل قطعه موردنظر تهیه می‌گردد و قطعات داخل آن چیده می‌شوند. چیدمان باید طوری صورت گیرد که در حین عملیات و وارد کردن قطعات در محیط سردکننده قطعات تاب بر ندارند و همچنین قطعات باید به گونه‌ای در سبد قرار گیرند که بزرگ‌ترین قطعه از نظر ابعادی در محلی قرار گیرد که در مرحله عملیات بتوان آن را با چشمی کوره به راحتی مشاهده کرد. البته در یک عملیات مشابه باید قطعات از نظر ضخامت در یک محدوده قرار گیرند تا هم‌رنگی در یک زمان اتفاق بیفتد و زمان قرارگیری در آستنیت نیز یکسان باشد. ولی در عمل قطعات تا حدودی از نظر ضخامت با یکدیگر متفاوت هستند. ولی سعی شود که این تفاوت چشمگیر نباشد. شکل ۲۲ کتاب نمونه‌هایی از چیدمان قطعات را در سبدها را نشان می‌دهد. پس از چیدن قطعات در سبدها، سبدها توسط جرثقیل روی ترن قرار می‌گیرد.

۲ قرارگیری سبد قطعات در مقابل درب کوره: ترن حامل سبد قطعات به سمت کوره آمده و در مقابل کوره قرار می‌گیرد. جهت قرارگیری دقیق سبد در مقابل کوره از یک میکروسویچ که روی ریل نصب شده است کمک می‌گیرند. هنگامی که سبد کاملاً در مقابل درب کوره قرار گرفت چرخ‌های ترن به این میکروسویچ برخورد کرده و حرکت ترن برای یک لحظه قطع می‌شود. در این لحظه سبد قطعات دقیقاً در مقابل درب کوره قرار گرفته است. شکل ۲۳ کتاب قرار گرفتن سبد حاوی قطعات را در جلوی درب کوره را نشان می‌دهد.

۳ باز کردن درب اصلی کوره و ورود سبد حامل قطعات به داخل محفظه اولیه و بسته شدن درب کوره: درب کوره معمولاً به صورت عمودی به سمت بالا حرکت می‌کند. این سیستم می‌تواند به صورت هیدرولیک و یا مکانیکی باشد و در کوره‌های تحت اتمسفر کنترل شده در هنگام باز شدن درب کوره به طور اتوماتیک مشعلی در ورودی روشن می‌شود که پس از باز شدن درب کل منطقه ورودی توسط شعله محافظت شود. با این کار اجازه ورود اتمسفر بیرون کوره به داخل داده نمی‌شود که در شکل ۲۴ کتاب این موضوع نشان داده شده است. و سپس سبد قطعات توسط ریل به داخل کوره هدایت شده و پس از آن ترن به عقب حرکت کرده تا درب کوره بسته شود.

۴ باز شدن درب میانی و ورود سبد به داخل محفظه اصلی: پس از ورود سبد به داخل کوره و بسته شدن درب کوره چند لحظه صبر می‌کنیم تا هوای احتمالی محفظه اصلی از خروجی کوره خارج شود و در ادامه درب میانی (درب محفظه گرم‌کننده) باز شده و سبد قطعات به داخل محفظه اصلی هدایت می‌شود. پس از ورود سبد، درب میانی نیز بسته می‌شود. سیستم باز و بسته شدن درب میانی معمولاً به صورت کشویی و دو طرفه است. (این مرحله در کوره‌ها با اتمسفر کنترل شده می‌باشد).

۵ ارائه برنامه مورد نظر: در کوره‌ها با اتمسفر معمولی، دمای عملیات، به کوره داده می‌شود و زمان توسط اپراتور کوره گرفته می‌شود و فرایند شروع می‌شود. ولی در کوره‌ها با اتمسفر کنترل شده دمای عملیات، دمای روغن کوئنچ، پتانسیل کربن کوره و همچنین مقدار و نوع گازهای ورودی (گرم‌زا، گرماگیر و...)، به کوره داده شده و فرآیند شروع می‌شود. لازم به ذکر است در این کوره‌ها جهت جلوگیری از کربوره یا دکربوره شدن سطح فولاد پتانسیل کربن کوره کنترل می‌شود. جهت کنترل کردن پتانسیل کربن کوره معمولاً در این کوره‌ها دو سیستم اتوماتیک و دستی وجود دارد. در سیستم اتوماتیک پتانسیل کربن کوره توسط یک آنالیزکننده گاز کوره اندازه‌گیری می‌شود. در سیستم اتوماتیک یک نوار مخصوص از یک فولاد بسیار کم کربن که روی تجهیزات کوره موجود می‌باشد را در ابتدا وزن کرده و آن را یادداشت می‌کنیم. سپس این نوار به یک هدایت‌شونده متصل شده و توسط یک سوراخ که معمولاً در پشت کوره قرار دارد وارد محفظه گرم‌کننده می‌شود و به مدت زمان حدود چند دقیقه در محفظه باقی می‌ماند تا کربن به داخل سطح نفوذ کند. زمان نگهداری در مشخصات فنی کوره ذکر شده است. پس از بیرون آوردن نوار فولادی از کوره دوباره وزن کرده و از اختلاف وزن نوار به درصد کربن کوره پی می‌برند. لازم به ذکر است که برخی از کوره‌ها زمان را به صورت اتوماتیک و برنامه‌ریزی شده مد نظر قرار می‌دهند، ولی در بعضی کوره‌ها زمان توسط اپراتور گرفته می‌شود.

ب) نگهداری در ناحیه آستنیت:

برای تدریس این بخش بهتر است ابتدا از هنرجویان سؤال کنید که بعد از اینکه قطعات تا دمای آستنیت در کوره گرم شده قطعه مورد نظر تا چه مدت زمانی باید در کوره بماند یا زمان آستنیت کردن چه مدت می باشد و سپس بر اساس موارد مدون شده در کتاب و تصاویر موجود شرح دهید که معیار زمان آستنیت کردن فولاد (ترکیب شیمیایی، ضخامت) چه مواردی می باشد و اگر این زمان کمتر یا بیشتر از مقدار بهینه انتخاب شود چه تغییری در خواص فولاد رخ می دهد.

ج) سریع سرد کردن (کوئنچ کردن):

برای تدریس این قسمت ابتدا با استفاده از تصاویر مدون شده از کتاب نحوه خارج کردن قطعات از کوره و انتقال قطعات به محیط کوئنچ را شرح دهید و همچنین عیوبی (تاب برداشتن) که در موقع انتقال قطعات به محیط کوئنچ ممکن است رخ دهد را شرح دهید.

پرسش



از هنرجویان بپرسید به نظر شما عدم آگاهی از نحوه وارد کردن قطعات در محیط سردکننده چه مشکلاتی را در بر خواهد داشت؟ و سپس با استفاده از تصاویر زیر و مطالب مدون شده در کتاب و در مورد نحوه وارد کردن قطعات زیر به وان کوئنچ بحث و گفتگو نمایید.



فعالیت

کارگاهی ۵



بررسی تأثیر محیط خنک کننده بر روی فولادهای ساده کربنی

برای تدریس این فعالیت ابتدا بهتر است از هنرجویان بپرسید قدرت سردکنندگی محیط کوئنچ چه تأثیری بر روی سختی و ریز ساختار فولاد خواهد داشت و بعد مطالب تدریس شده در مورد محیطهای سردکننده را یادآور شوید و قدرت سرد کنندگی هر یک از محیطها را ذکر نمایید. هنر جویان را به کارگاه برده و در گروههای پنج نفره تقسیم کرده و هر گروه یک نمونه از فولاد CK45 را آماده کرده و سپس مراحل تدوین شده (فعالیت کارگاهی ۵) در کتاب را به ترتیب اجرا نموده و سپس در آزمایشگاه سختی نمونه شاهد و نمونههای سرد شده در آب، آب نمک، هوا و روغن اندازه گیری

نموده و از هنرجویان بخواهید به پرسش‌های پایانی هر فعالیت کارگاهی پاسخ دهند. و دلایل اختلاف سختی بین نمونه شاهد و نمونه‌های آزمایشی را شرح دهند و سپس می‌توانید پس از اندازه‌گیری سختی نمونه‌ها هنرجویان را به آزمایشگاه متالوگرافی برده و پس از آماده‌سازی سطح نمونه زیر میکروسکوپ ریز ساختار نمونه شاهد و نمونه‌های دیگر را مشاهده و سپس بررسی کنید.

خودارزیابی توسط هنرجو		
خبر	بلی	مؤلفه‌های خود ارزیابی
		دلایل سخت کاری حجمی قطعات را می‌دانم.
		فازهای غیرتعادلی بینیت و مارتنزیت را در فولاد می‌دانم.
		مراحل سخت کاری قطعات فولادی را می‌دانم.
		دمای آستنیت‌کردن فولادها و زمان آستنیت‌کردن آنها را استخراج می‌کنم.
		نحوه چیدمان قطعات داخل کوره حمام نمک و کوره با اتمسفر گازی را می‌دانم.
		نحوه خارج کردن قطعات از کوره و نحوه وارد کردن قطعات داخل محیط سردکننده را می‌دانم.
		ابزار و تجهیزات مورد نیاز برای سخت کاری را می‌شناسم.
		تأثیر محیط سردکننده بر روی ریز ساختار و سختی فولاد با ترکیب شیمیایی یکسان را می‌دانم.
		قدرت سردکنندگی محیط کوئنچ (روغن، هوا، آب) را می‌دانم.
		سخت کاری حجمی را انجام می‌دهم.
		در حفاظت از ابزار و دستگاه سختی سنج جدید دارم.
		نکات ایمنی حفاظتی را انجام می‌دهم.
		تعداد جواب‌های بلی

