



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

راهنمای هنر آموز

# تکمیل کاری قطعات فلزی

رشته متالورژی

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه یازدهم دوره دوم متوسطه





## وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



راهنمای هنرآموز تکمیل کاری قطعات فلزی - ۲۱۱۹۲۰

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

حسن حامد، حسن طبیب‌زاده، امیر ریاحی، محمد معتمدی، غلامرضا خلج، اسداله

عابدی، حسن عبدالله‌زاده (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

امیر ریاحی، علیرضا آزمند، محمدتقی محمدی مهدی آباد (اعضای گروه تألیف)

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

جواد صفری (مدیر هنری) - طاهره حسن‌زاده (طراح جلد) - رضوان جهانی فریمانی

(صفحه آرا)

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌گاه: [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج -

خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰/ صندوق پستی:

۳۷۵۱۵-۱۳۹

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

چاپ اول ۱۳۹۷

نام کتاب:

پدیدآورنده:

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

مدیریت آماده‌سازی هنری:

شناسه افزوده آماده‌سازی:

نشانی سازمان:

ناشر:

چاپخانه:

سال انتشار و نوبت چاپ:

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، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز 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 الشریف)



## پودمان ۱: مدل سازی چوبی ..... ۱

### واحد یادگیری ۱: تبدیل نقشه مکانیکی به مدل سازی ..... ۲

■ جلسه اول: رسم مدل ..... ۲

■ جلسه دوم: نحوه رسم نقشه ساختمان مدل، جعبه ماهیچه و قالب گیری ..... ۱۰

■ جلسه سوم: اضافه انقباضی یا اضافه مجاز ..... ۱۲

■ جلسه چهارم: شیب مجاز ..... ۱۸

■ جلسه پنجم: مراحل تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل ..... ۲۵

### واحد یادگیری ۲: ساخت مدل چوبی ..... ۲۷

■ جلسه ششم: چوب گیری ..... ۲۷

■ جلسه هفتم: انتخاب، برش و صافکاری چوب و طرز کار با آنها ..... ۳۲

■ جلسه هشتم: مونتاژ مدل ..... ۳۳

## پودمان ۲: مدل سازی فومی ..... ۳۷

■ جلسه نهم: فوم، مزایا و معایب مدل های فومی ..... ۳۸

■ جلسه دهم: نقشه کشی روی فوم و شابلون ..... ۴۱



- جلسه یازدهم: پلاستوفوم و ابزار و تجهیزات برش و صافکاری یونولیت و طرز کار با آنها. ۴۴
- جلسه دوازدهم: انواع چسب فوم و روش های چسباندن فوم ..... ۴۸
- جلسه سیزدهم: تعیین محل های ایجاد قوس و نحوه ایجاد قوس با ابزار روی فوم ..... ۵۰

### پودمان ۳: مدل سازی فلزی ..... ۵۳

- جلسه چهاردهم: مروری بر ساخت مدل چوبی یا فومی و تبدیل آن به مدل فلزی .... ۵۴
- جلسه پانزدهم: اصول قالب گیری و ریخته گری ..... ۵۵
- جلسه شانزدهم: پرداخت کاری مدل ..... ۵۶
- جلسه هفدهم: روش تهیه مدل صفحه ای توسط ریخته گری ..... ۵۸

### پودمان ۴: تکمیل کاری ..... ۵۹

- جلسه هجدهم: تمیزکاری اولیه ..... ۶۰
- جلسه نوزدهم: پلیسه گیری ..... ۷۲
- جلسه بیستم: عملیات بلاست ..... ۷۸
- جلسه بیست و یکم: رنگ آمیزی ..... ۸۴
- جلسه بیست و دوم: عمل رنگ آمیزی ..... ۹۱



## پودمان ۵: تعمیر قطعات معیوب ریختگی..... ۹۳

### واحد یادگیری ۱: جوشکاری..... ۹۴

■ جلسه بیست و سوم: آماده‌سازی تجهیزات جوشکاری..... ۹۴

■ جلسه بیست و چهارم: تجهیزات جوشکاری قوسی..... ۱۰۴

■ جلسه بیست و پنجم: تجهیزات جوشکاری گاز..... ۱۱۰

■ جلسه بیست و ششم: آماده‌سازی قطعه کار..... ۱۱۳

■ جلسه بیست و هفتم: انجام جوشکاری..... ۱۲۴

### واحد یادگیری ۲: تعمیر قطعات ریختگی..... ۱۳۱

■ جلسه بیست و هشتم: آماده‌سازی قطعه ریختگی..... ۱۳۱

■ جلسه بیست و نهم: آماده‌سازی قطعه ریختگی معیوب..... ۱۳۳

■ جلسه سی‌ام: پرکردن عیوب..... ۱۳۸

■ جلسه سی و یکم: رفع برجستگی‌ها..... ۱۴۴



## سخنی با هنرآموز گرامی

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 تکمیل‌کاری قطعات فلزی پایه یازدهم رشته تحصیلی - حرفه‌ای متالورژی تنظیم شده و دارای پودمان‌های ۱- مدل‌سازی چوبی ۲- ساخت مدل فومی ۳- ساخت مدل فلزی ۴- تکمیل‌کاری قطعه ریختگی و ۵- تعمیر قطعات معیوب ریختگی است.

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 تکمیل‌کاری قطعات ریختگی براساس 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 به‌عنوان نمره پایانی درس در کارنامه تحصیلی هنرجو منظور خواهد شد.

ارزشیابی مجدد در پودمان یا پودمان‌هایی که حداقل نمره موردنظر در آن کسب نشده است با برنامه‌ریزی هر هنرستان، انجام می‌شود و چنانچه هنرجو به هر دلیلی تا پایان خرداد ماه 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 کار دانش







پودمان ۱

مدل سازی چوبی



## تبدیل نقشه مکانیکی به مدل سازی

### جلسه اول

#### رسم مدل

در ابتدا توضیحاتی در ارتباط با نیاز به نقشه مدل سازی در کلاس ارائه شود. برای این منظور این سؤال در کلاس مطرح شود که اگر ابعاد مدل ریخته گری برابر با ابعاد نقشه قطعه ریختگی نهایی باشد، پس از قالب گیری مدل و ریخته گری قالب ساخته شده، ابعاد قطعه حاصل برابر با ابعاد نقشه قطعه خواهد بود یا خیر؟ برای این منظور از خود هنرجویان کمک گرفته شود و سعی شود با مطرح کردن سؤالات ساده از دروس قبل و دادن سرنخ هایی مانند انقباض های مذاب، حین انجماد و جامد آنها را به جواب صحیح هدایت کرد. حتی می توان یک مدل را به همراه قطعه ریختگی در کلاس آورد و از هنرجویان خواست که به صورت گروهی با استفاده از ابزار اندازه گیری ابعاد مدل و قطعه ریختگی را اندازه گیری کرده و با هم مقایسه کنند و نتیجه را در کلاس به همراه دلایل احتمالی ارائه نمایند. پس از تفهیم اینکه ابعاد مدل از قطعه ریختگی بزرگ تر است به لزوم وجود نقشه ساخت مدل اشاره شود. با طرح سؤال درباره چگونگی رسم نقشه مدل به هنرجویان توضیح داده شود که اولین قدم برای رسم نقشه مدل سازی استفاده از نقشه مکانیکی یا رسم فنی است. برای این منظور بهتر است نقشه مکانیکی قطعه ریختگی ارائه شده به همراه نقشه مدل سازی آن در کلاس نمایش داده شود و از هنرجویان خواسته شود به صورت گروهی در ارتباط با تفاوت های این دو نقشه با یکدیگر بحث و گفت و گو کرده و نتیجه را ارائه نمایند.

#### رسم فنی یا نقشه مکانیکی

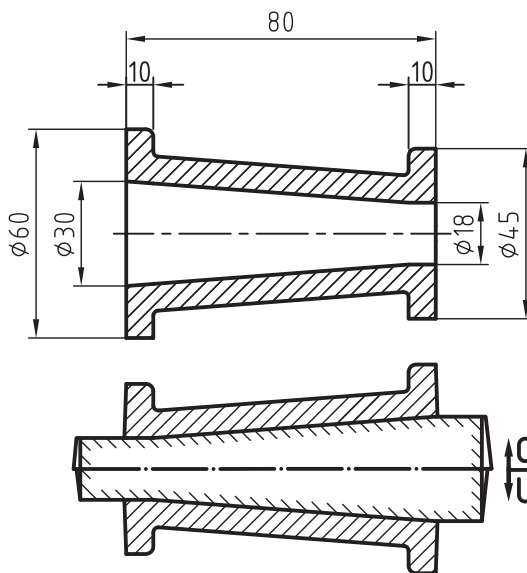
این قسمت جهت یادآوری درس رسم فنی که هنرجویان در سال قبل آموخته اند ارائه شده است. برای این منظور سؤالاتی در ارتباط با نحوه ترسیم نقشه قطعه، نماهای مختلف آن، انواع خط، نحوه اندازه گذاری، نحوه ترسیم برش، نحوه هاشور زدن، نمایش قسمت های ندید، مقیاس رسم، علائم مورد استفاده در نقشه مکانیکی و ... در کلاس مطرح شود و با استفاده از بحث گروهی، توضیحات لازم در ارتباط با رسم فنی ارائه شود. همچنین می توان با استفاده از نقشه مکانیکی قطعات مختلف موارد مذکور را برای هنرجویان یادآوری نمود. برای یادآوری بهتر می توان یک قطعه



ریختگی ساده در کلاس ارائه کرد و از هنرجویان خواست که هر کدام نقشه مکانیکی آن را رسم نمایند. سپس نقشه‌های ترسیم شده را بررسی و اشکالات آنها را رفع نمود.

## رسم مدل

برای تدریس این قسمت نقشه یک مدل به همراه نقشه قطعه ریختگی آن مطابق شکل داده شود و از هنرجویان خواسته شود به صورت گروهی آنها را مقایسه کرده و تفاوت‌ها را در کلاس ارائه نمایند. این تفاوت‌ها شامل ابعاد، شکل، علائم، خطوط و ... خواهد بود. پس از تفهیم تفاوت رسم مدل و نقشه مکانیکی، توضیح داده شود که رسم مدل با استفاده از نقشه مکانیکی انجام می‌شود و در این رسم اندازه قطعه به علاوه اضافاتی که در ارتباط با میزان انقباض قطعه در حین ریخته‌گری، میزان تراش برای سطوحی که نیاز به براده‌برداری دارند و همچنین مقدار شیب مدل جهت خروج آن از قالب، ماهیچه، تکیه‌گاه ماهیچه جهت قرار گرفتن ماهیچه در قالب، سطح جدایش و ... نشان داده می‌شود. همچنین می‌توان توضیحات را با استفاده از نشان دادن یک قطعه ریختگی به همراه مدل آن ارائه نمود.

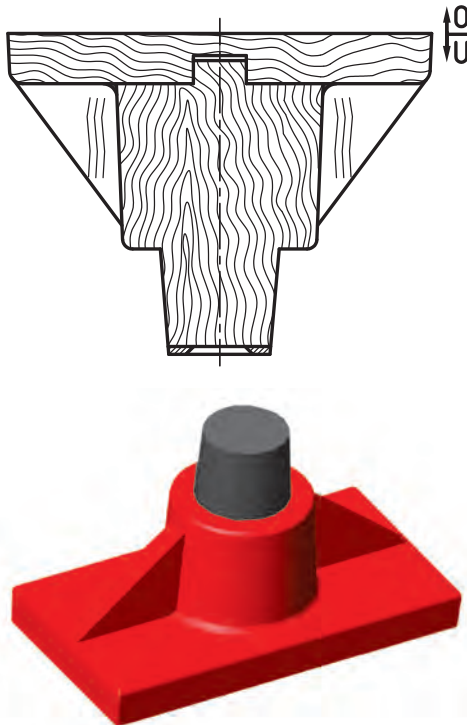


در ادامه توضیح داده شود که استاندارد ترسیم نقشه مدل استاندارد دین ۱۵۱۱ آلمان است. که در این استاندارد ذکر شده که رسم مدل برای قطعات ریختگی کوچک به مقیاس ۱:۱ انجام می‌شود. اما رسم قطعات بزرگ ریختگی در مقیاس‌های ۱:۲/۵، ۱:۵، ۱:۱۰ نیز مجاز و قابل اجرا است.



## رسم ساختمان مدل

برای این منظور توضیح داده شود که معمولاً مدل اولیه از چوب ساخته می‌شود. در اینجا این سؤال مطرح شود که آیا همه مدل‌های چوبی را می‌توان یک تکه ساخت؟ اگر نتوان آن را یک تکه ساخت چه باید کرد؟ با استفاده از این سؤالات می‌توان ذهن هنرجویان را به سمت ساخت مدل با استفاده از چند تکه چوب هدایت کرد. برای این منظور می‌توان قطعات چوبی مانند میز، صندلی و غیره را مثال زد که از چند تکه چوب ساخته می‌شوند و قطعات چوب به روش‌های مختلف به هم متصل می‌شوند. سپس با نمایش یک نمونه مدل چوبی واقعی توضیح داده شود که با توجه به اینکه مدل از اتصال چند تکه چوب ساخته می‌شود باید نقشه مدل چوبی با نشان دادن تعداد قطعات چوب برای ساخت آن رسم شود که علاوه بر قطعات چوب، جهت الیاف چوب و ... را نشان می‌دهد. این نقشه معمولاً به مقیاس استاندارد رسم می‌شود که به آن رسم ساختمان مدل می‌گویند. برای این منظور می‌توان یک مدل چوبی به همراه رسم ساختمان مدل را نمایش داد.

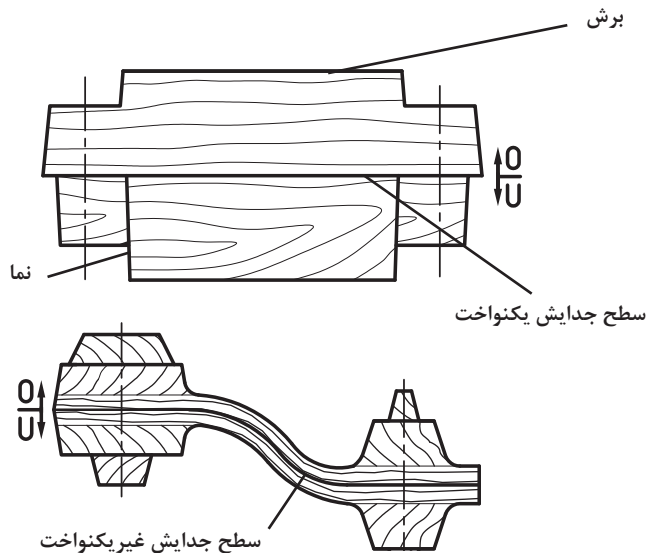




**الف) سطح جدایش قالب:** در ادامه با توجه به دروس سال قبل توضیح داده شود که قالب معمولاً از دو لنگه ساخته می شود و دو نیمه قالب در یک سطح با هم اشتراک دارند که سطح جدایش قالب است. که معمولاً به صورت یکنواخت است. البته می تواند غیر یکنواخت باشد. اما کیفیت قالب در حالت سطح جدایش یکنواخت، بهتر و ساخت آن ساده تر است. برای این منظور می توان هنرجویان را به کارگاه برد و دو نمونه قالب با سطح جدایش یکنواخت و غیر یکنواخت را نشان داد.

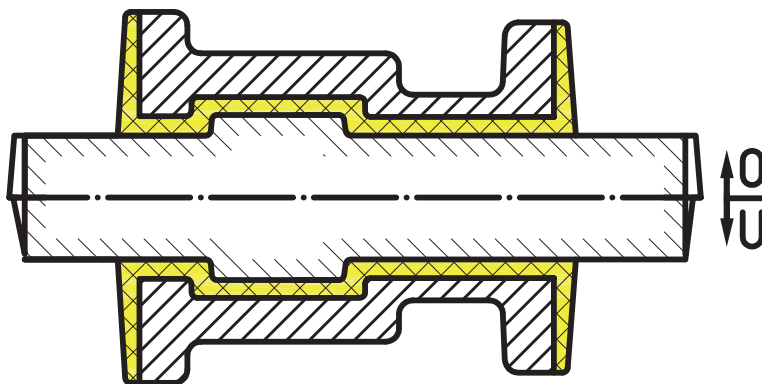
**ب) سطح جدایش مدل:** برای این منظور توضیح داده شود که مدل نیز مانند قالب دارای سطح جدایش است. چه مدل یک تکه و چه مدل چند تکه. بهتر است مدل های یک تکه و چند تکه در کلاس نمایش داده شود و سطح جدایش آنها نشان داده شود. همچنین جهت خروج مدل از قالب به صورت عملی نمایش داده شود و اهمیت سطح جدایش در مدل توضیح داده شود. همچنین جهت شیب در مدل های یک تکه و چند تکه نشان داده شود و از هنرجویان خواسته شود تفاوت آنها را از لحاظ شیب مدل و ارتباط آن با سطح جدایش بررسی کنند و نتیجه را در کلاس ارائه دهند.

در ادامه چندین مدل مختلف در کلاس نمایش داده شود و نحوه قالب گیری و پارامترهای مختلف مؤثر بر سطح جدایش آنها توضیح داده شود. سپس نقشه چند قطعه ریختگی یا خود قطعات در کلاس نمایش داده شود و از هنرجویان خواسته شود محل مناسب سطح جدایش مدل را مشخص نمایند.





در ادامه نحوه ترسیم سطح جدایش آموزش داده شود. که نمایش سطح جدایش در رسم مدل با استفاده از خط و نقطه ضخیم خطوط اصلی است. پس از ترسیم سطح جدایش علامت سطح جدایش ترسیم می‌شود. این علامت مطابق شکل زیر می‌باشد و معمولاً در سمت راست تصویر اصلی به فاصله تقریبی ۱۰ میلی‌متر از نمای اصلی قطعه ترسیم می‌گردد. طول پاره خط افقی ۵ میلی‌متر و طول پیکان‌ها هر کدام ۱۰ میلی‌متر است.



سطح جدایش در ساختمان مدل با خط اصلی در نما و برش رسم می‌شود.

نکته



در ادامه چندین رسم مدل و ساختمان مدل در کلاس نمایش داده شود و سطح جدایش آنها نشان داده شود. در ادامه نقشه شماتیک چند مدل و ساختمان مدل ترسیم شود و از هنرجویان خواسته شود سطح جدایش آنها را ترسیم کنند.

## استانداردهای ترسیم

در این قسمت نحوه ترسیم هاشور در نقشه برش فلزات سبک و سنگین و ماهیچه در برش و نما نمایش داده شود و مثال‌هایی از هر کدام ارائه شود. اضافه تراش و یا تراش مجاز

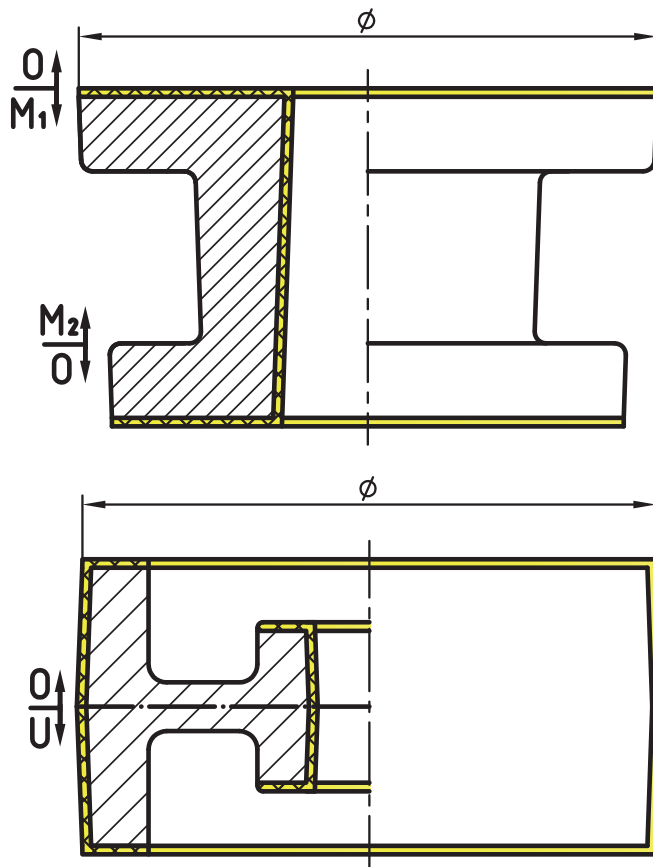
برای تدریس این قسمت بهتر است دو قطعه ریختگی یکی بعد از خروج از قالب و دیگری پس از ماشین‌کاری در کلاس ارائه شود و از هنرجویان خواسته شود با استفاده از ابزار اندازه‌گیری مانند خط‌کش و کولیس ابعاد دو قطعه را اندازه‌گیری



کرده و تفاوت ابعادی قبل و بعد از ماشین کاری را بررسی نمایند. سپس از هنرجویان خواسته شود دلایل این تفاوت را بیان کنند. در ادامه توضیحات جامع درباره اضافه تراش یا ماشین کاری در کلاس ارائه گردد.

## نمایش اضافه تراش

در این قسمت با استفاده از تصاویر، نحوه رسم اضافه تراش در نما - سطح داخلی - سطح رویی در برش - سطح رویی و داخلی در برش نمایش داده شود و توضیحات لازم ارائه گردد. همچنین مثال هایی در این ارتباط به صورت شماتیک روی تخته رسم شود. برای فهم بهتر از هنرجویان خواسته شود برای چند نقشه مکانیکی ساده در نما و برش به صورت شماتیک اضافه تراش را رسم نمایند و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند تا اشکالات آنها مشخص شود.







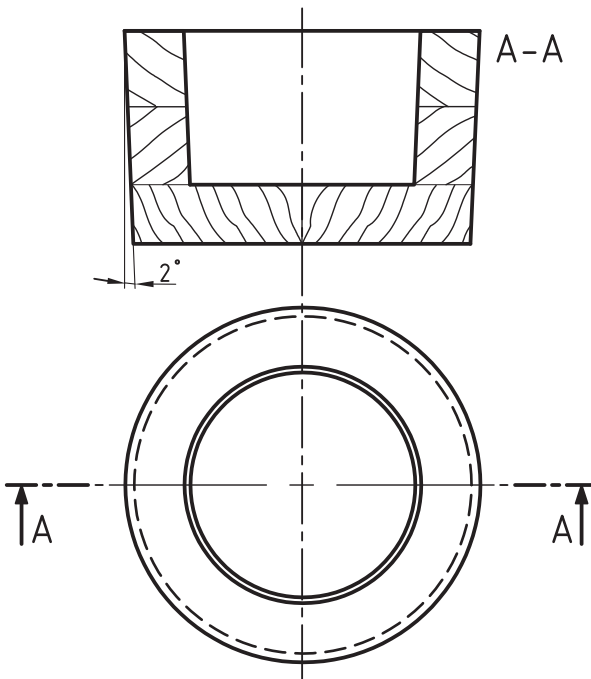
به این موضوع اشاره شود که رنگ زرد برای نشان دادن اضافه تراش، استاندارد نمی‌باشد و فقط در مراکز آموزشی برای فهم راحت‌تر نقشه استفاده می‌گردد.

## شیب مجاز

برای تدریس شیب به این موضوع اشاره شود که در حین قالب‌گیری برای خارج کردن راحت مدل از قالب و جلوگیری از تخریب قالب، دیواره‌های عمودی مدل را شیب می‌دهند.

## نمایش شیب

در این قسمت با استفاده از تصاویر نحوه رسم شیب در برش و نما نمایش داده شود و توضیحات لازم ارائه گردد. همچنین مثال‌هایی در این ارتباط به صورت شماتیک روی تخته رسم شود. برای فهم بهتر از هنرجویان خواسته شود برای چند نقشه مکانیکی ساده به صورت شماتیک شیب را رسم نمایند و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند تا اشکالات آنها مشخص شود.





## رسم ماهیچه در نقشه مدل سازی و قالب گیری

در این قسمت با استفاده از تصاویر قسمت های مختلف ماهیچه و نحوه رسم ماهیچه در نقشه مدل سازی و قالب گیری نمایش داده شود و توضیحات لازم ارائه گردد. همچنین مثال هایی در این ارتباط به صورت شماتیک روی تخته رسم شود. برای فهم بهتر از هنجریان خواسته شود برای چند نقشه مکانیکی ساده به صورت شماتیک ماهیچه را رسم نمایند و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند تا اشکالات آنها مشخص شود.

## رسم تقویت کننده ها و کانال خروج هوا

در این قسمت با استفاده از تصاویر علل استفاده از تقویت کننده و کانال خروج هوا در ماهیچه، و نحوه رسم تقویت کننده ها و کانال خروج هوا ماهیچه نمایش داده شود و توضیحات لازم ارائه گردد. همچنین مثال هایی در این ارتباط به صورت شماتیک روی تخته رسم شود. برای فهم بهتر از هنجریان خواسته شود برای چند ماهیچه به صورت شماتیک تقویت کننده و کانال خروج هوا را رسم نمایند و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند تا اشکالات آنها مشخص شود.

## رسم درجه قالب گیری

در این قسمت با توجه به اینکه در رسم قالب گیری باید درجه قالب گیری نیز ترسیم شود، نحوه رسم درجه قالب گیری در برش و نما نمایش داده شود و توضیحات لازم ارائه گردد. در ادامه رسم درجه با ماسه و مدل، درجه با ماسه و ماهیچه و قطعه ریخته شده به همراه توضیحات نمایش داده شود. برای فهم بهتر از هنجریان خواسته شود به صورت شماتیک درجه همراه با ماسه و مدل، درجه با ماسه و ماهیچه و قطعه ریخته شده را رسم نمایند و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند تا اشکالات آنها مشخص شود.



### نحوه رسم نقشه ساختمان مدل، جعبه ماهیچه و قالب گیری

#### نحوه رسم ساختمان مدل و جعبه ماهیچه

در این قسمت با استفاده از تصاویر، نحوه رسم ساختمان مدل و جعبه ماهیچه به همراه سطح جدایش مدل و قالب گیری، تعداد قطعات چوب، جهت الیاف چوب، نوع اتصال، ابزار و یراق مخصوص خارج کردن مدل از قالب، جای میردها، جای پین ها و ... نمایش داده شود و توضیحات لازم ارائه گردد. همچنین مثال هایی در این ارتباط به صورت شماتیک روی تخته رسم شود. برای فهم بهتر از هنرجویان خواسته شود برای چند مدل ساده به صورت شماتیک ساختمان مدل چوبی و جعبه ماهیچه را رسم نمایند و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند تا اشکالات آنها مشخص شود.

**۱ استاندارد چوب های مدل سازی:** در این قسمت با استفاده از جدول، استاندارد چوب های مدل سازی به همراه علائم و کاربرد آنها توضیح داده شود و مدل هایی به عنوان مثال در کلاس ارائه شود و از هنرجویان خواسته شود با توجه به این جدول نوع چوب را مشخص کنند و در صورت اشکال نسبت به برطرف کردن اشکال اقدام گردد.

**۲ رسم سطح جدایش در ساختمان مدل و جعبه ماهیچه:** با استفاده از تصاویر، رسم سطح جدایش در ساختمان مدل و جعبه ماهیچه که در نما و برش با خط اصلی (توپر) نشان داده می شود، تدریس شود. برای این منظور مثال هایی به صورت شماتیک در کلاس با سطح جدایش رسم شود. سپس از هنرجویان خواسته شود برای چند مدل و جعبه ماهیچه ضمن رسم ساختمان مدل و جعبه ماهیچه، سطح جدایش ترسیم نمایند و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند تا اشکالات آنها مشخص شود.

**۳ رسم زه ریزش ماسه در ساختمان مدل:** با استفاده از تصاویر علت و نحوه ترسیم زه ریزش ماسه در ساختمان مدل توضیح داده شود. در ادامه مدل هایی به عنوان مثال در کلاس ارائه و زه ریزش ماسه در ساختمان مدل به طور شماتیک رسم شود. سپس از هنرجویان خواسته شود برای چند مدل ساده زه ریزش ماسه ترسیم نمایند و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند تا اشکالات آنها مشخص شود.



## رسم قطعه آزاد مدل

الف) رسم قطعه آزاد در نقشه مدل سازی ب) رسم قطعه آزاد مدل، در نقشه ساختمان مدل

با استفاده از تصاویر، علت استفاده از قطعه آزاد در بعضی مدل ها و نحوه ترسیم قطعه آزاد در نقشه مدل سازی و نقشه ساختمان مدل توضیح داده شود. در ادامه مدل هایی با قطعه آزاد به عنوان مثال در کلاس ارائه و قطعه آزاد در نقشه مدل سازی و ساختمان مدل به طور شماتیک رسم شود. سپس از هنرجویان خواسته شود برای چند مدل، قطعه آزاد در نقشه مدل سازی و ساختمان مدل ترسیم نمایند و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند تا اشکالات آنها مشخص شود.

## رسم قالب گیری (نقشه قالب گیری)

با استفاده از تصاویر، نحوه ترسیم نقشه قالب گیری در برش و نما، رسم قالب گیری دو درجه ای با سطح جدایش غیر یکنواخت، رسم قالب گیری سه درجه ای و رسم قالب گیری با قطعه آزاد توضیح داده شود. در ادامه برای چند مدل مختلف در کلاس نقشه قالب گیری به طور شماتیک رسم شود. سپس از هنرجویان خواسته شود برای چند مدل ساده نقشه قالب گیری را به طور شماتیک ترسیم و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند تا اشکالات آنها مشخص شود



### اضافه انقباضی یا اضافه مجاز

در ابتدا این سؤال در کلاس مطرح شود که در مذاب از هنگام ریختن به قالب تا زمان انجماد و رسیدن به دمای محیط چند نوع انقباض اتفاق می‌افتد. پس از مطرح نمودن این سؤال از هنرجویان خواسته شود جواب را در کلاس ارائه دهند. سپس با کمک هنرجویان جواب‌های صحیح و غلط مشخص شود. در ادامه در ارتباط با اثر انقباض بر روی کیفیت نهایی و ابعاد قطعه و نحوه برطرف کردن اثر انقباض سؤالاتی در کلاس مطرح و پاسخ‌های هنرجویان در کلاس به کمک خودشان نقد و بررسی شود. سپس توضیحات لازم در ارتباط با سه نوع انقباض اتفاق افتاده در مذاب از حالت فوق ذوب تا نقطه ذوب، انقباض حین انجماد و انقباض جامد از دمای انجماد کامل تا دمای محیط در کلاس ارائه شود. بعد به این مسئله اشاره شود که این انقباض‌ها سبب خارج شدن قطعه از اندازه نهایی و در نهایت کوچک‌تر شدن قطعه می‌شود. در ادامه به نحوه جبران کردن این انقباض‌ها اشاره شود. به طوری که انقباض از حالت فوق ذوب به نقطه ذوب با اضافه کردن مذاب و انقباض حین انجماد با استفاده از سیستم راهگامی و تغذیه‌گذاری جبران می‌شود. اما در مورد انقباض در حالت جامد از نقطه انجماد تا دمای محیط به این نکته اشاره شود که در حالت جامد انقباض در کلیه ابعاد قطعه اتفاق می‌افتد بنابراین انقباض در قطعه به طور خطی و در کلیه جهات به‌طور یکنواخت است. برای جبران این انقباض به دلیل اینکه در همه ابعاد قطعه اتفاق می‌افتد باید ابعاد مدل قطعه ریختگی کمی بزرگ‌تر در نظر گرفته شود تا پس از قالب‌گیری و ریخته‌گری مذاب و انجماد، ابعاد قطعه ریختگی به اندازه واقعی موردنیاز برسد. به همین دلیل معمولاً مدل‌سازها ابعاد مدل را به اندازه میزان انقباض بزرگ‌تر می‌سازند.

در ادامه در ارتباط با عوامل مؤثر در مقدار انقباض قطعه سؤالاتی در کلاس مطرح شود و از هنرجویان خواسته شود پاسخ‌های خود را ارائه دهند. سپس با کمک خودشان پاسخ‌های صحیح و نادرست مشخص شود. در ادامه توضیح داده شود که مهم‌ترین عامل جنس قطعه است که میزان انقباض آن مشخص است و با استفاده از ضریب انبساط خطی مقدار آن مشخص می‌شود. همچنین عوامل دیگری مانند شرایط محیطی مانند فشار و ...، جنس قالب مانند ماسه‌ای، سرامیکی، فلزی و ...، ابعاد قطعه از لحاظ بزرگ و کوچک بودن در میزان انقباض قطعه مؤثر است.

سپس نحوه مشخص کردن انقباض توضیح داده شود. لازم است به جدول درصد انقباض تئوری و عملی فلزات در قالب‌های موقت اشاره شود و توضیح داده شود که اعداد این جدول با توجه به محاسبات تئوری انقباض و اندازه‌گیری تجربی میزان انقباض هریک از فلزات در قالب‌های موقت به‌دست آمده‌اند. درصد انقباض



به صورت یک عدد نشان داده می شود. درصد انقباض تئوری مشخص شده به علت تأثیر عوامل مختلف مانند شرایط محیطی، جنس قالب و ابعاد قطعه است. همچنین نحوه استفاده از جدول توضیح داده شود که با توجه به جنس فلز مذاب میزان انقباض قطعه به صورت درصد بیان می شود.

جدول: درصد انقباض تئوری و عملی فلزات در قالب های موقت

جنس فلز	درصد انقباض تئوری	درصد انقباض عملی
چدن خاکستری	۱	۱,۳.....۰,۵
چدن با گرافیت کروی بدون عملیات حرارتی	۱,۲	۲.....۰,۸
چدن با گرافیت کروی با عملیات حرارتی	۰,۵	۰,۸.....۰
چدن تمپر سفید (GTW)	۱,۶	۲.....۱
چدن تمپر سیاه (GTS)	۰,۵	۱,۵.....۰
فولاد ریختگی	۲	۲,۵.....۱,۵
فولاد منگنز	۲,۳	۲,۸.....۲,۳
آلیاژهای آلومینیوم	۱,۲	۱,۵.....۰,۸
آلیاژهای منیزیم	۱,۲	۱,۵.....۱
مس الکترولیت	۱,۹	۲,۱.....۱,۵
آلیاژ مس و قلع (برنز)	۱,۵	۲.....۰,۸
آلیاژ مس و قلع و روی (برنج قرمز)	۱,۳	۱,۶.....۰,۸
آلیاژ مس و روی (برنج)	۱,۲	۱,۸.....۰,۸
آلیاژهای مس مخصوص [Cu-Zn-Mn (Fe-Al)]	۲	۲,۳.....۱,۸
آلیاژهای آلومینیوم برنز	۲,۱	۲,۳.....۱,۹
آلیاژ روی	۱,۳	۱,۵.....۱,۱
فلزات سفید (آلیاژهای سرب و قلع)	۰,۵	۰,۶.....۰,۴

در مرحله بعد نحوه محاسبه ابعاد مدل با استفاده از درصد انقباض توضیح داده شود. برای این منظور رابطه دقیق ابعاد مدل روی تخته نوشته شود و پارامترهای آن به طور کامل توضیح داده شود.

$$LM = (LG \times 100) / (100 - S)$$



که در آن:

LM: اندازه مدل ریختگی با در نظر گرفتن درصد انقباض

LG: اندازه قطعه از روی نقشه مکانیکی

S: درصد انقباض از جدول درصد انقباض تئوری و عملی فلزات در قالب‌های موقت

نکته



لازم است توضیح داده شود که این رابطه، دقیق است و برای مدل‌هایی که در ریخته‌گری ماشینی به کار می‌رود استفاده می‌شود. چون در روش ماشینی قالب‌گیری دقت بیشتر است.

برای تدریس نحوه کار با این رابطه بهتر است چند مثال ساده در کلاس ارائه و محاسبه شود. سپس از هنرجویان خواسته شود چند مسئله مشابه را در کلاس محاسبه و نتایج را ارائه نمایند سپس اشکالات آنها برطرف شود. در قسمت بعد رابطه تقریبی ابعاد مدل روی تخته نوشته شود و پارامترهای آن به‌طور کامل توضیح داده شود.

$$LM = (LG \times S) / 100 + LG$$

که در آن:

LM: اندازه مدل ریختگی با در نظر گرفتن درصد انقباض

LG: اندازه قطعه از روی نقشه مکانیکی

S: درصد انقباض از جدول درصد انقباض تئوری و عملی فلزات در قالب‌های موقت

نکته



لازم است توضیح داده شود که این رابطه، تقریبی است و برای مدل‌های چوبی دستی به کار می‌رود استفاده می‌شود چون در روش دستی قالب‌گیری دقت کمتر است.

برای تدریس نحوه کار با این رابطه بهتر است چند مثال ساده در کلاس ارائه و محاسبه شود. سپس از هنرجویان خواسته شود مثال‌های کتاب را ابتدا خودشان بدون استفاده از کتاب محاسبه نمایند و پاسخ‌های خود را با کتاب مقایسه کنند و اشکالات خود را مشخص کنند. سپس چند مسئله مشابه در کلاس ارائه و از هنرجویان خواسته شود آنها را محاسبه و نتایج را ارائه نمایند سپس نسبت به رفع اشکالات اقدام شود.

### انقباض مضاعف

برای تدریس این موضوع ابتدا سؤالاتی در ارتباط با نحوه تبدیل مدل چوبی به مدل فلزی و ارتباط ابعاد مدل چوبی با مدل فلزی و قطعه ریختگی نهایی در کلاس مطرح شود. و از هنرجویان خواسته شود پاسخ‌های خود را ارائه دهند. سپس با کمک خودشان پاسخ‌های صحیح و نادرست مشخص شود.



در ادامه با ذکر یک مثال انقباض مضاعف توضیح داده شود به این گونه که اگر جنس قطعه ریختگی از چدن و مدل فلزی از جنس آلومینیوم باشد. ابتدا مدل چوبی باید ساخته شود سپس از طریق قالب گیری و ریخته گری مدل چوبی، مدل آلومینیومی ساخته می شود. سپس مدل آلومینیومی برای قالب گیری و ریخته گری قطعه چدنی استفاده می شود. در ریخته گری مدل آلومینیومی از مدل چوبی یک مرحله انقباض اتفاق می افتد که درصد آن از جدول انقباض مشخص است همچنین در قالب گیری و ساخت قطعه چدنی از مدل آلومینیومی نیز یک مرحله دیگر انقباض اتفاق می افتد که درصد آن نیز از جدول مشخص است. بنابراین برای اینکه قطعه ریختگی به ابعاد واقعی در نقشه برسد باید دو مرحله انقباض جبران شود که به آن انقباض مضاعف می گویند. برای این منظور در ساخت مدل چوبی برای محاسبه ابعاد باید درصد انقباض آلومینیوم (مربوط به ساخت مدل آلومینیومی) و درصد انقباض چدن (مربوط به قطعه ریختگی چدنی) در نظر گرفته شود. بنابراین درصد انقباض آلومینیوم و چدن با یکدیگر جمع می شود و در رابطه محاسبه ابعاد مدل استفاده می شود. برای تفهیم بهتر مثال کتاب در کلاس محاسبه شود و مسائل مشابه در کلاس ارائه و پس از دریافت پاسخ های هنرجویان اشکالات برطرف گردد.

در ادامه از هنرجویان خواسته شود فعالیت های ارائه شده در کتاب را انجام داده و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند. در صورت وجود اشکال نسبت به رفع اشکال اقدام شود.

## عوامل مؤثر در میزان تراش مجاز

در ابتدا سؤالاتی در ارتباط با علت در نظر گرفتن اضافه تراش مجاز و عوامل مؤثر بر آن در کلاس مطرح شود. سپس از هنرجویان خواسته شود پاسخ های خود را ارائه دهند. سپس با کمک خودشان پاسخ های صحیح و نادرست مشخص شود. در ادامه توضیحات لازم در ارتباط با اضافه تراش مجاز جهت قسمت هایی از قطعه که نیاز به کیفیت سطح بالا دارد و باید ماشین کاری شود ارائه شود. سپس عوامل مؤثر در میزان اضافه تراش مجاز شامل جنس قطعه، ابعاد قطعه، جنس قالب و محل ماشین کاری به طور کامل توضیح داده شود.

در ادامه قسمت هایی از قطعه که باید برای آنها اضافه تراش در نظر گرفته شود شامل سطوح دارای علامت در نقشه مکانیکی و ... با ذکر مثال و نقشه مکانیکی قطعه در کلاس توضیح داده شود. سپس نقشه مکانیکی چند قطعه مشابه در کلاس ارائه شود و از هنرجویان خواسته شود محل های در نظر گرفتن اضافه تراش را مشخص کنند و در صورت وجود اشکال نسبت به رفع اشکال اقدام شود.



## محاسبه اضافه مجاز تراش (ماشین کاری)

برای تدریس این قسمت اشاره شود که اضافه مجاز تراش از جدول ۳ کتاب درسی با توجه به بیشترین اندازه قطعه در سطوح زیری، سطوح داخلی و جانبی و سطوح رویی مشخص می‌شود. حتماً به این نکته اشاره شود که برای مشخص کردن میزان اضافه تراش، بیشترین ابعاد قطعه در آن قسمت در نظر گرفته شود. همچنین اعداد روی جدول مربوط به قالب ماسه‌ای تر و قالب‌گیری دستی است و اگر از قالب‌های فلزی و دقیق یا قالب‌گیری ماشینی استفاده شود به دلیل دقت بالاتر میزان اضافه تراش را می‌توان کمتر در نظر گرفت. در ادامه با ارائه نقشه یک قطعه ساده و با استفاده از جدول ۳ میزان اضافه تراش مشخص شود. سپس نقشه قطعات مشابه در کلاس ارائه شود و از هنرجویان خواسته شود با استفاده از جدول میزان اضافه تراش برای سطوح مورد نیاز مشخص کنند. در صورت وجود اشکال نسبت به برطرف کردن آن اقدام شود.

