بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

مدل‌سازی و ماهیچه‌ها

رشتهٔ متالورژی

گروه مواد و فراوری

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه

دانلود سوالات آزمون

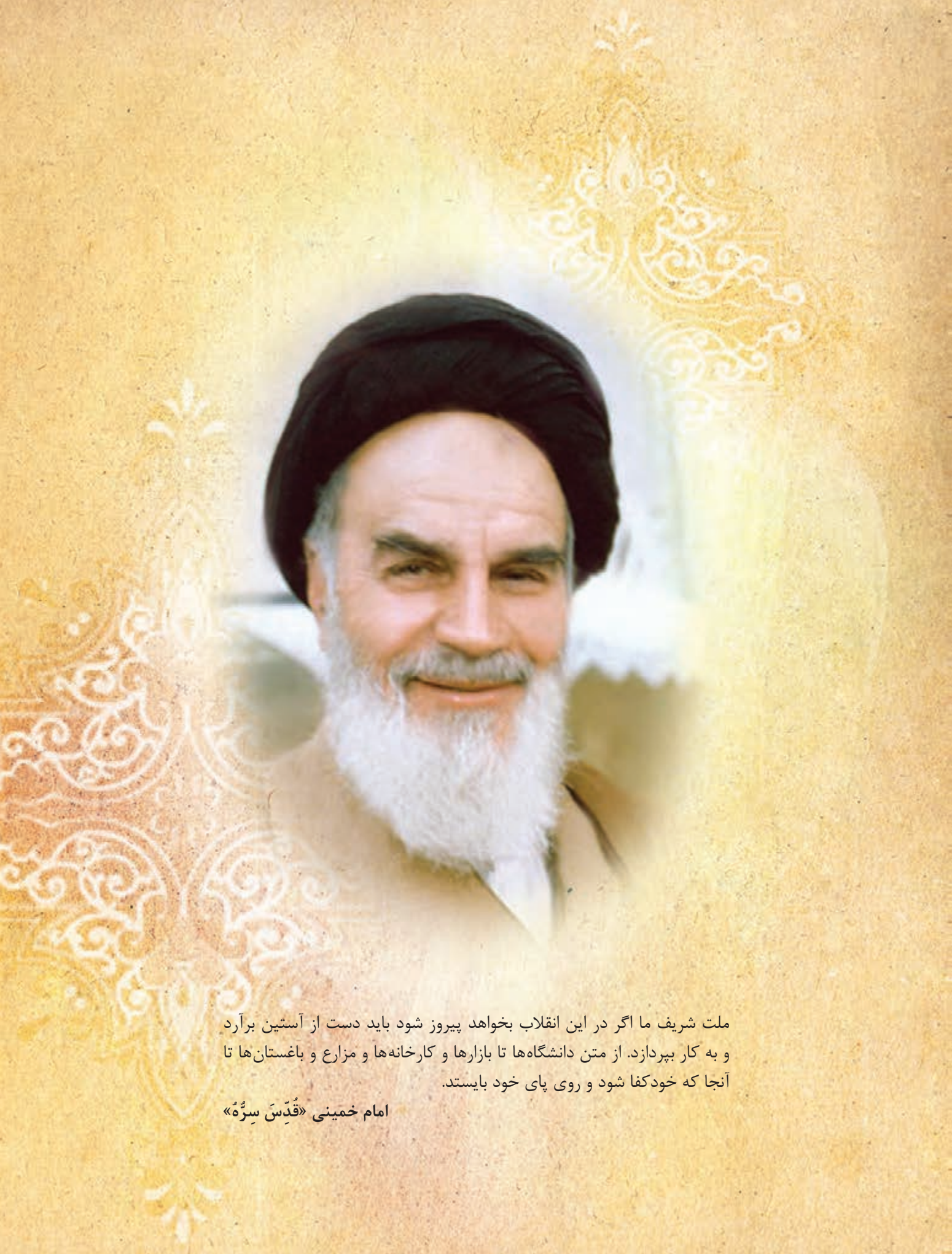
راهنمای کامل آزمون

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: مدل‌سازی و ماهیچه‌ها ـ ۲۱۱۵۳۶
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: حسن حامد، ندیٰ دیده‌ور، امیر ریاحی، حسن طیب‌زاده، اسداله عبادی، حسن عبداله‌زاده و محمد معتمدی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
علیرضا آزمند،حسن جعفری، غلامرضا خلج، امیر ریاحی، مراد سلیمی، مهدی قربانی و محمدتقی محمدی مهدی آباد (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری) ـ مریم کیوان (طراح جلد) سوروش سعادتمندی (صفحه‌آرا) ـ الهام محبوب (رسام)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)
تلفن: ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۴۰۳

کلیهٔ 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 به‌صورت 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 از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۶ – ۳۵۵۱ – ۰۵ – ۹۶۴ – ۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 3551 – 6**



ملت شریف ما اگر در این انقلاب بخواهد پیروز شود باید دست از آستین برآرد و به کار بپردازد. از متن دانشگاه‌ها تا بازارها و کارخانه‌ها و مزارع و باغستان‌ها تا آنجا که خودکفا شود و روی پای خود بایستد.

امام خمینی «قُدِّسَ سِرُّهُ»

فهرست

پودمان ۱: تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی ۱

پودمان ۲: ساخت مدل‌های چوبی ۴۹

پودمان ۳: ساخت مدل‌های پلیمری (پلاستیکی) ۹۷

پودمان ۴: ساخت مدل‌های فلزی ۱۳۹

پودمان ۵: مدل‌سازی با استفاده از چاپگرهای سه‌بعدی ۱۶۵

فهرست منابع ۲۱۹

سخنی با هنرجویان عزیز

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار واقعی به‌طور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود.
در رشته تحصیلی ـ حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

۱ـ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی مدل‌سازی با استفاده از چاپگرهای سه‌بعدی

۲ـ شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه

۳ـ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها

۴ـ شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی‌وحرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی‌وحرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است.
این درس، سومین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژه رشته متالورژی در پایه ۱۱ تألیف شده است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و حرفه‌ای شما بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید تمام شایستگی‌های آموزش داده شده دراین کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.
کتاب درسی مدل‌سازی و ماهیچه‌ها شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نمایید و نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ است. در صورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی مجدد تا آخر سال تحصیلی وجود دارد. **کارنامه شما در این درس شامل ۵ پودمان و از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی برای هر پودمان خواهد بود و اگر دریکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، تنها در همان پودمان لازم است مورد ارزشیابی قرار گیرید و پودمان‌های قبول شده در مرحله اول ارزشیابی مورد تأیید و لازم به ارزشیابی مجدد نیست.** همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزای بسته آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو می‌باشد که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده نمایید. **کتاب همراه هنرجو خود را می توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید.** سایر اجزای بسته آموزشی دیگری نیز برای شما در نظر گرفته شده است که با مراجعه به وبگاه رشته خود با نشانی www.tvoccd.medu.ir می‌توانید از عناوین آن مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است بنابراین توصیه‌های هنرآموز محترمتان در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام کارها را جدی بگیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرآموزان گرامی

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامـه درسی رشته متالورژی طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می‌باشد که برای سال یازدهم تدوین و تألیف گردیده است. این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از یک یا چند واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی لازم است برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ است و نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌گردد که شامل ارزشیابی پایانی در هر پودمان و ارزشیابی مستمر برای هریک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت‌یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست‌محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزای بستهٔ آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. لازم به یادآوری است، کارنامه صادر شده در سال تحصیلی قبل براساس نمره ۵ پودمان بوده است. و در هنگام آموزش و سنجش و ارزشیابی پودمان‌ها و شایستگی‌ها، می‌بایست به استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی منتشر شده توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی مراجعه گردد. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و مراحل کلیدی براساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند. همچنین برای هنرجویان تبیین شود که این درس با ضریب ۸ در معدل کل محاسبه می‌شود و دارای تأثیر زیادی است.

کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی

پودمان دوم: ساخت مدل‌های چوبی

پودمان سوم: ساخت مدل‌های پلیمری (پلاستیکی)

پودمان چهارم: ساخت مدل‌های فلزی

پودمان پنجم: مدل‌سازی با استفاده از چاپگرهای سه بعدی

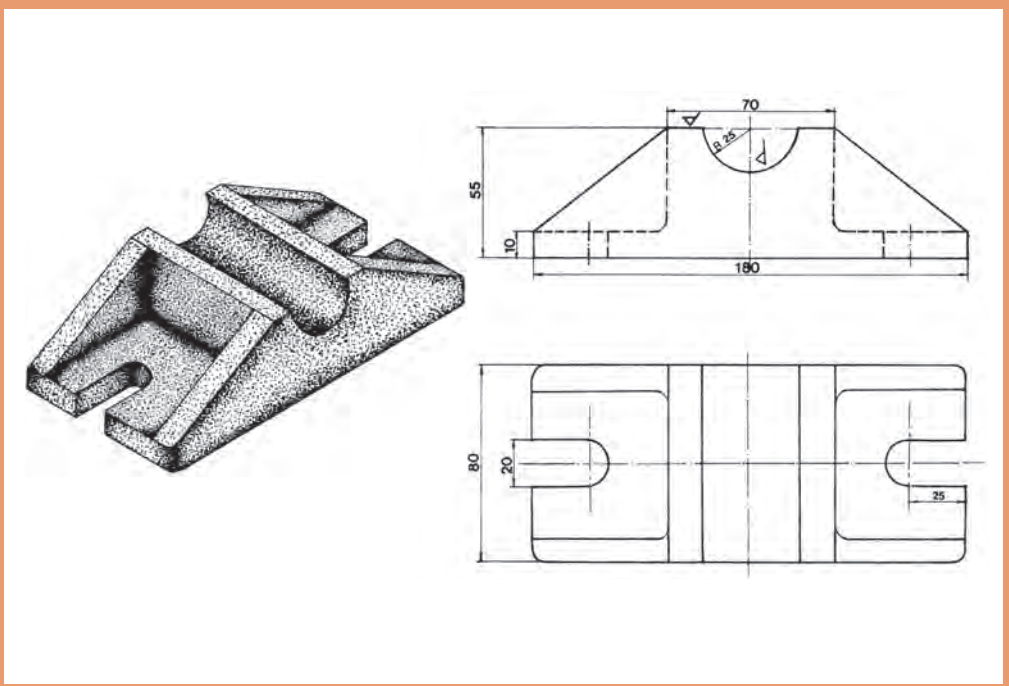
امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق گردد.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش

نظرسنجی کتاب درسی

پودمان ۱

تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی



واحد یادگیری ۱

تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی

اولین مرحله در ساخت مدل‌های ریخته‌گری، تهیه نقشه مدل‌سازی است. در نقشه مدل‌سازی، ابعاد مدل نسبت به قطعه نهایی، بزرگ‌تر است. در این پودمان، نحوه رسم نقشه مدل‌سازی، نقشه ساختمان مدل، نقشه جعبه ماهیچه، نقشه قالب‌گیری و علائم مربوط به آنها، اضافات مدل‌سازی و نحوهٔ محاسبهٔ آنها توضیح داده می‌شود.

استاندارد عملکرد

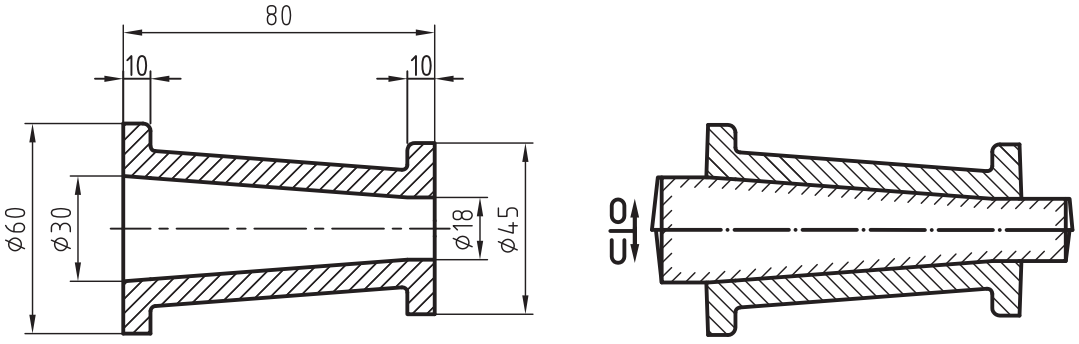
با استفاده از نقشه مکانیکی و لوازم نقشه‌کشی، نقشه مدل‌سازی براساس استانداردهای مربوطه تهیه می‌شود.

پیش‌نیاز

نقشه‌کشی فنی رایانه‌ای

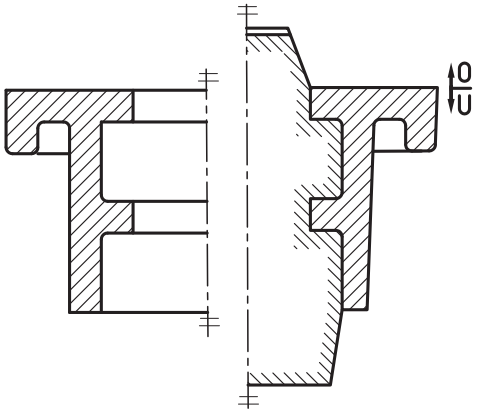
نقشه مدل‌سازی

نقشه مدل‌سازی، شکل و اندازه مدل را نشان می‌دهد. این نقشه با استفاده از نقشه مکانیکی (نقشه فنی) و یا نمونه قطعه ریختگی براساس استاندارد DIN1511 آلمان به مقیاس ۱:۱ در نماهای موردنیاز، ترسیم می‌شود. اما رسم قطعات بزرگ ریختگی در مقیاس‌های ۱:۲/۵، ۱:۵ و ۱:۱۰ نیز مجاز و قابل اجرا است. در شکل ۱ـ الف و ب دو نمونه از نقشه مکانیکی و نقشه مدل‌سازی نشان داده شده است.



نقشه مکانیکی　　نقشه مدل‌سازی

شکل ۱ـ الف



نقشه مکانیکی　　نقشه مدل‌سازی

شکل ۱ـ ب

در قطعات پیچیده و خاص در اثر ترسیم تکیه‌گاه‌ها، ماهیچه‌ها، ریشه ماهیچه‌ها و راهنماهای ماهیچه، نقشه مدل‌سازی، شکل واقعی مدل را نشان نمی‌دهد.

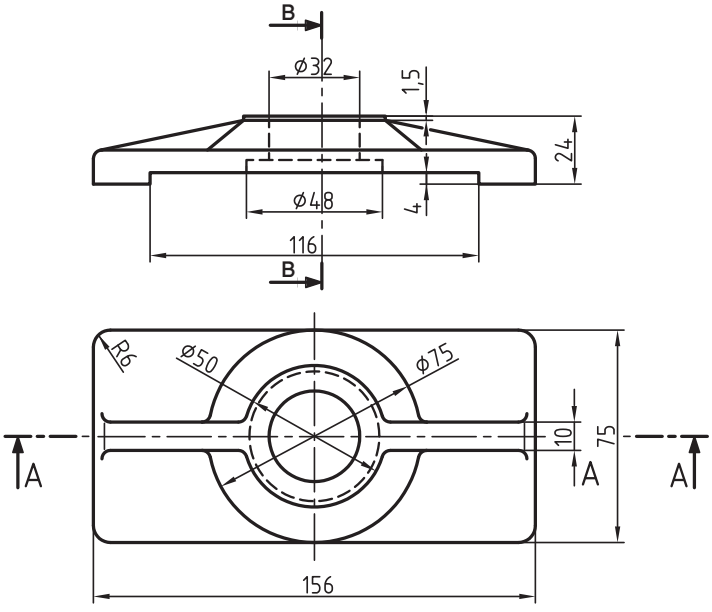
تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی

در اختیار داشتن نقشه مکانیکی و یا نمونه قطعه ریختگی، شرط اول شروع رسم نقشه مدل‌سازی است. قبل از رسم نقشه مدل‌سازی، مقدار انقباض مجاز، مقدار تراش مجاز، مقدار شیب مجاز و سایر اضافات مدل‌سازی در نظر گرفته شده و محاسبه می‌شود.

محاسبات مدل‌سازی با استفاده از جنس قطعه، وزن قطعه، تعداد قطعه، کاربرد و کیفیت قطعه، ساده و یا پیچیده بودن قطعه (چگونگی سطح جدایش) و فرایندهای مدل‌سازی، قالب‌گیری، ماهیچه‌سازی و ریخته‌گری صورت می‌گیرد.

رسم نقشه مکانیکی، مدل‌سازی، ساختمان مدل، ماهیچه، ساختمان جعبه ماهیچه و قالب‌گیری، همراه با علائم اختصاری براساس استانداردها انجام می‌شود.

شکل ۲ دو نما از نقشهٔ مکانیکی را نشان می‌دهد.



شکل ۲

سطح جدایش

سطحی که تکه‌های مدل، قالب‌های ریخته‌گری و جعبه ماهیچه‌ها را از هم جدا می‌کند؛ سطح جدایش نامیده می‌شود. سطح جدایش به دو نوع یکنواخت و غیریکنواخت در حالت‌های افقی، عمودی و یا مایل تقسیم می‌شود.

در نقشه مدل‌سازی، سطح جدایش با نماد $\begin{matrix}O\\U\end{matrix}$ به فاصله تقریبی ۱۰ میلی‌متر در سمت راست و یا چپ نقشه، رسم می‌شود. طول پاره خط افقی بین O و U و طول پیکان‌ها هرکدام حدود ۵ میلی‌متر است (انتخاب طول کمتر و یا بیشتر بستگی به ابعاد نقشه‌های مدل‌سازی و قالب‌گیری دارد).

اغلب مدل‌ها دارای سطح جدایش افقی هستند. همچنین به‌منظور سهولت و کیفیت بهتر قالب‌گیری، سطح جدایش مدل، بهتر است یکنواخت باشد. مدل باید طوری طراحی شود که به‌راحتی از قالب خارج گردد. به همین دلیل مدل‌ها یک تکه و یا چند تکه ساخته شده و دیواره‌های قائم آن را شیب می‌دهند. سطح جدایش، بیانگر نحوه ساخت مدل، نحوه قالب‌گیری و مونتاژ ماهیچه و نوع ماهیچه است.

پارامترهای مؤثر برای تعیین سطح جدایش: سطح جدایش باید به گونه‌ای باشد که:

- قطعه با بالاترین کیفیت تولید شود.
- مدل به‌راحتی ساخته شود.
- قالب‌گیری مدل و جعبه ماهیچه به سهولت انجام شود.
- عملیات ماشین‌کاری کمتری در قطعه نیاز باشد.
- کمترین تغییر شکل و تغییر ابعاد در مدل نسبت به قطعه ایجاد شود.

به‌منظور رعایت موارد فوق همواره سعی شود:

- مدل یک تکه باشد.
- سطح جدایش یکنواخت باشد.
- بیشترین قسمت‌های مدل در درجه زیری قرار گیرد.
- قسمت‌های حساس و ظریف و پیچیده در درجه زیری باشد.

نکته

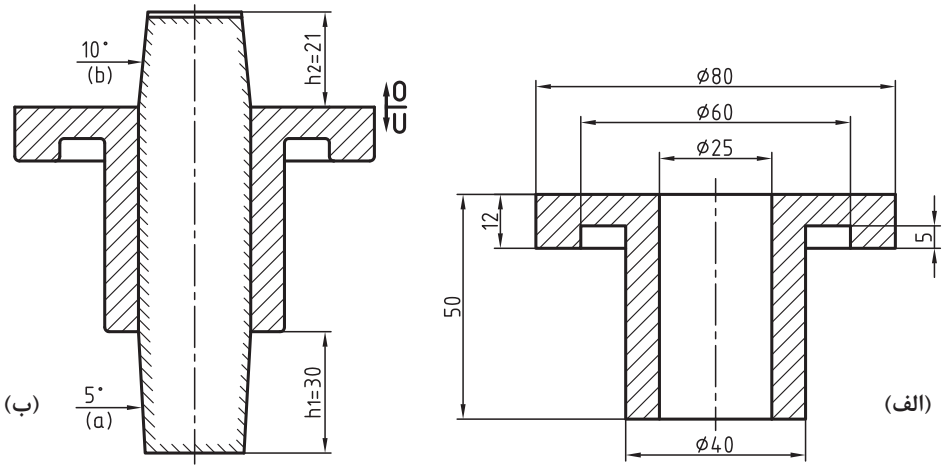
۱ بوش‌ها، فلنچ‌ها، غلتک‌ها، استوانه‌ها و قطعات مشابه برای ایجاد بهترین کیفیت، باید عمودی قالب‌گیری شوند.

۲ در قطعات مسطح با ضخامت کم و مساحت زیاد، بهتر است به‌منظور جلوگیری از ایجاد شکم در قطعه و یا مشکل نرسیدن مذاب به دلیل کاهش دما و سیالیت، به‌صورت افقی قالب‌گیری و با چرخش قالب، به‌صورت عمودی مذاب‌ریزی می‌شود.

۳ پره‌ها، قیدها و قسمت‌های ظریف و حساس، بهتر است در درجه زیری قالب‌گیری شوند.

رسم سطح جدایش: سطح جدایش مدل در نقشه مدل‌سازی و نقشه قالب‌گیری با پاره خط و نقطه ضخیم یا با خط اصلی ضخیم رسم می‌شود (طول پاره خط‌ها بر حسب ابعاد نقشه بین ۳ تا ۱۵ میلی‌متر انتخاب می‌شود). هرگاه در نقشه مدل‌سازی، خط سطح جدایش با خط اصلی نقشه، روی هم منطبق باشند، به جای پاره خط و نقطه، خط اصلی ضخیم رسم می‌شود. لازم به ذکر است که ضخامت پاره‌خط ضخیم و خط اصلی ضخیم، بیش از دو برابر خط اصلی نقشه است.

شکل ۳ نقشه مکانیکی و سطح جدایش افقی و عمودی قطعه را نشان می‌دهد.



شکل ۳ــ الف ــ نقشه مکانیکی و ب ــ نقشه مدل‌سازی

استانداردهای ترسیم

- برش هاشور ۴۵ درجه با فاصله ۲/۵ تا ۳ میلی‌متر در فلزات نرم
- برش هاشور ۴۵ درجه با فاصله ۱/۵تا ۲ میلی‌متر در فلزات سخت
- برش هاشور ۴۵ درجه کوتاه به طول ۳ تا ۵ میلی‌متر با فاصله ۲ تا ۴ میلی‌متر در قالب‌های ماسه‌ای و ماهیچه‌ها
- نمایش نمای سطحی با نقاط بی‌شمار به رنگ طوسی در ماهیچه‌ها
- نمایش نمای سطحی با نقاط بی‌شمار در مبرّدها

شکل ۴

اضافه تراش (تراش مجاز)

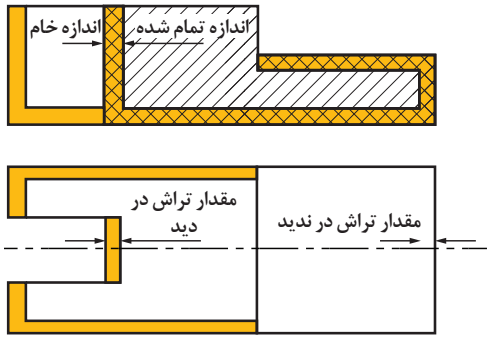
دقت ابعادی و کیفیت سطحی اغلب قطعات ریختگی، پایین است. بنابراین نیازمند عملیات تکمیلی مانند ماشین‌کاری هستند و همچنین به‌منظور حذف مک‌ها، حفره‌ها و ناخالصی‌های سطحی باید اغلب قطعات ریختگی را براده‌برداری کرد، به‌همین منظور در محل‌هایی که احتیاج به براده‌برداری است، متناسب با روش براده‌برداری باید اندازه اضافی درنظر گرفته شود که به آن اضافه ماشین‌کاری یا تراش مجاز می‌گویند.

رسم اضافه تراش مجاز

هرگاه محل اضافه تراش مجاز، قابل رؤیت باشد آن را با خط پر و ضخیم به ضخامت خطوط اصلی ترسیم می‌کنند. اگر محل اضافه تراش مجاز در نما قرار داشته باشد با رنگ زرد مشخص می‌شود و اگر در برش باشد، قسمت‌هایی که در تماس با صفحه برش است با رنگ زرد و هاشور ۴۵ درجه ضربدری ترسیم می‌شود (شکل ۵).

نکته

رنگ زرد مطابق استاندارد نیست و فقط برای پی بردن سریع به محل‌های تراش در نقشه مدل‌سازی استفاده می‌گردد.



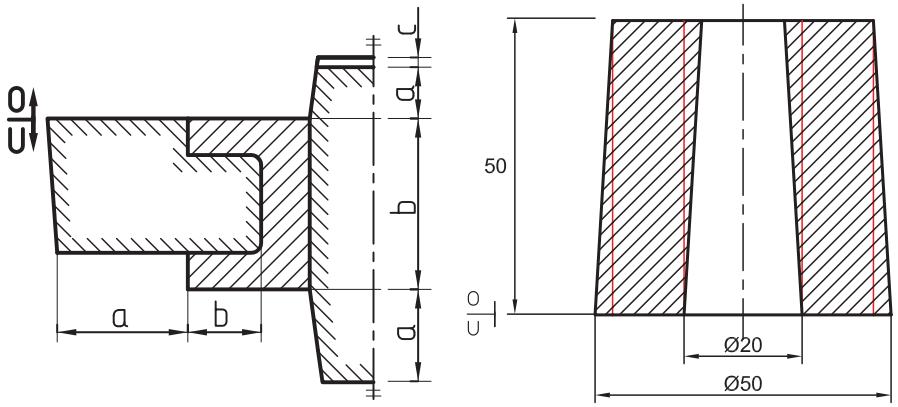
شکل ۵

شیب مجاز

طراحی مدل باید طوری باشد که مدل به‌سهولت از قالب خارج شود، بنابراین دیواره‌های عمودی مدل را باید شیب‌دار طراحی کرد.

رسم شیب مجاز

پس از تعیین مقدار شیب مجاز، چنانچه اندازه آن بیش از ۱ میلی‌متر باشد، به یکی از روش‌های اضافی (+)، نقصانی (−) و میانی (±) روی نقشه مدل‌سازی رسم می‌شود.
چنانچه مقدار شیب مجاز کمتر از ۱ میلی‌متر باشد در نقشه مدل‌سازی رسم نمی‌شود. چنانچه لازم باشد آن را بر حسب درجه، روی بدنه عمودی نقشه مدل‌سازی مشخص می‌کنند. در شکل ۶ـ الف مقدار شیب به روش اضافی (+) روی بدنه عمودی نقشه مدل‌سازی یک قطعه ساده رسم شده است.
مقدار شیب تکیه‌گاه‌ها و ریشه ماهیچه‌ها و زه ریزش ماسه براساس جداول استاندارد تعیین و سپس روی نقشه مدل‌سازی رسم می‌شود (شکل ۶ـ ب).



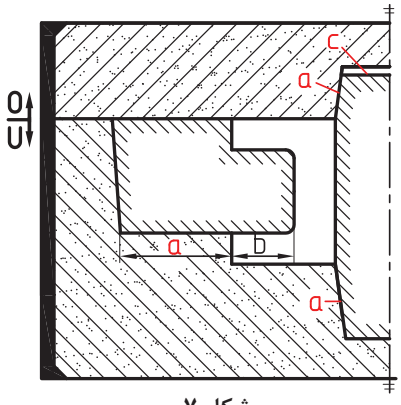
الف) شیب در مدل ساده　　ب) شیب در مدل ماهیچه‌دار

a= ریشه ماهیچه، b= جان ماهیچه و c= فضای خالی پشت ماهیچه

شکل ۶

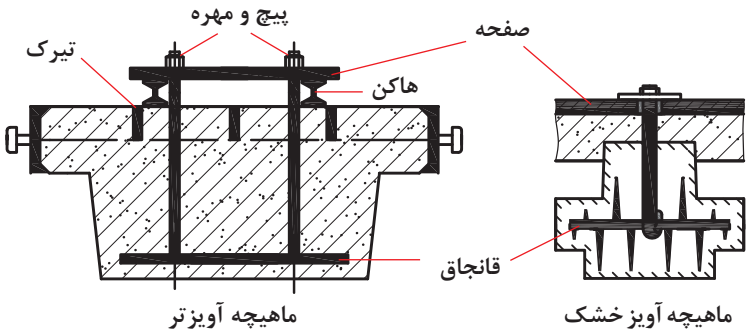
رسم ماهیچه در نقشه مدل‌سازی: ماهیچه از دو قسمت جان ماهیچه و ریشه (تکیه‌گاه) ماهیچه تشکیل می‌شود. جان ماهیچه، قسمت‌های داخلی و یا خارجی قطعه را می‌پوشاند و ریشه ماهیچه، نگهداری و تعادل ماهیچه را در قالب، تضمین می‌کند (شکل ۶ـ ب).

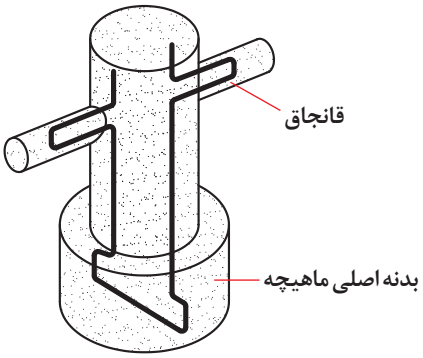
رسم ماهیچه در نقشه قالب‌گیری: جان ماهیچه، فضای خالی قالب را پر می‌کند (b) و ریشه ماهیچه در داخل قالب به شکل بسته (محصور) (a) قرار می‌گیرد (شکل ۷).



شکل ۷

رسم تقویت‌کننده‌ها: برای تقویت ماهیچه‌های بزرگ به‌ویژه ماهیچه‌های آویز و ماهیچه‌های پایه که ماهیچه‌های دیگر روی آن سوار و مونتاژ می‌شوند از وسایل و تقویت‌کننده‌هایی با نام‌های هاکن، قانجاق، صفحه و پیچ و مهره استفاده می‌شود (شکل ۸). همچنین برای تقویت قسمت‌های ضعیف ماهیچه (تضمین اتصال قسمت‌های نازک به بدنه اصلی ماهیچه) نیز از قانجاق استفاده می‌شود.



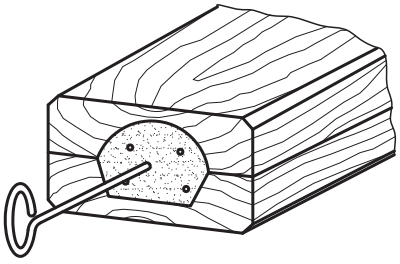


شکل ۸

نکته

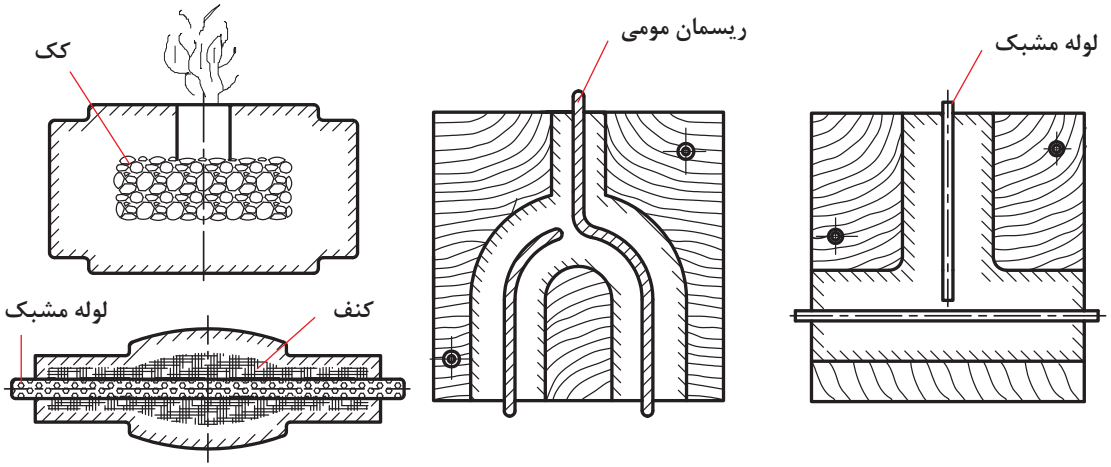
تیرک‌های درجه، هاکن‌ها، قانجاق‌ها، صفحه و پیچ و مهره در رسم مدل، رسم قالب و رسم ماهیچه با رنگ سیاه مشخص می‌شوند.

رسم کانال خروج هوا: برای خروج بهتر گاز و هوای داخل ماهیچه باید کانال خروج هوا در ماهیچه ایجاد کرد. کانال خروج هوا توسط وسایلی مانند سیخ، لوله، ریسمان و یا کنف در قسمت‌های مرکزی ماهیچه ایجاد می‌شود. ماهیچه‌هایی که حجم کمتری دارند گاز کمتری تولید می‌کنند، لذا برای نشان‌دادن کانال خروج هوا، کافی است که سیخ هوای فرو رفته در ماهیچه، را رسم کرد (شکل ۹).



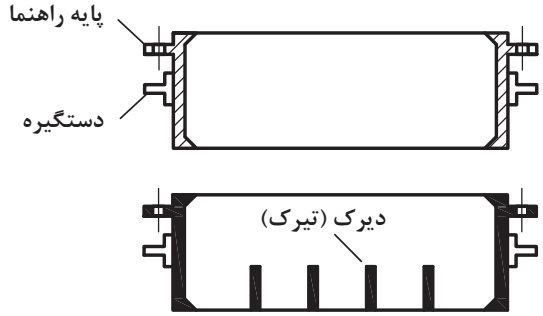
شکل ۹

ماهیچه‌هایی که حجم بزرگ‌تری دارند گاز بیشتری تولید می‌کنند لذا برای ایجاد کانال بزرگ‌تر از لوله، ریسمان مومی، کنف و زغال کک در مرکز ماهیچه برای خروج گاز استفاده می‌شود (شکل ۱۰).

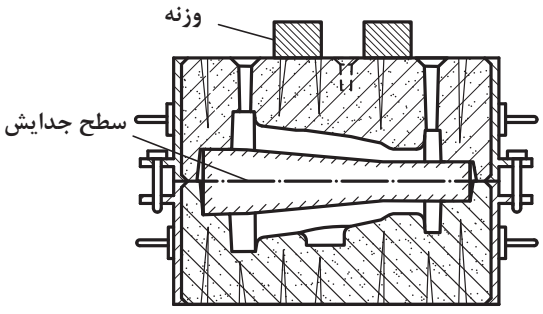


شکل ۱۰

رسم درجه قالب‌گیری: درجه‌های فلزی، متناسب با فرم و ابعاد مدل ساخته می‌شوند که به شکل‌های مختلف مربع، مستطیل، مدوّر و چند ضلعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در قسمت جانبی درجه، پایه و دسته درجه وجود دارد که در داخل پایه، سوراخ راهنما برای قرار دادن میل راهنما (پین) ایجاد می‌شود، درجه‌های فلزی در برش با هاشور ۴۵ درجه نشان داده می‌شوند که ضخامت آن را به رنگ سیاه رسم و مشخص می‌کنند. شکل ۱۱ درجه بدون ماسه و شکل ۱۲ درجه با ماسه و ماهیچه و محفظه قالب را نشان می‌دهند.



شکل ۱۱

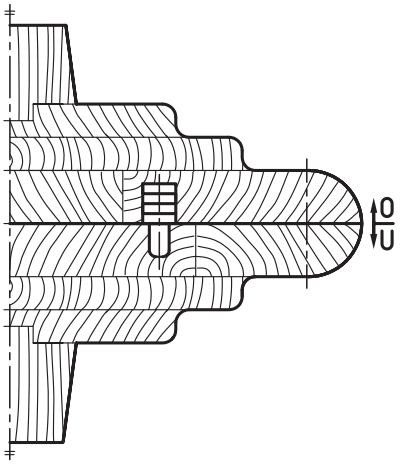


شکل ۱۲

نحوه رسم نقشه ساختمان مدل، جعبه ماهیچه و قالب‌گیری

رسم نقشه ساختمان مدل‌چوبی: در این نقشه، سطح جدایش مدل، تعداد قطعات چوب، جهت الیاف چوب و سایر جزئیات در مقیاس استاندارد رسم می‌شود.

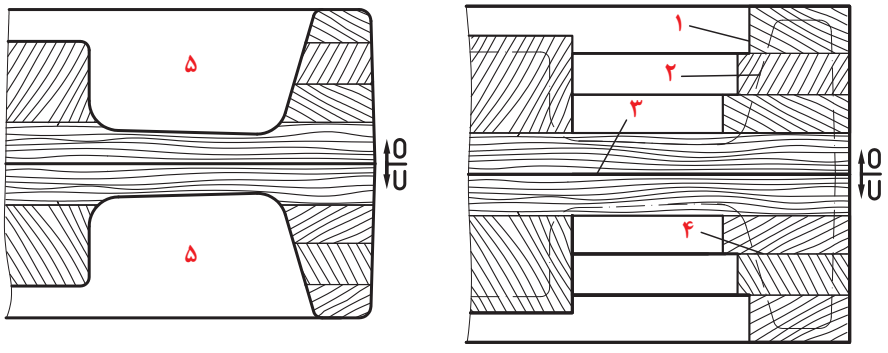
رسم نقشه ساختمان مدل و جعبه ماهیچه



شکل ۱۳

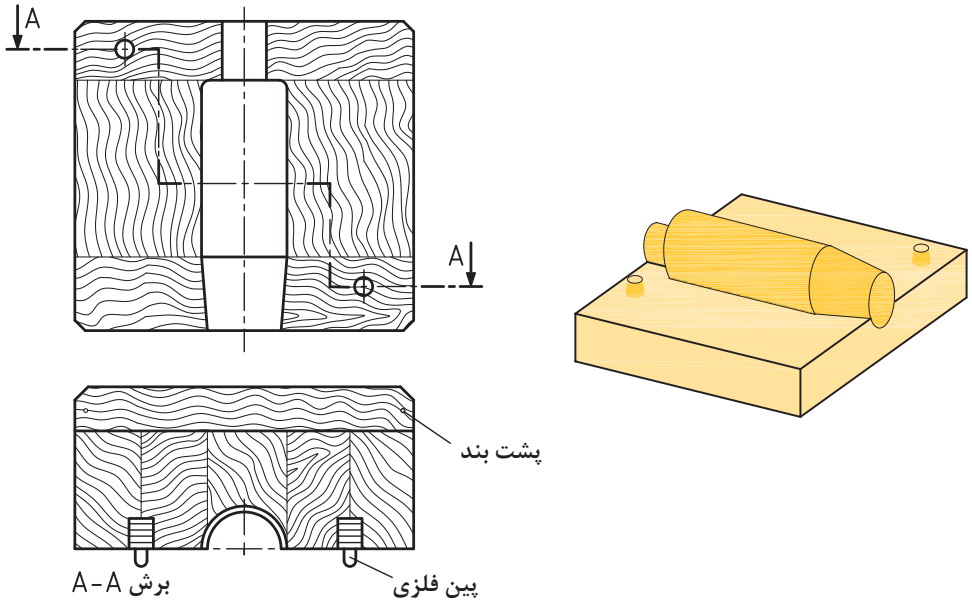
بعد از رسم نقشه مدل‌سازی، رسم نقشه ساختمان مدل چوبی انجام می‌شود. در این نقشه، سطح جدایش مدل و قالب‌گیری، تعداد قطعات چوب، جهت الیاف چوب، نوع اتصال، ابزار و یراق مخصوص خارج‌کردن مدل از قالب، جای مبرّدها و جای پین‌ها در مقیاس استاندارد رسم می‌شود. در مواردی که مدل و جعبه ماهیچه به‌وسیله ماشین تراش و یا ماشین فرز به اتمام می‌رسد، ابتدا نقشه خام (اولیه) و سپس نقشه پایانی رسم می‌شود. در نقشه خام تعداد قطعات چوب، محل درز چسب، مرز خام، مرز تمام شده، سطح جدایش و در نقشه پایانی علاوه بر موارد فوق، اندازه مدل، شیب مدل، جهت قالب‌گیری و متعلقات مدل تعیین و رسم می‌شود.

الف) در نقشه خام، مرز چوب چسبانی (مرز اولیه) با خط اصلی و مرز مدل (مرز ثانویه) با خط و نقطه نازک رسم می‌شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴ــ ۱ــ مرز خام (اولیه)، ۲ــ مرز مدل، ۳ــ سطح جدایش، ۴ــ درز چوب چسبانی و ۵ــ نیمه رویی و زیری مدل در برش

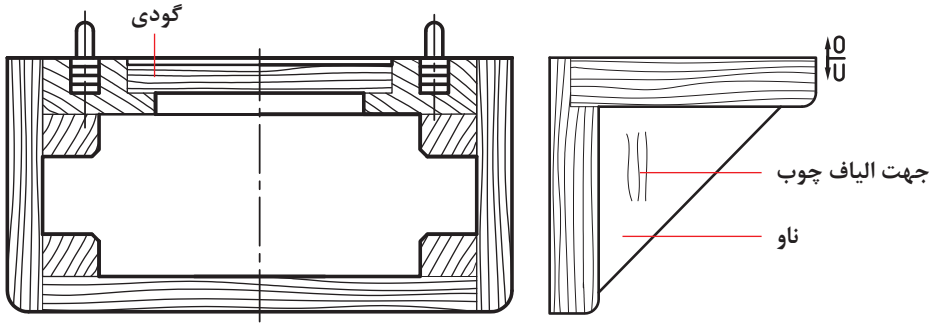
ب) در نقشه ساختمان جعبه ماهیچه، جای پین‌ها و پشت‌بندها نیز تعیین و رسم می‌شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵

ج) در نقشه ساختمان مدل و جعبه ماهیچه، تیغه‌های تقویت‌کننده (ناو) بدون هاشور (سفید) رسم می‌شود و فقط جهت الیاف چوب در ناو با چند هاشور کوتاه مشخص می‌گردد (شکل ۱۶).

د) در نقشه ساختمان مدل و جعبه ماهیچه، مرز مشترک چوب‌های به هم چسبانده شده (درز چسب) با خط فرعی (نازک) و سایر قسمت‌های آن با خط اصلی (پر) رسم می‌شود. جهت الیاف چوب با خط طولی نازک (موجی‌شکل) و یا شعله‌ای و سرچوب ۴۵ درجه نازک، با دست آزاد رسم می‌شود (شکل‌های ۱۶و ۱۷).



شکل ۱۷ شکل ۱۶

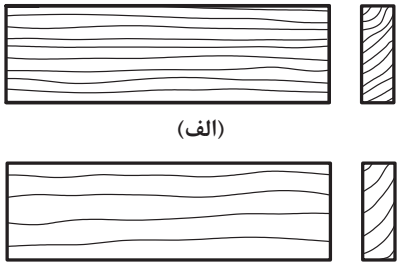
هـ) قسمت‌های توخالی مدل و جعبه ماهیچه در برش در تصویر مجسم (پرسپکتیو) بدون هاشور (سفید) رسم می‌شود.

استاندارد رسم الیاف چوب مدل‌سازی: بر اساس استاندارد DIN1511، چوب‌های مدل‌سازی با علائم نشان داده شده در جدول ۱ دسته‌بندی می‌شوند.

جدول ۱ـ استاندارد چوب‌ها

علائم اختصاری	گونه و جنس چوب
H1a	چوب فشرده و سخت (چوب صنعتی): کاربرد آن در مدل‌های ماشینی است (مدل‌هایی که با ماشین فرز کپی یا CNC ساخته می‌شوند).
H1	چوب سخت مانند افرا، گلابی، گردو و گیلاس: کاربرد آن در مدل‌های کوچک است.
H2	چوب نیمه سخت مانند توسکا، نمدار، کاج و سرو: کاربرد آن در مدل‌های متوسط است.
H3	چوب نرم مانند کاج سفید و کاج مخملی: کاربرد آن در مدل‌های بزرگ توخالی است.

شکل ۱۸ـ الف هاشور سر چوب و راه چوب در چوب‌های فشرده و سخت و شکل ۱۸ـ ب هاشور سرچوب و راه‌چوب در چوب‌های نرم با الیاف باز را نشان می‌دهد.