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه های ارزشیابی
	دلایل سخت کاری حجمی قطعات را می داند.
	فازهای غیر تعادلی بینیت و مارتنزیت را در فولاد می داند.
	مراحل سخت کاری قطعات فولادی را می داند.
	دمای آستنیتزدن فولادها و زمان آستنیتزدن آنها را استخراج می کند.
	نحوه چیدمان قطعات داخل کوره حمام نمک و کوره با اتمسفر گازی را می داند.
	نحوه خارج کردن قطعات از کوره و نحوه وارد کردن قطعات داخل محیط سردکننده را می داند.
	ابزار و تجهیزات مورد نیاز برای سخت کاری را می شناسد.
	تأثیر محیط سردکننده بر روی ریز ساختار و سختی فولاد با ترکیب شیمیایی یکسان را می داند.
	قدرت سردکنندگی محیط کوئچ (روغن، هوا، آب) را می داند.
	عملیات سخت کاری فولاد را انجام می دهد.
	در حفاظت از ابزار جدید دارد.
	نکات ایمنی حفاظتی را انجام می دهد.
	به اخلاق حرفه ای آگاهی دارد.
	صحت خودارزیابی هنرجو
	میزان مؤثر بودن در کار گروهی
	نمره خودارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه هجدهم: آشنایی با نحوه سخت کاری قطعات در حمام نمک –

بررسی اثر ترکیب شیمیایی فولاد بر روی میزان سختی در محیط کوئنچ

یکسان

واحد یادگیری: سخت کاری حجمی

فعالیت
کارگاهی ۶



آشنایی با نحوه سخت کاری قطعات در حمام نمک

برای تدریس این بخش ابتدا بهتر است مطالب جلسه گذشته در مورد مراحل سخت کاری، دمای آستنیت‌کردن و زمان آستنیت‌کردن را یادآوری کنید و از هنرجویان بپرسید به نظر شما چه تفاوتی بین سخت کاری قطعات در کوره‌های حمام نمک (مزایای کوره‌های حمام نمک) و کوره‌های الکتریکی وجود دارد. سپس هنرجویان را به کارگاه برده و کوره حمام نمک را راه اندازی کنید و دمای آن را به ۸۵۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم نمایید تا حمام نمک ذوب شود سپس هنرجویان را در گروه‌های پنج نفری تقسیم بندی نموده و به هر گروه یک نمونه از فولاد CK۴۵ تحویل نمایید تا آماده نمایند. سپس با توجه به شکل نمونه، نمونه‌های آماده شده را توسط سیم فلزی سیم‌بندی نمایید و یا در داخل سبد فلزی که برای کوره حمام نمک طراحی شده قرار دهید و توسط مشعل تا دمای حدود ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد پیش گرم نمایید تا هنگام وارد کردن قطعات به داخل حمام نمک مذاب خطر پاشش وجود نداشته باشد. پس از ذوب شدن حمام نمک و رسیدن دما به دمای مورد نظر سید فلزی یا قطعات سیم بندی شده را با رعایت اصول ایمنی داخل حمام نمک آویزان نموده و زمان آستنیت‌کردن را اعمال نمایید. پس از سپری شدن زمان آستنیت‌نمونه‌ها را از داخل سبد فلزی خارج نموده و در محیط‌های سردکننده مورد نظر قرار دهید. پس از سرد شدن نمونه‌ها در محیط کوئنچ نمونه‌ها را از مخزن خارج کرده و نمونه‌های حاوی نمک را شستشو دهید و یک طرف نمونه‌ها را سنباده زده و برای اندازه‌گیری سختی و متالوگرافی آماده نمایید. پس از انجام مراحل فوق هنرجویان را به آزمایشگاه برده و سختی نمونه شاهد و نمونه‌های سرد شده در محیط‌های مختلف را توسط سختی‌سنج راکول اندازه‌گیری نموده و از هنرجویان بخواهید دلایل اختلاف سختی را در قالب یک گزارش کار به شما تحویل نمایند و به پرسش‌های کتاب پاسخ دهند.

فعالیت
کارگاهی ۷بررسی اثر ترکیب شیمیایی فولاد بر روی میزان سختی در محیط
کوئنچ یکسان

برای انجام این فعالیت ابتدا از هنرجویان بپرسید ترکیب شیمیایی فولاد چه تأثیری در ریزساختار و سختی آنها دارد. سپس تأثیر درصد کربن و عناصر آلیاژی را به طور مختصر بر سختی و ریز ساختار فولاد شرح دهید. با توجه به فعالیت کتاب از هنرجویان بخواهید ترکیب شیمیایی فولادهای SPK، CK۴۵ و St۳۷ را از کتاب همراه هنرجو استخراج کرده و یادداشت نمایند. هنرجویان را به کارگاه برده و به گروه‌های پنج نفره تقسیم کرده و هر گروه سه نمونه از فولادهای ذکر شده تهیه نمایند و بقیه مراحل را مطابق مراحل مدون شده در کتاب اجرا نمایند و در آخر از هنرجویان بخواهید نتایج سختی هر یک از فولادها را در جدول کتاب یادداشت نموده و با توجه به نتایج سختی و ترکیب شیمیایی به پرسش‌های آخر فعالیت کارگاهی پاسخ دهند.

دانش‌افزایی

تأثیر عناصر آلیاژی بر فولاد

کربن: کربن مهم‌ترین و مؤثرترین عنصر آلیاژی در فولادها می‌باشد و بالاترین تأثیر را در ساختار آن دارد. هر فولاد آلیاژ شده علاوه بر کربن عناصر آلیاژی دیگری نظیر سیلیسیم، منگنز، فسفر و گوگرد را به همراه خواهد داشت به طوری که این عناصر به شکلی ناخواسته به هنگام فرایند تولید در فولاد باقی خواهند ماند. اضافه کردن عناصر آلیاژی برای به دست آوردن نتایج مشخص و منحصر به فرد و افزایش کنترل شده منگنز و سیلیسیم در فولاد، فولاد آلیاژی را به وجود خواهد آورد. با افزایش میزان کربن، استحکام و سختی پذیری فولاد بیشتر می‌شود اما چکش‌خواری و قابلیت جوشکاری و ماشین‌کاری (با استفاده از ماشین‌های برش) کاهش می‌یابد.

سیلیسیم: سیلیسیم استحکام فولاد را افزایش می‌دهد و سختی‌پذیری را زیاد می‌کند. همچنین مقاومت سایشی را افزایش می‌دهد. به علت افزایش استحکام تسلیم، عنصر اصلی در فولادهای فنر است. در مقادیر بالای سیلیسیم، سختی‌پذیری و استحکام فولاد افزایش می‌یابد ولی این افزایش همراه با کاهش شکل‌پذیری و انرژی ضربه است.

کرم: وجود عنصر فوق باعث سختی‌پذیری فولاد در هوا و روغن می‌باشد. کرم با کاهش سرعت خنک‌سازی بحرانی، به وسیله شکل دادن ساختار مارتنزیتی، قابلیت سخت‌کاری را افزایش می‌دهد. بنابراین سبب بهبود حساسیت‌های سخت‌کاری و بازپخت می‌شود. اما در هر صورت چقرمگی کاهش می‌یابد و از انعطاف‌پذیری یا

شکل پذیری فولاد به مقدار کمی کاسته می‌گردد. با اضافه نمودن هر واحد ۱٪ کرم به عنوان یک عنصر کاربیدساز استحکام کششی فولاد به میزان ۸۰-۱۰۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع افزایش می‌یابد. کرم به‌عنوان یک عنصر کاربیدساز به کار برده می‌شود. کاربیدهای این عنصر کیفیت نگهداری لبه‌ها و مقاومت سایشی را افزایش می‌دهد. کرم موجب مقاومت فولاد در دماهای بالا می‌شود. با افزایش کرم مقاومت در برابر پوسته شدن فولادها نیز بهبود می‌یابد. به‌طور تقریبی حداقل ۱۳٪ کرم مورد نیاز است تا مقاومت خوردگی فولادها نیز بهبود یابد.

خود ارزیابی توسط هنرجو		
خبر	بلی	مؤلفه‌های خودارزیابی
		تجهیزات مورد نیاز برای سخت‌کاری در کوره حمام نمک را می‌شناسم.
		سیم‌بندی نمونه‌ها جهت قرار دادن داخل کوره را انجام می‌دهم.
		مزایای سخت‌کاری در کوره حمام نمک را می‌دانم.
		تأثیر درصد کربن بر روی سختی فولاد را می‌دانم.
		چیدن نمونه‌ها در داخل سبد فلزی و پیش‌گرم کردن آنها را انجام می‌دهم.
		در حفاظت از ابزار و دستگاه سختی‌سنج و کوره‌ها جدیت دارم.
		نکات ایمنی حفاظتی و بهداشتی را انجام می‌دهم.
		تعداد جواب‌های بلی

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه های ارزشیابی
	تجهیزات مورد نیاز برای سخت کاری در کوره حمام نمک را می شناسد.
	سیم بندی نمونه ها جهت قرار دادن داخل کوره را انجام می دهد.
	مزایای سخت کاری در کوره حمام نمک را می داند.
	تأثیر درصد کربن بر روی سختی فولاد را می داند.
	چیدن نمونه ها در داخل سبد فلزی و پیش گرم کردن آنها را انجام می دهد.
	در حفاظت از ابزار جدیت دارد.
	نکات ایمنی حفاظتی را انجام می دهد.
	به اخلاق حرفه ای آگاهی دارد.
	صحت خودارزیابی هنرجو
	میزان مؤثر بودن در کار گروهی
	نمره خودارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه نوزدهم: تمپر کردن (برگشت) – تمپر کردن قطعات سخت کاری شده – اثر دمای تمپر در سختی فولادهای سخت کاری شده

واحد یاد گیری: سخت کاری حجمی

برای تدریس این قسمت ابتدا مطالب جلسه گذشته در مورد سخت کاری و تشکیل فازهای غیرتعادلی را شرح دهید و سپس توضیح دهید که به علت تنش‌های داخلی ایجاد شده در ضمن سریع سرد شدن (کوئنچ کردن در آب) تقریباً تمامی قطعات سخت شده نسبتاً ترد و شکننده می‌باشند. از این رو فولادها پس از سریع سرد شدن در شرایط سخت شده به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرند. چرا که مارتنزیت تشکیل شده در اثر سریع سرد کردن بسیار سخت و ترد است.