## تعیین اضافه تراش در سوراخ‌ها

برای تدریس این قسمت اشاره شود که اضافه مجاز تراش در سوراخ‌ها با استفاده از جدول ۳ کتاب درسی با توجه به قطر و طول سوراخ به‌دست می‌آید. سپس نحوه استفاده از جدول ۴ با استفاده از یک مثال ساده نحوه استفاده از جدول برای تعیین میزان اضافه تراش در سوراخ توضیح داده شود. در ادامه از هنرجویان خواسته شود برای چند مسئله مشابه مثال میزان اضافه تراش برای سوراخ را با استفاده از جدول به‌دست آورند و در کلاس ارائه نمایند. در صورت وجود اشکال نسبت به برطرف کردن آن اقدام شود.

در ادامه با ذکر مثال توضیح داده شود اگر در قطعه سوراخی وجود داشته باشد که دارای چند قطر باشد برای تعیین اضافه تراش از جدول ۴، قطر متوسط سوراخ در نظر گرفته می‌شود.

در ادامه با ذکر مثال موارد ذیل توضیح داده شود:

■ مقدار تراش مجاز برای سطوح پایینی قالب در حد استاندارد و برای سطوح بالایی  $1/5$  تا  $2$  برابر استاندارد است.

■ مقدار تراش مجاز سطوح جانبی قالب در حد استاندارد است و ممکن است در پاره‌ای از موارد مقدار شیب قالب‌گیری نیز به آن اضافه شود.

■ مقدار تراش برای سوراخ‌ها و شکاف‌هایی که با ماهیچه ریخته‌گری می‌شوند بیشتر از حد استاندارد است. سوراخ‌ها و شکاف‌های کوچک در حد امکان توپر ریخته‌گری می‌شوند.



■ مقدار تراش های مجاز برای قطعاتی که رو باز ریخته گری می شوند و قطعاتی که به روش زمینی و شابلونی قالب گیری می شوند خیلی بیشتر است. در ادامه موارد صحیح و نادرست در رسم اضافه تراش برای حالت های مختلف با نمایش تصاویر مطابق متن کتاب توضیح لازم ارائه گردد. در ادامه از هنرجویان خواسته شود مثال های کتاب درسی را انجام داده و نتیجه را با پاسخ کتاب مقایسه کنند و اشکالات خود را مشخص کنند. در ادامه از هنرجویان خواسته شود فعالیت های کتاب درسی را با استفاده از جداول ۳ و ۴ انجام دهند و اضافه تراش را ترسیم نمایند و نتایج را در کلاس ارائه دهند. در صورت وجود اشکال نسبت به برطرف نمودن اشکال اقدام شود.



## جلسه چهارم

### شیب مجاز

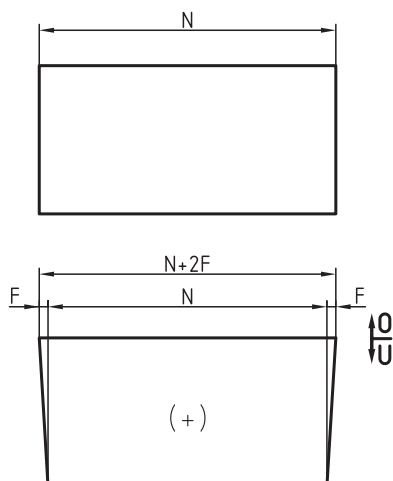
برای توضیح این قسمت ابتدا سؤالاتی در ارتباط با نحوه خارج کردن مدل از قالب در کلاس مطرح شود. به عنوان مثال اگر مدل به شکل استوانه یا مکعب باشد چه باید کرد که در هنگام خروج مدل از قالب، سبب تخریب قالب نشود؟ سپس از هنرجویان خواسته شود پاسخ‌های خود را ارائه دهند. سپس با کمک خودشان پاسخ‌های صحیح و نادرست مشخص شود. در ادامه با نمایش یک مدل واقعی و قطعه ریختگی نهایی و مقایسه آنها با یکدیگر توضیحات لازم در ارتباط با شیب مدل جهت خروج آسان مدل از قالب در کلاس ارائه شود.

در ادامه سؤالاتی در ارتباط با عوامل تأثیرگذار بر میزان شیب مدل مطرح شود؟ پس از شنیدن پاسخ‌های هنرجویان با کمک خودشان به ترتیب عوامل مؤثر بر شیب قالب را نام برده و با مطرح کردن سؤالات در مورد تأثیر این عوامل بر شیب و بحث گروهی هنرجویان اثر هر یک از عوامل بر میزان شیب قالب توضیح داده شود.

### انواع شیب

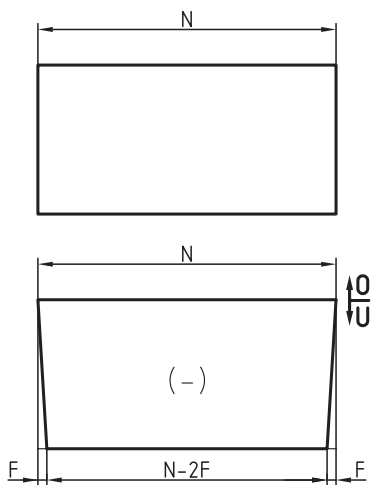
برای تدریس این مطلب ابتدا با استفاده از تصاویر کتاب درسی انواع شیب توضیح داده شود. البته می‌توان از تصاویر زیر نیز برای توضیح انواع شیب استفاده نمود. که عبارت‌اند از:

#### ۱ شیب اضافه:

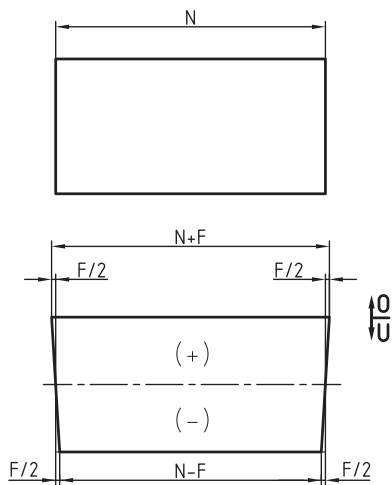




## ۲ شیب نقصانی:



## ۳ شیب میانی:







شیب میانی را می‌توان برای مدل‌هایی که نیمی از آنها در درجه بالایی و نیم دیگر در درجه پایینی است در نظر گرفت. معمولاً شیب اضافی و نقصانی برای مدل‌هایی که در یک درجه قرار می‌گیرند استفاده می‌شود.

## کاربرد انواع شیب

برای تدریس این موضوع بهتر است از تصاویر و نقشه یا نمونه قطعات به همراه توضیحات استفاده شود.

محاسبه انواع شیب

برای تدریس این قسمت باید اشاره شود که میزان شیب مدل از جدول استاندارد شیب (جدول ۵ کتاب درسی) به دست می‌آید.

جدول استاندارد شیب مدل براساس DIN ۱۵۱۱

شیب برحسب میلی متر	ارتفاع برحسب میلی متر	شیب برحسب درجه	ارتفاع برحسب میلی متر
۱,۵	تا ۲۵۰	۳	تا ۱۰
۲	۲۵۰-۳۲۰	۲	۱۰-۱۸
۳	۳۲۰-۵۰۰	۱° ۳۰ و ۱	۱۸-۳۰
۴,۵	۵۰۰-۸۰۰	۱	۳۰-۵۰
۷	۸۰۰-۱۲۰۰	۴۵'	۵۰-۸۰
۱۱	۱۲۰۰-۲۰۰۰	۳۰'	۸۰-۱۸۰
۲۱	۲۰۰۰-۴۰۰۰	—	—



برای این منظور کافی است ارتفاع مدل را مشخص کرده و بعد با استفاده از جدول میزان شیب استاندارد را بر حسب درجه به دست آورد. بهتر است مثال هایی از چند مدل با ارتفاع های مختلف داده شود و از هنرجویان خواسته شود میزان شیب را از روی جدول مشخص نمایند.

سپس رابطه تبدیل شیب از درجه به میلی متر و تمام پارامترهای آن توضیح داده شود.

$$Fs(mm) = \frac{درجه \times h \times 1/75}{100}$$

Fs: شیب بر حسب میلی متر

h: ارتفاع بر حسب میلی متر

سپس چند مثال ساده از مدل های با ارتفاع های مختلف با استفاده از جدول ۵ کتاب درسی و رابطه شیب انجام شود. و از هنرجویان خواسته شود برای چند مدل ساده دیگر مقدار شیب را با استفاده از جدول ۵ کتاب درسی و رابطه شیب به دست آورند.

در ادامه با ذکر چند مثال از مدل های توخالی به این نکته اشاره شود که با توجه به اینکه خارج کردن قسمت های داخلی در مدل های توخالی از قالب نسبت به قسمت های خارجی مدل مشکل تر است و احتمال تخریب قالب وجود دارد به همین دلیل باید شیب بیشتری در قسمت های داخلی مدل در نظر گرفت. که برای این منظور معمولاً شیب داخلی، ۱/۵ برابر شیب خارجی در نظر گرفته می شود.

در ادامه به این نکته اشاره شود که شیب مدل را نیز می توان بر حسب درصد ارتفاع قالب گیری با توجه به جدول ۶ کتاب درسی تعیین کرد. برای این منظور با چند مثال ساده می توان جدول ۶ کتاب درسی و نحوه استفاده از آن را توضیح داد.

در ادامه از هنرجویان خواسته شود مثال های کتاب را بدون مراجعه به کتاب انجام دهند و جواب ها را در کلاس ارائه دهند و در صورت وجود اشکال با مراجعه به نحوه محاسبه در کتاب، اشکالات را مشخص و نحوه برطرف نمودن آن را مشخص نمایند.

سپس از هنرجویان خواسته شود فعالیت پایانی را انجام دهند و نتایج را در کلاس ارائه دهند. در صورت وجود اشکال نسبت به برطرف کردن آن اقدام گردد.



## تعیین طول و شیب تکیه‌گاه‌های ماهیچه

در این قسمت ضمن نمایش ماهیچه افقی و عمودی همراه با تکیه‌گاه توضیح داده شود که برای اینکه ماهیچه به آسانی داخل قالب قرار گیرد و نیروهای ناشی از مذاب را تحمل نماید و از محل خود در قالب خارج نشود باید طول تکیه‌گاه و شیب آن را براساس اصول صحیح تعیین کرد. برای این منظور از استاندارد و جدول استفاده می‌شود. سپس روش‌های تعیین طول تکیه‌گاه و شیب آن مطابق ذیل توضیح داده شود.

### الف) تعیین طول تکیه‌گاه ماهیچه براساس استاندارد دین ۱۵۱۱ آلمان

برای تدریس این موضوع با ترسیم ساده یک ماهیچه عمودی توضیح داده شود که ارتفاع تکیه‌گاه زیری ۱ تا ۱/۵ برابر قطر ماهیچه و ارتفاع تکیه‌گاه رویی ۱ برابر قطر ماهیچه است. برای این منظور چند مثال ساده ارائه گردد و ارتفاع تکیه‌گاه محاسبه شود. در ادامه توضیح داده شود که برای ماهیچه افقی طول تکیه‌گاه‌ها ۱ تا ۱/۵ برابر قطر ماهیچه در نظر گرفته می‌شود. برای تفهیم بهتر چند مثال ساده ارائه گردد و طول تکیه‌گاه محاسبه شود.

در ادامه از هنرجویان خواسته شود مثال‌های کتاب را بدون مراجعه به کتاب انجام دهند و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند. در صورت وجود اشکال با مراجعه به نحوه محاسبه در کتاب، اشکالات را مشخص و نحوه برطرف نمودن آن را مشخص نمایند.

به این نکته اشاره شود که در صورتی که مقطع ماهیچه دایره‌ای شکل نباشد. نصف محیط ماهیچه به عنوان قطر ماهیچه در نظر گرفته شود و طول تکیه‌گاه ماهیچه در نظر گرفته شود. برای تفهیم بهتر لازم است چند مثال ساده در کلاس ارائه و طول تکیه‌گاه محاسبه شود.

نکته مهم





سپس از هنرجویان خواسته شود مثال های کتاب را بدون مراجعه به کتاب انجام دهند و جواب ها را در کلاس ارائه دهند و در صورت وجود اشکال با مراجعه به نحوه محاسبه در کتاب، اشکالات را مشخص و نحوه برطرف نمودن آن را مشخص نمایند.

### ب) تعیین ارتفاع و طول تکیه گاه ماهیچه با استفاده از جدول

برای تدریس این موضوع به این مورد اشاره شود که برای تعیین طول تکیه گاه زمانی از جدول استفاده می شود که طول و قطر ماهیچه بزرگ است استفاده از استاندارد دین ۱۵۱۱ مناسب نیست و باید از جداول ۷ و ۸ استفاده شود. در ادامه جداول ۷ (تعیین ارتفاع تکیه گاه زیری در ماهیچه عمودی) و ۸ (تعیین طول تکیه گاه های افقی بر حسب میلی متر) را نمایش داده و نحوه استفاده از آنها با ذکر مثال های ساده از ماهیچه های مختلف عمودی و افقی توضیح داده شود. سپس نمونه هایی از ماهیچه در کلاس ارائه شده و از هنرجویان خواسته شود نسبت به محاسبه طول تکیه گاه آنها با استفاده از جدول اقدام شود و در صورت وجود اشکال نسبت به رفع اشکال اقدام شود.

در ادامه از هنرجویان خواسته شود مثال های کتاب را بدون مراجعه به کتاب انجام دهند و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند. در صورت وجود اشکال با مراجعه به نحوه محاسبه در کتاب، اشکالات را مشخص و نحوه برطرف نمودن آن را مشخص و ترسیم نمایند.

سپس از هنرجویان خواسته شود فعالیت پایانی را انجام دهند و نتایج را در کلاس ارائه دهند. در صورت وجود اشکال نسبت به برطرف کردن آن اقدام گردد.

### ج) تعیین شیب تکیه گاه ماهیچه براساس استاندارد دین ۱۵۱۱

برای تدریس این موضوع مثال هایی در کلاس ترسیم شود و شیب ریشه ماهیچه عمودی زیری و رویی و همچنین شیب ریشه ماهیچه افقی در قالب زیری و رویی توضیح داده شود.

## تعیین مقدار زه ریزش ماسه

برای تدریس این موضوع ابتدا این سؤال مطرح گردد که در صورت تماس ماهیچه با بدنه قالب و وجود ماسه در تکیه گاه چه باید کرد. پس از شنیدن جواب هنرجویان و رفع اشکالات به صورت بحث گروهی با نمایش تصویر ماهیچه در قالب دلیل استفاده از زه ریزش ماسه توضیح داده شود.

سپس توضیح داده شود که برای تعیین ابعاد زه ریزش ماسه از جدول ۹ کتاب درسی استفاده می شود. در ادامه با ذکر یک مثال ساده نحوه استفاده از جدول



توضیح داده شود. سپس سؤال مشابه در کلاس مطرح و از هنرجویان خواسته شود نسبت به تعیین ابعاد زه ریزش ماسه با استفاده از جدول ۹ اقدام نمایند و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند. در صورت وجود اشکال نسبت به برطرف کردن آن اقدام گردد.

در پایان از هنرجویان خواسته شود دو فعالیت پایانی را انجام دهند و به ترتیب ابتدا مقدار انقباض، سپس مقدار تراش مجاز، شیب مجاز، طول تکیه‌گاه‌های ماهیچه و شیب آن را با استفاده از جداول مربوطه محاسبه نمایند و سپس نقشه مدل و ماهیچه را ترسیم نمایند و نتایج را در کلاس ارائه دهند در صورت وجود اشکال با استفاده از بحث گروهی و ارائه توضیحات نسبت به رفع اشکال اقدام شود.



## جلسه پنجم

## مراحل تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل

در این جلسه نحوه تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل و ترسیم آن با استفاده از مثال‌های ارائه شده در کتاب توضیح داده شود. به این صورت که ابتدا دو مثال کتاب در کلاس ارائه گردد سپس از هنرجویان خواسته شود با توجه به مطالبی که تاکنون آموخته‌اند ابتدا اضافات مدل شامل اضافات انقباضی، اضافه تراش، شیب، طول تکیه‌گاه ماهیچه و شیب آن و ... را محاسبه کنند سپس با توجه به علائم، نقشه مدل‌سازی را ترسیم نمایند و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند. پس از بررسی نتایج ارائه شده در صورت وجود اشکال با توجه به راه حل ارائه شده در کتاب رفع اشکال شود.

سپس از هنرجویان خواسته شود فعالیت را انجام دهند و نتایج را در کلاس ارائه دهند. در صورت وجود اشکال نسبت به برطرف کردن آن اقدام گردد.

نکته



روش انجام مسائل تبدیل نقشه مکانیکی به مدل‌سازی برای قطعاتی که ماهیچه سرخود دارند عبارت‌اند از:

مرحله اول: تعیین سطح جدایش با توجه به نقشه قطعه

مرحله دوم: تعیین مقدار انقباض مجاز

مرحله سوم: تعیین مقدار تراش مجاز

مرحله چهارم: تعیین شیب بر حسب درجه

مرحله پنجم: تعیین مقدار شیب بر حسب میلی‌متر

مرحله ششم: رسم نقشه مدل‌سازی

در ادامه مثال‌های بعدی کتاب در کلاس ارائه و از هنرجویان خواسته شود بدون مراجعه به کتاب نسبت به محاسبه اضافات مدل و ترسیم نقشه مدل‌سازی، ساختمان مدل، جعبه ماهیچه و قالب‌گیری با توجه به مطالب آموخته شده اقدام نمایند و نتیجه را در کلاس ارائه نمایند. پس از بررسی نتایج ارائه شده در صورت وجود اشکال نسبت به برطرف کردن آن اقدام گردد.





روش انجام مسائل تبدیل نقشه مکانیکی به مدل سازی برای قطعاتی که ماهیچه عمودی یا افقی دارند عبارت اند از:

وجود اشکال با توجه به راه حل ارائه شده در کتاب رفع اشکال شود.

مرحله اول: تعیین سطح جدایش با توجه به نقشه قطعه

مرحله دوم: تعیین مقدار انقباض مجاز

مرحله سوم: تعیین مقدار تراش مجاز

مرحله چهارم: تعیین طول تکیه گاه های ماهیچه افقی و عمودی

مرحله پنجم: تعیین شیب بر حسب درجه

مرحله ششم: تعیین شیب تکیه گاه های ماهیچه

مرحله هفتم: تعیین مقدار شیب بر حسب میلی متر

مرحله هشتم: تعیین مقدار ریزش ماسه

مرحله نهم: رسم نقشه مدل سازی

مرحله دهم: رسم نقشه ساختمان مدل

مرحله یازدهم: رسم ماهیچه و جعبه ماهیچه

مرحله دوازدهم: رسم نقشه قالب گیری

در پایان از هنرجویان خواسته شود فعالیت ها را انجام دهند و نتایج را در کلاس ارائه دهند. در صورت وجود اشکال نسبت به برطرف کردن آن اقدام گردد.



## ساخت مدل چوبی

## جلسه ششم

## چوب گیری

## چوب شناسی و ساختمان چوب :

برای آموزش این بخش لازم است ابتدا هنرجو با انواع چوب ها، ساختمان چوب و نحوه انتخاب چوب سالم آشنا گردد. به همین منظور در این بخش سعی کنید ابتدا ارتباطی میان لزوم شناخت چوب سالم و انتخاب چوب مناسب را در تولید یک مدل مرغوب و بادوام، برای هنرجویان ایجاد نموده و سپس با استفاده از کتاب و پخش فیلم نحوه تهیه چوب (قطع درخت)، خشک کردن و تبدیل کردن درخت به الوار را به هنرجویان نشان دهید. با متوقف کردن پخش فیلم در زمان های متفاوت توجه هنرجویان را به حلقه های سالیانه مقطع برش درخت جلب کرده و سؤال هایی انگیزشی از آنها بپرسید. در این حین کلیه مناطق چوب که در کتاب به آنها اشاره شده را برای هنرجویان معرفی نمایید.

## ساختمان چوب:

مراحل رشد و نمو درخت را توسط انیمیشن توضیح داده و سپس به معرفی نقش هر بخش از تنه در رشد و نمو درخت بپردازید. با ارائه توضیحاتی مناسب هنرجویان را برای ورود به بخش خواص مکانیکی و فیزیکی چوب آماده سازید، مثلاً با توضیحاتی نظیر: (با توجه به اینکه درخت موجودی زنده می باشد، همانند دیگر موجودات زنده هر بخشی از تنه آن با توجه به اینکه چه وظیفه ای در زمان حیاط درخت داشته است، خواص مختلفی به لحاظ فیزیکی و مکانیکی از خود نشان می دهد). می توانید تفاوت در رنگ و نقش و خواص هر بخش از چوب را توسط نمایش فیلم آموزشی به هنرجویان نشان دهید. در تدریس این بخش از هر روشی که موجبات افزایش علاقه و جذابیت بحث را برای هنرجو به همراه داشته باشد استفاده نمایید.

## خواص فیزیکی و مکانیکی:

بهتر است این بخش را با طرح پرسش تعیین سطح مطرح شده در کتاب شروع نمایید، به هنرجو در کلاس فرصت مناسب داده شود تا پرسش را پاسخ داده و در پایان، از پاسخ های داده شده ارزیابی به عمل آورید. با توجه به سطح کلاس



خود اقدام به تدریس و افزایش معلومات هنرجویان نموده و آنها را برای شرکت در فعالیتی که در ادامه همین بخش آمده است آماده سازید.

(برای هر چه بهتر انجام گرفتن فعالیت‌ها و کارهای تحقیقاتی توسط هنرجویان می‌توانید با توجه به خصوصیات اخلاقی و میزان دانش هر هنرجو آنها را به گروه‌های ۲ یا ۳ نفره تقسیم‌بندی نمایید، در این میان برای انجام تحقیقات خواسته شده در متن کتاب می‌توانید با اعتلاف دو یا سه گروه کاری یک تیم تحقیقاتی تشکیل داده و یکی از اعضا که از قدرت بیان و دانش تئوری بالاتری برخوردار می‌باشد را به‌عنوان گزارش‌دهنده و ارائه‌دهنده نتایج تحقیقات مشخص نمایید.)

چنانچه آسیب دیده از نزدیک، (در کارگاه یا محل مناسب)، مشاهده نمایند، هدف از این بخش بهتر و کامل‌تر حاصل خواهد شد.

### چوب‌گیری (درز چسبانی):

یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین عیوب در چوب‌ها کاستن یا انداختن چوب می‌باشد، لازم است راهکارهای پیشگیری و رفع این دسته از عیوب را به صورت انیمیشن برای هنرجویان نشان داده و از آنها بخواهید که در کارگاه عملیات‌های مشاهده شده را به صورت عملی اجرا نمایند، پس از سپری کردن این مرحله اقدام به انجام فعالیت‌های خواسته شده در کتاب نمایید.

یکی از تکنیک‌هایی که مدل‌سازان و متخصصان کار با چوب به منظور جلوگیری از به‌وجود آمدن عیب ذکر شده در سازه‌های چوبی به کار می‌برند، درز چسبانی می‌باشد. لذا لازم است در این بخش تکنیک‌ها و روش‌هایی که نمونه آن در کتاب آمده است به هنرجویان آموزش داده شود و در آخر با طرح پرسش‌های کتاب تدریس این بخش را کامل نمایید.

## دانش‌افزایی

اولین قدم در ساخت مدل‌های چوبی، چه به‌صورت ساخت مدل از روی نقشه، یا کپی‌برداری از یک مدل قدیمی یا قطعه، اندازه‌گیری و انتقال اندازه خوانده شده بر روی سطح چوب مناسب (خط‌کشی) می‌باشد. مدل‌سازان از ابزار و وسایل متعددی برای اندازه‌گیری و انتقال نقشه (خط‌کشی مدل) استفاده می‌کنند. این ابزارها را می‌توان به دو گروه اصلی، ابزار اندازه‌گیری و کنترل نهایی مدل و ابزار خط‌کشی مدل تقسیم‌بندی نمود که در کتاب مدل‌سازی و ماهیچه‌ها به آن اشاره شده است. برای ساخت یک مدل قابل قبول و استاندارد لازم است مدل‌ساز، قبل از شروع به کار، در حین کار و پس از آخرین مرحله از ساخت مدل، جهت کنترل کیفیت ابعاد مدل تولیدی، اقدام به اندازه‌گیری به کمک ابزار اندازه‌گیری سالم و استاندارد نماید. به این منظور مدل‌ساز یا به‌صورت مستقیم توسط؛ متر، کولیس،



خط کش، نقاله و... اقدام به اندازه گیری و مقایسه ابعاد با نقشه موجود نموده و یا به صورت غیرمستقیم توسط؛ پرگارهای اندازه گیر داخلی و خارجی، گونیای تاشو، خط کش مدرج و...، اندازه ها را از روی قطعه کار برداشته و سپس به وسیله ابزارهایی مانند آنچه در اندازه گیری مستقیم مورد استفاده قرار گرفت اقدام به خواندن یا مقایسه کردن اندازه مدل می نمایند.

نکته



از روش اندازه گیری غیرمستقیم بیشتر به منظور کپی برداری از روی مدل و یا کنترل نهایی مدل استفاده می شود.

## نحوه کار با ابزار برشکاری و صافکاری چوب

### مروری بر ابزارهای اندازه گیری و انتقال نقشه:

از آنجایی که هنرجویان در سال گذشته با ابزارهای اندازه گیری آشنا شده و ابزارهای اصلی و کمکی در این کار را می شناسند، در این بخش تنها لازم است معلومات آنها را با طرح چند پرسش و انجام فعالیت خواسته شده ارزیابی نموده و در صورت نیاز اقدام به تدریس دوباره نمایید.

از هنرجویان بخواهید که برای تکمیل کردن جدول می توانند از ابزارهایی مانند اینترنت و کتاب های درسی خود کمک بگیرند.

قبل از انجام فعالیتی که در ابتدای بخش آمده لازم است درخصوص نحوه تقسیم بندی نقشه مدل سازی توضیحاتی را به هنرجویان داده و سپس از آنها بخواهید که فعالیت فوق را انجام دهند.

در این بخش لازم است با نمایش فیلم و عکس به ترتیب در خصوص ابزارهای برش، تراش، صافکاری، نکات لازم در مورد استفاده از هر کدام و موارد ایمنی و کنترل - نگهداری، از آنها را به هنرجویان آموزش داده و در صورت امکان آنها را از نزدیک با آن وسایل آشنا سازید. در این قسمت از هنرجویان بخواهید که تکالیف داده شده را به دقت انجام داده و نتایج را در اختیار شما قرار دهند.

هدف از دو فعالیت داده شده مروری بر دانسته ها و به روزسازی اطلاعات هنرجو در خصوص درزچسبانی و کار با وسایل اندازه گیری و انتقال خط بوده، لذا لازم است قبل از ورود به بخش عمل کلیه هنرجویان این فعالیت ها را انجام داده و سپس شما هنرآموز محترم به صورت تعاملی پاسخ های آنها را ارزیابی نمایید.

در مورد کلیه فعالیت های این کتاب همواره موارد زیر را در نظر بگیرید

۱ پیشنهاد می شود که یک گروه کاری متشکل از دو یا سه نفر را برای کلیه کارهای عملی این کتاب در نظر بگیرید.



۲ برای هر هنرجو یک جدول که خانه‌های آن به تعداد فعالیت‌ها، پرسش‌ها و تحقیقات این کتاب می‌باشد، تنظیم نموده و پس از انجام هر فعالیت نمره‌ای برای آن در نظر بگیرد.

۳ فعالیت هر فرد در گروه را تحت نظر داشته و در صورت نیاز به افراد کم کار تذکر دهید.

۴ قبل از شروع به کار و انجام فعالیت توسط هنرجویان هر فعالیت را ابتدا خودتان در حضور هنرجویان انجام داده و در حین انجام فعالیت توضیحات ایمنی و نکات فنی مربوط به همان فعالیت را به هنرجویان توضیح داده و در هر مرحله از کار سوالات از هنرجویان پرسیده و پاسخ آنها را بشنوید.

۵ پس از اطمینان حاصل کردن از توانایی هنرجویان به انجام هر فعالیت به آنها اجازه انجام کار را بدهید.

۶ قبل از انجام دادن مهم‌ترین مرحله از هر فعالیت قطعه کارهای هنرجویان را بررسی کرده و در صورت تأیید کار به آنها اجازه ادامه فعالیت را بدهید (مثلاً قبل از برش کاری نقشه ترسیمی آنها را چک کرده تأیید نمایید).

۷ برای افرادی که نقش مؤثرتری در گروه دارند امتیاز ویژه‌ای در نظر بگیرید.

۸ به منظور صرفه آموزش صرفه‌جویی و جلوگیری از هدر رفت منابع و انرژی هیچ کدام از فعالیت‌های این کتاب دور انداخته نمی‌شوند به همین منظور پایان هر فعالیت از هنرجویان بخواهید که پس از نوشتن اسم و مشخصات اعضای گروه روی قطعه کارها آنها را به شما تحویل دهند.

۹ لازم است برای نگهداری از قطعات محل مناسبی در نظر گرفته شود.

### **ابزار و تجهیزات برشکاری و صافکاری چوب و طرز کار با آنها:**

■ **برش کاری و ابزار آن:** برای ورود به بخش معرفی دستگاه‌های برشکاری، لازم است اهمیت داشتن یک برش با کیفیت را برای هنرجو با طرح چند پرسش و نمایش برش‌های صحیح و غلط مشخص نمایید و سپس هنرجو را با دستگاه‌های پرکاربرد برشکاری چوب که این کتاب به معرفی آنها پرداخته است، آشنا سازید. لازم به ذکر است که بخشی از تدریس این مبحث حتماً باید توأم با پخش فیلم، بخشی دیگر در کنار دستگاه‌های مربوطه انجام پذیرد.

درخصوص معرفی قسمت‌های مختلف هر دستگاه و نکات ایمنی مربوط به هر کدام ابتدا به هنرجویان نکات لازم را گفته سپس با طرح پرسش‌هایی به صورت تئوری و عملی، درک مطلب آنها را سنجش نمایید.

■ **تراش کاری و صاف کاری چوب و ابزار آن:** این بخش را نیز باید همانند بخش برش کاری در کلاس توأم با پخش فیلم و در کارگاه به صورت نمایش وسایل ذکرشده تدریس نمود.



به نکات ایمنی و هشدارهای معرفی شده در کتاب، هنگام تدریس توجه ویژه‌ای داشته باشید.

## بخش عملی

قبل از انجام فعالیت‌های ذکر شده در بخش عمل این کتاب، توسط هنرجویان، لازم است اقدامات زیر صورت گرفته باشد.

۱ با هنرجو اصول ایمنی مربوط به هر فعالیت در کلاس درس مرور شده باشد.  
۲ قبل از انجام هرگونه فعالیت در کارگاه، لازم است هم‌وای ایمنی و نظم کارگاهی را سرلوحه آموزش عملی خود قرار داده و از این طریق اهمیت آن را به هنرجو انتقال دهید.

۳ هنگام ورود به کارگاه در هر جلسه لازم است شرح فعالیت خود را هنرجو به‌طور کامل بداند و نقشه ترسیم شده مربوط به آن فعالیت را در دست داشته باشد.

۴ گروه‌های کاری هنرجویان از قبل تعیین و مشخص شده باشد.

۵ مواد اولیه مورد نیاز هر فعالیت به تعداد هنرجو در کارگاه موجود و محل آن مشخص باشد.

۶ تمامی دستگاه‌ها و ابزار مورد نیاز هر فعالیت از قبل توسط افراد متخصص بررسی و آماده به کار باشد.

۷ محل استقرار و میز کار هر گروه در کارگاه مشخص شده باشد.

۸ هنرجو قبل از ورود به کارگاه از وضعیت ظاهری و روحی مناسبی برخوردار باشد.

۹ جهت کیفیت بخشی به امر آموزش لازم است هنرآموز محترم نکات مربوط به هر فعالیت را هنگامی که برای آشنایی هنرجویان با مراحل فعالیت، مشغول انجام دادن آن می‌باشد را به‌طور کامل بازگو نماید.

در این مرحله هنرآموز محترم می‌تواند اجازه دهد که هنرجویان در حضور ایشان مراحل کاری را طبق مسیر مشخص شده در کتاب یا توضیحات بند ۹، تا پایان، انجام دهند.

در نهایت لازم است که قطعه کارهای هر هنرجو را جهت نگهداری، ارزیابی و ثبت نمره جمع‌آوری نمایید.



### انتخاب، برش و صافکاری چوب و طرز کار با آنها

این فعالیت آماده‌سازی هدفمند چوب (الوار) جهت استفاده در ساخت مدل فعالیت‌های بعد بوده، لذا لازم است کلیه مراحل این بخش را هنرجویان در قالب گروه‌های کاری خود، در حضور هنرآموز محترم انجام دهند.

فعالیت



در این مرحله نیاز است که هنرجویان با استفاده از نتایج به دست آمده از تمرین تبدیل کردن مدل‌های مدور به قطاع‌ها با توجه به استاندارد، که در کلاس انجام داده‌اند اقدام به انجام این فعالیت نمایند.

فعالیت



۱ در تمامی فعالیت‌های این کتاب راهنمایی و همراهی هنرآموز جهت بهبود در امر یادگیری لازم می‌باشد، لازم است با ارائه اطلاعات فنی به صورت هدفمند این امکان را ایجاد کنید که هنرجویان اعتماد به نفس و مهارت کافی را در انجام دادن یک فعالیت تا به انتها به دست آورد.

۲ فعالیت‌های این کتاب به گونه‌ای طراحی و تعیین شده که هیچ کدام از قطعه کارها در پایان فعالیت دور انداخته نخواهند شد، لذا لازم است که هنرجویان از این امر مطلع بوده و در خصوص ساخت و نگهداری قطعه کارهای خود توجه ویژه‌ای داشته باشند.

نکته



### خراطی

این بخش از مدل‌سازی برای هنرجویان جذابیت خاصی داشته لذا به سرعت آن را فرا می‌گیرند، در این صورت لازم است با تنظیم زمان‌بندی مناسب این امکان را فراهم آورید که کلیه هنرجویان فرصت تولید مدل براساس مراحل ذکر شده در متن کتاب را توسط خراطی، داشته باشند. به این منظور لازم است، همواره ابزار خراطی نظیر متعلقات دستگاه و مغار در سلامت کامل بوده و از چوب‌های مناسب این کار استفاده شود تا زمان کمتری برای انجام یک پروسه کاری صرف شود.



## جلسه هشتم

## مونتاز مدل

## ابزار و مواد اولیه و روش های چسباندن چوب:

از آنجا که این مرحله می تواند کلیه عیوبی را که در مراحل قبل (نقشه کشی، انتقال نقشه روی چوب، برشکاری، تراشکاری، صافکاری) به وجود آمده است را نمایان کند، این بخش یکی از ارکان اصلی و تأثیرگذار در مدل سازی به حساب آمده چرا که می تواند یک مدل را قبل از رسیدن به مراحل تمام کاری مردود سازد، در این بخش است که صحت انجام فعالیت های قبل روی مدل اهمیت خود را نشان می دهد، به همین جهت لازم است هنرآموزان محترم قبل از ورود به این بخش، کلیه قطعه کارها را به دقت بررسی نموده و چنانچه جزئی از کار ایراد داشته باشد از هنجروی مربوطه بخواهد که، اقدامات لازم را به منظور حذف ایراد، انجام دهد. قبل از ورود به مرحله عمل مونتاز کاری، لازم است هنجرویان را توسط مطالب این کتاب و نمایش فیلم و عکس، با انواع اتصالات و نحوه انجام آن آشنا سازید، بهتر است که آموزش تئوری داده شده را در کارگاه با انجام چند اتصال بر تکه چوب های دورریز تکمیل نمایید.

## چسباندن و مونتاز کردن قطعات برش خورده:

در این بخش رعایت ترتیب مراحل ذکر شده در کتاب اهمیت ویژه ای دارد، لذا لازم است که فعالیت های این بخش، در ابتدا یک بار با رعایت و ذکر نکات ایمنی توسط هنرآموز محترم انجام گرفته و سپس تحت نظر خود ایشان هنجرویان یک به یک یا به صورت گروه های کاری خود اقدام به انجام فعالیت (عمل مونتاز قطعه کارهای خود)، نمایند.

به منظور جلوگیری از دوباره کاری یا هدر رفت مواد اولیه، بهتر است از هنجرویان بخواهید که در این بخش طی چهار مرحله اقدام به بازرسی و بررسی مدل خود توسط وسایل اندازه گیری (بازرسی چشمی)، نموده و چنانچه در هر مرحله با ایرادی مواجه شدند، به شما گزارش دهند. مرحله اول: قبل از عمل مونتاز کاری، مرحله دوم: در حین مونتاز کاری، مرحله سوم: درست بعد از به پایان رسیدن عمل مونتاز کاری و قبل از خشک شدن کامل چسب در اتصالات.

پس از پایان فعالیت مونتاز کاری توسط هنجرویان و قبل از جمع نمودن مدل ها جهت ارزشیابی و خروج از کارگاه، از هنجرویان بخواهید که هر کدام از آنها برای بار آخر یا مرحله چهارم اقدام بازرسی توسط ابزار اندازه گیری مناسب و نقشه کار،



نموده و در نهایت امتیازی براساس (عالی - متوسط - ضعیف) به خود دهند. در صورت مغایرت امتیاز داده شده با ارزشیابی انجام گرفته توسط شما، لازم است از هنرجو توضیحاتی در خصوص دلایل و آیتم‌هایی که براساس آنها به خود امتیاز داده است را بخواهید، این عمل می‌تواند در امر آموزش صحیح کار با ابزار اندازه‌گیری و طریقه صحیح بازرسی چشمی بسیار مؤثر باشد.

نکته



از آنجایی که امروزه به این مهم پی برده‌اند که مناسب بودن شرایط فیزیکی محیط کار می‌تواند در افزایش تولید و کاهش خطرات ناشی از کار، تأثیر فراوانی داشته باشد، لذا در این ارتباط لازم و ضروری می‌باشد که با توجه به کلیه مسایل، روشی مناسب را به کار گرفته تا هنرجویان دقت نظر بیشتری را در خصوص نظافت محیط و ابزار کار خود به کار ببرند.

پیشنهاد می‌شود در جدول امتیازدهی خود بخشی را به ایمنی و نظافت کارگاه اختصاص دهید.

## قوس کاری

### قوس کاری و پرداخت کاری نهایی مدل و ابزار آن:

هنرجویان در بخش اول این پودمان (طراحی و ترسیم مدل و قالب)، اصول کار و دلایل قوس دادن گوشه‌های تیز در مدل‌سازی را فرا گرفته‌اند. از این روی می‌توانید به‌منظور آموزش این مرحله از مدل‌سازی، با طرح پرسش‌هایی آموخته‌های هنرجویان را یادآوری و تکمیل نمایید.

به منظور شناسایی و آموزش کار با ابزار قوس کاری و کنترل آن، در این مرحله بهتر است، ابزارهای مورد نیاز را توسط نمایش عکس به هنرجویان معرفی کرده و کار هر کدام را در حین تماشای فیلم آموزشی، به هنرجویان توضیح دهید.

نکته



از آنجایی که قوس دادن با ابزارهای دستی یا به اصطلاح با دست انجام می‌گیرد، لذا نمایش فیلم و عکس می‌تواند جایگاه ویژه‌ای در امر آموزش این مرحله از کار داشته باشد.

### ایجاد قوس در گوشه‌های تیز و پرداخت کاری نهایی سطوح:

در این بخش لازم است هنرجو بداند که هر گوشه تیزی با توجه به موقعیت آن و هر مدلی با توجه به جنس و خواص مکانیکی خود، چگونه و با چه ابزاری باید



قوس داده شده و ابزار اندازه گیری، بررسی و کنترل قوس را بشناسد و توانایی توضیح مراحل کار با هر کدام را داشته باشد. لذا لازم است در خصوص دلایل و چگونگی قوس دادن و استانداردهای موجود در این زمینه توضیحاتی را در کلاس عنوان کرده و با طرح پرسش میزان یادگیری هنرجویان را سنجش کنید، سپس هنرجویان را به کارگاه برده با ذکر نکات ایمنی اقدام به قوس دادن گوشه نمایید. (لازم است کلیه هنرجویان آموزش عملی شما را مشاهده و توضیحات حین عمل را شنیده باشند). پس از اطمینان از یادگیری نکات و هدف فعالیت توسط هنرجویان از آنها بخواهید که در قالب گروه کاری خود فعالیت را با توجه به مراحل آن انجام دهند.

## دانش افزایی

بتونه چوب را می توان به راحتی و هزینه بسیار پایین در کارگاه مدل سازی تولید نمود.

مواد اولیه ساخت بتونه: چسب چوب یا سریشم، آب، مل بتونه (خاک بتونه) مراحل ساخت: پودر بتونه را در قوطی خالی ریخته به طوری که نصف قوطی را پر نماید سپس به آهستگی به آن آب اضافه کرده هم بزنید. پس از اینکه تمام پودر به آب آغشته گشته و به حالت خمیری سفت در آمد مخلوط سریشم با آب یا چسب چوب نسبتاً رقیق شده را به آن اضافه کرده تا بتونه به حالت خمیری یکنواخت و نسبتاً نرم به گونه ای که با وارانه کردن ظرف، از آن خارج نشود، درآید. به مقدار مورد نیاز بتونه را روی سطح شیشه یا سطحی صیقلی ریخته، پس از مالش دادن آن توسط کاردک و لیسه از آن استفاده نمایید.