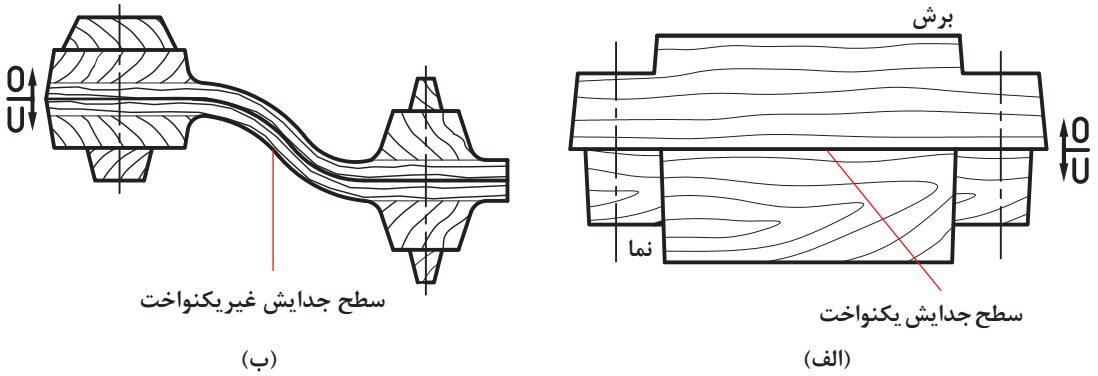
(الف)

(ب)

شکل ۱۸

رسم سطح جدایش در نقشه ساختمان مدل و جعبه ماهیچه

این رسم هم در نما و هم در برش با خط اصلی (پُر) انجام می‌شود. سطح جدایش مدل و جعبه ماهیچه معمولاً به دو شکل یکنواخت (مستقیم) (شکل ۱۹ـ الف) و غیریکنواخت (شکسته) (شکل ۱۹ـ ب) رسم می‌شود.



(الف)

(ب)

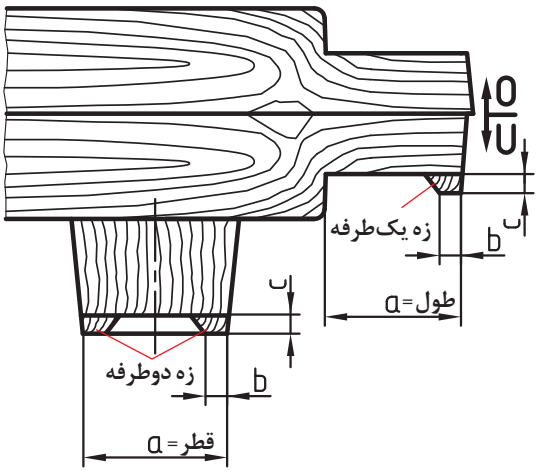
شکل ۱۹

رسم زه ریزش ماسه در نقشه ساختمان مدل

ابعاد زه ریزش ماسه از جدول استاندارد (جدول ۲) تعیین می‌شود و سپس به نقشه ساختمان مدل منتقل و رسم می‌شود (شکل ۲۰). این رسم با خط اصلی (پُر) در کف تکیه‌گاه مدل به روش یک‌طرفه و دوطرفه انجام می‌شود. با در دست داشتن قطر یا طول تکیه‌گاه یعنی مقدار (a) می‌توان پهنای زه (b) و ارتفاع زه (c) را از جدول ۲ به‌دست آورد. مقطع زه ریزش ماسه در ساختمان مدل چوبی با هاشور ۴۵ درجه (سر چوب) رسم می‌شود (شکل ۲۰).

جدول ۲

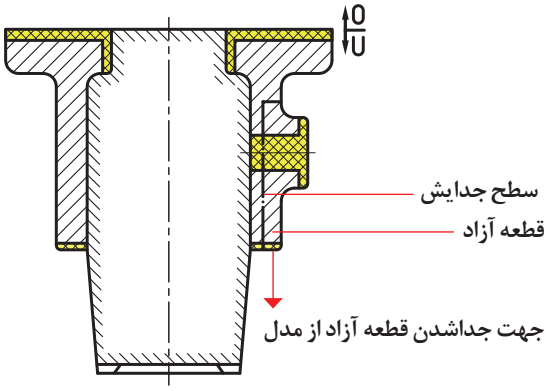
پهنای تکیه‌گاه = a	c	b	c	b
تا ۵۰ میلی‌متر	۴	۸	۳	۶
تا ۱۰۰ میلی‌متر	۷	۱۴	۵	۱۱
تا ۲۰۰ میلی‌متر	۱۰	۲۲	۷	۱۸



شکل ۲۰

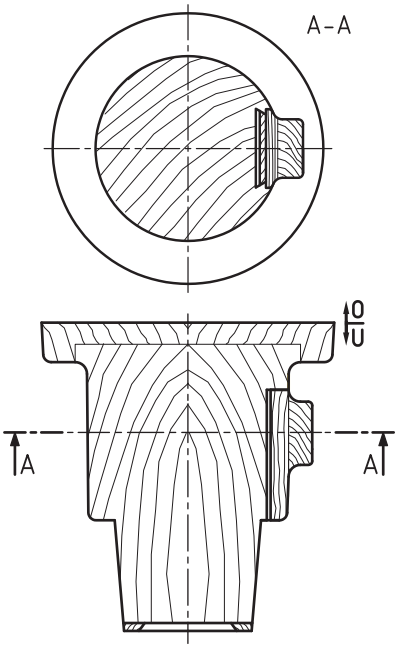
رسم قطعه آزاد مدل: در مواردی که تعداد کمی قطعه ریختگی مورد نیاز باشد برای حذف ماهیچه‌های جانبی، زائده‌های جانبی موجود در قطعه را به شکل قطعه آزاد می‌سازند. علائم رسم قطعه آزاد در نقشه‌های مدل‌سازی و ساختمان مدل به قرار زیر است:

الف) رسم قطعه آزاد در نقشه مدل‌سازی: مرز مشترک بین قطعه آزاد و مدل (سطح جدایش قطعه آزاد با مدل) با خط و نقطه ضخیم رسم می‌شود. هاشور قطعه آزاد و مدل مانند هاشور قطعه، به شکل ۴۵ درجه و هم‌جهت با آن رسم می‌شود (شکل ۲۱).



شکل ۲۱

ب) رسم قطعه آزاد مدل در نقشه ساختمان مدل: مرز مشترک بین قطعه آزاد و مدل (سطح جدایش) با خط اصلی رسم می‌شود. هاشور قطعه آزاد بسته به جهت قرار گرفتن الیاف چوب به شکل‌های ۴۵ درجه موجی و یا موازی موجی رسم می‌شود (شکل ۲۲). ضمناً در ساختمان مدل‌های فلزی، هاشور قطعه آزاد، برعکس هاشور بدنه اصلی مدل است.



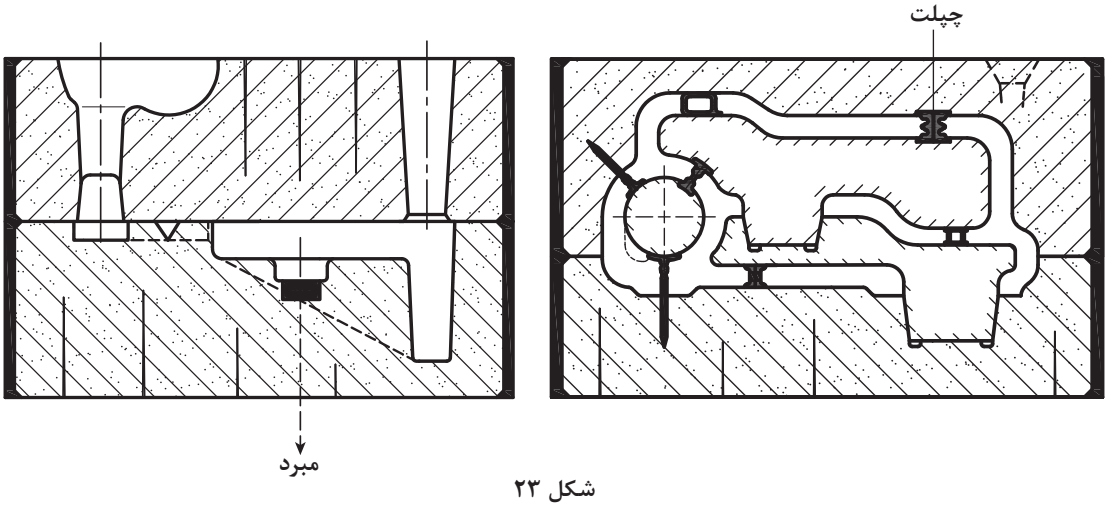
شکل ۲۲

رسم نقشه قالب‌گیری

در نقشه قالب‌گیری، محفظه قالب، سیستم‌های راهگاهی و تغذیه، کانال‌های خروجی هوا، مبرّد، قانجاق، چپلت و ماهیچه در قالب‌های ماسه‌ای رسم می‌شود. رسم نقشه قالب‌گیری به دو صورت: در برش و در نما انجام می‌شود.

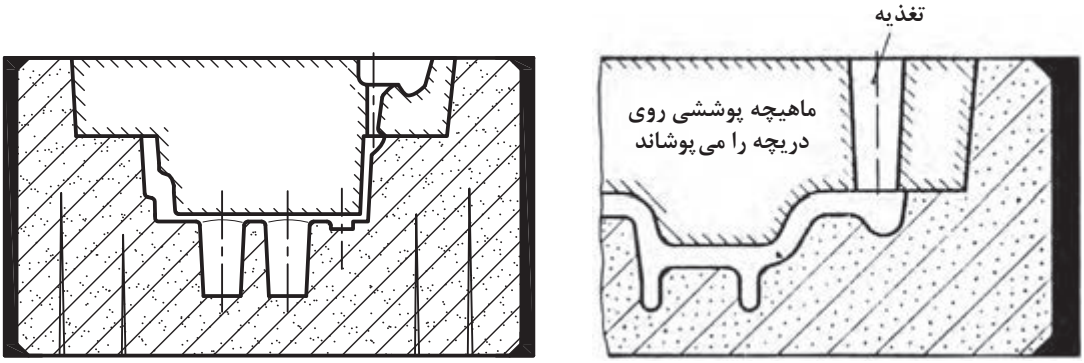
۱ـ رسم نقشه قالب‌گیری در برش: در این نقشه، سطح جدایش قالب‌گیری، محفظه قالب و راهگاه، تغذیه با خط پر و ضخیم رسم می‌شوند.

- هاشورهای قالب رویی در جهت عکس هاشورهای قالب‌زیری به‌طور ۴۵ درجه و با خط پر و نازک رسم می‌شوند. فضای خالی بین هاشورها با نقطه‌های سیاه بی‌شمار پر می‌گردد. ضخامت درجه و پایه‌های آن و مبرّد به رنگ سیاه رسم می‌شود.
- چپلت‌های داخل قالب، پس از ترسیم با رنگ سیاه پر می‌شود (شکل ۲۳).



شکل ۲۳

- صفحات داخل ماهیچه و قانجاق‌ها به ترتیب با هاشور ۴۵ درجه و با رنگ سیاه رسم می‌شوند.
- ماهیچه‌های پوششی روباز و روبسته در داخل قالب‌های یک درجه‌ای و دو درجه‌ای، باهاشور ۴۵ درجه کوتاه رسم می‌شوند (شکل ۲۴).
- خط جدایش، قبل از محفظه قالب به‌صورت خط اصلی، در داخل ماهیچه‌ها به‌صورت خط و نقطه ضخیم و در محفظه قالب به‌صورت خط اصلی رسم می‌شوند (شکل ۱۲).

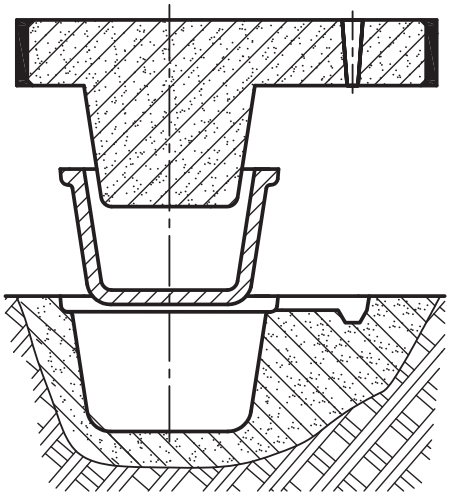


شکل ۲۴

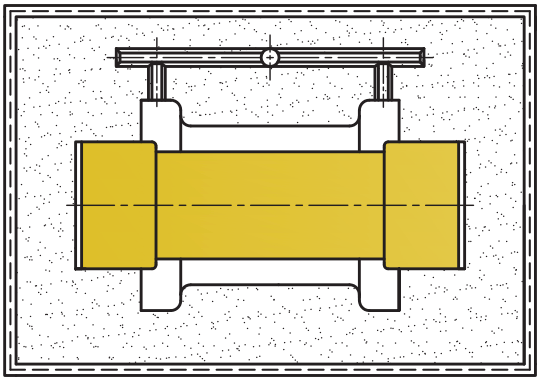
- مراحل قالب‌گیری زمینی رو بسته همراه با مدل و ماهیچه سرخود مانند شکل ۲۵ رسم می‌شود.

۲ـ رسم نقشه قالب‌گیری در نما: در این نقشه، محفظه قالب، چپلت، مبرّد، قانجاق، سیستم‌های راهگاهی، ماهیچه و سایر اجزای تشکیل‌دهنده قالب در صورت دید، با خط پر ضخیم و در صورت ندید، با خط بریده ضخیم (پاره‌خط) رسم می‌شود.

- سطح قالب: دانه‌های ماسه با نقطه‌های سیاه بی‌شمار سطح قالب را می‌پوشانند.
- سطح ماهیچه: با نقطه‌های کم‌رنگ بی‌شمار و فاصله‌دار پوشانیده‌می‌شود.
- محل حوضچه و کانال‌های اصلی و فرعی در روی سطح قالب زیری با خط بریده و ضخیم رسم می‌شود.
- لبه‌های داخلی و خارجی درجه همراه با پایه‌های آن با خط پر و ضخیم رسم می‌شوند (شکل ۲۶).
- محفظه قالب: سفید نمایش داده می‌شود.

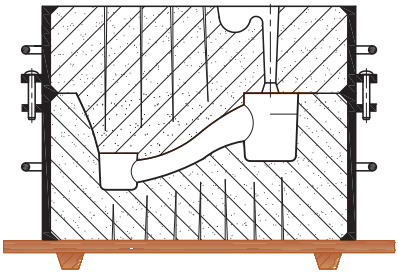


شکل ۲۵



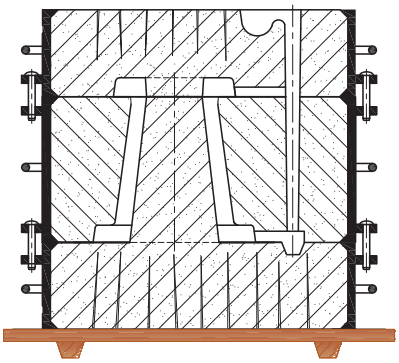
شکل ۲۶

۳ــ رسم نقشه قالب‌گیری دو درجه‌ای با سطح جدایش غیر یکنواخت: در این نقشه سطح جدایش قالب با خط پر ضخیم و سطح جدایش مدل با پاره‌خط و نقطه ضخیم رسم می‌شود (شکل ۲۷).



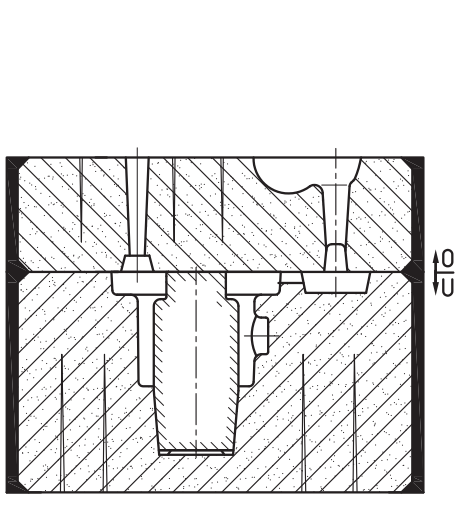
شکل ۲۷

۴ــ رسم نقشه قالب‌گیری سه درجه‌ای: در این نقشه، سطح جدایش قالب‌ها با خط پر و ضخیم و سطح جدایش مدل با پاره خط و نقطه ضخیم رسم می‌شود (شکل ۲۸).



شکل ۲۸

۵ــ رسم قالب‌گیری با قطعه آزاد: در این نقشه، سطح جدایش قطعه آزاد با خط پر و ضخیم و جهت خارج شدن آن از قالب با پیکان نشان داده می‌شود (شکل ۲۹).



(ب) (الف)

شکل ۲۹ــ الف ــ (a) بدنه اصلی مدل، (b) قطعه آزاد، ۱ــ جهت خروج بدنه اصلی مدل از قالب، ۲ــ و ۳ــ جهت خروج قطعه آزاد و ب ــ قالب آماده ریخته‌گری

اضافات مدل‌سازی

در مدل‌سازی، ابعاد و شکل ظاهری مدل با قطعه تولیدی لزوماً همخوانی ندارد، یعنی اینکه اغلب موارد ابعاد مدل بزرگ‌تر از قطعه تولیدی است و در برخی از قطعات که نیاز به ماهیچه‌گذاری دارند به دلیل وجود ریشه ماهیچه شکل ظاهری مدل متفاوت از قطعه تولید شده است.

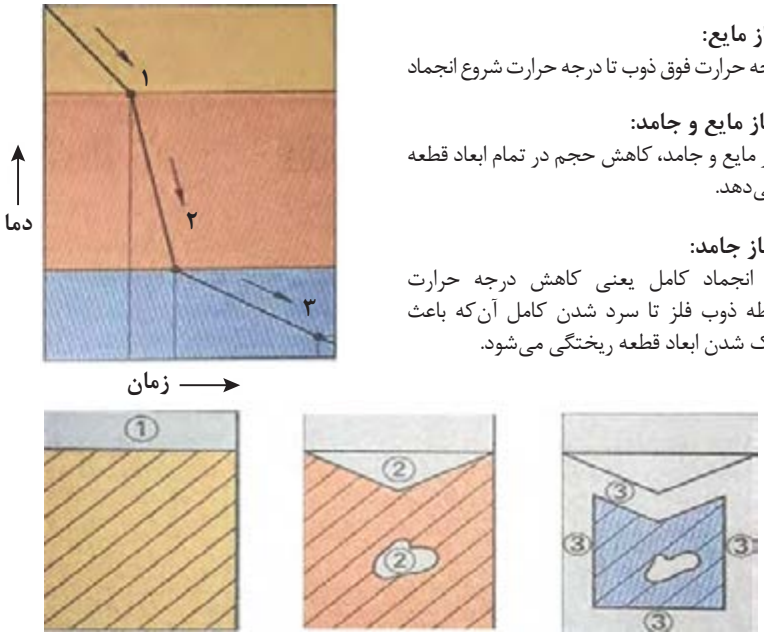
برای ساخت مدل، ابعاد آن بزرگ‌تر در نظر گرفته شده که اضافات مدل‌سازی نامیده می‌شود و شامل اضافه مجاز انقباض، اضافه مجاز ماشین‌کاری و اضافه مجاز شیب مدل است:

الف) اضافه مجاز انقباض: اغلب فلزات و آلیاژها در اثر افزایش دما دچار انبساط و افزایش حجم و با کاهش دما دچار انقباض و کاهش حجم می‌شوند، این پدیده برای مذابی که قرار است از دمای فوق ذوب تا دمای محیط سرد شود نیز رخ می‌دهد. مراحل سرد شدن مذاب را می‌توان به‌صورت زیر تقسیم کرد (شکل ۳۰):

۱ـ کاهش دما از فوق ذوب تا شروع انجماد: این مرحله در فاز مایع است. کاهش حجم مذاب یا انقباض مذاب از فوق ذوب تا شروع انجماد بایستی در حین مذاب‌ریزی جبران شود.

۲ـ کاهش دمای مذاب در هنگام انجماد: این حالت در فاز مایع + جامد است. در این مرحله، انقباض در طول انجماد رخ می‌دهد. مقدار انقباض و کاهش حجم این مرحله توسط سیستم تغذیه‌گذاری و سیستم راهگاهی جبران می‌شود.

۳ـ کاهش دما از پایان انجماد تا دمای محیط: این حالت در فاز جامد است. کاهش حجم این مرحله به‌صورت خطی در تمام جهات یکنواخت است. چون قطعه جامد شده با کاهش دما منقبض می‌شود پس مدل را بایستی به‌اندازه این انقباض که انقباض در فاز جامد نامیده می‌شود بزرگ‌تر از اندازه قطعه تولیدی ساخت. جبران این مرحله توسط مدل‌ساز صورت می‌گیرد، یعنی حجم مدل باید به‌اندازه انقباض فاز جامد بزرگ‌تر از حجم قطعه، ساخته شود.



۱ـ فاز مایع:
از درجه حرارت فوق ذوب تا درجه حرارت شروع انجماد

۲ـ فاز مایع و جامد:
در فاز مایع و جامد، کاهش حجم در تمام ابعاد قطعه رخ می‌دهد.

۳ـ فاز جامد:
پایان انجماد کامل یعنی کاهش درجه حرارت از نقطه ذوب فلز تا سرد شدن کامل آن‌که باعث کوچک شدن ابعاد قطعه ریختگی می‌شود.

شکل ۳۰ـ نمودار دما ـ زمان و تصاویر شماتیکی انقباض‌ها در سه مرحله

مهم‌ترین عوامل مؤثر در مقدار انقباض عبارت‌اند از:

۱ جنس قطعه
۲ شرایط محیط (فشار، رطوبت و دما)
۳ جنس قالب
۴ ابعاد قطعه

با توجه به عوامل فوق، مقدار انقباض استاندارد شده و عدد آن از روی جدول ۳ تعیین می‌شود.

جدول ۳ـ درصد انقباض تئوری و عملی فلزات در قالب‌های موقت

جنس فلز	درصد انقباض تئوری	درصد انقباض عملی
چدن خاکستری	۱	۱/۳ ..... ۰/۵
چدن با گرافیت کروی	۱/۲	۲ ..... ۰/۸
فولاد ریختگی	۲	۲/۵ ..... ۱/۵
فولاد منگنزدار	۲/۳	۲/۸ ..... ۲/۳
آلیاژهای آلومینیوم	۱/۲	۱/۵ ..... ۰/۸
آلیاژهای منیزیم	۱/۲	۱/۵ ..... ۱
مس الکترولیتی	۱/۹	۲/۱ ..... ۱/۵
آلیاژ مس و قلع (برنز)	۱/۵	۲ ..... ۰/۸
آلیاژ مس و روی (کمتر از ۲۰ ٪ روی ـ برنج قرمز)	۱/۳	۱/۶ ..... ۰/۸
آلیاژ مس و روی (بیش از ۲۰ ٪ روی ـ برنج زرد)	۱/۲	۱/۸ ..... ۰/۸
آلیاژهای مس و آلومینیوم (آلومینیوم برنز)	۲/۱	۲/۳ ..... ۱/۹
آلیاژهای روی	۱/۳	۱/۵ ..... ۱/۱
فلزات سفید (آلیاژهای سرب و قلع)	۰/۵	۰/۶ ..... ۰/۴

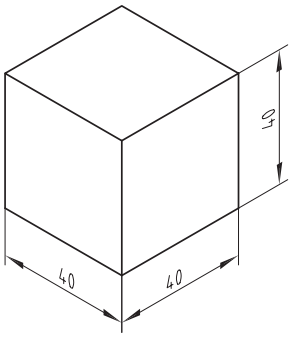
پس از تعیین مقدار انقباض، ابعاد مدل از رابطه ۱ (رابطهٔ دقیق) محاسبه می‌شود:

$$LM = \frac{LG \times ۱۰۰}{۱۰۰ - S}$$ رابطه ۱ (رابطه دقیق)

در این رابطه:
LM: اندازه مدل
LG: اندازه قطعه
S: درصد انقباض
این رابطه برای مدل‌های مورد استفاده در قالب‌گیری ماشینی به کار می‌رود.
برای مدل‌های چوبی مورد استفاده در قالب‌گیری دستی، رابطه ۲ (رابطه تقریبی) مناسب است.

$$LM = \frac{LG \times S}{۱۰۰} + LG$$ رابطه ۲ (رابطه تقریبی)

مثال: اگر مقدار انقباض قطعه مکعبی (شکل ۳۱) به ضلع ۴۰ میلی‌متر برابر ۱/۲۵درصد باشد، اندازه‌های اولیه مدل برای قالب‌گیری دستی چقدر است؟ سپس قطعه را با ابعاد جدید با در نظر گرفتن انقباض آن دوباره رسم کنید.



شکل ۳۱

حل: برای حل مسئله ابتدا رابطهٔ مربوط به انقباض تقریبی را می‌نویسیم.

$$LM = \frac{LG \times S}{۱۰۰} + LG$$

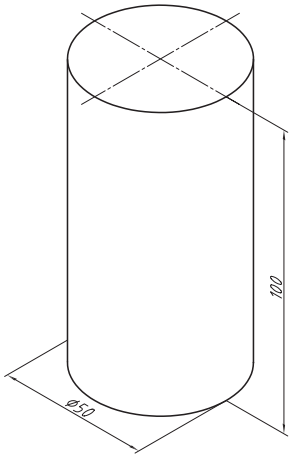
سپس اندازه مدل را محاسبه می‌کنیم.

درصد انقباض S =۱/۲۵

$$LM = \frac{LG \times S}{۱۰۰} + LG$$

اندازه اولیه مدل $$LG = ۴۰mm \rightarrow LM = \frac{LG \times S}{۱۰۰} + LG = \frac{۴۰ \times ۱/۲۵}{۱۰۰} + ۴۰ = ۴۰/۵\ mm$$

مثال: اگر مقدار انقباض قطعه استوانه‌ای (شکل ۳۲) به قطر ۵۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۰۰میلی‌متر برابر ۱/۱درصد باشد اندازه‌های اولیه مدل برای قالب‌گیری دستی چقدر است؟ سپس قطعه را با ابعاد جدید با در نظر گرفتن انقباض آن مجدداً ترسیم نمایید.



شکل ۳۲

حل: برای حل مسئله ابتدا رابطه مربوط به انقباض تقریبی را می‌نویسیم.

$$LM = \frac{LG \times S}{۱۰۰} + LG$$

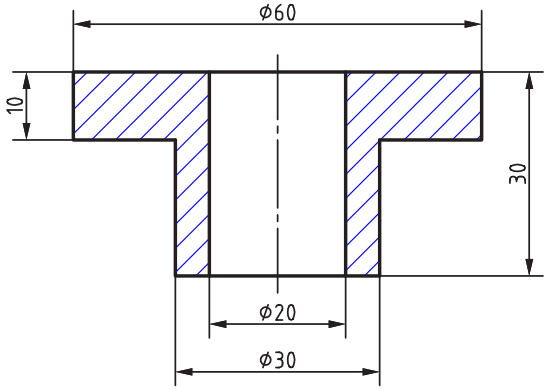
سپس برای محاسبه اندازه مدل از بزرگ‌ترین اندازه قطعه شروع و به‌ترتیب به کوچک‌ترین اندازه آن ختم می‌کنیم.

درصد انقباض S = ۱/۱

$$LG_۱ = ۱۰۰mm \rightarrow LM_۱ = \frac{LG_۱ \times S}{۱۰۰} + LG_۱ = \frac{۱۰۰ \times ۱/۱}{۱۰۰} + ۱۰۰ = ۱۰۱/۱\,mm$$

$$LG_۲ = ۵۰mm \rightarrow LM_۲ = \frac{LG_۲ \times S}{۱۰۰} + LG_۲ = \frac{۵۰ \times ۱/۱}{۱۰۰} + ۵۰ = ۵۰/۵۵\,mm$$

مثال: اگر مقدار انقباض قطعه (شکل ۳۳) برابر ۱/۲ درصد باشد اندازه‌های اولیه مدل برای قالب‌گیری دستی چقدر است؟ سپس قطعه را با ابعاد جدید با درنظر گرفتن انقباض آن مجدداً ترسیم نمایید.



شکل ۳۳

حل: برای حل مسئله ابتدا رابطه مربوط به انقباض تقریبی را می‌نویسیم.

$$LM = \frac{LG \times S}{۱۰۰} + LG$$

سپس برای محاسبه اندازه مدل از بزرگ‌ترین اندازه قطعه شروع و به‌ترتیب به کوچک‌ترین اندازه آن ختم می‌کنیم.

درصد انقباض S = ۱/۲

$$LG_۱ = ۶۰mm \rightarrow LM_۱ = \frac{LG_۱ \times S}{۱۰۰} + LG_۱ = \frac{۶۰ \times ۱/۲}{۱۰۰} + ۶۰ = ۶۰/۷۲\,mm$$

$$LG_۲ = ۳۰mm \rightarrow LM_۲ = \frac{LG_۲ \times S}{۱۰۰} + LG_۲ = \frac{۳۰ \times ۱/۲}{۱۰۰} + ۳۰ = ۳۰/۳۶\,mm$$

$$LG_۳ = ۲۰mm \rightarrow LM_۳ = \frac{LG_۳ \times S}{۱۰۰} + LG_۳ = \frac{۲۰ \times ۱/۲}{۱۰۰} + ۲۰ = ۲۰/۲۴\,mm$$

$$LG_۴ = ۱۰mm \rightarrow LM_۴ = \frac{LG_۴ \times S}{۱۰۰} + LG_۴ = \frac{۱۰ \times ۱/۲}{۱۰۰} + ۱۰ = ۱۰/۱۲\,mm$$

در پایان، قطعه با ابعاد جدید دوباره رسم می‌شود.

نکته

در مواردی که علاوه بر مدل چوبی، مدل فلزی نیز باید ساخته شود مقدار انقباض ۲ بار محاسبه می‌گردد که آن را انقباض دو مرحله‌ای می‌گویند ($S = S_1 + S_2$) و پس از به‌دست آوردن درصد انقباض کل، از روابط قبلی جهت تعیین و محاسبه اندازه دقیق یا تقریبی مدل استفاده می‌شود.

مثال: اگر مدل فلزی از جنس برنج قرمز با انقباض ۱/۳درصد ساخته شود و قطعه از چدن با گرافیت کروی با انقباض ۱/۲درصد ریخته‌گری شود درصد انقباض کل برای ساختن مدل چوبی چقدر است؟

$S_1 = ۱/۳$, $S_2 = ۱/۲$ ⟹ $S = S_1 + S_2$

درصد انقباض کل $S = ۱/۳ + ۱/۲ = ۲/۵$

فعالیت‌های زیر را به‌صورت گروه‌های دو نفره انجام دهید.

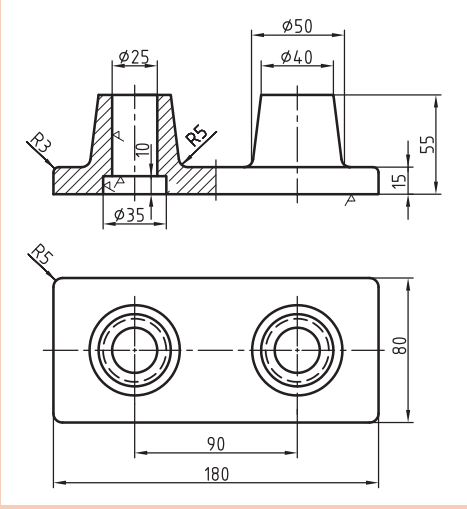
پرسش

چنانچه درصد انقباض مدل فلزی و درصد انقباض خطی قطعه به‌ترتیب ۱/۲و ۲/۱ باشد، درصد انقباض خطی مدل چوبی چقدر است؟

فعالیت کارگاهی ۱

محاسبه درصد انقباض مدل از روی نقشه مکانیکی

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار و لوازم نقشه‌کشی

۲ ماشین حساب

مراحل انجام کار:

۱ محاسبه ابعاد نقشه با فرض اینکه قطعه فولادی از این مدل تولید می‌شود و درصد انقباض فولاد ۲/۲ باشد.

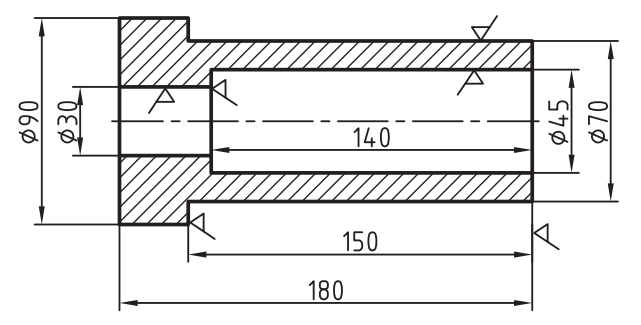
۲ کنترل ابعاد محاسبه شده.

۳ کنترل و ارزشیابی محاسبات توسط هنرآموز.

فعالیت کارگاهی
۲

محاسبه درصد انقباض و ترسیم نقشه مدل‌سازی

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

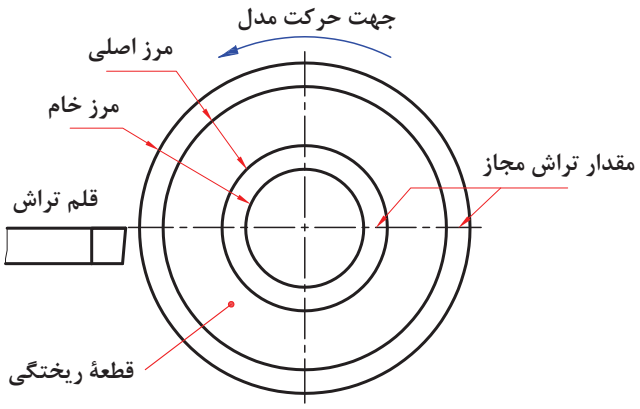
۱ ابزار و لوازم نقشه‌کشی
۲ ماشین حساب

مراحل انجام کار:

۱ محاسبه ابعاد مدل چوبی و سپس تبدیل آن به مدل آلومینیومی جهت تولید قطعات چدنی با استفاده از جدول شماره ۳
۲ ترسیم نقشه مدل‌سازی و کنترل ابعاد آن.
۳ تحویل نقشه به هنرآموز جهت کنترل و ارزشیابی.

ب) اضافه مجاز ماشین‌کاری

بعد از ریخته‌گری قطعه، کارهایی نظیر تمیزکاری، سنگ‌کاری، تراش‌کاری، فرزکاری و سوراخ‌کاری روی آن انجام می‌شود، بنابراین باید روی این‌گونه قطعات، محل تراش‌کاری، سوراخ‌کاری و موارد مشابه در نظر گرفته شود. همچنین باید در حد امکان کمترین میزان تراش را برای آنها در نظر گرفت و این امر زمانی مهم خواهد بود که تعداد بسیار زیادی قطعه مورد نیاز باشد (شکل ۳۴).



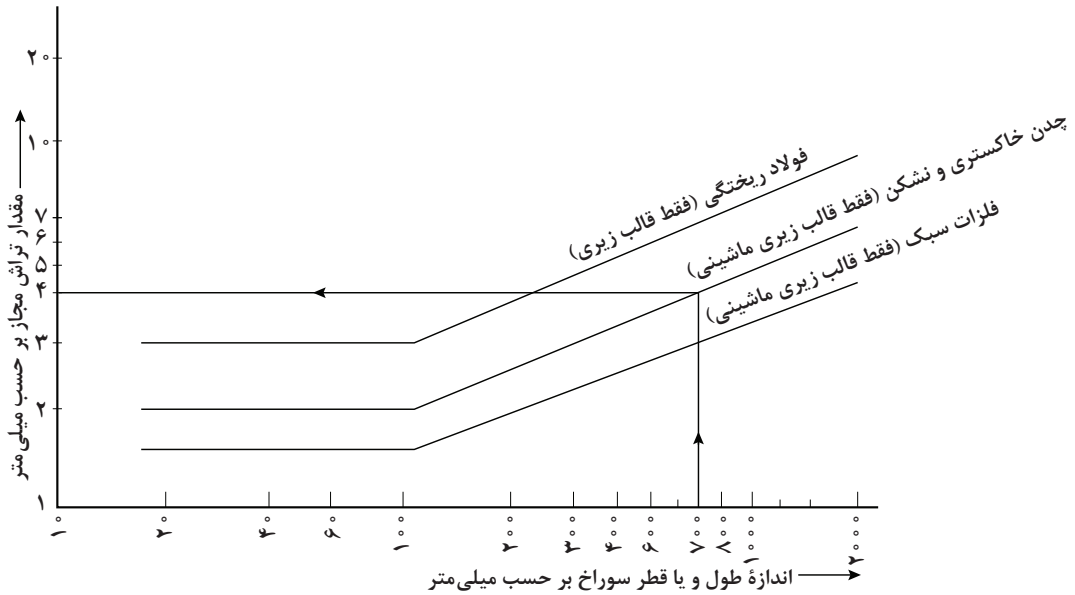
شکل ۳۴

شکل ۳۵

کم کردن مقدار تراش بستگی به جنس قطعه و روش‌های قالب‌گیری و ریختگی نیز دارد. به عنوان مثال قطعاتی که به روش ریختگی دقیق و ریختگی تحت فشار تولید می‌شوند، تراش‌کاری کمتری لازم دارند و حداقل مقدار تراش برای آنها در نظر گرفته می‌شود (شکل ۳۵).

مقدار تراش مجاز به عوامل زیر بستگی دارد:

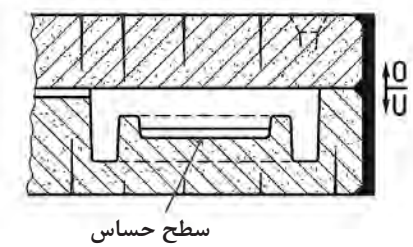
۱ــ جنس قطعه: جنس قطعه در تعیین مقدار تراش مؤثر است. سخت و نرم‌بودن فلزات و نقطه ذوب آنها از عوامل مؤثر در این امر به شمار می‌رود. به عنوان مثال مقدار تراش برای فلزات سبک کمتر از آلیاژهای فولادی است. نمودار ۱ مقدار تراش مجاز را برحسب اندازه طول و یا قطر سوراخ قطعه در قالب زیری نشان می‌دهد.



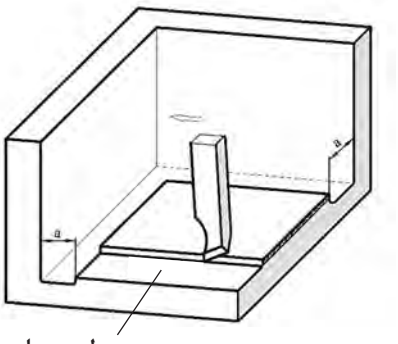
نمودار ۱ــ مقدار تراش مجاز برحسب نوع جنس و اندازه طول و یا قطر سوراخ قطعه

چنانچه سطوح تراش در قالب رویی واقع شوند به میزان ۵۰ درصد و چنانچه مدل با دست قالب‌گیری شود به میزان ۲۵ درصد (غیر از فولاد) به مقدار تراش مجاز استاندارد اضافه می‌شود. به عنوان مثال برای ریختگی یک قطعه چدنی به طول ۷۰۰ میلی‌متر، در درجه زیری، ماکزیمم مقدار تراش از نمودار فوق ۴ میلی‌متر است که اگر در درجه رویی باشد، ۲ میلی‌متر به آن اضافه می‌شود (مطابق نمودار ۱).

۲ـ محل تراش: در هنگام ریختگی ابتدا فلز مذاب وارد قسمت‌های زیری قالب، و سپس سایر قسمت‌های دیگر آن شده و قالب پر می‌شود. این امر باعث می‌شود مذاب همراه با اجسام سبک و سرباره‌ها در بالاترین نقطه قالب قرار گیرد. بنابراین محل‌های حساس قطعه، که بعد از ماشین‌کاری باید از کیفیت سطحی خوبی برخوردار باشند، در حد امکان در قالب زیری قرار داده شوند (شکل ۳۶). مقدار تراش مجاز برای سطوح پایینی قالب در حد استاندارد و برای سطوح بالا ۱/۵ تا ۲ برابر استاندارد است (شکل ۳۷).

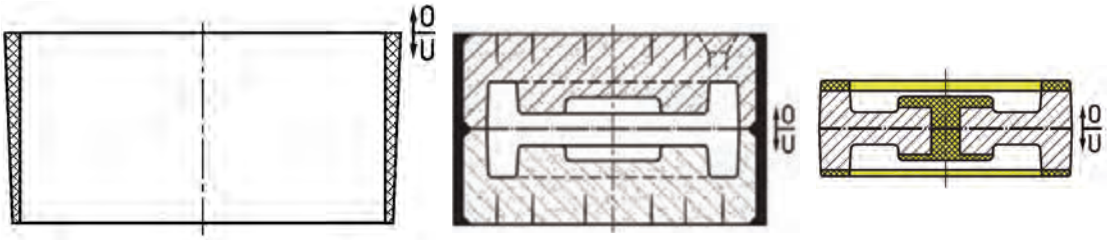


شکل ۳۶



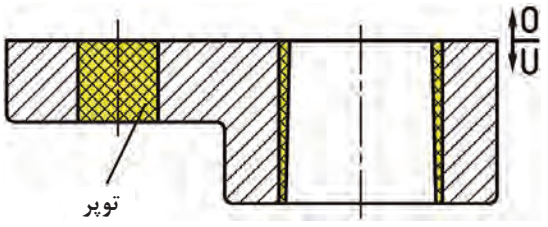
شکل ۳۷

مقدار تراش برای سطوح جانبی قالب در حد استاندارد است و ممکن است در پاره‌ای از موارد مقدار شیب قالب‌گیری نیز به آن اضافه شود (شکل ۳۸).

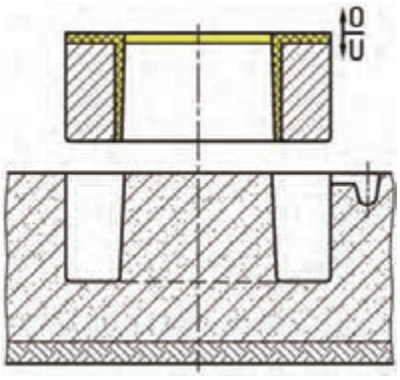


شکل ۳۸

مقدار تراش برای سوراخ‌ها و شکاف‌هایی که با ماهیچه ریختگی می‌شوند بیشتر از حد استاندارد است. سوراخ‌ها و شکاف‌های کوچک در حد امکان توپر ریختگی می‌شوند (شکل ۳۹).



شکل ۳۹



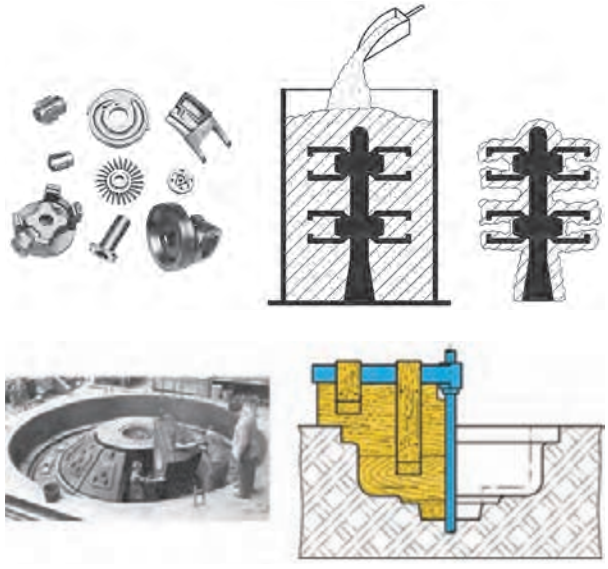
شکل ۴۰

مقدار تراش مجاز برای قطعاتی که روباز ریختگی می‌شوند و قطعاتی که به روش زمینی و شابلونی قالب‌گیری می‌شوند خیلی بیشتر است (شکل ۴۰).

نکته

تعیین قطعی مقدار تراش مجاز برای تولید انبوه قطعات ریختگی از نظر اقتصادی بسیار مهم است. به همین لحاظ در واحد فنی این قسمت با دقت زیاد توسط مهندسین و کارشناسان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳ـ روش قالب‌گیری: مقدار ماشین‌کاری مجاز به جنس مواد قالب‌گیری و روش‌های قالب‌گیری نیز بستگی دارد؛ به عنوان مثال برای قالب‌های فلزی، سرامیکی و پوسته‌ای، مقدار براده‌برداری کمتری مورد نیاز است. به‌طوری که این مقدار بین ۰/۳ تا ۱/۵ میلی‌متر تعیین شده است. برای قالب‌گیری به ویژه قالب‌گیری با مدل‌های شابلونی و مدل‌های اسکلتی، مقدار تراش مجاز بیش از حد استاندارد منظور می‌شود (شکل ۴۱).