دانش افزایی

به طور کلی انقباض‌ها و انبساط‌هایی که در ضمن عملیات حرارتی در یک قطعه به وجود می‌آید، به دو دسته تقسیم می‌شوند. یکی انقباض‌ها و انبساط‌های ناشی از تغییر شبکه بلوری و یا تجزیه یک فاز و تشکیل فاز جدید با حجم ویژه متفاوت (تنش‌های استحال‌های)؛ مثلاً تجزیه آستنیت با شبکه بلوری فشرده FCC به فریت - سمنتیت یا مارتنزیت که از تراکم کمتری برخوردارند و دیگری انقباض‌ها و انبساط‌های ناشی از سرد و گرم کردن قطعات با ساختاری متشکل از یک یا چند فاز (تنش‌های حرارتی) مثلاً در ضمن سریع سرد شدن قطعات، همواره سطح در مقایسه با نقاط داخلی با آهنگ بیشتری سرد می‌شود. این مسئله، موجب به وجود آوردن یک شیب حرارتی بین سطح و مرکز قطعه خواهد شد و بدین ترتیب تنش ایجاد می‌شود. مهم‌ترین اثر تغییرات ابعاد در ضمن عملیات حرارتی ایجاد تنش در قطعه است. در صورتی که تنش حاصل به اندازه کافی زیاد باشد (بیشتر از تنش تسلیم قطعه) می‌تواند موجب تغییر شکل دائمی یا ترک برداشتن آن در ضمن عملیات حرارتی شود.

پس از تشریح مختصر دلایل ایجاد تنش در قطعه از هنرجویان بپرسید چگونه می‌توان مشکل زیر را برطرف کرد و شروع به نحوه برگشت دادن فولاد، مشخصات کوره برگشت، نحوه چیدمان قطعات در داخل سبد و همچنین محدوده دمایی آن را روی دیاگرام آهن - کربن نشان دهید و پارامترهای مؤثر بر برگشت (دما و زمان) را توضیح دهید.

زمانی که یک فولاد کوئنچ می‌شود ریزساختار شامل مارتنزیت ناپایدار است. دلایل این ناپایداری عبارت است از :

۱ وجود کربن به صورت فوق اشباع در شبکه کریستالی bct مارتنزیت

۲ انرژی تنش ناشی از وجود نابجایی‌ها و دوقلوبی‌های بسیار زیاد

۳ وجود آستنیت باقیمانده

تغییرات ریزساختار طی عملیات تمپر کردن (برگشت):

سه مرحله جداگانه در طی فرایند تمپر رخ می‌دهد که عبارت‌اند از :

۱ تشکیل کاربیدهای انتقالی مانند کاربید اپسیلین ϵ یا کاربید اتا η و کاهش

درصد کربن در زمینه ماتنزیتی

۲ تبدیل آستنیت باقی مانده به فریت و سمنتیت

۳ جایگزینی کاربیدهای انتقالی و مارتنزیت کم کربن توسط فریت و سمنتیت

فعالیت

کارگاهی ۸



تمپر کردن قطعات سخت کاری شده

در ابتدای انجام فعالیت از هنرجویان سختی قطعات سخت کاری شده جلسه قبل و همچنین ریز ساختار آنها را بپرسید و سپس ابزار و تجهیزات مورد نظر برای تمپر کردن نمونه‌های سخت کاری شده را مطابق مطالب مدون شده در کتاب فراهم نموده و بقیه مراحل تمپر کردن را مطابق کتاب اجرا نمایید. در پایان پس از سختی سنج نمونه‌های مورد آزمایش از هنرجویان بخواهید اعداد سختی به دست آمده را در جدول درج نموده و به پرسش‌های پایانی پاسخ دهند. و برداشتشان را از فعالیت را در قالب گزارش کار تحویل نمایند. در پایان شروع به تجزیه و تحلیل فعالیت کارگاهی پرداخته و دلایل تغییرات سختی و ریزساختاری را برای هنرجویان شرح دهید.

فعالیت

کارگاهی ۹



اثر دمای تمپر در سختی فولادهای سخت کاری شده

برای انجام این فعالیت ابتدا از هنرجویان بپرسید دمای تمپر کردن فولاد پس از سخت کاری بر اساس چه معیاری صورت می‌گیرد. و اگر دمای مورد نظر بیشتر یا کمتر از مقدار بهینه انتخاب شود چه تغییری در خواص فولاد (ریزساختار و سختی) مورد نظر می‌افتد. سپس بر اساس یک اسلاید آموزشی تغییرات ریز ساختاری و سختی را شرح و نشان دهید. سپس هنرجویان را به کارگاه برده و مطالب مدون شده در کتاب را به ترتیب شماره اجرا نمایید و پس از تمپر کردن در دماهای مختلف و اندازه‌گیری سختی آنها از هنرجویان بخواهید جدول موجود در کتاب را پر و به پرسش‌های پایانی پاسخ دهند. و تجزیه و تحلیل خود را در قالب یک گزارش کار به شما ارائه دهند. و در آخر با توجه به نتایج سختی شروع به تشریح نتایج نمایید.

خود ارزیابی توسط هنرجو		
خبر	بلی	مؤلفه های خود ارزیابی
		دلایل برگشت دادن قطعات فولادی را بعد از سخت کاری می دانم.
		محدوده دمایی تمپر کردن در دیاگرام آهن کربن را می دانم.
		عوامل مؤثر بر دما و زمان تمپر را می شناسم.
		ابزار و تجهیزات لازم برای تمپر کردن قطعات را می شناسم.
		تمپر کردن قطعات سخت کاری شده را انجام می دهم.
		در حفاظت از ابزار و دستگاه جدید دارم.
		نکات ایمنی حفاظتی و بهداشتی را انجام می دهم.
		تعداد جواب های بلی

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه های ارزشیابی
	دلایل برگشت دادن قطعات فولادی را بعد از سخت کاری می داند.
	محدوده دمایی تمپر کردن در دیاگرام آهن کربن را می داند.
	عوامل مؤثر بر دما و زمان تمپر را می شناسد.
	ابزار و تجهیزات لازم برای تمپر کردن قطعات را می شناسد.
	تمپر کردن قطعات سخت کاری شده را انجام می دهد.
	در حفاظت از ابزار جدید دارد.
	نکات ایمنی حفاظتی را انجام می دهد.
	به اخلاق حرفه ای آگاهی دارد.
	صحت خود ارزیابی هنرجو
	میزان مؤثر بودن در کار گروهی
	نمره خود ارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه بیستم: سخت کاری سطحی – سخت کردن سطحی فولاد به روش کربن دهی جامد

واحد یادگیری: سخت کاری سطحی

برای شروع تدریس ابتدا از هنرجویان بپرسید آیا می‌توان سطح قطعات را سخت کرد به طوری که مغز قطعه همچنان نرم و چقرمه باقی بماند؟ پس از شنیدن نظرات هنرجویان روش سخت کاری سطحی را شرح دهید. و سپس دوباره از هنرجویان بپرسید تفاوت سخت کاری سطحی و حجمی چیست و چرا قطعات را سخت کاری سطحی می‌کنند. بعد چند مورد از قطعات صنعتی که به روش سخت کاری سطحی عملیات حرارتی می‌شوند را در قالب اسلاید به هنرجویان نشان دهید. سپس به هنرجویان توضیح دهید که روش‌های مختلفی برای سخت کاری سطحی قطعات وجود دارد و به دو روش تقسیم‌بندی می‌شوند که در روش اول ترکیب شیمیایی سطح قطعه تغییر می‌کند و در روش دوم تغییری در ترکیب شیمیایی قطعه رخ نمی‌دهد. سپس خود این روش را مطابق کتاب تقسیم‌بندی نمایید و هر کدام از روش‌ها را شرح دهید.

دانش افزایی

فرایندهای تغییر در ترکیب شیمیایی:

کربوره کردن:

برای تدریس این قسمت ابتدا برای هنرجویان شرح دهید که برای ساخت قطعه‌ای با مغز نرم و سطح سخت از این قانون که فولادهای دارای کمتر از $0/3$ درصد کربن در موقع سخت کاری سختی نمی‌گیرند استفاده می‌کنند. بدین منظور ابتدا قطعه مورد نظر را از جنس فولاد کم کربن (CK15) انتخاب می‌کنند تا مغز قطعه نرم باقی بماند و سپس برای سخت کردن قسمت سطح آن فولاد مورد نظر را در دمای بالا در یک محیط کربن ده قرار می‌دهند تا کربن به سطح فولاد نفوذ کند و غلظت کربن در سطح افزایش یابد (ناگفته نماند که به هنرجویان شرح دهید که نفوذ کربن تابع زمان و دما می‌باشد و بیشترین عمق نفوذ $1/5$ میلی‌متر می‌باشد تا هنرجو فکر نکند کربن به کل قطعه نفوذ می‌کند). حال اگر قطعه مزبور را سخت کنیم در سطح مارتنزیت تشکیل شده و بنابراین از سختی زیاد برخوردار خواهد بود. در حالی که مغز آن که همان درصد کم کربن اولیه ($0/15$ درصد) را دارا است از تافنس خوبی برخوردار خواهد بود (قبلاً توضیح داده شده که اگر درصد

کربن فولاد کمتر از $\frac{3}{100}$ درصد باشد سختی نمی گیرد و به همین دلیل هنگام سخت کاری چون میزان کربن در سطح به $\frac{1}{2}$ می رسد مارتنزیت تشکیل می شود و سطح سخت می شود ولی مغز قطعه چون داری $\frac{15}{100}$ درصد کربن می باشد سخت نمی شود). به این ترتیب قطعه ای ساخته می شود که مغز آن را فولاد کم کربن و سطح آن را فولاد پر کربن تشکیل می دهد. حال برای هنرجویان شرح دهید که سه روش برای کربن دهی به سطح فولاد کم کربن وجود دارد ۱- کربن دهی جامد ۲- کربن دهی مایع ۳- کربن دهی گازی



فولاد مناسب برای کربن دهی

از هنرجویان بخواهید ترکیب شیمیایی فولاد سماتنه ۷۱۳۱ و ۱۱۴۱ را از کتاب همراه هنرجو استخراج کرده و درباره آن بحث و گفتگو نمایند.