### رنگ آمیزی و کنترل کیفی مدل:

برای آموزش این بخش لازم است ابتدا هنرجو لزوم و اهمیت رنگ آمیزی مدل را شناخته و با انواع رنگ های مورد استفاده و استاندارد آنها آشنا شود، در ادامه لازم است ابزار و وسایل رنگ آمیزی و نکات فنی و ایمنی در خصوص کار با هر کدام از آنها را توسط نمایش فیلم و عکس به هنرجویان آموزش دهید.

بی شک کیفیت سطح رنگ شده به کیفیت سطح زیر کار وابسته می باشد، از این رو به منظور داشتن مدلهایی باکیفیت و کارآمد، لازم است قبل از رنگ آمیزی طریقه صحیح بررسی سطح را به صورت عملی به هنرجویان آموزش داده و در نهایت از آنها بخواهید که در حضور خودتان سطح مدل های چوبی خود را به منظور رنگ آمیزی بررسی کرده و پس از رفع عیب و اصلاح نهایی جزئی ترین موارد مشاهده شده در سطح و تأیید نهایی توسط شما، هنرجو می تواند اقدام به اجرایی کردن مراحل رنگ آمیزی در حضور هنرآموز خود نماید. لازم به ذکر است



قبل از شروع به کار هنرجویان، انجام تمامی مراحل رنگ‌آمیزی همانند دیگر مراحل تولید، توسط هنرآموز در این بخش نیز ضروری می‌باشد.

### **انتخاب مناسب رنگ و پوشش مدل و رنگ‌آمیزی آن و در نهایت کنترل کیفی مدل از لحاظ ابعاد - کیفیت - سطح - شکل و رنگ:**

از هنرجویان بخواهید که در قالب فعالیت نهایی، رنگ مدل‌های تمام کاری شده خود را با توجه به استاندارد ارائه شده در کتاب انتخاب کرده و با ابزار مناسب و موجود، تحت نظارت و راهنمایی خودتان اقدام به رنگ‌آمیزی مدل‌های خود نمایند.

#### **نکته**



۱ چنانچه از پیستوله یا اسپری رنگ برای این کار استفاده می‌نمایید، به منظور جلوگیری از نشستن گرد رنگ بر روی تجهیزات موجود در کارگاه، می‌توانید توسط نایلون در بخشی از محیط کارگاه که از تهویه مناسبی برخوردار است، اتاقکی را درست کرده و از هنرجویان بخواهید که با استفاده از ماسک و عینک مناسب مدل‌هایی را که از قبل در اتاقک آویزان نموده‌اید را رنگ‌آمیزی نمایند.

۲ در صورت استفاده از رنگ ترکیبی حتماً میزی را که از پیش به همین منظور کاور نموده‌اید را به عنوان میز رنگ قرار داده تا از آلوده شدن محیط کارگاه یا دیگر وسایل با رنگ جلوگیری به عمل آید.

۳ به منظور حفظ نظافت و جلوگیری از تخریب چهره کارگاه سعی کنید تمامی مراحل رنگ‌آمیزی در حضور خودتان یا شخص متعهد دیگر، با راهنمایی و تذکر ایشان به افراد بی‌احتیاط، صورت گیرد.

۴ در پایان کار لازم است هنرجویان، کلیه وسایل و ابزاری که در این مرحله به رنگ آغشته شده‌اند را همراه با دستان خود با محلول مناسب، شسته و آثار رنگ را پاک نمایند. (حتی اگر این وسایل قرار است پس از توقیف کوتاه مجدداً مورد استفاده قرار گیرند).

۵ در نهایت لازم است هنرآموز محترم طبق جدول امتیازدهی خود اقدام به جمع‌بندی امتیازات هنرجویان نموده و نمره‌ای برای این پودمان برای هر کدام در نظر بگیرد.



پودمان ۲

مدل سازی فومی



### فوم، مزایا و معایب مدل‌های فومی

جهت شروع تدریس این پودمان، براساس نکاتی که در مقدمه و بخش مزایا و محدودیت‌ها، به آنها اشاره شده لازم است مطالبی را به‌صورت فیلم آموزشی به هنرجویان ارائه دهید تا ذهن آنها آمادگی آموزش‌پذیری و اشتیاق لازم در راستای یادگیری اهداف این پودمان را پیدا کند. از میان انواع فوم‌ها در این بخش به سه مورد اشاره شده است. این سه دسته را می‌توان به عنوان مهم‌ترین گروه از فوم‌ها دانست که امروزه در صنایع مختلف کاربرد دارند. شناختن این خانواده از مواد (فوم‌ها) برای هنرجویان هدف بخش می‌باشد. لذا لازم است شما ضمن استفاده از مطالب این کتاب، از نمایش عکس و فیلم، مرتبط نیز در خلال آموزش استفاده نمایید.

در بخش توانمندسازی روش تبدیل نقشه مکانیکی به مدل‌سازی لازم است توضیحاتی را منطبق با مطالب مندرج در پودمان اول این کتاب، در خصوص تبدیل نقشه مکانیکی به مدل‌سازی، به هنرجویان ارائه دهید و در ادامه با استفاده از وسایل کمک آموزشی و نمایش مدل‌های موجود، دلیل حذف برخی از تغییراتی را که در متن به آنها اشاره شده را به هنرجویان بازگو کرده و پس از اطمینان از آموزش کافی برای هر هنرجو، از آنها بخواهید که فعالیت شماره ۱ را انجام دهند.

### دانش‌افزایی

**۱** پلی اتیلن یا پلی اتن یکی از ساده‌ترین و ارزان‌ترین نوع فوم‌ها است. پلی اتیلن جامدی مومی و غیرفعال است. این ماده از پلیمریزاسیون اتیلن به‌دست می‌آید. فوم پلی اتیلن ترکیبی است از پلی اتیلن فشرده و حباب‌های ریز هوا. این فوم در دمای ۳۵- تا ۹۰+ درجه سانتی‌گراد قابل استفاده بوده و در مقابل عوامل مخرب شیمیایی و فرساینده محیطی مقاوم می‌باشد. (شکل ۳)

**۲** لاستومرهای پلی یورتانی خانواده‌ای از کوپلیمرهای توده‌ای بخش شده می‌باشند که کاربردهای ویژه‌ای در زمینه‌های گوناگون صنعتی و پزشکی پیدا کرده‌اند. اولین پلی یورتان، از واکنش دی ایز و سیانات آلیفاتیک با، دی آمین به‌دست آمده است. به‌طور کلی فوم‌های پلی‌یورتان را می‌توان به ۳ دسته، فوم‌های نرم، فوم‌های نیمه‌نرم، فوم‌های سخت تقسیم‌بندی کرد که این تقسیمات براساس چگالی (فشرددگی) فوم صورت گرفته است. (شکل ۴)



۲ یونولیت یا پلاستوفوم ماده‌ای سفید رنگ و عایق رطوبت و صدا است که اولین بار توسط آلمان نازی در جنگ جهانی دوم برای ساخت پل‌های شناور روی آب ساخته شد. فوم پلی استایرن یکی از فراورده‌های صنایع پتروشیمی بوده و شکل ظاهری آن از بلورهای ریز تشکیل شده است که در مجاورت فشار و بخار منبسط می‌گردد. (شکل ۵)

۴ برای داشتن برش‌های دقیق لازم است در کارگاه از دستگاه برش داغ نیمه اتوماتیک یا CNC (تمام اتوماتیک) استفاده شود. در امر آموزش این بخش از ابزار برش سیم داغ دستی استفاده شده است. برش‌های حاصل از این دستگاه‌ها زمانی می‌توانند دقت و کیفیت قابل قبولی داشته باشند که از شابلون به صورت الگو استفاده شود.

## پیشنهادهای آموزشی

۱ (تشکیل تیم تحقیقاتی): به هنرآموزان عزیز پیشنهاد داده می‌شود که جهت هر چه بهتر انجام گرفتن تحقیقات اشاره شده در متن، از بین هنرجویان سر گروه‌هایی را انتخاب کرده و از آنها بخواهید که هر کدام سه زیر گروه را برای خود از بین همکلاسی‌هایشان انتخاب و یک گروه تحقیقاتی تشکیل دهند، این گروه باید توانایی مطالعه سایت‌ها، مقالات، متون نوشته شده دانشگاهی، کتاب‌های مرتبط را داشته باشند.

۲ جهت افزایش میل و رغبت هنرجویان به شرکت در بحث‌های کلاسی و پاسخ به پرسش‌های متن لازم است برای هنرجویان فعال امتیازی در نظر بگیرید.

۳ در راستای امر سنجش و ارزیابی هماهنگ کشوری از هنرآموزان محترم درخواست می‌شود که برای پرسش‌ها، خود را بیازمایند، و تحقیق کنند و دیگر تکالیف و فعالیت‌ها نمره‌ای در نظر گرفته و خودتان زمانی معین را به بازدید و بررسی تکالیف و ارزیابی آنها اختصاص دهید.

نکته زیست-  
محیطی



در بخش عمل این پودمان به منظور جلوگیری از هدر رفت هزینه و تخریب محیط زیست، تلاش بر این شده که، ترتیب و توالی کارهای عملی (فعالیت‌های) هنرجویان، به گونه‌ای باشد، که ایشان به هیچ عنوان کار عملی حاصل از فعالیت خود را دور نینداخته و ادامه کار روی مدل را در فعالیت‌های بعد انجام دهند. برای رسیدن به این هدف لازم است نکاتی را در خصوص ضرورت حفظ و حراست از قطعه کار و تبعات داشتن دور ریز در تمامی کارهای تولیدی به هنرجویان متذکر شوید. در این خصوص از هر نکته یا آموزه اخلاقی که به صورت تجربی به دست آورده یا شنیده‌اید، استفاده نمایید.





### تبدیل نقشه مکانیکی به مدل سازی فومی

در این مرحله از کار لازم است تمامی هنرجویان وسایل کامل نقشه کشی شامل مواردی که در پودمان اول به آن اشاره شد را به همراه داشته باشند. قبل از انجام فعالیت ۲، نکاتی را در خصوص تبدیل نقشه مکانیکی به مدل سازی یادآور شده و از هنرجویان بخواهید که با استفاده از تخته رسم و کاغذ A۳ با در نظر گرفتن تکنیک های آموزش داده شده، رسم های مکانیکی داده شده را به مدل سازی جهت ساخت مدل فومی تبدیل و ترسیم نمایند. لازم به ذکر است با توجه به نکته زیست محیطی اشاره شده هنرجویان باید نقشه های ترسیمی را با روکش پلاستیکی جلد کرده و در بخش عملی به همراه خود به کارگاه بیاورند.



به منظور داشتن نقشه ای بدون ایراد در کارگاه، تنها نقشه هایی را از هنرجویان بپذیرید که هیچ گونه اشتباه یا ایرادی به لحاظ اندازه و شکل نداشته باشند. جهت توانمندسازی هنرجو در ترسیم و داشتن نقشه ای بدون عیب، لازم است هنرجو تا پیدا کردن مهارت لازم، به تمرین و ترسیم ادامه دهد.



## جلسه دهم

### نقشه کشی روی فوم و شابلون

قبل از ورود به کارگاه و شروع عملیات مدل سازی لازم است مراحل و نکات لازم جهت انتقال نقشه بر روی ماده اولیه مدل سازی (شابلون) را در قالب مراحل مذکور به هنرجویان آموزش دهید. به این منظور در آموزش خود به نکات زیر توجه داشته باشید:

**در مرحله اول؛** نیاز است که تمامی تکنیک ها و ابزار را که با داشتن آنها می توان تعداد تقسیمات را کاهش داد، آموزش داده یا تهیه گردد. توجه داشته باشید که، تعداد تقسیمات ارتباط تنگاتنگی به مهارت برش کار و قدرت مانور دستگاه برش دارد لذا برای کاهش در تعداد تقسیمات، لازم است ابتدا به هنرجو جزئیات کار با دستگاه برش را آموزش داده و با برش های تمرینی مهارت آنها را در برش کاری افزایش دهید.

**در مرحله دوم؛** قبل از استفاده از ابزار اندازه گیری و انتقال خط توسط هنرجو، لازم است نکات ایمنی، حفاظتی و طریقه صحیح استفاده از هر ابزار را (حتی برای چندمین بار)، به هنرجویان آموزش داده و یا در قالب پرسش، دانش آنها را سنجش نمایید.

**در مرحله سوم؛** از آنجا که محصول نهایی (مدل) باید از دقت ابعادی و کیفیت سطح بالایی برخوردار باشد لازم است برای داشتن برش های بدون عیب، از کلیه هنرجویان بخواهید که توسط اهره مویی و تخته سه لایی اقدام به ساخت شابلون مناسب برای برش هر جزء را نمایند.

در راستای آموزش عملی کار ابتدا خودتان توسط اهره مویی برشکاری کرده و نکات لازم در این خصوص را حین برشکاری برای هنرجویان عنوان نمایید.

### دانش افزایی

**۱** از آنجایی که دمای سیم، در دستگاه برش سیم گرم، مورد استفاده در برش کاری قطعات یونولیتی بالاتر از حد تحمل کاغذ یا مقوا بوده و باعث سوختگی لبه های آنها و ایجاد سطح برش غیریکنواخت در مدل می شود، لازم است برای ساخت شابلون از تخته سه لایی یا فیبرهای نسوز استفاده کنید.

**۲** چنانچه تمایل داشته باشید که شابلون تهیه شده از تخته سه لایی را مکرر استفاده نمایید. لازم است لبه های شابلون را توسط نوارچسب های آلومینیومی عایق کاری حرارتی نمایید. در این صورت حتما باید از دستگاه سیم داغ با ولتاژ



پایین (۱۲) ولت) استفاده کرد، چرا که نوار آلومینیومی در برابر حرارت عایق بوده اما هادی خوبی برای جریان الکتریکی می‌باشد.

کار عملی



### ترسیم نقشه مدل روی سطح شابلون و فوم

برای انجام فعالیت‌های این بخش لازم است هنرجویان را به کارگاه برده، و با معرفی ابزار اندازه‌گیری و انتقال خط و ذکر نکات ایمنی و فنی مربوط به هر کدام مراحل ترسیم نقشه نشان داده شده را یک بار به صورت عملی خودتان بر روی یونولیت برای هنرجویان انجام دهید، لزوم ترسیم خطوط محور در قطعات قوس‌دار را برای هنرجویان توضیح داده و برای ترسیم‌های مناسب امتیازی در نظر بگیرید. سپس از آنها بخواهید که هر کدام به صورت انفرادی اقدام به انجام مراحل براساس آموزش دیده شده نمایند.

پس از ارزیابی عملکرد هنرجویان و گرفتن امتیاز لازم، افراد حائز صلاحیت را در خصوص فعالیت ۳ و ۴ راهنمایی و سپس از آنها بخواهید که نقشه مدل‌سازی (شماره ۱ و ۲) را با دقت نگاه کرده و هماهنگ با توضیحات شما مراحل این فعالیت‌ها را انجام دهند.

برای انجام فعالیت‌های این بخش ابتدا لازم است دلیل و نحوه تقسیم‌بندی مدل را با ذکر یک مثال و ترسیم نقشه بر روی تابلو، به همه هنرجویان آموزش داده و از هنرجویان بخواهید در حضور شما تقسیمات نمایش داده شده را بر روی کاغذ رسم منتقل نمایند. پس از انجام فعالیت آموزشی در کلاس هنرجویان را به محیط کارگاه برده و از آنها بخواهید که براساس مراحل ذکر شده در فعالیت ۳ و ۴، نقشه مدل‌سازی شماره ۱ و ۲ را به بخش‌های قابل ساخت تبدیل کرده و الگوی برش را بر روی ماده اولیه شابلون (تخته سه لایی، فیبر نسوز) رسم نموده و برش کاری نمایند.

در صورت نیاز لازم است طریقه صحیح کار با اره مویی و برش شابلون را به هنرجویان آموزش دهید. پیشنهاد می‌شود به این منظور فعالیت ۴ را ابتدا یک بار خودتان در حضور هنرآموزان انجام داده و در حین کار توضیحات لازم را عنوان نمایید، سپس از هنرجویان بخواهید قبل از انجام دادن فعالیت ۴ در حضور شما برش‌های تمرینی انجام داده و در صورت پیدا کردن مهارت لازم در کار با اره مویی به آنها اجازه انجام فعالیت فوق را بدهید.

نکته



به منظور رعایت اصول طراحی در ساخت مدل و جلوگیری از هدر رفت مواد اولیه، لازم است که پس از بررسی سلامت کار عملی هنرجویان بر روی کاغذ (رسم مدل‌سازی) به آنها اجازه انتقال نقشه به روی تخته سه لایی (شابلون) داده شود.



نکته آموزشی



■ چنانچه هنرجویی در تمرین این ترسیم نقشه، صلاحیت لازم جهت شرکت در فعالیت های ۳ و ۴ را پیدا نکرده بود لازم است بعد از مشغول شدن مابقی هنرجویان افراد مذکور را یک بار دیگر در راستای هدف این بخش راهنمایی و تعلیم دهید.

■ در نهایت لازم است یونولیت های الگو زده را به نام هر هنرجو ثبت کرده و نمره ای به فعالیت آنها اختصاص دهید.

■ هدف از انجام دادن این فعالیت به دست آوردن تجربه کشیدن نقشه بر سطح یونولیت و لمس کردن مشکلاتی که در حین کار به وجود می آید می باشد.

از آنجایی که تمامی فعالیت ها در این بخش سلسله وار بوده و سلامت هر فعالیت به نتیجه فعالیت قبل وابسته است، لازم است تمام تلاش خود را برای کم عیب بودن قطعات تحویلی، انجام دهید. پیشنهاد می شود که استاندارد را در کارگاه خود به هنرجویان ارائه داده و با توجه به استاندارد تعیین شده از تحویل قطعه کارهای زیر حد استاندارد خودداری کرده و هنرجویان ضعیف را تشویق به انجام دوباره فعالیت نمایید.



### پلاستوفوم و ابزار و تجهیزات برش و صافکاری یونولیت و طرز کار با آنها

برای درک بهتر هنرجویان نسبت به مسائل پیش رو، لازم است ابتدا آنها را با خواص متفاوت یونولیت، آشنا کرده و در این خصوص ارئه مطالبی مکمل توضیحات متن و نمایش فیلم در خصوص روش ها و تکنیک های برش کاری این ماده می تواند ثمربخش باشد.

قبل از ورود به بخش برشکاری و تولید، لازم است که هنرجویان را به شکلی اصولی با ابزارهای برش و نکات صحیح استفاده از آنها آشنا کنید. به این منظور می توانید در راستای توضیحات کتاب با نشان دادن ابزار در محیط کارگاه و یا نمایش عکس و فیلم آموزشی مرتبط با طریقه استفاده از ابزار برش، اقدام به آموزش این بخش نمایید.

جهت آموزش ابزارهای برش برقی و حرارتی، ابتدا نکات ایمنی فردی استفاده از آنها را آموزش دهید. تدریس این بخش را در محلی انجام دهید که کلیه هنرجویان همراه با توضیحات شما ابزار مورد بحث را مشاهده نمایند.

برای معرفی طریقه صحیح و غلط استفاده از ابزارهای برش همین طور نکات ایمنی لازم در استفاده از هر کدام از آنها و خطراتی که می تواند هنرجویان را هنگام استفاده تهدید کند می توانید از نمایش فیلم و توضیح حین پخش استفاده کنید. حین تدریس با طرح پرسش و تمرین های داده شده هنرجویان را به تلاش و بحث در خصوص موضوع واداشته و به این طریق در آنها اشتیاق لازم را جهت انجام فعالیت های این بخش که بسیار حساس و اثرگذار در کیفیت محصول نهایی می باشد را ایجاد کنید.

برای تکمیل آموزش در این بخش نیاز است که پس از تدریس در کلاس هنرجویان را به کارگاه برده و از نزدیک دستگاه و وسایل ذکرشده را به آنها معرفی نموده و درخصوص نکات ایمنی مربوط به هر کدام توضیحات کاملی ارائه نمایید.

مثال هایی همانند آموزه اخلاقی که در این بخش آمده می تواند، در کاهش خطاهای فردی که منتج به حادثه می شود بسیار تأثیرگذار باشد. لذا در این خصوص چنانچه در هر بخش تجربه خاصی داشته یا شنیده اید را در اختیار هنرجویان قرار دهید.

برای انجام دادن فعالیت های کارگاهی لازم است هنرجویان را با مزایای کار گروهی و سفارشات که بزرگان دین اسلام و همین طور افراد موفق نسبت به انجام گرفتن کارها به صورت گروهی داشته اند آشنا ساخته و اهمیت نقش هر فرد در گروه را با



مثال هایی از توصیه های دین اسلام به هنرجویان آموزش دهید. در نهایت با توجه به تجهیزات موجود هنرجویان را به گروه های ۲ تا ۴ نفره تقسیم کنید. لازم است فعالیت هر فرد در گروه را در نظر گرفته و نتیجه را در ارزشیابی نهایی خود تأثیر دهید.

در انتهای کلاس برای آماده سازی هنرجویان جهت انجام دادن فعالیت های این بخش، لازم است مراحل ساخت یک مدل و برشکاری اجزای آن را از طریق پخش فیلم آموزشی به آنها نشان داده سپس از آنها بخواهید با به همراه داشتن لباس کار و رعایت کلیه نکات ایمنی وارد کارگاه شوند.

#### کار عملی



#### انتخاب پلاستوفوم، برشکاری و صافکاری آن و کار با ابزار و تجهیزات مربوطه

جهت آموزش عملی این بخش، نقشه تمرینی که در بخش قبل روی ورق یونولیت ترسیم کردند را در اختیار گرفته و توسط ابزار برش سرد و گرم همانند آنچه در این بخش به آن اشاره شده اقدام به برشکاری نمایند. قبل از هر اقدامی توسط هنرجو لازم است خودتان اقدام به انجام مراحل تمرین نموده و حین کار در خصوص مشکلات و نکات ایمنی استفاده از هر وسیله برای هنرجویان توضیحات لازم را مجدداً، ایراد فرمایید.

#### نکته



جهت افزایش مهارت هنرجویان بهتر است که در حین انجام تمرین توسط هنرجو نکات مهم و لازم، تذکر و آموزش ها به صورت فرد به فرد، داده شود.

پیشنهاد می شود برای انجام تکالیف تحقیقاتی یا بحث و نتیجه گیری پایان هر فعالیت، با ایجاد اعتلاfi بین ۲ یا ۳ گروه کاری، یک تیم تحقیقاتی تشکیل دهید. وجود این تیم تحقیقاتی می تواند اهمیت کار گروهی را در نظر هنرجویان پررنگ تر و ارزشمندتر نماید.

توجه داشته باشید که هدف از بحث و گفت و گو در این بخش آشنایی هنرجویان با عیوبی می باشد که به لحاظ فنی می تواند ناشی از تجهیزات یا افراد باشد. لذا لازم است پس از شنیدن نظرات سخنگوی تیم تحقیقاتی، شما نیز توضیحاتی را در مورد عوامل فردی نظیر (عدم مهارت برشکاری، استرس، عدم اعتماد به نفس، گرم بودن یا سرد بودن محیط کارگاه و ...) و تأثیر آنها بر عملکرد شخص و کیفیت تولید، ارائه دهید.

در ادامه آموزش مهارت برشکاری لازم است. هنرجویان را به کارگاه برده، پس از پوشیدن لباس کار و توضیحات ابتدایی در خصوص رعایت ایمنی و گروه بندی، خودتان برشکاری سرد روی مدل مربوط به فعالیت ترسیمی ۳ تا آخرین مرحله



انجام داده سپس از هنرجویان بخواهید در قالب گروه کاری خود فعالیت ۵ را در حضور شما انجام دهند. (برای داشتن حس همکاری و حسن خلق در گروه کاری امتیازی را در نظر بگیرید).

پس از تحویل گرفتن قطعات لازم است توضیحات هنرجویان را در خصوص بحث و گفت‌وگوی پایانی جویا شده و از آنها بخواهید نتایج مکتسبه را در حضور هنرجویان عنوان نمایند.

برای انجام فعالیت ۶ لازم است با رعایت نکات ایمنی هنرجویان را به کارگاه برده سپس خودتان، یکی سری از شابلون‌های تولیدی هنرجویان (مربوط به فعالیت ۴) را انتخاب کرده و براساس مراحل مذکور در فعالیت ۶ اقدام به شابلون زنی و برشکاری نمایید.

■ (از تأثیر ذکر نکات ایمنی و مسائل فنی، حین کار غافل نشود)

■ (درحین بازگو کردن نکات فنی، لزوم یادگیری هر مورد را با اشاره به تأثیر آن در کیفیت مدل تولیدی گوشزد نمایید).

سپس از هنرجویان بخواهید که در قالب گروه کاری خود و درحضور خودتان کلیه موارد خواسته شده در فعالیت ۶ را با رعایت نکات ایمنی انجام دهند. لازم است در حین کار پرستش‌های در راستای افزایش تجربه و توجه به کار از هنرجویان پرسیده شود.

پس از ارزیابی کار عملی فعالیت ۶ و شنیدن نتایج بحث و گفت‌وگو، از هنرجویانی که در فعالیت ۶ امتیاز کمتری را کسب نمودند بخواهید در حضور خودتان با استفاده از یک شابلون استاندارد اقدام به انجام چند برش نمایند. هر هنرجو پس از انجام فعالیت لازم است در حضور شما اجزاء برش خورده را یک بار دیگر از نظر ابعاد و شکل بررسی کرده و علامت‌گذاری مجدد نماید.

در ادامه از هنرجویان بخواهید با دقت فراوان و رعایت نکات ایمنی، فعالیت شماره ۸ را در تحت نظارت خودتان انجام دهند.

توصیه می‌شود به میزان فعالیت هر هنرجو در گروه کاری خود و رفتار فردی ایشان در کارگاه، توجه داشته و برای هر مورد امتیازی را در نظر بگیرد. (چنانچه هنرجویان از این امتیاز و نحوه کسب آن مطلع باشند تأثیر این رفتار عمیق‌تر خواهد بود).

لازم به ذکر است که جهت هماهنگی در کار و وجود یک نظم گروهی، خودتان نشانه‌هایی که هر کدام معرف وضعیتی مشخص، می‌باشد را انتخاب و به هنرجویان معرفی کنید. از هنرجویان بخواهید که روی هر جزء از مدل، مجازند تنها از این نشانه‌ها که زبان مشترک کارگاه شما می‌باشد استفاده نمایند.

یادآوری





نکته



قبل از انجام فعالیت ها لازم است چنانچه می خواهید از شابلون ها در دفعات مکرر استفاده نمایید لبه های آنها که با سیم داغ تماس پیدا می کند را با استفاده از نوار چسب های آلومینیومی عایق کاری نمایید. دقت داشته باشید از آنجا که آلومینیوم هادی جریان الکتریکی می باشد ولتاژ برق دستگاه بیشتر از ۱۲ ولت نباشد.

برای افزایش توان تجسم و ارزیابی میزان یادگیری هنرجویان نسبت به آموزش های داده شده، لازم است همه آنها فعالیت ۷ را در کلاس درس تحت نظر و راهنمایی شما انجام دهند. به این منظور از هنرجویان بخواهید که نقشه های مدل سازی نشان داده شده در فعالیت شماره ۶ را به کمترین جزء قابل ساخت تبدیل و با توجه به نتایج به دست آمده توسط خط کش تصویر هر جزء را به همراه تعداد مورد نیاز در جدول مربوطه ترسیم نمایند. لازم است بعد از انجام فعالیت کتاب ها را جمع آوری کرده و نظر خود را در مورد فعالیت انجام گرفته در جدول عنوان نمایید.



## جلسه دوازدهم

### انواع چسب فوم و روش‌های چسباندن فوم

لازم است برای تکمیل آموزش قبل از ورود به بخش مونتاژ مدل، در خصوص انواع چسب‌های مورد استفاده در مدل‌سازی فومی و همین‌طور چگونگی استفاده از هر گروه از چسب‌ها و نکاتی که در هنگام استفاده باید در نظر داشت، نظیر: نحوه آغشته‌سازی سطوح، میزان چسب به کار رفته، زمان سخت شدن، مزایا و معایب و همین‌طور نکات ایمنی مختص به هر گروه از چسب‌ها، توضیحاتی با کمک فیلم و عکس به هنرجویان بدهید.

در این قسمت لازم است نکاتی در خصوص؛ ایمنی در استفاده از چسب‌ها (به‌خصوص چسب‌هایی که پایه شیمیایی دارند)، حلال آنها، پاک‌کننده‌های آنها (برای تمیز کردن وسایل یا دست)، و نحوه صحیح استفاده از هر گروه، به هنرآموزان ارائه شود. به این منظور می‌بایست آموزش این بخش را از طریق نمایش فیلم یا بحث و گفت‌وگو و یا یک تحقیق کلاسی انجام دهید.

#### انتخاب چسب فوم و چسباندن فوم

قبل از انجام فعالیت ۹ (مونتاژ مدل توسط هنرجو)، خودتان یک بار به شکلی که همه هنرجویان مشاهده کنند عمل آماده‌سازی چسب چوب و چسب فوم، استفاده از آن و در نهایت چسب‌کاری و تولید مدل نهایی را انجام دهید، (توضیح نکات فنی، و ایمنی در حین کار آموزش عملی، تأثیر بسیار زیادی در به‌کارگیری همین موارد توسط هنرجو در حین انجام فعالیت خود، دارد. لذا در این خصوص دقت بسیاری به کار ببرید.) پس از پایان فعالیت چسب‌کاری و مونتاژ، مدل تولیدی هر هنرجو را بررسی کرده و به منظور تسهیل در ارزیابی نهایی، به هر هنرجو نمره‌ای برای کار گروهی و نمره‌ای براساس مدل تحویلی، اختصاص دهید.

برای هماهنگی در ارزیابی حتماً از نقشه مدل‌سازی و آیت‌های تست یکسان استفاده کرده و نمرات را به صورت مقایسه‌ای ثبت نفرمایید.

از هنرجویان بخواهید پس از انجام خود رابایزمايید، اقدام به تحویل کار خود نمایند.

کار عملی



نکته



نکته





مدل‌سازی فومی ۵ (ابزار و تجهیزات قوس‌کاری فوم و طرز کار با آنها و محل ایجاد قوس را شرح دهد).

در این بخش لازم است ابتدا با توضیح و نمایش فیلم و تصویر اهمیت قوس دادن گوشه‌ها در مدل را برای هنرجویان قابل درک نموده و سپس تکنیک‌های قوس‌کاری در مدل‌های یونولیتی را توسط نمایش فیلم و تصویر به هنرجویان آموزش دهید. در نظر داشته باشید حین پخش فیلم، در چند مرحله فیلم را متوقف کرده و جهت بررسی میزان درک موضوع توسط هنرجویان از آنها پرسش‌هایی به عمل آورید.



### تعیین محل های ایجاد قوس و نحوه ایجاد قوس با ابزار روی فوم

در ادامه جهت تکمیل آموزش در این پودمان کلیه هنرجویان را به کارگاه برده و پس از اینکه خودتان یک بار با رعایت کلیه نکات تکنیکی و ایمنی لازم اقدام به قوس دادن گوشه در مدل های ساخته شده کردید، نسبت به انجام فعالیت نهایی هنرجویان را آماده و راهنمایی نمایید.

**۱** اجازه دهید که تمامی هنرجویان یک بار در حضور خودتان اقدام به قوس دادن گوشه های تیز مدل نمایند.

**۲** در حین کار جهت سنجش دانش عملی و تئوری سؤالاتی را از هنرجویان به عمل آورید.

**۳** از هنرجویان بخواهید که ایرادات موجود در چند قوس را به شما نشان داده و در خصوص جلوگیری از ایراد به وجود آمده یا رفع هر ایراد پیشنهادشان را عنوان نمایند.

با توجه به بازخوردی که از سه مرحله فوق در خصوص میزان دانش عملی و تئوری هنرجویان برای گذراندن این پودمان به دستتان رسید. اقدام به توضیحات پایانی (یادآوری، تأکید، تکرار، آموزش) در خصوص مدل سازی فومی نمایید.

پس از کسب مهارت لازم از هنرجویان بخواهید که فعالیت ۱۰ را انجام داده و آماده انجام فعالیت های خود شوند.

کنترل کیفی مدل فومی از لحاظ ابعاد، شکل و ...

لازم است توسط فیلم و به صورت عملی ابزار بازرسی چشمی آموزش و طریقه کار با آنها آموزش داده شود.



جدول ارزشیابی پیشنهادی

میانگین کار کلاسی																	
جمع نمره	کنترل کیفی نهایی (دقت و نظافت در کار)	رعایت نکات ایمنی حین کار		استفاده صحیح و نگهداری از ابزار و تجهیزات		قوسکاری و حذف گوشه‌های تیز		چسب کاری و مونتاژ		برشکاری یونولیت		انتقال نقشه روی فوم (یونولیت) یا شابلون		کشی‌دان یا به همراه داشتن نقشه مدل سازی		فعالیت	
		پیشنهادهای دریافتی	نمره	پیشنهادهای دریافتی	نمره	پیشنهادهای دریافتی	نمره	پیشنهادهای دریافتی	نمره	پیشنهادهای دریافتی	نمره	پیشنهادهای دریافتی	نمره	پیشنهادهای دریافتی	نمره		
				۱	۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۸	۱/۲	
				۱	۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۸	۲/۲	
				۱	۴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۲	۳	
				۱	۴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۲	۴	
				۲	۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱	۵	
				-	۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰	۶	
				۱	۴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۲	۷	
				۲	۴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱	۸	
				۲	۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱	۹	
				۲	۲	-	-	۷	-	-	-	-	-	-	۲	۱۰	
				۱	۱	-	-	۲	۴	-	۵	۲	-	-	۲	فعالیت نهایی	
	۱۵																



جدول نمره پایان واحد کار مدل سازی فومی

ملاحظات	نمره دریافتی	بارم	شاخص
		۱۵	میانگین نمره کاربرگ ارزشیابی
		۱	رعایت اخلاق حرفه‌ای
مسئولیت پذیری، تعالی فردی، ...		۲	شایستگی‌های غیرفنی
		۱	رعایت نکات زیست محیطی
		۱	لباس کار و شرایط ظاهری مناسب
		۲۰	جمع



## پودمان ۳

### مدل سازی فلزی



### مروری بر ساخت مدل چوبی یا فومی و تبدیل آن به مدل فلزی

**قسمت اول:** جهت شروع تدریس این پودمان، با توجه به اینکه هنرجو مدل‌های چوبی و فومی را می‌شناسد و با محدودیت‌های کاری هر کدام آشنایی دارد، لذا ابتدا مزایای مدل‌های فلزی را در قالب مقایسه با مدل‌های چوبی در کلاس درس مطرح کرده و سپس مراحل تولید یک مدل فلزی را به صورت خلاصه و به شکلی که هنرجو با کلیات موضوع آشنا شود توضیح دهید. (در این خصوص از هر وسیله کمک آموزشی، نظیر به همراه داشتن چند مدل با جنس‌های متفاوت و یا نمایش عکس و فیلم می‌توان استفاده نمود).

برای توضیح روش‌های تولید مدل‌های فلزی (روش ریخته‌گری و تراش کاری) و مراحل هر کدام، بهتر است از ابزارهای کمک آموزشی نظیر: نمایش عکس و یا فیلم آموزشی استفاده شود.

در پایان تدریس این بخش لازم است به منظور جمع‌بندی و ارزیابی میزان دقت و درک مطلب هنرجویان پرسش‌هایی نظیر آنچه در کتاب آورده شده، مطرح شود و از هنرجویان بخواهید که پرسش‌ها را به صورت تعاملی با هم گروهی‌هایشان در کلاس پاسخ دهند.

**بخش دوم:** در این بخش سعی شده لزوم به کارگیری انقباض مضاعف در طراحی مدل‌های اولیه توضیح داده شود، در این راستا به منظور درک بهتر موضوع، لازم است توضیحاتی در خصوص چرایی و چگونگی تغییرات ابعادی فلزات در اثر تغییرات دما و همچنین ارتباط این خاصیت فلزات با بحث مدل‌سازی فلزی، داده شود و در نهایت پس از معرفی رابطه انقباض مضاعف و طرح پرسش، لازم است هنرجویان تمرین و فعالیت را با توجه به مطالبی که آموخته‌اند انجام دهند.

**پیشنهاد:** بهتر است تمرین ۱ و فعالیت ۱، این بخش را در کارگاه رسم و توسط وسایل نقشه‌کشی و با در دست داشتن نقشه‌های کشیده شده از این دو تصویر (در پودمان اول این کتاب) و تغییر روی آنها آموزش داده شود.



## جلسه پانزدهم

### اصول قالب گیری و ریخته گری

#### قالب گیری:

از آنجایی که ساخت مدل فلزی به روش ریخته گری وابستگی مستقیم به بخش قالب گیری و ریخته گری و تمام کاری دارد، لازم است در این بخش توضیحاتی را در خصوص قالب گیری، روش های آن، انواع مواد قالب گیری داده شود. تذکر: از آنجایی که هنرجویان در کتاب های دیگر خود در خصوص قالب گیری و ریخته گری مطالبی را خوانده اند. در این بخش سعی شود از مطالب تکراری کمتر استفاده کرده و به شکلی تخصصی تر به این موضوع پرداخته شود، از این رو بهتر است این بخش به صورت تعاملی با هنرجویان و در حین نمایش عکس یا فیلم آموزشی تدریس گردد. جداول، تمرین ها، پرسش ها و تحقیق کننده هایی که در این بخش آورده شده است به منظور تکمیل فرایند آموزش طراحی و تعیین شده اند، لذا در حل و تکمیل آنها توسط هنرجو دقت و حساسیت لازم را داشته باشید.

### ریخته گری

#### اصول مدل سازی توسط ریخته گری:

این بخش را با توضیح ساده و قابل درکی از روش تولید ریخته گری آغاز نمایید و پس از آماده شدن ذهن هنرجویان اصولی را که در تولید مدل فلزی توسط این روش در کتاب به آن اشاره شده است را به آنها آموزش داد و از هنرجویان بخواهید که به صورت گروهی به پرسش های طرح شده پاسخ دهند. سرگروه موظف است با کسب اجازه و گرفتن زمان از شما، پاسخ ها را در کلاس درس قرائت کند.

#### مهارت قالب گیری و ریخته گری:

قبل از انجام هرگونه کار عملی در کارگاه لازم است با هنرجو نکات ایمنی و مربوطه را مرور کنید، تکراری بودن برخی از نکات و ذکر آنها در گذشته نمی تواند دلیلی برای صرف نظر کردن از تکرار مجدد آنها باشد.

**توجه:** این امر آشکار است که تأکید و تکرار بر انجام دادن یا انجام ندادن یک رفتار، می تواند در ناخودآگاه هنرجو اهمیت و حساسیت بر رعایت این هنجار را پررنگ نموده و در نهایت به نهادینه شدن آن در ذهن و فکر فرد، انجام آن رفتار خاص تبدیل به یک فرهنگ خواهد شد، البته چنانچه نکات رفتاری تأکید شده، توسط فرد آموزش دهنده شکسته شود و یا رعایت نشود مطمئناً تکرار کلامی تأثیری عکس خواهد داشت. در ادامه لازم است از هنرجویان بخواهید در پایان توضیحات شما پرسش و فعالیت داده شده را انجام دهند.



### پرداخت کاری مدل

نکته



قبل از ورود به کارگاه ریخته‌گری به منظور کنترل بهتر هنرجویان و ارائه مطالب و انجام کار عملی توسط هنرجو، براساس زمان‌بندی تعیین شده، لازم است میز کار، ابزارهای قالب‌گیری و ماسه به مقدار مورد نیاز (با توجه به تعداد هنرجو) موجود بوده و هنرآموز طرح درس کارگاهی را که براساس فعالیت‌های آورده شده در کتاب تنظیم کرده است، در دست داشته باشد.

از این رو، در این جلسه لازم است به منظور فراهم نمودن شرایط مناسب در کارگاه، هنرجویان را به کارگاه برده و با منظم نمودن محیط کار، با توجه به آنچه که شما از آنها خواسته‌اید، نظم کارگاهی و لزوم رعایت آن را به آنها آموزش دهید. از آنجایی که در این بخش از مدل‌های ساخته شده چوبی و یونولیتی که به همین منظور در دو فصل قبل تهیه شده‌اند استفاده می‌شود، لازم است قبل از ورود به کارگاه از موجود بودن و سلامت آنها اطمینان حاصل نمایید. پس از ورود به کارگاه و عمل به موارد گفته شده لازم است که ابتدا به صورت شفاهی همراه با هنرجویان مراحل هر فعالیت را مطابق با آنچه که در متن کتاب آورده مرور کنید.

سپس به صورت تعاملی با هنرجویان اقدام و انجام به فعالیت داده شده نمایید و در نهایت از هنرجویان بخواهید که تحت نظر شما در قالب گروه‌های کاری خود تمامی مراحل را به ترتیب آنچه که آموخته‌اند انجام دهند. در این کتاب پس از پایان هر فعالیت پرسش‌هایی طرح شده که این پرسش‌ها را می‌توانید در حین کار با توجه به نوع فعالیت عملی از هنرجویان سؤال نموده و با توجه به پاسخ آنها به هنرجو امتیازی اختصاص دهید.