شکل ۴۱

علاوه بر مطالب گفته شده، از جدول استاندارد ۴ نیز برای تعیین مقدار تراش مجاز استفاده می‌شود.

جدول ۴ـ مقدار استاندارد تراش مجاز در آلیاژهای مختلف بر حسب میلی‌متر

جنس قطعه	اندازهٔ قطعه	سطوح زیری	سطوح داخلی و جانبی	سطوح رویی
چدن	تا ۱۵۰	۲/۵	۳	۵
	تا ۳۰۰	۳	۳/۵	۵/۵
	۳۰۰_۵۰۰	۴	۵	۶
	۵۰۰_۹۰۰	۴/۵	۵/۵	۶/۵
	۹۰۰_۱۵۰۰	۵	۶	۸
فولاد	تا ۱۵۰	۳	۳	۶
	۱۵۰_۳۰۰	۵	۶	۶
	۳۰۰_۵۰۰	۶	۶	۸
	۵۰۰_۹۰۰	۶	۷	۹/۵
	۹۰۰_۱۵۰۰	۶	۸	۱۲
فلزات غیرآهنی	۱۰_۷۵	۱/۵	۱/۵	۲
	۷۵_۲۰۰	۱/۵	۲	۲/۵
	۲۰۰_۳۰۰	۲	۲/۵	۳
	۳۰۰_۵۰۰	۲/۵	۳	۳/۵
	۵۰۰_۹۰۰	۳	۳/۵	۴/۵
	۹۰۰_۱۵۰۰	۳	۴	۵

تعیین اضافه تراش در سوراخ‌ها: برای مشخص‌کردن اضافه تراش در سوراخ‌ها با استفاده از جدول ۴، اندازه قطر سوراخ را در ستون قطرها و طول سوراخ را در ردیف طول‌ها تعیین کرده و سپس ستون و ردیف آن را ادامه می‌دهیم تا یکدیگر را قطع کنند. عدد خوانده شده مقدار اضافه تراش در شعاع را نشان می‌دهد.

جدول ۵، جدول استاندارد تراش مجاز در سوراخ‌ها را برحسب میلی‌متر در شعاع ارائه کرده است.

جدول ۵ــ مقدار استاندارد تراش مجاز در سوراخ‌ها برحسب میلی‌متر در شعاع

قطر سوراخ		طول سوراخ							
از	تا	۲۰ ۸۰	۸۵ ۱۶۰	۱۶۵ ۲۲۰	۲۲۵ ۳۸۰	۳۸۵ ۵۴۰	۵۴۵ ۷۷۰	۷۷۵ ۱۰۰۰	۱۰۰۰ به بالا
۲۰	۵۰	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۵۵	۱۰۰	۳	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱۰۵	۱۸۰	۴	۴	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱۸۵	۲۲۰	۵	۵	۵	۵	۶	۷	۸	۹
۲۲۵	۵۶۰	۶	۶	۶	۶	۶	۷	۸	۹
۵۶۵	۹۶۰	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۸	۹
۹۶۵	۱۰۰۰	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۹
۱۰۰۰	به بالا	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹

به‌طور مثال برای سوراخی با قطر ۱۲۰ میلی‌متر و طول ۴۰۰ میلی‌متر، قطر ۱۲۰ در ستون قطرها بین ۱۸۰ـ۱۰۵ و طول ۴۰۰ میلی‌متر در ردیف طول‌ها بین ۵۴۰ـ۳۸۵ قرار دارد. ستون و ردیف را امتداد داده، محل تقاطع، مقدار تراش در سوراخ را ۶ میلی‌متر نشان می‌دهد.

نکته

۱ چنانچه سوراخی در قطعه دارای چند قطر باشد برای محاسبه اضافه تراش، قطر متوسط در نظر گرفته می‌شود.

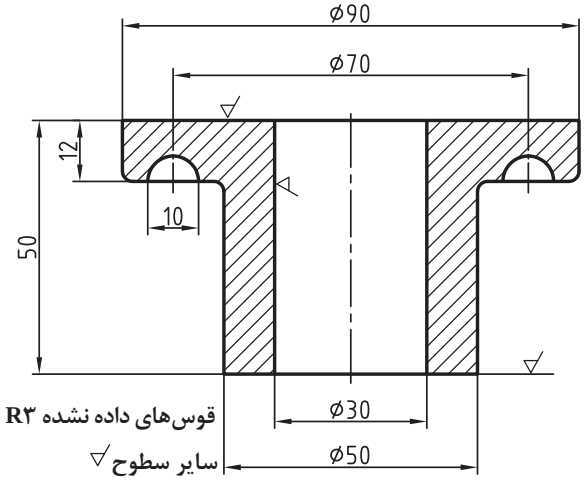
۲ در مواردی که گوشه‌های قطعه، قوسی شکل (گرد) است مقدار تراش نباید تا روی قوس امتداد یابد، بلکه باید از ابتدای قوس به بعد طراحی و رسم شود.

مثال: اگر بزرگ‌ترین اندازه قطعه‌ای از آلیاژ برنز ۱۸۰ میلی‌متر باشد، مقدار تراش مجاز برای سطوح مختلف را به‌دست آورید.

حل: برای حل این مسئله با مراجعه به جدول ۴ و با توجه به اینکه در گروه فلزات غیرآهنی قرار دارد و اندازه قطعه (۱۸۰میلی‌متر) بین ۲۰۰ـ۷۵ میلی‌متر است، پس مقدار تراش مجاز طبق جدول روبه‌رو است.

سطوح زیری	سطوح داخلی و جانبی	سطوح رویی
۱/۵	۲	۲/۵

مثال: میزان اضافه تراش مجاز برای سطوح مختلف قطعه (شکل ۴۲) را تعیین نمایید و آن را روی شکل رسم کنید؛ در صورتی که قطعه از جنس فولاد باشد.

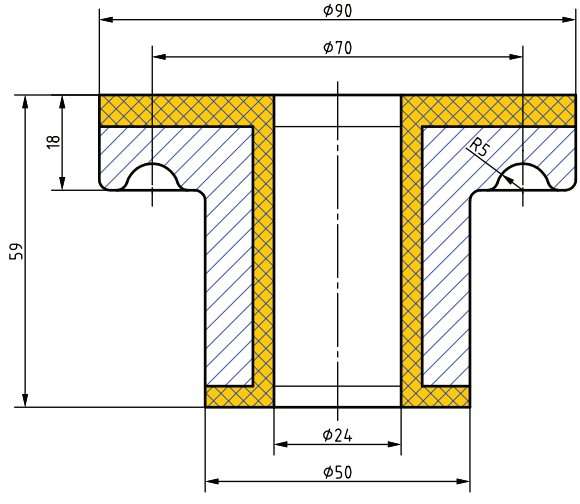


شکل ۴۲ـ نقشه فنی قطعه

حل: بزرگ‌ترین اندازه قطعه ۹۰ میلی‌متر و قطعه از جنس فولاد است. طبق جدول ۴ میزان اضافه مجاز تراش برای سطوح مختلف قطعه به قرار روبه‌رو است.

سطوح زیری	سطوح داخلی و جانبی	سطوح رویی
۳	۳	۶

برای محاسبه مقدار تراش سوراخ قطعه فوق از جدول ۵ استفاده می‌کنیم. با توجه به اینکه قطر سوراخ ۳۰ و طول آن ۵۰ میلی‌متر است، محل تقاطع ستون و ردیف در جدول، ۳ میلی‌متر است که اضافه تراش سوراخ محسوب می‌شود.

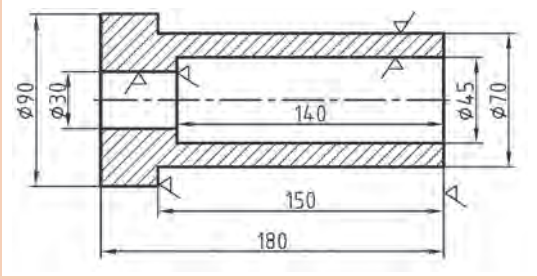


شکل ۴۳

فعالیت کارگاهی ۳

محاسبه درصد اضافه مجاز تراش با استفاده از جدول استاندارد و ترسیم نقشه مدل‌سازی

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار و لوازم نقشه‌کشی

۲ ماشین حساب

مراحل انجام کار:

۱ محاسبه اضافه مجاز تراش مدل چوبی جهت تولید قطعات آلومینیومی با استفاده از جدول استاندارد.

۲ ترسیم نقشه مدل‌سازی و کنترل ابعاد آن.

۳ تحویل نقشه به هنرآموز جهت کنترل و ارزشیابی.

ج) اضافه مجاز شیب مدل

طراحی مدل باید طوری باشد که مدل به سهولت از قالب خارج شود، بنابراین هنگام ساخت مدل‌های یک‌تکه تا چند تکه دیواره‌های عمودی آن را شیب می‌دهند. مدل یک‌تکه را یک‌پارچه و مدل چندتکه را چندپارچه نیز می‌گویند.

عوامل مؤثر در مقدار شیب

۱ـ جنس قالب: هرچه جنس مواد قالب‌گیری نرم‌تر یعنی قالب صاف و صیقلی‌تر باشد مقدار شیب کمتری لازم است.

۲ـ ارتفاع مدل: هرچه ارتفاع مدل بیشتر باشد مقدار شیب نیز بیشتر است.

۳ـ صاف و صیقل‌پذیری مدل: هرچه جنس مدل صیقل‌پذیری بهتری داشته باشد مقدار شیب کمتری لازم است.

۴ـ جنس مدل: مدل‌های فلزی و پلاستیکی کمترین میزان شیب را دارند، مدل‌های چوبی به شیب بیشتری احتیاج دارند. مدل‌های گچی به‌دلیل جذب رطوبت ماسه به شیب بیشتری نیاز دارند. شیب مدل‌های مومی، فومی یا یونولیتی و سایر مدل‌های نابود شونده بسیار کم است و در اکثر مواقع این مدل‌ها را بدون شیب می‌سازند (چون مدل‌ها تبخیر می‌شوند).

۵ـ نحوه خارج کردن مدل از قالب: در روش‌های قالب‌گیری ماشینی مقدار شیب، کمتر از روش‌های قالب‌گیری دستی است. در روش‌هایی که مدل از قالب خارج می‌شود مقدار شیب بسیار کمتر از حالتی است که قالب از روی مدل جدا می‌شود (قالب‌گیری دستی در مقایسه با قالب‌گیری‌های ماشینی مانند دیزاماتیک[۱] و قالب‌گیری کوبشی).

۶ـ محل شیب: کمترین مقدار شیب مربوط به سطوح جانبی مدل در درجه زیری است. این مقدار شیب را شیب استاندارد می‌گویند. قسمت‌های داخلی مدل که در درجه زیرین قرار می‌گیرد شیب بیشتری نسبت به قسمت‌های خارجی نیاز دارد. مطابق استاندارد، شیب داخلی مدل، از ضریب عدد ثابت ۱/۵ در مقدار شیب

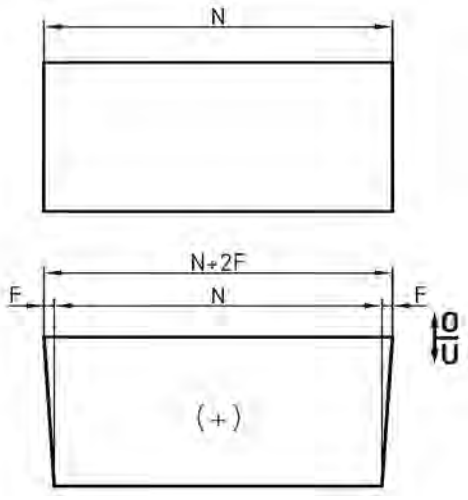
۱ـ Disamatic

استاندارد به‌دست می‌آید. اگر قالب از روی مدل جدا شود یعنی شیب مربوط به تکه بالایی مدل باشد مقدار شیب قسمت‌های خارجی مدل از ضرب عدد ۱/۵ در مقدار شیب استاندارد به‌دست می‌آید (یعنی شیب خارجی درجه بالایی برابر شیب داخلی درجه زیری است) و شیب داخلی تکه بالایی مدل از ضرب دو بار عدد ۱/۵ در مقدار شیب استاندارد به‌دست می‌آید.

انواع شیب

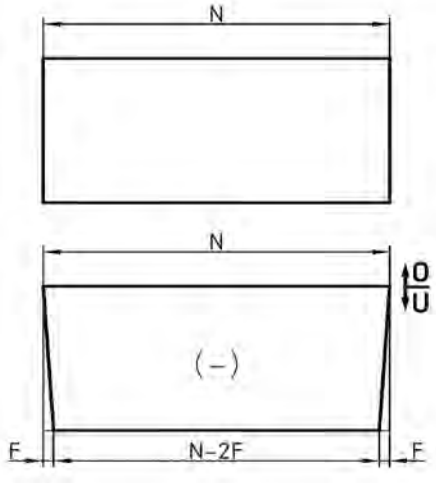
همان‌طور که قبلاً بیان شد؛ شیب مجاز به سه روش اضافی (+)، نقصانی (−) و میانی یا متوسط (±) رسم می‌شود.

شیب اضافی (+): چنانچه اندازهٔ اسمی قطعه N باشد و شیب اضافی به میزان F از دو طرف اضافه شود؛ اندازه اسمی به N+2F افزایش می‌یابد (شکل ۴۴).



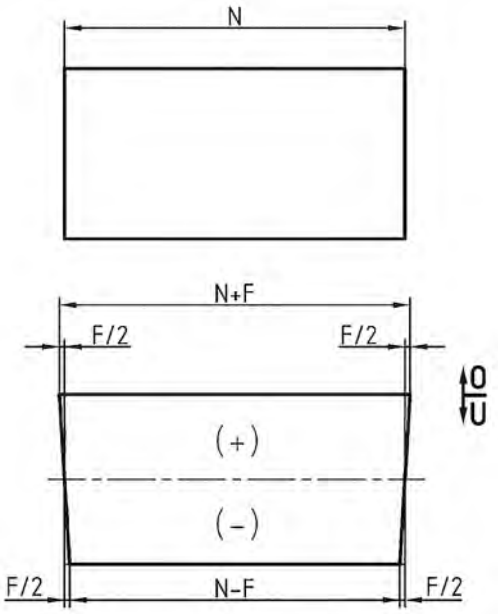
شکل ۴۴

شیب نقصانی (−): چنانچه اندازهٔ اسمی قطعه N باشد و شیب نقصانی به میزان F از دو طرف کاسته شود؛ اندازه اسمی به N-2F کاهش می‌یابد (شکل ۴۵).



شکل ۴۵

شیب میانی یا متوسط: مقدار شیب، هم به اندازه اسمی قطعه اضافه می‌شود و هم از آن کسر می‌شود، یعنی اگر اندازه اسمی قطعه را با N و مقدار شیب را با F نشان دهیم خواهیم داشت: در سطح بالایی مدل (محل سطح جدایش) N+F و در سطح پایینی مدل N-F . در این روش هم ارتفاع قالب‌گیری و هم مقدار شیب به دو قسمت مساوی تقسیم و سپس رسم می‌شوند (شکل ۴۶).



شکل ۴۶

کاربرد انواع شیب

۱ برای قسمت‌هایی که اضافه تراش در نظر گرفته شده است کیفیت بالایی لازم است بنابراین بهتر است برای این قسمت‌ها شیب را اضافه در نظر گرفت و با در نظر گرفتن مقدار تراش، مقدار شیب را به یکی از روش‌های گفته شده، روی مدل اجرا کرد.

۲ در قالب‌گیری‌های خشن به ویژه قالب‌های بزرگ زمینی و استفاده از درجه‌های بزرگ فلزی، به‌علت بزرگ بودن قطعه، مقدار تراش بیشتری روی مدل اضافه می‌شود.

در قالب‌گیری‌های ماشینی و سایر روش‌های قالب‌گیری مانند قالب‌گیری سرامیکی و ریختگی دقیق، قالب‌گیری CO_2 و قالب‌گیری پوسته‌ای می‌توان مقدار اضافه تراش را کاهش داد.

۳ اگر روی مدلی، پره‌های نازک وجود داشته باشد، بهتر است برای افزایش استحکام و عمر مدل، شیب پره‌ها را اضافه گرفت. اگر نوع شیب باعث تغییر شکل قطعه شود می‌توان نوع شیب را میانی در نظر گرفت و یا پره‌ها را با ماهیچه تولید کرد.

۴ برای درپوش‌ها، پوسته‌ها، سرسیلندرها و قطعات مشابه که ابعاد قطعه در سطح جدایش نباید تغییر کند، بهتر است نوع شیب نقصانی باشد.

محاسبه انواع شیب

تعیین مقدار شیب به عوامل زیادی بستگی دارد که به‌کارگیری آن دشوار و وقت‌گیر است. مناسب‌ترین راه مراجعه به جدول استاندارد شیب‌ها (جدول ۶) است.

جدول ۶ــ استاندارد شیب مدل براساس DIN1511

ارتفاع بر حسب میلی‌متر	شیب بر حسب درجه	ارتفاع بر حسب میلی‌متر	شیب بر حسب میلی‌متر
تا ۱۰	۳	تا ۲۵۰	۱/۵
۱۰ـ۱۸	۲	۲۵۰ـ۳۲۰	۲
۱۸ـ۳۰	۱ و ۳۰′	۳۲۰ـ۵۰۰	۳
۳۰ـ۵۰	۱	۵۰۰ـ۸۰۰	۴/۵
۵۰ـ۸۰	۴۵′	۸۰۰ـ۱۲۰۰	۷
۸۰ـ۱۸۰	۳۰′	۱۲۰۰ـ۲۰۰۰	۱۱
ـ	ـ	۲۰۰۰ـ۴۰۰۰	۲۱

برای تعیین مقدار شیب، ارتفاع‌های قالب‌گیری، شماره‌گذاری شده و سپس مقدار شیب با توجه به ارتفاع‌های مشخص شده برحسب درجه از جدول استاندارد ۶ تعیین می‌شود. با استفاده از رابطه ۳ مقدار شیب برحسب میلی‌متر محاسبه می‌گردد.

رابطه ۳ $$Fs(mm)=\frac{\text{درجه}\times h\times ۱/۷۵}{۱۰۰}$$

Fs: شیب بر حسب میلی‌متر

h: ارتفاع بر حسب میلی‌متر

در رابطهٔ ۳ مقدار $\frac{۱/۷۵}{۱۰۰}$ برابر $\tan ۱^\circ$ است، یعنی: $$\frac{۱/۷۵}{۱۰۰}=\tan ۱^\circ$$

خارج کردن قسمت‌های داخلی قالب، مشکل‌تر از قسمت‌های خارجی آن است و چنانچه مقدار شیب در این قسمت‌ها کم باشد احتمال خراب‌شدن قالب وجود دارد. به‌همین دلیل برای این قسمت از مدل، مقدار شیب بیشتری منظور می‌شود. این مقدار بسته به جنس مدل و فرایندهای قالب‌گیری متفاوت است. ولی آنچه تاکنون مشخص شده است ضرب‌کردن مقدار شیب به‌دست آمده در ضریب ۱/۵ برای شیب داخلی نسبت به شیب خارجی است.

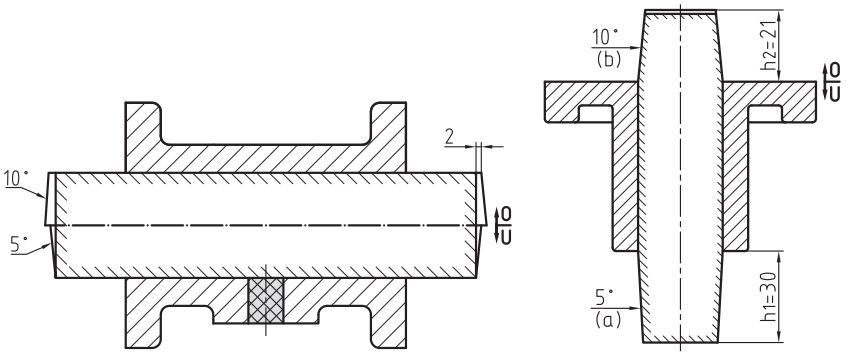
شیب مدل بر حسب درصد ارتفاع مدل نیز محاسبه می‌شود (جدول ۷).

جدول ۷ــ شیب بر حسب درصد

شرح	ارتفاع قالب‌گیری معمولی	ارتفاع قالب‌گیری غیرمعمولی
شیب خارجی	۲	۳
شیب داخلی	۳	۵

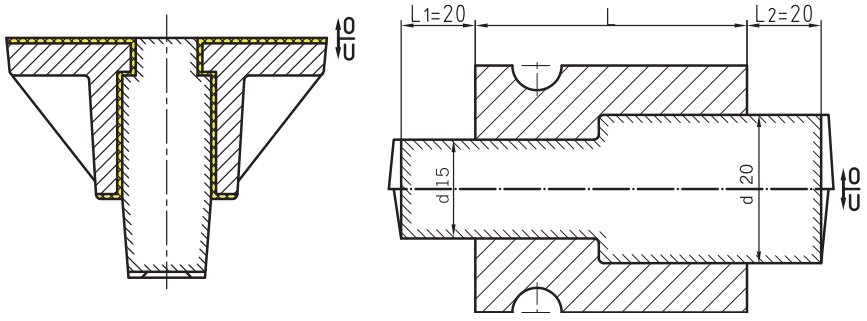
تعیین طول / ارتفاع و شیب تکیه‌گاه‌های مدل

برای اینکه ماهیچه به آسانی در داخل قالب قرار گیرد طول تکیه‌گاه و شیب آن باید براساس اصول صحیحی تعیین شود. در این قسمت طول تکیه‌گاه ماهیچه و شیب آن برای ماهیچه‌های عمودی و افقی براساس استاندارد و جدول تعیین می‌شود. شکل ۴۷ نمونه‌ای از تکیه‌گاه‌های افقی و عمودی را نشان می‌دهد.



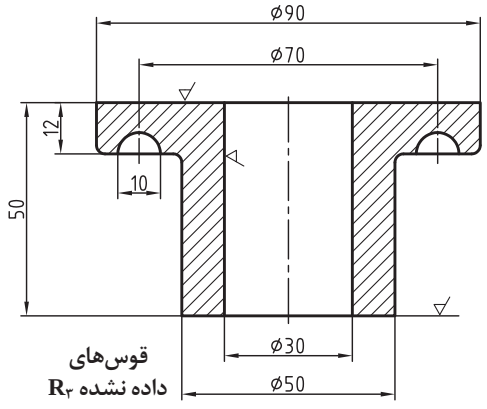
شکل ۴۷

الف) تعیین طول / ارتفاع تکیه‌گاه ماهیچه براساس استاندارد DIN1511: اندازه ارتفاع تکیه‌گاه در ماهیچه عمودی ۱ تا ۱/۵ برابر قطر ماهیچه برای ارتفاع تکیه‌گاه زیری و برابر قطر ماهیچه برای ارتفاع تکیه‌گاه رویی است. اندازه آن در ماهیچه افقی ۱ تا ۱/۵ برابر قطر ماهیچه است که در دو طرف آن اعمال می‌شود (شکل ۴۸).



شکل ۴۸

مثال: ارتفاع تکیه‌گاه زیری و رویی در شکل ۴۹ را براساس DIN1511 تعیین کنید.



شکل ۴۹ـ نقشه فنی قطعه

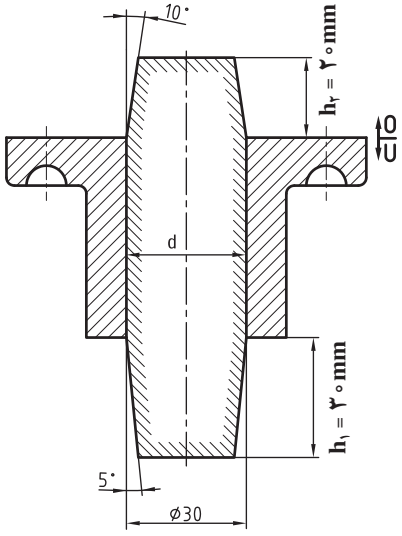
حل: ارتفاع تکیه‌گاه زیری تقریباً ۱ تا ۱/۵ برابر قطر ماهیچه تعیین شده است. اما در این قطعه با توجه به شکل ساده آن ۱ برابر قطر ماهیچه کافی به نظر می‌رسد. ارتفاع تکیه‌گاه رویی ۱برابر قطر ماهیچه تعیین شده که زیاد به نظر می‌رسد و $\frac{۲}{۳}$ قطر ماهیچه کافی است. بنابراین داریم:

$h_۱ = d = ۳۰ \Rightarrow$ ارتفاع تکیه‌گاه زیری $= ۱ \times ۳۰\,mm$

$h_۲ = d = ۳۰ \Rightarrow$ ارتفاع تکیه‌گاه رویی $= \frac{۲}{۳} \times ۳۰\,mm$

$h_۲ = ۲۰\,mm$

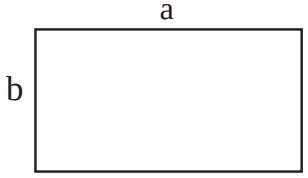
بنابراین ارتفاع تکیه‌گاه زیری و رویی را به نقشه انتقال می‌دهیم (شکل ۵۰).



شکل ۵۰ـ نقشه مدل‌سازی قطعه

نکته

در مواقعی که مقطع ماهیچه، دایره‌ای شکل نیست برای تعیین خط فرضی و استفاده از آن در جدول از نصف محیط مقطع ماهیچه استفاده می‌شود. بنابراین در ماهیچه مکعبی داریم:



$d_f = a + b$

ب) تعیین ارتفاع و طول تکیه‌گاه ماهیچه با استفاده از جدول: در مواقعی که طول و قطر ماهیچه بزرگ است و استفاده از استاندارد DIN1511 مناسب نیست از جدول‌های ۸ و ۹ استفاده می‌شود.

جدول ۸ــ ارتفاع تکیه‌گاه زیری در ماهیچه عمودی

قطر ماهیچه = D / ارتفاع ماهیچه = h	ارتفاع تکیه‌گاه زیری برحسب میلی‌متر = h_1									
	تا ۵۰	۵۱ ۱۰۰	۱۰۱ ۱۶۰	۱۶۱ ۲۵۰	۲۵۱ ۴۰۰	۴۰۱ ۶۵۰	۶۵۱ ۱۰۰۰	۱۰۰۱ ۱۶۰۰	۱۶۰۱ ۲۵۰۰	بیش از ۲۵۰۰
تا ۵۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	—	—	—	—	—	—
۵۱ـ۱۰۰	۳۰	۴۰	۴۰	۵۰	۵۰	—	—	—	—	—
۱۰۱ـ۲۰۰	۴۰	۵۰	۵۰	۶۰	۶۰	۸۰	—	—	—	—
۲۰۱ـ۴۰۰	۵۰	۶۰	۶۰	۷۰	۷۰	۸۰	۱۰۰	۲۰۰	—	—
۴۰۱ـ۷۰۰	۶۰	۷۰	۷۰	۸۰	۸۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۴۰
۷۰۱ـ۱۲۰۰	—	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۳۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۷۰
۱۲۰۱ـ۲۰۰۰	—	—	۱۳۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۹۰
۲۰۰۱ـ۳۰۰۰	—	—	—	۱۷۰	۱۷۰	۱۸۰	۱۹۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۲۰
۳۰۰۱ـ۵۰۰۰	—	—	—	۲۰۰	۲۰۰	۲۱۰	۲۲۰	۲۳۰	۲۳۰	۲۵۰

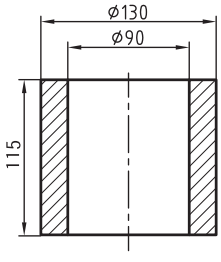
نکته

برای محاسبه ارتفاع تکیه‌گاه‌های رویی در ماهیچه عمودی ضریب ۰/۷ نسبت به ارتفاع تکیه زیری ماهیچه در نظر گرفته می‌شود.

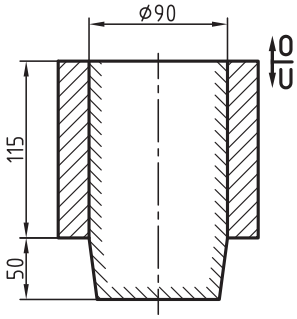
مثال: ارتفاع تکیه‌گاه زیری (شکل ۵۱) را با استفاده از جدول ۸ محاسبه کنید.

حل: با توجه به اینکه ارتفاع ماهیچه ۱۱۵میلی‌متر و قطر ماهیچه ۹۰میلی‌متر است، با مراجعه به جدول ۸ ابتدا در ستون ارتفاع ماهیچه، ردیف مربوط به ۱۱۵میلی‌متر را که در محدوده ۱۰۱ـ۲۰۰ است و سپس در ردیف قطر ماهیچه، قطر مربوط به ۹۰ میلی‌متر را که در محدوده ۵۱ـ۱۰۰ است مشخص کرده، سپس سطر و ستون مشخص‌شده را امتداد داده تا یکدیگر را قطع کنند که برای این مثال محل تقاطع عدد ۵۰ است که نشان‌دهنده ارتفاع تکیه‌گاه زیری است (شکل ۵۲).

$h_1 = ۵۰$ mm



شکل ۵۱



شکل ۵۲

برای تعیین طول تکیه‌گاه افقی، از جدول ۹ استفاده می‌شود.

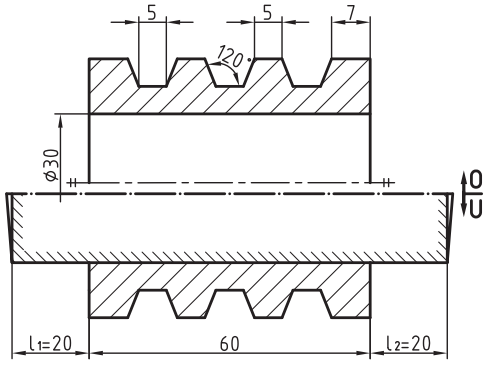
جدول ۹ــ تعیین طول تکیه‌گاه‌های افقی بر حسب میلی‌متر

طول ماهیچه $L=$ / $D=\frac{D+d}{۲}$	طول تکیه‌گاه $l_۱ = l_۲$										
	تا ۵۰	۵۰ ۱۵۰	۱۵۱ ۳۰۰	۳۰۱ ۵۰۰	۵۰۱ ۷۵۰	۷۵۱ ۱۰۰۰	۱۰۰۱ ۱۵۰۰	۱۵۰۱ ۲۰۰۰	۲۰۰۱ ۲۵۰۰	۲۵۰۱ ۳۰۰۰	بیش از ۳۰۰۰
تا ۵۰	۱۵	۲۰	۳۰	۴۰	—	—	—	—	—	—	—
۵۰_۱۰۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	—	—	—	—	—
۱۰۱_۲۰۰	—	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۱۰۰	۱۱۰	—	—	—
۲۰۱_۳۰۰	—	۵۰	۶۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۱۰	۱۳۰	۱۴۰	۱۵۰
۳۰۱_۴۰۰	—	—	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۶۰
۴۰۱_۵۰۰	—	—	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۳۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۶۰	۱۷۰
۵۰۱_۷۰۰	—	—	—	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۸۰
۷۰۱_۱۰۰۰	—	—	—	—	۱۲۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۸۰	۱۹۰
۱۰۰۱_۱۲۰۰	—	—	—	—	—	۱۵۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۸۰	۱۹۰	۲۰۰
۱۲۰۱_۱۵۰۰	—	—	—	—	—	—	۱۸۰	۱۹۰	۲۰۰	۲۱۰	۲۲۰
۱۵۰۱_۲۰۰۰	—	—	—	—	—	—	۲۰۰	۲۱۰	۲۲۰	۲۳۰	۲۴۰
۲۰۰۱_۲۵۰۰	—	—	—	—	—	—	۲۲۰	۲۳۰	۲۴۰	۲۵۰	۲۶۰
۲۵۰۱_۳۰۰۰	—	—	—	—	—	—	—	۲۵۰	۲۶۰	۲۷۰	۲۸۰
بیش از ۳۰۰۰	—	—	—	—	—	—	—	—	۲۸۰	۲۹۰	۳۰۰

مثال: طول تکیه‌گاه‌های شکل ۵۳ را با استفاده از جدول ۹ تعیین کنید.

حل: در ماهیچه‌های افقی با تکیه‌گاه‌های دوطرفه، طول ریشه‌های ماهیچه با هم برابر است. بنابراین با توجه به اینکه در شکل ۵۳ طول جان ماهیچه ۶۰ میلی‌متر و قطر ماهیچه ۳۰ میلی‌متر است، با استفاده از جدول ۹ داریم:

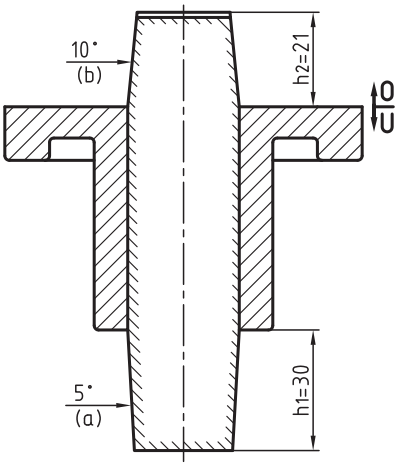
$$\text{طول تکیه‌گاه‌ها } L_۱ = L_۲ \rightarrow ۲۰\,mm$$



شکل ۵۳

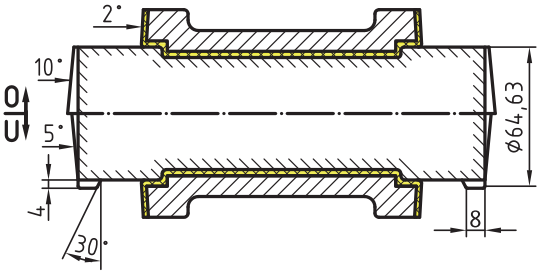
نکته

اگر ماهیچه پله‌دار باشد (دارای قطرهای متفاوت) میانگین قطرها به عنوان قطر متوسط در نظر گرفته و از جدول ۹، طول تکیه‌گاه تعیین می‌شود.



شکل ۵۴

ج) تعیین شیب تکیه‌گاه ماهیچه بر اساس استاندارد DIN1511:
بعد از مشخص شدن طول ریشه ماهیچه، شیب آن را تعیین می‌کنند.
ریشه ماهیچه عمودی: شیب تکیه‌گاه مدل در ماهیچه‌های عمودی یک طرفه و دو طرفه به قرار زیر است:
ریشه ماهیچه زیری: برای اینکه ریشه ماهیچه به‌راحتی در قالب قرار گیرد و تکیه‌گاه مدل نیز به آسانی از قالب جدا شود. تکیه‌گاه زیری را شیب می‌دهند که مقدار آن برای تکیه‌گاه زیری تا ۷۰میلی‌متر، ۵ درجه و از ۷۰میلی‌متر به بالا، ۳درجه تعیین شده است.
ریشه ماهیچه رویی: برای آنکه قالب رویی به آسانی روی قالب زیری و ماهیچه قرار گیرد تکیه‌گاه رویی را شیب می‌دهند. مقدار آن تقریباً ۲ برابر شیب تکیه‌گاه زیری تعیین می‌شود. یعنی چنانچه شیب تکیه‌گاه زیری ۵ درجه باشد، شیب تکیه‌گاه رویی ۱۰ درجه است (شکل ۵۴).



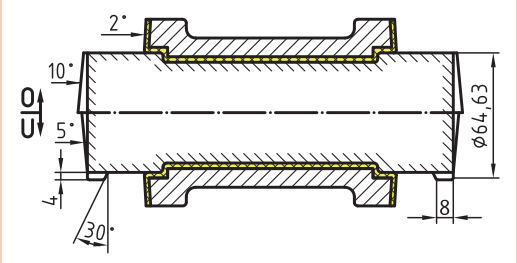
شکل ۵۵

تعیین شیب ریشه ماهیچه افقی: شیب تکیه‌گاه مدل در ماهیچه‌های افقی یک‌طرفه و دوطرفه به قرار زیر است:
۱ـ قالب زیری: تا ارتفاع ۷۰ میلی‌متر، ۵ درجه و از ۷۰ به بالا، ۳ درجه در نظر گرفته می‌شود.
۲ـ قالب رویی: تا ارتفاع ۷۰ میلی‌متر، ۱۰ درجه و از ۷۰ به بالا، ۶ درجه در نظر گرفته می‌شود (شکل ۵۵).

فعالیت کارگاهی ۴

محاسبه طول تکیه‌گاه‌های افقی با استفاده از جدول استاندارد و ترسیم نقشه مدل‌سازی آن

نقشه کار:



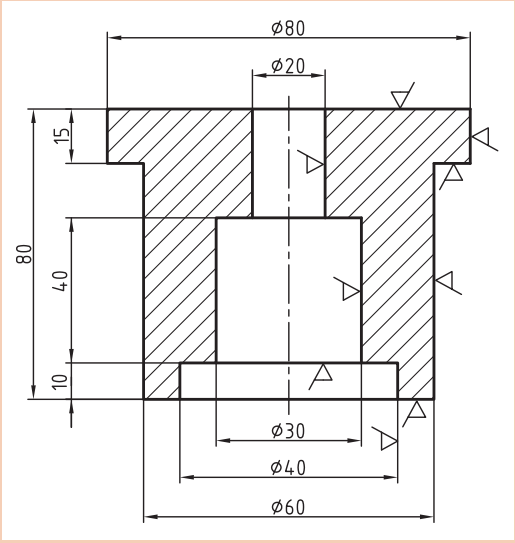
وسایل مورد نیاز:
۱ ابزار و لوازم نقشه‌کشی
۲ ماشین حساب

مراحل انجام کار:
۱ محاسبه ابعاد طول تکیه‌گاه با استفاده از جدول استاندارد.
۲ ترسیم نقشه مدل‌سازی و کنترل ابعاد آن.
۳ تحویل نقشه به هنرآموز جهت کنترل و ارزشیابی.

فعالیت کارگاهی ۵

محاسبه اضافات مجاز استاندارد و ترسیم نقشه مدل‌سازی

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار و لوازم نقشه‌کشی
۲ ماشین حساب

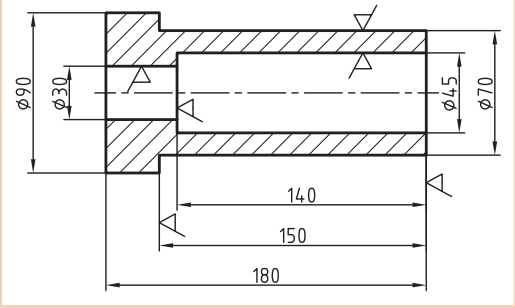
مراحل انجام کار:

۱ محاسبه ابعاد مدل چوبی برای تولید قطعات از آلیاژ برنج زرد با استفاده از جدول استاندارد.
۲ محاسبه اضافه مجاز تراش مدل چوبی از جدول استاندارد.
۳ محاسبه مقدار شیب اضافی مجاز از جدول استاندارد.
۴ محاسبه مقدار طول تکیه‌گاه‌های عمودی ماهیچه از جدول استاندارد.
۵ ترسیم نقشه مدل‌سازی و کنترل ابعاد آن.
۶ تحویل نقشه به هنرآموز جهت کنترل و ارزشیابی.

فعالیت کارگاهی ۶

محاسبه اضافات مجاز استاندارد و ترسیم نقشه مدل‌سازی

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار و لوازم نقشه‌کشی
۲ ماشین حساب

مراحل انجام کار:

۱ محاسبه ابعاد مدل چوبی جهت تولید قطعات آلیاژ آلومینیوم-سیلیسیم، با استفاده از جدول استاندارد.
۲ محاسبه اضافه مجاز تراش مدل چوبی از جدول استاندارد.
۳ محاسبه مقدار شیب اضافی مجاز از جدول استاندارد.
۴ محاسبه مقدار طول تکیه‌گاه‌های عمودی ماهیچه از جدول استاندارد.
۵ ترسیم نقشه مدل‌سازی و کنترل ابعاد آن.
۶ تحویل نقشه به هنرآموز جهت کنترل و ارزشیابی.

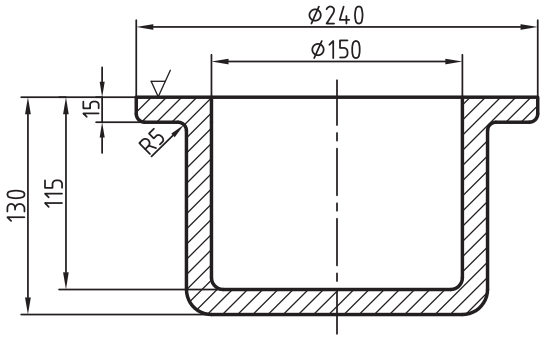
مثال: در صورتی‌که قطعه داده شده در شکل ۵۶ از جنس آلیاژی با ۱ درصد انقباض و شیب اضافی، ریختگی شود، مطلوب است:

الف) محاسبه اضافات مدل

ب) رسم نقشه مدل‌سازی

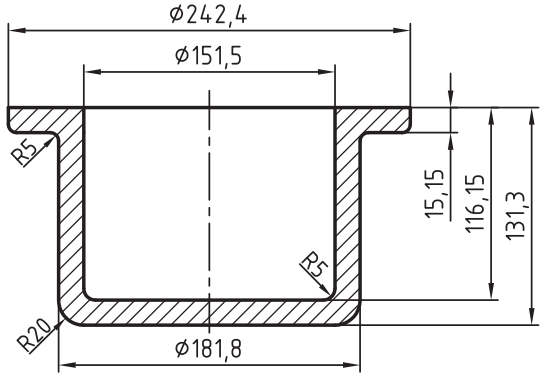
حل:

مرحله اول: سطح جدایش، غیریکنواخت است و مدل در درجه زیرین، قالب‌گیری می‌گردد و سطح جدایش سطح رویی نقشه مکانیکی است.



شکل ۵۶

مرحله دوم: تعیین مقدار انقباض مجاز: با استفاده از رابطه تقریبی و درصد انقباض داده شده (۱ درصد) خواهیم داشت: (شکل ۵۷)



شکل ۵۷

$$LM = \frac{LG \times S}{۱۰۰} + LG$$

$$\varnothing ۲۴۰ \Rightarrow LM = \frac{۲۴۰ \times ۱}{۱۰۰} + ۲۴۰ = ۲۴۲/۴ \text{ mm}$$

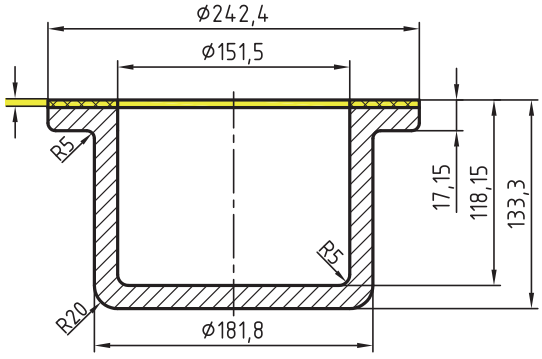
$$\varnothing ۱۸۰ \Rightarrow LM = \frac{۱۸۰ \times ۱}{۱۰۰} + ۱۸۰ = ۱۸۱/۸ \text{ mm}$$

$$\varnothing ۱۵۰ \Rightarrow LM = \frac{۱۵۰ \times ۱}{۱۰۰} + ۱۵۰ = ۱۵۱/۵ \text{ mm}$$

$$H_۱ = ۱۳۰ \Rightarrow LM = \frac{۱۳۰ \times ۱}{۱۰۰} + ۱۳۰ = ۱۳۱/۳ \text{ mm}$$

$$H_۲ = ۱۱۵ \Rightarrow LM = \frac{۱۱۵ \times ۱}{۱۰۰} + ۱۱۵ = ۱۱۶/۱۵ \text{ mm}$$

$$H_۳ = ۱۵ \Rightarrow LM = \frac{۱۵ \times ۱}{۱۰۰} + ۱۵ = ۱۵/۱۵ \text{ mm}$$



شکل ۵۸

مرحله سوم: تعیین مقدار تراش مجاز: مقدار تراش برای سطح بالایی با توجه به بیشترین ارتفاع قطعه، ۱۳۰میلی‌متر و جنس قطعه (در دسته فلزات سبک) تقریباً ۲ میلی‌متر است که در شکل ۵۸ با رنگ زرد مشخص شده و به ارتفاع قطعه اضافه شده است.