کربوره کردن جامد: برای تدریس این بخش ابتدا به هنرجویان شرح دهید که مواد کربن ده در این روش جامد می باشد و سپس مخلوط مواد کربن ده که در جدول شماره ۵ کتاب آورده شده را شرح دهید و توضیح دهید که مواد انرژی زا به چه منظور به ترکیب زغال افزوده می شود. و همچنین در مورد اندازه پودر زغال و همچنین مواد انرژی زا بحث نمایید و شرح دهید که از اندازه ذرات چه تأثیری در روند کربن دهی خواهند داشت. سپس از هنرجویان بپرسید به نظر شما قطعات فولادی را چگونه داخل مواد کربن ده قرار دهیم و پس از شنیدن نظرات هنرجویان نحوه چیدمان قطعات در داخل جعبه سمانتاسیون و فاصله قطعات نسبت به یکدیگر در داخل جعبه سماتنه را توضیح دهید و بگویید اگر این فاصله کم یا زیاد باشد چه مشکلاتی خواهند داشت و همچنین از هنرجویان بپرسید قطعاتی که در مرکز جعبه سماتنه قرار دارند با قطعاتی که در کناره های جعبه سماتنه دارند چه تفاوتی خواهند داشت و شکل جعبه سماتنه را بر چه اساسی انتخاب می نمایند.

مکانیزم کربوراسیون جامد: در این قسمت ابتدا از هنرجویان بپرسید کربن چگونه به سطح قطعه نفوذ می کند و در هر ساعت کربن چند میلی متر به سطح قطعه نفوذ می کند و آیا افزایش دما و زمان عملیات کربن دهی تأثیری در روند نفوذ کربن خواهند داشت و پس از شنیدن نظرات هنرجویان به ترتیب به سؤال ها پاسخ دهید.

تأثیر دما در کربن دهی: سرعت نفوذ کربن با بالا رفتن درجه حرارت شدیداً افزایش می یابد. سرعت نفوذ کربن در دمای ۹۲۵ درجه سانتی گراد حدود ۴ درصد بیشتر از دمای ۸۷۰ درجه سانتی گراد می باشد؛ یعنی در دمای ۸۷۰ درجه عمق نفوذ کربن $\frac{1}{4}$ میلی متر است در صورتی که برای همان زمان در دمای ۹۲۵

درجه سانتی گراد عمق نفوذ ۰/۸۳ میلی متر به دست می آید.

تأثیر زمان در کربن دهی: تغییرات عمق نفوذ بر حسب زمان به صورت خط راست نیست بلکه شبیه تابع درجه ۲ است. یعنی سرعت نفوذ کربن با طولانی شدن زمان عملیات کند می شود. برای مثال برای اینکه عمق نفوذ نسبت به زمان t دو برابر شود باید زمان عملیات تقریباً ۴ برابر افزایش یابد.

فعالیت
کارگاهی ۱۰



سخت کردن سطحی فولاد به روش کربن دهی جامد

برای انجام این عملیات ابتدا به هنجریان شرح دهید که سرعت کربن دهی در این روش معمولاً پایین است و همچنین به دلیل اینکه قطعات به آرامی داخل جعبه سمانتاسیون خنک می شوند برای سخت کاری، قطعات مجدداً باید گرم شوند یک روش زمان بر می باشد و درصنعت به ندرت استفاده می گردد و معمولاً در قطعات با عمق نفوذ بالا از این روش استفاده می کنند و همچنین یکی از محدودیت های این روش عدم کنترل دقیق عمق نفوذ کربن می باشد. پس از توضیح موارد فوق هنجریان را به کارگاه برده ابتدا ترکیب مواد کربن ده را مطابق جدول کتاب توزین کرده و مخلوط نمایید و سپس به هنجریان نحوه قرار دادن نمونه ها را در جدول سمانته و کوبش مواد کربن ده را شرح دهید و حتماً اشاره کنید که اگر مقدار کوبش کم باشد کربن به خوبی به سطح قطعه نفوذ نمی کند. همچنین فاصله بین نمونه ها رعایت شود تا سختی غیر یکنواخت به دست نیاید و در آخر باید تمامی درزهای جعبه با خاک رس بسته شوند تا گازهای کربن ده خارج نشوند. کوره را روشن نموده به دمای ۹۵۰ درجه سانتی گراد تنظیم نمایید و جعبه سمانته را داخل کوره قرار دهید و به هنجریان توضیح دهید که در این روش به ازای یک ساعت معمولاً ۰/۱ میلی متر نفوذ کربن را داریم. در این روش اگر قطعات به طور مستقیم بعد از انجام نفوذ کربن از دمای بالا کولنج شوند امکان شکسته شدن آنها در ضمن سرد شدن (افزایش اندازه دانه های آستنیت) یا کاهش سختی بسیار زیاد است. به همین دلیل قطعات به آرامی داخل جعبه سرد می شوند. و پس از سرد شدن نمونه ها بقیه مراحل را مطابق کتاب اجرا نموده و سختی سطح و مغز را اندازه گیری نمایید. و به هنجریان بفرمایید که جداول موجود در کتاب را کامل و به پرسش های پایانی پاسخ دهند. و همچنین می توانید هنجریان را به آزمایشگاه متالوگرافی برده و پس از آماده سازی سطح زیر میکروسکوپ عمق نفوذ کربن را اندازه گیری نمایید.

خود ارزیابی توسط هنرجو

خیبر	بلی	مؤلفه‌های خودارزیابی
		تفاوت سخت‌کاری حجمی و سطحی را می‌شناسم.
		دلایل سخت‌کاری سطحی قطعات را می‌دانم.
		روش‌های سخت‌کاری سطحی را می‌دانم.
		فولادهای مناسب جهت کربوره کردن را می‌شناسم.
		نحوه قرار دادن قطعات در جعبه سمانته و کوبش مواد کربن ده را انجام می‌دهم.
		کربن‌دهی به روش جامد را در جعبه سمانته انجام می‌دهم.
		مزایا و محدودیت کربن‌دهی به روش جامد را می‌دانم.
		در حفاظت از ابزار و دستگاه جدید دارم.
		نکات ایمنی حفاظتی و بهداشتی را انجام می‌دهم.
		تعداد جواب‌های بلی

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه های ارزشیابی
	تفاوت سخت کاری حجمی و سطحی را می شناسد.
	دلایل سخت کاری سطحی قطعات را می داند.
	روش های سخت کاری سطحی را می داند.
	فولادهای مناسب جهت کربوره کردن را می شناسد.
	نحوه قرار دادن قطعات در جعبه سمانته و کوبش مواد کربن ده را انجام می دهد.
	کربن دهی به روش جامد را در جعبه سمانته انجام می دهد.
	مزایا و محدودیت کربن دهی به روش جامد را می داند.
	در حفاظت از ابزار جدید دارد.
	نکات ایمنی حفاظتی را انجام می دهد.
	به اخلاق حرفه ای آگاهی دارد.
	صحت خودارزیابی هنرجو
	میزان مؤثر بودن در کار گروهی
	نمره خودارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه بیست و یکم: کربوره کردن مایع سخت کاری سطحی به کمک عملیات حرارتی موضعی - سخت کردن شعله‌ای ابزارهای دستی فولادی

واحد یادگیری: سخت کاری سطحی

برای تدریس این قسمت ابتدا مطالب جلسات گذشته را یادآور شده و محدودیت روش کربن دهی جامد را به هنرجویان شرح دهید. سپس مزایای کوره‌های حمام نمک و ترکیب حمام نمک و اینکه سیانید سدیم عامل کربن زا می‌باشد را طبق مطالب مدون شده در کتاب توضیح دهید.

دانش افزایی

مزایا و محدودیت روش کربن دهی به روش مایع:

دو مزیت اصلی این نوع کربن دهی مشهود است: ۱- کربن دهی موضعی بدون توقف روند عملیات است. برای مثال با استفاده از فیکسچر مناسبی می‌توان قسمت انتهایی شفت یا قطعه را در نمک فروبرده و بعد از انجام کربن دهی آن را سریع سرد کرد. این حالت در روش‌های دیگر امکان پذیر نیست. ۲- کربن دهی قطعات مختلف به طور هم‌زمان امکان پذیر است. در این روش می‌توان قطعاتی با شکل و اندازه‌های مختلف و عمق نفوذ متفاوت را عملیات نمود. یکی از معایب کربن دهی مایع ضرورت شستشوی بعد از کوئنچ است. دیگر اینکه نمک چسبیده به قطعات گرم موجب آلودگی حمام کوئنچ می‌شود. برای قطعاتی که دارای سوراخ‌های کوچک و سطوح شیاردار هستند به دلیل مشکلاتی که در تمیز کردن آنها وجود دارد، این روش توصیه نمی‌شود.

کربوره کردن مایع در کوره حمام نمک

برای تدریس این بخش ابتدا تجهیزات و ابزار موردنیاز ذکر شده در کتاب را آماده نمایید و سپس فعالیت را طبق مراحل گفته شده در کتاب به ترتیب اجرا نمایید. و در حین انجام فعالیت نکات ایمنی و فنی را برای هنرجویان متذکر شوید. پس از پایان انجام فعالیت از هنرجویان بخواهید جداول درج شده کتاب را کامل و به پرسش‌های پایانی پاسخ دهند.

فعالیت
کارگاهی ۱۱



کربن دهی گازی:

در این قسمت بهتر است فیلمی در مورد کربن دهی قطعات فولادی به روش گازی را تهیه کنید و برای هنرجویان به نمایش بگذارید. سپس مزایا و محدودیت دو

روش قبلی کربن‌دهی مایع و کربن‌دهی گازی را برای هنرجویان شرح دهید و سپس توضیح دهید که اکنون کوره‌های کربن‌دهی گازی بیشترین کاربرد را در صنعت کنونی دارد و این روش به عنوان اقتصادی‌ترین و سریع‌ترین روش برای تولید انبوه شناخته شده است و در این روش می‌توان کنترل دقیقی روی عمق نفوذ کربن داشت. سپس گازهای مورد استفاده در این کوره‌ها را طبق مطالب مدون شده در کتاب شرح دهید.