### پرداخت کاری مدل

همان‌طور که می‌دانید، همانند تمامی قطعات تولید شده به روش ریخته‌گری مدل‌های تولیدی با این روش نیز، نیاز به خشن کاری و پرداخت کاری دارند. اما از آنجایی که در فصل‌های بعد این کتاب به طور مفصل به این موضوع پرداخته خواهد شد، در این مرحله از کار، دادن توضیحات کامل، لزوم نداشته و تنها وسایل و روش استفاده از آنها و همین‌طور مشخص نمودن محل‌هایی روی مدلی که باید



خشن کاری شوند و از انجام عملیات خواسته شده توسط هنرجو روی مدل خود، کفایت می کند.

## مدل صفحه ای

لزوم استفاده از مدل صفحه ای در صنعت ریخته گری و شکل ریزی را توسط نمایش عکس و طرح چند پرسش در کلاس درس توضیح دهید، سپس مقدمه ای در مورد پیشینه این روش مطابق آنچه در کتاب آورده است را عنوان کرده و پس از شرح مختصری در مورد اجزای این مدل ها به معرفی مزایا و محدودیت های آنها بپردازید. لازم است هنرجویان با انواع مدل های صفحه ای آشنا شوند، در این راستا همانند تقسیم بندی که در این کتاب مطرح شده، هر مدل صفحه ای را در دسته بندی مربوط به خود توسط نمایش عکس یا فیلم در کلاس درس توضیح و بررسی نمایید.

### پیشنهاد:

به منظور تسهیل در امر یادگیری هنرجویان می توانید از آنهایی بخواهید که جدولی تهیه کرده و انواع مدل های صفحه ای متعلق به یک دسته را در یک ستون جمع آوری نموده، مزایا و محدودیت های هر کدام را در ستون های جداگانه روبه روی آنها بنویسید. به منظور آموزش مراحل ساخت هر کدام از مدل های صفحه ای لازم است از نمایش عکس و فیلم آموزشی استفاده نمایید.

### نکته



از آنجایی که امکانات کارگاهی اکثر هنرستان ها در وضعیتی نیست که بتوان تمامی این مدل ها را تولید نموده، لذا در این بخش، چنانچه سطح آموزش به هنرجو در حدی باشد که انواع مدل های صفحه ای را بشناسد و مراحل ساخت، اجزا و مزایا و محدودیت های هر کدام را بداند کفایت می کند. اما در صورتی که امکانات کارگاهی برای ساخت هر کدام از مدل های معرفی شده وجود داشته باشد، برای هنرآموز لازم است که روش ساخت و مراحل تولید را با رعایت و معرفی نکات ایمنی مخصوص به آن روش به صورت عملی به هنرجو آموزش دهد.



### روش تهیه مدل صفحه‌ای توسط ریخته‌گری

معرفی مراحل تولید توسط نمایش فیلم آموزشی همراه با توضیح در کلاس درس لازمه شروع آموزش این بخش، به هنرجویان می‌باشد. در بخش عملی لازم است که هنرجویان را به کارگاه برده و با رعایت کلیه نکات ایمنی تمامی مراحل قالب‌گیری و ریخته‌گری را که قبلاً آموخته‌اند، برای ساخت یک مدل صفحه‌ای که در فعالیت همین بخش آورده شده انجام دهند، در این بخش نظارت مستمر بر تمامی مراحل کار و آموزش قبل و حین کار توسط هنرجو لازم می‌باشد.

### ارزشیابی نهایی

ارزشیابی نهایی می‌تواند معیاری مناسب برای سنجش میزان مهارت هنرجو باشد، لذا لازم است به صورتی برنامه‌ریزی و زمان‌بندی نمایید که هنرجویان هرکدام بتوانند به تنهایی و بدون کمک گرفتن مستمر از هم‌گروهی خود اقدام به انجام فعالیت نهایی خود نمایند.

در نهایت برای هر هنرجو براساس جدولی که در کتابش آمده است نمره‌ای در نظر گرفته و در محل مورد نظر، هم در کتاب و هم در لیست کارگاهی خود ثبت نمایید.



پودمان ۴

تکمیل کاری



### تمیزکاری اولیه

در این مرحله کار تدریس به صورت تئوری و در طی سه ساعت انجام گیرد، برای تدریس لازم است از نرم افزار پاورپوینت و ویدئو پروژکتور استفاده شود. در ابتدا در مقدمه، ریخته‌گری و انجماد قطعه درون قالب را توضیح دهید. سپس به مراحل کار اشاره کنید. در ادامه تصاویر مربوط به تخلیه قالب را نمایش دهید. فیلم مرتبط را که از ابتدای عملیات تخلیه قالب تا پایان عملیات جداسازی است، را نمایش دهید. پس از آن در مورد چگونگی سرد شدن قطعه توضیح دهید و عوامل مؤثر در انتخاب سرعت سرد شدن قطعه را توضیح دهید. لازم است به تغییر ساختاری ناشی از استحاله فازی در اثر سرد شدن اشاره شود. همچنین در مورد مشکلات ناشی از سرعت سرد شدن توضیح داده شود. سپس فعالیتی مطرح می‌شود که در آن هدف شناخت و بررسی عوامل مؤثر در انتخاب سرعت سرد کردن قطعه، محدودیت‌های جنس قطعه، در بروز عیوب ریخته‌گری می‌باشد. در ادامه به عوامل مؤثر در انتخاب روش تخلیه قالب اشاره کنید. لازم است به نکته ایمنی و بهداشتی در مورد تولید گازهای حاصل از عملیات تخلیه اشاره شود. هنرآموز باید انواع هوای موجود درون قالب و نحوه تشکیل گازها حین خشک کردن و بارریزی را معرفی کند.

### دانش افزایی

#### انواع هوای موجود در محفظه قالب

انواع گاز و هوای درون قالب عبارت است از:

- ۱ هوای درون محفظه قالب؛
  - ۲ هوای محبوس بین ذرات ماسه؛
  - ۳ رطوبت و ترکیبات فرار و گازی بین اجزای قالب؛
  - ۴ گازهای حاصل از واکنش بین مذاب و مواد زود گداز افزودنی؛
  - ۵ گازهای حاصل از واکنش بین مذاب و چسب‌های آلی و معدنی زودگداز و ... .
- سپس فعالیتی مطرح می‌شود که در آن هدف بررسی کاهش خواص ناشی از واکنش‌های مواد قالب، بر خواص مخلوط ماسه و همچنین بیماری‌هایی که ممکن است در اثر استنشام و تصاعد پیش آید را مورد بررسی قرار می‌دهد. در ادامه عملیات تکمیل را تعریف کنید و مراحل آن را معرفی کنید. سپس با فعالیتی از هنرجو بخواهید برای هر کدام از مراحل یک ابزار و روش معرفی شود



و جدول مربوط به فعالیت را تکمیل کنید. در ادامه مراحل ماسه زدایی را توضیح دهید و علل بروز این عیوب سطحی توأم با ذرات ماسه را معرفی کنید. سپس پرسشی مطرح می‌شود که هنرجو با توجه به آموخته‌های کتاب تولید قطعات فلزی می‌تواند پاسخگو باشد.

در ادامه انواع روش‌های ماسه‌زدایی را معرفی کنید و در پایان تصاویر مرتبط به هریک از روش‌ها را نشان دهید. سپس روش‌های دستی کارگاهی را معرفی کنید و با چگونگی استفاده از برس سیمی، قلم و چکش و چکش‌های پنوماتیکی اشاره کنید. در ادامه جداسازی را تعریف کنید و به اثرات آن بر روی راندمان تولید و راندمان ریختگی اشاره کنید. راندمان تولید و راندمان ریختگی را تعریف کنید. سپس در مورد شبیه‌سازها و کمک آنها به افزایش راندمان تولید و ریخته‌گری توضیح دهید. در ادامه فعالیتی مطرح می‌شود که از هنرجو خواسته می‌شود شبیه‌سازهای رایج مورد استفاده در صنایع ریخته‌گری را شناسایی و جدول را تکمیل کنید. سعی شود از نرم افزارها و شبیه‌سازهای طراحی شده در کشور برای تکمیل جدول استفاده شود. در ادامه به اهمیت طراحی قطعه و قالب در کاهش و جبران هزینه‌های جداسازی اشاره شود و با مطرح شدن پرسشی از هنرجو خواسته شود که روش‌های کاهش هزینه‌های جداسازی را شناسایی و معرفی کنید. (چک و تنگه، ماهیچه برشی و ...). سپس روش‌های جداسازی معرفی در شکل را معرفی کند. در مورد جداسازی به روش‌های ضربه زدن و تنش‌های مکانیکی حاصل بروی قطعه توضیح دهید و به نکات مهم در جداسازی ضربه‌ای اشاره کنید. سپس در مورد جداسازی با اره توضیح دهید و در مورد چگونگی انتخاب تیغه اره توضیح دهید. سپس در مورد روش‌های جداسازی با سنگ فرز توضیح دهید. لازم است نکات ایمنی به هنگام استفاده از آن، روش تعویض تیغه فرز، روش انتخاب تیغه را توضیح دهید. سپس در مورد روش‌های برشکاری حرارتی توضیح دهید.

## دانش‌افزایی

### چکش

چکش ابزاری است متشکل از دسته و مضر به که غالباً برای وارد کردن ضربه به کار می‌رود. هر چکش برای کار خاصی طراحی و ساخته می‌شود، بنابراین چکش‌ها را به انواع مختلف می‌توان یافت، اما همه آنها به‌طور کلی دارای یک دسته و یک وزنه در سر آن دسته می‌باشند و اغلب وزن چکش در همان وزنه سر دسته قرار دارد. بسته به وزن وزنه می‌تواند، سبک یا سنگین باشد. به چکش سبک، چکش نرم گویند. اگرچه اکثر چکش‌ها طوری ساخته شده‌اند که با دست باید آنها را به کار گرفت ولی بعضی از انواع چکش‌ها نیز طوری ساخته شده‌اند که با



کمک نیروی ماشین قابل استفاده می‌باشند و بیشتر در مواقعی به کار می‌روند که احتیاج به نیروی بسیار زیادی می‌باشد. یکی از استانداردهای معتبر چکش‌ها DIN ۱۰۴۱ آلمان است. چکش‌ها در جنس‌های مختلف مانند فولاد، برنج، مس، چوب و پلاستیک و عموماً برای ضربه زدن در کارهایی نظیر خمکاری، صافکاری، قلمکاری، و کوبیدن پانچ‌ها، اسکنه‌ها و غیره کاربرد دارند. انواع خاصی از چکش‌ها نیز برای فرم‌دهی فلزات، پرچکاری، ورقکاری، بنایی، نجاری، حلبی سازی و غیره استفاده می‌شوند. به‌طور کلی به چکش‌های با وزن بیشتر از ۲ کیلوگرم پتک یا چکش سنگین می‌گویند. از این ابزارها برای کوبیدن پانچ‌ها یا اسکنه‌ها با نیروی زیاد استفاده می‌شود.

■ چکش‌های ماشین‌کاری، این چکش‌ها به شکل‌های مختلفی ساخته می‌شوند که کلیه آنها دارای یک سر کوبشی تخت می‌باشند و از آن برای کوبیدن استفاده می‌شود. انتهای دیگر سر آنها می‌تواند به‌صورت یکی از اشکال که در ادامه به آن اشاره خواهد شد، ساخته شود.

■ چکش سرگرد که برای فرم‌دهی فلزات نرم، کوبیدن میخ پرچ‌ها و ضربه زدن به فلزات در مکان‌های غیر قابل دسترس، به کار می‌رود.

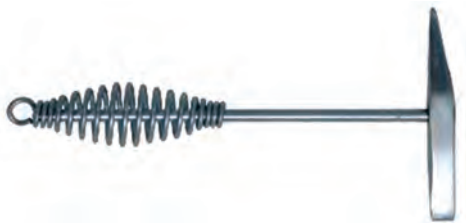
■ چکش سرگوه‌ای عرضی که از آن به‌عنوان اسکنه یا قلم برای جدا نمودن سر پرچ‌ها و نیز برای خمکاری و شکل‌دهی فلزات استفاده می‌شود.

■ چکش سرگوه‌ای طولی نیز کاملاً مشابه نوع عرضی آن می‌باشد با این تفاوت که لبه کوبشی آن ۹۰ درجه چرخیده است و باعث می‌شود دسته چکش موازی با سطح برخورد نگه داشته شود.

### چکش‌های جوشکاری

این چکش دارای یک یا دو سر اسکنه‌ای و نوک تیز می‌باشد که از آن برای جدا کردن گل جوش استفاده می‌شود.

این چکش در انتها دارای یک برس بوده که برای تمیزکاری جوش‌ها و پاک کردن ذرات سرباره بجا مانده بر روی سطح جوش مورد استفاده قرار می‌گیرد.





### چکش‌های ورق کاری



این چکش که به چکش تنظیم‌کننده نیز معروف می‌باشد دارای سری است که یک انتهای آن تخت و چهارگوش و انتهای دیگر آن مایل و پخدار می‌باشد. از این چکش برای ترازکاری و خمکاری لبه‌ها در ورقکاری و نیز تنظیم درزهای دوبل استفاده می‌شود.

### چکش‌های میخ کش



یک انتهای این چکش برای کوبیدن و انتهای دیگر آن به منظور بیرون کشیدن انواع میخ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این چکش در اندازه‌های مختلف تولید می‌شود و سر کوبشی آن معمولاً در دو نوع محدب و سر تخت موجود می‌باشد.

### چکش‌های بادی

این چکش پنوماتیکی بوده و با استفاده از نیروی بادی که توسط یک کمپرسور هوا تولید می‌شود، صدها بار در ثانیه به قطعه کار ضربه وارد می‌کند. از این چکش برای فعالیت‌هایی نظیر شکل دهی، مسطح سازی، علامت گذاری و ... استفاده می‌شود. این چکش دارای سرهای متفاوتی می‌باشد که با توجه به فعالیت مورد نظر و همچنین جنس و اندازه قطعه کار در اندازه و جنس‌های مختلفی ساخته می‌شود. به عنوان مثال برای شکل دهی از سر چکشی و برای علامت گذاری یا برش از سر اسکنه‌ای استفاده می‌شود.





### چکش‌های دو سر لاستیکی



هنگامی که به ضربه‌هایی ملایم تر از ضربه‌های یک چکش فلزی در کارهای صنعتی احتیاج باشد، از چکش‌های لاستیکی استفاده می‌شود. این چکش‌ها چون دارای سر لاستیکی می‌باشد، اثر کمتری از ضربه بر روی قطعه کار به جای می‌گذارند لذا از آنها به‌طور گسترده در اموری نظیر فرم‌دهی ورق‌های فلزی، کوبیدن میخچه‌ها و میخ‌های چوبی، جازدن خارها و یاتاقان‌ها، جا زدن قالب‌های گچی و شکننده در محل نصب و سایر فعالیت‌های کارگاه‌های ساختمانی و برق استفاده می‌شود.

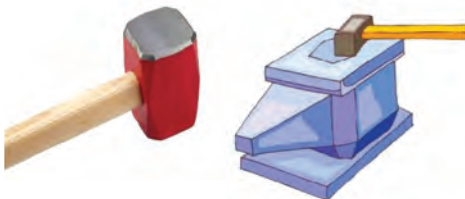
### چکش‌های با سر برنجی یا مسی



این نوع چکش‌ها دارای دو سر برنجی یا مسی هستند و در وزن‌های متنوع و حداکثر تا ۱/۵ کیلوگرم موجود می‌باشند. از این چکش‌ها معمولاً در مکان‌هایی که به دلیل وجود میدان مغناطیسی، خطر تولید خاصیت آهنربایی برای چکش‌های فولادی وجود دارد و همچنین در مکان‌هایی که به دلیل وجود گاز احتمال ایجاد جرقه و انفجار با استفاده از چکش‌های فولادی وجود دارد، استفاده می‌شود. در صورتی که سر این چکش‌ها به دلیل زدن ضربات محکم دچار تغییر شکل شود، اصطلاحاً پدیده قارچی شدن نامیده می‌شود که در این صورت می‌توان با سوهان کاری آن را برطرف و اصلاح نمود.

### پتک‌های آهنگری

از پتک‌های آهنگری معمولاً برای کوبیدن پانچ‌ها، اسکنه‌ها و ... استفاده می‌شود. این پتک‌ها اگر چه مشابه چکش‌های ماشین کاری هستند ولی دارای مزیت سرسنگین و



دسته بزرگتر می‌باشد. پتک‌های آهنگری همانند چکش‌ها در انواع مختلف نظیر پتک دوسر گرد، پتک سرگوه‌ای عرضی و طولی ساخته می‌شوند.



تصویر سایر چکش‌ها در شکل زیر نشان داده شده است.



### برخی از نکات قابل توجه در مورد چکش‌ها

- در زمان استفاده از چکش‌ها می‌بایست از چرب نبودن دسته و دو سر چکش اطمینان حاصل کرد. چرا که احتمال سر خوردن چکش از دست وجود دارد.
- به هیچ وجه نباید از چکش ناسالم استفاده کرد و همیشه می‌بایست قبل از استفاده، از عدم ترک خوردگی دسته و شُل نبودن سر چکش، اطمینان حاصل نمود.
- هرگز نباید از چکش برای ضربه زدن به فلزات آب دیده استفاده کرد، چون باعث شکستن و یا پلیسه کردن قطعه کار یا چکش می‌شود.

## دانش افزایی

### فرچه سیمی

#### جنس مفتول

مفتول فولاد کربنی، برس‌های سیمی از این جنس مفتول دارای قیمت مناسب، قدرت براده‌برداری بالا و طول عمر بیشتری هستند. از این مفتول‌ها در مواقعی که کاربرد برس برای پاک‌سازی محل جوشکاری است، تمیزکاری، ترمیم محل جوشکاری، براده برداری، پرداخت کاری، پلیسه گیری و ... است.

مفتول فولاد زنگ نزن (۳۱۶ و ۳۰۴): دارای مقاومت بالا در برابر مواد شیمیایی، خوردگی و زنگ زدگی، بر جای نگذاشتن براده‌های اکسید شده بر روی سطح بسیار مناسب است. از این برس‌ها برای خش‌گیری و تمیزکاری، ترمیم و پرداخت کاری سطح آلیاژها با مقاومت سطحی بسیار بالا استفاده می‌شود.

مفتول برنجی: مفتول‌های با آلیاژ برنج در برابر خوردگی و زنگ زدگی مقاوم است. از این برس‌ها جهت تمیزکاری، ترمیم و پرداخت کاری سطوح برنجی، مس و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرچه سیمی و فرز سیمی متناسب با شکل و اندازه بافت و جنس مفتول انتخاب می‌شوند.



## فرچه های سیمی صنعتی

برس های سیمی مدادی، محوری، کاسه ای زاویه دار و فرچه های سیمی بستر گسترده مورد استفاده قرار می گیرند. مدل های موجود فرچه های فرد ابزاری برای ماشین های حرفه ای با کاربردها و استفاده های مختلف در صنعت و مشاغل متفاوت است. مصرف کننده ها قادر به انتخاب بهترین فرچه برای مصارف گوناگون در ماشین آلات و مواد متفاوت هستند.

## کاربردهای فرچه سیمی

برای ساییدن و پرداخت سطوح سخت مثل سنگ ها و فلزات و نیز در صنایع مانند کشتی سازی اتومبیل سازی و ساختمان استفاده می گردد و نیز برای از بین بردن هرگونه زنگ زدگی بر روی سطوح و پرداخت انواع فلزات، استیل آلات، آهن آلات و سنگ مورد استفاده قرار می گیرد. رشته های این فرچه ها معمولا از فولادی سخت با درصد زیادی از آلیاژ کربن ساخته می شود.

برس های صنعتی جهت پرداخت کاری، زنگ زدایی، رنگ برداری، چرمی کردن، خش گذاری، گردگیری، صیقل دهی سطوح و قطعات کار، استفاده می گردد. همچنین برس های سیمی (برس های صنعتی) جهت شستشوی جداول خیابان ها، گاردریل ها و دستگاه های کارواش استفاده می گردد.

## انواع برس های سیمی صنعتی تولیدی

■ برس سیمی تخت افشان از قطر ۱۰ سانتیمتر تا قطر ۳۰ سانتیمتر با ضخامت سیم نرم ۰/۱۳ تا سیم زبر ۰/۵۰ جهت مصرف در سطوح مختلف برای رنگ بری و زنگ زدایی و براده برداری.

■ برس سیمی کاسه ای افشان مهره دار و بی مهره، مخصوص دستگاه فرز آهنگری از ۷/۵ سانتی متر تا ۱۵ سانتی متر برای تمیز کردن و صیقل دادن سطوح و زوایا. ■ برس سیمی تخت بافته ۱۱/۵ و ۱۷/۵ سانتی متر جهت کار در درزها و محل های جوشکاری شده.

■ برس های کاسه ای بافته مهره دار برای کار در سطوح و زوایا با سرعت بالا و زنگ زدایی و رنگ بری سخت.

## انواع برس های صنعتی دستی با دسته پلاستیک و چوب و برس مسواکی

■ برس استوانه ای قلمی برای تمیز کردن داخل لوله با ابعاد ۱۰ تا ۱۰۰ میلیمتر ■ برسهایی جهت گردگیری و روغن گیری از جنس موی طبیعی برای کاربرد در صنایع مختلف.

■ برس های نواری در اشکال مختلف (مستقیم، حلقوی و ...) برای شستشو و گردگیری و جلوگیری از ورود گرد و غبار و خاشاک. ■ برس های غلتکی برای شستشو و سایر کارهای صنعتی.



■ برش‌های سردریلی تخت از ۳ تا ۱۰ سانتی متر و سردریلی کاسه ای از ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی متر.

## دانش افزایی

رابطه راندمان کل و راندمان ریخته‌گری

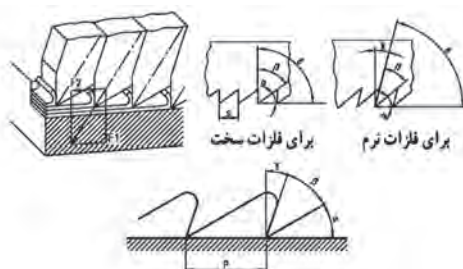
$$\text{راندمان کل} = \frac{\text{وزن قطعه قابل فروش}}{\text{وزن مذاب}}$$

$$\text{راندمان ریخته‌گری} = \frac{\text{وزن قطعه بدون سیستم راهگاهی و تغذیه و پلیسه}}{\text{وزن قطعه قبل از جداسازی}}$$

## دانش افزایی

انواع تیغه اره و روش‌های انتخاب

دندانه‌های تیغه‌اره به شکل گوه ساخته می‌شوند و زوایای آن متناسب با جنس قطعه کار انتخاب می‌شود. زاویه گوه در اره‌های دستی که برای برش فلزات به کار می‌رود  $10^\circ$  و زاویه براده برای فلزات نرم که دارای براده طویل هستند،  $50^\circ$  است. زاویه براده برای فلزات سخت کم در نظر گرفته می‌شود. تیغه اره‌های دستی با اندازه ۳۰۰ میلی‌متر ساخته می‌شوند. منظور از اندازه اسمی فاصله مرکز تا مرکز دو سوراخ تیغه اره است. عرض تیغه اره ۱۵-۱۲ و مقدار ضخامت آن  $8/0 - 6/0$  میلی‌متر است. دیگر تیغه اره‌ها گام آن است که ریزی و درشتی مشخصه دندانه را نشان می‌دهد. انتخاب تیغه اره به نوع برش (دستی یا ماشینی) و جنس قطعه کار و ... بستگی دارد. جدول زیر ارتباط اندازه دندانه با جنس قطعه کار را نشان می‌دهد.





شرح	تعداد داندانه در یک اینچ	کاربرد
دنده درشت	۱۴	فلزات نرم
متوسط	۱۸	فولاد ساختمانی
ظریف	۲۴	فولاد و چدن
خیلی ظریف	۳۲	فلزات و مواد سخت

## دانش افزایی

### تاریخچه سنگ زنی

انسان‌های اولیه و غارنشین در تولید ابزار و سلاح‌های ابتدایی سنگ‌زنی را مورد استفاده قرار می‌دادند و تا به امروز در انواع عملیات ساده و پیچیده تولیدی از تیز کردن لبه چاقو گرفته تا تولید حساس‌ترین لنزهای تلسکوپ‌ها از این روش استفاده می‌شود. تا چند دهه قبل، پیشرفت صنعتی با حجم تولید فولاد و میزان صادرات و تولیدات سنجیده می‌شد، اما امروزه رشد و توانایی صنعتی در درجه اول با کیفیت تولید مقایسه می‌شود. یکی از فرایندهای اصلی که بر کیفیت و دقت تولید تأثیر می‌گذارد، روش‌های تولیدی و به خصوص آخرین مرحله تولید است که کیفیت نهایی را تضمین می‌کند.

تمیزکاری اولیه

کار عملی



تمیزکاری اولیه قطعه آلومینیومی

فعالیت ۱



**در فعالیت ۱:** برای انجام این فعالیت قطعه به‌دست آمده از فعالیت‌های مرحله ذوب از جنس آلومینیوم را از انبار تحویل بگیرید و در صورت عدم وجود در انبار لازم است پس از ریخته‌گری آن، تمامی افراد اقدامات زیر را انجام دهند. ابتدا توضیحات لازم در مورد نحوه تخلیه قالب، ماسه‌زدائی و جداسازی را ارائه دهید. سپس هر هنرجو مطابق مراحل فعالیت ۱ اقدامات لازم را انجام دهد. برای انجام این فعالیت نیاز به قطعه آلومینیومی تهیه شده از پودمان قبلی است. قبل از شروع به کار به لباس کار و سایر وسایل حفاظت فردی و ایمنی مجهز شوید



و به محل تخلیه قالب در ماسه دان رفته با استفاده از دستکش چرمی لنگه‌های درجه را از هم باز کنید. قبل از آن لازم است به خطرات احتمالی ناشی از تخلیه قالب اشاره شود و راه‌های مقابله یا رفتارهای احتمالی در اثر مواجهه با آن را برای هنرجویان ارائه کنید. پس از اتمام تخلیه قالب و تمیزکاری درجه با استفاده از انبر قطعه را بروی میز کار برده و بروی گیره مناسب محکم ببندید. لازم است ویژگی‌های یک میز کار مناسب جهت انجام کار را برای هنرجو توضیح دهید. سپس با استفاده از قلم و چکش و سپس برس سیمی مناسب ماسه اطراف قطعه را کامل از آن جدا کنید. سپس با استفاده از سوهان مثلی محل جدا سازی راهگاه و تغذیه از قطعه را علامت‌گذاری کنید. در ادامه با کمان اره اضافات را از قطعه جدا کنید. در نهایت با استفاده از آلومینیوم‌سازی اثرات باقیمانده از عملیات جداسازی و سطوح خشن و زبر و پلیسه‌ها روی قطعه را از بین ببرید. در صورت مشاهده هرگونه عیب در هر کدام از مراحل کار لازم است در مورد نوع عیب و اینکه قابلیت تعمیر را دارد یا خیر؟ به هنرجویان توضیح لازم را بدهید. چنانچه عیب قابل تعمیر بود برای تعمیر در محل مناسب گذاشته شود و در صورت غیر قابل تعمیر بود به قسمت برگشتی‌ها منتقل شود. سپس با استفاده دستگاه توزین موجود در کارگاه اجزای جداسازی شده و قطعه را وزن کرده و محاسبات مربوط به راندمان ریختگی را به صورت تکلیف و نتیجه‌گیری به هنرجویان ارائه کنید. در پایان ابزار را پاک‌سازی و جمع‌آوری کنید و اضافات و براده‌ها را تمیزکاری به محل برگشتی‌ها بازگردانید.

نسبت به تهیه گزارش اطلاعات کافی را در اختیار قرار دهید. هنرجو باید گزارش خود را مبتنی بر واقعیت‌ها و دستورالعمل آورده شده در درس دانش فنی پایه دهم تهیه کند.

## فعالیت ۲



### تمیزکاری اولیه قطعه چدنی

**در فعالیت ۲:** برای انجام این فعالیت قطعه به دست آمده از فعالیت‌های مرحله ذوب از جنس آلومینیوم را از انبار تحویل بگیرید و در صورت عدم وجود در انبار لازم است پس از ریخته‌گری آن، تمامی افراد اقدامات زیر را انجام دهند. ابتدا توضیحات لازم در مورد نحوه تخلیه قالب، ماسه‌زدائی و جداسازی را ارائه دهید. سپس هر هنرجو مطابق مراحل فعالیت ۲ اقدامات لازم را انجام دهد. برای انجام این فعالیت نیاز به قطعه چدنی تهیه شده از مرحله کار قبلی است.



قبل از شروع به کار به لباس کار و سایر وسایل حفاظت فردی و ایمنی مجهز شوید و به محل تخلیه قالب در ماسه دان رفته با استفاده از دستکش چرمی لنگه‌های درجه را از هم باز کنید. قبل از آن لازم است به خطرات احتمالی ناشی از تخلیه قالب اشاره شود و راه‌های مقابله یا رفتارهای احتمالی در اثر مواجهه با آن را برای هنرجویان ارائه کنید. پس از اتمام تخلیه قالب و تمیزکاری درجه با استفاده از انبر قطعه را بروی میز کار برده و به‌روی گیره مناسب محکم ببندید. لازم است ویژگی‌های یک میز کار مناسب جهت انجام کار را برای هنرجو توضیح دهید. سپس با استفاده از چکش پنوماتیکی سبک و قلم مناسب را چک و برای ماسه‌زدایی مورد استفاده کنید. پس از آن بر روی دستگاه فرز دستی، فرچه سیمی مناسب را بر روی دستگاه نصب و اقدام به ماسه‌زنی کنید. پس از اتمام کار فرچه را تعویض و با استفاده از سنگ برش اضافات قطعه را جداسازی کنید. در پایان مجدداً صفحه سنگ را با صفحه ساب تعویض و اثرات باقیمانده از عملیات برش و سایر پلیسه‌ها و برجستگی‌ها را حذف کنید. در صورت مشاهده هرگونه عیب در هرکدام از مراحل کار، لازم است در مورد نوع عیب و اینکه قابلیت تعمیر را دارد یا خیر؟ به هنرجویان توضیح لازم را بدهید. چنانچه عیب قابل تعمیر بودن برای تعمیر در محل مناسب گذاشته شود و در صورت غیرقابل تعمیر بودن به قسمت برگشتی‌ها منتقل شود. سپس با استفاده از دستگاه توزین موجود در کارگاه اجزای جداسازی شده و قطعه را وزن کرده و محاسبات مربوط به راندمان ریختگی را به صورت تکلیف و نتیجه‌گیری به هنرجویان ارائه کنید. در پایان ابزار را پاک‌سازی و جمع‌آوری کنید و اضافات و براده‌ها را تمیزکاری و به محل برگشتی‌ها بازگردانید. همچنین نسبت به تهیه گزارش اطلاعات کافی را در اختیار هنرجو قرار دهید. هنرجو باید گزارش خود را مبتنی بر واقعیت‌ها و دستورالعمل آورده شده در درس دانش فنی پایه دهم تهیه کند.

## دانش افزایی

### سرعت چرخش دستگاه سنگ

برحسب متر در ثانیه بیان می‌شود، ارائه این پارامترها به سرعت گردش دستگاه‌ها در هر دقیقه و محاسبه طول محیطی ابزار بستگی دارد. مقادیر استاندارد حداکثر سرعت چرخش، در کاتالوگ و روی بسته‌بندی برس‌ها ارائه شده است، توصیه می‌شود جهت افزایش ایمنی از سرعت‌هایی کمتر از حداکثر سرعت مجاز استفاده گردد.



## دانش افزایی

**تعویض صفحه سنگ، صفحه برش و فرچه برس سیمی نحوه خارج کردن طوقه:**

**۱** برای تعویض صفحه سنگ ابتدا دو شاخه دستگاه را از پریز جدا کنید. با توجه به ضخامت صفحه سنگ، طرف صحیح مهره مخصوص محکم کننده صفحه، قرار داده شود. از صفحه سنگ سالم استفاده شود. با آچار مخصوص مهره فلنجی محکم کننده کاملاً محکم شود. ابتدا شاسی روشن خاموش چک شود که بر روی حالت خاموش قرار دارد سپس دوشاخه را به پریز وصل کنید.

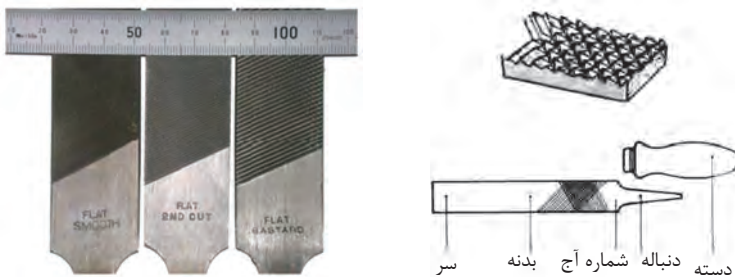
**۲** وقتی از برس استفاده شده و سیم‌ها به نزدیک طوقه نگهدارنده رسید لازم است با وارد کردن ضربه توسط چکش به طوقه نگهدارنده آن را بیرون انداخته و سپس برس قابل استفاده می‌باشد.

**۳** برس‌ها نباید در هوای مرطوب یا غبار آلود و محیط اسیدی نگهداری شوند، توصیه می‌شود به منظور جلوگیری از زنگ‌زدگی رشته‌های سیم به‌خصوص در مناطق مرطوب در بسته‌های نایلونی قرار داده شوند؛ لذا قبل از استفاده از برس و هنگام خارج کردن آن از جعبه، لازم است ظاهر آن بررسی شده و از برس‌های زنگ زده و معیوب استفاده نشود.





ابتدا مقدمه‌ای در مورد اهمیت و دلایل انجام مرحله پلیسه‌گیری بیان کنید. سپس تصویر عملیات‌های مختلف را که به منظور پلیسه‌گیری قطعه انجام می‌گیرد، نشان دهید. و فیلم مربوط به آن را نمایش دهید. در ادامه فعالیتی مطرح می‌شود که در آن هدف تحقیق هنرجو و آشنا شدن با روش‌های جدید و پیشرفته و مدرن زنگ زدایی و پلیسه‌گیری می‌باشد. سپس فیلم مربوط به عملیات سوهان‌کاری را نمایش دهید. در ادامه به انواع سوهان با آج یک یا دو طرفه، کاربرد هریک و زاویه آج‌های هر کدام اشاره کنید. در ادامه پرسشی مطرح می‌شود که در آن هدف در این است که هنرجو به کتب سال گذشته مراجعه تا مروری بر مطالب گذشته نماید. سپس تصویر ساختمان انواع سوهان برحسب آج را نمایش دهید. سپس فعالیتی مطرح می‌شود که به انواع سوهان براساس اندازه اسمی و سطح مقطع اشاره کنید و جدول مربوط به انواع سوهان برحسب اندازه را توضیح دهید. سپس فعالیتی مطرح می‌شود که انواع سوهان برحسب سطح مقطع را نشان می‌دهد. لازم است هنرجو با تحقیق در منابع مرتبط هریک از مقاطع سوهان را نام‌برده و کاربرد هریک را معرفی کند. سپس فعالیتی مطرح می‌شود که هدف تحقیق هنرجو در مورد روش‌های ساخت و تولید انواع سوهان می‌باشد.



سپس سنگ کاری را توضیح دهید و فیلم مربوط به آن را نمایش دهید. در ادامه پارامترهای مهم در تهیه و انتخاب یک سنگ مناسب را توضیح دهید. سپس سنبله‌کاری را تعریف کنید و فیلم مربوط به آن را نمایش دهید. در ادامه انواع مواد ساینده در سنبله‌کاری را توضیح دهید. سپس انواع پشت بند سنبله‌کاری و سنبله‌ها برحسب شکل ظاهری را توضیح دهید. در ادامه اصطلاح مش را برای هنرجو تعریف کنید و معیار دسته‌بندی سنبله‌ها در ایران که براساس



سیستم اروپایی می‌باشد را توضیح دهید. در ادامه دستگاه سنباده نواری را معرفی و شکل‌های متداول این دستگاه که در صنعت و کارگاه رایج است را نمایش دهید. سپس فعالیتی مطرح می‌شود که هدف ارزیابی ابتکار هنرجو در طراحی و ساخت یک دستگاه سنباده نواری است. برای این فعالیت هنرجو ابتدا باید طرحی تهیه کند. سپس ابزار و وسایل مورد نیاز خود را انتخاب کند و به‌صورت شماتیک طرح را روی یک مدل فومی تهیه کنید.

## دانش افزایی

### نام گذاری استاندارد سنگ سنباده

۳۸A ۴۶-H VBE

XX X XX -X X X XX  
↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓

اتصال پیوند نوع پیوند شماره و نوع ساختمان سختی سایز جنس  
جنس سنباده‌های مصرفی در تمیزکاری قطعات عمدتاً از آلوندوم ZF است. این سنباده‌ها برای تیزی، برندگی، مقاومت زیاد و ضربه‌پذیری در فشار و تحت درجه حرارت بالا مناسب هستند. سایز یا گریت براساس تعداد و نزدیکی ذرات در واحد سطح معرفی می‌شود. هرچه تعداد دانه بیشتر است، سنگ صاف‌تر و برعکس است.

کیفیت	زبر	متوسط	صاف	خیلی صاف
سایز	۱۰-۲۴	۳۰-۶۰	۷۰-۱۸۰	۲۲۰-۶۰۰

سختی به‌میزان پیوند بین ذرات و اتصال آنها به‌صفحه می‌گویند. تقسیم‌بندی سختی و زبری ذرات در جدول زیر آورده شده است. چگونگی چسباندن ذرات روی صفحه به‌صورت شعاعی است.

کیفیت	خیلی سخت	سخت	متوسط	نرم	خیلی نرم
نام گذاری	T U V W X Y Z	P Q R S	L M N O	H I J K	A B C D E F

انواع پیوند: V پیوند زجاجی، B پیوند رزینی، R پیوند لاستیکی.



عوامل مؤثر در انتخاب سنگ سنباده: الف) جنس قطعه‌ای که سنگ زده می‌شود. ب) مقدار ضخامتی که باید سنگ زده شود ج) طریقه سنگ زنی (تر، خشک؛ د) سرعت سنگ؛ و) سطح تماس سنگ؛ هـ) شدت سنگ زنی؛ ح) قدرت ماشین سنگ؛ برای تمیز کردن، پاک کردن، چاق کردن سنگ سنباده از ابزاری به نام بریک یا استیکس استفاده می‌شود. سنگ‌های مورد استفاده در ریخته‌گری باید با قطر ۸۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر و ضخامت ۶ تا ۱۰۰ میلی‌متر باشند. جنس این سنباده‌ها از آلوندوم و کریستولن و پیوند رزینی برای سنگ‌های بزرگ‌تر و پیوند زجاجی برای سنگ‌های کوچک‌تر است.

#### عیوب ناشی از سنگ زنی

اشکال	علت احتمالی	پیشنهاد اصلاحی
سوختگی کار	عدم فشار کافی	فشار را زیاد کنید یا سطح تماس را کاهش دهید.
	سخت بودن زیاد سنگ	از سنگ با گرید کمتر یا زبری بیشتر استفاده کنید.
	سنگ خیلی پلیسه گرفته و کثیف است	آن را چاق کنید.
حرکت سنگ آهسته است و گیر می‌کند	فشار خیلی زیاد است	فشار یا سطح تماس را کم کنید.
	در رفتگی تسمه	آن را تنظیم و محکم کنید.
	سخت بودن زیاد سنگ	از سنگ نرم‌تر استفاده کنید.
شکستگی در گوشه‌های سنگ	سنگ خیلی زبر بوده است	از سنگ با گریت صاف‌تر استفاده کنید.
	فرسودگی با عدم تعادل محور دستگاه	آن را بازدید و اصلاح کنید.



سرعت کم		سرعت زیاد		جنس قطعه
فشار کم	فشار زیاد	فشار کم	فشار زیاد	
۳۷C۲۴-OV	۳۷C۱۶-QV	۳۷C۲۰-PB۳	۳۷C۲۰-RB۷	آلومینیوم
۳۷C۲۴-OV	۳۷C۱۶-QV	۳۷C۲۰-PB۳	۳۷C۲۰-RB۷	برنج
۳۷C۲۴-OV	۳۷C۱۶-QV	۳۷C۲۰-PB۳	۳۷C۲۰-RB۷	برنز
۳۷C۲۴-OV	۳۷C۱۶-QV	ZF۱۶-QB۳/۱۲۵	ZF۱۴-RB۳/۱۵۰	چدن خاکستری
A۳۰-PV	A۲۴-QV	A۲۰-PB۳	A۲۰-RB۷	جوش
A۲۰-PV	A۱۶-QV	ZF۱۴-QB۳	ZF۱۴-RB۳/۱۵۰	فولاد ریختگی
A۲۴-OV	A۲۴-QV	A۲۰RB۷	ZF۱۶-RB/۱۵۰	فولاد آهنگری
A۳۶-PV	A۳۰-PV	A۱۶-PB۳	ZF۱۶-RB۳/۱۵۰	فولاد سخت
A۲۴-OV	A۲۴-QB	A۱۴-QB۳	ZF۱۴-RB۳/۱۵۰	فولاد زنگ نزن
A۲۰-PV	A۱۶-QV	ZF۱۴-QB۳/۱۲۵	ZF۱۴-RB۳/۱۵۰	چدن مالیل
۳۷C۲۰-QBH				فلزات غیر آهنی

#### کار عملی



#### پلیسه گیری (عمل)

به هنگام ورود به کارگاه کلیه اقداماتی که قرار است انجام بگیرد را به طور خلاصه برای هنجریان متذکر شوید. نکات ایمنی لازم حین انجام کار را به هنجریان متذکر شوید و ایشان را از مخاطرات احتمالی حین کار و نحوه و عکس العمل های مواجهه آگاه سازید. سپس قطعات آلومینیومی که در مرحله قبل مورد عملیات تمیزکاری اولیه قرار گرفته است را از انبار تحویل بگیرید. سپس از روشن بودن سیستم روشنایی و تهویه کافی کارگاه اطمینان حاصل فرمایید. قطعه ها را به روی میز کار و گیره مناسب نصب و محکم کنید. با استفاده از آلومینیوم سازی مناسب اقدام به پلیسه گیری قطعه نمایید. مهم ترین قسمت هایی که لازم است مورد پلیسه گیری قرار گیرد شامل محل جدایش سیستم راهگاهی و تغذیه و قسمت های قطعه که در سطح جدایش واقع شده اند می باشد. سپس با استفاده از برس سیمی اقدام به تمیز کردن



آج‌های سوهان کنید. پس از آن اقدام به تمیزکاری سطوح قطعه با استفاده از سنباده نواری کنید تا سطوح قطعه به کیفیت یکنواخت و صافی سطح کافی برسند. در صورتی که عیبی روی سطح قطعه مشاهده کردید، چنانچه قطعه قابل تعمیرات است جهت مراحل بعدی عملیات تحویل انبار شود و در صورتی که عیب غیرقابل تعمیر باشد، آن را به قسمت قراضه و ذوب مجدد منتقل کنید. عیوب سطحی که در حین انجام کار مشاهده کردید را به صورت لیستی تهیه و علل بروز آنها و همچنین راه‌های جلوگیری از بروز آن را برای هنرجویان متذکر شوید. هنرجو باید گزارش خود را مبتنی بر واقعیت‌ها و دستورالعمل آورده شده در درس دانش فنی پایه دهم تهیه کند.