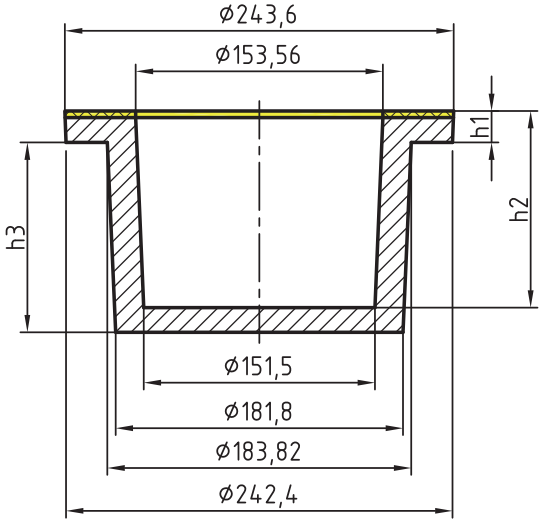
مرحله چهارم: تعیین شیب بر حسب درجه: با مراجعه به جدول استاندارد شیب‌ها (جدول ۶) داریم:

$$h_1 = ۱۵/۱۵ + ۲ = ۱۷/۱۵ \text{ mm} \rightarrow ۲^\circ$$

$$h_2 = ۱۱۶/۱۵ + ۲ = ۱۱۸/۱۵ \text{ mm} \rightarrow \frac{۱}{۲}^\circ$$

$$h_3 = ۱۳۳/۳ - ۱۷/۵ = ۱۱۵/۸ \text{ mm} \rightarrow \frac{۱}{۲}^\circ$$

مرحله پنجم: تعیین مقدار شیب بر حسب میلی‌متر: با استفاده از رابطه ۳ مقدار شیب بر حسب میلی‌متر به شرح صفحه بعد به دست می‌آید (شکل ۵۹).



شکل ۵۹

$$f_s(mm) = \frac{\text{درجه} \times h \times ۱/۷۵}{۱۰۰}$$

$$h_1 = ۱۷/۱۵ \text{ mm} \xrightarrow{\text{از جدول ۶}} ۲^\circ \Rightarrow f_{s_1}(mm) = \frac{۱/۷۵ \times ۱۷/۱۵ \times ۲}{۱۰۰} = ۰/۶ \Rightarrow \text{از هر طرف}$$

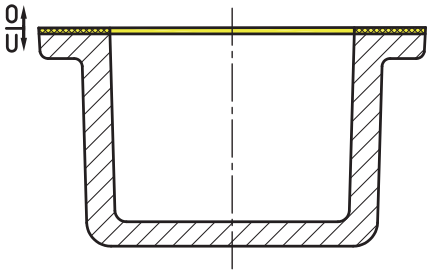
$$\varnothing ۲۴۲/۴ + ۰/۶ + ۰/۶ = \varnothing ۲۴۳/۶$$

$$h_2 = ۱۱۸/۱۵ \text{mm} \Rightarrow \frac{۱}{۲}^\circ \Rightarrow f_{s_2}(mm) = \frac{۱/۷۵ \times ۱۱۸/۱۵ \times ۰/۵}{۱۰۰} = ۱/۰۳ \text{ mm} \Rightarrow \text{از هر طرف}$$

$$\varnothing ۱۵۱/۵ + ۱/۰۳ + ۱/۰۳ = \varnothing ۱۵۳/۵۶$$

$$h_۳ = ۱۱۵/۸ \text{ mm} \Rightarrow \frac{۱^\circ}{۲} \Rightarrow f_{s_۲}(\text{mm}) = \frac{۱/۷۵ \times ۱۱۵/۸ \times ۰/۵}{۱۰۰} = ۱/۰۱ \text{ mm} \Rightarrow \text{از هر طرف}$$

$$\varnothing ۱۸۱/۸ + ۱/۰۱ + ۱/۰۱ = \varnothing ۱۸۳/۸۲ \text{ mm}$$

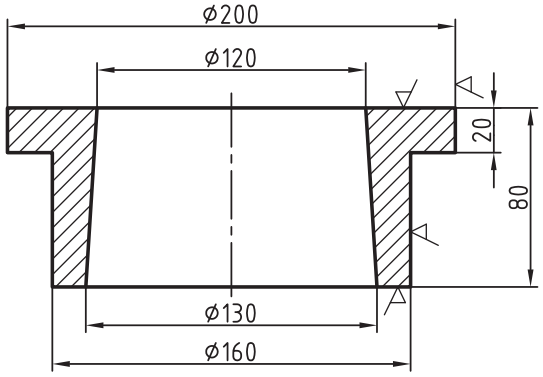


شکل ۶۰

مرحله ششم: رسم نقشه مدل‌سازی: در نقشه مدل‌سازی سطح جدایش مدل، مقدار ماشین‌کاری و مقدار شیب مدل رسم می‌شود (شکل ۶۰).

نکته

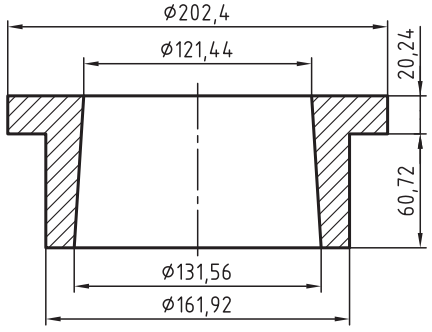
رسم نقشه مدل‌سازی تا حد امکان به مقیاس ۱:۱ انجام می‌شود.



شکل ۶۱

مثال: درصورتی که قطعه داده شده از جنس آلیاژ آلومینیوم با ۱/۲ درصد انقباض و شیب اضافی (+) ریخته‌گری شود، مطلوب است: محاسبه اضافات مدل‌سازی و رسم نقشه مدل‌سازی (شکل ۶۱).

مرحله اول: تعیین سطح جدایش: در مواردی که مدل در قالب زیرین قرار می‌گیرد سطح رویی آن عنوان سطح جدایش مدل را دارد که با علامت $\frac{O}{U}$ نشان داده می‌شود (مانند شکل ۶۰).



شکل ۶۲

مرحله دوم: تعیین مقدار انقباض مجاز: با در دست داشتن درصد انقباض و رابطه ۲ (رابطه تقریبی) مقدار آن به شرح زیر به‌دست می‌آید (شکل ۶۲).

$$LM = \frac{LG \times S}{۱۰۰} + LG$$

$$\varnothing ۲۰۰ \Rightarrow LM = \frac{۲۰۰ \times ۱/۲}{۱۰۰} + ۲۰۰ = ۲۰۲/۴ \text{ mm}$$

$$\varnothing ۱۶۰ \Rightarrow LM = \frac{۱۶۰ \times ۱/۲}{۱۰۰} + ۱۶۰ = ۱۶۱/۹۲ \text{ mm}$$

$$\varnothing ۱۳۰ \Rightarrow LM = \frac{۱۳۰ \times ۱/۲}{۱۰۰} + ۱۳۰ = ۱۳۱/۵۶ \text{ mm}$$

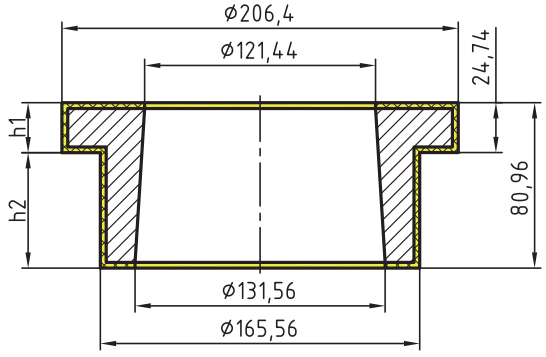
$$\varnothing ۱۲۰ \Rightarrow LM = \frac{۱۲۰ \times ۱/۲}{۱۰۰} + ۱۲۰ = ۱۲۱/۴۲ \text{ mm}$$

$$H_۱ = ۸۰ \Rightarrow LM = \frac{۸۰ \times ۱/۲}{۱۰۰} + ۸۰ = ۸۰/۹۶ \text{ mm}$$

$$H_۲ = ۲۰ \Rightarrow LM = \frac{۲۰ \times ۱/۲}{۱۰۰} + ۲۰ = ۲۰/۲۴ \text{ mm}$$

$$H_۳ = ۸۰ - ۲۰ = ۶۰ \Rightarrow LM = \frac{۶۰ \times ۱/۲}{۱۰۰} + ۶۰ = ۶۰/۷۲ \text{ mm}$$

مرحله سوم: تعیین مقدار تراش مجاز: با مراجعه به جدول استاندارد (جدول ۴) با توجه به اینکه ارتفاع مدل ۸۰/۹۶ است، مقدار تراش مجاز برای سطح رویی ۲/۵ میلی‌متر، سطح جانبی ۲ میلی‌متر و سطح زیری ۱/۵ میلی‌متر تعیین می‌شود (شکل۶۳).



شکل ۶۳

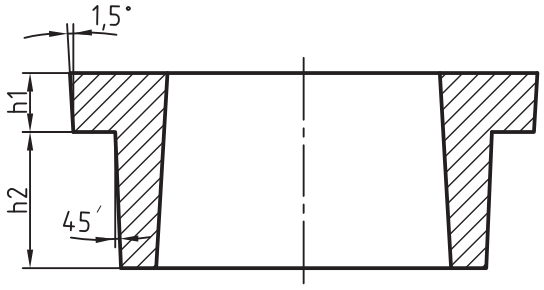
$$\varnothing ۲۰۲/۴ \Rightarrow ۲۰۲/۴ + ۲ + ۲ = ۲۰۶/۴ \text{ mm}$$

$$\varnothing ۱۶۱/۹۲ \Rightarrow ۱۶۱/۹۲ + ۲ + ۲ = ۱۶۵/۹۲ \text{ mm}$$

$$H'_۱ = ۸۰/۹۶ \Rightarrow ۸۰/۹۶ + ۲/۵ + ۱/۵ = ۸۴/۹۶ \text{ mm}$$

$$H'_۲ = ۲۰/۲۴ \Rightarrow ۲۰/۲۴ + ۲ + ۲/۵ = ۲۴/۷۴ \text{ mm}$$

$$H'_۳ = ۶۰/۷۲ \Rightarrow ۶۰/۷۲ + ۱/۵ - ۲ = ۶۰/۲۲ \text{ mm}$$

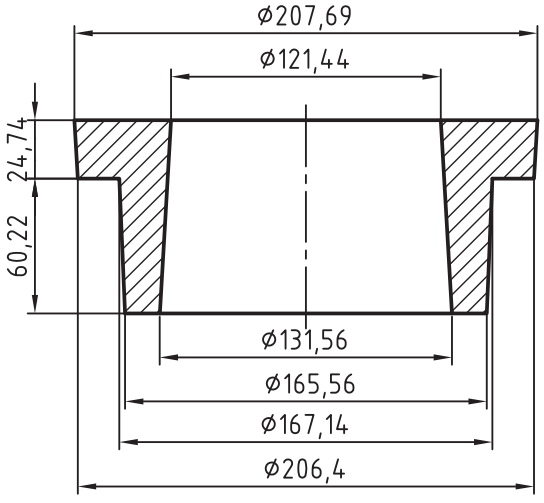


شکل ۶۴

مرحله چهارم: تعیین شیب برحسب درجه: با استفاده از جدول استاندارد شیب مدل و ارتفاع مدل (جدول ۶)، شیب مدل بر حسب درجه به‌دست می‌آید (شکل ۶۴).

$h_۱ = ۲۴/۷۴ \rightarrow$ از جدول ۶ $\rightarrow ۱/۵^\circ$

$h_۲ = ۶۰/۲۲ \rightarrow$ از جدول ۶ $\rightarrow ۴۵' = ۰/۷۵^\circ$



شکل ۶۵

مرحله پنجم: تعیین مقدار شیب برحسب میلی‌متر: با استفاده از درجه شیب و رابطه ۳ مقدار شیب مدل برحسب میلی‌متر به‌دست می‌آید (شکل ۶۵).

$$f_s(mm) = \frac{\text{درجه} \times h \times ۱/۷۵}{۱۰۰}$$

$h_۱ = ۲۴/۷۴ \rightarrow ۱/۵^\circ \Rightarrow f_s = \frac{۱/۷۵ \times ۲۴/۷۴ \times ۱/۵}{۱۰۰} = ۰/۶۴۹$ از هر طرف برحسب میلی‌متر

۲۰۶/۴+۰/۶۴۹ + ۰/۶۴۹ =۲۰۷/۶۹

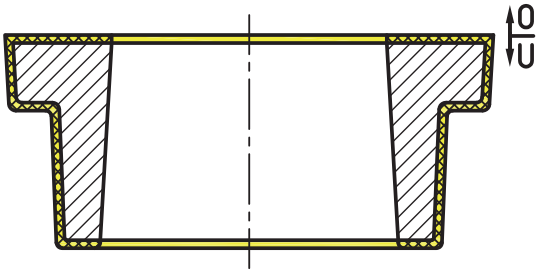
$h_۲ = ۶۰/۲۲ \rightarrow ۰/۷۵^\circ \Rightarrow f_s = \frac{۱/۷۵ \times ۶۰/۲۲ \times ۰/۷۵}{۱۰۰} = ۰/۷۹$ از هر طرف برحسب میلی‌متر

۱۶۵/۵۶+ ۰/۷۹+ ۰/۷۹ = ۱۶۷/۱۴

نکته

با توجه به اینکه قسمت داخلی قطعه مربوط به ماهیچه از ابتدا دارای شیب بوده، نیازی به محاسبه شیب نیست.

مرحله ششم: رسم نقشه مدل‌سازی: در این رسم، سطح جدایش مدل، مقدار تراش مجاز و شیب مدل به مقیاس ۱:۱ رسم می‌شود (شکل ۶۶).



شکل ۶۶

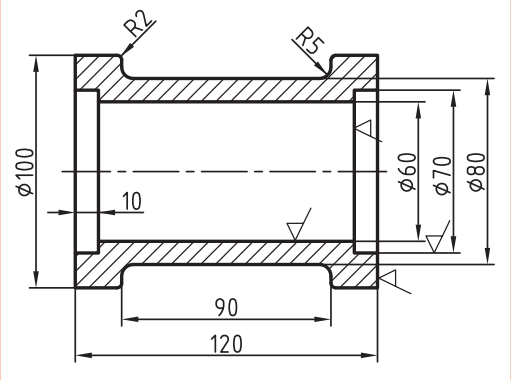
نکته

گوشه‌های تیز مدل باید گرد رسم شود به‌جز گوشه‌های تیز در محل سطح جدایش مانند شکل ۶۶.

فعالیت کارگاهی ۷

محاسبه اضافات مجاز استاندارد و ترسیم نقشه مدل‌سازی

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار و لوازم نقشه‌کشی

۲ ماشین حساب

مراحل انجام کار:

۱ محاسبه ابعاد مدل چوبی برای تولید قطعات از جنس چدن خاکستری با استفاده از جدول استاندارد.

۲ محاسبه اضافه تراش مجاز از جدول استاندارد.

۳ محاسبه مقدار شیب مجاز از جدول استاندارد.

۴ محاسبه مقدار طول تکیه‌گاه‌های افقی از جدول استاندارد.

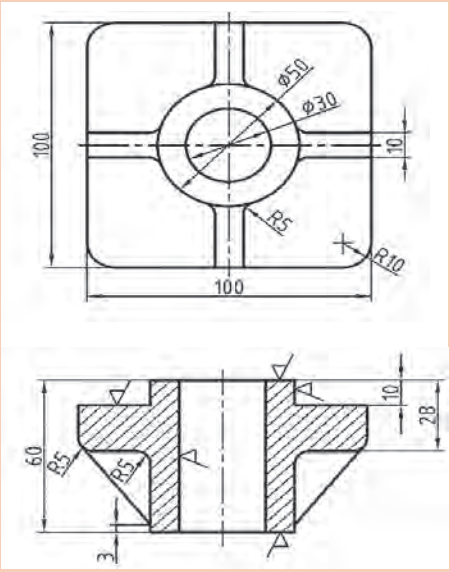
۵ ترسیم نقشه مدل‌سازی و کنترل ابعاد آن.

۶ تحویل نقشه به هنرآموز جهت کنترل و ارزشیابی.

فعالیت کارگاهی
۸

محاسبه اضافات مجاز استاندارد و ترسیم نقشه مدل‌سازی، ساختمان مدل، جعبه ماهیچه و قالب‌گیری

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

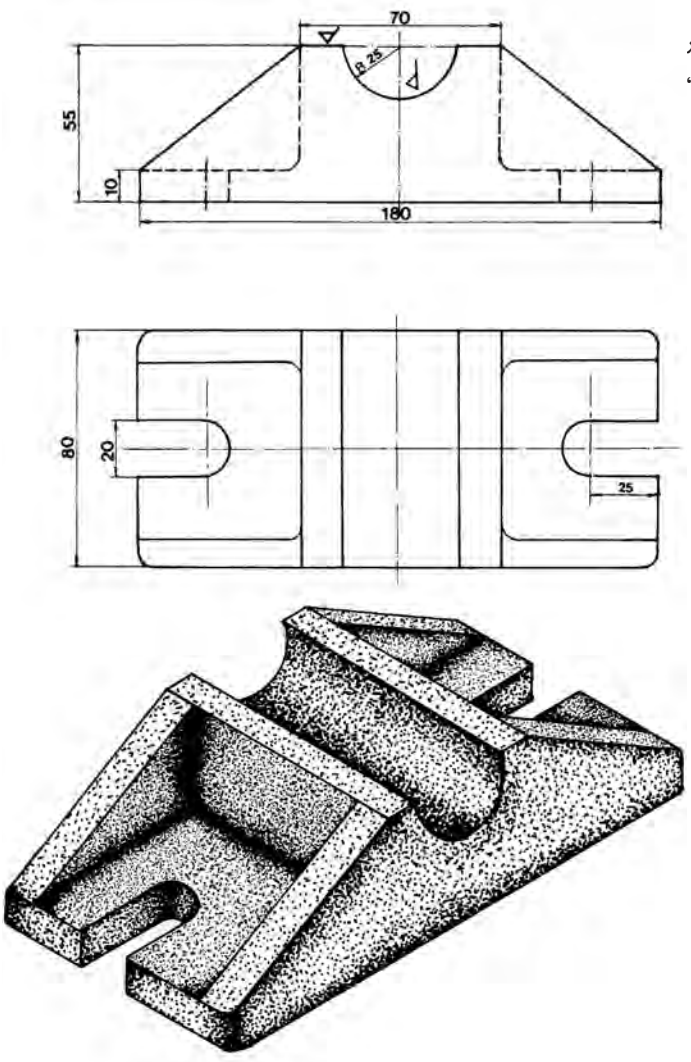
۱ ابزار و لوازم نقشه‌کشی
۲ ماشین حساب

مراحل انجام کار:

۱ محاسبه ابعاد مدل چوبی جهت تولید قطعات از جنس چدن خاکستری با استفاده از جدول استاندارد.
۲ محاسبه اضافه تراش مجاز از جدول استاندارد.
۳ محاسبه مقدار مجاز شیب میانی از جدول استاندارد.
۴ محاسبه مقدار طول تکیه‌گاه‌های عمودی از جدول استاندارد.
۵ ترسیم نقشه مدل‌سازی، ساختمان مدل، جعبه ماهیچه، قالب‌گیری و کنترل ابعاد آن.
۶ تحویل نقشه به هنرآموز جهت کنترل و ارزشیابی.

ارزشیابی پایانی تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی

شرح کار:
قطعه داده شده مطابق شکل از آلیاژ چدن خاکستری را در نظر گرفته و پس از انجام محاسبات مورد نیاز، نقشه‌های مدل‌سازی، ساختمان مدل، جعبه ماهیچه و قالب‌گیری را رسم کنید.
نوع شیب را اضافی در نظر بگیرید.



استاندارد عملکرد:
تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی

شرایط انجام کار:
۱ محیط کارگاهی
۲ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
۳ تهویه استاندارد و دمای ۳ ± ۲۰ °c
۴ ابزارآلات و تجهیزات استاندارد و آماده به کار
۵ وسایل ایمنی استاندارد

ابزار و تجهیزات:
ابزار نقشه‌کشی شامل خط‌کش، گونیا، پرگار، مداد و میز نقشه‌کشی، رایانه، نرم‌افزار اتوکد

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمرهٔ قبولی	نمره هنرجو
۱	محاسبه اضافات مجاز	۱	
۲	اعمال اضافات مجاز به نقشه مکانیکی	۱	
۳	ترسیم نقشه مدل	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار رعایت دقت و نظم	۲	
	میانگین نمرات: *		

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

پودمان ۲

ساخت مدل‌های چوبی

واحد یادگیری ۲

ساخت مدل‌های چوبی

اولین مرحله در تولید قطعه به روش ریخته‌گری، ساخت مدل قطعه ریختگی است. مدل از لحاظ جنس، انواع مختلفی دارد که اولین نوع آن، مدل چوبی است.
در این واحد یادگیری، چوب‌شناسی، روش‌های چسباندن چوب، انواع تجهیزات برش‌کاری و تراش‌کاری و صافکاری چوب، روش‌های مونتاژ کردن مدل‌ها و تجهیزات و مواد مصرفی مورد نیاز در مونتاژ، قوس‌کاری و شیب‌دهی مدل‌ها و روش‌های آنها، روش‌های تمام‌کاری و رنگ‌کاری مدل و استانداردهای موجود آن توضیح داده می‌شود.

استاندارد عملکرد

با استفاده از نقشه مکانیکی و مواد اولیه و ابزار لازم، نقشه مدل‌سازی براساس استانداردهای مرتبط تهیه و مدل چوبی ساخته می‌شود.

پیش‌نیاز

تبدیل نقشه مکانیکی به مدل‌سازی

ساخت مدل چوبی

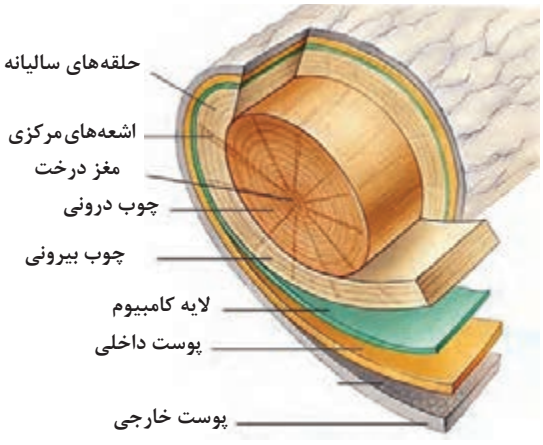
چرا مدل‌سازان به اولین ماده‌ای که برای ساخت مدل روی آوردند چوب بود؟ چرا امروزه هم با پیشرفت عظیم علم باز هم چوب جایگاه ویژه‌ای در مدل‌سازی دارد؟

چوب‌شناسی

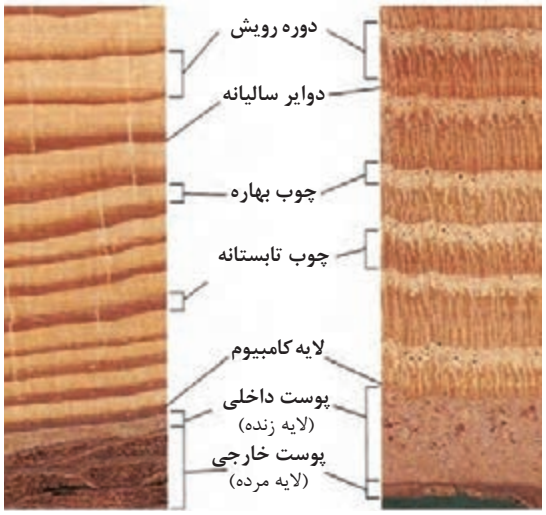
برای ساخت مدل‌های چوبی نیاز به چوب، نقشه فنی، ابزار و وسایل برش‌کاری، ابزار شکل‌دهی دستی مانند انواع سوهان‌ها، چوب‌سای‌ها به همراه اره، رنده و وسایل ماشینی (برقی) نظیر انواع ارّه‌ها و دیگر ماشین‌های براده‌برداری است. تهیه مدل‌های مرغوب در صورتی امکان‌پذیر است که مدل‌ساز، ساختمان چوب و خواص چوب‌های مورد استفاده در مدل‌سازی را بشناسد. یا اینکه چوب مناسب مدل‌سازی را از بازار خریداری و برای ساخت مدل با در نظر گرفتن شرایط محیط کارگاه‌های مدل‌سازی و ریخته‌گری، اقدام به انتخاب چوب مناسب کند.

ساختمان چوب

شکل ۱ مقطع برش خورده تنه یک درخت را نشان می‌دهد. خطوط و نشانه‌هایی که در تصویر مشخص شده است هر کدام نقشی در رشد و بقای درخت دارند. با توجه به ساختار درونی هر بخش، خواص چوب، مانند: رنگ، وزن مخصوص، فشردگی بافت‌ها و میزان جذب رطوبت در جهت عمود به مرکز تنه درخت، متفاوت خواهد بود.



(الف)



چوب بلوط — چوب کاج

(ب)

شکل ۱

مغز درخت: مغز درخت، قسمت مرکزی چوب است که بخش کوچک و بدون فعالیت (مرده) درخت را شامل می‌شود. این بخش، تیره رنگ و بسیار سخت است و در هنگام تبدیل تنه درخت به الوار، از آن جدا شده و کنار گذاشته می‌شود (شکل ۱ـ الف).

چوب درونی: چوب درونی (چوب پیر)، بخش زنده درخت است که کامل و محکم با سلول‌های تیره و فشرده بوده و در صنعت مدل‌سازی اهمیت فراوانی دارد (شکل ۱ـ الف).

حلقه سالیانه: هر سال در بهار و تابستان یک حلقه چوب جوان به محیط درختان اضافه می‌شود. این حلقه را حلقه سالیانه می‌نامند و معرف یک سال عمر درخت است. هر حلقه از دو بخش درونی و بیرونی تشکیل شده است. بخش درونی با بافتی نرم‌تر و ضخیم‌تر که مربوط به فصل بهار است را چوب بهاره می‌نامند. بخش بیرونی با بافتی سخت‌تر و رنگی تیره‌تر که در فصل تابستان شکل گرفته است چوب تابستانه یا پاییزه نامیده می‌شود (شکل ۱ـ ب).

چوب بیرونی: چوب بیرونی (چوب جوان)، بخش فعال و زنده چوب است که از بافتی بسیار نرم با فشردگی کم تشکیل شده است. این قسمت از تنه درخت، آب و مواد معدنی را از ریشه به طرف برگ‌ها منتقل می‌کند و محل ذخیره مواد غذایی موردنیاز درخت است. با توجه به خصوصیاتی که در توضیحات به آن اشاره گردید این قسمت از تنه درخت در مدل‌سازی، مصرف چندانی ندارد (شکل ۱ـ الف).

حلقه نامیه یا کامبیوم (لایه چوب‌زا): این حلقه از یک لایه بسیار نازک و چسبنده تشکیل شده است که بین چوب بیرونی و پوست داخلی (آوندها) قرار دارد. وظیفه این قسمت از تنه درخت، جمع‌آوری مواد غذایی و انتقال آن در مسیر طولی درخت و رساندن آنها به ساقه‌ها و برگ‌ها است. این لایه در رشد و نمو درخت نقش بسیار مهمی دارد که به آن، لایه چوب‌زا (چوب‌ساز) نیز می‌گویند.

آوندهای چوب: این بخش اسفنجی شکل یا پوست داخلی مجموعه‌ای از لوله‌ها یا مجراهای بسیار نازک است که از طریق آنها قندهای نامحلول و هورمون‌های رشد از برگ‌ها به سایر قسمت‌های درخت منتقل می‌شود (شکل ۱).

پوست خارجی: پوست خارجی، بیرونی‌ترین قشر تنه درخت است که وظیفه محافظت از بخش‌های درونی درخت به‌خصوص آوندها، در مقابل عوامل خارجی نظیر: حرارت، نور، ضربه، فشار، حشرات و دیگر جانوران را دارد (شکل ۱).

اشعه‌های مرکزی: این بخش به‌صورت خطوطی بسیار نازک دیده می‌شود که از طرف مرکز تنه درخت به بیرون آن کشیده شده است. اشعه‌های مرکزی وظیفه جابه‌جا کردن و رساندن موادغذایی به‌صورت شعاعی در تنه درخت را بر عهده دارد (شکل ۱ـ الف).

خواص چوب

چوب فراورده‌ای طبیعی با ساختاری ناهمگن است که خواصی نظیر رنگ، بو، وزن مخصوص، فشردگی، سختی و مقاومت دارد که در جهات و بخش‌های مختلف، با هم متفاوت هستند.

چوب مناسب، چوبی است که بیماری نداشته، آسیبی به آن وارد نشده باشد و رشد و نمو صحیحی در جهت عمودی و افقی داشته باشد.

عواملی نظیر رطوبت، حشرات و موجودات زنده، رشد نامنظم تنه درخت، شرایط بد محیط رشد و نمو درخت و نگهداری و انبارداری نامناسب، بر خواص چوب تأثیرگذار هستند. در این میان، رطوبت مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر خواص چوب است.

تأثیر رطوبت در چوب: حدود ۲۰ تا ۶۰ درصد وزن درختان زنده را آب تشکیل می‌دهد که به‌طور متوسط ۵ تا ۱۵ درصد آن در چوب درونی و ۱۵ تا ۴۵ درصد آن در چوب بیرونی تنه درخت جریان دارد. پس از قطع کردن درخت، از میزان رطوبت آن کاسته شده و به حدود ۱۵ تا ۳۰ درصد می‌رسد. چوب قطع شده، رطوبت خود را با هوای محیط اطراف خود یکسان می‌کند. اگر چوب به روش طبیعی، کاملاً خشک شود و سپس در مجاورت رطوبت هوا قرار گیرد، پس از مدتی رطوبت هوا را به خود جذب می‌کند. حال اگر همین چوب در هوای گرم و خشک قرار گیرد، پس از مدتی رطوبت خود را از دست می‌دهد و خشک می‌شود. این خاصیت از معایب چوب محسوب می‌شود که باعث معایب زیر می‌شود:

الف) چوبی که رطوبت جذب کند، سنگین‌تر می‌شود و در مدل‌سازی مصرف ندارد.

ب) چوب‌های مرطوب، مستعد رشد قارچ‌ها هستند.

ج) در اثر جذب رطوبت، بعضی از خواص چوب کاهش می‌یابد.

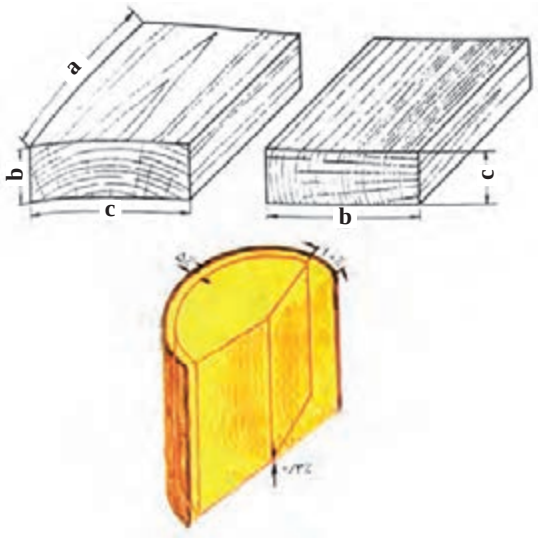
د) در اثر کم و زیاد شدن میزان رطوبت، در شکل و حجم چوب، تغییراتی حاصل می‌شود که آن را اصطلاحاً کار کردن چوب می‌نامند. کار کردن چوب بدترین و مضرترین ویژگی آن است و تغییراتی که به نام کار کردن چوب در حجم و فرم آن ظاهر می‌شود، در صنایع چوب به نام‌های کاستن، منبسط شدن، انداختن، کشیده شدن، پیچیده شدن و ترک خوردن چوب شناخته می‌شوند.

کاستن: دراثر تبخیر آب، جداره‌های سلول چوب، خود را جمع کرده و به هم نزدیک می‌شوند. همچنین در اثر تبخیر آب، از حجم و وزن چوب کاسته می‌شود. مقدار کاسته شدن در قسمت‌های مختلف چوب یکسان نیست. با توجه به شکل ۲ این مقدار در جهت طولی (a)، ۰/۱ تا ۰/۳ درصد، در جهت اشعه‌های مرکزی (b)، ۵ درصد و در جهت حلقه‌های سالیانه (c)، ۱۰ درصد است.

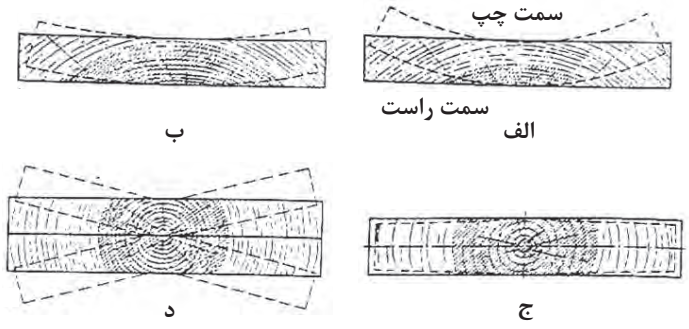
منبسط شدن: چوب در هوای مرطوب، رطوبت هوا را به خود جذب می‌کند و باعث زیاد شدن حجم و وزن آن می‌شود، این تغییر را منبسط شدن چوب می‌نامند. به‌عنوان مثال اگر قطعه چوبی که در هوای آزاد به‌طور طبیعی خشک شده باشد، به مدت ۱/۵ تا ۲ ماه در آب قرار گیرد ، حجم و وزن آن برابر حجم و وزن زمان بریده شدن از درخت می‌شود.

انداختن: تخته‌های به‌دست آمده از یک تنه درخت، اغلب به دو گروه تخته‌های مرکزی (چوب پیر) و تخته‌های جانبی (چوب جوان) تقسیم می‌شوند. چوب جوان نسبت به چوب پیر مقدار بیشتری آب دارد و پس از خشک شدن، حجمش بیشتر از چوب پیر کاسته می‌شود. این تفاوت در جمع شدن بین چوب جوان و پیر، باعث حرکت (تغییر شکل) چوب و در نتیجه سینه شدن آن در جهت عرضی می‌شود که آن را اصطلاحاً انداختن چوب می‌نامند.

قسمت سینه یا برجسته تخته را سمت راست و قسمت کاس یا فرورفته آن را سمت چپ می‌نامند (شکل ۳).



شکل ۲



شکل ۳ــ انداختن چوب در حالت‌های مختلف

خط‌کشی مدل (انتقال نقشه روی چوب)

انتقال تمامی و یا بخشی از نقشه مدل‌سازی بر روی قطعات چوبی، فلزی و یا پلاستیکی را خط‌کشی مدل می‌نامند. قبل از خط‌کشی قطعه کار، آن را گونیا می‌کنند. گونیا کردن قطعه کار چوبی را اصطلاحاً یک رو یک نر کردن می‌نامند.

مدل‌سازان، ابزار خط‌کشی مدل را به دو دسته تقسیم‌بندی کرده‌اند:

۱ وسایل خط‌کشی مانند: مداد و سوزن خط‌کش، پرگار معمولی و میله‌ای، خط‌کش تیره‌دار، گونیای ۴۵ و ۹۰ درجه.

۲ وسایل کمکی در خط‌کشی مانند: منشور مرکزیاب و گونیای مرکزیاب، سوزن خط‌کش پایه‌دار، سنبه‌نشان، صفحه صافی و میز خط‌کشی.

برش‌کاری

جدا کردن چوب در جهت‌های عرضی و طولی را برش‌کاری می‌گویند. جدا کردن عمود بر جهت الیاف چوب را عرض‌بُری (قطع کردن) و جدا کردن موازی با الیاف چوب را طول‌بری می‌نامند.

برش‌کاری دقیق، ضامن تولید مدل‌هایی با کیفیت ابعادی و سطحی بالا است. برشی را که سراسر طول آن به یک اندازه از محل خط‌کشی مدل فاصله داشته باشد، برش دقیق می‌نامند. برای انجام چنین برش‌هایی انتخاب ابزار مناسب و سالم، همچنین مهارت کافی در استفاده از آن وسیله، لازم و ضروری است. به همین منظور نیاز است با انواع دستگاه‌های برش‌کاری و نکات ایمنی آنها قبل از شروع به کار آشنا شویم.

سؤال

چرا برش‌کاری با فاصله از خط اصلی (در بخش دور ریز) انجام می‌گیرد؟

فعالیت کلاسی

در قالب کار گروهی، ابزارهای برش‌کاری که برای ساخت مدل‌های چوبی استفاده می‌شوند را فهرست کنید و کاربردها و نکات ایمنی در استفاده از هر یک را بنویسید. لازم است یکی از اعضای گروه نتایج به‌دست آمده را در کلاس درس ارائه کند.

ابزارهای برش‌کاری (اره‌ها)

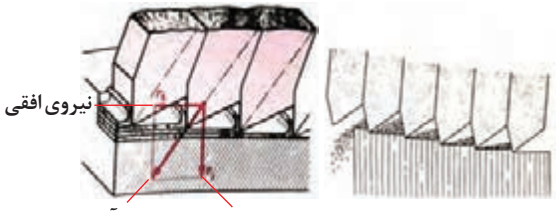
برای بریدن و جداسازی چوب‌ها با توجه به خواص، حجم و جهت الیاف چوب، همواره از ابزار و وسایل مختلفی استفاده می‌شود که ابزار برش‌کاری نامیده می‌شوند. از آنجایی که بخش برنده در تمامی این وسایل، دارای دندانه‌های تیز است؛ بنابراین به کلیه ابزار برش‌کاری چوب، اره گفته می‌شود. اره‌ها با توجه به شکل و نوع تیغه به دو گروه اره دستی و اره ماشینی تقسیم می‌شوند.

اره‌های دستی

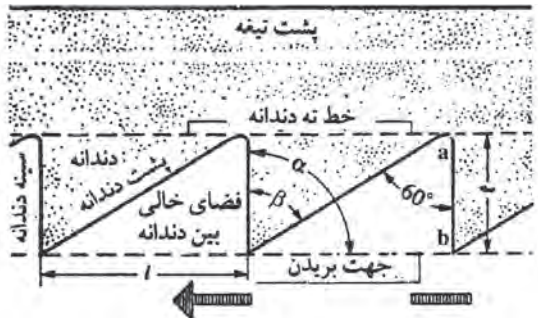
برای بریدن چوب در جهت‌های طولی و عرضی و همچنین بریدن فاق، زبانه و شکاف‌ها، اره‌هایی ساخته شده‌اند که از نظر شکل ظاهری به دو گروه اره‌های کلافی (مانند دندانه درشت و دندانه ریز) و اره‌های غیرکلافی (مانند ظریف‌بر، دم‌روباه، نوکی و روکش‌بر) دسته‌بندی می‌شوند.

از آنجایی که مشخصات مربوط به دندانه اره‌ها در کاربرد آنها نقش اساسی دارد، بنابراین در ابتدا ضروری است توضیحاتی در ارتباط با ویژگی‌های دندانه اره ارائه شود.

دندانه‌های اره تأثیر قلم کوچک تیزی را دارند (تأثیر گوه) که در اثر نیروی دست یا ماشین در چوب فرو می‌روند و آن را برش می‌دهند (شکل ۴). چوب قابلیت بریده شدن توسط تیغه‌های اره در جهت‌های مختلف را دارد و مقاومت آن در برابر تیغه‌های اره، بستگی به فرم دندانه، جهت برش، جنس چوب (نرمی و سختی) و میزان خشک بودن (درصد رطوبت) دارد. فرم دندانه‌های اره به شکل مثلث است و تأثیر آن روی برش چوب، به مقدار زاویه برش (آلفا) بستگی دارد. زاویه برش در اره‌های چوب‌بری معمولاً بین ۸۰ تا ۱۱۵ درجه است که تا زاویه ۹۰ درجه را خشن بر و از ۹۰ درجه به بالا، ظریف بر گفته می‌شود (شکل ۵).



شکل ۴

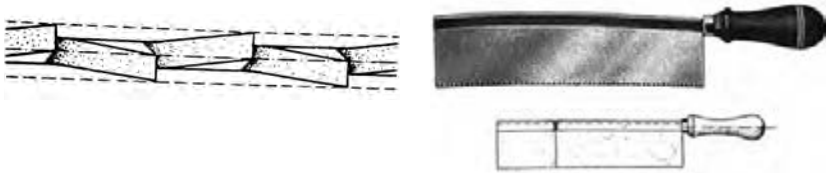


t= ارتفاع دندانه
α= زاویه برش
β= زاویه گوه
a= قوس ته دندانه
b= نوک دندانه
I= گام دندانه

شکل ۵ــ مشخصات دندانه اره

مقاومت تیغه اره در برابر چوب، بستگی به زاویه برش، تعداد دندانه‌ها، فاصله بین دندانه‌ها (گام دندانه) و ارتفاع دندانه‌ها دارد. هر چه فاصله بین دندانه‌ها بیشتر باشد، به همان نسبت برش خشن‌تر و مقدار خاک اره بیشتری خارج می‌شود. برای بریدن چوب‌های نرم و برش‌های طولی از اره‌های دندانه درشت و برای بریدن چوب‌های سخت از اره‌های دندانه ریز استفاده می‌شود.

۱ـ اره ظریف بر با دسته راست: این اره از یک تیغه و دسته تشکیل شده است (شکل ۶). تیغه در داخل یک پشته آهنی نصب می‌شود تا از لرزش آن در هنگام بریدن جلوگیری شود. دندانه این نوع اره‌ها، کم چپ و راست است. از این اره برای برش‌های ظریف استفاده می‌شود. طول تیغه اره ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر است.



الف) اره دستی ظریف با دسته راست ب) چپ و راست دندانه‌های اره

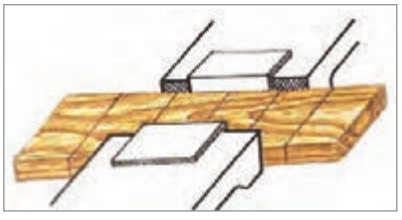
شکل ۶

۲ـ اره دم روباه: این اره از یک تیغه و دسته تشکیل شده است. از آنجایی که انتهای تیغه، پهن‌تر از نوک آن است، به آن اره دم روباه گفته می‌شود. دندانه‌های این اره در دو نوع ظریف (کم چپ و راست) و درشت (پر چپ و راست) ساخته می‌شود. این اره برای بریدن و قطع کردن چوب، صفحات چند لایه، صفحات نئوپان، فیبر و امثال آنها کاربرد دارد. طول تیغه اره حدود ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر است (شکل ۷).

شکل ۷ـ اره دستی دم روباه

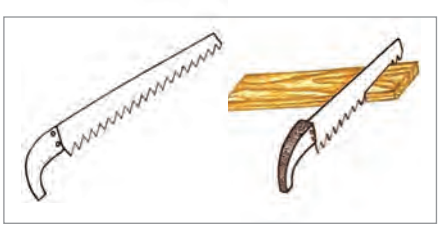
برش‌کاری با اره دستی

روش صحیح بستن قطعه کار و برش‌کاری صحیح با اره دستی در جهت ضخامت چوب و پهنای چوب به‌ترتیب در شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۸ـ طریقه صحیح بستن قطعه به گیره

شکل ۹ـ برش در جهت ضخامت چوب



شکل ۱۰ـ برش در جهت پهنای چوب

فعالیت کارگاهی ۱

خط‌کشی و برش‌کاری روی چوب و کنترل ابعاد

نقشه کار:

وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

۱ مداد
۲ خط‌کش فلزی ۳۰ سانتی‌متری
۳ متر فلزی
۴ سنبه نشان
۵ اره دستی
۶ میز کار

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، دستکش ایمنی، کفش ایمنی، عینک ایمنی و ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ قطعه چوبی به ابعاد ۳۰۰ × ۱۵۰ × ۲۵ میلی‌متر از هنرآموز محترم خود دریافت کنید.
۲ ابتدا ابعاد چوب خود را که تحویل گرفته‌اید با متر اندازه‌گیری و بررسی کنید.
۳ خط‌کشی را مطابق اندازه مورد نیاز روی چوب انجام دهید.
۴ قطعه چوب را به نحوی به گیره ببندید که حداقل ۳ برش خارج از گیره باقی بماند.
۵ به‌آرامی برش‌کاری را شروع کنید و تا انتهای خط ترسیمی ادامه دهید تا سبب لاشه شدن[1] چوب نگردد.
۶ ابعاد قطعات برش خورده را به وسیله ابزار اندازه‌گیری، کنترل کرده و میزان خطا در هر برش را یادداشت کنید.