سخت کردن شعله‌ای: قبل از تدریس سخت کردن شعله‌ای ابتدا مطالب جلسات گذشته (روش‌های سخت کردن سطحی) را به هنرجویان یادآوری کنید و سپس از هنرجویان بپرسید اگر بخواهیم بدون تغییر ترکیب شیمیایی سطح فولاد یا بدون کربن‌دهی، قسمتی از سطح فولاد را سخت کنیم چگونه می‌توان این کار را انجام داد و چه فولادهایی برای این کار مناسب هستند و همچنین بپرسید اگر بخواهیم قسمتی از سطح را به‌طور موضعی سخت کنیم چه روشی را پیشنهاد می‌کنید و سپس شروع به تشریح عملیات حرارتی موضعی نمایید و روش‌های آن را شرح دهید و ابزار و قطعاتی مانند میل لنگ، میل بادامک و پیچ گوشتی را که توسط این روش سخت کاری می‌شوند برای هنرجویان نام ببرید.

دانش افزایی

سخت کاری سطحی به کمک عملیات حرارتی موضعی: در این روش مغز و سطح قطعه دارای ترکیب شیمیایی یکسان بوده و تنها عملیات حرارتی سخت کردن است که در سطح متمرکز می‌شود. از آنجایی که سطح باید به اندازه کافی کربن جهت سخت شدن داشته باشد این عملیات معمولاً بر روی فولادهای کربنی که ۰/۵ تا ۰/۳۵ درصد کربن داشته باشند، اعمال می‌شود. همچنین فولادهای کم آلیاژ را که دارای حداکثر ۱ درصد کرم و در حدود ۰/۲۵ درصد مولیبدن و ۰/۵ درصد نیکل باشند، از این طریق سخت کاری سطحی می‌کنند. در این روش تنش‌های فشاری حاصل از مارتنزیت شدن لایه سطحی استحکام خستگی قطعه را افزایش می‌دهد. برای به‌دست آوردن ساختمان و خواص مکانیکی مناسب در مغز قطعاتی که باید به روش عملیات حرارتی موضعی سخت شوند، ابتدا آنها را کوئنچ و تمپر کرده و یا نرماله می‌کنند. سپس با حرارت دادن موضعی سطح قطعات را آستنیته و بلافاصله کوئنچ می‌کنند. بنابراین در حالی که درصد کربن قطعه در تمام نقاط ثابت و در حدود ۰/۴ درصد است مغز قطعه مارتنزیت تمپر شده و یا مخلوطی از فریت و پرلیت با تافنس ضربه خوب بوده و سطح آن مارتنزیت با سختی نسبتاً

بالا می‌باشد. سطح و مغز در قطعات فوق معمولاً توسط یک لایه بینیتی از یکدیگر جدا شده و به این ترتیب احتمال پوسته شدن را به نحو قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. عملیات سخت کردن سطح به کمک حرارت دادن موضعی به دو روش امکان پذیر است: یکی سخت کردن شعله‌ای و دیگری سخت کردن القایی.

سخت کردن شعله‌ای ابزارهای دستی فولادی

پس از تشریح سخت کاری شعله‌ای مطابق مطالب تدوین شده در کتاب هنرجویان را به کارگاه برده و یک میله فولادی را انتخاب نموده و طبق فعالیت بقیه مراحل را به ترتیب انجام دهید.

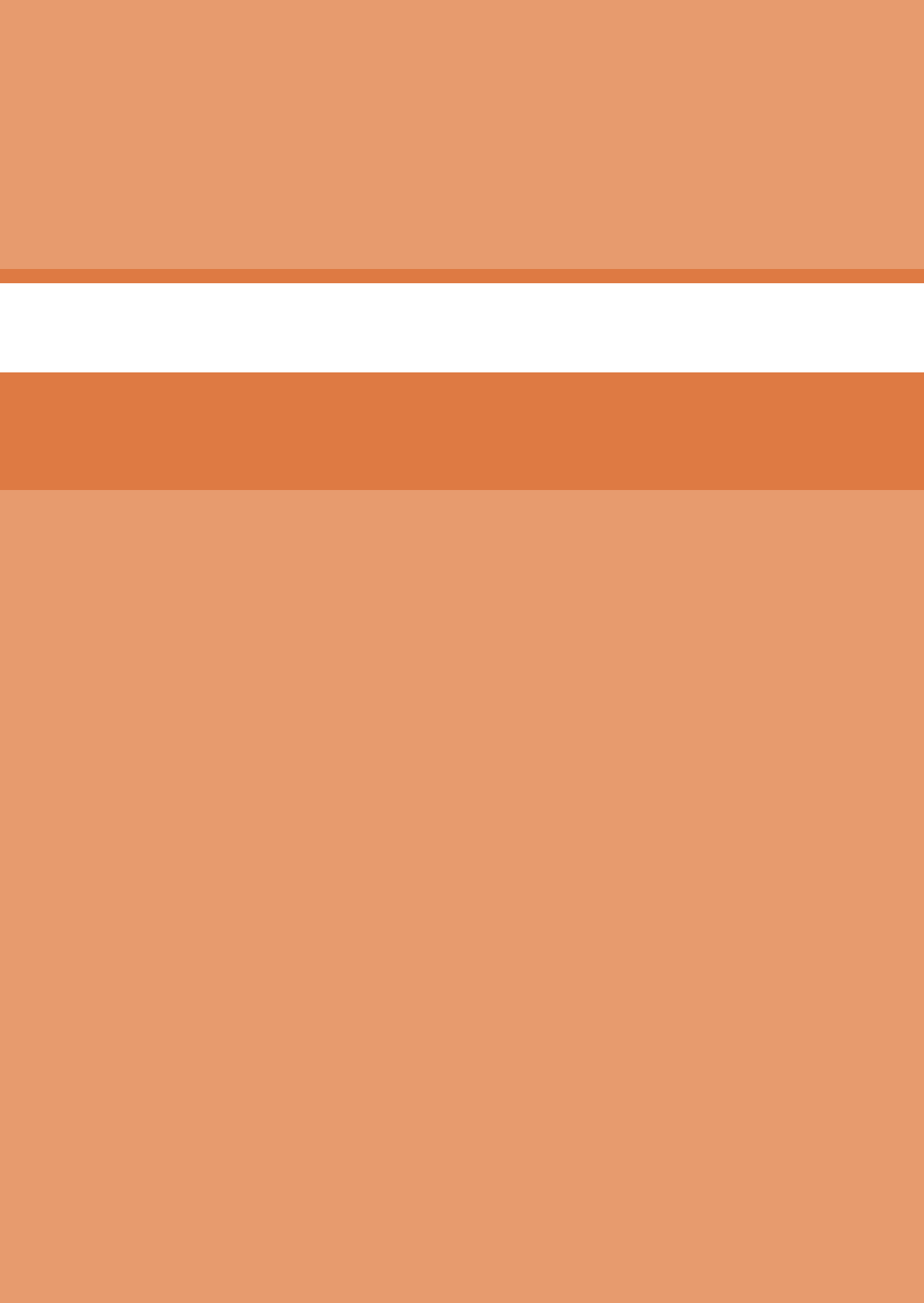
سخت کردن القایی: قبل از توضیح این قسمت بهتر است یک فیلم از روش اینداکشن تهیه نموده و به هنرجویان نشان دهید و سپس به هنرجویان شرح دهید که کوپل‌های القایی با توجه به شکل قطعه مورد نظر انتخاب می‌شوند. و در حال حاضر این روش بیشترین کاربرد را در سخت کاری موضعی در صنعت دارد.

فعالیت
کارگاهی ۱۲



خود ارزیابی توسط هنرجو		
خیر	بلی	مؤلفه‌های خود ارزیابی
		مزایا و محدودیت روش کربن دهی به روش مایع را می‌دانم.
		ابزار و تجهیزات مورد نیاز برای کربن دهی مایع را می‌شناسم.
		کربن دهی به روش مایع را انجام می‌دهم.
		روش‌های سخت کاری موضعی را می‌شناسم.
		مزایای کربن دهی به روش گازی را می‌دانم.
		سخت کاری سطحی به روش شعله‌ای را انجام می‌دهم.
		نحوه سخت کاری به روش اینداکشن را می‌دانم.
		در حفاظت از ابزار و دستگاه جدید دارم.
		نکات ایمنی حفاظتی و بهداشتی را انجام می‌دهم.
		تعداد جواب‌های بلی

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	مزایا و محدودیت روش کربن‌دهی به روش مایع را می‌داند.
	ابزار و تجهیزات مورد نیاز برای کربن‌دهی مایع را می‌شناسد.
	کربن‌دهی به روش مایع را انجام می‌دهد.
	روش‌های سخت‌کاری موضعی را می‌شناسد.
	مزایای کربن‌دهی به روش گازی را می‌داند.
	سخت‌کاری سطحی به روش شعله‌ای را انجام می‌دهد.
	نحوه سخت‌کاری به روش اینداکشن را می‌داند.
	در حفاظت از ابزار جدید دارد.
	نکات ایمنی حفاظتی را انجام می‌دهد.
	به اخلاق حرفه‌ای آگاهی دارد.
	صحت خود ارزشیابی هنرجو
	میزان مؤثر بودن در کار گروهی
	نمره خود ارزشیابی هنرجو
	جمع



فصل ۴

عملیات حرارتی آنیل و نرماله

جلسه بیست و دوم: آنیل فولادها - آنیل کامل - آنیل هم‌دما

واحد یادگیری: عملیات حرارتی آنیل

مقدمه:

جهت تدریس این بخش ابتدا هنرجویان را به کلاس تئوری برده و توضیحاتی در رابطه با انواع روش‌های عملیات حرارتی به آنها بدهید. سپس از آنها بپرسید که آیا می‌توان انواع روش‌های عملیات حرارتی را تقسیم‌بندی کرد؟ اگر می‌توان تقسیم‌بندی کرد به نظر شما چگونه می‌توان تقسیم‌بندی کرد؟

پس از شنیدن پاسخ هنرجویان خودتان به‌طور کامل به سؤال مطرح شده پاسخ داده و توضیحات لازم را بدهید.