#### فعالیت



#### پلیسه‌گیری قطعه چدنی

به هنگام ورود به کارگاه کلیه اقداماتی که قرار است انجام بگیرد را به‌طور خلاصه برای هنرجویان متذکر شوید. نکات ایمنی لازم حین انجام کار را به هنرجویان متذکر شوید و ایشان را از مخاطرات احتمالی حین کار و نحوه و عکس‌العمل‌های مواجهه آگاه سازید. سپس قطعات چدنی که در مرحله قبل مورد عملیات تمیزکاری اولیه قرار گرفته است را از انبار تحویل بگیرید. سپس از روشن بودن سیستم روشنایی و تهویه کافی کارگاه اطمینان حاصل فرمایید. قطعه‌ها را روی میز کار و گیره مناسب نصب و محکم کنید (در صورت استفاده از دستگاه سنگ متحرک) و در صورت استفاده از سنگ ثابت قطعه را در فاصله مناسب قرار دهید و با رعایت نکات ایمنی مانند: ماسک، عینک و گوشی و ... اقدام به سنگ زنی قطعه کنید. در صورت استفاده از دستگاه سنگ دستی با استفاده از صفحه‌ساب ۶ میلی‌متری که روی دستگاه سنگ فرز نصب کردید اقدام به سنگ‌زنی کنید. برای آنکه هنرجویان با نصب کردن بهتر صفحه سنگ به‌روی دستگاه آشنا شوند لازم است نصب کردن دستگاه را با رعایت نکات الزامی و ایمنی به هنرجویان آموزش دهید. پس از پایان عملیات سنگ‌زنی با استفاده از دستگاه سنباده نواری اقدام به صیقل کاری سطوح قبلی و خشن حاصل از عملیات سنگ‌زنی شده و همچنین محل جداسازی سطوح تغذیه و سیستم راهگاهی و سطوح جدایش را با دقت بیشتری انجام دهید. لازم به ذکر است از آنجا که عملیات سنگ‌زنی و یا براده برداری از سطح قطعه انجام می‌گیرد پس باید دقت شود که سنباده‌زنی به‌ترتیبی نباشد که منجر به کاهش ابعاد قطعه و معیوب شدن آن شود. پس از پایان عملیات سنباده زنی قطعه را با دقت بررسی کرده و عیوب سطحی



قابل مشاهده را مورد مطالعه قرار دهید. در هنگام مواجهه با هر عیب آن را برای هنرجویان تشریح کنید و دلایل بروز و راه‌های جلوگیری از آن را بنویسید. به طور مثال به هنگام بروز عیب پلیسه به هنرجویان نشان دهید که عدم مونتاژ مناسب قالب و ماهیچه عامل بروز عیب بوده است و لازم است به هنگام مونتاژ قالب یا ماهیچه دقت کافی برای کنترل فواصل و فضاهای آن شود. قطعات سالم و معیوب قابل تعمیر را جهت تعمیر به انبار تحویل دهید و قطعات معیوب غیرقابل تعمیر را جهت ذوب مجدد به قسمت برگشتی و قراضه منتقل کنید. پس از اتمام کار لازم است دستگاه‌ها تمیز و ابزار تحویل انبار شوند. هنرجو باید گزارش خود را مبتنی بر واقعیت‌ها و دستورالعمل آورده شده در درس دانش فنی پایه دهم تهیه کند.



تدریس با استفاده از ویدئوپروژکتور انجام گیرد.

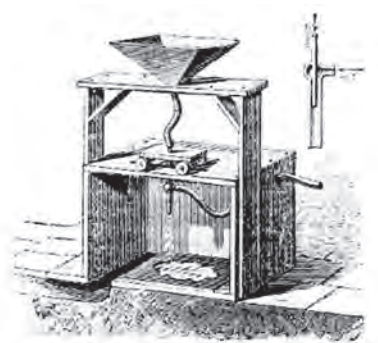
ابتدا مقدمه‌ای در مورد تمیزکاری و پرداخت کاری و عملیات آماده سازی قبل از رنگ‌آمیزی ارائه دهید. سپس روش‌های متداول برای عملیات آماده‌سازی اشاره و ماسه‌زنی و ساچمه‌زنی را نام ببرید. در ادامه تصاویر مربوط به ماسه‌زنی و ساچمه‌زنی و تأثیر آن بر کیفیت سطح قطعه را نشان دهید و به تفاوت‌های موجود در عکس‌ها اشاره کنید. در ادامه فیلم مربوط به عملیات ماسه‌زنی را نمایش دهید. سپس تأثیر ماسه‌زنی و ساچمه‌زنی در خواص سطحی به خصوص مقاومت به خستگی و همچنین خوردگی متأثر از تنش مکانیکی را توضیح دهید. در ادامه تاریخچه ماسه‌زنی را مطرح کرده، در این بخش لازم است به اهمیت نکته‌بینی در خلق ایده و ایجاد خلاقیت آقای تیلگمن و دستاورد ایشان توضیح دهید و با توضیحات انگیزشی حس خلاقیت هنرجو را برای خلق یک تجهیز در کارگاه خود ایجاد کنید. سپس در مورد ویژگی‌های ماسه‌زنی، انواع ماسه و مراحل ماسه‌زنی توضیح دهید. سپس فعالیتی مطرح می‌شود که در آن از هنرجو خواسته می‌شود در مورد دو نوع ماسه متداول مصرفی در ماسه‌زنی تحقیق کند و نتایج را در کلاس ارائه دهد. سپس توضیحات کافی در مورد بازرسی و نکات مهم در ماسه‌زنی را ارائه دهید. در ادامه طی جدولی بیماری‌های ناشی از ماسه‌زنی قطعات از جنس‌های مختلف را ارائه کنید. پس از ماسه‌زنی در مورد ساچمه‌زنی، فیلم پخش کرده و توضیحات کافی در مورد تجهیزات و روش کار آن ارائه دهید. سپس فعالیتی در مورد شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات داخلی و خارجی و محصولات آنها و کاربردهای متنوع این محصولات در صنایع تولید فلزات ارائه دهید و در نهایت پرسشی مطرح می‌شود که در آن هنرجو باید به تفاوت‌های بین ماسه‌زنی و ساچمه‌زنی اشاره کند.



## دانش افزایی

### تاریخچه ماسه زنی

مخترع دستگاه سند بلاست ژنرال تیلگمن<sup>۱</sup> آمریکایی (۱۸۲۱-۱۹۰۱ میلادی) بوده است. روزی ژنرال تیلگمن از پشت شیشه پنجره اتاق خود مشغول نگاه کردن به اطراف خود بود که متوجه مات شدن قسمتی از شیشه پنجره اتاقش شد که روز قبل در معرض طوفان شن بود. تیلگمن به فکر ساختن دستگاهی افتاد که بتواند ذرات ماسه را با شدت بر روی سطح شیشه پرتاب کند و بدین ترتیب اولین دستگاه سندبلاست جهان ساخته شد. تیلگمن با این کار خدمت بزرگی را به جامعه بشریت عرضه داشت، زیرا در بسیاری موارد هزینه روش‌های جایگزین تمیزکاری و آماده‌سازی قدیمی سطوح، نسبت به ماسه‌زنی بسیار گران قیمت و گاهی غیرممکن است. شکل زیر تصویر مخترع دستگاه ساچمه‌زنی و طرح اولیه آن را نشان می‌دهد.



امروزه این دستگاه تغییرات مختلفی کرده است. شکل صفحه بعد انواع دستگاه ماسه زنی رایج و کاربردی در صنعت را نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> Benjamin Chew Tilghman



## نقطه شبنم

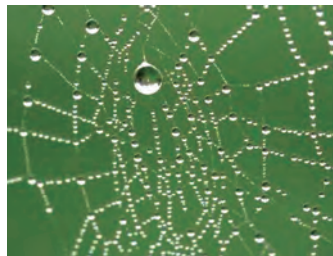
نقطه شبنم دمایی است که آب موجود در هوا در فشار ثابت بارومتریک با همان سرعت تبخیر، تقطیر می‌شود. در دمای پایین‌تر از این دما، بخشی از آب موجود در هوا تقطیر خواهد شد تا دوباره به حالت تعادل برسد. آب تقطیر شده چنانچه روی سطح جامدی تشکیل شود، شبنم نامیده می‌شود. دمای نقطه شبنم، دمایی است که هوای مرطوب برای آنکه رطوبتش به حد اشباع برسد، بایستی تا آن دما سرد شود. در این فرایند فشار هوای مرطوب  $P$  و نسبت اختلاط  $r$  ثابت می‌ماند. باید توجه داشت که در این فرایند فشار هوا ثابت می‌ماند و هیچ بخار آبی به نمونه هوا اضافه نشده و یا از آن برداشت نمی‌شود؛ بنابراین نسبت اختلاط هوا ثابت می‌ماند؛ ولی به هر حال هوا در دمای نقطه شبنم به حد اشباع می‌رسد و بنابراین مقدار نسبت اختلاط مساوی با نسبت اختلاط اشباع در این دما می‌شود. به بیان دیگر، رطوبت نسبی در این دما به  $100\%$  می‌رسد. سرد شدن نسبی لایه‌ای از هوا در نزدیکی زمین در هنگام شب، ممکن است دمای هوا را تا حد نقطه شبنم برساند. از آن پس سردتر شدن باعث تراکم بخار آب می‌شود. در واقع این میان فرایند اصلی تشکیل شبنم است. برای اندازه‌گیری ابتدایی نقطه شبنم، یک ظرف که جداره خارجی آن کاملاً صیقلی باشد، اختیار کرده و مخلوط آب و یخ در آن قرار می‌دهیم. هرگاه روی جدار خارجی ظرف که با هوای موردنظر در تماس است، به تدریج ذرات بخار آب به صورت مایع (شبنم) پیدا شد دمای آب را به وسیله دماسنج تعیین می‌کنیم، این دما درجه اشباع یا نقطه شبنم است.

**دمای نقطه شبنم یخی ( $t_f$ ):** نقطه شبنم یخی دمایی است که هوای مرطوب، برای آنکه در مجاورت یخ اشباع شود بایستی تا آن دما سرد شود. در این فرایند فشار هوای مرطوب  $p$  و نسبت اختلاط‌های  $r$  ثابت می‌ماند.

DEW POINT CALCULATION CHART

Ambient Air Temperature- Fahrenheit		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Relative Humidity	90%	18	26	37	47	57	67	77	87	97	107	117
	85%	17	26	36	45	55	65	75	84	95	104	113
	80%	16	25	34	44	54	63	73	82	93	102	110
	75%	15	24	33	42	52	62	71	80	91	100	108
	70%	13	22	31	40	50	60	68	78	88	96	105
	65%	12	20	29	38	47	57	66	76	85	93	103
	60%	11	19	27	36	45	55	64	73	83	92	101
	55%	9	17	25	34	43	53	61	70	80	89	98
	50%	6	15	23	31	40	50	59	67	77	86	94
	45%	4	13	21	29	37	47	56	64	73	82	91
	40%	1	11	18	26	35	43	52	61	69	76	87
	35%	-2	8	16	23	31	40	48	57	65	74	83
	30%	-6	4	13	20	28	36	44	52	61	69	77
	25%	-10	0	9	17	25	33	41	49	57	65	73

SURFACE TEMPERATURE AT WHICH CONDENSATION OCCURS





نقطه شبنم تنها وابسته به دما و رطوبت نسبی است. رابطه تجربی زیر برای محاسبه نقطه شبنم به کار می‌رود:

$$Td = (0.9 + 112T) RH^{0.125} + (0.1T - 112)$$

همچنین جدول صفحه قبل برای محاسبه نقطه شبنم، دمای رنگ آمیزی و رطوبت هوا به شما کمک می‌کند.

## دانش افزایی

### صافی سنجی

زبری یا roughness میزانی برای تعیین بافت سطح است و با تعیین میزان تغییرات عمودی بر سطح نسبت به سطح صاف واقعی تعیین می‌شود. در صورتی که این تغییرات زیاد باشد، سطح زبر و در صورت کم بودن نرم است. این کمیت نقش مهمی در تعیین اثر متقابل اشیا با هم داشته و با دانستن آن بسیاری رفتارهای اجزای مکانیکی قابل پیش‌بینی خواهد بود. برای مثال اشیای زبر بیشتر در معرض خوردگی و ترک‌دار شدن هستند. برای اندازه‌گیری زبری از روش‌های تماسی و غیرتماسی مختلفی استفاده می‌کنند.

در تجهیزات معمول برای اندازه‌گیری زبری که به زبری سنج یا Roughness tester معروف هستند، از روش تماسی استفاده می‌کنند و یک هد نظیر سوزن‌های گرامفون بر روی سطح حرکت کرده، با توجه به تعداد نوسانات و حداکثر جابه‌جایی می‌تواند زبری سطح را مشخص کند.

زبری سنج دیجیتال پیشرفته با سنسور جداگانه و قابلیت اندازه‌گیری ۱۵ پارامتر زبری از جمله بهترین زبری سنج‌ها در نوع خود می‌باشد. یکی از بارزترین ویژگی‌های این محصول قابلیت اتصال آن به کامپیوتر است. این دستگاه قابل استفاده در محل تولید، آزمایشگاه، کارگاه و کارخانه می‌باشد و مطابق استانداردهای ISO، سازگار با DIN، ANSI و استاندارد JIS و .... می‌باشد.







### ماسه زنی قطعه آلومینیومی

برای انجام این فعالیت رعایت کلیه نکات زیر الزامی است لذا انتظار می‌رود هنرآموز تمامی مراحل را به دقت رعایت کند و در حین آموزش نیز به تمامی نکات ایمنی و کاربردی اشراف داشته و آن را به هنرجویان منتقل کند.

ابتدا لباس کار را پوشیده و به وسایل ایمنی و حفاظت فردی مورد نیاز مجهز شوید (ماسک مناسب، روسری، عینک، لباس کار کاملاً پوشیده و مناسب این عملیات و ...). و هنرجو را به اهمیت استفاده از هر کدام این تجهیزات و وسایل آشنا کنید.

برای انجام این فعالیت نیاز به قطعه آلومینیومی از مرحله کار قبلی نیاز است. تجهیزات، شیلنگ‌ها و ... را بازرسی کنید. سپس سیستم برق و ارت کمپرسور را کنترل کنید. پس از اطمینان از سلامت و ایمنی مطابق دستورالعمل‌های شرکت تولیدکننده دستگاه ماسه زنی و رسیدن فشار کمپرسور به حد مطلوب دسته نازل را در زاویه ۴۵ درجه نسبت به قطعه قرار دهید و شیر نازل را باز کنید و سطح قطعه را مورد ماسه زنی قرار دهید. در نهایت با پایان کار شیر را بسته و سطح قطعه را چک کنید. در صورت باز ماندن سطوح نیاز به پرداخت کاری، مطابق قبل به کار خود ادامه بدهید. پس از پایان کار ماسه را جمع‌آوری و الک کرده و به مخزن بازگردانید. تمامی نکات ایمنی و بهداشتی را در طول انجام فعالیت به هنرجو آموزش دهید و عواقب ناشی از تخطی یا حوادث و سوانح احتمالی را به او گوشزد کنید. در نهایت سطح قطعه را توسط صافی سنج بررسی کنید. نتایج را در قالب گزارش از هنرجویان مورد بررسی قرار دهید.



فعالیت



### ساچمه زنی قطعه چدنی

ابتدا توضیحات لازم در مورد ساچمه‌زنی و دلایل روی آوردن به این روش را توضیح دهید. اجزا و قسمت‌های مختلف دستگاه را مطابق دستورالعمل آورده شده در کاتالوگ دستگاه به هنرجویان نشان داده و توضیحات لازم در این مورد را بیان کنید. برای انجام این فعالیت نیاز به قطعه چدنی تهیه شده از مرحله کار پلیسه‌گیری است. قبل از شروع به کار تمام اجزا و قسمت‌های تحت فشار، هیدرولیک، پنوماتیکی و برقی را چک کنید. سپس در فشار مناسب بر اساس دستورالعمل نوشته شده در کاتالوگ دستگاه اقدام به ساچمه‌زنی کنید پس از اتمام کار با رعایت اصول بهداشتی ایمنی و نظافت، اقدام با بازیابی ساچمه و نظافت محیط کنید.



### رنگ آمیزی

تدریس با استفاده از ویدئو پروژکتور و نرم افزار پاورپوینت انجام گیرد. ابتدا توضیحات لازم را برای روش رنگ آمیزی بدهید. سپس رنگ را تعریف کنید. اجزای رنگ را نام ببرید و فیلم مرتبط به صنعت رنگ پخش شود. در ادامه انواع رنگ را نام ببرید و به ویژگی‌های مورد انتظار از انواع رنگ در سطوح مختلف اشاره کنید. معیارهای انتخاب رنگ را توضیح دهید. حلال‌های رنگ را معرفی کرده و در مورد مکانیزم‌های بازدارندگی رنگ از خوردگی توضیح دهید. سپس فعالیتی مطرح می‌شود که هدف آن آشنایی هنرجو با صنایع تولیدکننده رنگ‌های در استان محل اقامتش است و چگونگی دسترسی به اطلاعات مورد نیاز از رنگ‌ها متناسب با کاربرد آن می‌باشد. در ادامه فیلمی پخش شود که در آن به روش‌های اعمال رنگ روی سطح قطعه می‌پردازد. و در مورد چگونگی تعمیر و لکه‌گیری رنگ و عیوب رنگ آمیزی توضیح دهید. در نهایت آزمایش‌هایی که بر روی رنگ انجام می‌گیرد را توضیح دهید.

### دانش افزایی

#### انواع رنگ

- رنگ‌های مرکب از پودر روی و آهن؛
- رنگ‌های مرکب از پودر روی و آلومینیوم؛
- رنگ‌های مرکب از پودر مخلوط روی و رزین‌های آلی؛
- رنگ‌های مرکب از پودر مخلوط روی و رزین‌های غیرآلی مثل رزین سیلیکات؛
- رنگ‌های روغنی مثل روغن‌های پلی اورتان، الکید، اپوکسی، پیگمان؛
- رنگ الکید سیلیکونی با پیگمان، رنگ الکید ملامین؛
- رنگ یک جزئی ضد مواد شیمیایی با کلر کائوچو ونیل و مواد پیگمان؛
- رنگ یک جزئی ضد مواد شیمیایی با اپوکسی، الکید و مخلوط با کلر کائوچو؛
- رنگ دو جزئی ضد مواد شیمیایی ترکیب رزین اپوکسی و رزین پلی اورتان؛
- رنگ دو جزئی ضد مواد شیمیایی ترکیب رزین اپوکسی و کلر کائوچو پیگمان؛
- رنگ کولتار از ترکیب رزین کولتار و مواد پیگمان؛



## دانش افزایی

### سایر روش‌های اعمال رنگ روی سطح قطعه

#### رنگ آمیزی با پیستوله بدون کمک هوای فشرده

در مقایسه با دیگر روش‌های رنگ آمیزی با پیستوله این روش یکی از اقتصادی‌ترین روش‌های رنگ آمیزی به حساب می‌آید. چون غلظت رنگ آماده برای رنگ آمیزی به مراتب بیشتر از دیگر روش‌های ذکر شده است، سرعت و کیفیت کار نیز بهتر خواهد بود. مکانیزم کار شبیه پاشیدن با شیلنگ آب‌پاشی است. یعنی با تحت فشار قرار دادن رنگ در مخزن، مقداری انرژی در ذرات آن ذخیره می‌شود. این انرژی پس از عبور یا خروج رنگ از سوراخ پیستوله به انرژی جنبشی تبدیل شده، رنگ را به صورت پودر به شیء مربوطه می‌پاشد. مزیت‌های این سیستم: به علت مخلوط نبودن هوا و رنگ، ذراتی که بر سطح شیء می‌نشینند رنگ خالص بوده، در نتیجه حباب هوا در سطح رنگ آمیزی شده پدیدار نمی‌شود. به هنگام رنگ آمیزی با پیستوله‌های معمولی قسمتی از رنگ خارج شده از پیستوله به صورت ابر رنگ که متشکل از هوا (به مقدار زیاد) و ذرات رنگ (به مقدار کم) است، در اطراف پیستوله پراکنده می‌شود. حال آنکه در سیستم ایرلس تشکیل ابر رنگ بسیار اندک بوده و در نتیجه از آلودگی محیط کار و همچنین به هدر رفتن رنگ به مقدار قابل توجهی می‌کاهد. چون رنگ پراکندگی در این سیستم به علت غلظت زیاد رنگ نسبت به سیستم پیستوله با هوای فشرده کمتر است، محیط کار تمیزتر و در همین رابطه سیستم تهویه را برای مکیدن هوای آلوده با قدرت کمتری نیز می‌توان به کار برد. به علت غلیظ‌تر بودن رنگ مصرفی در این سیستم، لایه‌های رنگ ضخیم‌تر و در نتیجه از تعداد دفعات رنگ آمیزی کاسته خواهد شد. پیستوله‌های مخصوص این سیستم از نوع کاسه‌ای نبوده و از منبع رنگ تغذیه می‌شوند. به همین دلیل امکان مانور دست به هنگام رنگ پاشیدن به مراتب نسبت به پیستوله‌های کاسه‌ای بیشتر است. پیستوله‌های مخصوص رنگ آمیزی رنگ‌های دو جزئی اعم از ایرلس یا ساده، باید دارای سه شیلنگ باشند. برای رنگ اصلی، برای عامل سخت کننده، برای حلال شستشو دهنده. نحوه کار پیستوله بدین صورت است که دو جزء رنگ به طور مجزا به سر پیستوله هدایت شده و در آنجا قبل از خروج با یکدیگر ممزوج شده و از سوراخ پیستوله بیرون پاشیده می‌شوند. پس از اتمام رنگ آمیزی باید بلافاصله حلال را در سیستم به جریان انداخت در غیر این صورت رنگ خشک شده و خسارت فراوانی به وجود خواهد آورد.



## رنگ پودری الکترواستاتیک

رنگ پودری الکترواستاتیک یک پوشش رنگ بسیار یکنواخت و با کیفیت را عرضه می‌کند و یک روش کارآمد برای پرداخت کاری سطوح است، که مستحکم و در برابر خراش مقاوم است. این رنگ‌ها ساختار بسیار محکمی دارند و قطعه نسبت به عوامل محیطی (مانند حرارت، رطوبت، سایش، ضربه، خوردگی و ...) مقاوم‌تر خواهد بود و دوام بیشتری خواهد داشت. این رنگ‌ها را می‌توان بر روی طیف وسیعی از فلزات با ضخامتی بین کمتر از یک میلی‌متر تا بیشتر از ۲۰ میلی‌متر به کار برد که به نیازمندی‌ها و نوع پوشش رنگ بستگی دارد.

یکی از مزیت‌های دیگر پوشش رنگ پودری الکترواستاتیک نسبت به پوشش رنگ مایع این است که زمان لازم برای آماده شدن رنگ و بهره‌برداری از قطعه کار سریع‌تر است. انجام عملیات رنگ‌آمیزی با رنگ الکترواستاتیک بسیار سریع است و پس از آن رنگ ظرف کمتر از ۲۴ ساعت خشک می‌شود و آماده تحویل استرنگ پودری الکترواستاتیک می‌شود. همچنین از محیط زیست حفاظت می‌کند. درحالی که رنگ‌های مایع حاوی حلال‌هایی هستند که آلاینده‌هایی به نام ترکیبات آلی فرار دارند، رنگ‌های پودری حلال ندارند و مقدار بسیار ناچیزی از ترکیبات آلی فرار را در جو آزاد می‌کنند و از این رو در طول این نوع رنگاری برخلاف رنگ مایع هیچ ماده سمی مضر تولید نمی‌شود و در نتیجه به محیط زیست آسیبی وارد نمی‌شود. حذف ترکیب آلی فرار و کاهش پسماند باعث صرفه‌جویی در هزینه‌ها نیز می‌شود و به شرکت‌ها کمک می‌کند تا بهتر بتوانند با مقررات سازمان حفاظت از محیط زیست خود را مطابقت دهند.

علاوه بر این، ذرات رنگ پودری الکترواستاتیک که به اطراف پاشیده می‌شوند را می‌توان جمع‌آوری کرد و آنها را مجدداً مورد استفاده قرار داد و در نتیجه بازده این رنگ‌ها بالای ۹۰ درصد است.

## دانش افزایی

### شرایط نگهداری رنگ‌ها و حلال‌ها

شرکت‌های سازنده رنگ راهنمایی و کاتالوگ‌هایی<sup>۱</sup> را به مصرف‌کننده ارائه می‌دهند که شرایط و مدت نگهداری رنگ در آن اشاره شده است. در راهنمای مصرف‌کننده به مواردی مانند: شرایط مخلوط کردن رنگ، شرایط و دمای هوا در حین اجرای رنگ و روش‌های رنگ‌آمیزی نیز اشاره شده است. نکات ضروری که در هنگام رنگ‌آمیزی باید رعایت شود:

معمولاً برای مخلوط کردن رنگ‌های چند جزئی از میکسر استفاده می‌شود؛



رنگ‌های پودر روی رزینی را باید با دست به هم زد؛ شیلنگ دستگاه رنگ‌پاش برای اعمال آستری زینگ سیلیکات، نباید بلند باشد تا سبب رسوب آستر در آن نشود. در صورت ناپایداری هوا و احتمال بارندگی و باد و طوفان از مخلوط کردن رنگ باید خودداری کرد. رنگ‌آمیزی در دمای کمتر از ۳ درجه سانتی‌گراد به دلیل تشکیل لایه یخ نازک روی سطح سرد ممنوع است. رنگ‌آمیزی در رطوبت نسبی بالای ۸۵ درصد ممنوع است. در هنگام باد و طوفان رنگ‌آمیزی باید متوقف شود. حداکثر دمای سطح برای رنگ‌آمیزی ۶۰ درجه سانتی‌گراد و حداکثر دمای محیط ۵۰ درجه سانتی‌گراد باشد.

## دانش افزایی

### لکه گیری و تعمیرات رنگ

برای جلوگیری از دوباره کاری و تعمیرات رنگ، کلیه کارهای مکانیکی از قبیل جوشکاری، سنگ‌زنی و غیره باید قبل از سندبلاست و رنگ به اتمام رسیده باشد. هرگونه آسیبی که به رنگ رسیده باشد پس از نصب باید تعمیر شوند، مراحل تعمیرات رنگ عبارت است از : ابتدا نقاط آسیب دیده سطح آن با ابزار دستی از قبیل سنباده، کاردک، برس سیمی و برس برقی آماده‌سازی می‌شود. پس از اتمام آماده‌سازی سطح و یک لایه آستر روی آن اعمال می‌شود. لایه بعدی رنگ طبق دستورالعمل سازنده رنگ پس از خشک شدن لایه قبلی اعمال می‌گردد.

### عوامل ایجاد عیب در سطوح رنگ‌آمیزی شده:

آماده نبودن سطح کار قبل از اجرای رنگ، به کار بردن تکنیک‌های ضعیف با روش‌های کاربردی نامناسب در اجرا، مناسب نبودن ضخامت فیلم رنگ، نامناسب بودن رنگ برای شرایط مورد نظر، اجرای رنگ در دما و رطوبت نامناسب،



### عیوب رنگ

مهم ترین عیوب رنگ عبارت اند از:

عدم چسبندگی : ضعیف بودن چسبندگی بین لایه های رنگ که باعث پوسته ای شدن رنگ می گردد؛ که ناشی از براق بودن زیاد لایه زیرین می شود، خشک و شکننده بودن لایه زیرین، مرطوب بودن سطح در هنگام اجرای رنگ یا بالا بودن رطوبت هوا در حین رنگ آمیزی، آلودگی سطح به روغن، گریس و یا مواد زائد دیگر، استفاده از رزین های ناسازگار در مجاورت یکدیگر.

ایجاد حباب در فیلم رنگ: رنگ هایی که برای ایجاد فیلم با ضخامت بالا تولید شده اند. چنانچه اجزای رنگ با سرعت زیاد مخلوط شوند حباب هایی در داخل محلول رنگ محبوس شده و همچنین اجرای رنگ روی سطوح خیس، ایجاد حباب می کند.

باقی ماندن آثار قلم مو: این عیب به روانی و سیالیت ضعیف رنگ مربوط می شود. **دیر خشک شدن رنگ:** عواملی مانند: سرد یا مرطوب بودن هوا، روغن یا گریس موجود روی سطح آلوده، ضخامت زیاد فیلم رنگ و حلال و خشک کن نامناسب سبب دیر خشک شدن رنگ می شود.

**شکندگی فیلم رنگ:** عمده ترین دلیل، فقدان نرم کننده به وسیله تبخیر است. سینه دادن (شره) حرکت رو به پایین یک فیلم خشک نشده رنگ روی یک سطح عمودی را شره کردن می گویند که ممکن است به عواملی مانند: ضخامت رنگ خیلی زیاد باشد؛ فیلم رنگ خیلی آهسته سخت شود، رنگ بیش از حد رقیق شده باشد، رنگ آمیزی در هوای سرد و تبخیر حلال به تأخیر افتد.

### آزمون رنگ

برای تعیین مرغوبیت رنگ و کیفیت عمل رنگ کاری آزمون هایی انجام می گیرد. این آزمون ها می تواند به هنگام خرید رنگ یا پس از انجام رنگ کاری صورت گیرد. این کار توسط بازرس رنگ و پوشش انجام می گیرد. آزمون هایی که برای بازرسی انجام می گیرند مخرب یا غیرمخرب می باشند. آزمون های قبل از رنگ کاری جهت تعیین کیفیت و مرغوبیت رنگ می باشند.

پس از پایان عملیات رنگ آمیزی بر روی قطعه می توان آزمون های زیر را روی قطعه انجام داد: ضخامت سنجی، قدرت پوشش، چسبندگی، مقاومت حرارتی، براقیت، سختی، میزان خمشی شدن، میزان جذب رطوبت و ... آماده سازی نامناسب سبب



بروز عیوبی مانند: زبری، موجدار شدن رنگ، شره کردن و مات شدن می‌شود.

## دانش افزایی

### نکات ایمنی رنگ آمیزی

به اطلاعاتی که روی ظرف محتوی رنگ نوشته شده توجه شود.  
از لباس کار مناسب استفاده کرده و در صورت لزوم آنها را عوض نمایید .  
از تماس مستقیم با رنگ و حلال جدا خودداری گردد .  
از دستکش‌های لاستیکی استفاده کرده و کرم‌های محافظت‌کننده به نقاطی از بدن که پوشش ندارند. مثل دست‌ها، گردن، صورت مالیده شود .  
در مواقع رنگ‌آمیزی، از ماسک‌های مخصوص مجهز به فیلتر استفاده شود.  
در فضاهای محدود، تخلیه هوا از قسمت تحتانی انجام شود .  
بهداشت فردی پرسنل به‌طور دقیق مورد ارزیابی قرار گیرد .  
به‌هنگام رنگ آمیزی، خوردن، آشامیدن و سیگار کشیدن ممنوع شود .  
دست‌ها با مواد پاک‌کننده تمیز نگردد، بلکه چنانچه لازم شد دست‌ها با آب و صابون ابتدا شسته شده و سپس کرم پوست مالیده شود .

### نکات ایمنی در رابطه با آتش‌سوزی و انفجار:

از مخلوط کردن حلال‌ها با یکدیگر خودداری شود .  
ظروف رنگ موقعی که مصرف ندارند بسته نگه‌داشته شوند .  
از انبار کردن حلال‌ها در ظرف پلاستیکی خودداری شود.  
پیش‌بینی سیر کولاسیون هوا در فضاهای بسته و محدود به‌عمل آید .  
چنانچه در محل کار تینر ریخته شده فوراً تمیز و خشک شود..  
در محیط‌های سربسته و فضاهای محدود که احتمال نشت مواد قابل اشتغال وجود دارد از روشن کردن کبریت خودداری و در صورت گزارش نشت در این‌گونه محوطه‌ها تا پاک‌سازی محیط از روشن کردن وسایل الکتریکی نیز خودداری گردد.  
از بروز جرقه و تخلیه کردن الکتریسیته ساکن خودداری شود .  
کلیه تجهیزات برقی و هیدرولیکی با سیم به زمین<sup>۱</sup> متصل گردد.  
محل کار پاکیزه نگهداری شود .

کهنه‌ها و برس‌های آغشته به‌رنگ و تینر در ظرف‌های سربسته نگهداری شود .  
چنانچه آتش‌سوزی به‌وقوع پیوست، هرگز آن را با آب خاموش نکنید، بلکه از کپسولی خاموش‌کننده‌های CO<sub>2</sub> استفاده شود.  
در موقع آتش‌سوزی افراد هرگز لوله کپسول‌های آتش‌نشانی را به‌طرف افراد نشانه نروید، بلکه از پتوهای آتش‌نشانی یا آب برای خاموش کردن آنها استفاده شود .



### شرایط برقراری ایمنی در فضاهای بسته :

موقعی که رنگ‌هایی یا ترکیبات آتش‌زا در فضاهای سر بسته به کار برده می‌شوند، ریسک در به کارگیری این گونه مواد خطرناک وجود دارد که بایستی اقدامات احتیاطی لازم در نظر گرفته شود که در زیر به قسمتی از این موارد اشاره می‌شود :

**ریسک انفجار:**

اقدامات احتیاطی اصلی که می‌بایستی در این رابطه در نظر گرفت عبارت است از رسانیدن هوا به میزان کافی به طریقی که نسبت بخار به هوا از میزان ۱۰٪ تجاوز ننماید. چنانچه نقطه اشتغال مواد رنگی بیشتر از درجه حرارت محیط کار باشد، بنابراین انفجار اتفاق نخواهد افتاد ولی میزان هوادهی تابع شرایط خواهد بود.

### ریسک خفگی :

بسیاری از کاتالیزهای به کار برده شده در رنگ‌ها، حاوی درجاتی از خفگی می‌باشند که لازم است رعایت شده باشد. در (TLV) میزان هوادهی برای شرایط هوایی محیط کافی و حدمجاز بسیاری از ترکیبات مشترک رنگ، این امر خصوصاً مواقعی که مقدار زیاد رنگ در زمان کوتاه به کار برده می‌شود غیر عملی می‌باشد. در چنین مواردی یک سیستم هوادهی که دید کافی ایجاد نموده و خطر انفجار را کم نماید الزامی است.



## جلسه بیست و دوم

### عمل رنگ آمیزی

ابتدا لباس کار پوشیده و به وسایل ایمنی و حفاظت فردی مورد نیاز مجهز شوید و هنرجو را به اهمیت استفاده از هر کدام این تجهیزات و وسایل آشنا کنید. هنرجو را به مخاطرات احتمالی پیش رو در هنگام انجام کار، آگاه سازید. به هنرجو اطلاعات کافی در مورد عکس العمل متناسب با هر حادثه را بدهید، تا در صورت مواجهه بتواند بهترین عکس العمل را داشته باشد و حداقل آسیب و خسارت را داشته باشد. ابتدا دستورالعمل رنگ انتخاب شده را مطالعه و براساس مندرجات روی بسته بندی نوع حلال و زمان رنگ آمیزی را انتخاب کنید. سیستم روشنایی و تهویه را روشن کنید. با استفاده از الکل یا تینر سطح قطعه را چربی زدایی کنید. سپس با استفاده از تری کاتونیک و یا دی کاتونیک سطح قطعه را فسفات کنید. با استفاده از حلال مناسب رنگ را رقیق کرده و با غلظت مناسب در آورده سپس با استفاده از رنگ لایه آستری، لایه میانی و لایه رویی را با احتساب زمان خشک کردن با قلم مو اعمال کنید. پس از خشک شدن کامل قطعه را بازرسی کنید و در صورت نیاز به تعمیر رنگ طبق دستورالعمل تعمیر کنید.

### دانش افزایی

#### تاریخچه بوم سنجی

عملکرد بومه آزمایشگاهی بر پایه قانون ارشمیدس است که یک جامد معلق در سیال به وسیله یک نیرو برابر وزن سیال جابه جا شده شناور می ماند. پس هرچه چگالی ماده کمتر باشد آب سنج بیشتر فرو می رود. یک توضیح قدیمی در مورد آب سنج در یک نامه از سینیسیوس از سیرنه به پژوهشگر یونانی هیپاتیا از الکساندریا یافت شد. در پانزدهمین نامه سینیسیوس او از هیپاتیا خواست تا یک بومه آزمایشگاهی برای او بسازد. هیپاتیا برای اختراع بومه آزمایشگاهی (یا آب بین) سابقاً در آخر قرن چهارم یا اول قرن پنجم اعتبار یافته است. این وسیله در تحقیق (انجام شده) یک لوله استوانه ای است که شکل فلوت دارد و تقریباً هم اندازه است. این وسیله در راستای عمودی شکاف هایی دارد که از آن ابوریحان بیرونی در قرن ۱۱ استفاده کرده است و به وسیله خازنی در قرن ۱۲ توضیح داده شده است. این وسیله دوباره در کار ژاک شارل در قرن ۱۸ مجدد مورد استفاده قرار گرفت.







## پودمان ۵

### تعمیر قطعات معیوب ریختگی



## جوشکاری

## جلسه بیست و سوم

## آماده سازی تجهیزات جوشکاری

تدریس به کمک ویدئوپروژکتور و نرم افزار پاورپوینت انجام گیرد.

ابتدا مقدمه ای در مورد جوشکاری و اهمیت آن بیان شود. سپس تصویر روش های اتصال دهی مواد مهندسی و مونتاژ قطعات را نشان دهید. سپس فیلم در ارتباط با انواع روش های اتصال دهی پخش شود. در حین پخش فیلم سؤالات انگیزشی در مورد کاربردهای هریک از روش های اتصال دهی در مواد مختلف مطرح شود. مثلاً به هنگام توضیح روش پرچ کردن به کاربرد پرچ در بدنه هواپیما و دلایل استفاده از این روش و عدم استفاده از سایر روش ها اشاره شود. یا سؤالی مطرح شود که آیا از پرچ می توان برای اتصال چوب به فلز استفاده کرد؟ و از هنرجو مثال های مشابه خواسته شود. سپس فعالیتی مطرح شود که در آن از هنرجو خواسته شود، با توجه به روش های مختلف اتصال دهی یک روش مناسب برای اتصال دهی را در مواد مختلف معرفی کند و با توجه به مزایا، معایب، کاربرد و ویژگی های هریک جدول را تکمیل کند. در ادامه تعریف جوشکاری و انواع روش های جوشکاری را معرفی کنید. و فعالیتی مطرح شود که در آن هدف، تحقیق هنرجو در ارتباط با هریک از روش های جوشکاری رایج صنعتی، علامت های اختصاری، کاربرد و ویژگی های آن است. در ادامه فعالیتی مطرح شود که با توجه به روش های مختلف جوشکاری یک روش مناسب برای جوشکاری قطعات ریختگی انتخاب کند. در حین انجام این فعالیت پارامترهایی مانند ابعاد قطعه، جنس قطعه، حساسیت و مزایا و معایب روش های مختلف را می تواند در نظر بگیرد. سپس معیارهای انتخاب روش جوشکاری مناسب را مطرح کنید. در ادامه پرسشی مطرح شود که در آن هدف تحقیق مطالعه در مورد پارامترهای جوشکاری است. در نهایت اصطلاحات متالورژیکی جوشکاری را در قالب پرسشی مطرح و به هنرجو فرصت کافی جهت پاسخگویی بدهید.