نکته:

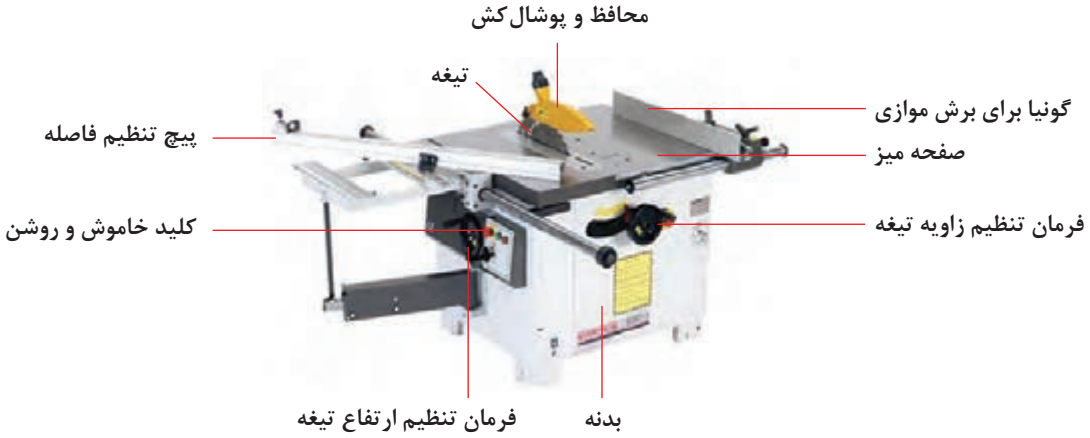
تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک دورریز چوبی سالم از سایر چوب‌ها و نخاله‌ها الزامی است. در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

اره‌های ماشینی

برای برش‌کاری تعداد زیادی قطعه چوب و یا برش‌کاری چوب‌های با ابعاد بزرگ، از اره‌های ماشینی استفاده می‌شود. از مهم‌ترین اره‌های ماشینی می‌توان به اره مجموعه (میزی)، اره نواری (فلکه)، اره فارسی‌بر، اره عمودبر و اره گردبر اشاره کرد.

۱ـ لاشه شدن چوب به معنای جدا شدن قسمتی از چوب به‌دلیل خشن‌بری است.

اره مجموعه‌ای (میزی): این اره معمولاً برای برش‌کاری چوب‌هایی با قطر کمتر از ۱۰ سانتی‌متر مورد استفاده قرار می‌گیرد. اره مجموعه‌ای بسیار قدرتمند بوده و در صورت استفاده نادرست، خطرناک است. این نوع اره، مخصوص برش صفحاتی نظیر تخته سه‌لایی، نئوپان، ام دی اف و چوب طبیعی است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ــ اره مجموعه‌ای

نکات ایمنی و بهداشت در استفاده از اره مجموعه‌ای

۱ برای اره مجموعه‌ای لازم است از فیوز مینیاتوری استفاده شود تا در مواردی که اشکالات الکتریکی پدید می‌آید برق دستگاه قطع گردد.

۲ استفاده از عینک ایمنی هنگام کار جهت محافظت از چشم‌ها در مقابل گرد و غبار تراشه چوب و همچنین ماسک به منظور جلوگیری از ورود گرد و غبار به مجاری تنفسی الزامی است.

۳ پیش از استفاده از اره مجموعه‌ای، روش صحیح کار با آن را زیر نظر هنرآموز، آموزش ببینید.

۴ در هنگام استفاده از اره مجموعه‌ای مراقب کابل برق دستگاه باشید.

۵ به منظور حرکت دادن (پیش‌برون) قطعه کار به سمت جلوی تیغه اره، از تکه‌های چوب (هادی‌ها) استفاده کنید تا از نزدیک شدن دست‌ها و انگشتان به تیغه برش اره مجموعه‌ای جلوگیری شود.

۶ از یک مکنده مناسب جهت جمع‌آوری گرد و غبار و ذرات ریز از سطح اره مجموعه‌ای استفاده کنید.

۷ همواره دست‌ها و انگشتانتان را از تیغه برش اره مجموعه‌ای دور نگه دارید.

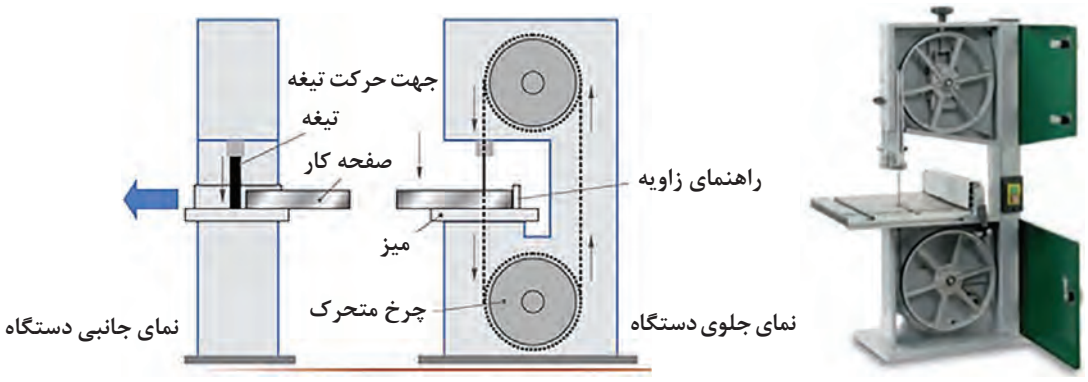
۸ قبل از اتصال اره مجموعه‌ای به برق، وضعیت تیغه برش را بررسی کنید. در صورتی‌که تیغه برش اره مجموعه‌ای آسیب دیده و یا فرسوده به نظر می‌رسد از آن استفاده نکنید.

۹ وضعیت چوب مورد استفاده را بررسی کنید. پیچ و میخ را از چوب خارج کنید، چرا که اگر به تیغه برش با سرعت زیاد برخورد کنند احتمال پرتاب شدن قطعه کار وجود دارد، ضمن اینکه تیغه اره نیز آسیب خواهد دید.

۱۰ هنگام تعویض یا تنظیم تیغه برش و تعمیر و نگهداری اره مجموعه‌ای باید کابل دستگاه را به‌طور کامل از برق خارج کنید.

اره نواری (فلکه‌ای)

اره نواری (شکل ۱۲) یکی از قدیمی‌ترین ماشین‌های صنایع چوب و مدل‌سازی است و برای برش‌های طولی، عرضی و قوس‌بری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

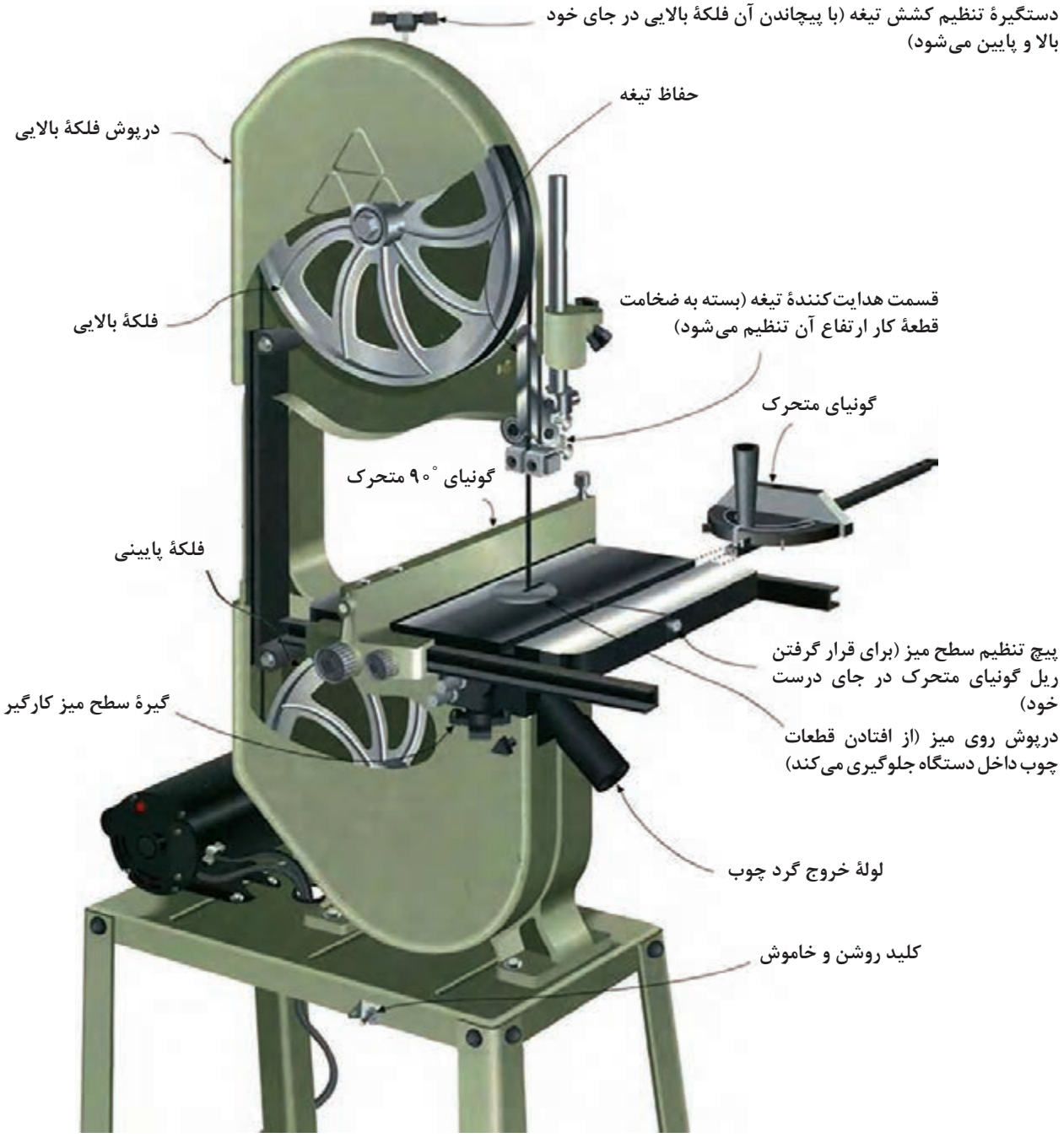


شکل ۱۲ـ اره نواری (فلکه‌ای)

قسمت‌های مختلف اره نواری

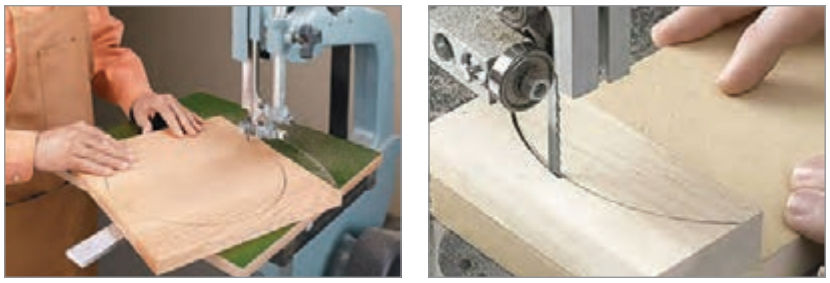
پایه ماشین: پایه اره نواری معمولاً از چدن ساخته می‌شود و اغلب به پی بتونی پیچ می‌گردد. اجزای مختلف دستگاه بر روی این پایه سوار است (شکل ۱۳).

فلکه‌های اره: این ماشین از دو فلکه ثابت و متحرک که در محور خود ثابت هستند، تشکیل شده است. فلکه پایین حرکت چرخشی خود را از الکتروموتور می‌گیرد و این حرکت را توسط تیغه اره به فلکه بالا انتقال می‌دهد. فلکه بالا در جهت طولی متحرک است و امکان تعویض و سفت کردن تیغه اره را فراهم می‌کند. برروی فلکه بالا یک پیچ تنظیم وجود دارد که از آن برای کنترل حرکت عرضی تیغه اره بر روی فلکه‌ها استفاده می‌شود.



شکل ۱۳ــ اجزای اره فلکه‌ای

میز کار ماشین: میز کار معمولاً از چدن یا آلیاژ آلومینیوم ساخته می‌شود. میز کار با توجه به عملکرد دستگاه دارای اندازه‌های متفاوت است. میز ماشین برای برش دادن قطعات، متحرک بوده و می‌تواند تحت زاویه‌های مختلف قرار بگیرد.
عملکرد اره نواری: با دستگاه اره نواری می‌توان چوب را در جهت‌های عرضی و طولی و همچنین قوس‌بری (منحنی شکل) برش داد. شکل ۱۴ دو نوع قوس‌بری را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴

ابزارهای تراش (رنده‌ها)

لایه‌برداری نرم و خشن از سطح چوب، به منظور به‌دست آوردن ابعاد مورد نیاز و یا رسیدن به شکل خاصی از چوب را، رنده‌کاری یا تراشیدن چوب و ابزار آن را رنده دستی یا ماشین رنده می‌گویند. این ابزارها به دو دسته رنده‌های دستی (چوبی و فلزی) و رنده‌های ماشینی (کف رند، رنده گندگی، خراطی، و فرز) تقسیم می‌شوند.

سؤال

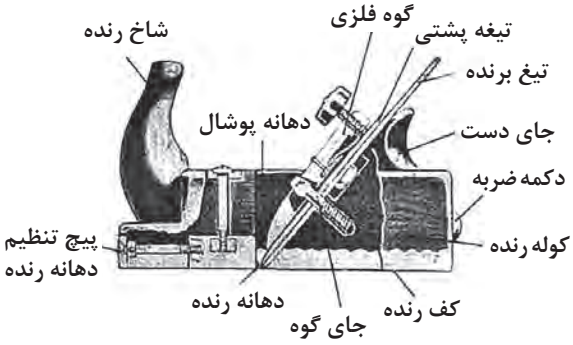
خالی کردن قسمت‌های داخلی چوب با کدام‌یک از ابزارها و ماشین‌های نام برده شده انجام می‌گیرد؟

فعالیت کلاسی

با جست‌وجو در اینترنت، تصاویر انواع رنده‌های دستی را بیابید و کاربرد آنها را توضیح دهید (نتایج جست‌وجوی خود را به هنرآموز محترم تحویل دهید).

رنده دستی: رنده دستی یکی از پرکاربردترین وسایل مورد استفاده در بین مدل‌سازان و صنعتگران برای رنده کردن و صاف کردن سطوح چوبی است. رنده‌ها از نظر جنس بدنه به دو گروه رنده‌های چوبی و فلزی، و از نظر شکل ظاهری تیغه و کاربرد آن به انواع: قاچی، یک تیغ، دو تیغ، بغل و خشی تقسیم‌بندی می‌شوند.

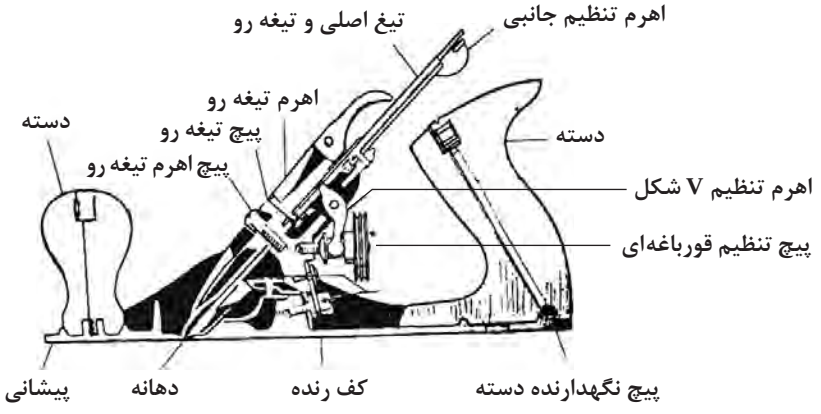
ساختمان رنده چوبی: کوله چوبی، تیغه برنده، گوه یا بن افشار و چند پیچ نگهدارنده و تنظیم‌کننده، ساختمان رنده چوبی را تشکیل می‌دهند. کوله چوبی از تنه رنده، شاخ رنده و دستگیره تشکیل شده است. در داخل کوله، یک شکاف برای قرار دادن تیغه رنده و بن افشار ایجاد شده است. قسمت بالای شکاف را دهانه پوشال و قسمت پایین آن را دهانه رنده می‌نامند. در اغلب رنده‌ها تیغ رنده و گوه از سمت بالا در داخل شکاف قرار می‌گیرند.



شکل ۱۵ــ رنده بدنه چوبی

فقط در چند نوع رنده؛ تیغ رنده از سمت پایین و گوه آن از سمت بالا در کوله رنده جاسازی می‌شوند. در بعضی از رنده‌ها دکمه ضربه و پیچ تنظیم‌کننده دهانه رنده، نصب می‌شود (شکل ۱۵).

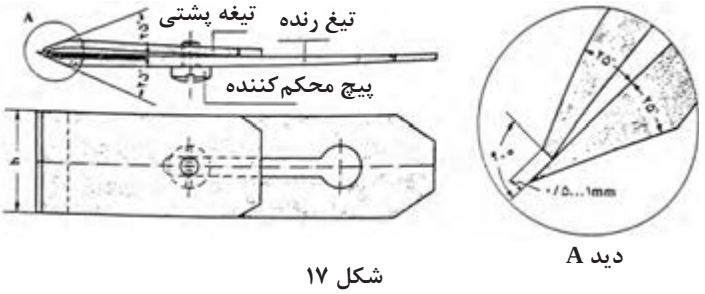
ساختمان رنده فلزی: در این نوع رنده، به‌جای کوله چوبی از کوله آهنی (چدنی یا فولادی)، و به‌جای دکمه ضربه از پیچ تنظیم که در پشت تیغ قرار دارد، استفاده می‌شود. با چرخاندن پیچ تنظیم به طرف راست و چپ، تیغ رنده در کوله عقب و جلو شده و تنظیم می‌شود. در انتهای تیغ رنده، یک اهرم برای تنظیم جانبی تیغ قرار دارد که با حرکت دادن آن به‌طرف راست و چپ، لبه تیغ رنده نسبت به کف رنده تنظیم می‌شود. در ابتدا و انتهای کوله، دسته‌های چوبی برای حرکت دادن رنده روی چوب نصب شده است (شکل ۱۶).



شکل ۱۶ــ رنده بدنه فلزی

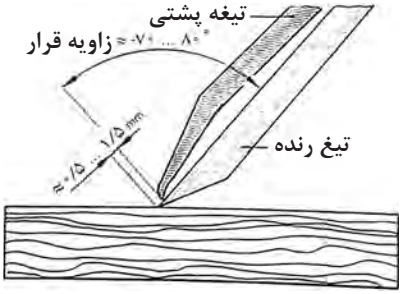
تیغ رنده: تیغ رنده از فولاد ابزار ساخته می‌شود. فرم تیغ‌ها بستگی به ساختمان رنده و نوع کاری که انجام می‌دهند دارد.

در سطح تیغ‌های خاص مانند: رنده دو تیغ، رنده بلند و رنده پرداخت، یک شکاف سرتاسری برای قرار دادن تیغه پشتی ایجاد شده است. تیغه پشتی در روی قسمت تخت تیغ اصلی به‌وسیله یک پیچ با فاصله ۰/۵ تا ۱/۵ میلی‌متر تنظیم می‌شود. تیغه پشتی، لبه برنده ندارد وظیفه آن فقط تقویت تیغ اصلی (ایجاد نیروی عکس‌العمل) به منظور هر چه تمیزتر و صاف‌تر رنده کردن سطح چوب است (شکل ۱۷).



شکل ۱۷

برای خروج بهتر پوشال از دهانه رنده، زاویه قرار تیغه پشتی از ۹۰ درجه به ۷۰ تا ۸۰ درجه کاهش یافته است (شکل ۱۸).



شکل ۱۸

زاویه برش: مجموع دو زاویه گوه و آزاد را زاویه برش می‌گویند. (شکل ۱۹ـ الف) زاویه گوه در اغلب تیغ‌رنده‌ها ۲۵ درجه است که این زاویه ممکن است در اثر کشیدن لبه تیغ روی سنگ نفت کمی تغییر کند. چنانچه زاویه گوه کمتر از ۲۵ درجه باشد، رنده‌کاری چوب‌های سخت و گره‌دار آسان‌ترخواهد بود. ولی اگر این اندازه بیشتر از ۲۵ درجه باشد، رنده‌کاری سخت‌تر است. در این صورت، پوشال ایجاد شده ضخیم است و سطح چوب، خشن و انرژی بیشتری مصرف می‌شود. زاویه گوه را زاویه پخ تیغ رنده نیز می‌نامند. چنانچه زاویه گوه دقیقاً ۲۵ درجه باشد، طول پخ تیغ رنده تقریباً ۲/۵ برابر ضخامت تیغ رنده می‌شود. در اثر پخ‌زدن تیغ رنده، زاویه آزاد ایجاد می‌شود. مقدار زاویه آزاد رنده‌ها بستگی به زاویه قرار تیغ آنها در کوله دارد. به‌عنوان مثال، مقدار زاویه آزاد در رنده‌های معمولی نسبت به زاویه آزاد در رنده خشی، چنین است:

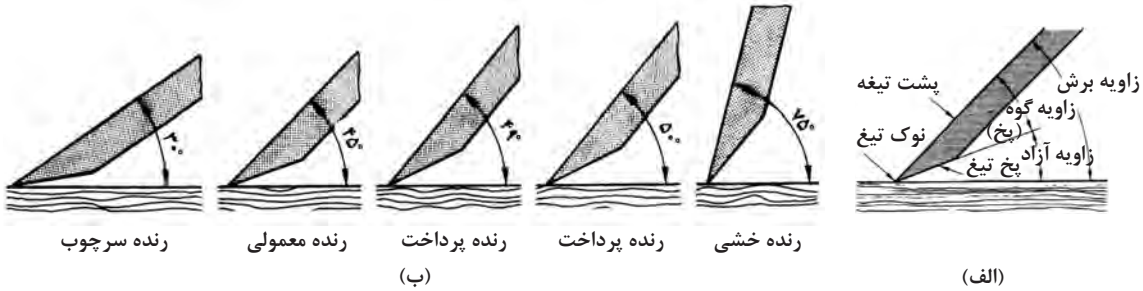
الف) رنده‌های معمولی زاویه آزاد = زاویه گوه - زاویه قرار تیغ

۴۵ - ۲۵ =۲۰

ب) رنده خشی زاویه آزاد = زاویه گوه - زاویه قرار تیغ

۷۵ - ۲۵=۵۰

شکل ۱۹ـ ب، زاویه قرار تیغ (زاویه برش) انواع رنده‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱۹ـ الف ـ زاویه برش و ب ـ زاویه قرار

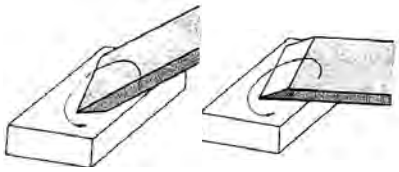
تیز کردن تیغ رنده: هر چه لبه برنده تیغ رنده تیزتر باشد، به همان نسبت، سطوح چوب تمیزتر و صاف‌تر رنده می‌شود. بنابراین، بعد از کند شدن تیغ رنده باید بلافاصله آن را تیز کرد. تیز کردن تیغ رنده در دو حالت انجام می‌شود. حالت اول موقعی است که لبه برّنده تیغ در اثر کار زیاد و برخورد با رگه‌های سخت و گره‌دار چوب کند می‌شود و حالت دوم زمانی است که لبه برّنده تیغ با میخ یا آهَنَک[1] موجود در چوب برخورد می‌کند و پریدگی در آن ایجاد می‌شود. در حالت اول، تیغ رنده را با سنگ نفت تیز می‌کنند. در حالت دوم، ابتدا تیغ را با ماشین چرخ سنگ سنباده می‌سایند و سپس آن را با سنگ نفت تیز می‌کنند.

۱ـ در بعضی از درختان، هنگام رشد، مواد آهنی وارد تنه می‌شود که اصطلاحاً آهنک نام دارد.

شکل ۲۰ـ تصویر تیزکن ماشینی

طرز ساییدن تیغ رنده: برای ساییدن تیغ رنده، از ماشین چرخ سنگ سنباده استفاده می‌شود. قبل از روشن کردن ماشین، تکیه‌گاه آن را مطابق زاویه پخ تیغ تنظیم می‌کنند و پس از قرار دادن تیغ روی تکیه‌گاه و روشن کردن ماشین، آن‌قدر آن را به سمت چپ و راست حرکت می‌دهند تا لبه‌های آن صاف شود (شکل ۲۰). برای جلوگیری از سوختن لبه تیغ (آبی رنگ شدن آن) و پله‌پله شدن سطح پخ، باید آن را با حرکت یکنواخت و فشار مساوی روی تکیه‌گاه و چرخ سنگ سنباده به حرکت درآورد. تیغ‌هایی که لبه آنها در اثر بی‌دقتی آبی رنگ می‌شود، مقاومت اولیه خود را از دست می‌دهند. بنابراین، چوب را به‌خوبی رنده نمی‌کنند (کیفیت اولیه خود را از دست می‌دهند).

سنگ نفت یا سنگ آب: بعد از ساییدن تیغ رنده به‌وسیله ماشین سنگ سنباده، آن را با سنگ نفت یا سنگ آب تیز می‌کنند تا پوشال‌برداری روی چوب به نحو مطلوب انجام شود. قبل از انجام این کار، سنگ نفت را آغشته به نفت و سنگ آب را آغشته به آب می‌کنند. آغشته کردن سنگ به آب و یا نفت بستگی به نوع سنگ دارد، به‌عنوان مثال، یک سنگ نفت طبیعی ممکن است با آب کار کند و سنگ نفت طبیعی دیگری، که از ترکیب کوارتز ساخته شده است، با نفت یا روغن کار کند و بعضی دیگر از سنگ‌های نفت مصنوعی، هم با آب و هم با نفت قابل استفاده هستند.



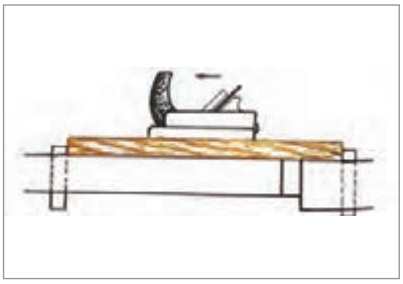
شکل ۲۱

طرز پلیسه‌گیری تیغ رنده: در اثر ساییدن تیغ رنده به وسیله ماشین سنگ سنباده، سطح آن خشن می‌شود. برای از بین بردن این خطوط، پخ تیغ را آنقدر روی سطح سنگ حرکت می‌دهند تا سطح آن صیقل شود. در اثر این حرکت، لبه بسیار ظریفی در پشت تیغ اره (قسمت تخت آن) ایجاد می‌شود که اصطلاحاً پلیسه نامیده می‌شود. با کشیدن پشت تیغ رنده روی سنگ نفت و بالعکس (این حرکت را چندین بار تکرار می‌کنند) پلیسه از بین رفته و تیغ رنده، تیز می‌شود. حرکت تیغ رنده روی سنگ نفت به شکل دایره یا بیضی انجام می‌شود (شکل ۲۱).

رنده‌کاری

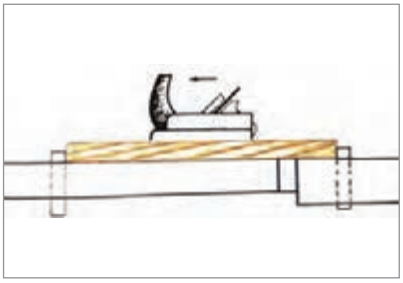
از بین بردن خطوط ناشی از برش اره و ناهمواری‌های سطوح چوب به‌وسیله رنده‌های دستی و ماشینی را رنده‌کاری می‌گویند. در بعضی از کارهای مدل‌سازی، رنده کردن چوب به‌وسیله ماشین امکان‌پذیر نیست و مدل‌ساز مجبور است قطعه کار را با دست رنده کند. برای رسیدن به این مهارت، در این کتاب فقط به آموزش و تمرین رنده‌کاری با دست اشاره شده است.

رنده‌کاری در جهت الیاف چوب: مناسب‌ترین حالت رنده‌کاری، رنده کردن چوب در جهت الیاف آن است. در این حالت، پوشال‌ها لطیف، سطح چوب صاف و حرکت پیشروی رنده خوب است، در نتیجه انرژی کمتری مصرف می‌شود (شکل ۲۲).



شکل ۲۲

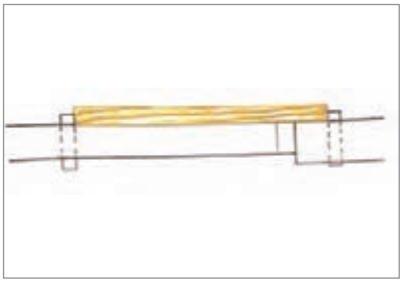
رنده‌کاری در خلاف جهت الیاف چوب: هنگام رنده‌کاری، پوشال‌ها زبر و ضخیم و سطح چوب ناصاف است. در نتیجه، حرکت پیشروی کند و انرژی زیادی مصرف می‌شود. بنابراین، در صورت امکان باید از رنده کردن چوب در این جهت خودداری شود (شکل ۲۳).



شکل ۲۳

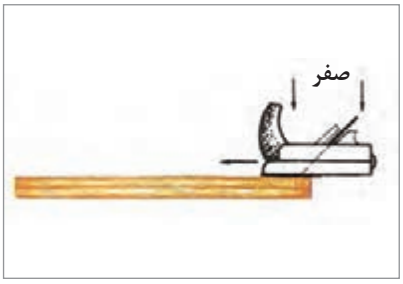
مراحل رنده کاری

الف) بستن قطعه کار: ابتدا چوب را در پهنا روی صفحه میز کار بین گیره قرار داده و سپس آن را محکم می‌کنند (شکل ۲۴).



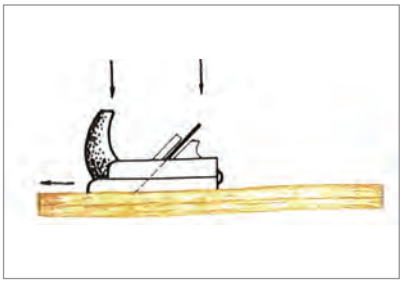
شکل ۲۴

ب) شروع عملیات رنده‌کاری: با وارد آوردن نیروی عمودی و افقی روی شاخ رنده (جلوی رنده) عملیات رنده‌کاری آغاز می‌شود (شکل ۲۵).



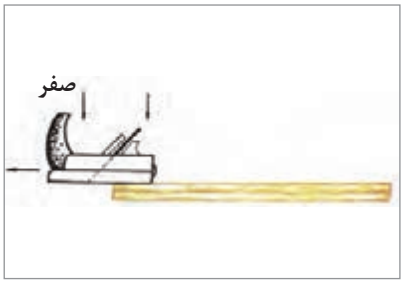
شکل ۲۵

ج) عملیات رنده‌کاری: با حرکت دادن رنده به‌طرف جلو، کف رنده با سطح قطعه کار تماس کامل حاصل می‌کند. در این حالت با اعمال سه نیرو روی رنده، عمل رنده‌کاری انجام می‌شود (شکل ۲۶).



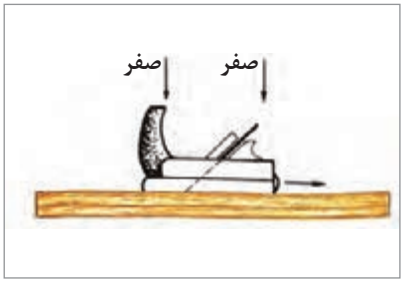
شکل ۲۶

د) پایان رنده‌کاری: با هدایت رنده به انتهای قطعه کار، یک مرحله کامل رنده‌کاری (رفت رنده) انجام می‌گیرد (شکل ۲۷).



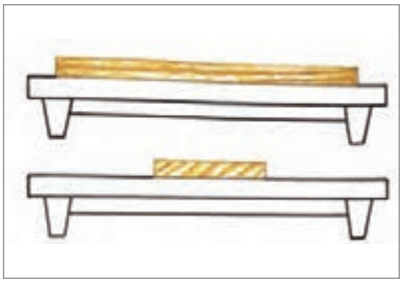
شکل ۲۷

هـ) عملیات برگشت رنده: در هنگام برگشت دادن رنده، فقط نیروی افقی اعمال می‌شود یعنی در این حالت باید سعی شود که رنده را کمی از سطح چوب بالاتر نگاه داشته و سپس با اعمال نیروی افقی آن را به طرف عقب برگشت داد (شکل ۲۸).



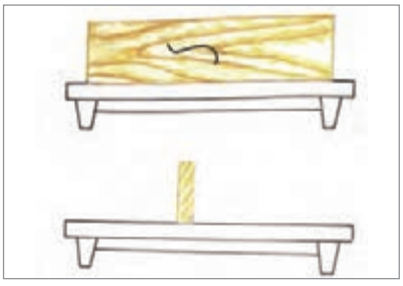
شکل ۲۸

و) مرحله کنترل صافی سطح چوب (پهنای تخته): بعد از رنده کردن سطح چوب (پهنای تخته)، آن را روی سطح صفحه صافی قرار داده و از گونیا شدن آن اطمینان حاصل شود (شکل ۲۹).



شکل ۲۹

ز) مرحله کنترل صافی سطح پهلو (ضخامت تخته): بعد از رنده کردن پهلوی چوب (ضخامت تخته)، گونیایی بودن سطح آن به‌وسیله صفحه صافی کنترل می‌شود (شکل ۳۰).

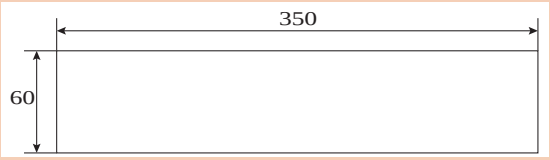


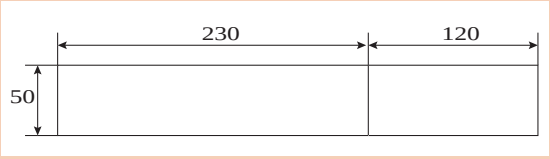
شکل ۳۰

فعالیت کارگاهی ۲

رنده‌کاری

نقشه کار:





وسایل مورد نیاز:

۱ مداد
۲ رنده چوبی یا فلزی
۳ متر فلزی
۴ سنبه نشان
۵ اره دستی
۶ صفحه صافی
۷ میز کار

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، دستکش ایمنی، کفش ایمنی، عینک ایمنی و ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ قطعه چوبی به ابعاد ۳۵۰ × ۶۰ × ۲۵ میلی‌متر از هنرآموز محترم خود دریافت کنید.
۲ ابتدا ابعاد چوب را با متر اندازه‌گیری و بررسی کنید.
۳ قطعه چوب را به‌نحوی به گیره ببندید که عملیات رنده‌کاری به‌راحتی انجام شود.
۴ ابعاد قطعه چوب را توسط عملیات رنده‌کاری به ابعاد نقشه برسانید.
۵ سطوح رنده‌کاری شده را توسط صفحه صافی کنترل کنید.

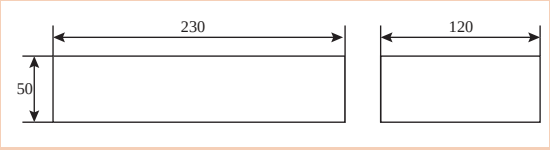
نکته:

میز کار، محیط کارگاه تمیز شود و دورریز چوبی سالم از سایر چوب‌ها و نخاله‌ها تفکیک شود.
در هنگام کار، مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی بوده تا آسیبی به فردی وارد نشود.

فعالیت کارگاهی ۳

خط‌کشی و برش‌کاری چوب

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ مداد
۲ خط‌کش فلزی مدرج
۳ متر فلزی
۴ سنبه نشان
۵ اره دستی
۶ صفحه صافی
۷ میز کار

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، دستکش ایمنی، کفش ایمنی، عینک ایمنی و ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ ابعاد قطعه کار آماده شده در فعالیت ۲ را کنترل و اندازه‌گیری کنید.

۲ خط‌کشی روی سطح چوب را مطابق نقشه کار انجام دهید.

۳ قطعه چوب را به گونه‌ای به گیره ببندید که بتوان عملیات برش‌کاری را به آسانی انجام داد.

۴ به آرامی برش را شروع کنید و عمل برش را تا انتهای خط ترسیمی ادامه دهید تا سبب لاشه شدن چوب نگردد.

۵ قطعات بریده شده را به وسیله خط‌کش کنترل کنید.

نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک دورریز چوبی سالم از سایر چوب‌ها و نخاله‌ها ضرورت دارد. در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی بوده تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

ماشین‌های تراش

۱ـ ماشین‌های رنده

ماشین رنده کف رند: از این ماشین برای رنده‌کردن کف و پهلوی چوب (یک رو یک نر کردن) و گونیا نمودن سطح چوب استفاده می‌شود. این ماشین از سه بخش اصلی، پایه، میز و نیروی محرکه تشکیل شده است. جنس پایه و میز، فلزی است. سایر وسایل کمکی آن عبارت‌اند از: گونیای طولی (روی صفحه میز نصب می‌شود)، حفاظ‌ها، برای جلوگیری از خطر برخورد دست با لبه برّنده تیغ رنده، و هادی‌های چوبی یا پلاستیکی به منظور جلو راندن قطعات کوچک چوب روی تیغ رنده، مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۳۱).

شکل ۳۱ـ ماشین کف رند

ماشین رنده گندگی: یکی از مهم‌ترین ماشین‌های پوشال‌برداری (رندیدن) ماشین گندگی است. در ماشین گندگی از تکنیکی ساده برای لایه‌برداری سطوح الوارها یا تخته‌ها استفاده شده است. اجزای مهم این ماشین عبارت‌اند از: یک استوانه گردنده (توپی) که روی آن معمولاً چندتیغ ۲ تا ۵ میلی‌متری نصب شده است که وظیفه لایه‌برداری روی سطوح چوب را بر عهده دارد و یک غلتک دندانه‌دار که کشندگی چوب به سمت تیغ‌ها را انجام می‌دهد. با حرکت دادن میز دستگاه توسط فرمان تنظیم دستی و یا اتوماتیک، به محض تماس الوار با غلتک دندانه‌دار کشنده، چوب به سمت تیغ‌ها هدایت می‌شود و عمل تراش‌کاری (پوشال‌برداری) روی سطح آن انجام می‌گیرد (شکل ۳۲).

شکل ۳۲

نکات ایمنی

۱ بعد از آموزش‌های لازم، تحت نظارت و راهنمایی هنرآموز محترم اقدام به روشن کردن دستگاه کنید.
۲ پیش از روشن شدن کامل دستگاه (سیستم گرداننده تیغ‌ها و غلتک‌های کشنده)، چوب را درون دستگاه قرار ندهید.
۳ از گوشی و ماسک تنفسی برای حفاظت در برابر آلودگی صوتی و محیطی استفاده کنید.
۴ بعد از تمام شدن کار با دستگاه، اطراف آن را به دقت تمیز کنید تا از پراکنده شدن پوشال‌های چوب در محیط کارگاه جلوگیری شود.
۵ برای قرار دادن یا برداشتن چوب رنده شده در دستگاه از دستکش استفاده نمایید، زیرا احتمال خطر وارد شدن لاشه‌های نازک چوب در پوست دست وجود دارد.
۶ در صورت استفاده از چوب‌های بازیافتی، به دقت آن را کنترل کنید که میخ، پیچ یا منگنه‌ای در آن نباشد.
۷ هنگامی که دستگاه روشن است، برای بررسی و تنظیم خط‌کش مدرج دستگاه، از عینک ایمنی استفاده کنید.
۸ از قرار گرفتن در مقابل محل خروج پوشال‌های چوب خودداری کنید.
۹ قبل از رنده کردن سطح چوب، پهنای آن را با کف رند گونیا کنید. در صورت گونیا نبودن سطح زیرین چوب، سطح بالایی چوب نیز ناهموار خواهد شد.
۱۰ پس از خاموش کردن موتور اصلی دستگاه، دقت کنید که غلتک نیز خاموش شده باشد (چنانچه دستگاه دارای دو موتور مجزا باشد).

۲ـ ماشین خراطی: ماشین خراطی یکی از قدیمی‌ترین دستگاه‌های مکانیکی در صنعت درودگری است که با توجه به قدمت آن احتمال داده می‌شود ایده ساخت این وسیله را از روی چرخ سفال‌گری برگرفته باشند. با ورود این دستگاه به صنایع چوب، تحولی عظیم در ساخت و تولید قطعات مدور با اشکال درونی و بیرونی متفاوت ایجاد شد. ماشین‌های خراطی امروزی با شکل‌ها و اندازه‌های مختلف، برای حجم‌های مختلف چوب با سرعت دوران‌های مختلف طراحی شده‌اند که همگی با نیروی برق و الکتروموتوری که نیروی محرکه دستگاه را تأمین می‌کند کار می‌کنند. دستگاه خراطی روش کار بسیار ساده‌ای دارد به‌گونه‌ای که با گرداندن قطعه‌کار حول محور خود و برخورد هم زمان مغار یا قلم برنده باعث لایه‌برداری از سطح چوب شده و اشکالی متقارن با مقاطع دایره‌ای به‌وجود می‌آورد.

حساس‌ترین و مهم‌ترین بخش ماشین خراطی، بستر ماشین و نیروی محرکه آن است. این ماشین شامل پایه، مرغک، دستگاه ساپورت و تکیه‌گاه‌هایی است که در طول بستر ماشین، قابل جابه‌جایی و تنظیم هستند. بستر ماشین خراطی باید از جنسی ساخته شود که تحمل وزن دستگاه‌های مرغک، ساپورت، و تکیه‌گاه‌ها را داشته باشد. بستر ماشین نباید در اثر کار زیاد، انحناء پیدا کند زیرا که انحناء در بستر ماشین باعث بی‌دقتی در ساخت مدل چوبی می‌شود. تفاوت بین ماشین خراطی مخصوص مدل‌سازی با ماشین خراطی درودگری در ارتفاع سنتر (محور نیروی محرکه) تا روی سطح بستر ماشین است. با این ماشین می‌توان مدل چوبی تا قطر تقریبی یک متر خراطی و تراشکاری نمود (تصویر ۳۳).

شکل ۳۳

قسمت‌های اصلی یک ماشین خراطی ساده عبارت‌اند از:

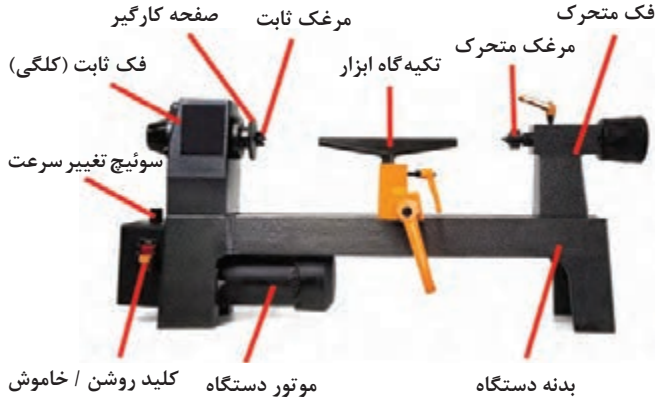
۱ پایه مرغک متحرک بستر ماشین، مرغک ثابت و مرغک متحرک که در طول بستر ماشین قابل حرکت و تنظیم است.

۲ تکیه‌گاه ابزار یا تکیه‌گاه قلم تراش که در طول بستر ماشین قابل حرکت و تنظیم است.

۳ کله‌ای و مرغک ثابت (سه نظام و چهار نظام کله‌ای)

۴ محل چرخ تسمه و تسمه ذوزنقه‌ای برای تغییر دور ماشین

۵ دریچه بازدید موتور و تغییر دور ماشین



شکل ۳۴

۶ صفحه نظام داخل تراشی
۷ کلید روشن و خاموش کردن و محفظه الکتروموتور
۸ تکیه‌گاه قلم داخل تراشی
۹ ریل حرکت طولی مرغک متحرک (ریل در طول بستر ماشین متحرک است).