سپس در رابطه با عملیات حرارتی آنیل، انواع آن، دلایل انجام آن، وسایل و تجهیزات مورد نیاز برای انجام این عملیات توضیحات لازم و کافی را داده و از هنرجویان بخواهید با مراجعه به کتاب درسی چند نمونه از قطعاتی که روی آنها عملیات آنیل انجام می‌شود را به شما معرفی کنند.

دانش افزایی

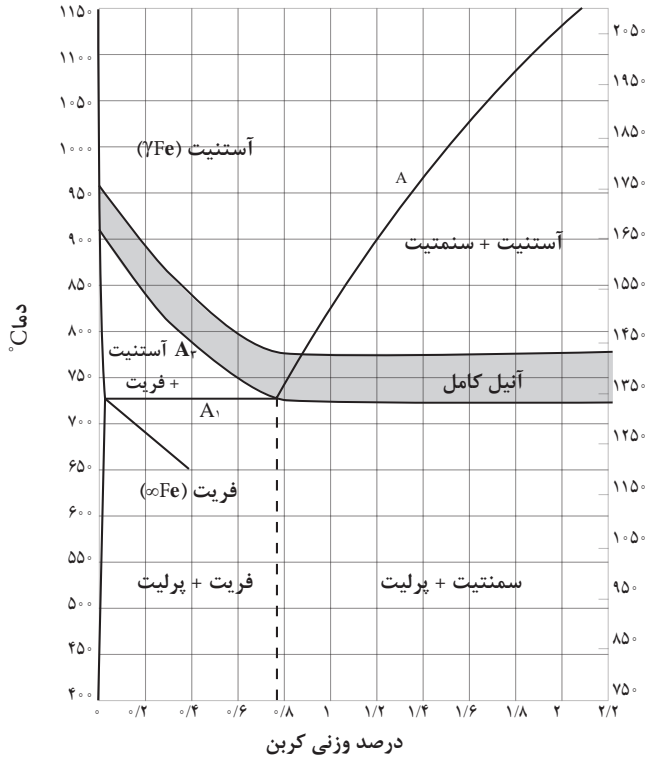
آنیل کردن:

در برخی از پروسه‌های عملیات حرارتی فولادها هدف به‌دست آوردن میکروساختاری تماماً شامل فریت و سمنتیت (ولی با توزیع‌های متفاوت) است. این میکرو ساختارها اکثراً به کمک حرارت دادن فولاد در دماهای نسبتاً بالا و یا برای مدت زمان طولانی و سپس سرد کردن آهسته تا دمای اتاق به‌دست می‌آیند. از جمله خواص مورد نظر در این عملیات عبارت‌اند از: بهبود انعطاف‌پذیری، کاهش تنش‌های داخلی و باقیمانده از عملیات قبلی، بهبود قابلیت ماشین و ایجاد یکنواختی در میکروساختار.

آنیل کامل:

آنیل کامل عبارت است از حرارت دادن فولاد در گستره دمایی نشان داده شده در شکل ۱ و سپس سرد کردن آهسته معمولاً در کوره است. همان‌طور که از این شکل مشاهده می‌شود گستره دمایی تابع درصد کربن فولاد است. به‌طور کلی در عملیات آنیل کامل، فولادهای هیپوپوتکتوئید در ناحیه تک‌فازی آستنیت و فولادهای هیپریوتکتوئید را در ناحیه دو فازی آستنیت - سمنتیت حرارت

می‌دهند. هدف از آستنیت‌کردن فولادهای هیپر یوتکتوئید در ناحیه دو فازی آستنیت - سمنتیت عبارت است از شکستن شبکه پیوسته سمنتیت مرز دانه‌ای و تبدیل آن به ذرات ریز کرووی شکل و مجزا از یکدیگر است.



شکل ۱- گستره دمایی مربوط به آنیل کامل در دیگرام آهن - کربن

سرد کردن آهسته که معادل سرد کردن در کوره است باعث می‌شود که در ضمن عبور از خطوط A_1 و A_3 ابتدا فریت و سپس پرلیت از آستنیت به وجود آید. به علت آهسته سرد شدن، فریت تشکیل شده دارای دانه‌های درشت و هم محور بوده و پرلیت دارای فاصله بین لایه‌ای نسبتاً زیاد (پرلیت خشن یا درشت) است. اثر آنیل کامل بر خواص مکانیکی فولاد، کاهش سختی و استحکام و افزایش انعطاف پذیری فولاد است.



آنیل کامل

جهت انجام این فعالیت ابتدا هنرجویان را به کارگاه عملیات حرارتی برده و پس از ذکر نکات ایمنی و زیست‌محیطی، نحوه استفاده از وسایل و تجهیزات مورد نیاز و مراحل انجام آزمایش را به‌طور کامل برای آنها شرح داده و سپس آنها را گروه‌بندی کنید تا با نظارت هنرآموز یا استادکار مربوطه فعالیت را مطابق مراحل آورده شده در کتاب درسی انجام داده و نتیجه را به همراه پاسخ‌های تحلیلی به بحث گروهی گذاشته و به‌صورت گزارش کار به هنرآموز خود ارائه نمایند.



هنرآموز محترم توجه داشته باشید که هنرجویان در حین انجام آزمایش تمامی نکات ایمنی و زیست‌محیطی آورده در کتاب درسی را رعایت نمایند.

آنیل هم‌دما: جهت تدریس این بخش هنرجویان را به کلاس تئوری برده و در رابطه با آنیل هم‌دما توضیحاتی را ارائه کرده، سپس از هنرجویان سؤالاتی در رابطه با کاربردها و تفاوت‌های آنیل هم‌دما با آنیل کامل پرسیده و پس از شنیدن پاسخ آنها خودتان توضیحات تکمیلی را داده و سپس در رابطه با وسایل و تجهیزات مورد نیاز و نحوه اجرای آن توضیحات کامل را به هنرجویان ارائه کنید.

دانش‌افزایی

عملیات آنیل هم‌دما شامل حرارت دادن فولاد در دو دمای مختلف است، ابتدا آستنیت‌ه کردن که در همان گستره دمایی مربوط به آنیل کامل انجام می‌شود و سپس سرد کردن سریع تا دمای دگرگونی (زیر خط A_1) و نگه‌داشتن به مدت زمان کافی جهت انجام دگرگونی. پس از پایان دگرگونی، می‌توان فولاد را با هر آهنگ سرد شدن دلخواهی سرد کرد. زمان لازم برای آنیل هم‌دما در مقایسه با آنیل کامل به مراتب کمتر است، در حالی که سختی نهایی کمی بیشتر خواهد بود. همانند آنیل کامل، میکروساختار حاصل از آنیل هم‌دما در فولادهای هیپوئوتکتوئید، یوتکتوئید و هیپرئوتکتوئید به ترتیب عبارت است از فریت - پرلیت، پرلیت و پرلیت - سمنتیت است ولی پرلیت حاصل نسبتاً ظریف تر و درصد فریت و سمنتیت پروئوتکتوئید تا حدودی کمتر است. از جمله موارد کاربرد آنیل هم‌دما در رابطه با فولادهای آلیاژی است که دارای سختی پذیری بالایی هستند.

فعالیت
کارگاهی ۲



آشنایی با آنیل هم دما

جهت اجرای این فعالیت هنرجویان را به کارگاه عملیات حرارتی برده و همانند فعالیت آنیل کامل پس از توضیحات لازم و کافی در رابطه با نکات ایمنی و زیست محیطی و نحوه انجام فعالیت هنرجویان را گروه‌بندی کنید تا با نظارت هنرآموز و یا استادکار مربوطه فعالیت را مطابق مراحل آورده شده در کتاب انجام داده و نتیجه را به همراه پاسخ‌های تحلیلی به بحث گروهی به صورت گزارش کار به هنرآموز خود ارائه نمایند.

نکته



هنرآموز محترم توجه داشته باشید که هنرجویان در حین انجام آزمایش تمامی نکات ایمنی و زیست محیطی آورده در کتاب درسی را رعایت نمایند.

جلسه بیست و سوم: آنیل کروی سازی – آنیل تنش زدایی – آنیل چدن

واحد یادگیری: عملیات حرارتی آنیل

مقدمه:

جهت تدریس این بخش ابتدا هنرجویان را به کلاس تئوری برده و در رابطه با کاربردهای آنیل کروی، آنیل تنش زدایی و آنیل چدن‌ها توضیحات لازم و کافی را داده سپس نحوه انجام هر کدام از این عملیات‌ها را به همراه نمایش فیلم به هنرجویان آموزش دهید.

دانش افزایی

آنیل کروی سازی: انعطاف‌پذیرترین و نرم‌ترین شرایط در هر فولاد مربوط به میکروساختاری شامل سمنتیت کروی توزیع شده به‌طور یکنواخت در زمینه فریتی می‌شود. سمنتیت کروی پایدارترین میکروساختار موجود در فولادها است که با حرارت دادن فولاد در مدت زمان مناسب در گستره دمایی نشان داده شده در شکل ۴ کتاب درسی به دست می‌آید. از آنجایی که کروی کردن سمنتیت مستلزم نفوذ است، دما و زمان عملیات باید طوری انتخاب شوند که نفوذ به بهترین وجه انجام گرفته و در نتیجه در کوتاه‌ترین مدت بیشترین درصد سمنتیت کروی شود. آهنگ کروی شدن سمنتیت، بستگی به میکروساختار اولیه فولاد و همچنین نحوه

عملیات حرارتی کرووی کردن دارد. از نظر میکروساختاری، پرلیت بیشترین زمان را برای کرووی شدن نیاز دارد و در بین میکروساختارهای مختلف پرلیتی، زمان لازم برای کرووی شدن به ترتیب از پرلیت خشن به پرلیت متوسط و سپس پرلیت ظریف کاهش می‌یابد. اگر کاربیدهای اولیه به شکل ذرات ریز و مجزا از یکدیگر (بینیت) باشند، کرووی شدن بسیار سریع‌تر خواهد بود. اگر ساختار اولیه مارتنزیت باشد کرووی شدن حتی سریع‌تر خواهد شد. لازم به ذکر است که چون عناصر آلیاژی باعث کاهش آهنگ نفوذ کربن در فاز آستنیت می‌شوند لذا وجود آنها در ترکیب آستنیت باعث کاهش آهنگ کرووی شدن می‌گردد. به‌طور کلی روش‌های متفاوتی برای فرایند کرووی کردن به کار می‌رود که مهم‌ترین آنها در کتاب درسی آورده شده است.