## تاریخچه جوشکاری (دانش افزایی)

انسان اولیه پس از آنکه فلزها را شناخت و به نحوه ذوب و ریخته‌گری آن پی برد، سعی کرد تا بتواند فلزات را به یکدیگر متصل کند و توانست لحیم کاری و بعضی از روش‌های جوشکاری را ابداع کند. در کاوش‌های باستانی دست‌بندهایی از طلا پیدا شده است، که به دوران قبل از تاریخ مربوط بوده و سر این دست‌بندها به روش‌های جوشکاری متصل شده است. در جواهرات قدیمی، ذرات ریز طلا را به وسیله صمغ درخت، فلز مس احیا شده و با طلا ترکیب می‌شد و بدین ترتیب جوشکاری قطعات ریز طلا انجام گرفت. رومیان قدیم از آلیاژهایی برای لحیم کاری استفاده می‌کردند که هنوز هم در صنعت امروزی کاربرد دارند. جوشکاری به‌صورت امروزی از قرن نوزدهم اهمیت بیشتری پیدا کرد و روز به روز پیشرفت کرد. در سال ۱۸۸۷ میلادی برنوداس روس از قوس الکتریکی توسط الکتروود ذغالی برای جوشکاری استفاده کرد. بعد از آن اسلاویاتوف الکتروود فلزی بدون روکش را برای جوشکاری به کار برد. در سال ۱۸۵۶ ژول به فکر جوشکاری مقاومتری افتاد و در سال ۱۸۷۶ الهیوتامسون آن را اختراع کرد. لوشتالیه در سال ۱۸۹۵ جوشکاری اکسی اسیلتن را پیشنهاد کرد. در جریان جنگ جهانی اول و دوم جوشکاری پیشرفت زیادی کرد. احتیاجات بشر به اتصالات مدرن، سبک و با استحکام بالا، در سال‌های اخیر سبب توسعه سریع این فرایند شد. به‌طوری‌که جوشکاری به عنوان یکی از شاخه‌های اصلی مهندسی مطرح شده و تعداد زیادی از افراد در زمینه‌های طراحی، بازرسی، متالورژی جوش و جوشکاری مشغول به فعالیت هستند.

شاید اولین باری که بشر از فرایند جوشکاری استفاده کرده را بتوان مربوط به زمان اقدام به ساختن سلاح‌های ابتدایی دانست؛ که با قرار دادن قطعات فلزی به‌صورت سرد و یا گداخته بر روی هم و سپس کوبیدن قطعات موجب اتصال آنها شد.

پیدایش قوس الکتریکی به سال ۱۸۰۲ بر می‌گردد؛ که دانشمندی روسی به نام واسیلی ولادیمیر پتروف پی‌برد، اگر دو تکه زغال چوب را به قطب‌های باتری بزرگی وصل کند و آنها را به هم تماس داده سپس کمی از هم جدا کند شعله روشنی بین دو تکه زغال دیده می‌شود. و انتهای آنها که از شدت گرما سفید شده است؛ نور خیره‌کننده‌ای گسیل می‌کند. با این وجود استفاده از قوس الکتریکی در جوشکاری فلزات با یکدیگر ۷۹ سال بعد از این کشف یعنی در سال ۱۸۸۱ توسط فردی به نام موسیان اتفاق افتاد. ۵ سال بعد یک دانشمند روسی به نام برناندوز اختراع متدی را به ثبت رساند که به‌وسیله آن قادر بود تا یک قطعه فلزی را با الکتروود ذغالی به‌صورت موضعی با ایجاد قوس الکتریکی بین قطعه و الکتروود ذوب نماید. برناندوز در این روش دو قطعه فلزی را در فاصله مشخصی از یکدیگر قرار داده و با استفاده از پدیده قوس و حرکت الکتروود ذغالی در طول شکاف بین دو قطعه و وارد نمودن



هم‌زمان میله‌ای فلزی از جنس قطعه در داخل قوس، حمام مذابی به‌وجود آورد که بعد از منجمد شدن، شکاف موجود را پر نموده و باعث به‌هم پیوستن این قطعات گردید. چند سال بعد یعنی در سال ۱۸۹۱ دانشمند دیگر روسی به نام اسلاویانوف روش الکتروذوب شونده را اختراع نمود. او در این روش الکتروذوب فلزی را جایگزین الکتروذوب زغالی کرد؛ که هم‌زمان علاوه بر ایجاد قوس وظیفه پرکننده را نیز به عهده داشت. در این روش مذاب حاصل از الکتروذوب فلزی در فاصله بین نوک الکتروذوب و شکاف دو قطعه در معرض هوا قرار می‌گرفت که این امر باعث اکسید شدن مذاب و در نتیجه ایجاد اشکال در جوش می‌گردید. از سوی دیگر قوس الکتریکی به‌دلیل تماس با اتمسفر هوا ناپایدار بوده که خود به خود غیر یکنواختی جوش را به دنبال داشت. برای برطرف کردن این عیوب (کیفیت پایین جوش و ناپایداری قوس) در سال ۱۹۰۵ یک صنعتگر سوئدی به نام اسکار کلبِرگ الکتروذوب فلزی پوشش دار را اختراع نمود. پوشش این الکتروذوب مخلوطی از مواد معدنی مختلف از جمله آهک است که قادر به تولید گاز و ایجاد سرباره جهت محافظت مذاب حاصله از ذوب الکتروذوب در مقابل آثار نامطلوب تماس با هوا بود. البته علاوه بر این، پوشش الکتروذوب باعث پایداری قوس و یکنواخت شدن جوش می‌گردید.

در جریان جنگ‌های جهانی اول و دوم، جوشکاری پیشرفت زیادی کرد. احتیاجات بشر به اتصالات مدرن، سبک، محکم و مقاوم در سال‌های اخیر مخصوصاً بیست سال اخیر، سبب توسعه سریع این فن شده است. در سال ۱۹۳۰ به‌طور هم‌زمان در آمریکا و اتحاد جماهیر شوروی سابق تحقیقات برای مخفی ساختن قوس الکتریکی و دسترسی به قوس پایدار صورت گرفت که نتیجه آن اختراع جوشکاری زیر پودری بود اما نه به‌شکل امروزی بلکه با استفاده از الکتروذوب کربن که در حدود سال ۱۹۳۵ این روش تقریباً به شکل امروزی درآمد و به روشی مناسب از لحاظ اقتصادی برای جوشکاری شد.

در جنگ جهانی اول پس از جوش خوردن ترکش‌های ناشی از متلاشی شدن گلوله توپ به بدنه جنگ‌افزارها فرایند جوشکاری انفجاری کشف شد. در سال ۱۹۶۰ دوپونت این فرایند را به‌صورت بین‌المللی ثبت کرد. جوشکاری پرتو الکترونی از سال ۱۹۵۰ به‌طور هم‌زمان در آمریکا و آلمان غربی توسعه یافت و در سال ۱۹۶۵ سیستم‌های متنوع لیزری به منظور جوش‌های مدارهای الکتریکی و داخل محفظه‌های خلأ و همچنین در سایر کاربردهای تخصصی که در آنها تکنولوژی‌های مرسوم قادر به ایجاد اتصالات مطمئن نمی‌باشند، توسعه داده شده است. در حال حاضر جدیدترین روش جوشکاری، فرایند جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی<sup>۱</sup> است که در سال ۱۹۹۱ توسط (TWI)<sup>۲</sup> انیستیتو جهانی جوش و اتصالات در کمبریج به دنیای صنعت معرفی شد.

۱- Stir Friction Welding

۲- The Welding Institute



در حال حاضر جوشکاری یکی از مهم‌ترین فرایندهای ساخت و تولید می‌باشد که در صنایع مختلف از قبیل: خودروسازی، نفت و گاز، ساختمان و تأسیسات و پل‌ها، صنایع ریلی و حمل و نقل، کشتی‌سازی، نیروگاه‌ها، صنایع سیمان، صنایع دفاعی و هوا فضا، محصولات پزشکی، الکترونیکی و تجهیزات دقیق و ... کاربردهای فراوانی دارد از آنجا که کشور ایران در حال پیمودن مسیر توسعه صنعتی بوده، از این رو صنعت جوش برای کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

## تقسیم‌بندی جوشکاری

یکی از تقسیم‌بندی‌های مرسوم روش‌های مختلف جوشکاری، تقسیم‌بندی بر اساس مبلغ تأمین انرژی است. برای انجام جوشکاری چهارسنگ اصلی انرژی لازم است:

- انرژی شیمیایی؛
- انرژی مکانیکی؛
- انرژی تشعشعی؛
- انرژی الکتریکی.

### انرژی شیمیایی:

انرژی شیمیایی به دو صورت مورد استفاده قرار می‌گیرد که در مرسوم‌ترین آن استفاده از واکنش‌های ترکیب اکسیژن یا سوختن است که در این روش یک ماده سوختنی که میل ترکیبی زیادی با اکسیژن دارد در مجاورت اکسیژن قرار داده می‌شود و با ایجاد واکنش سوختن گرمای مورد نیاز جوشکاری تأمین می‌گردد. روش دیگر به کارگیری واکنش گرمازا (جدای از سوختن) می‌باشد. در این واکنش‌ها با ترکیب دو ماده اختلاف انرژی پیوندی اولیه و ثانویه به صورت گرما بروز می‌کند و از این گرما می‌توان برای عمل جوشکاری بهره گرفت.

### انرژی مکانیکی:

دو روش معمول برای استفاده از انرژی مکانیکی به عنوان منبع تأمین انرژی جوشکاری وجود دارد. یکی از این روش‌ها روش آهنگری است. عامل اتصال در این روش فشار ناشی از ضربه است. این فشار موجب انتزاع مکانیکی مواد می‌شود. در این روش محل‌های اتصال دو قطعه را بر روی یکدیگر قرار داده و با استفاده از ضربه‌های مکانیکی بر روی محل اتصال، موجب اتصال قطعات به یکدیگر می‌شوند. روش آهنگری به دو صورت گرم و سرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روش گرم نواحی اتصال را وابسته به نوع مواد تا رسیدن به نرمی مناسب گرم کرده سپس



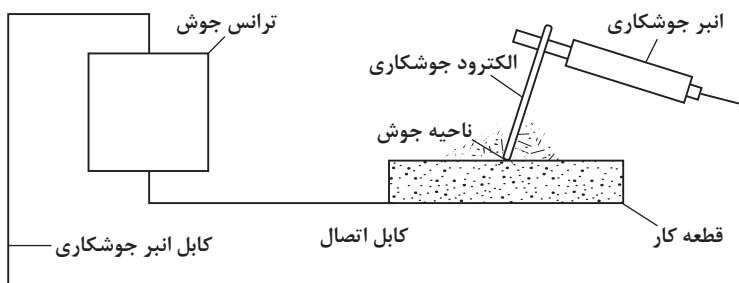
با اعمال ضربه موجب اتصال دو قطعه می‌شوند. روش دیگری که از روش انرژی مکانیکی برای اتصال قطعات استفاده می‌شود جوش اصطکاکی است این روش با گرداندن یکی از قطعات و سرعت دادن به آن قطعه انرژی مکانیکی را در آن ذخیره می‌کند که در زمان برخورد با فشار قطعه گردنده به قطعه دیگر به دلیل وجود اصطکاک پیش آمده میان قطعات ذخیره شده به گرما تبدیل شده و با کمک فشار می‌تواند موجبات اتصال را فراهم نماید.

### انرژی تشعشعی :

از این انرژی نیز برای تأمین انرژی مورد نیاز جوشکاری استفاده می‌شود. از آنجایی که عموم این روش‌ها بسیار گران قیمت هستند و به تجهیزات خاصی نیاز دارند بسیار محدود و در کاربردهای ویژه مورد استفاده قرار می‌گیرند. در تمامی این روش‌ها یک پرتو پر انرژی مانند پرتو الکترونی تولید شده توسط یک تفنگ الکترونی و یا یک پرتو الکترو مغناطیس مانند اشعه لیزر مورد استفاده قرار می‌گیرد و گرمای لازم برای انجام جوشکاری را فراهم می‌نماید.

### انرژی الکتریکی:

از انرژی الکتریکی به سه شکل برای جوشکاری استفاده می‌شود. یکی از شکل‌های مورد استفاده بهره‌گیری از انرژی الکتریکی به صورت قوس الکتریکی است. قوس الکتریکی جهش الکترون‌ها در فضای نارسا می‌باشد. این کار از طریق اعمال ولتاژ و جریان مناسب در یک فاصله فضایی که موجب یونیزه شدن فضای میان قطب‌های الکتریکی می‌گردد، انجام می‌پذیرد. جوش برق یا جوش الکتریکی از این ویژگی برای تأمین انرژی استفاده می‌کند. یکی دیگر از روش‌های به کارگیری انرژی الکتریکی استفاده از خاصیت حرارت مقاومتی است. وقتی جریان الکتریکی از یک رسانا عبور داده شود متناسب با مقاومت الکتریکی رسانا در محل عبور جریان گرما تولید می‌شود که این گرما می‌تواند برای جوشکاری مورد استفاده قرار بگیرد. جوش مقاومتی که به نقطه جوش نیز معروف است از این ویژگی برای تأمین دمای مورد نیاز جوشکاری استفاده می‌کند.





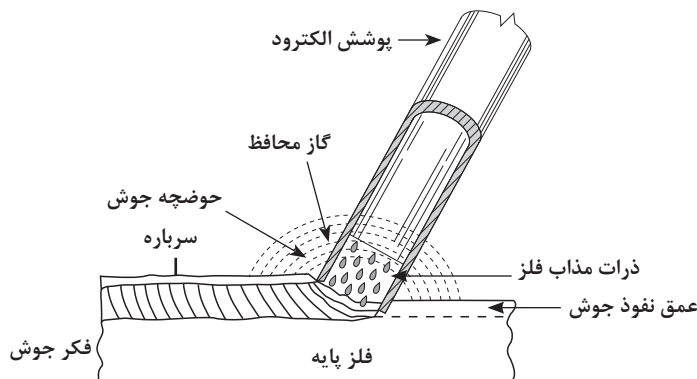
## انواع جوشکاری قوسی رایج :

- جوشکاری قوسی با الکترود پوشش دار؛
- جوشکاری قوسی با الکترود تنگستنی تحت گاز محافظ<sup>۱</sup>؛
- جوشکاری قوسی با الکترود فلزی<sup>۲</sup>؛
- جوشکاری قوسی با سرباره پوششی<sup>۳</sup>؛
- جوشکاری قوسی زیرپودری<sup>۴</sup>.

**جوشکاری قوسی با الکترود پوشش دار؛** در این فرایند از قوس الکتریکی به وجود آمده بین الکترود پوشش دار و حوضچه مذاب برای ایجاد گرمای لازم بهره گرفته می شود، به طوری که گرمای ایجاد شده بر اثر قوس منجر به ذوب شدن قسمتی از فلز مبنا می شود و محافظت به وسیله پوشش ایجاد می گردد. در این روش می توان از جریان متناوب یا مستقیم با توجه به نوع جریان منبع تغذیه و نوع الکترود انتخابی استفاده نمود؛ ضمن آنکه منبع تغذیه با جریان ثابت توصیه می گردد.

### مزایا:

- ۱ تجهیزات آن ساده، ارزان و قابل حمل است.
- ۲ از این فرایند می توان برای جوشکاری قسمت هایی که محدودیت دسترسی دارند استفاده نمود.
- ۳ حساسیت نسبت به باد و نیاز به آماده سازی در این فرایند کمتر از فرایندهای دیگر می باشد.
- ۴ برای جوشکاری اکثر فولادهای ساده و آلیاژی رایج می توان از این فرایند استفاده نمود.



۱- Gas Tungsten Arc Welding

۲- Gas Metal Arc Welding

۳- Flux Cored Arc Welding

۴- Submerged Arc Welding

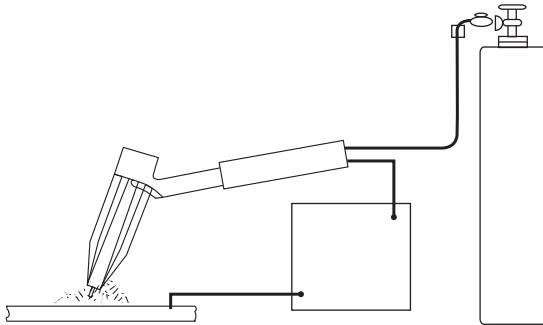


#### معایب:

- ۱ نرخ رسوب کمتری نسبت به سایر روش‌های جوشکاری دارد.
  - ۲ برای جوشکاری مجدد لازم است گل جوش از روی جوش پاکسازی شود.
- جوشکاری قوسی با الکترود تنگستنی تحت گاز محافظ؛** در این روش قوس الکتریکی بین نوک یک الکترود مصرف نشدنی تنگستن و حوضچه مذاب ایجاد می‌شود و محافظت بوسیله گاز محافظ صورت می‌گیرد.

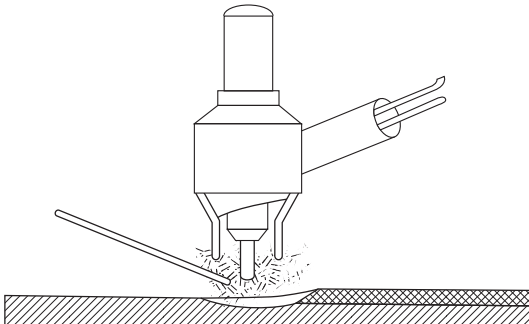
#### مزایا:

- ۱ خلوص بالای فلز جوش و معمولاً عاری از عیوب.
- ۲ تمیزکاری کمتری نیاز دارد.
- ۳ امکان کنترل عالی روی پاس نفوذی ریشه را می‌دهد.
- ۴ می‌توان با استفاده از پرکننده فلزی یا بدون آن عملیات جوشکاری را انجام داد.



#### معایب:

- ۱ نرخ رسوب کمی دارد.
- ۲ حساسیت بالا نسبت به آلوده بودن پرکننده فلزی و فلز پایه؛





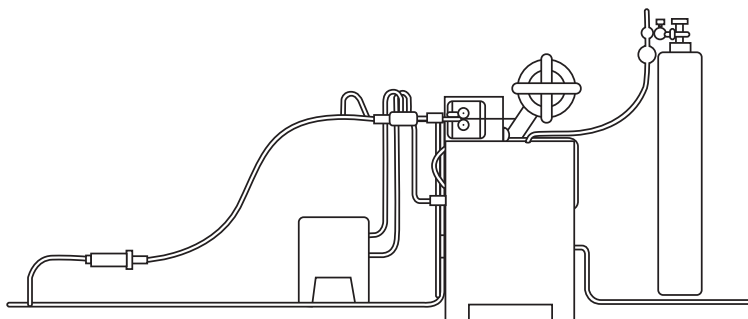
**جوشکاری قوسی با الکتروود فلزی:** در این روش گرمای لازم جهت ذوب کردن فلز پایه از قوس الکتریکی بین پرکننده فلزی (که به طور پیوسته از محل تغذیه سیم شارژ می گردد) و حوضچه مذاب حاصل می شود و حفاظت از طریق گاز خارجی صورت می گیرد. این روش به صورت نیمه اتومات، اتومات و ماشینی انجام می شود. در این روش از اختلاف پتانسیل ثابت برای جوشکاری استفاده می گردد.

#### مزایا:

برای جوشکاری اغلب فلزات و آلیاژ فلزی رایج و تجاری مناسب است.

۱ نرخ رسوب زیاد است.

۲ کمترین تمیزکاری را بعد از جوشکاری دارد.



#### معایب:

۱ تجهیزات جوشکاری در این فرایند پیچیده گران و غیر قابل حمل هستند.

۲ عدم توانایی جوشکاری مناسب در هوای آزاد به دلیل پراکنده شدن گاز محافظ.

۳ هنگام استفاده از این روش انتقال اتصال کوتاه است. در این حالت بسیار مستعد

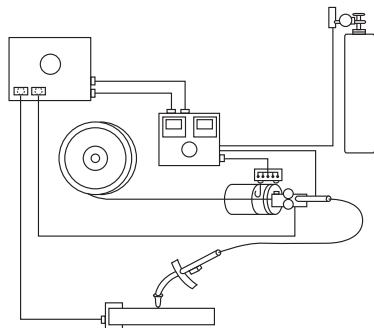
به ذوب ناقص می باشد.



**جوشکاری قوسی با سرباره پوششی** در این روش، قوس الکتریکی بین الکترود پرکننده فلزی لوله‌ای شکل و حوضچه مذاب به وجود می‌آید. حفاظت در این فرایند جوشکاری به وسیله گازمحافظی که از مواد داخل لوله حاصل می‌شود، صورت می‌گیرد. همچنین می‌توان در هنگام جوشکاری از یک منبع گاز محافظ اضافی نیز استفاده نمود. معمولاً این فرایند به صورت نیمه اتومات انجام می‌شود و استفاده از این روش به نوع الکترودی که در دسترس می‌باشد، خواص مکانیکی که از جوش در محل اتصال انتظار به طراحی اتصال و طریقه نصب بستگی دارد. منبع تغذیه با جریان مستقیم و اختلاف پتانسیل ثابت همانند روش جوشکاری قوسی با الکترود فلزی توصیه می‌شود.

#### مزایا:

- ۱ مزیت متالورژیکی.
- ۲ ایجاد سرباره مناسب که به ایجاد مهره جوش و پروفیل مناسب جوش منتهی می‌شود.
- ۳ نرخ رسوب و تولید بالایی دارد.
- ۴ حساسیت کمتری در برابر وزش باد دارد.



#### معایب:

- ۱ تجهیزات جوشکاری پیچیده، گران و غیرقابل حمل دارد.
- ۲ در روش توپودری با گاز محافظ حجم بسیار زیادی از دود در حین جوشکاری وجود دارد. بنابراین وجود تهویه مناسب ضروری می‌باشد.
- ۳ گل جوش باید بین پاس‌ها در هر پاس قبل از شروع پاس بعدی برداشته شود.
- ۴ برای جوشکاری پاس ریشه پخت مواد لازم است.

**جوشکاری قوسی زیرپودری:** در این روش نیز از قوس الکتریکی بین الکترود فلزی (که زیر مواد پوششی قرار دارد) و حوضچه مذاب بهره



گرفته می‌شود. قوس و فلز مذاب به وسیله پوششی از مواد گرانولی که به وسیله نازل جوشکاری از داخل مخزن نگهدارنده فلاکس به سطح قطعه کار هدایت می‌شود محافظت می‌شوند. جوشکاری زیر پودری به روش‌های زیر انجام می‌گیرد:

۱ اتوماتیک؛

۲ اتوماتیک؛

۳ ماشینی؛

همچنین می‌توان از منبع تغذیه شدت جریان ثابت یا اختلاف پتانسیل ثابت برای جوشکاری استفاده نمود. از این روش جوشکاری در کارگاه‌های ساخت مخازن و لوله تحت فشار استفاده می‌شود.

**مزایا:**

۱ نرخ رسوب بسیار بالا؛

۲ سری کاری با کیفیت جوش بالا؛

**معایب:**

۱ جوش حین جوشکاری قابل رؤیت نمی‌باشد.

۲ تجهیزات گران و غیر قابل حمل می‌باشد.

۳ فرایند جوشکاری محدود به داخل کارگاه و در حالت تخت می‌باشد.



### تجهیزات جوشکاری قوسی

تدریس به کمک ویدئوپروژکتور و نرم افزار پاورپوینت انجام گیرد.

ابتدا روش جوشکاری قوسی با الکتروود دستی و سپس با استفاده از تصاویر اجزای دستگاه‌های جوشکاری قوسی و فرایند آن را معرفی کنید. سپس انواع مکانیزم‌های ایجاد حرارت با استفاده از جریان الکتریسیته و چگونگی ایجاد قوس الکتریکی را توضیح دهید. سپس پرسشی مطرح می‌شود که در آن هدف شناسایی عوامل مؤثر بر قوس و انواع مدار است. در ادامه به هنجارهای اطلاعاتی در مورد انواع مدار الکتریکی باز و بسته و عوامل مؤثر بر قوس الکتریکی را توضیح دهید و تأثیر هرنوع مدار بر شرایط ایجاد قوس را معرفی کنید. لازم است اطلاعات کافی مورد نیاز مدار الکتریکی شامل اجزای مدار، انواع سیم‌پیچ و روش کار میدان مغناطیسی بیان شود. سپس دستگاه‌های جوشکاری را معرفی کنید. به هنگام نمایش تصویر هر دستگاه لازم است اطلاعات کافی در مورد نوع جریان، کاربرد و دلایل استفاده هر دستگاه بیان شود. سپس پرسشی مطرح می‌شود که هدف بررسی ترانسفورماتور کاهنده و چگونگی و چرایی به‌کارگیری این نوع ترانسفورماتور در جوشکاری است. در ادامه فعالیتی مطرح می‌شود که هنجار را برای شناسایی صنایع تولید ترانسفورماتور داخلی، محصولات و ویژگی‌های آن و چگونگی دسترسی به آن ترغیب می‌کند. و به توضیح کابل‌های جوشکاری بپردازید و تصویر کابل‌های رایج را نمایش دهید. سپس پرسشی مطرح می‌شود که هدف اهمیت عایق‌بندی و تأمین سلامت کابل‌ها بر تشکیل قوس مناسب می‌باشد. در ادامه ترمینال‌های جوشکاری، کاربرد و وظیفه آن را توضیح دهید. سپس پرسشی مطرح می‌شود که در آن نحوه اتصال ترمینال و کابل مورد پرسش قرار می‌گیرد. و پس از آن فعالیتی مطرح می‌شود که جنس، انتخاب انواع ترمینال مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه فیلم نحوه اتصال کابل به ترمینال را نشان دهید و انواع ابزارهای تمیزکاری قبل و بعد قطعه کار را توضیح دهید. سپس در فعالیت به‌عیوب ناشی از آلودگی سطح قطعه کار و عدم تمیزکاری کافی آن را بررسی کنید. سپس انواع انبر، ویژگی‌ها و کاربرد آن بپردازید. در ادامه فیلم نحوه اتصال کابل جوشکاری به انبر را توضیح دهید. سپس در مورد ماسک جوشکاری توضیح دهید. به اثرات مخرب ناشی از تشعشع و گازهای جوشکاری طی فعالیتی بپردازید. در ادامه الکتروود را تعریف کنید. طی فعالیتی نحوه حمل و نقل و نگهداری الکتروودها را مورد بررسی قرار دهید. انواع الکتروود، مزایا و معایب و... را توضیح دهید. سپس نحوه نام‌گذاری الکتروودها را



معرفی کنید. و طی فعالیتی الکترودهای ساخت کشور را شناسایی کنید و نتایج را در کلاس ارائه دهید. در ادامه به معرفی پارامترهای جوشکاری و عیوب ناشی از عدم رعایت آن بپردازید.

## مکانیزم تولید قوس (دانش افزایی)

قبل از توضیح مکانیزم تولید قوس الکتریکی لازم است با مفاهیم جریان الکتریسته آشنا شد:

**مدار الکتریکی:** مسیری است که جریان الکتریسته در آن جاری می‌شود و این مسیر از منبع تغذیه با قطب منفی شروع و توسط کابل به طرف منبع تغذیه با قطب مثبت هدایت می‌شود.

**شدت جریان (آمپراژ):** شدت جریان تعداد الکترون‌هایی که از یک نقطه مدار به نقطه دیگر منتقل می‌شوند.

**اختلاف پتانسیل (ولتاژ):** عامل محرکه برای انتقال الکتریسته در مدار است. شکل زیر تغییرات اختلاف پتانسیل و شدت جریان را قبل و در حین جوشکاری نشان می‌دهد.

**انواع جریان الکتریسته:** جریان متناوب و جریان مستقیم. در جریان مستقیم الکترون‌ها در یک هادی در یک جهت حرکت می‌کنند، اما در جریان متناوب الکترون‌ها دارای حرکت متناوب هستند. برای ایجاد جریان مستقیم از یک رکتی فایر استفاده می‌شود.



**فرکانس:** تعداد سیکل‌های تناوب جریان در یک ثانیه است. برق شبکه در ایران دارای ۵۰ هرتز فرکانس است. از آنجا که هر موج سینوسی اختلاف پتانسیل متفاوتی دارد، لازم است در انتخاب جریان حین جوشکاری دقت کرد.

**نحوه تشکیل قوس:** اگر دو الکتروُد در فاصله مشخص نسبت به همدیگر قرار بگیرند و جریان الکتریکی عبور کند؛ قوس الکتریکی حاصل خواهد شد. اما لازمه قوس شدت جریان لازم برای حرکت الکترون‌ها از یک الکتروُد به الکتروُد دیگر است؛ باید دانست که در هوا فضای بین دو الکتروُد عایق الکتریکی است. به همین منظور برای جبران این مانع در جوشکاری جهت ایجاد قوس و کاهش میزان شدت جریان مصرفی، هوای محیط را یونیزه می‌کنند. در اثر جریان الکترون از یک الکتروُد با هوای محیط، اتم‌های گازهای موجود در هوا تجزیه و به حالت یونی تبدیل می‌شوند. مثلاً اتم‌های O به یون  $O^-$  تبدیل می‌شوند و این سبب رسانا شدن هوای موجود در بین دو الکتروُد می‌شود. از آنجا که مقاومت زیادی در محیط وجود دارد لذا قوس ایجاد شده با مقاومت هوا مواجه می‌شود و سبب تولید گرما می‌شود. برای انتقال جریان الکتریکی ابتدا نوک الکتروُد (قطب+) را به قطعه کار (قطب-) می‌زنند، سپس به اندازه ۳ تا ۴ میلی‌متر آن را از سطح قطعه کار دور می‌کنند. هنگامی که اتصال الکتروُد به قطعه کار برقرار شد، جریان الکترون‌ها انجام می‌گیرد و با فاصله گرفتن نوک الکتروُد از قطعه کار جرقه (قوس) ایجاد می‌شود و در ادامه منجر به یونیزاسیون گازهای محیطی می‌شود. تقریباً  $\frac{2}{3}$  از حرارت تولیدی در نزدیکی قطب مثبت است که می‌تواند حرارتی معادل ۷۰۰۰ درجه سانتی‌گراد تولید کند. حال در مواردی که برای انجام ذوب به حرارت بالایی نیاز است (مثلاً در مواردی که ضخامت پوش الکتروُد زیاد است) الکتروُد را به قطب مثبت متصل می‌کنند.



از طرفی باید در نظر داشت در مواردی که پوشش الکتروود نازک است باید الکتروود به قطب منفی متصل شود. در مواردی که از برق متناوب استفاده می‌شود. مقدار حرارت ایجاد شده بین دو الکتروود و قطعه کار مساوی است، زیرا قطعه کار و الکتروود خود را مناسب با فرکانس تنظیم می‌کنند. در جوشکاری قوسی الکتریکی با الکتروود بدون روکش، کنترل قوس مشکل‌تر است، زیرا سبب حرکت قوس به اطراف می‌شود. حرارت ناشی از قوس سبب جدا شدن ذرات مذاب از الکتروود در اطراف قطعه می‌شود. در تماس با اتمسفر، ذرات مذاب و هوا را جذب می‌کند و با آن واکنش می‌دهد. مثلاً در جوشکاری فولادها اکسیژن محیط با آهن واکنش تولید اکسید آهن می‌دهد که اکسیدها در حین انجماد در حوضچه مذاب تجمع و موجب کاهش خواص مکانیکی و خوردگی محل جوش می‌شود.

**پایداری قوس:** یکی از پارامترهای مهم حین جوشکاری، پایداری قوس است. جوشکارها به آرامی و نرم بودن وزش قوس در انتهای الکتروود پایداری قوس می‌گویند. اگر قوس ناپایدار باشد در اصطلاح گفته می‌شود قوس سوسو می‌زند. پایداری قوس بر روی پارامترهایی مانند: محافظت کامل حوضچه جوش، یکنواختی عمق نفوذ، ظاهر مناسب گرده جوش، عدم پاشش جرقه، سر و صدای کم قوس و ... مؤثر است. عواملی مانند: نوع جریان الکتریکی، نوع قطبیت جریان، فاصله الکتروود تا قطعه کار، میزان شدت جریان، جنس پوشش الکتروود، سلامت پوشش الکتروود، تمیزی سطح قطعه کار و مهارت جوشکار بر پایداری قوس مؤثر است.

**نرخ ذوب:** میزان ذوب الکتروود

$$M.R = \frac{L_2 - L_1}{t} \cdot d$$

$L_2$  طول نهایی الکتروود؛  $L_1$  طول اولیه الکتروود؛  $d$  وزن الکتروود بدون روکش،  $t$  زمان روشن بودن قوس.

**نرخ رسوب:** مقدار فلز رسوب داده شده در واحد زمان.

$$D.R = \frac{M_2 - M_1}{t}$$

$M_2$  وزن قطعه قبل از جوشکاری،  $M_1$  وزن قطعه بعد از جوشکاری.

راندمان الکتروود: نسبت نرخ رسوب به نرخ ذوب

$$\eta = \frac{D.R}{M.R}$$





**نرخ اتصال:** مقدار اتصالی است که در واحد زمان تکمیل می‌شود. نرخ اتصال به عمق و طول جوش بستگی دارد.

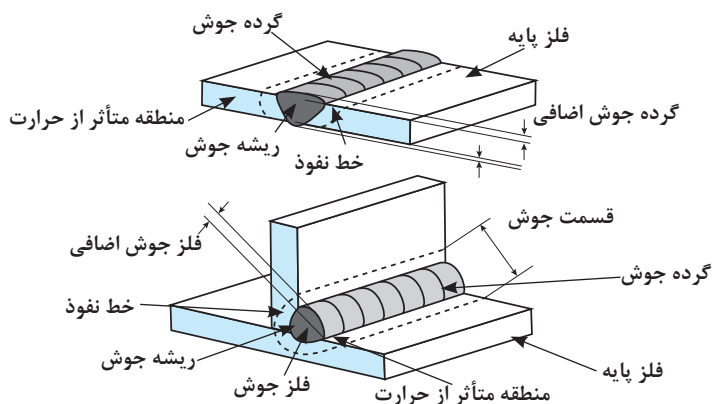
$$J.R = \frac{x.y}{t}$$

x عمق جوش، y طول جوش و t زمان جوش.

**عمق جوش:** برای قطعاتی که پخ زده نشده‌اند، عمق جوش برابر فاصله سطح قطعه تا انتهای جوش می‌باشد. در قطعات پخ زده شده عمق جوش کمتر از سطح جوش است.

**پهنای جوش:** فاصله طولی پنجه جوش در اطراف گرده جوش؛

**شکل سطح مقطع جوش:** شکل سطح مقطع جوش یا پروفیل جوش عمق برجستگی‌های پهنای جوش می‌باشد.



## آماده سازی تجهیزات جوشکاری

هنرجویان را به کارگاه ببرید و برای هریک از فعالیت‌های زیر اقدامات لازم را انجام دهید:

کار عملی



فعالیت



در این فعالیت هدف آماده سازی تجهیزات جوشکاری است. لذا قطعه کار با ابعاد ۵×۱۰۰×۱۵ و الکتروود ۱۳×۶۰E با قطر ۳/۵ میلی متر تهیه کنید. سپس شروع به جوشکاری کنید، در هنگام جوشکاری تغییرات شدت جریان را در هنگام مدار باز است و در قسمت‌های مختلف ابتدا خال زدن در طول جوشکاری و در اتمام جوشکاری ثبت و با یکدیگر مقایسه کنید و نتایج را در پایان در کلاس با استناد به مطالب علمی بیان و ارائه کنید.



فعالیت



در این فعالیت هدف بررسی تأثیر پوشش الکتروود بر کنترل قوس و خواص ظاهری جوش است. لذا قطعه کار با ابعاد  $۱۵۰ \times ۱۰۰ \times ۵$  و الکتروود E۶۰۱۳ با قطر  $۳/۵$  میلی‌متر تهیه یکبار پوشش الکتروود می‌شود، سپس جوشکاری انجام می‌گیرد. در بار دیگر الکتروود روکش دار جوشکاری می‌شود و نتایج هر دو بار جوشکاری با یکدیگر مقایسه می‌شود.

فعالیت



در این فعالیت هدف بررسی شدت جریان، قطر الکتروود و نوع الکتروود بر پارامترهایی مانند: سرعت رسوب، سرعت ذوب و راندمان الکتروود است. لذا قطعه کار با ابعاد  $۱۵۰ \times ۱۰۰ \times ۵$  و الکتروود E۷۰۱۸ و E۶۰۱۳ با قطر ۴ و  $۳/۵$  میلی‌متر تهیه و مطابق خواسته جدول نتایج اندازه‌گیری و ثبت می‌شوند سپس نتایج در کلاس ارائه می‌شوند. لازم است ارائه نتایج با مستندات علمی مطابقت داده شوند تا برای هر کدام از نتایج دلیل منطقی و علمی آورده شود.



### تجهیزات جوشکاری گاز

تدریس با استفاده از ویدئوپروژکتور و نرم افزار پاورپوینت انجام می گیرد. در ابتدا در مورد جوشکاری با گاز و با استفاده از گاز اکسی استیلن و دلایل استفاده از این روش بیان کنید. لازم است به تاریخچه این روش که در دانش افزائی بخش های قبل اشاره شد نیز اشاره شود. در ادامه اطلاعات کافی در مورد واکنش شیمیایی بین اکسیژن و استیلن را ارائه کنید. سپس فیلم را با محتوای ابزار و تجهیزات و واکنش های فرایند و ... پخش کنید. سپس دستگاه را معرفی کنید و اجزای آن را بیان کرده و مزایا و معایب آن را مطرح کنید. در ادامه هریک از ابزارها را معرفی کنید و در پایان هر قسمت فعالیتی مطرح شده که نکات ایمنی کار و راه اندازی هر یک از تجهیزات را به عهده هنرجو قرار داده تا بتواند با تحقیق در مورد کپسول و شرایط نگهداری آن را جستجو کرده و به سایر هنرجویان ارائه دهد. سپس رگلاتور و اجزای آن را بیان کنید و در ادامه فعالیتی مطرح شده که راه اندازی و نگهداری آن را مورد تحقیق قرار داده است. سپس سر مشعل را معرفی کنید و انواع آن در برشکاری و جوشکاری تقسیم بندی کنید و در ادامه ذکر کنید که از چه اجزائی تشکیل شده است. در ادامه انواع شعله را توضیح دهید و انواع شعله و کاربرد آن را برای هنرجو بیان کنید. سپس شلنگ و نحوه نگهداری و نکات ایمنی در کاربرد و نگهداری آن برای هنرجویان بیان کنید.

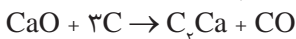
### طرز تهیه اکسیژن و اکسی استیلن (دانش افزایی)

**اکسیژن:** گازی است بی رنگ و بو که نمی سوزد ولی موجب سوختن می گردد. **طرز تهیه اکسیژن:** در صنعت اکسیژن را به دو طریق تهیه می کنند: یکی از طریق هوا و دیگری از تجزیه آب. **روش تقطیر هوا:** در روش تقطیر هوا، اکسیژن می گیرند. برای این کار نخست تصفیه هوا انجام می گیرد تا حتی الامکان اکسیژن خالص به دست آید و سپس هوا را به وسیله فشرده ساختن و سرد نمودن تبدیل به مایع می کنند. مجدداً هوای مایع را به اکسیژن و ازت تجزیه می نمایند. بعد اکسیژن مایع را تبخیر نموده و در مخازن گاز انبار می کنند و بالاخره گاز را به وسیله کمپرسورها متراکم ساخته و تصفیه مجدد صورت می گیرد و نتیجتاً در کپسول های فولادی پر می کنند. **گاز استیلن:** یکی از گازهای مورد استفاده در جوشکاری است، که دارای خواصی مانند: تولید حرارت زیاد در حین سوختن (ارزش حرارتی)، واکنش سریع با اکسیژن،

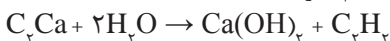


عدم واکنش با فلز ذوب شده، عدم باقی گذاشتن محصولات واکنش بر روی جوش و دسترسی آسان و ارزان می‌باشد. برای تولید گاز استیلن از واکنش کاربید کلسیم استفاده می‌شود. روش تهیه گاز استیلن از کلسیم کاربید:

اکسید دو کربن + کاربید کلسیم  $\rightarrow$  زغال کک + آهک پخته



گاز استیلن + رسوب آهک  $\rightarrow$  آب + کلسیم کاربید



برای تهیه استیلن یا از ژنراتورهای کوچک استفاده می‌کنند و یا توسط ژنراتورهای بزرگ استیلن تولید نموده و در کپسول‌های فولادی پر کرده و به مصرف می‌رسانند.

#### کار عملی



#### آماده سازی تجهیزات جوشکاری

هنرجویان را به کارگاه ببرید و برای هریک از فعالیت‌های زیر اقدامات زیر را انجام دهید:

در ابتدا باید هنرآموز نکات و وسایل ایمنی فردی مورد نیاز را به هنرجو معرفی کند و نحوه استفاده از هریک را به ایشان آموزش دهد. قبل از انجام کار هنرجو باید با مخاطرات احتمالی، سوانح و حوادث آشنا شود و برای مقابله با هریک آموزش‌های مناسب را ببیند. همچنین در صورت مواجهه با هر کدام بتواند راهکار مناسبی را برای مقابله انجام دهد.

قطعه کاری به ضخامت ۵ و ابعاد ۱۰۰ در ۱۵۰ میلیمتر تهیه کرده و به روش مناسب با استفاده از سنگ‌زنی آن را پخ و شیارزنی کند. با استفاده از برس سیمی سطح قطعه را تمیز کاری کنید. در حین انجام تمیز کاری علت و اهمیت تمیز کاری را به هنرجو یادآور شوید. سپس با استفاده از فندک و تنظیم شعله گاز سوختنی را روشن کنید. در حین کار در مورد کارکرد و نحوه کنترل و تنظیم شعله گاز و اکسیژن به هنرجو توضیحات لازم را بدهید. به هنرجو فرصت بدهید این کار را چندین مرتبه تمرین کند تا به مهارت کافی در روشن کردن مشعل و تنظیم شعله دست یابد. سپس از نحوه تنظیم انواع شعله خنثی، اکسیدی و احیایی از هنرجو بخواهید چندین مرتبه اینکار را انجام دهد و نتایج مشاهدات خود را به صورت گزارش ارائه دهد. سپس سطح قطعه با شعله پیش گرم شود درحین پیش گرم کردن طرح قطعه باید به اهمیت پیش گرم اشاره شود. سپس با استفاده از سیم جوش مناسب اقدام به جوشکاری سطح قطعه کار با روش پیش دستی و پس دستی انجام گیرد. در پایان، نتایج مشاهدات هنرجویان در قالب گزارش کار کارگاهی جمع‌آوری شود و ایرادات وارد بر هریک را به آن فرد اطلاع دهید.