نکات ایمنی

۱ در هنگام خراطی از ماسک و شل محافظ صورت استفاده کنید.
۲ پس از بستن قطعه‌کار به دستگاه از سفت بودن و بدون حرکت بودن پایهٔ مرغک روی ریل اطمینان حاصل کنید.
۳ فاصله تکیه‌گاه قلم‌تراش تا قطعه‌کار را بین ۸ الی ۱۰ میلی‌متر تنظیم کنید. در صورت زیاد بودن فاصله بین تکیه‌گاه و قطعه‌کار خطر، قاپیدن قلم‌تراش وجود دارد.
۴ برای وارد کردن فشار کمتر به قطعه‌کار در حال گردش و کاهش احتمال پرت شدن آن، همواره قلم‌تراش خود را تیز نگه دارید.
۵ به محض شل شدن یا لق زدن قطعه‌کار فوراً دستگاه را خاموش کنید.
۶ از هم‌کلاسی‌های خود بخواهید که به هیچ‌عنوان روبه‌روی شما پشت دستگاه قرار نگیرند.
۷ به هیچ عنوان از چوب‌هایی که میخ و گره چوب در آنها است، استفاده نکنید.
۸ هنگامی‌که از چسب و کاغذ برای ساخت مدل‌های دو تکه استفاده می‌کنید حتماً از خشک شدن چسب اطمینان حاصل کرده، سپس اقدام به خراطی کنید.
۹ از لمس کردن قطعه‌کار به‌منظور پی بردن به کیفیت سطح آن هنگامی که دستگاه روشن یا در حال دوران است خودداری کنید.
۱۰ در هنگام پرداخت‌کاری نهایی قطعه‌کار توسط سوهان و سنباده، آستین‌های لباس کار خود را بالا بزنید.
۱۱ به منظور جلوگیری از خراب شدن پیچ‌های سفت‌کننده پایه مرغک و تکیه‌گاه قلم‌تراش، آنها را به اندازه کافی محکم کنید و از سفت کردن بیش از حد خودداری کنید.

جایگاه خراطی در مدل‌سازی

از خراطی در مدل‌سازی معمولاً به منظور:
۱ ساخت مدل‌های استوانه‌ای یک تکه و دو تکه؛
۲ ساخت مدل‌های مدور با ماهیچه سرخود؛
۳ ساخت اجزایی از مدل که بعداً مونتاژ می‌شوند؛
۴ ساخت مدل‌های مدور توخالی با صفحه نظام استفاده می‌شود.

ساخت مدل‌های دوتکه: مدل‌های استوانه‌ای، مدل اولیه، مدل ثانویه و مدل‌های صفحه‌ای را می‌توان به‌صورت دو تکه (دو پارچه) توسط دستگاه خراطی ساخت. چنانچه بعد از خراطی، قطعه‌کار را توسط ماشین اره نواری یا ماشین دیگری به دو نیم تقسیم کنند مقطع مدل از حالت دایره خارج می‌شود، برای جلوگیری از این عیب از قرار دادن کاغذ در محل سطح جدایش قطعه کار استفاده می‌شود؛ به این صورت که در هنگام چوب چسبانی در محل سطح جدایش دو قطعه چوب، از کاغذ روزنامه و چسب چوب (به شکل نقطه‌ای) استفاده می‌شود. کاغذ، لایه‌ای نازک را بین دو سطح قطعه کار ایجاد نموده و از چسبیدن دائمی آنها به یکدیگر جلوگیری می‌کند.

بعد از این مرحله مانند فعالیت خراطی قبل، قطعه‌کار را مرکزیابی کرده و با توجه به شکل مدل، خراطی می‌شود. در پایان کار خراطی برای جدا نمودن مدل دو تکه خراطی شده، مغار یا قلم تیزی را در بین سطح جدایش قرار داده و با چکش پلاستیکی یا چوبی ضربه می‌زنند.

ساخت مدل‌های مدوّر با ماهیچه سرخود: برای ساخت این نوع مدل‌ها با ماشین خراطی لازم است پس از قطاع چسبانی و خشک شدن چسب چوب به دو روش زیر قطعه‌کار را به ماشین خراطی متصل کرد:

۱ استفاده از صفحه پشت‌بند، پیچ و صفحه نظام

۲ استفاده از چسب آهن و صفحه نظام

با استفاده از صفحه نظام و پشت‌بند چوبی و پیچ و یا با استفاده از چسب آهن می‌توان قطعه‌کار را به ماشین خراطی متصل کرد. نحوه اتصال باید به گونه‌ای باشد که مرکز قطعه‌کار با مرکز صفحه نظام با هم منطبق باشند.

نکته

پس از چسبانیدن قطعه کار با چسب روی سطح صفحه نظام برای استحکام بیشتر آن با چکش لاستیکی یا چوبی ضربه‌های آهسته به قطعه کار وارد می‌شود. پس از اطمینان از محکم بسته شدن قطعه‌کار با استفاده از مغار خراطی، داخل تراشی و بیرون تراشی انجام می‌شود، این مراحل کاری تا پایان ساخت مدل ادامه دارد.

فعالیت کلاسی

همانند «نکته» توضیح داده شده، مراحل ساخت مدل استوانه‌ای یک تکه را بنویسید.

انواع قلم تراش‌کاری (مغار خراطی): این ابزار در انواع و اقسام مختلف ساخته می‌شود که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:

مغار تخت ساده، مغار تخت پخ‌دار، مغار نیم‌گرد ساده، مغار نیم‌گرد فرم‌دار، مغارهای مخصوص مدل‌سازی و فرم‌کاری و مغارهای خراطی.

شکل ۳۵

مغار تخت: این مغار در دو نوع ساده و پخ‌دار ساخته می‌شود. در مغار ساده فقط لبه برنده پخ دارد. در مغار پخ‌دار، علاوه بر لبه برنده، پخ سرتاسری در طول مغار ایجاد می‌شود. این مغارها سبک‌تر و خوش‌دست‌تر هستند به‌طوری که به‌راحتی و با سرعت بیشتری در چوب فرو می‌روند (شکل ۳۵).

شکل ۳۶

مغار نیم‌گرد: این مغار برای جدا کردن و خالی کردن قسمت‌های قوس‌دار و نیم‌گرد به‌کار می‌رود. این مغار طبق DIN51142 به عرض‌های ۴ تا ۵۰ میلی‌متر ساخته می‌شود (شکل ۳۶).

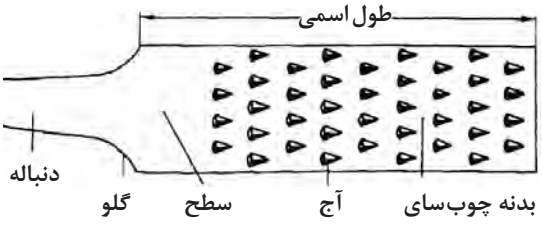
مغارهای مخصوص مدل‌سازی: برای تراشیدن و فرم دادن اولیه سطوح چوب و مدل‌های قوس‌دار علاوه‌بر چوب‌سای و سوهان چوب از این‌گونه مغارها استفاده می‌شود. دنباله این مغار، برعکس سایر مغارها منحنی شکل ساخته می‌شود تا کار کردن با آن راحت‌تر باشد. در هنگام کار کردن، لازم است از ضربه زدن به انتهای دسته خودداری کرد و مغار را فقط با نیروی دست در چوب فرو برد. طول تیغه این مغار، بزرگ‌تر از مغارهای معمولی است که در دو نوع تخت و نیم‌گرد با لبه‌های هلالی شکل به شعاع‌های ۲ تا ۸۰ میلی‌متر ساخته می‌شود (شکل ۳۷).

شکل ۳۷

ابزارهای سایش

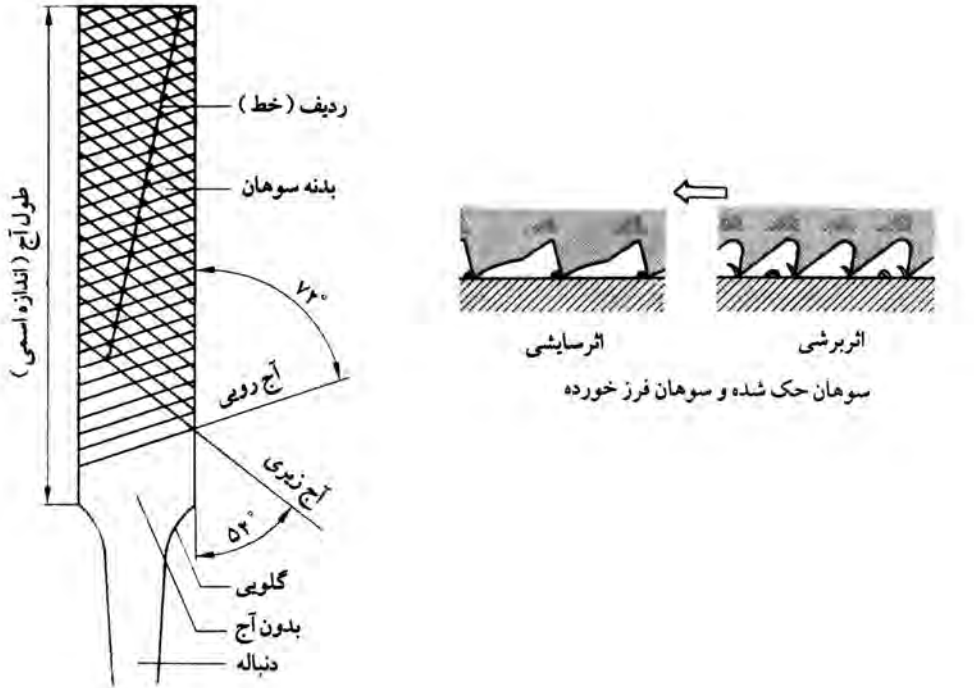
چوب‌سای‌ها و سوهان‌های چوب

برای ساییدن سطوح کج و قوس‌دار و ساخت مدل‌های فرم‌دار علاوه بر اره‌های قوس‌بری و مغارها، از انواع چوب‌سای‌ها و سوهان‌های چوب استفاده می‌شود. چوب‌سای و سوهان چوب، دندانه‌های گوه‌ای شکلی دارند که مانند دندانه‌های اره روی چوب اثر گذاشته و الیاف آن را از یکدیگر جدا می‌کنند. این دندانه‌ها، آج سوهان نامیده می‌شوند. چوب‌سای و سوهان چوب از دو قسمت بدنه اصلی و دنباله تشکیل شده‌اند که روی بدنه اصلی، آج چوب‌سای و سوهان ایجاد می‌شود. آج چوب‌سای هرمی شکل است و به‌وسیله قلم‌های سه‌گوش با روش ضربه زدن با دست یا با ماشین ایجاد می‌شود. تعداد آج‌ها بستگی به نوع چوب‌سای دارد. استاندارد چوب‌سای‌های مدل‌سازی، در هر سانتی‌متر مربع تقریباً سه ردیف آج پیش‌بینی کرده است (شکل ۳۸).



شکل ۳۸

آج سوهان برحسب جنس قطعه کار، به شکل‌های یک‌طرفه و دوطرفه ایجاد می‌شود. آج یک‌طرفه برای براده‌برداری مواد نرم و آج دوطرفه برای براده‌برداری مواد سخت به‌کار می‌رود. آج سوهان‌های چوب، یک‌طرفه و موجی شکل است (شکل ۳۹).



شکل ۳۹

جدول ۱

شماره آج	درجه آج	شماره آج	درجه آج
۱	خیلی خشن	۳	متوسط
۲	خشن (زبر)	۵	ظریف (نرم)

انواع آج از نظر زبری و نرمی در جدول ۱ نشان داده شده است:

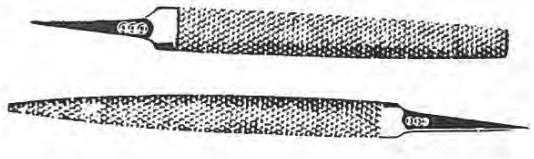
انواع چوب‌سای

این ابزار برای ساییدن اولیه چوب به‌کار می‌رود و به علت داشتن دندانه‌های درشت (آج زبر) اثر فوری روی چوب گذاشته و آن را به‌طور خشن می‌ساید. چوب‌سای‌ها انواع مختلف دارند که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از: چوب‌سای تخت، چوب‌سای نیم‌گرد، چوب‌سای گرد و چوب‌سای فرم.

چوب‌سای تخت: برای چوب‌سای‌کاری سطوح تخت از این وسیله استفاده می‌شود (شکل ۴۰).

شکل ۴۰

چوب‌سای نیم‌گرد: این ابزار با مقطع نیم‌گرد ساخته شده و برای چوب‌سای کاری سطوح قوس‌دار و سطوح تخت به‌کار می‌رود. چوب‌سای نیم‌گرد در دو نوع نوک تیز و نوک پهن ساخته می‌شود (شکل ۴۱).



شکل ۴۱

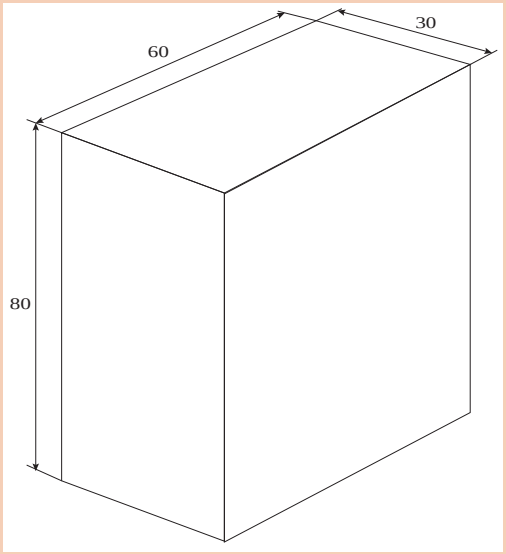
چوب‌سای گرد: برای ساییدن داخل سوراخ‌ها و سطوح قوس‌دار به‌کار می‌رود (شکل ۴۲).

شکل ۴۲

فعالیت کارگاهی ۴

آماده‌سازی جان جعبه ماهیچه چوبی دو تکه (بدون ریشه ماهیچه)

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ قطعه‌کار
۲ اره چوب‌بری
۳ رنده و چوب‌سای
۴ خط‌کش فلزی
۵ کولیس و گونیا
۶ میز کار و صفحه صافی
۷ سنباده

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، دستکش ایمنی، کفش ایمنی، عینک ایمنی و ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ قطعه‌کار چوبی به ابعاد ۳۵ × ۶۵ × ۳۴۰ میلی‌متر از هنرآموز خود دریافت کنید.
۲ با رنده‌کاری، ابعاد قطعه‌کار را به ۳۰× ۶۰ × ۳۴۰ میلی‌متر برسانید و با گونیا کنترل کنید.
۳ قطعه کار را با اره دستی به طول ۸۵ میلی‌متر برش دهید.
۴ قطعه کار را به گیره ببندید و با چوب‌سای از دو طرف، چوب‌سای‌کاری و گونیا کنید تا به طول ۸۰ میلی‌متر برسد.
۵ ابعاد و گونیا بودن قطعات آماده شده را با صفحه صافی و کولیس کنترل کنید.

نکته:
به منظور جلوگیری از هدر رفتن منابع مالی و تخریب محیط‌زیست، قطعه‌کارهای خود را دور نریزید.
با نوشتن اسم و مشخصات خود و هم‌گروهی‌هایتان بر روی هر جزء از قطعه‌کار، آن را برای استفاده در فعالیت‌های بعدی و ارزشیابی مرحله‌ای به هنرآموز خود تحویل دهید.
تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک دورریز چوبی سالم از سایر چوب‌ها و نخاله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

قوس‌کاری

براده‌برداری از روی سطوح منحنی را قوس‌کاری می‌نامند.
هنگام ساخت منحنی‌های مختلف روی قطعه‌کار، باید مراحلی انجام گیرد که به آن قوس‌کاری گفته می‌شود.
این مراحل شامل خط‌کشی، برش‌کاری، مغارکاری، چوب‌سای‌کاری و ساخت شابلون است.

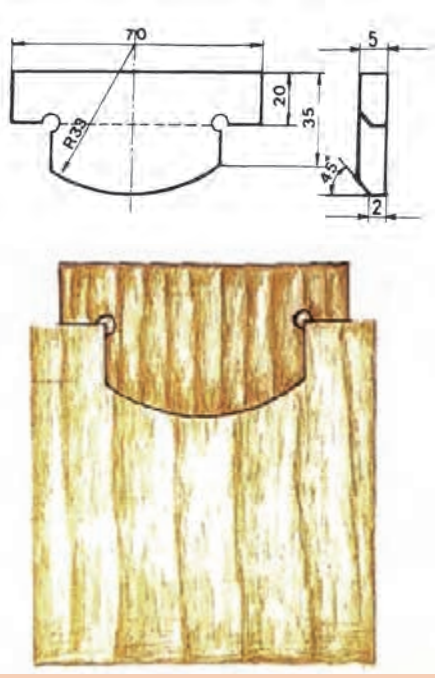
ساخت شابلون

بهترین وسیله برای کنترل قوس‌ها و زوایای کار، استفاده از شابلون‌های آماده یا ساخته شده در کارگاه است.
برای کنترل قوس‌ها و زوایا، از شابلون‌های مخصوص مدل‌سازی استفاده می‌شود که می‌توان قوس‌های محدب و مقعر را توسط آنها کنترل کرد. ولی از آنجا که کار مدل‌سازی بسیار متنوع است و فرم‌ها و قوس‌های گوناگونی در هنگام کار پیش می‌آید، اغلب مدل‌سازان شخصاً اقدام به ساخت شابلون برای کنترل شکل قطعه خود می‌کنند. بنابراین لازم است خود هنرجو نیز از همین‌جا تمرین را شروع کرده و اقدام به ساخت شابلون‌هایی برای کنترل قوس‌ها و زوایای قطعه خویش نماید.

فعالیت کارگاهی
۵

ساخت شابلون طاقی شکل

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ قطعه کار
۲ اره چوب‌بری و کمان اره مویی
۳ چوب‌سای و سوهان چوب
۴ مغار و چکش پلاستیکی
۵ پرگار و گونیا
۶ میز کار و صفحه صافی
۷ سنباده
۸ وسایل خط‌کشی

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، دستکش ایمنی، کفش ایمنی، عینک ایمنی و ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ یک قطعه فیبر یا تخته ۳ لایی انتخاب کنید.
۲ نقشه قوس مورد نظر را با ابزارهای خط‌کشی بر روی فیبر ترسیم کنید.
۳ تخته زیر کار برش را توسط گیره به لبه میز کار ببندید و فیبر را بر روی تخته قرار دهید و سپس توسط اره مویی، نقشه شابلون ترسیمی بر روی فیبر را برش دهید.
۴ با سنباده نرم، لبه‌های شابلون برش خورده را تا حدی سنباده بزنید که زبری نداشته باشد. (دقت کنید که سنباده زدن در حد بسیار کم و پلیسه‌گیری باشد)
۵ به‌وسیله ابزارهای کنترلی، ابعاد شابلون ساخته شده را کنترل کنید.

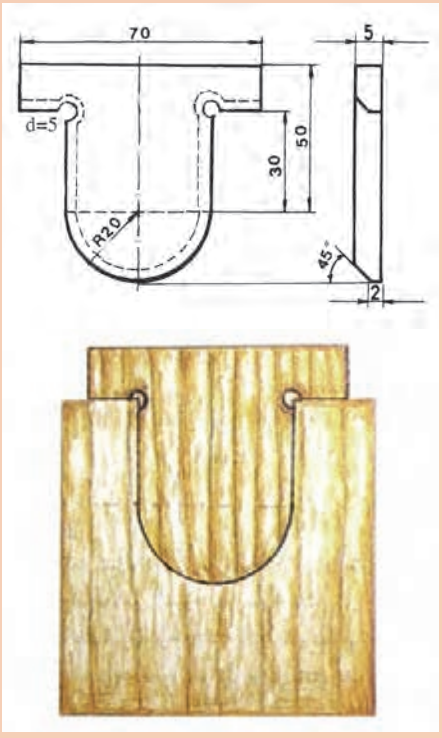
نکته:

به منظور جلوگیری از هدر رفتن منابع مالی و تخریب محیط‌زیست، قطعه‌کارهای خود را دور نیندازید. با نوشتن اسم و مشخصات خود و هم‌گروهی‌هایتان بر روی هر جزء از قطعه‌کار، آن را برای استفاده در فعالیت‌های بعدی و ارزشیابی مرحله‌ای به هنرآموز خود تحویل دهید.
تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک دورریز چوبی سالم از سایر چوب‌ها و نخاله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت کارگاهی
۶

ساخت شابلون قوس نیم‌دایره

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ قطعه کار
۲ اره چوب‌بری و کمان اره مویی
۳ چوب‌سای و سوهان چوب
۴ مغار و چکش پلاستیکی
۵ پرگار و گونیا
۶ میز کار و صفحه صافی
۷ سنباده
۸ وسایل خط‌کشی

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، دستکش ایمنی، کفش ایمنی، عینک ایمنی و ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ یک قطعه فیبر یا تخته ۳ لایی انتخاب کنید.
۲ نقشه قوس مورد نظر را با ابزارهای خط‌کشی بر روی فیبر ترسیم کنید.
۳ تخته زیر کار برش را توسط گیره به لبه میز کار ببندید و فیبر را بر روی تخته قرار دهید و سپس توسط اره مویی نقشه شابلون ترسیمی بر روی فیبر را برش دهید.
۴ با سنباده نرم لبه‌های شابلون برش خورده را تا حدی سنباده بزنید که زبری نداشته باشد. (دقت کنید که سنباده زدن در حد بسیار کم و پلیسه‌گیری باشد)
۵ به‌وسیله ابزارهای کنترل، ابعاد شابلون ساخته شده را کنترل کنید.

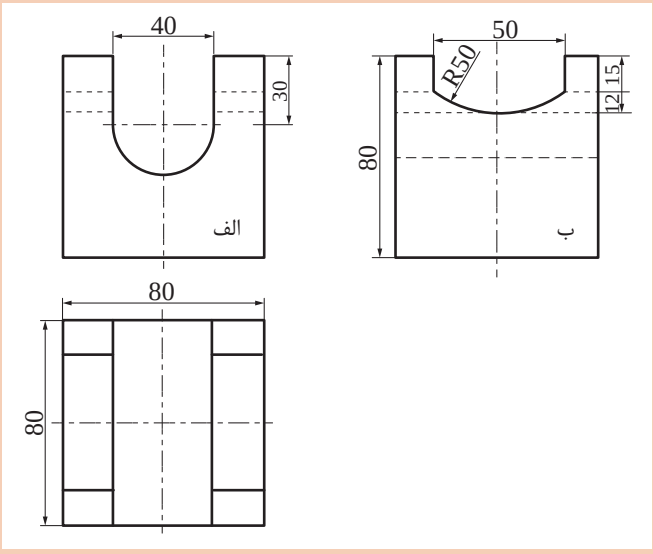
نکته:

به‌منظور جلوگیری از هدر رفتن منابع مالی و تخریب محیط‌زیست، قطعه‌کارهای خود را دور نیندازید. با نوشتن اسم و مشخصات خود و هم‌گروهی‌هایتان بر روی هر جزء از قطعه‌کار، آن را برای استفاده در فعالیت‌های بعدی و ارزشیابی مرحله‌ای به هنرآموز خود تحویل دهید.
تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک دورریز چوبی سالم از سایر چوب‌ها و نخاله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت کارگاهی ۷

قوس کاری

نقشه کار:

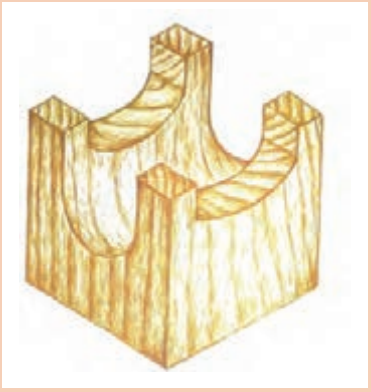


وسایل مورد نیاز:

۱ قطعه کار
۲ اره چوب‌بری
۳ چوب‌سای و سوهان چوب
۴ مغار و چکش پلاستیکی
۵ کمان اره مویی
۶ میز کار و صفحه صافی
۷ سنباده
۸ وسایل خط کشی

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، دستکش ایمنی، کفش ایمنی، عینک ایمنی و ماسک فیلتردار



مراحل انجام کار:

۱ قطعه‌کار به ابعاد ۸۰ × ۸۰ × ۸۰ میلی‌متر را از هنرآموز خود تحویل بگیرید.
۲ خط کشی چوب را مطابق نقشه کار انجام دهید.
۳ قطعه چوب را به‌نحوی به گیره ببندید که به‌راحتی بتوان عملیات برش‌کاری را انجام داد.
۴ به آرامی برش را شروع و تا نزدیکی خط نیم‌دایره ادامه دهید تا سبب لاشه شدن چوب نگردد.
۵ شیارهای ایجاد شده را با مغار و چکش جدا کنید.
۶ عمل چوب‌سای‌کاری را انجام داده سپس با سنباده پرداخت‌کاری کنید.
۷ قوس ایجاد شده را با شابلون آماده شده در فعالیت کارگاهی ۵ و ۶ کنترل کنید.

نکته:

به‌منظور جلوگیری از هدر رفتن منابع مالی و تخریب محیط‌زیست، قطعه‌کارهای خود را دور نیندازید. با نوشتن اسم و مشخصات خود و هم‌گروهی‌هایتان بر روی هر جزء از قطعه‌کار، آن را برای استفاده در فعالیت‌های بعدی و ارزشیابی مرحله‌ای به هنرآموز خود تحویل دهید.
تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک دورریز چوبی سالم از سایر چوب‌ها و نخاله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

ابزار سوراخ‌کاری (مته‌ها)

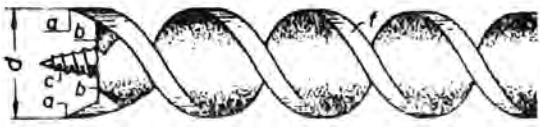
برای سوراخ کردن چوب از انواع مته‌های مدرن و ابزار چرخاندن آنها استفاده می‌شود. پیدایش مته‌های امروزی، حاصل تکامل و تغییرات درفش چهار گوش است. تأثیر مته در چوب مطابق قانون اهرم، یک بازویی یا چند بازویی است.

مته‌های مخصوص چوب

مته‌های مارپیچ: این نوع مته کامل‌ترین نوع مته‌های چوب است و برای سوراخ‌کاری سرچوب و راه چوب به‌کار می‌رود. مزایای این نوع مته نسبت به سایر مته‌ها، داشتن پوشال‌گیر دوطرفه و مارپیچ سرتاسری است که باعث فرورفتن سریع مته در چوب و خارج شدن پوشال‌ها از سوراخ می‌شود. از مته مارپیچ با زاویه زیاد برای سوراخ‌کاری چوب‌های سخت و مته مارپیچ با زاویه کم برای سوراخ‌کاری چوب‌های نرم استفاده می‌گردد. هرچه زاویه مارپیچ بیشتر باشد فاصله مارپیچ (گام) کمتر و برعکس هر چه زاویه مارپیچ کمتر باشد فاصله مارپیچ بیشتر است. مته‌های مارپیچ، انواع مختلفی دارند که بنابر نوع مارپیچ و نام سازنده به شرح زیر است:
مته مارپیچ معمولی: این مته از دو مارپیچ تشکیل می‌شود که در رأس آنها نیش برنده قرار دارد و دارای نیش مرکزی و دنباله استوانه‌ای شکل است. به‌علت داشتن مارپیچ مضاعف، نیش‌های برنده و نیش مرکزی با سرعت در چوب فرو می‌رود و آن را سوراخ می‌کند. به همین لحاظ این گروه از مته‌های مارپیچ، مناسب‌ترین و بهترین نوع مته برای سوراخ‌کاری مدل‌های چوبی محسوب می‌شوند (شکل ۴۳).

شکل ۴۳

مته مارپیچ مدل دوگلاس[1]: این مته دارای دو نیش برنده است که هر کدام از آنها در رأس مارپیچ قرار گرفته‌اند. در مرکز تنه، نیش مرکزی با مارپیچ مخروطی برای هدایت مته وجود دارد. مارپیچ این مته مضاعف بوده و دو پوشال‌گیر در انتهای آن قرار دارد که دارای خاصیت اهرم دوطرفه است. این مته به قطر ۴ تا ۳۲ میلی‌متر ساخته می‌شود (شکل ۴۴).



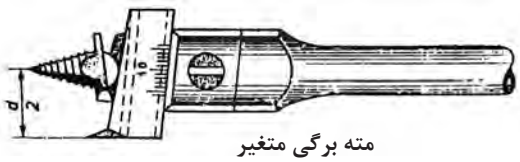
a = نیش برنده
b = پوشال‌گیر
c = نیش مته
d = قطر مته

شکل ۴۴ـ مته مارپیچ مدل دوگلاس

۱ـ Douglas

شکل ۴۵

مته برگی: ساختمان این مته شامل نیش مرکزی، نیش برنده، پوشال‌گیر و دنباله مته است. نیش مرکزی در مدل قدیمی، چهارگوش ولی در مته برگی جدید، به شکل مخروطی مارپیچ ساخته می‌شود.
کاربرد: سوراخ‌های بزرگ و تمیز را با استفاده از مته برگی ایجاد می‌کنند (شکل ۴۵). قطر دنباله این مته معمولاً ۶ و قطر پوشال‌گیر آن ۲ تا ۴۰ میلی‌متر است. برای ایجاد سوراخ‌های بزرگ‌تر از مته برگی متغیر استفاده می‌شود (شکل ۴۶). این مته از بدنه اصلی و یک تیغه جداگانه تشکیل شده است که تیغه در طول شکافی که روی بدنه اصلی مته قرار دارد قابل تنظیم است، یعنی پس از تعیین قطر مورد نظر، تیغه به‌وسیله پیچ روی بدنه محکم می‌شود. در محور اصلی مته، نیش برنده و در انتهای آن دنباله مته قرار دارد و در روی برگه مته، نیش برنده و پوشال‌گیر قرار دارد. با استفاده از مته برگی‌های متغیر می‌توان سوراخ‌های به قطر ۲۲ تا ۶۷ میلی‌متر را ایجاد کرد.



مته برگی متغیر

شکل ۴۶

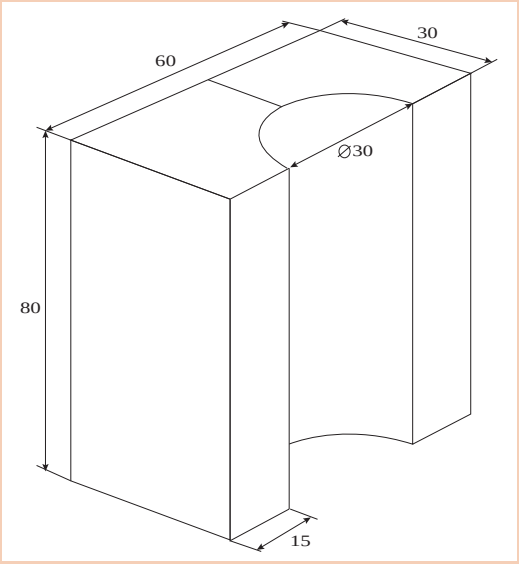
ساخت جعبه ماهیچه با ماشین‌های مته و فرز

جعبه ماهیچه‌ها (قالب ماهیچه‌ها) نیز در موارد خاص به‌صورت دو تکه ساخته شده و همانند مدل‌های دو تکه از پین برای اتصال صحیح آنها استفاده می‌شود. چنانچه محفظه داخلی جعبه ماهیچه مدوّر باشد با توجه به ابعاد داخلی و شکل آن می‌توان ابتدا جعبه را به‌صورت یک‌تکه یا چندتکه، چوب چسبانی نموده و پس از اتصال دو نیمه جعبه توسط چسب و کاغذ می‌توان آن را با ماشین‌های مته یا فرز سوراخ‌کاری و فرزکاری نمود و شکل نهایی را داخل قالب ماهیچه به‌دست آورد.

فعالیت کارگاهی
۸

ساخت جان جعبه ماهیچه چوبی دوتکه

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ قطعه‌کار
۲ ماشین دریل و مته سایز ۳۰
۳ کولیس
۴ خط‌کش فلزی
۵ گیره دستی
۶ میز کار
۷ سنبه‌نشان چوب

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، دستکش ایمنی، کفش ایمنی، عینک ایمنی و ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ ۲ قطعه‌کار چوبی به ابعاد ۳۰ × ۶۰ × ۸۰ میلی‌متر آماده شده در فعالیت کارگاهی ۴ را از هنرآموز محترم خود دریافت کنید.

۲ قطعات را در کنار همدیگر قرار داده و با گیره دستی محکم کنید.

۳ مرکز قطعات چوبی کنار همدیگر قرار گرفته را با ترسیم خطوط وتری پیدا کنید و سپس با سنبه‌نشان، نشانه‌گذاری کنید.

۴ قطعه‌کار را به گیره ماشین سوراخ‌کاری (دریل) ببندید و با مته نمره ۳۰ سوراخ سرتاسری ایجاد کنید. (دقت نمایید: ۱ـ مته حتماً در مرکز قطعه‌کار قرار گیرد. ۲ـ در زیر قطعه کار فضای خالی تا گیره وجود داشته باشد یا از قطعه چوب زیرسری استفاده شود).

۵ ابعاد و هم مرکز بودن سوراخ ایجاد شده را کنترل کنید.

نکته:

تمیز کردن میزکار، محیط کارگاه و تفکیک دورریز چوبی سالم از سایر چوب‌ها و نخاله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

سنباده‌کاری و پرداخت‌کاری

پرسش

به‌نظر شما چه تفاوتی میان ابزارهای پرداخت‌کاری برای مدل‌های چوبی و مدل‌های فلزی وجود دارد؟

پس از حذف ناصافی‌ها و ناهمواری‌های سطح چوب برای افزایش کیفیت سطح و تمیزی کار و یا برای ایجاد شیب‌ها و پخ‌های ظریف با توجه به اندازه، محل پرداخت‌کاری و شکل قطعه کار از تجهیزات پرداخت‌کاری مانند سنباده‌های دستی، ماشینی، لیسه و رنده لیسه استفاده می‌شود. سوهان‌ها و چوب‌سای‌ها نیز مانند تجهیزات پرداخت‌کاری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ماشین‌های سنباده: ماشین‌های سنباده اهمیت زیادی در مدل‌سازی دارند. این ماشین‌ها در انواع مختلف ساخته می‌شوند که مهم‌ترین آنها برای مدل‌سازی عبارت‌اند از:

ماشین سنباده نوسانی: از این ماشین برای سنباده‌کاری داخل قطعات مدور و سایر قطعات منحنی شکل استفاده می‌شود. این ماشین از یک صفحه چدنی، الکتروموتور، شفت یا محور ماشین تشکیل شده است که توپی سنباده، روی آن بسته می‌شود. توپی سنباده توسط شفت (محور ماشین) از سوراخ صفحه چدنی به اندازه دلخواه (بسته به ضخامت قطعه کاری که باید سنباده‌کاری شود) بالا و پایین می‌شود. این ماشین دارای دو حرکت دورانی و نوسانی است که هر دو حرکت توسط الکتروموتور به شفت یا محور و در نتیجه توپی سنباده منتقل می‌شود. حرکت نوسانی توسط یک اهرم لنگ که با محور شفت در ارتباط است ایجاد می‌شود. این حرکت به توپی سنباده منتقل می‌شود و آن را به ارتفاع حدود ۲ سانتی‌متر نوسان می‌دهد. علت استفاده از حرکت نوسانی، براده‌برداری (سایش) خوب و مناسب و جلوگیری از داغ شدن و سوخته شدن چوب است (شکل ۴۷).

شکل ۴۷

ماشین سنباده دیسکی: این ماشین از نوع دورانی است که به ماشین صفحه سنباده دیسکی (ماشین سنباده گردان) معروف است. از این ماشین برای پرداخت‌کاری قطعات برش خورده، و یا مراحل پرداخت نهایی قطعه کار استفاده می‌شود. همچنین این ماشین برای شیب دادن اجزای مدل، گونیا کردن و فرم‌دهی قطعات مدل به‌کار می‌رود. این ماشین روی یک پایه فلزی یا چدنی ثابت قرار دارد. قسمت‌های متحرک آن از یک میز صفحه‌ای آلومینیومی تشکیل می‌شود که ابتدا صفحه میز تحت زاویه دل‌خواه نسبت به دیسک سنباده، تنظیم و سپس به‌وسیله پیچ‌های جانبی محکم می‌گردد و در ادامه قطعه کار روی آن قرار داده می‌شود (شکل ۴۸).

شکل ۴۸

نکات ایمنی

۱ در هنگام استفاده از ماشین‌های سنباده، حتماً از ماسک فیلتردار، گوشی صنعتی و عینک استفاده کنید تا ریزگردهای چوبی تولید شده، وارد مجرای تنفسی، چشم و گوش نشود.

۲ از مکنده مناسب به منظور جمع‌آوری غبار و جلوگیری از آلوده شدن محیط کارگاه استفاده کنید.

۳ همواره در محیطی که مجهز به تهویه مناسب است اقدام به سنباده‌زنی کنید.

۴ مانند سایر تجهیزات برقی، لازم است در مسیر کابل برق این دستگاه، فیوز مینیاتوری قرار دهید.

۵ در سنباده دیسکی؛ رعایت نکردن نکات ایمنی که در زیر به آن اشاره شده است می‌تواند بسیار خطرناک باشد.

الف) چنانچه دیسک ماشین سنباده از چپ به راست گردش کند؛ هنگام سنباده‌کاری، قطعه کار باید در نیمه سمت راست صفحه قرار گیرد تا از پرتاب آن به سمت بالا جلوگیری شود.

ب) فاصلهٔ میز دستگاه از صفحه را در کمترین مقدار ممکن تنظیم کنید.

ج) هنگام تعویض صفحه سنباده ابتدا لازم است دستگاه را به‌طور کامل از برق جدا کرده سپس سنباده کُند شده را جدا کنید.

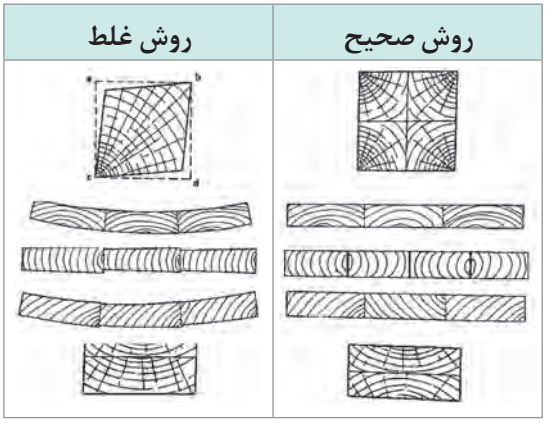
د) از کاردک تیز و سالم برای جداسازی سنباده کُند شده استفاده کرده و از وارد آوردن ضربه به صفحه دیسک خودداری کنید.

هـ) هنگام استفاده از چسب آهن برای چسباندن سنباده به صفحه دیسک، زمان سخت شدن چسب و دستورالعمل نوشته شده بر روی ظرف چسب را رعایت کنید.

و) از چسباندن سنباده‌های چند تکه بر روی صفحه دیسکی اجتناب کنید.

درز کردن

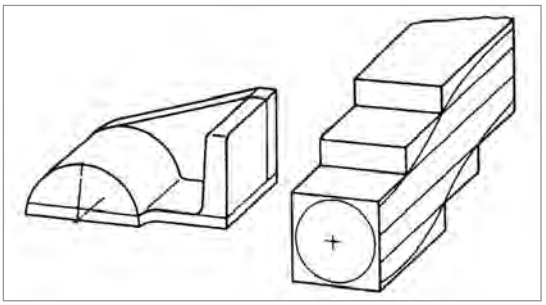
قرار دادن چندین تکه چوب رنده‌کاری شده و گونیایی شده را کنار هم یا روی هم، درز کردن می‌گویند. درز کردن با توجه به جهت الیاف چوب‌ها به‌گونه‌ای انجام می‌شود که از تغییر شکل دادن قطعات متصل شده به هم، جلوگیری به عمل آورده یا از شدت آن بکاهد. شکل ۴۹، درز کردن صحیح و غلط چوب را در جهت‌های مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۴۹

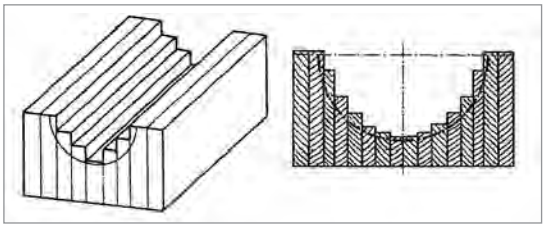
درز چسبانی یا تکه چسبانی در مدل‌سازی هنگامی صورت می‌گیرد که:

۱ امکان ساخت مدل به‌صورت یک تکه وجود نداشته باشد مانند مدل‌های توپر با اشکال پیچیده یا داشتن فرم‌های پیچیده (شکل ۵۰).



شکل ۵۰

۲ مدلی‌هایی که خطر تغییر فرم و اندازه دارند (حساس به کاستن)، مانند جعبه ماهیچه‌های استوانه‌ای که در اثر کاستن، امکان بیضی شدن دهانه آن وجود دارد (شکل ۵۱).

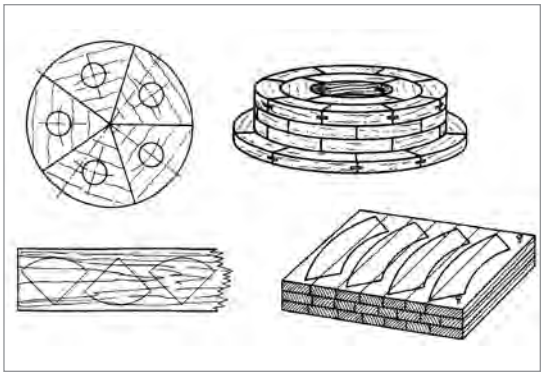


شکل ۵۱

۳ برای ساخت مدل‌های مدور با قطر بالاتر از ۱۰۰ میلی‌متر از روش قطاع چسبانی استفاده می‌شود. قطاع‌چسبانی با هدف افزایش طول عمر مدل و مقاومت آن در مقابل رطوبت و تغییر فرم است. تعداد قطاع‌ها را طبق استاندارد می‌توان براساس جدول ۲ تعیین نمود (شکل ۵۲).

جدول ۲

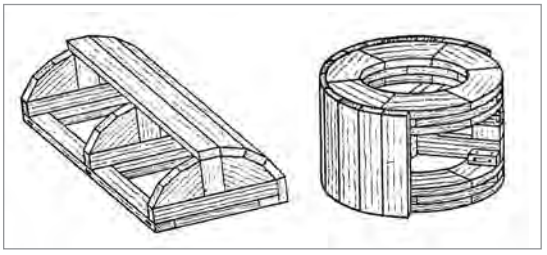
قطر اسمی مدل برحسب میلی‌متر	حداقل تعداد قطاع
تا ۲۰۰	۳
۲۰۰ تا ۶۰۰	۵
۶۰۰ تا ۱۰۰۰	۷
۱۰۰۰ تا ۱۶۰۰	۹
۱۶۰۰ تا ۲۰۰۰	۱۱
بالاتر از ۲۰۰۰	۱۳



شکل ۵۲

۴ ساخت مدل‌های بسیار بزرگ و حجیم مانند مدل‌های توخالی یا اسکلتی (شکل ۵۳).

در مدل‌سازی، سنجش ابعاد فیزیکی اجسام ساخته‌شده از جمله طول، عرض، ضخامت و قطر را اندازه‌گیری می‌نامند.