آنیل کرووی‌سازی

این فعالیت را نیز همانند فعالیت‌های قبلی پس از گروه بندی، هنرجویان زیر نظر هنرآموز یا استادکار مربوطه مطابق با مراحل آورده شده در کتاب درسی انجام داده و نتیجه را به همراه پاسخ‌های تحلیلی به فعالیت به صورت گزارش کار به هنرآموز خود تحویل دهند.

فعالیت
کارگاهی ۳



نکته



هنرآموز محترم توجه داشته باشید که هنرجویان در حین انجام آزمایش تمامی نکات ایمنی و زیست محیطی آورده در کتاب درسی را رعایت نمایند.

آنیل تنش زدایی: با توجه به اینکه برای این قسمت فعالیت عملی در نظر گرفته نشده است لذا پیشنهاد می‌شود که هنرآموزان محترم جهت تدریس این بخش هنرجویان را به کلاس تئوری برده و در رابطه با علل ایجاد تنش در قطعات صنعتی و نحوه تنش‌گیری آنها توضیحاتی را به صورت تئوری به همراه نمایش فیلم به هنرجویان ارائه دهند.

دانش افزایی

برخی از عملیات حرارتی و یا مکانیکی، در قطعات ایجاد تنش‌های داخلی می‌کند که می‌تواند مخرب بوده و بر عملکرد قطعات مزبور تأثیر نامطلوب گذارد. تنش‌های داخلی حاصل ممکن است منجر به تاب برداشتن، ترک خوردن و یا انهدام قطعات در تنش‌هایی به مراتب کمتر از سطح تنش طراحی شده برای آنها شود، از جمله منابع تنش‌های داخلی عبارت‌اند از:

الف) غیریکنواخت سرد شدن نقاط مختلف در ضمن کاهش دما از منطقه آستنیت.
ب) ماشین کاری و کار سرد

ج) جوش کاری

برای حذف یا کاهش تنش‌های باقیمانده از عملیات قبلی، قطعات مورد نظر را برای زمان مشخص در دمایی زیر درجه حرارت بحرانی A_1 حرارت می‌دهند. زمان حرارت دادن بستگی به ابعاد قطعه و درجه حرارت تنش‌گیری دارد. هرچه درجه حرارت تنش‌گیری بالاتر انتخاب شود زمان لازم برای انجام کامل عملیات کمتر است. معمولاً حرارت دادن یا سرد کردن برای رفع تنش باید خیلی آهسته انجام گیرد.

آنیل چدن: جهت تدریس این بخش پیشنهاد می‌شود هنجویان را به کلاس تئوری برده و جهت یادآوری انواع چدن‌ها را برای آنها به‌طور مختصر شرح داده و سپس سؤالاتی در رابطه با عملیات حرارتی چدن‌ها از آنها بدین صورت بپرسید:

■ آیا چدن‌ها را نیز مانند فولادها می‌توان عملیات حرارتی کرد؟

■ چه عملیات حرارتی را می‌توان بر روی چدن‌ها انجام داد؟

■ چه تفاوت‌هایی بین عملیات حرارتی چدن‌ها و فولادها می‌تواند وجود داشته باشد؟ پس از شنیدن پاسخ هنجویان خودتان توضیحات تکمیلی را در رابطه با سؤالات فوق به هنجویان داده و چند نمونه از قطعات چدنی را که تحت عملیات حرارتی مختلف قرار می‌گیرند را برای آنها نام ببرید.

دانش افزایی

هدف از آنیل کردن چدن‌ها عبارت است از حرارت دادن قطعه در دمایی بالاتر از درجه حرارت بحرانی (A_1) و سپس آهسته سرد کردن (معمولاً در کوره) به منظور کاهش سختی و استحکام و افزایش انعطاف‌پذیری آن. تفاوت عمده‌ای که بین نتایج حاصل از آنیل کردن فولادها و آنیل کردن چدن‌ها وجود دارد عبارت است از: تجزیه سمنتیت در چدن‌ها، به نحوی که ساختمان میکروسکوپی آنیل شده آنها می‌تواند شامل فریت و گرافیت باشد. روش‌های مختلفی برای آنیل کردن چدن‌ها وجود دارد که برخی از آنها در کتاب درسی به تفصیل آورده شده است.

فعالیت کارگاهی ۴



آنیل فریتی

هنرجویان این فعالیت را نیز همانند فعالیت‌های قبلی پس از گروه‌بندی، زیر نظر هنرآموز یا استادکار مربوطه مطابق با مراحل آورده شده در کتاب درسی انجام داده و نتیجه را به همراه پاسخ‌های تحلیلی به فعالیت به‌صورت گزارش کار به هنرآموز خود تحویل دهند.

- ۱ هنرآموزان محترم توجه داشته باشید که برای نتیجه‌گیری بهتر حتماً از نمونه‌های چدن خاکستری پرلیتی برای انجام فعالیت استفاده نمایید.
- ۲ هنرآموزان محترم توجه داشته باشید که هنرجویان در حین انجام آزمایش تمامی نکات ایمنی و زیست محیطی آورده شده در کتاب درسی را رعایت نمایند.



جلسه بیست و چهارم: نرماله کردن فولاد

واحد یادگیری: عملیات حرارتی نرماله

مقدمه:

جهت تدریس این بخش پیشنهاد می‌شود ابتدا هنرجویان را به کلاس تئوری برده و در رابطه با عملیات حرارتی نرماله، کاربردهای آن و لزوم انجام آن بر روی قطعات صنعتی توضیحاتی را داده و سپس از هنرجویان بخواهید که در رابطه با تفاوت‌های عملیات حرارتی آنیل و نرماله به صورت گروهی بحث کرده و نتیجه را به شما ارائه دهند. پس از دریافت جواب هنرجویان خودتان توضیحات تکمیلی را در رابطه با عملیات نرماله، وسایل و تجهیزات مورد نیاز و نحوه اجرای آن به همراه نمایش فیلم به هنرجویان توضیح دهید.

دانش افزایی

نرماله کردن یکی دیگر از انواع روش‌های عملیات حرارتی است که میکروساختار حاصل همانند آنیل کردن شامل پرلیت، مخلوطی از پرلیت - فریت و یا مخلوطی از پرلیت و سمنتیت (بستگی به ترکیب شیمیایی فولاد) است. در نرماله کردن، دمای آستنیت‌ه کردن برای فولادهای هیپوپوتکتوئید کمی بالاتر از گستره دمایی مربوط به آنیل کردن است، در حالی که برای فولادهای هیپریپوتکتوئید از گستره دمایی حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد بالای خط Ac_m استفاده می‌شود. (شکل ۸ کتاب درسی). برخلاف آنیل کامل که قطعات در کوره سرد می‌شوند، در عملیات نرماله کردن قطعات پس از آستنیت‌ه شدن در هوا سرد می‌شوند. یکی دیگر از اهداف مهم نرماله کردن عبارت‌است از ریز کردن دانه‌های درشتی که اغلب به هنگام کار گرم در دمای بالا و یا در ضمن ریخته‌گری و انجماد به وجود آمده‌اند. بنابراین در عملیات نرماله کردن فولادهای هیپوپوتکتوئید، ابتدا آستنیتی با ساختار همگن و دانه‌های ریز به وجود می‌آید و سپس در اثر سرد شدن در هوا

به فریت و پرلیت تبدیل می‌شود. با توجه به اینکه در نرماله کردن فریت و پرلیت در دمایی کمتر و با آهنگی بیشتر از آنیل کردن تشکیل می‌شوند، اندازه دانه‌های فریت و سمنتیت و فاصله بین لایه‌ای پرلیت هر دو کاهش می‌یابند. بنابراین در مقایسه با خواص حاصل از فرایند آنیل، استحکام و سختی افزایش یافته و انعطاف‌پذیری تا حدودی کاهش می‌یابد. هرچه درصد کربن بیشتر باشد (تا حد یوکتوئید) پرلیت بیشتری تشکیل شده و در نتیجه استحکام و سختی فولاد زیادت‌ر و انعطاف‌پذیری آن کمتر می‌شود.