## تنظیم شعله (دانش افزایی)

گاز اکسیژن و استیلن برحسب خروج گاز مخلوط به سه طریق امکان پذیر است. الف) ممکن است استیلن اضافی باشد. ب) مخلوط دو گاز به طور مساوی خارج شود. ج) اکسیژن بیشتر از استیلن باشد. از سه طریق مذکور اختلاط گاز پس از روشن شدن شعله در نوک مشعل قابل تشخیص است و حرارت ایجاد شده حاصل از اشتعال هم، بستگی به نوع مخلوط گاز دارد. حرارت کمتر در هسته مخروطی بیانگر کربن اضافی در مخلوط (استیلن در مخلوط اضافی است) و بالاترین درجه حرارت در هسته مخروطی نشان دهنده اکسیژن اضافی در مخلوط است.



## جلسه بیست و ششم

### آماده سازی قطعه کار

تدریس به وسیله ویدئو پروژکتور و نرم افزار پاورپوینت انجام گیرد. ابتدا مقدمه‌ای در مورد روش جوشکاری ارائه شود. سپس به اهمیت جوشکاری و عوامل بروز عیب در جوشکاری اشاره شود. سپس فعالیتی مطرح می‌شود که در آن از هنرجو خواسته شده است هر یک از روش‌های تمیزکاری سطوحی که از مراحل کار قبلی فراگرفته است، را در نظر گرفته و بگویید که کدام روش‌ها را می‌توان برای قطعات جوشکاری شده مورد استفاده قرار داد. در ادامه پرسشی مطرح می‌شود که در آن هدف، انتخاب یک روش مناسب و کارآمد تمیزکاری و آماده‌سازی سطوح جوشکاری توسط هنرجوست. سپس روش‌های مختلف تمیزکاری سطوح که در جوشکاری فلزات مورد استفاده قرار می‌گیرد را معرفی کنید.

### عملیات پس گرم و پیش گرم

تدریس به وسیله ویدئو پروژکتور و نرم افزار پاورپوینت انجام گیرد. ابتدا جوشکاری را تعریف کنید و در ادامه با استفاده از جوشکاری تغییرات فازی، دانه و ترکیب شیمیایی ناشی از حرارت‌دهی در حین جوشکاری را توضیح دهید. سپس در مورد عدم توزیع یکنواخت حرارت و تأثیرات آن بر تغییر شکل قطعه مثال‌های عملی را توضیح دهید. در ادامه، عملیات‌های حرارتی پیش گرم و پس گرم را توضیح دهید. سپس عوامل مختلف هر یک را شرح دهید. سپس اهداف عملیات پیش گرم را معرفی کنید. لازم است هر یک از اهداف را به تفصیل شرح دهید تا هنرجو با اهمیت هر یک از عوامل و علل آشنا شود.

### انجام جوشکاری

#### فعالیت



هدف بررسی اثر تمیزکاری سطوح جوشکاری بر کیفیت جوش، شدت جریان، طول قوس، وزش قوس و عیوب جوشکاری می‌باشد. لذا قطعات از جنس فولاد ساختمانی St37 با ضخامت ۵ و ابعاد ۱۰۰ در ۱۵۰ تهیه شود، سپس با استفاده از الکترود E۶۰۱۳ به قطر ۴ میلیمتر جوشکاری را بر دو قطعه یکی تمیزکاری شده با استفاده از برس سیمی و سنگ سنباده و قطعه



بدون تمیزکاری انجام دهید. در ادامه نتایج حاصل از مشاهدات حین جوشکاری و پارامترهای جوشکاری را مانند کیفیت جوش، شدت جریان، طول قوس، وزش قوس و عیوب جوشکاری مورد بررسی قرار دهید سپس نتایج را در پس از تحلیل در قالب فایل پاورپوینت ارائه کنید.

#### فعالیت



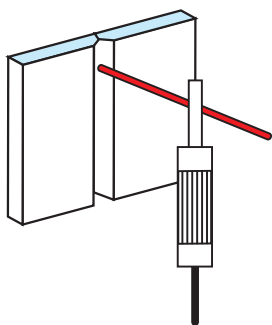
هدف مقایسه دمای پیش گرم بر روی خواص و مقاومت جوش و پارامترهای مؤثر بر آن است. ابتدا قطعه ای به ابعاد ۱۰۰ در ۱۵۰ در ۵ میلیمتر تهیه کنید. سپس سطوح قطعه را با استفاده از برس سیمی و سنگ سنباده تمیزکاری کنید. سپس با استفاده از مشعل در دماهای ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ درجه سانتیگراد پیش گرم سطح قطعه را انجام دهید. دمای سطح قطعه کار را دائماً با استفاده از ترمومتر لحظه‌ای اندازه‌گیری کنید سپس اقدام به جوشکاری طبق نقشه کنید. نتایج حاصل از شدت جریان، سرعت جوشکاری، سرعت وزش و عیوب جوشکاری ناشی از دماهای متفاوت جوشکاری را مورد بررسی قرار داده و از هنرجو بخواهید با توجه به آنچه برداشت کرده است و مطالعه منابع تکمیلی گزارش کاملی از تأثیر پیش گرم در کنترل پارامترهای جوش تهیه و ارائه کند.



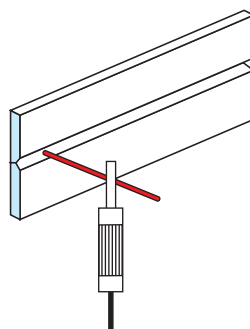
## دانش افزایی

### وضعیت جوشکاری

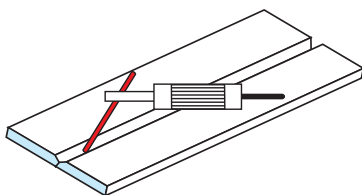
وضعیت جوشکاری به‌طور غیرمستقیم و از طریق تأثیر روی مهارت جوشکار و کنترل مذاب فلز جوش روی اجرای فرایند جوشکاری تأثیر می‌گذارد. لذا سعی می‌شود اجرای جوشکاری در وضعیت‌های ساده‌تر صورت پذیرد تا احتمال به‌دست آوردن جوش با کیفیت افزایش یابد.



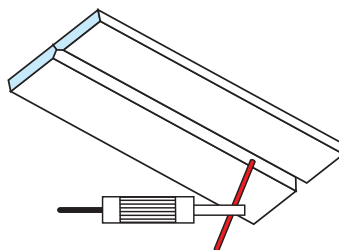
وضعیت سربالا یا سرپایین



وضعیت افقی



وضعیت تخت

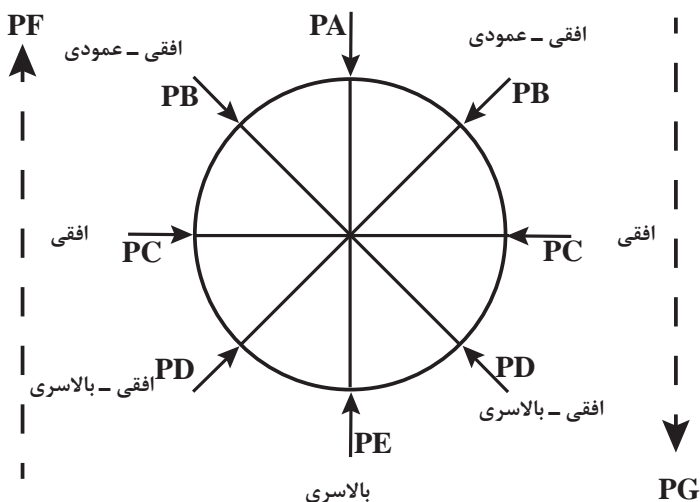


وضعیت بالاسری



مطابق استانداردهای ISO یا استانداردهای اروپایی مثل EN, DIN وضعیت‌های مختلف جوشکاری را مطابق شکل‌های زیر با حروف لاتین معرفی می‌کنند.

تخت



به طور معمول در جوشکاری سعی بر این است که اجرای جوشکاری در وضعیت سطحی انجام شود. به همین منظور از وسایلی استفاده می‌شود که قطعات کار را سطحی گرفته و حول محور افقی بگرداند. به این وسایل که در شکل‌ها و فرم‌های مختلف ساخته می‌شوند، وضعیت‌دهنده (جیگ و فیکسچر) می‌گویند.

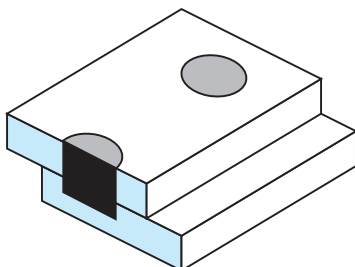
## نوع جوش و اتصال

با توجه به تنوع نوع اتصال قطعات جوشکاری و انواع مختلف جوش، انتخاب هر کدام از انواع مذکور در اجرای جوشکاری و احتمال به وجود آمدن عیوب در جوش تأثیرگذار است، لذا متغیرها باید متناسب با نوع جنس قطعات، ضخامت آنها، شرایط اجرای جوش، نوع فرایند جوشکاری و ... انتخاب شوند.

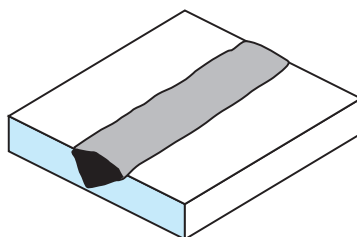


## انواع جوش

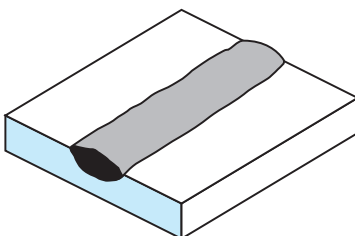
انواع مختلف جوش را می‌توان به‌طور کلی چهار دسته تقسیم کرد:



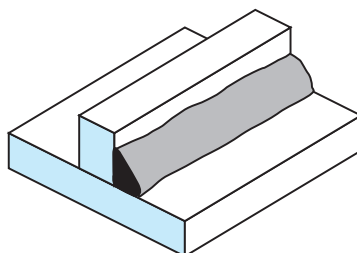
جوش کام یا انگشتانه



جوش شیاری



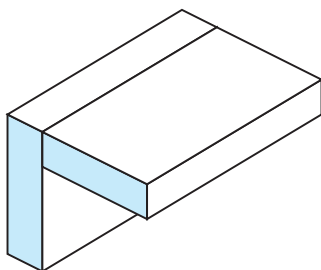
جوش گرده



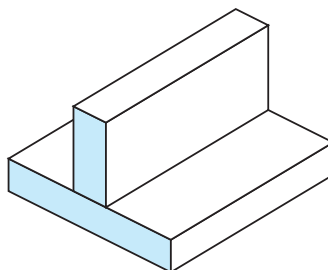
جوش ماهیچه‌ای

## اتصالات اصلی در جوشکاری

در حالت کلی ۵ نوع طرح اتصال در سازه‌های جوشکاری وجود دارد:

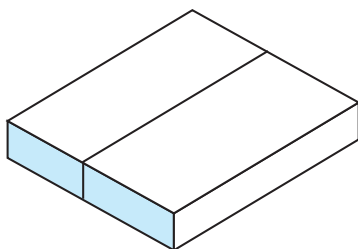


اتصال گوشه

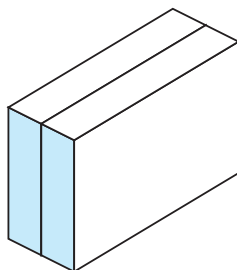


اتصال T

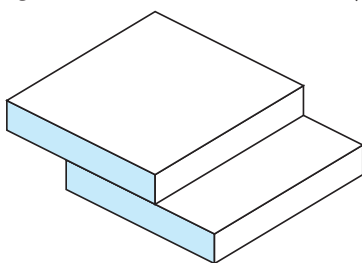




اتصال سر به سر



اتصال لب به لب



اتصال لب روی لب

حالت‌هایی که دو یا چند جزء برای اتصال می‌توانند در کنار یکدیگر قرار گیرند عبارت‌اند از :

**۱ حالت لب به لب یا سر به سر:** در این حالت لبه‌ها می‌توانند صاف و یا پخ شده باشند و همان‌طور که قبلاً اشاره شد نوع، زاویه و شعاع انحنای پخ، بسته به شرایط کار متفاوت می‌باشد.

**۲ حالت نبشی داخلی و خارجی:** در این حالت دو قطعه با زاویه، در کنار هم قرار داشته و در صورت لزوم می‌تواند لبه‌ها پخ یا صاف باشد.

**۳ حالت سپری:** این حالت تقریباً شبیه جوش در حالت نبشی داخلی است.

**۴ حالت لب روی لب:** در این حالت مقداری از ورق‌ها بر روی هم قرار می‌گیرند و تا حدودی شبیه جوش نبشی داخلی است.

**۵ حالت جوش لبه‌ای:** در این حالت ورق‌ها بر روی هم قرار گرفته و بر روی لبه‌ها که در یک سطح قرار دارند عملیات جوشکاری انجام می‌شود و یا اینکه ورق‌ها مانند حالت اول در یک سطح کنار یکدیگر قرار گرفته، اما لبه‌ها با زاویه ۹۰ درجه با عرض مساوی خم شده و سپس بر روی لبه‌های خم شده جوش داده می‌شود. اتصالات جوشکاری در نقشه‌های ساخت دارای نشانه‌های استاندارد هستند.



نوع درز	نام	شکل نمادین	نمادش		نمای مجسم
			فرم درز	منقطع درز	
درزهای لبه-ب-ب	درز نیم جناقی (یک-سویه)	✓			
	درز نیم جناقی همگرا (دو-سویه گت)	∧			
	درز نیم لانه‌ای (یک-سویه)	∩			
	درز نیم لانه‌ای (دو-سویه)	∪			
درزهای پشته‌ای	درز پشته‌ای تخت	≡			
	درز پشته‌ای جناقی	≡			
درزهای گلوپی	درز گلوپی یا گوشه‌ای	⊥			
	درز گلوپی یا گوشه‌ای دو-سویه	⊥			
	درز گوشه‌ای یا درز گلوپی بیرونی	⊥			
	درز نیم جناقی با رویشه باز	∩			

## جوش جناقی

طرح اتصالات جوش جناقی، به اشکال مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. انتخاب مناسب‌ترین طرح برای یک کاربرد خاص، به عوامل زیر بستگی دارد:

- ۱ تناسب با کاربرد مورد نظر؛
- ۲ در دسترس بودن طرح اتصال مورد نظر برای جوشکاری؛
- ۳ هزینه‌های جوشکاری؛
- ۴ وضعیت جوشکاری.



### پخ لبه مربعی

اقتصادی‌ترین طراحی اتصال آماده‌سازی می‌باشد. در این حالت تنها لازم است که لبه هر یک از قطعات به همان شکل مربعی حفظ شود. این نوع طرح اتصال محدود به کاربرد در مورد ضخامت‌هایی است که از نظر استحکام در حد مطلوبی قرار داشته باشند. هنگام جوشکاری قطعات ضخیم، لبه یا پخ هر قطعه باید به گونه‌ای آماده شود که قوس مستقیماً روی نقطه‌های که سیم جوش الکتروود باید آنجا رسوب کند، متمرکز گردد. جهت صرفه‌جویی بیشتر و کاهش پیچیدگی و تنش پسماند، طرح اتصال باید دارای یک پایه پخ و یک زاویه پخ باشد که استحکام کافی را با رسوب حداقل مقدار فلز جوش تأمین نماید. در جوشکاری مقاطع ضخیم زاویه دیواره‌های کناری باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا از حبس سرباره جلوگیری شود.

### جوش نبشی

در جوش نبشی نیازی به آماده‌سازی اتصالات وجود ندارد. در اتصال نبشی، اگر جوشکاری پیوسته، استحکامی بیش از مقدار مورد نیاز برای تحمل بار فراهم کند، می‌توان اتصال را به صورت مقطعی جوشکاری کرد. جهت کاهش تمرکز تنش و بالا بردن استحکام اتصالات، به‌طور معمول از ترکیبی از دو نوع جوشکاری نبشی و جناقی استفاده می‌گردد. حداقل تمرکز تنش در روی سطح جوش زمانی که سطح جوش به شکل گرده‌دار و مقعر است.

### الکتروود

مناسب‌ترین قطر الکتروود، قطری است که الکتروود با استفاده از جریان و سرعت حرکت مناسب، در حداقل زمان، مکان موردنظر را جوشکاری نماید. ضخامت الکتروود انتخابی، تا حد زیادی به ضخامت موادی که جوشکاری می‌شوند، وضعیت جوشکاری و نوع اتصال بستگی دارد. در جوشکاری مواد ضخیم‌تر و یا جوشکاری در شرایط مسطح جهت استفاده از مزایای سرعت‌های نفوذ بالاتر و زمان کمتر از الکتروودهای با قطر بیشتر استفاده می‌شود. همواره باید از ضخیم‌ترین الکتروود ممکن، که تأثیر منفی روی محدوده گرمای ورودی یا میزان رسوب جوش ندارد، استفاده شود. جوش‌هایی که از حد نیاز بزرگ‌تر باشند، هزینه‌های بیشتری در برداشته و حتی در برخی موارد باعث زیان می‌شوند. هرگونه تغییر ناگهانی در اندازه مقاطع مختلف یا در حالت و شکل جوش، باعث ایجاد نقاط تمرکز تنش می‌گردد. بهترین اندازه الکتروود، اندازه‌ای است که هنگام استفاده از آن با سرعت و حرکت و جریان مناسب مکان مورد نظر در حداقل زمان، جوشکاری شود.

### جریان جوشکاری

جریان مستقیم همواره قوسی یکنواخت‌تر و در نتیجه انتقال روان‌تر از جریان



متناوب برقرار می‌کند و جریان جوشکاری متناوباً تغییر نمی‌کند. اکثر الکترودها در قطبیت مستقیم با جریان مثبت عملکرد بهتری دارند و قطبیت معکوس بیشتری ایجاد می‌کند، در حالی که قطبیت مستقیم سرعت ذوب الکتروده را افزایش می‌دهد. هنگام جوشکاری در موقعیت بالای سر، عمودی و جوشکاری با قوس کوتاه جوشکاری با جریان مستقیم ترجیح داده می‌شود. هنگام انتقال فلز مذاب در طول قوس، احتمال کوتاه شدن یا قطع شدن جریان مستقیم کمتر می‌باشد.

### شدت جریان

با افزایش جریان، سرعت رسوب افزایش می‌یابد. محدودهٔ جریان و به تبع آن سرعت رسوب از هر نوع و طبقهٔ الکترودی، با الکتروده هم اندازه در طبقهٔ دیگر، متفاوت است. جریان بهینه در یک نوع و اندازهٔ معین الکتروده به فاکتورهای زیادی از جمله موقعیت جوشکاری و نوع اتصال بستگی دارد. جریان جوشکاری باید به اندازه‌ای باشد، که باعث ذوب و نفوذ مناسب شده و همچنین قابلیت کنترل مناسب بر روی حوضچهٔ جوش در حین جوشکاری وجود داشته است. در جوشکاری وضعیتهای عمودی و بالای سر، لازم است کمترین جریان مجاز برای جوشکاری انتخاب شود، نباید از جریان بالاتر از محدودهٔ توصیه شده استفاده شود. این امر باعث ایجاد گرمای بیش از حد در الکتروده، ایجاد جرقه‌های زیاد، وزش قوس، بریدگی کنارهٔ جوش و ترک در فلز جوش می‌شود.

### طول قوس

طول قوس، فاصله بین نوک مذاب مفتول الکتروده تا سطح حوضچهٔ مذاب جوش می‌باشد. طول قوس مناسب جهت ایجاد اتصال بی‌نقص، دارای اهمیت می‌باشد. انتقال فلز از نوک الکتروده و حوضچه جوش فرایندی یکنواخت نیست؛ حتی هنگامی که طول قوس ثابت است، اختلاف پتانسیل لحظه‌ای قوس، هنگام انتقال قطرات ریز فلز ذوب شده در طول قوس تغییر می‌کند. ولی چنانچه در جوشکاری از جریان و طول قوس مناسب استفاده شود، هرگونه تغییر در اختلاف پتانسیل قوس به حداقل خواهد رسید. ایجاد این حالت مستلزم تغذیه ثابت و منظم الکتروده می‌باشد. چنانچه طول قوس بیش از حد زیاد باشد، این امر باعث انحراف مسیر و کاهش قدرت قوس و در نهایت ایجاد جرقه‌هایی از فلز مذاب هنگام حرکت آن از سوی الکتروده به سوی جوش، خواهد شد. در صورتی که میزان جرقه‌ها زیاد باشد، بازدهی رسوب‌گذاری کاهش می‌یابد. همچنین گاز و سرباره حاصله از پوشش الکتروده تأثیری در محافظت قوس و فلز جوش نخواهد داشت. نهایتاً این امر می‌تواند منجر به ایجاد تخلخل و ورود اکسیژن یا نیتروژن و یا هر دو به فلز جوش گردد.



## سرعت حرکت

سرعت مناسب، سرعت حرکت الکتروود در طول اتصال می‌باشد که در آن مهره جوشی با طرح و ظاهر مناسب ایجاد شود. سرعت حرکت تحت تأثیر فاکتورهایی مانند: قطبیت جریان جوشکاری، وضعیت جوشکاری، نرخ ذوب الکتروود، ضخامت فلز پایه، شرایط سطحی فلز پایه، نوع اتصال، نصب اتصالات و مهارت در به کارگیری الکتروود بستگی دارد. هنگام جوشکاری، سرعت جوشکاری باید به گونه‌ای تنظیم شود که قوس به آرامی حوضچه جوش مذاب را هدایت می‌نماید. تا رسیدن به یک نقطه خاص، افزایش سرعت حرکت، درز جوش را باریک‌تر می‌کند و نفوذ را افزایش می‌دهد. پس از آن، بیشتر شدن حرکت باعث کاهش نفوذ، بی‌نظمی سطح جوش، ایجاد برش کناره جوش در لبه‌های جوش، مشکل شدن زدودن سرباره‌ها و محبوس شدن گاز (ایجاد تخلخل) در فلز می‌شود.

## جهت گرفتن الکتروود

جهت‌گیری الکتروود با در نظر داشتن وضعیت کار و پخ جوش، کنترل کیفیت جوشکاری بسیار مهم است. زاویه نامناسب الکتروود می‌تواند باعث حبس سرباره، تخلخل و یا بریدگی کناره جوش شود. موقعیت مناسب الکتروود، وابسته به نوع و اندازه الکتروود، موقعیت جوشکاری و شکل هندسی اتصال می‌باشد. جوشکار ماهر، همه این عوامل را هنگام تعیین جهت‌گیری الکتروود در نظر می‌گیرد. زاویه حرکت، زاویه‌ای کمتر از ۹۰ درجه، بین سطح الکتروود و سطح کار بوده و زاویه کار نیز، زاویه‌ای است کمتر از ۹۰ درجه، بین یک خط عمود بر سطح قطعه کار اصلی و صفحه‌ای که توسط محور الکتروود و محور جوش تعیین می‌گردد. هنگامی که الکتروود در مسیر جوشکاری قرار می‌گیرد، از روش جوشکاری پیش‌دستی استفاده می‌گردد. لذا به زاویه حرکت، زاویه فشار نیز گفته می‌شود. در جوشکاری پس‌دستی، الکتروود برخلاف مسیر جوشکاری حرکت می‌کند. لذا به زاویه حرکت در این حالت، زاویه کشیدن نیز گفته می‌شود. موقعیت صحیح الکتروود باعث اعمال کنترل خوب روی حوضچه جوش مذاب، نفوذ مطلوب و ذوب کامل فلز پایه می‌گردد. درحالی‌که زاویه حرکت بزرگ باعث ایجاد درز جوش مقعر، بد شکل و یا نفوذی ناکافی می‌شود، زاویه حرکت کوچک باعث تجمع سرباره می‌گردد و در حالی‌که زاویه کار بزرگ می‌تواند باعث سوختن کناره جوش شود، زاویه کار کوچک می‌تواند باعث ایجاد ذوب ناقص گردد.

## وزش (انحراف) قوس

هنگام جوشکاری مواد مغناطیسی (آهن و نیکل) با جریان مستقیم ممکن است وزش قوس رخ می‌دهد. در جوشکاری با جریان متناوب کمتر است. وزش قوس می‌تواند منجر به ذوب ناقص و تولید جرقه‌های زیاد شود. همچنین وجود وزش در



قوس می‌تواند مانع از اجرای جوشکاری مطلوب گردد. هنگامی که از الکترودهای پودر آهنی و یا سایر الکترودهایی که سرباره زیاد تولید می‌کنند استفاده می‌شود، وزش قوس مخصوصاً وزش به سمت جلو، می‌تواند بسیار مشکل‌ساز باشد. این امر به سرباره‌های مذاب موجود در محدوده داخلی پخ و دهانه جوش، اجازه می‌دهد که به سمت جلو تا زیر قوس حرکت کنند.

وزش قوس در این شرایط به علت تأثیرات میدان مغناطیسی غیریکنواخت به وجود می‌آید. هنگامی که تمرکز میدان مغناطیسی در یک سمت قوس از سمت دیگر قوی‌تر باشد قوس به سمت میدان قوی‌تر، خم می‌شود. منشأ این میدان مغناطیسی در قانون الکتریکی زیر بیان شده است. براساس این قانون، رسانای حامل جریان الکتریکی در اطراف خود خطوط مدوری از میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند. این خطوط میدان بر صفحه حامل رسانا عمود بوده و مرکز آن محور رسانا می‌باشد. در هنگام جوشکاری، این میدان مغناطیسی، روی قطعه فولادی و در طول شکاف جوش قرار می‌گیرد. میدان مغناطیسی روی صفحه مشکلی ایجاد نمی‌کند؛ اما تمرکز نامساوی آن در طول شکاف یا اطراف قوس باعث خم شدن قوس به سمت تمرکز قوی‌تر می‌گردد. به جز مواردی که وزش قوس بسیار شدید است مراحل اصلاحی خاصی وجود دارد که می‌تواند وزش را از بین برده یا حداقل، شدت آن را کاهش دهد. برای این کار انجام چند یا تمام اقدامات زیر لازم است:

- ۱ تا جایی که ممکن است باید اتصال به زمین را دور از درزی که باید جوشکاری شود، قرار داد.

- ۲ اگر مشکل وزش قوس به سمت عقب وجود داشته باشد، می‌توان کابل اتصال به زمین را در ابتدای جوش قرار داده و جوشکاری را به صورت خال جوش‌های سنگین ادامه داد.

- ۳ اگر مشکل وزش قوس به سمت جلو وجود داشته باشد، باید اتصال به قطعه کار را در انتهای درز جوش قرار داد.

- ۴ باید الکتروده را طوری قرار داد که نیروی قوس، انحراف قوس را خنثی کند.
- ۵ باید از کوتاه‌ترین قوس ممکن استفاده شود. این امر به بی‌اثر کردن انحراف قوس توسط نیروهای قوس، کمک می‌کند.

- ۶ باید جریان جوشکاری کاهش داده شود.

- ۷ می‌توان جوشکاری را با خال جوش با استفاده از قسمت اضافی انتهایی ادامه داد.

- ۸ لازم است از جوشکاری مرحله‌ای به صورت چپ‌دستی استفاده شود.

- ۹ می‌توان از جریان متناوب برای جوشکاری استفاده کرد که البته ممکن است به این دلیل، لازم باشد. الکتروده جوشکاری نیز تعویض گردد.

- ۱۰ پیچیدن سیم اتصال به زمین به دور قطعه کار جهت برقراری میدان مغناطیسی، می‌تواند از انحراف قوس جلوگیری کند.



## جلسه بیست و هفتم

### انجام جوشکاری

#### فعالیت



هدف از انجام این فعالیت ایجاد اتصال مناسب جهت تشکیل یک سپری است لذا باید در ابتدا قطعاتی با ابعاد  $5 \times 50 \times 100$  استفاده شود. سپس طبق نقشه و پس از تمیزکاری ابتدا نقشه محل اتصال دو قطعه را تحت زاویه  $90^\circ$  با گونیا تنظیم کنید. سپس دو طرف قطعه کار را تک خال بزنید. سپس مجدداً با گونیا زاویه اتصال را چک و تنظیم کنید. نکات مهارتی این جوشکاری را در حین جوشکاری تک خال زدن و غیره به هنرجو متذکر شوید. در حین جوشکاری زاویه بین الکترود به قطعه کار را تنظیم کنید و اهمیت آن را برای هنرجو توضیح دهید. لازم است پس از تمیزکاری گل جوش در پاس اول جوشکاری در پاس دوم را انجام دهید. در مورد اهمیت آن و مشکلات حاصل از باقی ماندن گل جوش در پاس‌های بعدی توضیحات کافی را برای هنرجو بدهید.

#### فعالیت



قطعه کاری مطابق شکل از یک صفحه  $5 \times 200 \times 200$  تهیه کنید و سپس دو برش از یک لوله به قطر  $100$  و  $50$  میلیمتر را مطابق شکل جوشکاری کنید.

ارتقای کیفیت محصول جزئی از عملیات کیفی محسوب می‌شود. توسعه و تحقیقات زیادی برای ارتقای کیفیت محصول انجام می‌گیرد تا رضایت مشتری را افزایش دهند. باید در تولید رضایت مشتری را، در اولویت‌های فرایند قرار داد. افزایش رضایت مشتری ناشی از شرایط فنی محصول و توسعه ویژگی‌های آن است. لذا تکمیل کاری به صورت یک واحد مستقل جهت رفع نواقص و بهبود شرایط کاری و براساس تحقیقات و توسعه فنی اجتماعی انجام می‌گیرد.



### عیوب جوش (Welding Defect)

در مقاله قبل درخصوص آشنایی با WPS مواردی ذکر گردید. توجه داشته باشید عدم رعایت هر بند از WPS موجب به وجود آمدن عیوبی در جوش خواهد بود که عمده ترین آنها را در این بخش شرح خواهیم داد.

#### روی هم افتادگی جوش (Overlap)

روی هم افتادگی، فلز جوش اضافی در پنجه جوش است که روی سطح فلز پایه را پوشانیده بدون آنکه آمیختگی با آن داشته باشد. یا به عبارت بهتر به حالتی گفته می شود که لبه کناری جوش بیش از حد متعارف بر روی سطح قطعه کار و لبه اتصال پیشروی نماید و بر اثر عواملی همچون عدم کنترل عوامل جوشکاری و پارامترهای الکتریکی از قبیل شدت جریان و ولتاژ جوشکاری، انتخاب نادرست مواد مصرفی جوش یا آماده سازی نامناسب سطح فلز پایه روی می دهد. اگر اکسیدها محکم به فلز پایه چسبیده باشند به طوری که از ادغام و امتزاج جلوگیری نمایند این حالت قابل پیش بینی است. سر رفتن جوش، انفصالی سطحی است که شیار مکانیکی تشکیل می دهد و تقریباً همیشه از نظر بازرسی غیر قابل قبول است.

#### بریدگی کناره ای (Undercut)

بریدگی کناره، شیار در پنجه یا در ریشه زنجیره جوش ناشی از جوشکاری است. بریدگی کناره می تواند پیوسته یا منقطع باشد. بریدگی کناره جوش معمولاً بر اثر تکنیک اشتباه جوشکاری یا به علت زیادی شدت جریان جوشکاری یا هر دو اتفاق می افتد. بریدگی کناره جوش، شیار است درون فلز پایه که کنار پنجه یا ریشه جوش ذوب گردیده و با فلز جوش پر نشده است. این بریدگی شیار مکانیکی ایجاد می کند که متمرکزکننده تنش ها می شود. اگر عوامل مؤثر در تشکیل بریدگی کناره جوش کنترل شوند و شیار عمیق و تیز به وجود نیاید، این عیب برای بارگذاری استاتیک نگران کننده نخواهد بود.

#### آخال های سرباره ای (Slag Inclusion)

مواد غیرفلزی جامدی هستند که در فلز جوش یا بین فلز جوش و فلز پایه حبس شده اند و بیشتر در جوش هایی که با فرایندهای قوسی دستی یا زیرپودری جوشکاری شده اند، یافت می شود. در کل آخال های سرباره بر اثر عیوب تکنیک جوشکاری، عدم طراحی مناسب اتصال و یا عدم تمیزکاری سطح جوش بین دو پاس پدید می آید. معمولاً سرباره مذاب به سمت سطح جوش حرکت می کند. شیارهای تیز در سطوح میانی جوش یا بین پاس ها سبب حبس سرباره در زیر فلز مذاب جوش می شوند. آخال سرباره بسته به وضعیت تشکیلش ممکن است



به صورت‌های گوناگونی از نظر پراکندگی و محل تشکیل در نزدیکی اتصال باشد.

### آخال‌های تنگستنی (Tungsten Inclusion)

ذرات تنگستنی محبوس شده در فلز جوش جوشکاری قوسی تنگستنی با الکتروود تنگستنی برای برقراری قوس بین الکتروود و جوش می‌باشد و مشخصه بارز فرایند جوشکاری با قوس تنگستنی (GTAW) به حساب می‌آید. در این فرایند از الکتروود تنگستنی برای برقراری قوس بین الکتروود و جوش یا فلز پایه استفاده می‌شود. اگر الکتروود تنگستنی در مذاب فرو رود یا اینکه جریان قوس آن قدر بالا رود که تنگستن ذوب شده و قطره قطره در حوضچه جوش فرود آید، آخال‌های تنگستنی حاصل خواهد شد. آخال‌های تنگستنی روی فیلم‌های پرتونگاری به صورت علائم و نقاط خیلی روشن دیده می‌شوند زیرا چگالی تنگستن بیشتر از فولاد یا آلومینیوم است. در نتیجه اشعه را بیشتر جذب خواهد کرد. تقریباً مابقی ناپیوستگی‌ها و عیوب در آزمون پرتونگاری به شکل نقاط تیره و تاریک مشاهده می‌شوند.

### ذوب ناقص (Lack of fusion)

ذوب ناقص، عدم یکپارچگی بین فلز جوش و فلز پایه یا فلز جوش با فلز جوش است. این عیب به یکی از صورت‌های زیر ظاهر می‌شود:

■ ذوب ناقص دیواره جانبی

■ ذوب ناقص بین پاسی

■ ذوب ناقص در ریشه

ذوب ناقص نتیجه تکنیک نادرست جوشکاری، آماده‌سازی غلط فلز پایه یا طرح اتصال نامناسب است. علت ذوب ناقص (عدم ادغام کامل) عبارت‌است از کم بودن حرارت جوشکاری یا فقدان راهیابی به همه سطوح ادغام یا هر دو. چسبندگی شدید اکسیدها حتی اگر مسیر مناسبی جهت دستیابی به سطوح فراهم شود و حرارت کافی تأمین شود باز هم مانع ادغام کامل خواهد شد.

### عدم نفوذ کامل (Lack Of Penetration)

نفوذ ناقص، عدم ذوب بین فلز پایه و فلز جوش به‌خاطر نرسیدن فلز جوش به داخل ریشه اتصال است. در این حالت هیچ‌یک از دیواره‌های دو طرف قطعه از قبل ماشین‌کاری شده ذوب نخواهد شد و بدون تغییر ناشی از ذوب و حرارت باقی خواهد ماند. نقطه‌ای که عدم نفوذ و ادغام در آن روی داده است با ناپیوستگی به نام نفوذ ناقص معرفی می‌شود. حرارت ناکافی، طرح اتصال نامطلوب یا هدایت جانبی قوس جوشکاری به شکل نادرست، از جمله عواملی هستند که موجب بروز نفوذ ناقص می‌شوند. بعضی فرایندها نسبت به بعضی دیگر قادرند نفوذ بیشتری ایجاد کنند. اتصالاتی که باید از هر دو طرف جوشکاری شوند، بعد از جوشکاری یک طرف و قبل از جوشکاری طرف دیگر، برای اطمینان از عدم نفوذ ناقص



آن را می‌توان شیارزنی (Back Gouging) نمود. جوش‌های لوله، خصوصاً در معرض چنین ناپیوستگی هستند زیرا اکثر اوقات دسترسی به داخل لوله مقدور نمی‌باشد. در چنین مواردی طراحان عمدتاً برای کمک به جوشکاران تسمه یا پشت بندهای مصرفی را پیشنهاد می‌کنند. جوش‌هایی را که باید نفوذ کافی داشته باشند به وسیله بعضی بازرسی‌های غیر مخرب آزمایش می‌کنند. این مسئله در مورد پل‌ها، خطوط لوله، قطعات تحت فشار و کاربردهای هسته‌ای صدق می‌کند. مقدار نفوذ لازم در هر اتصال در نقشه‌ها معین می‌شود. به دست آوردن نفوذ لازم به قابلیت دسترسی منبع حرارتی و فلز پرکننده به محل جوشکاری بستگی دارد. نفوذ ناقص ممکن است از طراحی نادرست درز جوش ناشی شود. بسیاری از طراحان برای اطمینان از عدم وجود نواحی با نفوذ ناقص در ریشه جوش، شیارزنی صد درصد پشت جوش و جوشکاری مجدد را تجویز می‌کنند. در ساختمان پل‌ها، اتصال جوشی که مقدار معینی نفوذ داشته باشد، از نظر طراحی مورد قبول نیست مگر آنکه با انجام آزمایشات غیرمخرب از سلامت جوش اطمینان حاصل شود. منظور از شکل ناقص، شکل ناقص سطح خارجی جوش یا نقص در شکل هندسی اتصال است.

#### نفوذ اضافی (Excessive Penetration)

نفوذ اضافی، فلز جوش اضافی بیرون زده از ریشه جوش یک طرفه یا بیرون زده از فلز جوش قبلی اتصال یک یا چند پایه است. بیرون زدگی موضعی (Local Protrusion) نفوذ اضافی موضعی است.

#### تخلخل (Porosity)

تخلخل در نتیجه حبس گاز هنگام سرد شدن جوش به وجود می‌آید. تخلخل معمولاً کروی است ولی احتمال تخلخل‌های طولی نیز وجود دارد. حفره‌های گازی در قطعات چدنی شاید به شکل لایه به لایه نیز پیدا شوند. تخلخل هرچند هم زیاد باشد، به اندازه ناپیوستگی‌های تیز که موجب تمرکز تنش می‌شوند، خطرناک نخواهد بود. تخلخل زیادی نشانه آن است که عوامل جوشکاری، مواد مصرفی یا طراحی اتصال به درستی کنترل نشده است. یا فلز پایه آلوده و کثیف بوده و یا فلز پایه و فلز جوش با یکدیگر سازگاری کافی ندارند. تخلخل منحصراً ناشی از هیدروژن نیست ولی وجود تخلخل بیانگر وجود هیدروژن در جوش و ناحیه حرارت دیده است که در آلیاژهای آهنی احتمال ترک خوردن قطعه را زیاد می‌کند.

#### تخلخل یکنواخت (Uniformly Porosity)

تخلخل با پخش یکنواخت، تعدادی منفذ گازی پخش شده به صورت یکنواخت با الگوی پراکندگی همسان در سرتاسر فلز جوش است. اگر این گونه تخلخل در جوش بیش از حد وجود داشته باشد بیشتر به دلیل عیب روش جوشکاری یا نقص



در مواد است. روش آماده سازی محل اتصال یا مواد مصرفی می تواند در مواردی موجب بروز تخلخل شود. اگر جوشی آهسته تر از حد لازم سرد شود، حجم زیادی از گازها حین انجماد خارج می شوند و در نتیجه حفره های کمی در جوش باقی خواهد ماند.

### **تخلخل خوشه ای (Cluster Porosity)**

تخلخل موضعی یا خوشه ای، حفره هایی هستند که در یک محل مجتمع شده و اکثراً ناشی از برقراری و قطع نادرست قوس حین انجام عملیات جوشکاری می باشد.

### **تخلخل خطی (Linear Porosity)**

یکسری حفره های باریک می باشند که بیشتر در طول سطوح میانی جوش، گرده جوش یا نزدیک به ریشه جوش وجود می آیند. تخلخل خطی، خطی از منفذهای گازی می باشد که بصورت موازی با محور جوش واقع شده اند. به هنگام جوشکاری به علت آلوده بودن محل، گازهای حاصله به وضعیت های فوق الذکر رانده می شوند.

### **تخلخل خطی (Linear Porosity)**

تخلخل لوله ای یا حفره طولیل شده (Elongated Cavity) حفره ای گازی و طولیل است این حفره غیرکروی بزرگ، بعد بزرگش تقریباً موازی با محور جوش است. تخلخل لوله ای در جوش های گوشه ای از ریشه به طرف سطح جوش امتداد دارد. وقتی که یک یا دو حفره در سطح جوش مشاهده شود، سنگ زنی دقیق می تواند تخلخل های زیرسطحی را نیز آشکار سازد. بخش عمده این تخلخل ها کاملاً تا سطح جوش امتداد پیدا نمی کنند.