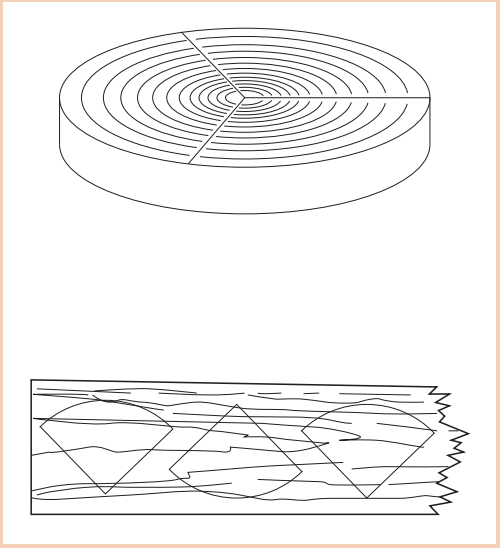


شکل ۵۳

فعالیت کارگاهی
۹

قطاع چسبانی

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ تخته چوب به ابعاد ۵۰۰ × ۱۲۰ × ۳۰ میلی‌متر
۲ اره
۳ کولیس
۴ خط‌کش فلزی
۵ گیره دستی
۶ میز کار و صفحه صافی
۷ نقاله

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، دستکش ایمنی، کفش ایمنی، عینک ایمنی و ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ قطعه‌کار چوبی به ابعاد ۵۰۰ × ۱۲۰ × ۳۰ میلی‌متر را توسط ماشین اره، کف رند و گندگی آماده کنید.
۲ شابلون قطاع ۱۲۰ درجه به قطر ۲۰۰ میلی‌متر را بسازید.
۳ سه قطعه قطاع بر روی تخته چوب آماده شده، خط‌کشی کنید.
۴ پس از کنترل قطاع‌های خط‌کشی شده و اطمینان از صحت ابعاد، آنها را با اره نواری برش دهید.
۵ لبه‌های خشن قطاع را با سنباده دیسکی، گونیایی کنید.
۶ دایره قطاع را بر روی صفحه صافی خط‌کشی کنید.
۷ قطعه‌های بریده شده را روی دایره قطاع کنار هم قرار داده و پس از کنترل صحت درز بین چوب‌ها، چسب‌کاری کنید.
۸ پس از خشک شدن چسب، سطح رو و زیر قطاع را گونیایی کنید.
۹ جهت استحکام بخشی درز بین چوب‌ها می‌توان از اتصال قلیف جانبی استفاده کرد.

نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک دورریز چوبی سالم از سایر چوب‌ها و نخاله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

R زدن مدل

در مدل‌های ریخته‌گری هرگز نباید گوشه‌های تیز وجود داشته باشد. به همین منظور باید تمام گوشه‌های داخلی و خارجی انواع مدل‌ها (چوبی، فلزی، پلاستیکی، فومی و مومی) را R زد.

R زدن گوشه‌های خارجی[1]:

به تمامی لبه‌ها، کنج‌ها، زاویه‌ها و ضلع‌های تیز، که بر روی بدنه مدل دیده می‌شود به جز لبه‌ها و گوشه‌های در سطح جدایش مدل، گوشه‌های خارجی گفته می‌شود. در مدل‌های چوبی، گوشه‌ها را می‌توان توسط ابزار سایش نظیر سوهان و سنبادهٔ دستی ابتدا پخ زده، سپس با حذف لبه‌های پخ و صاف‌کاری، آنها را به قوس تبدیل نمود (شکل ۵۴).

شکل ۵۴

مقدار R براساس اندازه داده شده در نقشه مدل‌سازی متفاوت بوده و به شکل‌های R1، R2، R3، R4، R5 و الی آخر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

R زدن به وسیلهٔ سوهان: این روش معمول‌ترین و کاربردی‌ترین حالت برای قوس لبه‌های تیز مدل‌ها با ابعاد کم و شکلی پیچیده است.

نکاتی که در این روش قابل ذکر است عبارت‌اند از:

در هنگام R زدن لبه‌ها، لازم است مدل به شکلی به گیره بسته شود که مدل‌ساز نسبت به لبه کار کاملاً مسلط باشد.

از آنجایی که در مدل‌های چوبی به دیواره‌های عمودی، شیب مجاز داده می‌شود، باید دقت داشت که R زدن بعد از اعمال شیب صورت پذیرد.

سوهان‌کاری باید به گونه‌ای انجام شود که تمامی لبهٔ کار به یک اندازه و با زاویهٔ ۴۵ درجه پخ زده شود. (این مورد را می‌توان با سوهان‌کاری یکنواخت ایجاد نمود.)

پس از سوهان‌کاری، قطعه‌کار روی تخته سنباده پشته‌دار قرار می‌گیرد و سپس با سنباده‌کاری، پخ‌های ایجاد شده به قوس تبدیل می‌شوند. (توضیح اینکه با همان سوهان می‌توان گوشه‌های پخ خورده را تبدیل به قوس نمود).

سطح قوس ایجاد شده، توسط سنباده نرم پرداخت‌کاری و آمادهٔ رنگ می‌شود.

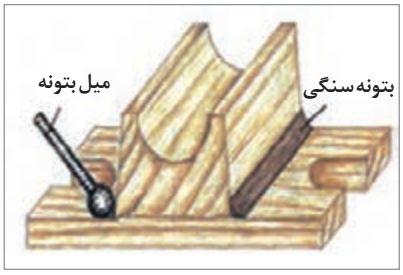
R زدن به وسیله سنباده دستی: از این روش می‌توان برای R زدن تمام سطوح خارجی مدل استفاده نمود. لازم است دقت شود که میزان قوس ایجاد شده در تمامی زاویه‌ها یکسان باشد. سنباده‌کاری در دو مرحله زبر (خشن) و نرم (ظریف) جهت پرداخت نهایی سطح انجام می‌گیرد.

۱ـ quad

R زدن گوشه‌های داخلی[1]:

گوشه‌های تیز داخلی و سطوح ناصاف مدل را می‌توان توسط بتونهٔ سنگی یا بتونهٔ مخصوص چوب، قوس‌دار (فیلت‌گذاری) کرد. انتخاب نوع بتونه به اندازهٔ قوس، هزینهٔ کار، سادگی عمل و امکانات کارگاهی بستگی دارد. برای قوس‌دار کردن گوشه‌ها باید به‌گونه‌ای عمل نمود که بعد از خشک شدن بتونه، کمترین نیاز را به سنباده‌کاری و پرداخت‌کاری داشته باشد.

مراحل قوس‌کاری گوشه‌های داخلی توسط بتونه



شکل ۵۵

بتونه توسط کاردکی کوچک یا پیچ گوشتی بر روی لبهٔ داخلی قرار می‌گیرد. توسط میل بتونه یا ابزاری مشابه، که قوس دایره آن برابر با اندازهٔ قوس مورد نیاز باشد، بتونه در گوشه، فرم داده شده و سطح آن صاف می‌شود. با توجه به نوع بتونه، زمان مناسبی برای خشک شدن آن در نظر گرفته می‌شود. پس از خشک شدن کامل، بتونه‌های اضافهٔ اطراف، توسط سنباده حذف می‌شود. در صورت ترک خوردن بتونه یا کم بودن شعاع قوس، مراحل فوق تکرار می‌شود (شکل ۵۵).

بتونهٔ مخصوص چوب: این بتونه با داشتن خصوصیاتی مانند: استحکام کافی پس از خشک شدن، چسبندگی عالی روی چوب، حرکت روان خمیر بتونه توسط کاردک روی سطح چوب، بی‌خطر بودن در صورت لمس شدن، پاک شدن آسان از دست توسط آب، قابلیت نگهداری طولانی، توانسته است در بین مدل‌سازان از جایگاه مناسبی برخوردار باشد. ترک خوردن سطح بتونه، هنگامی که ضخامت بتونهٔ اعمال شده زیاد باشد و جذب رنگ هنگام رنگ‌کاری را می‌توان به‌عنوان نقاط ضعف این بتونه دانست.

طرز ساخت بتونه مخصوص چوب: بسته به مساحت سطح مدلی که لازم است بتونه‌کاری شود، ترکیب یک قسمت مل، نیم قسمت رنگ پلاستیک، یک چهارم قسمت چسب چوب که به خوبی مخلوط شده‌اند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. باید توجه داشت که مقدارهای تقریبی اشاره شده در بالا برای ساخت این خمیر کاملاً تجربی است و به مهارت بتونه‌ساز و کیفیت مواد اولیه بستگی دارد.

بتونه سنگی یا فوری: از این بتونه به‌دلیل داشتن استحکام بالا در مواقعی که لایه بتونه‌کاری شده باید ضخامت بالایی داشته باشد استفاده می‌گردد. برای استفاده از این بتونه لازم است که مقداری از آن را بر روی سطحی صاف مانند سطح کاردک ریخته و به اندازهٔ مناسب از جزء دوم آن که وظیفهٔ تسریع در فرایند سفت شدن بتونه را دارد به بتونه اضافه کرده و توسط لیسه‌ای تمیز مالش داده شوند، از این لحظه به بعد زمان کمی برای استفاده و تمام کردن بتونه وجود دارد؛ بنابراین لازم است به سرعت از آن استفاده شود. از این بتونه به‌دلیل قیمت بالا (نسبت به بتونه مخصوص چوب)، سنباده‌کاری مشکل، خودگیری سریع، در مواقع موردنیاز استفاده می‌شود.

هشدار

هیچ‌گاه بتونهٔ فوری توسط انگشت بر روی مدل مالیده نشود.
ابزار بتونه‌کاری را به محض تمام شدن کار توسط آب و ساییدن آنها روی هم تمیز کنید.

۱ـ fillet

نکته زیست‌محیطی

۱ برای بتونه‌سازی و بتونه‌کاری در کارگاه، یک قسمت مجزا در نظر گرفته شود و از بردن بتونه بر روی میز کار خودداری کنید.
۲ هنگام استفاده از بتونهٔ فوری به‌دلیل بوی زننده و احتمال ایجاد مشکلات تنفسی و سر درد؛ لازم است تهویهٔ کارگاه روشن باشد.
۳ سنباده‌های استفاده شده را در سطلی جدا از خاک اره‌ها و پوشال‌ها قرار دهید.

پرداخت نهایی

پس از بتونه‌کاری نهایی مدل و اطمینان از خشک شدن آن، مراحل پرداخت‌کاری سطوح و گوشه‌های مدل انجام می‌شود. بسته به ابعاد مدل و سطوح بتونه شده، سنباده زبر (خشن) و سنباده نرم (ظریف) انتخاب می‌شود. از تخته سنباده برای پرداخت سطوح تخت، (سنباده به سطح تخته چسبانده شده است)، و برای سطوح گرد و فرم‌دار داخلی از سنباده (به تنهایی) استفاده می‌شود.

مراحل پرداخت نهایی: هنگام پرداخت نهایی در مرحله اول، تمامی سطوح قوس‌دار (داخلی و خارجی) مدل، پرداخت‌کاری نهایی می‌شود تا بتوان به سطح موردنیاز دست یافت. سپس کلیه سطوح تخت پرداخت‌کاری نهایی می‌شود. برای پرداخت‌کاری مراحل فوق به‌ترتیب از سنباده زبر (خشن) و سنباده نرم (ظریف) استفاده می‌شود.

پس از کنترل نهایی سطوح مدل، در صورت وجود فرورفتگی ناشی از نشست بتونه (پس از خشک شدن)، لازم است مجدداً آن را بتونه‌کاری و پرداخت‌کاری کرد. توضیح اینکه این مرحله از کار ممکن است چندین‌بار تکرار شود تا به سطوح دل‌خواه و صحت اندازه مدل دست یافت.

رنگ‌کاری مدل

پس از پایان بتونه‌کاری گوشه‌ها و سطوح ناصاف مدل، سطح آن توسط سنباده نرم، کاملاً صاف و پرداخت شده و آماده رنگ‌کاری می‌شود. در بین انواع مدل‌های ریخته‌گری، مدل‌های چوبی از استانداردها و تنوع رنگ بیشتری برخوردار هستند از جملهٔ این استانداردها می‌توان به استاندارد DIN1511 اشاره کرد.

رنگ زمینه اصلی مدل براساس جنس قطعه ریختگی تعیین می‌شود، رنگ قسمت‌های دیگر مدل نظیر تکیه‌گاه‌های مدل، سطوحی که نیاز به ماشین‌کاری دارند، یا اجزای مختلف مدل‌های شابلونی روی بدنه مدل مشخص می‌شود (جدول ۳ و ۴).

نکته

قوس‌های داخل قالب ماسه‌ای که باید بعداً توسط شابلون ایجاد شود با رنگ هاشور مشکی مشخص می‌شود.

پرسش

چه عاملی می‌تواند اصلی‌ترین دلیل برای رنگ‌کاری مدل‌های چوبی باشد؟

جدول ۳ـ شناخت سایر قسمت‌های عمومی به‌وسیله رنگ

محل تکیه‌گاه‌ها و قرارگاه‌های ماهیچه	به رنگ سیاه
قطعات آزاد مدل و بخش‌هایی که بعد از قالب‌گیری باز می‌شوند.	دور تا دور به رنگ سیاه
قسمت‌هایی از قالب ماسه‌ای که نیاز به قوس دارد.	محلی که باید در قالب ماسه‌ای قوس بزنند روی مدل به رنگ سیاه مشخص کرده و اندازهٔ شعاع قوس را روی آن می‌نویسند.
زهواره‌ها و زائده‌ها	زمینه مدل با هاشور سیاه مایل
سطوحی که نیاز به تراش‌کاری دارد.	در سطوحی با اندازه کوچک و بزرگ به رنگ سیاه، اما در سطوح بسیار بزرگ با هاشور سیاه مایل
مدل‌های شابلونی و شابلون‌ها	سطح شابلون لاک الکل یا کیلر و پخ‌خوردگی شابلون، به رنگ زمینه قطعه ریختگی

جدول ۴ـ رنگ مدل براساس جنس قطعه

جنس قطعه	زمینه مدل و قالب ماهیچه	سطح تراش‌کاری	محل مبرد
فولاد ریختگی	آبی	زرد	قرمز
چدن خاکستری	قرمز	زرد	آبی
چدن نشکن (با گرافیت کروی)	آلبالویی	زرد	قرمز
چدن چکش‌خوار	خاکستری	زرد	قرمز
فلزات سنگین	زرد	قرمز	آبی
فلزات سبک	سبز	زرد	آبی

رنگ‌های استفاده شده در رنگ‌کاری مدل‌های چوبی از جنس رنگ روغنی بوده، که از حلّال‌های نفتی به منظور رقیق کردن آن و پاک کردن دست و تجهیزات رنگ‌آمیزی آلوده به رنگ استفاده می‌شود. از حلّال‌های نفتی موجود در بازار می‌توان به تینر روغنی، نفت سفید، بنزین و تینر فوری، اشاره نمود. از بین این حلّال‌ها تینر روغنی پیشنهاد می‌شود، چرا که تینر روغنی از قابلیت اشتعال کمتری نسبت به بنزین و تینر فوری، برخوردار بوده و نگهداری آن خطر کمتری دارد. همچنین به‌دلیل نفوذپذیری بهتر رنگ در چوب، هنگامی که با این حلال رقیق شده باشد، ضخامت و دوام رنگ نیز بیشتر خواهد شد. رنگ‌های روغنی مقاومت بیشتری در مقایسه با دیگر رنگ‌ها، نسبت به رطوبت ماسه قالب دارند، از این رو محافظ بسیار خوبی برای مدل‌های چوبی به‌شمار می‌آیند. با توجه به شرایط و امکانات موجود، رنگ‌های روغنی را می‌توان توسط قلم‌مو، اسپری و غوطه‌وری، بر روی مدل به‌کار برد. شکل ۵۶ رنگ مدل چوبی را نشان می‌دهد.

شکل ۵۶

نکته

آسان‌ترین و در دسترس‌ترین روش جهت رنگ‌کاری مدل‌ها، استفاده از اسپری‌های رنگ است؛ اما از آنجا که گاز درون اسپری‌ها برای محیط‌زیست مضر شناخته شده است، لذا پیشنهاد می‌شود تا حد امکان از این روش استفاده نشود.

مواد و تجهیزات لازم جهت رنگ‌کاری مدل:

۱ رنگ سفید، با توجه به رنگ‌های گزارش شده در استاندارد، جهت ساخت رنگ دل‌خواه؛
۲ تینر روغنی به منظور رقیق کردن و پاک کردن رنگ از روی سطح میز یا ابزار؛
۳ پارچه تنظیف جهت تمیز کردن سطح مدل، قبل از رنگ‌کاری و پاک کردن سریع رنگ از دست یا محل‌های ناخواسته؛
۴ تجهیزات ایمنی لباس کار، ماسک فیلتردار، سربند، عینک رنگ‌آمیزی، گوشی اسفنجی جهت محافظت از ریه‌ها، پوست و موی سر، چشم‌ها، منافذ گوش، از ورود گردهٔ رنگ هنگام رنگ‌کاری با پیستوله؛
۵ قلم‌موی رنگ در اندازه‌های مختلف جهت رنگ‌کاری بخش‌های مختلف مدل؛
۶ کمپرسور هوا و پیستوله رنگ روغن؛
۷ اتاق رنگ جهت جلوگیری از آلوده شدن محیط و تجهیزات کارگاه مدل‌سازی توسط گرده رنگ؛
۸ پارچه صافی جهت فیلتر کردن رنگ ورودی به مخزن پیستوله؛
۹ میز مخصوص رنگ‌سازی و رنگ‌کاری.

نکته

نکاتی در ارتباط با رنگ‌آمیزی با قلم مو

۱ نوع قلم‌مو با توجه به ابعاد مدل انتخاب گردد.
۲ رنگ موردنظر به مقدار موردنیاز در ظرفی که حمل آن راحت و قلم مو در آن وارد شود ریخته شود.
۳ قبل از رنگ‌کاری مدل، بهتر است میز کار را با روزنامه‌ای تمیز پوشش داده و مدل‌ها از مقطعی که استقرار بهتری دارد روی میز قرار داده شوند.
۴ به منظور برداشت رنگ، بهتر است قلم‌مو تا جایی که نیمی از موی آن در رنگ فرو رود وارد ظرف شود.
۵ بهتر است اضافهٔ رنگ روی قلم‌مو با مالیدن بر لبهٔ ظرف حذف شود.
۶ هنگام رنگ‌کاری مدل‌های کوچک می‌توان آن را با شیئی نوک تیز نگاه داشته و در جهت مناسب حرکت داد.

۷ برای حذف شیارهای ناشی از قلم‌مو بر روی سطح مدل بهتر است هنگام رنگ‌کاری، قلم‌مو به جهت‌های مختلف چپ به راست و بالا به پایین حرکت داده شود.
۸ مالیدن بیش از حد رنگ به مدل یا بالا بودن غلظت آن باعث می‌شود که رنگ دیرتر خشک شده و سطح آن از کیفیت خوبی برخوردار نباشد.
۹ برای تسریع در عمل خشک شدن مدل‌های رنگ شده، بهتر است آنها را در مسیر جریان هوا قرار داد.
۱۰ قبل از خشک شدن رنگ سطوح رویی مدل، از جابه‌جا کردن یا برگرداندن آن به منظور رنگ‌کاری پشت آن خودداری شود.
۱۱ تا قبل از خشک شدن کامل رنگ، رنگ‌کاری تکرار نشود.

نکته

نکاتی در ارتباط با رنگ‌آمیزی توسط پیستوله

۱ برای اتصال پیستوله به شیلنگ کمپرسور لازم است از بست استفاده شود.
۲ رنگی که در پیستوله وارد می‌شود باید به اندازه کافی رقیق شده باشد.
۳ برای فیلتر کردن رنگ می‌توان بالای مخزن پیستوله الک یا پارچهٔ نازکی قرار داد.
۴ پیچ‌های تنظیم پیستوله باید به‌گونه‌ای تنظیم شود که رنگ به‌صورت پودر از آن خارج گردد.
۵ بهترین فاصله مناسب برای پاشش رنگ بر روی سطح مدل، ۲۵ الی ۳۰ سانتی‌متری است.
۶ برای رنگ‌کاری بهتر مدل می‌توان آن را توسط پیچ و قلاب آویزان نمود.
۷ رنگ‌پاشی بیش از حد به مدل باعث شمعی شدن یا قطره‌ای شدن رنگ روی سطح مدل می‌شود.

هشدار

تمیزکاری و شست‌وشوی ابزار و تجهیزات رنگ‌کاری توسط تینر بعد از انجام فرایند رنگ‌آمیزی یکی از ضروریات این مرحله است.

نکات بهداشتی

- رنگ‌کاری و ساخت رنگ برای مدل را در محلی مشخص انجام دهید.
- در هنگام رنگ‌کاری همواره پارچهٔ تمیزی در کنار دست خود داشته باشید.
- با تفکر، راهی بیابید که برای جابه‌جا کردن مدل در هنگام رنگ‌کاری استفاده نمایید.
- استفاده از گوشی اسفنجی هنگام رنگ‌کاری با پیستوله را جدی بگیرید.
- چنانچه در فضای باز رنگ‌کاری می‌کنید کنار درخت یا باغچه این کار را انجام ندهید.
- همواره تینر و رنگ خود را در محلی مشخص روی میز رنگ قرار داده و از جابه‌جا کردن آن جداً خودداری نمایید.

کنترل کیفیت مدل

با رعایت نکات ایمنی مربوط به کارگاه، وارد کارگاه شده و مراحل زیر را با راهنمایی هنرآموز خود انجام دهید:

۱ کلیه مدل‌های مربوط به فعالیت‌های قبل خود را تحویل بگیرید.

۲ توسط ابزار کنترل و بازرسی چشمی که در متن به آنها اشاره شده، اقدام به بازرسی سطح مدل‌ها، ابعاد و شکل آنها و شیب بدنه نمایید. (با توجه به اطلاعات نقشهٔ مدل‌سازی)

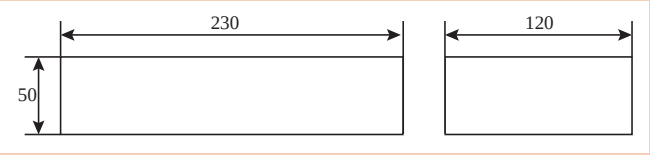
۳ در صورت نیاز به رفع عیب، با روشی مناسب اقدام به اصلاح و رفع آن نمایید.

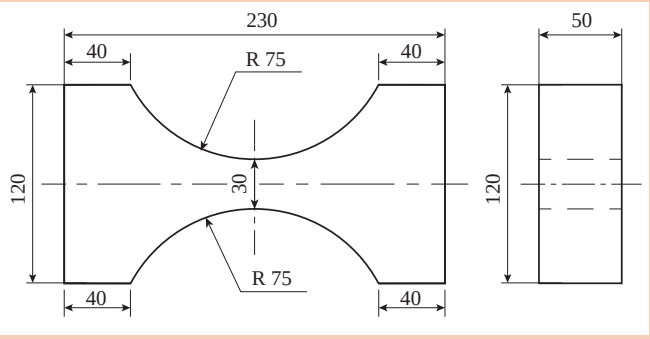
۴ سطح مدل‌ها را توسط فشار هوا (پیستوله) یا پارچهٔ تنظیف پاک کرده و آمادهٔ رنگ‌کاری نمایید.

فعالیت کارگاهی ۱۰

قوس‌کاری و پرداخت‌کاری

نقشه کار:





وسایل مورد نیاز:

۱ مداد

۲ پرگار فلزی

۳ چکش، مغار، چوب‌سای زبر، چوب‌سای نرم، سنباده

۴ سنبه‌نشان

۵ اره دستی

۶ صفحه صافی

۷ میز کار

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، دستکش ایمنی، کفش ایمنی، عینک ایمنی و ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ قطعه‌کار آماده شدهٔ فعالیت ۳ را کنترل ابعادی کنید.

۲ خط‌کشی چوب را مطابق نقشه کار انجام دهید.

۳ قطعه چوب را به‌نحوی به گیره ببندید که به‌راحتی بتوان عملیات برش‌کاری را انجام داد.

۴ به آرامی برش را شروع نمایید و عمل برش را تا نزدیکی خط نیم‌دایره ادامه دهید تا سبب لاشه شدن چوب نگردد.

۵ با مغار و چکش شیارهای ایجاد شده را جدا نمایید.

۶ عمل چوب‌سای‌کاری را انجام داده سپس با سنباده پرداخت‌کاری کنید.

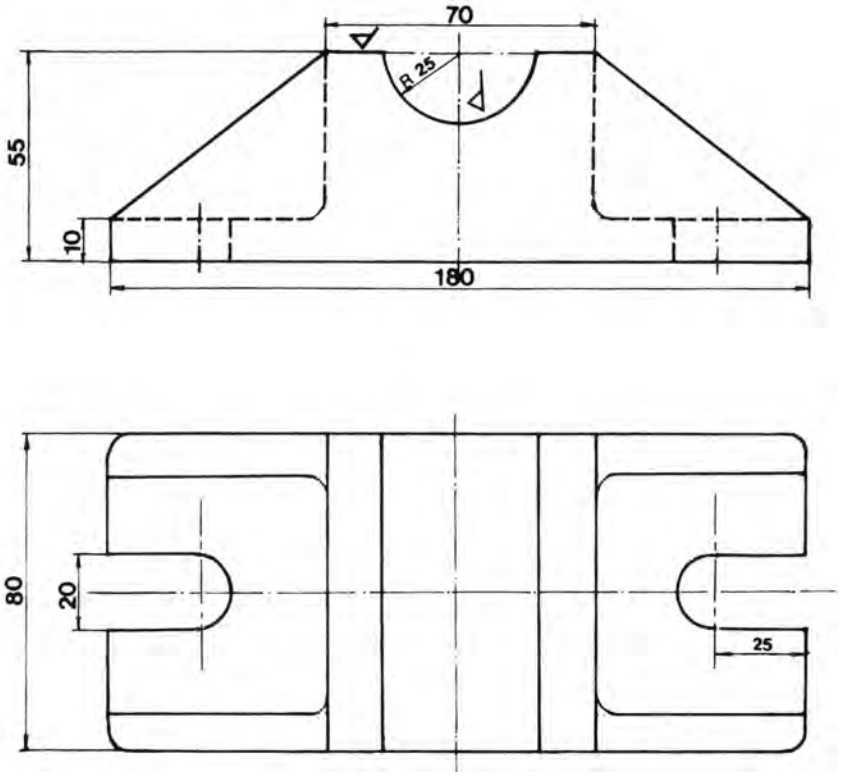
۷ قوس ایجاد شده را با شابلون کنترل نمایید.

نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک دورریز چوبی سالم از سایر چوب‌ها و نخاله‌ها ضروری است. در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

ارزشیابی پایانی مدل‌سازی چوبی

شرح کار:
ابتدا مدل چوبی را مطابق نقشه داده شده بسازید و سپس از مدل ساخته شده یک قطعه آلومینیومی ریخته‌گری کنید.



استاندارد عملکرد: ساخت مدل چوبی به‌وسیله ابزار دستی مطابق نقشه با تلرانس عمومی ISO 2768 -C

شاخص:

۱ کیفیت سطح
۲ عمود بودن
۳ تخت بودن
۴ اندازه‌ها براساس استاندارد ISO 2768 -C

شرایط انجام کار:

۱ محیط کارگاهی
۲ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
۳ تهویه استاندارد و دمای ۲۰ درجهٔ سیلسیوس
۴ اندازه‌ها براساس استاندارد

ابزار و تجهیزات: قطعه خام، میز کار، آچار تنظیم گیره، خط‌کش فلزی ۳۰ سانتی‌متری، کولیس، اره دستی چوب‌بری، گونیا به طول ۱۵۰ میلی‌متر، صفحه صافی، پرگار، سنبه چوب، مداد، چوب‌سای تخت، چوب‌سای نیم‌دایره، رنده دستی، کمان اره مویی، چسب چوب، سنباده چوب، Rسنج، اسپری رنگ، بتونه، وسایل و تجهیزات قالب‌گیری و ریخته‌گری

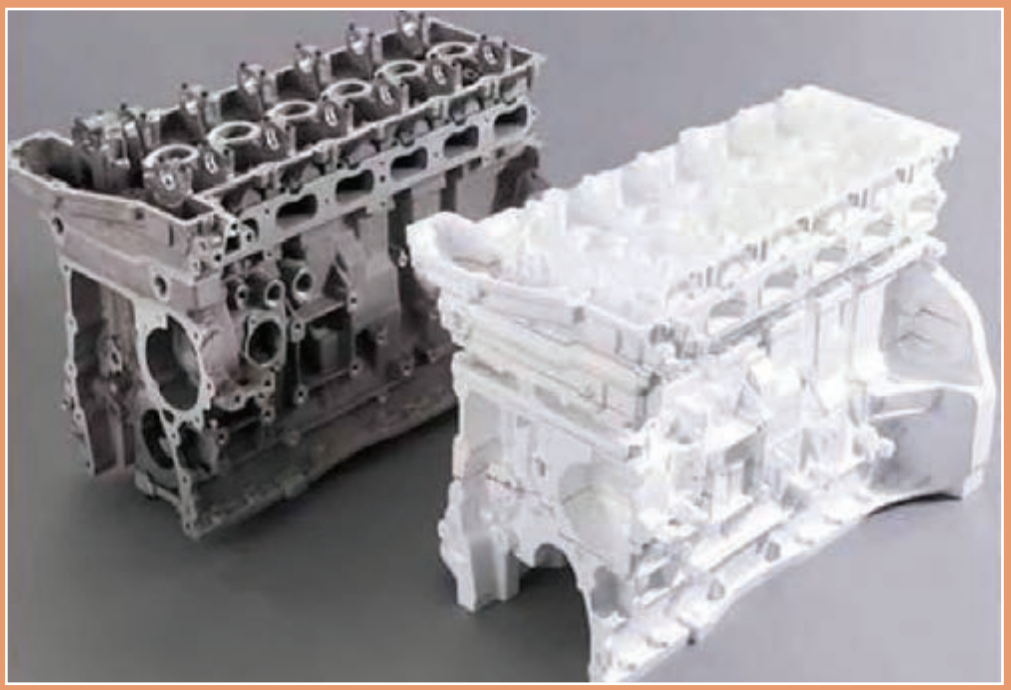
معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره دریافتی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی اولیه قطعه‌کار (چوب)	۱	
۲	انتخاب و آماده‌سازی ابزار و تجهیزات	۱	
۳	ساخت مدل چوبی مطابق با نقشه	۲	
۴	قالب‌گیری مدل ساخته شده و ریخته‌گری آن	۱	
۵	جدا نمودن سیستم راهگاهی از قطعه کار، تمیز کردن آن و تحویل قطعه	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی: ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳ـ تمیز کردن میزکار و محیط کارگاه ۴ـ رعایت دقت و نظم	۲	
	میانگین نمرات: *		

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

پودمان ۳

ساخت مدل‌های پلیمری (پلاستیکی)



واحد یادگیری ۳

ساخت مدل‌های پلیمری (پلاستیکی)

یکی از انواع مدل‌های مورد استفاده در مراحل قالب‌گیری و ریخته‌گری، مدل‌های پلیمری (پلاستیکی) است که به چند دسته پلاستوفومی (یونولیتی)، آرالدیتی، مومی و سیلیکونی تقسیم می‌شوند.
در این پودمان، یادگیری انواع مدل‌های پلیمری، تبدیل نقشه مکانیکی به مدل‌سازی، ترسیم نقشه مدل‌سازی، ساخت، مونتاژ مدل و سیستم راهگاهی، و کنترل کیفی مدل نهایی توضیح داده می‌شود.

استاندارد عملکرد

نقشه مدل‌سازی با استفاده از نقشه مکانیکی، مواد اولیه لازم و ابزارآلات، براساس استانداردهای مربوطه تهیه و مدل پلیمری ساخته می‌شود.

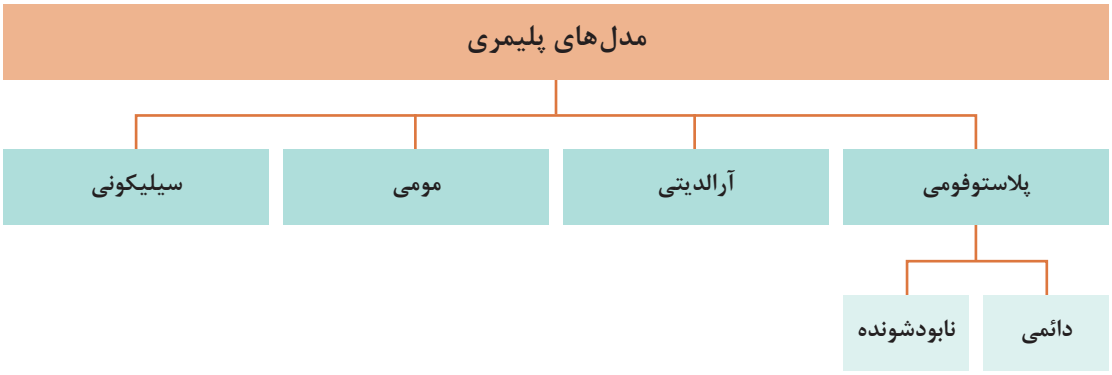
پیش نیاز

تبدیل نقشه مکانیکی به مدل‌سازی

مدل‌های پلیمری

ورود به عرصه‌های نوین و رقابت در بازارهای امروزی، نیازمند استفاده از تکنولوژی‌های مدرن در زمینه‌های مختلف صنعتی است. با پیشرفت تکنولوژی، دستیابی سریع‌تر، آسان‌تر و کم‌هزینه‌تر نسبت به قطعات سالم در فرایند ریخته‌گری میسر شده است. از آنجایی که همواره یکی از محدودیت‌های طراحی یک قطعه پیچیده، عدم قابلیت تولید آن با فرایند ریخته‌گری است بنابراین استفاده از روش‌ها و تکنیک‌هایی که این محدودیت‌ها را برطرف نماید، بسیار سودمند است. یکی از روش‌هایی که محدودیت‌های بسیاری را در بخش طراحی و ساخت مدل رفع کرده است، به‌کارگیری موادی با دمای ذوب و تبخیر بسیار پایین، جهت ساخت مدل‌های ریخته‌گری است. این مدل‌ها یک‌بار مصرف بوده و در طول فرایند ریخته‌گری، قبل و یا هنگام ذوب‌ریزی به بخار تبدیل می‌شوند.

مدل‌های پلیمری به‌صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند.



مدل‌های پلاستوفومی (یونولیتی)

ایده استفاده از پلاستوفوم (یونولیت) برای ساخت مدل‌های ذوب شونده (نابود شونده) و دائمی، اولین بار توسط آقای رویر[۱] در سال ۱۹۵۸ ارائه گردید. این ایده توسط کمپانی گرونزی و هارتمان[۲] خریداری و پس از توسعه، برای تولید صنعتی مورد استفاده قرار گرفت. در دهه‌های اخیر استفاده از مدل‌های ذوب‌شونده رشد گسترده‌ای، به‌ویژه در بین کارخانه‌های پیشرفته تولید قطعات خودرو، داشته است.

نام علمی پلاستوفوم، پلی‌استایرن است، که یک پلیمر مصنوعی از محصولات پتروشیمی است. انواع پلی‌استایرن عبارت‌اند از:

- پلی‌استایرن معمولی[۳] (GPPS)
- پلی‌استایرن مقاوم[۴] (HIPS)
- پلی‌استایرن انبساطی[۵] (EPS)
- پلی‌استایرن اکسترود شده[۶] (XPS)

۱ـ Royer
۲ـ grunzweiy and Hartmann
۳ـ general ـ purpose polystyrene
۴ـ high impact polystyrene
۵ـ expanded polystyrene
۶ـ extruded polystyrene

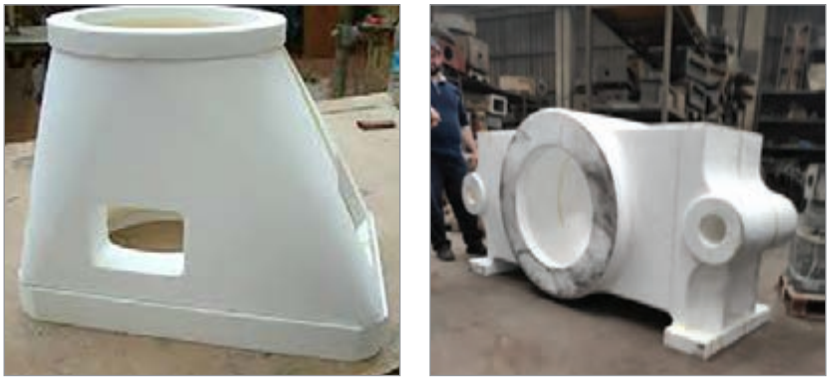
پرکاربردترین پلی‌استایرن برای ساخت مدل‌های ریخته‌گری، پلی‌استایرن انبساطی است که در ایران به نام یونولیت معروف است. شکل ۱ یونولیت را در سه فرم متفاوت نشان می‌دهد.

شکل ۱ــ فرم‌های مختلف یونولیت؛ ۱ــ گرانول‌های قبل از انبساط، ۲ــ دانه‌های بعد از انبساط و ۳ــ شکل نهایی

مدل‌های یونولیتی برحسب نیاز به دو دسته: مدل‌های دائمی و مدل‌های نابودشونده تقسیم‌بندی می‌شوند. از مدل‌های دائمی برای قالب‌گیری و ریخته‌گری ماسه‌ای قطعات متوسط تا بزرگ و از مدل‌های نابودشونده برای قالب‌گیری و ریخته‌گری قطعات کوچک تا متوسط به روش دقیق استفاده می‌شود.

مدل‌های یونولیتی

۱ــ مدل‌های یونولیتی دائمی: برای ساخت مدل‌های دائمی از بلوک یونولیت فشرده استفاده می‌شود. انتخاب میزان فشردگی بستگی به تعداد دفعات قالب‌گیری و یا تعداد قطعه ریختگی خواسته شده دارد. برای قالب‌گیری تا ۵۰ بار از بلوک یونولیت فشرده با چگالی حدود ۲۰ تا ۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب استفاده می‌شود. شکل ۲ نمونه‌هایی از مدل‌های دائمی ساخته شده را نشان می‌دهد.
برای ساخت مدل‌های یونولیتی دائمی از ابزارهای دستی نظیر ارّه، رنده، فرز و سیم المنت داغ استفاده می‌شود؛ درصورتی که برای ساخت مدل‌های دقیق، روش‌های ماشینی، المنتی، لیزری و CNC[1] به‌کار گرفته می‌شود.

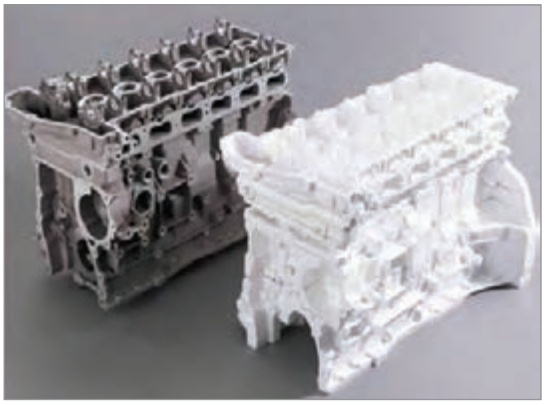


شکل ۲

۱ـ computer numerical control

نکته

تعداد دفعات قالب‌گیری به کیفیت جنس یونولیت، کیفیت سطح مدل، شیب مناسب قالب‌گیری، جنس مواد قالب‌گیری، رنگ‌کاری مدل، نصب یراق‌های مناسب در داخل مدل برای خارج کردن آن از داخل ماسه و رعایت نکات قالب‌گیری بستگی دارد. همچنین برای قالب‌گیری با مدل‌های یونولیتی، داشتن تخصص ضروری است.



شکل ۳

۲ـ مدل‌های یونولیتی نابودشونده: برای تولید قطعات ریختگی به تعداد زیاد (سری ریزی) از مدل‌های نابودشونده استفاده می‌شود. در این روش برای تولید هر قطعه ریختگی یک مدل یونولیتی نابودشونده نیاز است. مدل‌های نابودشونده برای تولید قطعات ریختگی ظریف و دقیق تا وزن حدود ۷ کیلوگرم مناسب هستند. شکل ۳ نمونه‌ای از مدل نابودشونده به همراه قطعه ریخته شده را نشان می‌دهد. مهم‌ترین مراحلی که برای تولید مدل‌های یونولیتی مورد توجه است، آماده‌سازی و ساخت قالب‌های معکوس فلزی از جنس آلیاژهای سبک و صیقل‌پذیر است. قالب‌های معکوس فلزی زمانی به‌کار گرفته می‌شود که تعداد زیادی مدل یونولیتی هم‌شکل مورد نیاز باشد.

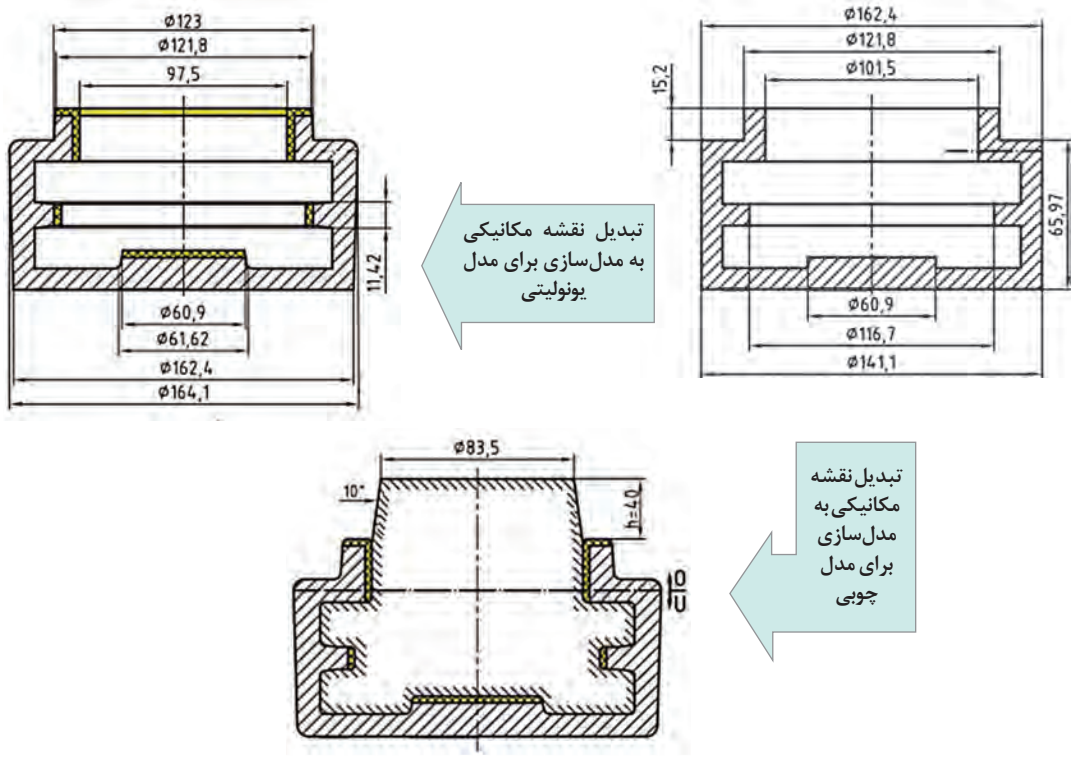
برای تولید مدل‌های یونولیتی با قالب معکوس فلزی، نیاز به گرانول‌های خام یونولیت است. با تزریق گرانول‌ها به داخل قالب معکوس فلزی و انبساط آنها، مدل یونولیتی شکل اصلی خود را به دست می‌آورد. چگالی گرانول‌های انبساطی هنگام شکل‌گیری در داخل قالب، حدود ۶۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب است که بعد از انبساط کامل مدل، به ۱۶ تا ۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب کاهش می‌یابد.

مراحل ساخت یک مدل یونولیتی

۱ تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی
۲ ترسیم نقشه مدل‌سازی روی سطح یونولیت
۳ برش‌کاری یونولیت
۴ مونتاژ مدل و سیستم راهگاهی
۵ کنترل کیفی مدل نهایی

۱ـ تبدیل نقشه مکانیکی به مدل‌سازی: مدل یونولیتی نیز همانند دیگر مدل‌ها (چوبی یا فلزی) باید با استفاده از نقشه مدل‌سازی که از روی نقشه مکانیکی قطعه نهایی رسم شده است، ساخته شود. با توجه به اینکه در ترسیم نقشه مدل‌سازی در مدل‌های یونولیتی، نیازی به درنظر گرفتن جهت خروج از قالب (سطح جدایش)، شیب مدل‌سازی و ماهیچه‌گذاری نیست، بنابراین نقشه مدل‌سازی یک مدل یونولیتی، کاملاً مشابه نقشه مکانیکی قطعه نهایی است. اما برای ساخت یک مدل یونولیتی، لازم است با توجه به اصول و

استانداردهای موجود، ابتدا نقشه مدل‌سازی تهیه گردد. شکل ۴ نقشه مدل‌سازی یونولیتی و چوبی تهیه شده از یک نقشه مکانیکی یکسان را نشان می‌دهد.