فعالیت کارگاهی ۵



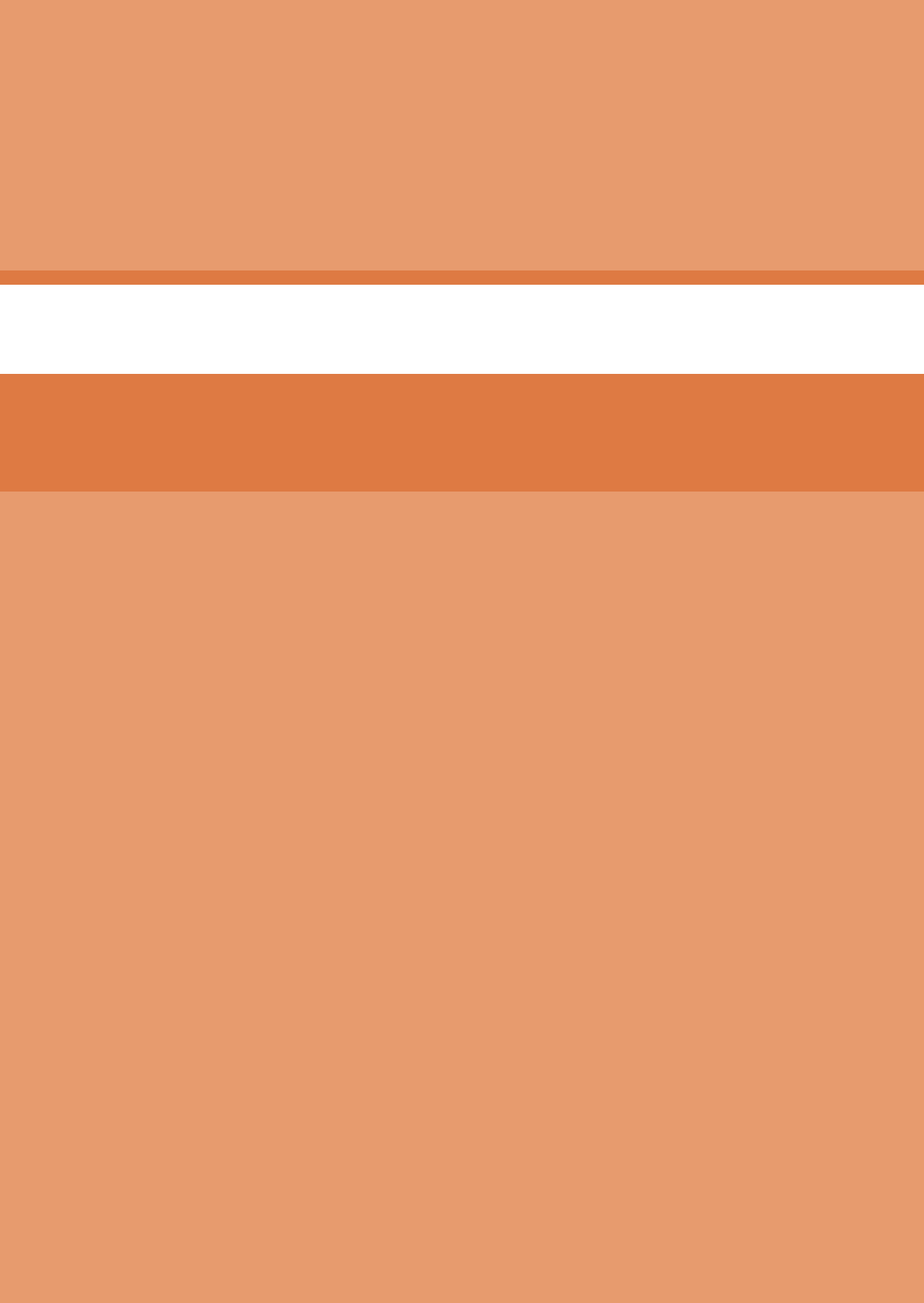
نرماله کردن فولاد

جهت انجام این فعالیت ابتدا هنرجویان را به کارگاه عملیات حرارتی برده و پس از ذکر نکات ایمنی و زیست محیطی، نحوه استفاده از وسایل و تجهیزات مورد نیاز و مراحل انجام آزمایش نرماله را به‌طور کامل برای آنها شرح داده و سپس آنها را گروه‌بندی کنید تا با نظارت هنرآموز یا استادکار مربوطه فعالیت را مطابق مراحل آورده شده در کتاب درسی انجام داده و نتیجه را به همراه پاسخ‌های تحلیلی به بحث گروهی به‌صورت گزارش کار به هنرآموز خود ارائه نمایند.

نکته



هنرآموز محترم توجه داشته باشید که هنرجویان در حین انجام آزمایش تمامی نکات ایمنی و زیست محیطی آورده شده در کتاب درسی را رعایت نمایند.



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.

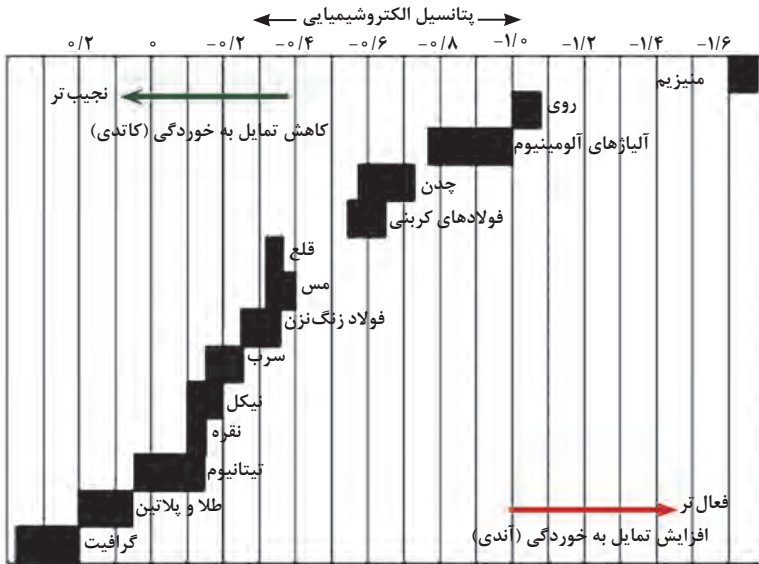
سپس با توضیحات خود، جواب صحیح را به هنرجو بدهید. این امر باعث خواهد شد که فضای رقابتی بین هنرجویان ایجاد شود به نحوی که بخواهند اطلاعات خود را به رخ یکدیگر بکشند و با هدایت شما این فضا به فضای بحث و تبادل نظر تبدیل شود.

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.



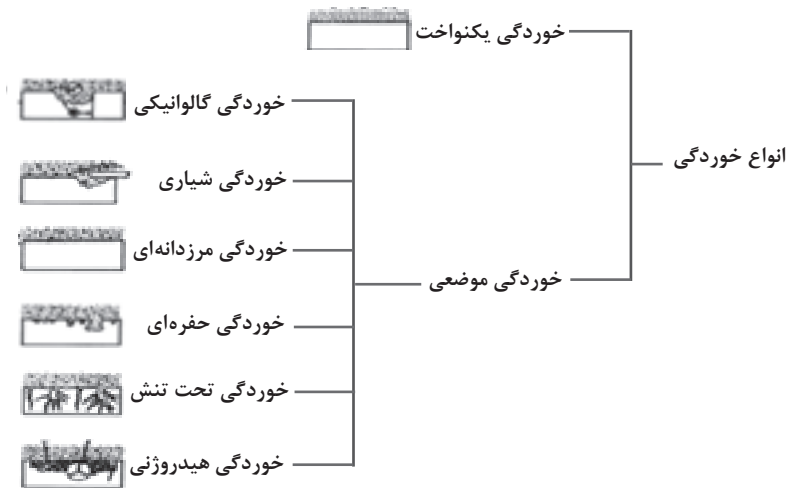
همان‌طور که ملاحظه می‌شود، فلزات و آلیاژهایی با پتانسیل الکتروشیمیایی مثبت‌تر تمایل کمتری نسبت به اکسید شدن و خوردگی دارند (نجیب‌ترند). برعکس فلزات و آلیاژهایی که در بالا و سمت راست شکل قرار دارند، دارای پتانسیل الکتروشیمیایی منفی‌تر می‌باشند؛ یعنی تمایل بیشتری به خوردگی دارند (فعال‌ترند). بنابراین چنانچه 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 نرمالیت یا مولاریته محلول غلیظ موجود در آزمایشگاه را تعیین کنیم. برای تعیین نرمالیت 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 = نرمالیت اسید یا محلول غلیظ

N_2 = نرمالیت 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 نرمالیت 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، 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 به‌صورتی 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 به‌صورت مقابل می‌باشد.

و در نهایت بعد از انجام فعالیت نمونه به‌صورت 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 به‌دست 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 به‌دست 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 شده اند که یکی از راه های جلوگیری از خوردگی در فلزات استفاده از فرایند پوشش دهی می باشد. 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 می باشد که به صورت آزمایشگاهی در مقیاس کوچک و به روش صنعتی، پوشش های مهم به صورت فعالیت عملی انجام می گیرد. ابتدای کلاس بهتر است از بحث های قبلی پودمان کمک گرفته و در یکی از روش های جلوگیری از خوردگی که، فرایند پوشش دادن می باشد 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 می شود به صورت گروهی از هنرجویان بخواهید تا درباره چند قطعه صنعتی دیگر که بر روی آنها پوشش دهی می شود 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 می توانید 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 روش های پوشش دادن را بلد هستم و می توانم تشریح نمایم.
		نحوه پوشش دادن در صنایع بزرگ را می دانم و با محیط کارگاه های پوشش دهی آشنایی دارم.
		ماهیت پوشش های فلزی، سرامیکی و پلیمری را می دانم و می دانم در چه قطعاتی بیشتر استفاده می شوند.
		با تجهیزات پوشش دادن فلزات به طور کامل آشنا هستم و نحوه کار با آنها را بلدم.
		تعداد جواب های بله

ارزشیابی توسط هنرآموز

نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	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.
	جمع

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

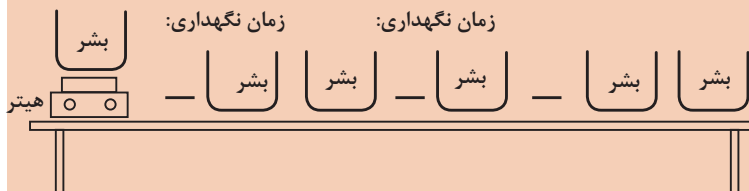
مراحل انجام کار در این فعالیت‌ها مهم می‌باشد و هر مرحله را با دقت و در جای خودش انجام دهند. بهتر است تمام بشرها را آماده کنید تمام محلول‌ها و بشرهای آبکشی را به صورت منظم و با توجه به مراحل آن در کنار هم قرار دهید مانند شکل پایین.

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.
	جمع

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 این‌رو 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 این‌رو، 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 قوی‌تر 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 پایین‌تر 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		
مؤلفه‌های خود ارزیابی	خیر	بله
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 ۱۰×۵ 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 ۵۰×۱۰۰ 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 ۵۰×۷۰ 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 – کالوانیزه 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 متفاوت تر 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 ساعتچی، احمد. ۱۳۷۲، اصول و کاربرد عملیات حرارتی فولادها و چدن‌ها، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
- ۴ تویسرکانی، حسین. ۱۳۸۸، اصول علم مواد (ساختار، خواص و مهندسی مواد)، ویرایش سوم، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۵ کمیسیون تخصصی رشته متالورژی، ۱۳۷۸، آزمایشگاه متالورژی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران
- ۶ قربانعلی، محمد، ۱۳۸۵، پوشش دادن فلزات جلد، مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف
- ۷ ساعتچی احمد، ۱۳۷۸، مهندسی خوردگی، انتشارات مرکز جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان
- 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 ارسال نمایند.

وب‌گاه: tvoccd.oerp.ir

دفترتالیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