### **ترک ها (Cracks)**

ترک ناپیوستگی به وجود آمده به وسیله پارگی موضعی است، که می تواند ناشی از سرد شدن یا تنش باشد. جوش و فلز پایه زمانی ترک می خورند که تنش های موضعی به وجود آمده از مقاومت تسلیم فلز بیشتر شود. ترک خوردگی همواره با افزایش تنش در نزدیکی ناپیوستگی های فلز جوش و فلز پایه یا نزدیک شیارهای مکانیکی که در طراحی اتصال پیش بینی شده اند، همراه است. تنش های باقیمانده و هیدروژن از عوامل ایجاد ترک ها به حساب می آیند. ترک های ناشی از جوشکاری که ذاتاً شکننده هستند در مرزهای ترک، تغییر شکل دائمی کمی نشان می دهند. ترک ها به دو دسته گرم و سرد تقسیم می شوند. ترک گرم در خلال انجماد مذاب، شکل می گیرد و ترک سرد (تأخیری) بعد از آنکه فرایند انجماد کامل شد شروع خواهد شد. ترک های سرد که بعضاً ترک های تأخیری نیز نامیده می شوند با هیدروژن شکننده ارتباط خاصی دارند. ترک های گرم در مرز دانه ها منتشر می شوند ولی ترک های سرد هم در مرز دانه ها تشکیل می شوند و هم ممکن است از مرز دانه ها گذشته و گسترش یابند.



### ترک‌های طولی (Longitudinal Cracks)

در فرایندهای جوشکاری زیر پودری که معمولاً با سرعت زیادی همراه است به چشم می‌خورد و گاهی تخلخل که معمولاً در ظاهر جوش قابل مشاهده نمی‌باشد در آنها روی می‌دهد. ترک‌های طولی در جوش‌های کوچک و کم حجم بین قسمت‌های بزرگ و حجیم ناشی از آهنگ سریع سرد شدن و درگیری یا در مهار بودن قطعات است. ترک طولی اساساً موازی با محور جوش است به چهار صورت واقع می‌شود:

- در فلز جوش
- در مرز جوش
- در منطقه تأثیر حرارت
- در فلز پایه

### ترک‌های عرضی (Transverse Cracks)

ترک عرضی اساساً عمود بر محور جوش است و بیشتر ناشی از تنش‌های فشاری عمود بر جوشی است که قابلیت نرمی زیادی ندارد. ترک‌های عرضی ممکن است در مناطق زیر واقع شوند.

- در فلز جوش
- در منطقه تأثیر حرارت
- در فلز پایه

### ترک‌های چاله جوش (Transverse Cracks)

ترک چاله، ترک انتهایی خط جوش است و زمانی رخ می‌دهد که جوشکاری به درستی و به خوبی به پایان نرسد. گاهی به این ترک نیز ترک ستاره‌ای اتلاق می‌شود. ترک چاله جوش، ترک انقباضی بوده و معمولاً از قطع ناگهانی قوس ناشی می‌شود.

### فرورفتگی (Concavity)

فرورفتگی جوش ممکن است در سطح جوش (External Porosity) و یا در ریشه جوش به نام (Internal Concavity) رخ دهد.

### تحدب اضافی (Convexity)

تحدب اضافی، فلز جوش اضافی در رویه جوش گوشه‌ای است. حداکثر فاصله عمودی بین کمان گرده جوش گوشه‌ای تا خطی که شیب‌های دو طرف را به هم وصل می‌کند (وتر مثلث جوش)، تحدب نامیده می‌شود. این عیب صرفاً مختص جوش‌های گوشه‌ای است و در سایر انواع طرح اتصال مطرح نمی‌باشد.



### **سوختگی داخلی (Burn Through)**

این عیب در حقیقت فروپاشی حوضچه جوش است که سوراخی در جوش یا در کنار جوش ایجاد کرده باشد. تشخیص منطقه این عیب از اطراف چندان دشوار نیست چراکه عمدتاً به شکل دایره‌ای تیره (سوخته) و با سطحی پایین‌تر از مناطق اطراف خود ظاهر می‌شود.

### **پرنشدگی (Underfill)**

پرنشدگی عبارت است از فرورفتگی سطح جوش که تا پایین‌تر از لبه قطعه کار امتداد داشته باشد. این عیب در اثر عدم دقت جوشکار در پرکردن کامل طرح اتصال بوجود می‌آید.



## تعمیر قطعات ریختگی

### جلسه بیست و هشتم

#### آماده سازی قطعه ریختگی

تدریس با استفاده از ویدئو پروژکتور و نرم افزار پاورپوینت انجام شود. در ابتدا مقدمه‌ای از فرایند ریخته‌گری توضیح دهید سپس عملیات پایان و تکمیلی را یادآوری کنید. آماده‌سازی قطعه را توضیح دهید و به یادآوری مباحث در مرحله کار قبلی اشاره شود. در ادامه روش‌های آماده‌سازی را یادآور شوید و به ابزار موردنیاز در هر مرحله اشاره کنید.

#### آماده سازی قطعه ریختگی (عمل)

برای انجام این مرحله کار از قطعه‌های معیوب و بازرسی شده مرحله قبل که دارای عیوب سطحی هستند، استفاده شود. ابتدا نکات ایمنی و خطرات ممکن که در طی انجام کار ممکن است برای هنرجو رخ دهد را گوشزد کنید. همچنین به راه‌های کمک‌رسانی در صورت بروز حادثه اشاره کنید. ابتدا یکی از قطعه‌ها که دارای حفرات انقباضی و گازی سطحی است یا بر روی سطوح آن ترک‌های سطحی وجود دارد را انتخاب کنید و برای نمونه روی آن عملیات آماده‌سازی انجام دهید. ابتدا با ابزار مناسب مانند: قلم و چکش، برس سیمی، فرچه سیمی و ... ماسه زنی را انجام دهید. در ادامه سیستم راهگامی و تغذیه و سایر اضافات را با استفاده از کمان اره یا سنگ فرز جدا سازید. پس از آن با سوهان یا سنگ فرز صفحه‌ساب سطوح قطعه را پلیسه‌زنی کنید. در ادامه قطعه را درون تخت ماسه‌زنی قرار دهید و سطوح قطعه را پرداخت کنید. سپس قطعه را مورد مشاهده قرار دهید تا قسمت‌هایی که مجدداً نیاز به آماده‌سازی دارند را به کیفیت سطح مناسب برسانید. در صورت بروز یا مشاهده عیبی در هریک از مراحل فوق الذکر آن قسمت را با مثال مارکر علامت بزنید.



## دانش افزایی متال مارکر

متال مارکرها یا ماژیک‌های فلز قابل نوشتن در فلزات می‌باشند که جهت درج کردن خط، علائم و نوشته روی فلزهای سرد و داغ مورد استفاده قرار می‌گیرد و مانع از پاک شدن می‌شود، متال مارکرها در رنگ‌های سفید، نقره‌ای، زرد، قرمز و سبز مشکی موجود می‌باشد. این ماژیک‌ها قابلیت تحمل دما تا ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه تحمل گرما را دارند. این ماژیک‌ها دارای نوکی گرد، با قابلیت خشک‌شوندگی فوری می‌باشند.





## جلسه بیست و نهم

### آماده سازی قطعه ریختگی معیوب

تدریس با استفاده از ویدئو پروژکتور و نرم افزار پاورپوینت انجام گیرد. در ابتدا مقدمه‌ای از تولید به روش ریخته‌گری و اهداف آن ذکر شود، سپس به‌طور خلاصه به انتظارات از قطعه تولیدی اشاره شود. در مورد احتمال بروز عیوب ریختگی توضیحات خلاصه‌واری بیان و به‌طور خلاصه مواجه با قطعه معیوب ریختگی امری عمومی در تولید معرفی شود. در حین بیان مقدمه پیامدهای اقتصادی، زیست محیطی و اثرات روحی و روانی ناشی از بروز عیوب ریختگی را به تفصیل شرح دهید به‌طوری که هنرجو نسبت به بار روانی و اقتصادی ناشی از بروز عیب مطلع گردد. سپس مختصراً در مورد اعمال سطوح استاندارد در هر یک از مراحل تولید و چگونگی تعمیر قطعات ریختگی معیوب توضیحی داده شود. در حین توضیح مطالب فوق از ورود به جزئیات خودداری شود و تنها به‌صورت خلاصه به هرکدام از مباحث اشاره شود. نحوه ارائه مطالب تنها از تعامل بین هنرآموز و هنرجو از طریق بیان شفاهی مطالب و عناوین انجام گیرد. در ادامه، مراحل تولید در ریخته‌گری و تأثیر هر مرحله در بروز عیب ریختگی را بیان کنید. اشاره شود که تنها معیار پذیرش قطعه به‌دست آوردن استانداردهای لازم است. ضمناً به قابلیت تغییر استاندارد و همچنین سطح استاندارد بر اساس معیارهای حاکم مانند رضایت مشتری، حساسیت کاربرد و تکنولوژی موجود و در دسترس اشاره شود. در فعالیت از هنرجو بخواهید رده‌های مختلف شغلی را در نظر بگیرد و نقش نیروی انسانی را در بروز عیوب ریختگی بررسی کند. سپس عیوب به‌وجود آمده در هرکدام از مراحل تولید را مدنظر قرار داده و مورد بررسی قرار دهد. سپس تأثیر مستقیم و یا غیرمستقیم آن را در جدول لحاظ کند. از هنرجو خواسته شود چرا هر کدام از اثرات مستقیم یا غیرمستقیم را منتسب کرده است.

سپس عیوب را براساس محل بروز تقسیم‌بندی کرده و هریک را مشخص کنید. آنگاه عیوب را بر حسب محل بروز نام ببرید. در ادامه به اهمیت کنترل فنی اشاره شود و مراحل کنترل فنی و بازرسی توضیح داده شود. لازم است به کنترل کیفی مرحله به مرحله در هر یک از بخش‌های تولید اشاره شود و همچنین به کنترل و بازرسی نهایی نیز اشاره شود. سپس سایر روش‌های تقسیم‌بندی عیوب و در نهایت به تقسیم‌بندی برحسب تقسیم‌بندی ۷ گانه اشاره شود و برای هر دسته عیبی را با مثال نام ببرید. در ادامه هر کدام از عیوب آورده را تعریف، محل بروز، رفتار متالورژیکی و اثرات آن، علل بروز و راه‌های پیشگیری آن را توضیح دهید.



دقت شود با استفاده از تصاویر می‌توان این عیوب را به‌خوبی توضیح داد. سپس هنرجویان در کارگاه کامپیوتر حضور یافته و با استفاده از کلمات کلیدی آورده شده در راهنمای جدول فعالیت به جستجو در اینترنت پرداخته و اقدام به تکمیل جدول کنند. در ادامه در کارگاه ریخته‌گری حضور پیدا کرده و با مراجعه به قطعات ریختگی موجود در انبار عیوب ظاهری توسط هنرجو ارزیابی و مورد مطالعه قرار گیرد. لازم است هنرجویان پس از تشخیص عیوب، مطالعه و تحقیق در مورد هر عیب اقدام به تکمیل جدول فعالیت مربوطه کنند و در نهایت با تهیه عکس و در قالب یک فایل پاورپوینت ارزیابی خود را در کلاس ارائه دهند. چنانچه عیبی در مباحث مطرح نشده باشد در صورتی که لازم می‌دانید در کارگاه در قالب فعالیت به هنرجو جهت تحقیق واگذار شود.

## استاندارد (دانش افزایی)

وضع قوانین و مقررات برای تعیین کیفیت و مشخصات مطلوب یک کالا یا قطعه را استاندارد می‌گویند. همچنین داشتن نظم و معیار و تعیین و رعایت حدود و اندازه‌ها برای حفظ کیفیت محصول بسیار ضروری و مفید است. در امور اجتماعی و اقتصادی و به‌ویژه امور صنعتی به این حد و اندازه‌ها استاندارد می‌گویند. استانداردها برحسب گستردگی، دارای پنج سطح کارخانه‌ای، شرکتی، ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی هستند. سازمان ملی استاندارد کشور ایران تدوین‌کننده قوانین و قواعد مرتبط با استاندارد و اجراکننده و نظارت‌کننده بر آنها می‌باشد. سازمان استاندارد ایران دارای ساختار دولتی به‌صورت زیرمجموعه نهاد ریاست جمهوری است. وظیفه اصلی این سازمان، تدوین و نشر استانداردهای ملی، انجام تحقیقات به‌منظور تدوین استاندارد، بالا بردن کیفیت کالاهای تولید داخلی، ترویج استانداردهای ملی، نظارت بر اجرای استانداردهای اجباری، کنترل کیفی کالاهای صادراتی مشمول استاندارد اجباری و جلوگیری از صدور کالاهای نامرغوب به منظور فراهم نمودن امکانات رقابت با اجناس خارجی می‌باشد.





کار عملی



### آماده سازی قطعه عمل

یک قطعه چدنی و یک قطعه آلومینیومی از مراحل قبل را تهیه و سپس با استفاده از آزمون بازرسی چشمی و آزمون مایع نافذ مورد بررسی قرار دهید. سپس در صورت بروز عیوب سطحی قابل تعمیر، محل مناسبی را جهت انجام تعمیر در نظر بگیرید.

### اثر مویینگی (دانش افزایی)

اثر مویینگی یا مویسانی یعنی تمایل مایعات برای بالا رفتن یا پایین ماندن در لوله هایی با قطر کم است. مویسانی یا مویینگی نتیجه چسبندگی مایع به کناره های لوله و کشش سطحی مایع است. مایعی که یک لوله مویین را مرطوب کند، بالا خواهد رفت. اگر یک مایع لوله را مرطوب نکند، پایین می رود (مرطوب کردن لوله به این معنی است که همانند آب که به شیشه به صورت قطره قطره می چسبد، بین مولکول های مایع و لوله چسبندگی وجود داشته باشد). هر چقدر قطر لوله کمتر باشد، مایع بهتر بالا یا پایین می رود. با بالا رفتن دما نیز میزان بالا رفتن یا پایین رفتن یک مایع کاهش می یابد.

وقتی که گوشه یک دستمال کاغذی با آب ریخته شده تماس پیدا می کند، اثر مویینگی را می توان مشاهده کرد. آب، زود به دیگر قسمت های دستمال گسترش می یابد زیرا فیبرهای بی قاعده قرار گرفته، دارای فضاهایی بین خود هستند که همانند لوله های مویین عمل می کنند. عمل خشک کردن یک حوله حمام نیز نتیجه مویینگی است. نفت چراغ هم در فیتیله آن به علت اثر مویینگی بالا می رود. خاک متراکم هم دارای فضاهایی بسیار کوچک و پیوسته می باشد، که آب به علت اثر مویینگی تمایل دارد که از طریق آنها بالا بیاید. هنگامی که آب به سطح خاک می رسد به وسیله بخار شدن وارد هوا می شود.

### دانش افزایی انواع روش های تماس مایع نافذ در آزمون PT

#### مالیدن

مایع نافذ را به وسیله کهنه پارچه ای پنبه ای و یا برس بر روی سطح قطعه قرار می دهند.



مالیدن مایع نافذ



## غوطه‌وری

کل نمونه به داخل یک مخزن که دارای مایع نافذ است فرو برده می‌شود به‌صورتی که کل نمونه مورد بازرسی در درون مایع نافذ غوطه‌ور باشد. این شیوه از اعمال مایع نافذ معمولاً برای بررسی چندین قطعه نسبتاً کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد.



غوطه‌ور در مایع نافذ

## پاشش یا اسپری کردن

هنگامی که بخواهند قطعات را در محل، مورد بازرسی قرار دهند و یا قطعات تکی را بررسی کنند از این شیوه برای تماس قطعه با مایع نافذ استفاده می‌کنند. در این شیوه با استفاده از پمپ مدار بسته کم فشار و یا قوطی‌های پاششی پرفشار، مایع نافذ را به‌روی سطح قطعه به‌صورت اسپری پاشش می‌شود.



اسپری مایع نافذ



## سیلابی

در این روش مایع نافذ با یک وسیله به راحتی بر روی سطح قطعه ریخته تا بر روی سطح آن جریان پیدا کند. از این شیوه برای بازرسی قطعاتی با سطوح بزرگ استفاده می کنند و فشار ریخته شدن و جریان پیدا کردن مایع نافذ بر سطح قطعه باید با فشار کمی صورت گیرد و باید از اینکه تمامی سطح قطعه مورد بررسی با مایع نافذ تماس داشته است، اطمینان حاصل کرد.

## دانش افزایی مدت زمان نفوذ مایع به ترک

جدول زیر مدت زمان نفوذ را برای محدوده هایی از درجه حرارت نشان می دهد. البته این مدت زمان معمولاً توسط تولیدکنندگان مایعات نافذ مشخص می شود. در دماهای بالاتر از ۵۰ و پایین تر از ۵ درجه سانتی گراد باید توجه خاص به توصیه های تولید کنندگان مایعات نافذ مبذول گردد.

جنس قطعه	نوع عیب	مدت زمان نفوذ (به دقیقه)	
		در ۱۵ تا ۵۰ درجه سانتی گراد	در ۱۵ تا ۵ درجه سانتی گراد
تمام فلزات	ترک های ناشی از عملیات حرارتی	۳ تا ۵	۱۰ تا ۱۵
	ترک های ناشی از سنباده زنی	۷ تا ۱۰	۱۵ تا ۲۰
	ترک های ناشی از خستگی	۷ تا ۱۰	۱۵ تا ۲۰
مواد مصنوعی و سرامیکی	ترک ها و تخلخل	۳ تا ۵	۱۰ تا ۱۵
قطعات چدنی	ترک های ناشی از انقباض سطح	۳ تا ۵	۱۰ تا ۱۵
	متخلخل جدایش ذرات ماده	۳ تا ۵	۱۰ تا ۱۵
		۳ تا ۱۰	۱۰ تا ۲۰
قطعات فورج شده و قطعات نورد شده	ترک ها و دو لایه ای شدن شیار و شکاف	۷ تا ۲۰	۱۵ تا ۴۰
		۷ تا ۲۰	۱۵ تا ۴۰
جوش آلومینیم، جوش فولاد	ترک ها و حفره ها	۳ تا ۵	۱۰ تا ۱۵
		۷ تا ۲۰	۱۵ تا ۲۰



### پرکردن عیوب

ابتدا در مورد حفرات و عیوب و ترک‌های روی سطح قطعه در طی ریخته‌گری توضیح دهید. سپس تصویر مربوط به عیوب سطحی سیلندر اتومبیل را نشان دهید. در ادامه فیلم مربوط به تعمیر قطعه‌های ریختگی و اهمیت و تأثیر آن بر کاهش هزینه را نشان دهید. در ادامه روش‌های مختلف تعمیر قطعه‌های ریختگی را توضیح دهید. در هر کدام فعالیتی مطرح می‌شود که سعی در تعیین و انتخاب روش مناسب جهت تعمیر را معرفی می‌کند. در مورد روش بتونه‌کاری فیلمی پخش می‌شود که اهمیت و چگونگی این روش را توضیح می‌دهد. در ادامه هریک از روش‌های جوشکاری تعمیری متداول برای قطعات ریختگی شامل روش لحیم‌کاری، جوشکاری با الکتروود دستی و روش اکسی استیلن را توضیح می‌دهد. سپس روش‌های تعمیری بدون نیاز به عملیات پس گرم را نیز معرفی کنید.

### روش‌های جوشکاری تعمیری بدون نیاز به عملیات حرارتی (دانش‌افزایی)

روش هاف بید: در این روش آماده‌سازی شکاف جوش با سوراخکاری در منطقه مورد نیاز برای تعمیر انجام می‌گیرد و سپس چند پاس جوش درون محل بروز عیب ایجاد می‌شود. برای جوشکاری پاس اول معمولاً از الکتروود قطر ۳ میلیمتر استفاده می‌شود، سپس نیمی از جوش پاس اول با ابزار مناسب براده‌برداری می‌شود. سپس با الکتروود قطر ۴ پاس دوم اعمالی می‌شود و نهایتاً پاس آخر اعمال می‌شود در پاس آخر فلز پایه نباید هیچ تماسی با فلز واسطه داشته باشد. این لایه در واقع عملیات تمپر کردن لایه‌های زیرین را انجام می‌دهد که نهایتاً با ماشین‌کاری و تسطیح سطح قطعه انجام می‌گیرد. در این روش براده‌برداری از لایه اول دشوار است لذا چنانچه لایه با ضخامت نامناسب برداشته شود میزان تمپر کردن لایه دشوارتر است.

در روش تمپر بید پس از جوشکاری لایه اول دیگر لایه اول براده‌برداری نمی‌شود و با استفاده از یک الکتروود با قطر بیشتر جهت ایجاد حرارت بیشتر می‌توان تمپرینگ را به‌طور مناسب ایجاد کرد. در نهایت در لایه آخر پس از جوشکاری عملیات سنگ‌زنی انجام می‌گیرد. این روش سبب اصلاح دانه‌های منطقه متأثر از حرارت به علت حرارتی ورو دی کم در لایه اول و بهبود چقرمگی می‌شود.



در روش تعمیر سرد با استفاده از الکتروود نیکلی می‌توان نیاز به پیش‌گرم و پس‌گرم را با تغییر ساختار انجام داد. الکترودهای نیکلی به دلیل کوچک بودن سبب کاهش حرارت ورودی در نتیجه اصلاح ساختار خواهد شد؛ اما باید در نظر داشت این روش سبب ایجاد ترک‌های خستگی خواهد شد.

## تاریخچه لیزرینگ سطح (دانش افزایی)

اولین بار در سال ۱۹۶۵ در آزمایشگاه battelle این روش انجام شد. اما به دلیل اطمینان کم به این روش کمتر مورد توجه قرار گرفت. اما برای اولین بار در سال ۱۹۹۷ برای تیغه پروانه توربو موتور هواپیمای نظامی به کار رفت. در این روش با اشعه لیزر- تنش فشاری جهت مقاومت به خستگی در سطح اعمال می‌شود.

## دانش افزایی جوشکاری تعمیری اکسی استیلن

منابع حرارتی لازم جهت جوشکاری با گاز با استفاده از فعل و انفعال شیمیایی ناشی از سوختن دو گاز تأمین می‌گردد. در جوشکاری با شعله گاز حرارت لازم از فعل و انفعال شیمیایی ناشی از سوختن گاز اکسیژن و یک گاز دیگر که این گاز می‌تواند استیلن، هیدروژن، بوتان یا پروپان باشد. اما به خاطر مزایا و محاسنی که گاز استیلن نسبت به سایر گازها دارد بیشتر از گاز استیلن به عنوان گاز سوختنی استفاده می‌گردد.

مهم‌ترین وسیله‌ای که در جوشکاری اکسی استیلن مورد استفاده قرار می‌گیرد دستگاه جوشکاری است. این دستگاه متشکل از دو کپسول گاز اکسیژن و استیلن و با یک گاز سوختنی دیگر می‌باشد. به هریک از کپسول‌ها یک وسیله تبدیل فشار یا مانومتر اتصال می‌گردد که این وسیله تبدیل فشارها دارای دو فشارسنج می‌باشد. یکی برای نشان دادن مقدار گاز داخل کپسول‌ها و دیگری برای تنظیم فشار گاز، دو فشارسنج مزبور به وسیله دو شیلنگ گاز جداگانه به مشعل هدایت می‌شوند و در نهایت شعله جوشکاری را ایجاد نموده و جوشکاری انجام می‌گیرد.

نکات مهمی که در هنگام جوشکاری با گاز بایستی در نظر گرفت: آماده کردن قطعه کار، انتخاب صحیح مشعل، تنظیم صحیح رگولاتور، تنظیم صحیح شعله، سرعت مناسب دست در جوشکاری، هماهنگی ذوب فلز و مفتول جوش، زاویه صحیح مشعل. **روش‌های جوشکاری با گاز اکسی استیلن:** اصولاً جوشکاری به دو روش انجام می‌گیرد: روش پیش‌دستی و روش پس‌دستی.

اگر هنگام جوشکاری حرارت مشعل را روی مهره‌های جوش متمرکز نمایید جوشکاری پیش‌دستی نامیده می‌شود و چنانچه حرارت نوک شعله بر خلاف مهره‌های جوش باشد جوشکاری را پس‌دستی می‌نامند. معمولاً روش پیش‌دستی



را برای جوشکاری قطعات نازک به کار می‌برند (کمتر از ۳ میلی‌متر) در این روش نوک مشعل را درجهتی می‌گیرند که جوشکاری انجام خواهد شد و بدین طریق حرارت زیاد به قطعه کار نمی‌رسد. نوک مشعل تحت زاویه ۴۵ درجه نسبت به قطعه کار گرفته می‌شود و در نتیجه قسمتی از حرارت شعله منحرف شده و به جای جذب شدن به قطعه کار وارد فضای اطراف می‌شود و بدین طریق جوشکاری ورق‌های نازک میسر می‌شود و نمای مهره جوش حاصله به صورت موجی خواهد بود. برای جوشکاری قطعات ضخیم از روش پس‌دستی استفاده می‌کنند. (بیش از ۳ میلی‌متر) اساساً در این روش نوک شعله متوجه جهتی می‌گردد که خلاف جهت جوش است و تقریباً همه حرارت مشعل متمرکز در محل مورد جوشکاری می‌شود. به همین خاطر است که قطعات ضخیم با این روش با موفقیت انجام می‌شود.

### سیم جوش‌ها

سیم جوش لحیم‌کاری از نقره، مس، روی و نیکل است. مهم‌ترین خواص آن مقاومت در برابر خوردگی قابلیت هدایت الکتریکی بالا است.

### روان‌ساز (فلاکس)

قبل از لحیم‌کاری سطح قطعه با روان‌ساز آغشته می‌شود. این نوع فلاکس، روی پوست خارش ایجاد می‌کند و بخارات سنتی تولید می‌نماید و نبایستی در محیطی که دارای تهویه کامل نیست استفاده شود.

### آماده‌سازی قطعات برای لحیم‌کاری

- ۱ یک سطح قطعه را به‌طور کامل از رنگ، روغن و گریس پاک کنید.
- ۲ سطوح قطعات باید سند بلاست جزئی شود تا اکسید روی آنها از بین رود.
- ۳ یک لایه نازکی از خمیر روان‌ساز به سطح بین قطعات و سیم جوش بزنید.

## دانش‌افزایی لحیم‌کاری

- ۱ شعله را روشن نموده و یک شعله احیا ایجاد کنید.
- ۲ محل اتصال را به آرامی حرارت دهید تا به درجه حرارت لحیم برسد. این حرارت را با کشیدن سیم جوش به سطح اتصال می‌توان تشخیص داد؛ هنگامی که به درجه حرارت لحیم‌کاری رسید سیم جوش ذوب شده به داخل قطعه جریان می‌یابد و روان‌ساز اعمال شده به سطوح قطعه به صورت رطوبت نمایان می‌گردد. برای جلوگیری از اکسید شدن سطح قطعه از حرارت دادن اضافی خودداری نمایید.
- ۳ به اندازه‌ای سیم جوش اضافه کنید که محل اتصال پر شود. هیچ‌گونه تقویت اضافی خارج از قطعه لازم نیست.



۴ وقتی که لحیم کاری تمام شد روان سازه‌های اضافی را می‌توان به وسیله آب گرم و برس پشمی پاک کرد؛ گاهی حوضچه شیمیایی برای این منظور پیش بینی شده است.

### اصول اولیه لحیم کاری توسط مشعل:

- ۱ تمیز کردن سطح قطعه قبل از اقدام به لحیم کاری؛
- ۲ انتخاب سیم جوش مناسب؛
- ۳ استفاده از روان ساز (فلاکس) بوراکس؛
- ۴ حرارت دادن اصولی قطعه،
- ۵ افزودن سیم جوش به قسمت مورد لحیم کاری و محل وجود حفره؛
- ۶ تمیز کردن روان سازه‌های باقیمانده؛
- ۷ بررسی (ارزیابی) قطعه لحیم کاری شده.

### تمیز کردن سطح قطعه قبل از اقدام به لحیم کاری

تمیز بودن سطح قطعه برای لحیم کاری از اهمیت خاص برخوردار است و انجام عملیات موئینگی را تضمین می‌کند. بدون تمیز کردن سطح قطعه نمی‌توان لحیم کاری کرد. معمولاً برای تمیز کردن سطوح آلومینیومی از اسیدسولفوریک، اسیدسیتریک، اسیدنیتریک و اسید هیدروفلوریک برای از بین بردن سطوح اکسید آلومینیم استفاده شود؛ ولی اغلب توصیه می‌شود از روش مکانیکی استفاده می‌شود. مانند استفاده از برس دستی و یا سنباده کردن.

### روان ساز فلاکس بوراکس

فلزها ترکیب شیمیایی هستند که قبل از لحیم کاری محل مورد اتصال را توسط آن آغشته می‌نمایند. وقتی که سطح فلز حرارت داده شود اکسید شدن آن شتاب دار می‌شود و بر اثر تماس اکسیژن موجود در هوا با فلز داغ موجب اکسید شدن آن می‌گردد؛ این اکسیدها از مرطوب سازی فلز مورد اتصال توسط لحیم جلوگیری می‌کند. فلاکس با گرفتن اکسیژن از شعله لحیم کاری از تشکیل اکسیدها جلوگیری می‌کند. با پوشش دادن ناحیه اتصال توسط فلاکس از تشکیل اکسید جدید روی مواد مذاب جلوگیری می‌شود. همچنین فلاکس باقی مانده اکسیدهای قبل از لحیم کاری در سطح فلز را حل می‌کند. معمولاً قبل از لحیم کاری سیم را داغ نموده داخل فلاکس کنید و یا فلاکس را روی قطعه اسپری کنید و یا توسط قلم موئی کهنه تمیز فلاکس خمیری را روی آن بمالید. انتخاب فلاکس براساس نوع فلز روان ساز انجام می‌گیرد. در هنگام انتخاب روان ساز باید به نقطه ذوب آن که باید به نقطه ذوب لحیم نزدیک باشد توجه نمود. مقدار روان ساز مورد نیاز بستگی به ابعاد عیب در قطعه دارد.

**حرارت دادن قطعه:** حرارت را به عرض یک نقطه تقریباً به سطح وسیعی از قطعه اعمال نموده و تا حد امکان سطح قطعه را به طور کامل گرم کنید. مشعلی انتخاب



کنید که حرارت پخش کننده‌ای داشته باشد که کل قطعه را از اطراف مختلف گرم کند. از هر دو نوع شعله یعنی اکسی سوخت و هواسوخت می‌توان برای لحیم کاری استفاده نمود زیرا در لحیم کاری نیاز به حرارتی نیست که بتواند قطعه را ذوب نماید.

**تنظیم شعله:** برای لحیم کاری فولاد و آلومینیم از شعله نیمه احیا استفاده می‌شود، برای مس و آلیاژهای آن از خنثی نیمه اکسید استفاده می‌شود.

### روش‌های جوشکاری تعمیری بدون نیاز به عملیات حرارتی:

جوشکاری تعمیری به روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد اما سه روش عمده وجود دارد که در این روش‌ها نیاز به عملیات حرارتی پس از جوش از بین می‌رود؛ این روش‌ها شامل:

۱ روش هاف بید؛

۲ روش تمپر بید؛

۳ روش تعمیر سرد.

در این روش‌ها با کاهش تنش‌های باقیمانده پس از جوش سبب حذف عملیات حرارتی می‌شود. ایجاد تنش‌های باقی‌مانده پس از جوش سبب تغییر ریزساختار منطقه متأثر از جوش و ایجاد فازهای سخت و ترد در کنار منطقه جوش در نتیجه ضعف این نواحی در برابر نیروهای مکانیکی و خوردگی می‌شود. عملیات حرارتی پس از جوش ریزساختار اصلاح می‌شود. در قطعات بزرگ که جوشکاری و عملیات حرارتی آن با مشکلاتی روبرو است می‌توان با استفاده از این روش‌ها این محدودیت‌ها را از بین برد.

## دانش افزایی جوش الکترو دستی

در این نوع جوشکاری، الکتروود ماده مصرفی است که پوشش آن با ایجاد گازهای محافظ از اکسید شدن ناحیه جوش جلوگیری می‌کند. این پوشش می‌تواند به‌عنوان اضافه کننده عناصر آلیاژی نیز عمل کند. از مزایای این روش، گستردگی و تنوع مواد مصرفی، ارزان بودن و سهولت استفاده در شرایط مختلف بخصوص فضاهای باز و نقاط با دسترسی مشکل می‌باشد. از معایب آن سرعت پایین و دورریز بالای الکتروود می‌باشد.

### پر کردن عیوب عمل

این مرحله در سه فعالیت باید انجام بگیرد. در فعالیت ۱ باید قطعات حاوی عیوب سطحی و آلومینیومی را با استفاده از بتونه کاری، در فعالیت ۲ باید

کار عملی





قطعات حاوی عیوب سطحی آلومینیومی و چدنی را با استفاده از لحیم کاری و در فعالیت ۳ تعمیر عیوب سطحی قطعه چدنی با استفاده از جوشکاری اکسی استیلن انجام گیرد.

## روش‌های جوشکاری چدن خاکستری (دانش افزایی)

قطعات چدن خاکستری را می‌توان با روش‌های قوس الکتریکی، شعله گاز اکسی استیلن و لحیم سخت به یکدیگر متصل نمود:

### ۱ قوس الکتریکی (الکترو دستی)

اگرچه روش‌های الکترو کربنی و فلزی بدون روکش نیز قابل استفاده است ولی بیشتر از الکترودهای روکش دار استفاده می‌شود. از الکترو د با فلز هسته فولاد معمولی یا چدن نیز کمتر استفاده می‌شود. معمولاً فلز هسته الکترو د برای جوشکاری چدن و نیکل و یا آلیاژهای آن با آهن و مس انتخاب می‌شوند. در بعضی مواقع بر روی دو قطعه که قرار است به همدیگر متصل شوند ابتدا چندین لایه جوش رسوب داده و سنگ می‌زنند و سپس آنها را در کنار یکدیگر قرار می‌دهند و با چندین پاس جوش می‌دهند. دو تکنیک در جوشکاری قطعات چدنی با قوس الکتریکی به کار می‌رود: ۱- جوش سرد ۲- جوش گرم. در تکنیک جوش سرد جهت جلوگیری از ایجاد منطقه ترد و شکننده در مجاورت جوش سعی می‌کنند تا از بالا رفتن درجه حرارت قطعه جلوگیری کنند و از الکترودهای کوچک و آمپر پایین و انجام رسوب به صورت پریودی و زمان کوتاه و توقف برای سرد شدن جوش استفاده می‌شود. در جوشکاری گرم با پیش گرم کردن قطعه تا ۲۰۰ درجه سانتی گراد یا بیشتر و کنترل سرعت سرد شدن پس از عملیات جوشکاری از به وجود آمدن فازهای ترد و تنش‌های زیاد در جوش و اطراف آن جلوگیری می‌شود.

### ۲ جوشکاری چدن با شعله اکسی استیلن:

یکی از محدودیت‌های این فرایند عدم تمرکز حرارت در مسیر اتصال در مقایسه با روش قوس الکتریکی بود و گاهی مشکل پیچیدگی و تغییرات اندازه‌ها سبب می‌شود به طور کلی حرارت زیادی تلف شود و از طرفی سرعت سرد شدن فلز جوش کندتر از روش قوس الکتریکی است و احتمال سخت شدن مناطق اطراف جوش کمتر است. در این فرایند می‌توان از مفتول چدنی مرغوب با حداقل گوگرد و فسفر یا مفتول مخصوص چدنی همراه با مقداری تیتانیوم و سیلیسیم اضافی و احتمالاً منیزیم استفاده کرد. جهت محافظت از اکسیداسیون عناصر در جوش بهتر است از فلاکس‌های مخصوص چدن استفاده شود. شعله مشعل برای جوشکاری چدن باید خنثی و یا کمی احیایی باشد.



### رفع برجستگی‌ها

ابتدا مقدمه‌ای در مورد اهمیت تمیزکاری و رفع برجستگی‌های محل بتونه کاری، لحیم کاری، جوشکاری با گاز اکسی اسیتلن و قوسی ارائه شود. سپس طی فعالیت انگیزشی از هنرجو بخواهید که با توجه به دانسته‌های خود در مراحل کار قبلی، یک روش مناسب برای هر کدام از روش‌های پرکردن عیوب سطحی بتونه کاری، چسب دو جزئی، جوش قوسی با الکتروود دستی، لحیم کاری و جوشکاری اکسی استیلن ارائه دهد. سپس به روش‌های تمیزکاری و تسطیح سطح به‌طور خلاصه اشاره کنید. در ادامه در مورد روش سنگ‌زنی با سنگ‌دستی اشاره و نحوه تعمیر و تعویض آن را توضیح دهید و در نهایت به سایر روش‌ها مانند ماسه زنی و ساچمه‌زنی اشاره کنید.

### دانش‌افزایی سنگ‌زنی

سنگ سنباده‌های دستی در دو نوع برقی و پنوماتیکی با اندازه کوچک برای کارهای ظریف و دقیق و در اندازه بزرگ‌تر برای سنگ‌زنی پخ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این دستگاه‌ها دارای یکی موتور الکتریکی با دور بالا هستند که با دو چرخ دنده مخروطی شکل دور اجزا و تعلقات این وسیله پر کاربرد در آن کمتر می‌شود و سنگ سنباده را می‌چرخاند.





## دانش افزایی دستور العمل تعویض صفحه سنگ

دکمه‌ای فشاری در طرف مقابل صفحه سنگ و روی بدنه دستگاه قرار دارد که به آن کلید قفل کننده نیز می‌گویند. این دکمه را فشار دهید تا محور سنگ قفل شود. درحالی که دسته دستگاه را محکم با دست گرفته‌اید با آچار مخصوص در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت مهره را بچرخانید تا مهره مخصوص نگهدارنده سنگ باز شود. در صورت سفت بودن می‌توانید با چکش کوچک ضربه‌ای به آچار وارد کنید تا مهره نگهدارنده باز شود. مهره، صفحه سنگ کهنه و بوش زیر صفحه سنگ را از وی محور خارج کنید. توجه داشته باشید که هر دستگاهی که برای تعمیر یا تعویض، قطع‌های را از آن باز می‌کنید ترتیب قرارگیری قطعات مجاور هم را یادداشت کنید یا به ترتیب باز کردن کنار هم در جای مناسب قرار دهید تا در موقع مونتاژ دچار اشکال و سردرگمی نشوید. قسمت‌های زیر صفحه سنگ، محور، کف و اطراف محافظ را با پارچه نظیف تمیز کنید، سپس اقدام به بستن صفحه سنگ نو بنمایید.

## دانش افزایی مراحل مونتاژ

۱ ابتدا کارد محافظ سنگ را در موقعیت خود قرار دهید.

۲ بوش زیر سنگی را روی محور قرار دهید.

۳ در آخر مهره سفت کننده سنگ را در جهت عقربه‌های ساعت ببندید و آن را با آچار مخصوص کاملاً محکم کنید.



موقع باز و بستن پیچ با آچار توجه داشته باشید آچار کاملاً با مهره درگیر شود و در جای خود قرار گیرد تا آچار از جا در نرود و به دست شما آسیب نرسد ضمن اینکه جای آچار هم تغییر شکل ندهد.





دسته را می‌توانید به کی طرف دستگاه دسته سنگ سنباده آن گونه که کار کردن برای شما راحت‌تر است ببندید.

۱ محکم بودن سنگ را مجدداً کنترل کنید.

۲ دکمه قفل دستگاه را کنترل کنید که آزاد باشد.

۳ دستگاه سنگ دستی را راه اندازی کنید و بگذارید چند لحظه بدون بار کار کند تا از نحوه کار کردن آن مطمئن شوید.

۴ در پایان کار وسایل را به‌طور منظم جمع‌آوری و محل کار را کاملاً تمیز کنید و وسایل و ابزار را به انبار تحویل دهید.



### رفع برجستگی‌ها

در این مرحله قطعاتی که از مرحله کار قبلی رفع عیب شده‌اند و عیوب سطحی آنها برطرف شده است، را در نظر بگیرید. در فعالیت ۱ قطعه کار آلومینیوم بتونه‌کاری شده را برای انجام کار ابتدا به‌وسیله حلال مناسب سطح قطعه کار را تمیز کنید. سپس با استفاده از سنباده زبر و سپس سنباده نرم سطح قطعه را تمیزکاری کنید و برجستگی‌های سطحی ناشی از عملیات قبلی را از بین ببرید. در ادامه عملیات آماده‌سازی جهت رنگ‌آمیزی به‌روی سطح قطعه انجام گیرد. در فعالیت ۲ قطعه آلومینیومی و چدنی لحیم‌کاری شده و جوشکاری اکسی‌استیلن شده را با استفاده از برس سیمی تمیز کنید، سپس با استفاده فرچه سیمی نصب شده روی دستگاه سنگ‌زنی و صفحه سنگ سنباده مناسب سطح را کاملاً تمیزکاری و پرداخت کنید. قطعه را برای رنگ‌آمیزی آمادگی سطحی کنید (همانند مرحله کار قبلی).

کار عملی





## منابع و مراجع

- ۱ برنامه درسی رشته متالورژی. ۱۳۹۴. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- ۲ سلیمی مراد ۱۳۹۲. اصول پیشرفته طراحی مدل‌ها و قالب‌های ریخته‌گری چاپ اول: انتشارات پیوسته
- ۳ خدایی، محمد و ورهرام، ناصر. ۱۳۸۹. بررسی اثر دانسیته فرم و ضخامت پوشان بر الگوی جریان و برخی پارامترهای فومی. پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، ۱۳۹۶/۱/۱۴
- ۴ عابدی، امیر و کرمی، مریم. ۱۳۹۴. اصول تکنولوژی ریخته‌گری چاپ دوم. تهران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.
- ۵ عالی، حجت‌اله و آجودانی، عسگر و قاضوی، سیدمحمدکاظم. ۱۳۸۳. کارگاه ریخته‌گری و مدل‌سازی، چاپ اول، تهران: مؤسسه انتشاراتی جهان جام‌جم.