شکل ۴

فعالیت کلاسی

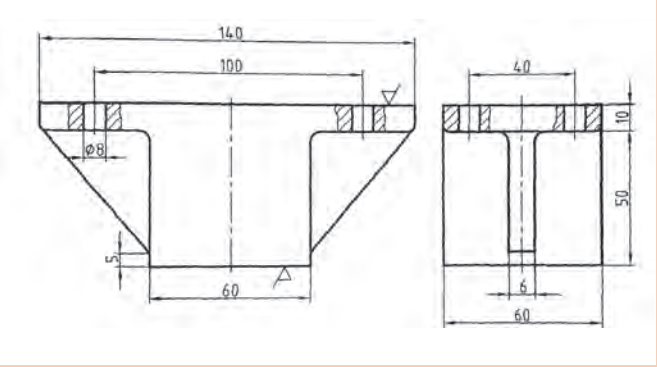
با توجه به اضافات و متغیرهایی که براساس آنها نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی تبدیل می‌شود، نقشه مدل‌سازی یک مدل یونولیتی را با نقشه یک مدل چوبی (اولیه) مقایسه کرده و جدول زیر را مطابق نمونه تکمیل کنید.

جنس مدل	سطح جدایش	شیب مجاز	اضافه تراش	پیچیدگی	ماهیچه	قوس گوشه‌ها	دقت ابعادی	گزینه‌ها
چوبی (اولیه)							✓	وجود دارد
							×	ممکن است وجود داشته باشد.
							×	وجود ندارد
یونولیتی							✓	وجود دارد
							×	ممکن است وجود داشته باشد.
							×	وجود ندارد

فعالیت کارگاهی ۱

محاسبه ابعاد و ترسیم نقشه مدل‌سازی با استفاده از نقشه مکانیکی

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار و لوازم ترسیم نقشه‌کشی
۲ ماشین حساب
۳ ابزار و وسایل کنترل نقشه مدل‌سازی

مراحل انجام کار:

۱ محاسبه اضافات مدل‌سازی (انقباض و تراش) برای تمامی ابعاد را با استفاده از جداول استاندارد پودمان اول انجام دهید (جنس قطعه تولیدی از آلیاژ آلومینیوم است).
۲ نقشه مدل‌سازی را با مقیاس ۱:۱ ترسیم کنید.
۳ با وسایل مورد نیاز نقشه مدل‌سازی ترسیم شده را کنترل کنید.
۴ به‌دلیل اینکه مدل از نوع ذوب‌شونده است از در نظر گرفتن شیب مدل صرف‌نظر کنید.
۵ نقشه مدل‌سازی خود را جهت کنترل و ارزیابی فعالیت انجام شده به هنرآموز خود تحویل دهید.

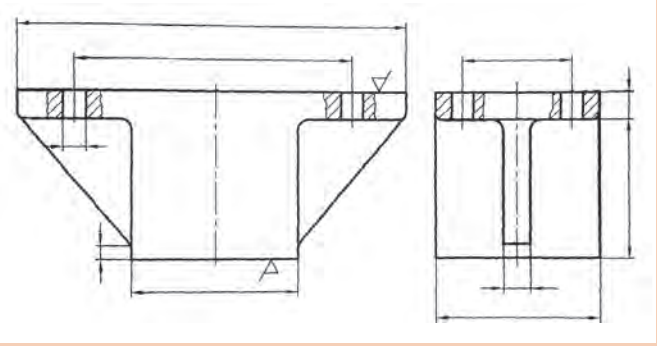
۲ـ ترسیم نقشه مدل‌سازی روی سطح یونولیت: همان‌طور که در ابتدا به آن اشاره گردید، دومین مرحله در ساخت یک مدل یونولیتی، انتقال نقشه مدل‌سازی بر روی سطح بلوک خام یونولیت است. مراحل انجام کار به شرح زیر است:

۱ تقسیم نقشه مدل‌سازی به بخش‌هایی که امکان ساخت (برش‌کاری) آنها وجود داشته باشد (در صورتی که نتوان مدل یونولیتی را یک تکه ساخت).
۲ انتخاب ابزار اندازه‌گیری و انتقال خط سالم و دقیق.
۳ انتقال ابعاد و خطوط هر بخش از نقشه مدل‌سازی بر روی سطوح یونولیت.

فعالیت کارگاهی ۲

رسم نقشه مدل‌سازی روی سطح یونولیت

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ یونولیت خام
۲ ابزار و وسایل اندازه‌گیری و خط‌کشی (کولیس، پرگار، خط‌کش فلزی و سایر تجهیزات کنترل و اندازه‌گیری)

مراحل انجام کار:

۱ ابعاد محاسبه شده مدل‌سازی را بر روی نقشه صفحه قبل انتقال دهید.

۲ مدل را ۴ تکه درنظر بگیرید.

۳ ابعاد مدل‌سازی را بر روی هر تکه یونولیت انتقال دهید.

نکته

در اختیار داشتن ابزار اندازه‌گیری و انتقال خط سالم و استاندارد، ضامن داشتن یک نقشهٔ دقیق است.

۳ـ برش‌کاری یونولیت‌ها: برش‌کاری یونولیت یکی از مهم‌ترین مراحل در ساخت یک مدل یونولیتی سالم است که بستگی بسیار زیادی به انتخاب ابزار، تکنیک مناسب، شناخت کامل، توانایی، محدودیت ابزار، مهارت و توانایی برش‌کاری دارد.

از این‌رو آشنایی با ابزارهای برش‌کاری مرسوم و معمولی، مانند کاتر (تیزبر)، هویه و سیم داغ (المنت) که در ساخت مدل‌های یونولیتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین داشتن مهارت در استفاده از این ابزارها مهم است و اهمیت بسیاری در مدل‌سازی یونولیتی دارد.

ابزار برش‌کاری و فرم دادن یونولیت

الف) کاتر: راحت‌ترین و ارزان‌ترین راه برش‌کاری و فرم دادن یونولیت استفاده از کاتر است. در استفاده از این ابزار، ابتدا یونولیت با کاتر بریده شده و سپس با استفاده از سنباده و سوهان، لبه‌های برش‌کاری صاف می‌شود. برای ساخت مدل‌های پیچیده‌تر باید از روش‌های پیشرفته استفاده کرد. همچنین باید دقت کرد که هرچه یونولیت فشرده‌تر باشد ریزش دانه‌های آن کمتر و در نتیجه برش‌کاری یونولیت تمیزتر خواهد بود.

نکات ایمنی

۱ در هنگام استفاده از کاتر حتماً به اندازه مورد نیاز، تیغ کاتر را از غلاف بیرون بیاورید.

۲ بعد از استفاده، حتماً تیغ را به‌داخل غلاف برگردانید.

۳ به هیچ عنوان برای تحویل دادن کاتر به دیگر دوستان یا هر کار دیگر، آن را پرتاب نکنید.

۴ در هنگام تعویض یا کوچک کردن تیغ، از لمس کردن لبه برنده آن خودداری کنید.

۵ از آوردن فشار زیاد به کاتر خودداری نمایید (به‌دلیل احتمال شکست یا برش‌کاری غیرمسطح).

۶ لبه تیغ کندشده را پس از تعویض ابتدا روی کاغذ سنباده کشیده سپس در سطل مربوط به خود بیندازید.

نکته

چنانچه یونولیت از فشردگی خوبی برخوردار نباشد لبه‌های برش‌کاری و سطح بریده شده صاف نبوده و زائده‌هایی دارد. برای جلوگیری از این حالت، کافی است تیغ کاتر را به مدت ۵ الی ۱۰ ثانیه با شعله، گرم کرد. دقت کنید که این کار باعث داغی بیش از حد کاتر نشود.

ب) سیم داغ: دستگاه برش‌کاری سیم داغ، از اصلی‌ترین ابزارهای یک کارگاه مدل‌سازی یونولیتی است. از این دستگاه برای انجام هرگونه برش‌کاری (مسطح یا فرم‌دار)، استفاده می‌شود.

ج) میز برش‌کاری (سیم داغ ثابت): این وسیله که در سه حالت اتوماتیک (CNC)، نیمه اتوماتیک و دستی، موجود است، می‌تواند برش‌کاری‌های راه بدری را به‌صورت قائم، شیب‌دار و فرم‌دار (بسته به فرم سیم، زاویه سیم یا میز دستگاه) ایجاد نماید. در نمونه اتوماتیک و نیمه اتوماتیک، با برنامه‌ای که از پیش به رایانه دستگاه داده می‌شود، با کنترل حرکت سیم داغ، میز و یونولیت در تمامی جهات، می‌توان برش‌کاری‌های دقیق با سطوح بسیار صیقلی ایجاد نمود. اما در نمونه دستی برای داشتن برش‌کاری صیقلی و دقیق، باید حتماً از شابلون استفاده کرد. شکل ۵ نمونه‌ای از میز برش‌کاری و سیم داغ به همراه تعدادی مدل یونولیتی ساخته شده را نشان می‌دهد.

شکل ۵

کاربردها

۱ برش‌کاری‌های طولی (جداسازی دوتکه)
۲ فرم‌دهی لبه‌های بیرونی قطعه کار
۳ خالی کردن شیارها یا سوراخ‌های درونی راه بدر
۴ برش‌کاری‌های صاف با شیب‌های متفاوت (با تغییر زاویه میز یا سیم داغ)

نکات ایمنی

۱ از لمس کردن سیم داغ در هنگام کار خودداری کنید.
۲ قبل از برش‌کاری نهایی، میزان سفتی سیم در فک‌ها و حرارت آن را به وسیله تکه‌های زائد یونولیت، بررسی نمایید.
۳ برای انجام برش‌کاری‌های قائم، قبل از روشن نمودن دستگاه، میز را نسبت به سیم برش‌کاری، گونیا کنید.
۴ تناسب میان سرعت پیشروی و حرارت سیم در هنگام برش‌کاری، برای یک برش‌کاری بدون عیب، از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین سرعت پیشروی (برش‌کاری) را به‌گونه‌ای تنظیم کنید که فشار زیادی به سیم وارد نشود.
۵ درصورت بریده شدن سیم داغ، سریعاً دستگاه را خاموش و از تماس با سیم بریده شده پرهیز کنید.

شکل ۶

د) سیم داغ دستی (انبری یا کمانی): از این وسیله تقریباً در ساخت تمامی مدل‌ها (پیچیده، کوچک و بزرگ) استفاده می‌شود. به کمک این وسیله می‌توان محل‌هایی را که توسط سیم داغ ثابت نمی‌توان به آنها دسترسی داشت یا مواردی که نیاز به مانور بالای سیم برش‌کاری دارد استفاده کرد (شکل ۶).

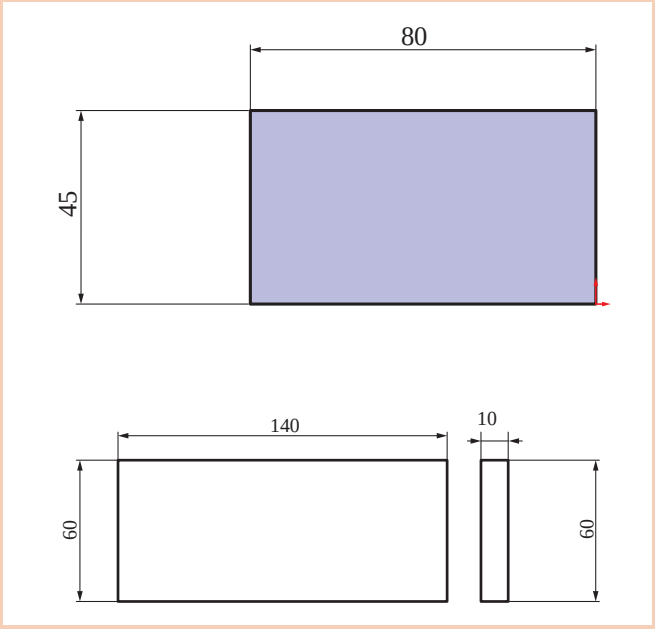
هشدار

برای جلوگیری از برق‌گرفتگی هنگام کار به‌دلیل تماس سیم داغ با دست، از دستگاه‌هایی که با ولتاژ برق کم کار می‌کنند استفاده کنید. به‌عنوان مثال پیشنهاد می‌شود از دستگاهی که با برق ۱۲ ولت و جریان متغیر بین ۵ الی ۱۲ آمپر کار می‌کند، استفاده کنید.

فعالیت کارگاهی ۳

برش‌کاری تکه‌های ترسیم شده یونولیتی

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ تکه‌های ترسیم شده در فعالیت کارگاهی ۲

۲ ابزار و وسایل برش‌کاری یونولیت

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

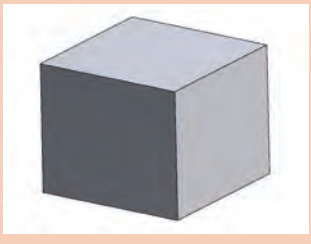
مراحل انجام کار:

۱ دستگاه برش‌کاری را روشن کنید و صبر کنید تا سیم برش داغ و سرخ شود.

۲ داغ بودن سیم را با یک تکه یونولیت کنترل کنید.

۳ تکه‌های مدل را با دقت برش‌کاری کنید.

۴ تکه‌های برش‌کاری شده را جهت کنترل و ارزیابی فعالیت انجام شده به هنرآموز خود تحویل دهید.



نکته:
تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک دورریز یونولیتی سالم از سایر یونولیت‌ها و نخاله‌ها الزامی‌است. در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی بوده تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

۴ـ مونتاژ مدل و سیستم راهگاهی: چهارمین مرحله در ساخت یک مدل یونولیتی، مونتاژ اجزای مدل روی سیستم راهگاهی آن است. درصورتی که نکات ذکر شده در مراحل و فعالیت‌های قبل، نظیر دقت در ترسیم نقشه مدل‌سازی، رسم الگو، دقت در انتخاب ابزار برش‌کاری، برش‌کاری بی‌نقص و استفاده از علائم راهنما روی هر جزء، به‌خوبی رعایت شده باشد، در مرحله مونتاژ تنها نکته‌ای که سلامت مدل نهایی را تضمین می‌کند، نوع چسب به‌کار رفته است. چسب، یکی از ارکان مهم در ساخت مدل‌های یونولیتی چند تکه است.
چسب‌ها دارای انواع گوناگونی هستند که هریک برای دستیابی به هدف خاصی به‌کار برده می‌شوند. داشتن دانش و تجربه در زمینه استفاده از چسب مناسب، باعث بالا رفتن کیفیت مدل‌های ساخته شده و استحکام آنها خواهد شد. هنگام انتخاب چسب باید به مواردی نظیر زمان خودگیری، نحوهٔ قالب‌گیری و خارج‌سازی مدل از قالب (مدل‌های دائمی)، نیروهایی که در اثر وزن مدل یا نحوهٔ قالب‌گیری یا حمل و نقل مدل به محل اتصال چسب وارد می‌شوند و در نهایت مقرون به صرفه بودن آن دقت کرد.

نکته

یکی از مشکلات یونولیت‌ها حساسیت آنها به مواد شیمیایی است. به‌همین دلیل برای چسباندن تکه‌های یونولیتی نباید از چسب‌هایی که محتوی حلال‌های نفتی همچون تینر هستند استفاده کرد. استفاده از این‌گونه چسب‌ها باعث آب شدن و از بین رفتن آنها خواهد شد. امروزه، چسب چوب و چسب یونولیت بیشترین استفاده را درکارگاه‌های مدل‌سازی دارند.

الف) چسب چوب: این چسب پایه طبیعی داشته و محتوی مواد شیمیایی کمتری است. چسب چوب توسط آب رقیق می‌شود و به‌همین دلیل این چسب در هنگام خشک شدن یا تبخیر (هنگام ریخته‌گری)، بخار سمی ایجاد نمی‌کند. این چسب پس از خشک شدن به راحتی توسط سیم داغ یا دیگر وسیله‌های برش‌کاری، بریده می‌شود.
مهم‌ترین عیب چسب چوب را می‌توان زمان نسبتاً طولانی برای خشک شدن آن دانست، (در روزهای گرم تابستان ۱۵ الی ۲۰ دقیقه، اما در زمستان این زمان می‌تواند به نصف روز نیز افزایش پیدا کند).
ب) چسب یونولیت: این چسب نوعی چسب مایع و شفاف است، فاقد حلال یونولیت است و بنابراین می‌توان از آن برای چسباندن تکه‌های یونولیتی استفاده کرد. قدرت چسبندگی چسب یونولیت پایین و مدت زمان خشک شدن آن نیز نسبتاً طولانی است، اما از چسب چوب کمتر است. از این نوع چسب به‌دلیل استحکام پایین نمی‌توان به‌صورت حرفه‌ای در ساخت مدل استفاده کرد. اما برای تولید مدل‌های آموزشی، انتخاب مناسبی به حساب می‌آید.

هشدار

هیچ‌گاه برای افزایش استحکام در اتصالات مدل یونولیتی از میخ یا سوزن یا هر شیء فلزی دیگری استفاده نکنید.

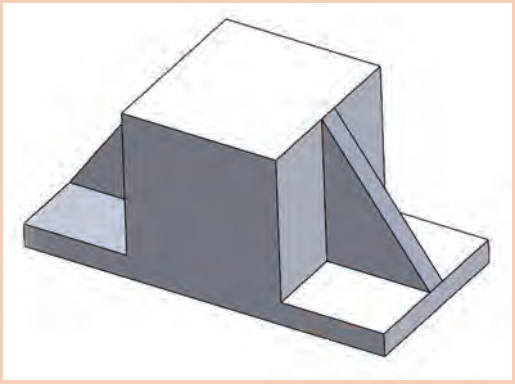
تحقیق کنید

با جست‌وجو در اینترنت، چسب‌های دیگری که می‌توان با استفاده از آنها مدل‌های یونولیتی را مونتاژ نمود (با ذکر مزیت و محدودیت هرکدام)، یافته و معرفی نمایید.

فعالیت کارگاهی ۴

مونتاژ تکه‌های بریده شده یونولیتی روی یکدیگر

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ تکه‌های یونولیت کنترل شده از فعالیت کارگاهی ۳
۲ چسب مخصوص یونولیت
۳ ابزار و وسایل مونتاژ یونولیت
۴ ابزار و تجهیزات پرداخت‌کاری

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ تکه‌های بریده شده را بر روی نقشه مدل‌سازی قرار داده و کنترل کنید.
۲ با چسب مخصوص یونولیت، محل اتصال تکه‌ها را آغشته نموده و سپس آنها را به یکدیگر بچسبانید.
۳ پس از خشک شدن کامل، R گوشه‌های داخلی مدل را با استفاده از گرانول یونولیت و چسب ایجاد کنید.
۴ تمام سطوح مدل را سنباده‌کاری و پرداخت کنید.
۵ درصورت در دسترس بودن رنگ مخصوص یونولیت، مدل را رنگ‌آمیزی کنید.
۶ تکه‌های یونولیتی چسبانیده شده را جهت کنترل و ارزیابی فعالیت انجام شده به هنرآموز خود تحویل دهید.

نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک دورریز یونولیتی سالم از سایر یونولیت‌ها و نخاله‌ها الزامی است. در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی بوده تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

نکته

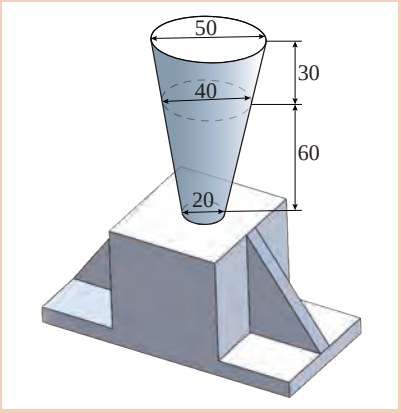
درصورت بیرون زدگی چسب، قبل از خشک شدن آن را پاک کنید.

۵ـ کنترل کیفی مدل ساخته شده: پس از ساخت مدل یونولیتی، لازم است صحت ابعاد مدل، زبری و ناصافی سطوح، گوشه‌های تیز، محل‌های اتصال و شره چسب مورد بازبینی و کنترل قرار گیرد.

فعالیت کارگاهی ۵

ساخت سیستم راهگاهی با یونولیت و مونتاژ آن روی مدل آماده شده، قالب‌گیری و ریخته‌گری مدل با سیستم راهگاهی و تبدیل آن به قطعه آلومینیومی

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ مدل آماده از فعالیت کارگاهی ۴
۲ ابزار و وسایل مونتاژ یونولیت (چسب، سنباده و سایر ابزارآلات)
۳ ابزار و تجهیزات پرداخت‌کاری
۴ ابزار و تجهیزات قالب‌گیری و ریخته‌گری
۵ کوره ذوب، آلومینیوم و سایر تجهیزات مورد نیاز

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ ابعاد سیستم راهگاهی را برای مدل ساخته شده در فعالیت، طراحی و محاسبه کنید.
۲ سیستم راهگاهی را براساس ابعاد محاسبه شده بسازید و بر روی مدل در محل مورد نظر مونتاژ نموده و بچسبانید.
۳ پس از خشک شدن سیستم راهگاهی مدل را قالب‌گیری کنید.

توضیح: در قالب‌گیری مدل‌های یونولیتی، مدل و اجزای سیستم راهگاهی در داخل ماسه دفن می‌شوند و فقط سطوح حوضچه بالایی و تغذیه‌ها دیده می‌شوند.

۴ مقدار ذوب موردنیاز را آماده نموده و ریخته‌گری کنید.
۵ پس از سرد شدن درجه آن را تخریب نموده و بعد از تمیزکاری کنترل کنید.
۶ قطعه تولید شده به‌همراه سیستم راهگاهی متصل به آن را جهت کنترل و ارزیابی فعالیت انجام شده به هنرآموز تحویل دهید.

نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک دورریز یونولیتی سالم از سایر یونولیت‌ها و نخاله‌ها الزامی‌است. در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی بوده تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

تولید مدل یونولیتی با استفاده از قالب فلزی

برای تولید مدل‌های یونولیتی نابودشونده می‌توان از قالب‌های فلزی، ترجیحاً آلومینیومی استفاده کرد. این قالب‌ها براساس انتخاب سطح جدایش معمولاً از چند تکه تشکیل می‌شوند. وجود مکانیزمی برای بستن قالب الزامی است. در شکل ۷ از پیچ و مهره برای بستن قالب استفاده شده است. در ساخت قالب‌های فلزی، شیب مناسب برای خروج مدل یونولیتی درنظر گرفته می‌شود. در ضمن شیارهای کوچکی نیز در یکی از سطوح جدایش قالب برای خروج بخار تعبیه می‌گردد. سپس قالب فلزی با گرانول پر و بسته شده و به‌منظور انبساط کامل گرانول‌ها و خودگیری مدل، قالب بسته شده برای مدت مناسب در داخل آب در حال جوش قرار می‌گیرد. پس از سرد شدن قالب، قالب فلزی باز و مدل ساخته شده (شکل ۸) خارج می‌گردد. در روش‌های ماشینی، مراحل فوق به‌صورت اتوماتیک انجام می‌شود.

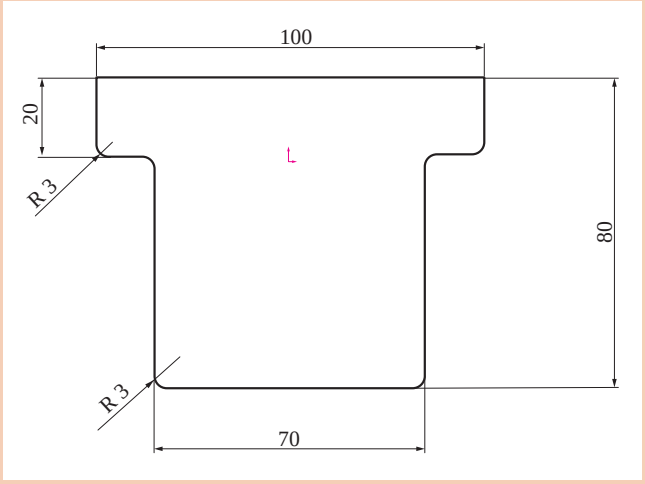
شکل ۷

شکل ۸

فعالیت کارگاهی ۶

ساخت بلوک خام یونولیتی

نقشه کار:



محل سطح جدایش قالب فلزی با محور عمودی مدل منطبق است.

وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار و وسایل موردنیاز جهت ساخت قالب فلزی
۲ تجهیزات قالب‌گیری و ریخته‌گری
۳ ابزارهای براده‌برداری (ماشین تراش، سوهان، آلومینیوم ساب و سنباده)
۴ ماشین دریل و مته مناسب
۵ پیچ و مهره
۶ گرانول خام یونولیت
۷ ظرف آب جوش

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ قالب فلزی مناسبی را برای نقشه فوق با فرایندهای مدل‌سازی و ریخته‌گری، تراشکاری و فرزکاری بسازید.
۲ پس از مونتاژ قالب و کنترل نهایی، آن را با گرانول یونولیت پر کنید.
۳ سپس درپوش‌های قالب را قرار داده و پیچ‌های آن را کاملاً سفت کنید.
۴ برای پخت گرانول، قالب را در آب جوش قرار دهید.
۵ پس از اطمینان از پخت گرانول، قالب را از آب جوش خارج کنید.
۶ بعد از سرد شدن قالب، مدل یونولیتی ساخته شده را خارج نموده و کنترل کنید.
۷ بلوک یونولیتی تولید شده را جهت کنترل و ارزیابی فعالیت انجام شده به هنرآموز تحویل دهید.

نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و جداکردن گرانول سالم یونولیت از سایر گرانول‌ها و نخاله‌ها الزامی‌است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

برش‌کاری یونولیت جهت ساخت مدل با استفاده از تجهیزات نوین

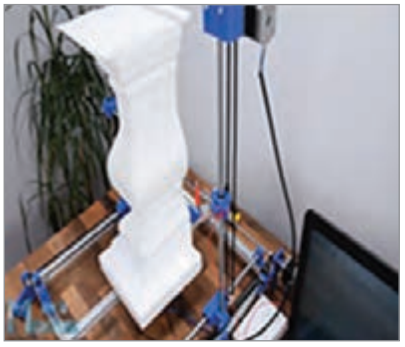
با پیشرفت تکنولوژی و نیاز روزافزون به افزایش کیفیت و دقت قطعات گوناگون ساخته شده، استفاده از دستگاه‌های به روز و پیشرفته امری اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین هر چقدر قطعات ساخته شده و مونتاژ شده کیفیت و دقت بالاتری داشته باشند، استفاده از دستگاه‌های CNC پیشرفته، بیشتر احساس می‌شود. یکی از مهم‌ترین پارامترهای ساخت هر قطعه، فرایند برش‌کاری آن از ماده خام است که از ابتدایی‌ترین مراحل ساخت است. هر چقدر خطا در این مرحله بیشتر باشد کیفیت و دقت قطعه ساخته شده پایین‌تر است.
برای برش‌کاری قطعات با ماشین‌های CNC ابتدا باید نقشه قطعه موردنظر توسط نرم‌افزارهای طراحی رایانه‌ای (کتیا[۱]، سالیدورک[۲] و یا اتوکد[۳]) طراحی شود. با استفاده از این نقشه می‌توان توسط ماشین‌های CNC قطعات نمونه اولیه را طبق دستورالعمل‌های رایانه‌ای، برش‌کاری کرد. رایانه، برنامه‌هایی از پیش تعیین شده را برای برش‌کاری انواع فلزات و غیرفلزات مانند شیشه، چوب، پلاستیک و یونولیت به این دستگاه انتقال می‌دهد و ماشین CNC طبق دستورالعمل، قطعات را برش‌کاری می‌کند. سرعت و دقت در تولید محصول با استفاده از ماشین CNC، بالا است. تمام CNCها از حرکت دقیق و سریع محورهای ماشین و انجام یک فرایند از پیش تعیین شده روی قطعه کار برخوردارند.
انواع دستگاه‌هایی که در برش‌کاری یونولیت مورد استفاده قرار می‌گیرند و فرایند برش‌کاری در آنها به‌وسیله رایانه کنترل می‌گردد عبارت‌اند از:

الف) ماشین برش‌کاری سیم داغ با میز ثابت.
ب) ماشین برش‌کاری سیم داغ با میز متحرک.
ج) ماشین فرز برش‌کاری.
د) ماشین لیزر[۴] برش‌کاری.
هـ) ماشین برش‌کاری با محور متحرک و میز متحرک (چند محوره)

۱ـ CATIA
۲ـ Solidwork
۳ـ Autocad
۴ـ laser

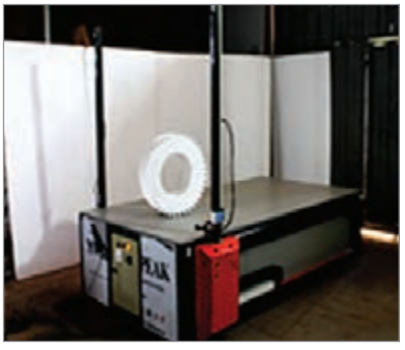
در تمامی این ماشین‌ها، نقشه اجزای مدل توسط نرم‌افزارهای رایانه‌ای طراحی و ترسیم می‌شود، پس از ذخیره نمودن فایل نقشه با پسوند DXF، این فایل جهت فرایند برش‌کاری به سیستم پردازنده دستگاه برش منتقل می‌شود.

الف) ماشین برش‌کاری سیم داغ با میز ثابت: در این ماشین، بلوک خام یونولیت بر روی صفحه ثابت دستگاه قرار می‌گیرد و پس از انتقال فایل به دستگاه؛ توسط فرمان‌هایی که از رایانه می‌گیرد، سیم داغ شروع به برش‌کاری بلوک یونولیتی می‌کند. شکل ۹ نمونه‌ای از مدل یونولیتی و یک ماشین برش سیم داغ با میز ثابت را نشان می‌دهد.



شکل ۹

ب) ماشین برش‌کاری سیم داغ با میز متحرک: در این ماشین، بلوک خام یونولیت بر روی صفحه متحرک قرار گرفته و سیم برش‌کاری داغ ثابت است. صفحه متحرک که فرامین را از رایانه می‌گیرد شروع به جابه‌جا نمودن بلوک یونولیت می‌کند و برش‌کاری توسط سیم داغ انجام شده و اجزای مدل یونولیتی برش داده می‌شود. شکل ۱۰ نمونه‌ای از یک ماشین برش سیم داغ با میز متحرک و یک مدل برش‌کاری شده به همراه سیستم راهگاهی مونتاژ شده را نشان می‌دهد.

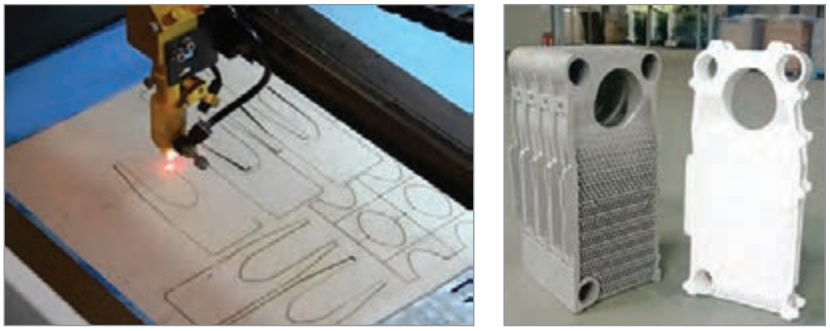


شکل ۱۰

ج) ماشین برش‌کاری فرز: در این روش بلوک خام یونولیت بر روی میز ثابت ماشین فرز قرار گرفته و پس از انتقال فایل به دستگاه؛ عمل برش‌کاری و شکل‌دهی یونولیت توسط تیغه‌های فرز مخصوص انجام می‌گیرد و در نهایت اجزای مدل یونولیتی ساخته می‌شود. نمونه‌ای از یک ماشین فرز و مدل‌های برش‌کاری شده در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

شکل ۱۱

د) ماشین برش‌کاری لیزر: ماشین برش‌کاری لیزر یکی از پیشرفته‌ترین دستگاه‌های برش‌کاری مدرن است. برای بریدن آلیاژهای آهنی و غیرآهنی و همچنین برای برش‌کاری و حکاکی غیرفلزات، و کامپوزیت‌ها از لیزر استفاده می‌شود. از مهم‌ترین مزایای برش‌کاری لیزر می‌توان به عدم نیاز به ماشین‌کاری مجدد، دقت بالا در برش‌کاری بدون پلیسه، ایجاد هرگونه شکل دلخواه و پیچیده، صافی سطح بالا، عدم سوختگی ناشی از برش‌کاری و دورریز کم، اشاره کرد. در این روش، پس از انتقال فایل DXF به دستگاه، بلوک یونولیت خام روی میز دستگاه قرار گرفته و سپس عمل برش‌کاری با لیزر انجام می‌شود. شکل ۱۲ نمونه‌ای از یک ماشین برش لیزر و مدل‌های برش‌کاری شده را نمایش می‌دهد.

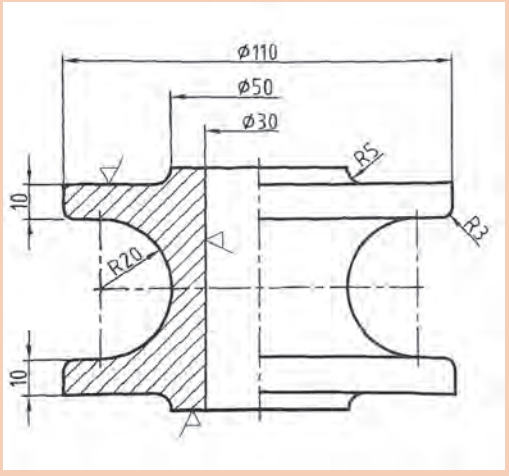


شکل ۱۲

فعالیت کارگاهی ۷

ساخت مدل یونولیتی با استفاده از ماشین برش

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار و لوازم ترسیم نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی
۲ رایانه و نرم‌افزار ترسیم نقشه
۳ ماشین برش‌کاری یونولیت
۴ بلوک یونولیتی خام فشرده
۵ تجهیزات مدل‌سازی
۶ چسب مخصوص یونولیت
۷ میز کار

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ نقشه مکانیکی داده شده را به نقشه مدل‌سازی تبدیل کنید.

۲ نقشه مدل‌سازی را در نرم‌افزار مربوطه رسم کنید.

۳ بلوک یونولیتی خام را بر روی میز دستگاه قرار داده و پس از بستن، عملیات برش‌کاری را انجام دهید.

۴ پس از برش‌کاری، مدل یونولیتی ساخته شده را از دستگاه خارج نموده و ابعاد و کیفیت سطح مدل را بررسی کنید.

۵ چنانچه محدودیت دستگاه، باعث گردد مدل در چند بخش جداگانه برش داده شود، در پایان کار، قطعات ساخته شده مدل را با چسب به یکدیگر مونتاژ کنید.

نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات یونولیت از سایر یونولیت‌ها و نخاله‌ها الزامی است. در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

مدل‌های آرالدیتی

پلیمرها به دو شکل گرمانرم (ترموپلاست[۱]) و گرماسخت (ترموست[۲]) تولید و در دسترس صنعتگران قرار می‌گیرند. مهم‌ترین پلیمرهای مورد مصرف در مدل‌سازی عبارت‌اند از: آرالدیت‌ها[۳]، پلی اورتان‌ها[۴]، پلی کلرید وینیل‌ها[۵] و پلی‌استایرن‌ها[۶].

آرالدیت نام تجاری رزین اپوکسی و از خانواده ترموست‌ها است. مدل آرالدیتی نسبت به مدل چوبی و فلزی از خواص بالاتری برخوردار است که عبارت‌اند از:

- پایداری بیشتر در برابر عوامل شیمیایی
- صافی سطح بهتر نسبت به چوب و فلزات
- پایداری و حفظ بهتر ابعاد در برابر عوامل محیطی
- نیاز به شیب کمتر به‌علت داشتن صافی سطح مناسب
- خارج شدن آسان‌تر مدل از ماسه قالب‌گیری
- سبکی وزن بیشتر نسبت به مدل فلزی مشابه
- مقاومت بیشتر در برابر رطوبت و سایر عوامل محیطی
- کاربرد زیاد به‌دلیل شکل‌پذیری آسان و مرغوبیت سطح مدل

۱ـ thermoplast

۲ـ thermoset

۳ـ Araldite

۴ـ polyurethane

۵ـ polyvinyl chloride (PVC)

۶ـ polystyrene

آرالدیت‌ها در مدل‌سازی به چند گروه زیر تقسیم می‌شوند:

۱ پوششی (ژلکُت[۱])
۲ ریختگی
۳ چند منظوره
۴ پشت ساز

۱ـ آرالدیت‌های پوششی (ژلکُت‌ها): برای بالا بردن کیفیت سطح و سبکی وزن مدل و قالب آرالدیتی و همچنین صرفه‌جویی در مصرف آرالدیت از ژلکُت‌ها استفاده می‌شود. هر ژلکُت کاربرد خاص خود را دارد. به‌عنوان مثال، اگر ژلکُت (SW۴۰۴) با سخت‌کننده (HY۲۴۰۴) مخلوط شود، برای پوشش دادن قالب‌های برآمده (پوزیتیو[۲]) به ضخامت ۱ تا ۳ میلی‌متر مناسب است. ژلکُت (SV۴۱۰) با سخت‌کننده (HY ۲۴۰۴) برای ساخت قالب‌های معکوس (نگاتیو[۳]) و قالب‌های برآمده مناسب است.

مزایای عمومی ژلکُت‌ها:

- مقاومت سایشی بالا
- مقاومت به ضربه خوب (۷/۵ تا ۹/۵ کیلو ژول بر مترمربع)
- مقاومت در برابر عوامل شیمیایی (ضداسید و سایر مواد خورنده)
- صیقل‌پذیری و سختی سطح عالی
- چسبندگی کم به ماسه قالب‌گیری (جداپذیری خوب از قالب ماسه‌ای)
- مقاومت حرارتی ژلکُت SW۴۰۴ بین ۷۰ تا ۷۵ درجه سیلسیوس و ژلکُت (SV۴۱۰) بین ۱۲۰ تا ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد
- ژلکُت‌های گروه SV قابلیت ماشین‌کاری و براده‌برداری دارند

معایب:

- ژلکُت SW۴۰۴ در برابر ضربه شکننده است و مانند شیشه خُرد می‌شود.
- ژلکُت SW۴۰۴ غیرقابل ماشین‌کاری و براده‌برداری است.

جدول ۱ مشخصات تعدادی از آرالدیت‌های پوششی را نشان می‌دهد.

جدول ۱ـ مشخصات انواعی از آرالدیت‌های پوششی (ژلکُت‌ها)

رنگ	علامت تجاری	سخت‌کننده	نسبت مخلوط*	زمان سخت شدن ۵۰۰گرم برحسب دقیقه	وزن مخصوص (g/cm^3)	قابلیت ماشین‌کاری
آبی	SW۴۰۴	HY ۲۴۰۴	۱۰ بر ۱۰۰	۲۵ تا ۳۰	۱/۸ تا ۱/۹	ندارد
سفید	SV۴۱۰	HY ۲۴۰۴	۱۴ بر ۱۰۰	۲۰ تا ۲۵	۱/۴	دارد
سفید	SV۴۱۲	HY ۲۴۰۴	۱۶ بر ۱۰۰	۱۵ تا ۲۵	۱/۳	چقرمه قابل رنگ‌کاری
سیاه	SW۴۱۹	HY ۲۴۱۹	۱۳ بر ۱۰۰	۲۰ تا ۳۰	۲/۳	دارد
خاکستری	SV۵۰۰۰	HY ۵۰۰۱	۱۶ بر ۱۰۰	۲۰ تا ۳۰	۱/۷	دارد

* نسبت مخلوط، منظور نسبت سخت‌کننده بر آرالدیت است.

۱ـ gelcoat ۲ـ positive ۳ـ negative

۲ـ آرالدیت‌های ریختگی: این آرالدیت‌ها با علامت اختصاری (CW)، برای ساخت قالب‌ها و مدل‌های آرالدیتی با حجم کم به‌کار می‌روند. مخلوط کردن این نوع آرالدیت‌ها با سخت‌کننده آن، بستگی به موارد زیر دارد:

- کوچکی و بزرگی مدل
- دمای محیط

انتخاب نوع آرالدیت و سخت‌کننده آن مطابق جدول شماره ۲ انجام می‌گیرد.

جدول ۲ـ مشخصات انواعی از آرالدیت‌های ریختگی

علامت تجاری	سخت‌کننده	نسبت مخلوط*	زمان سخت شدن ۱۰۰g/min	وزن مخصوص g/cm³	سایر خواص	رنگ ظاهری
CW۲۱۶ـ۱	HY ۲۱۶	۱۱ بر ۱۰۰	۳۰ تا ۴۰	۱/۸	حاوی فیلر فلزی و معدنی	خاکستری
CW۲۲۱۵	HY ۵۱۶۰	۲۰ بر ۱۰۰	۵۰ تا ۶۰	۱/۸	قابلیت رنگ‌کاری، واکنش آرام	بژ روشن
CW۲۲۱۵	HY ۵۱۶۱	۲۰ بر ۱۰۰	۳۰ تا ۴۰	۱/۶	قابلیت رنگ‌کاری، واکنش متوسط	بژ روشن
CW۲۲۱۵	HY ۵۱۶۲	۲۰ بر ۱۰۰	۲۰ تا ۳۰	۱/۶	قابلیت رنگ‌کاری، واکنش سریع	بژ روشن
CW۲۲۱۷	HY ۵۱۶۰	۲۰ بر ۱۰۰	۶۰ تا ۹۰	۱/۶	ماشین‌کاری خوب، واکنش آرام	خاکستری
CW۲۲۱۷	HY ۵۱۶۱	۲۰ بر ۱۰۰	۳۰ تا ۴۰	۱/۷	ماشین‌کاری خوب، واکنش متوسط	خاکستری
CW۲۲۱۷	HY ۵۱۶۲	۲۰ بر ۱۰۰	۲۰ تا ۳۰	۱/۷	ماشین‌کاری خوب، واکنش سریع	خاکستری
CW۲۴۱۸ـ۱	HY ۵۱۱۸	۲۰ بر ۱۰۰	۵۰ تا ۶۰	۱/۷	فیلر فلزی، واکنش آرام	سیاه
CW۲۴۱۸ـ۱	HY ۵۱۶۰	۱۲ بر ۱۰۰	۶۰ تا ۹۰	۱/۷	فیلر فلزی، واکنش آهسته	سیاه
CW۲۴۱۸ـ۱	HY ۵۱۶۱	۱۵ بر ۱۰۰	۳۰ تا ۴۰	۲/۴	فیلر فلزی، واکنش متوسط	سیاه
CW۲۴۱۸ـ۱	HY ۵۱۶۲	۱۵ بر ۱۰۰	۲۰ تا ۳۰	۲/۱	فیلر فلزی، واکنش سریع	سیاه

* نسبت مخلوط، منظور نسبت سخت‌کننده بر آرالدیت است.

خواص عمومی آرالدیت‌های ریختگی:

۱ قابلیت ریخته شدن در قالب
۲ مناسب برای ساخت قالب‌های معکوس
۳ تولید مدل به تعداد دلخواه با استفاده از قالب معکوس
۴ مناسب برای ساخت مدل‌های صفحه‌ای به‌ویژه ساخت مدل صفحه‌ای سرخود با سطح جدایش غیریکنواخت
۵ قابلیت ماشین‌کاری، سنباده‌کاری و پرداخت‌کاری
۶ ساخت مدل‌های ترکیبی (با ترکیبی از چوب و فلز)

سایر خواص در جدول ۲ دیده می‌شود.

۳ـ آرالدیت‌های چند منظوره: این آرالدیت‌ها با علامت اختصاری M یا CY نشان داده می‌شوند و برای ساخت مدل‌های کوچک و متوسط به‌کار می‌روند. مصرف این آرالدیت‌ها تا زمانی مناسب است که وزن مدل و یا قالب معکوس ساخته شده با آنها بیش از حد مجاز سنگین نشود. برای رسیدن به این هدف این آرالدیت‌ها را با مواد پرکننده (مانند خرده چوب، پوکه‌های معدنی و فوم انبساطی) مخلوط می‌کنند. قابلیت پرداخت‌کاری مدل‌ها و قالب‌های معکوس ساخته شده از آرالدیت‌های چند منظوره، مناسب است.
انتخاب نوع آرالدیت و سخت‌کننده آن مطابق جدول شماره ۳ انجام می‌گیرد و جدول ۴ انواع مواد پرکننده و خواص آنها را نشان می‌دهد.

جدول ۳ـ مشخصات انواعی از آرالدیت‌های چندمنظوره

علامت تجاری	سخت‌کننده	نسبت مخلوط*	زمان سخت شدن ۵۰۰g/min	رنگ	سایر خواص
M	HY ۹۵۶	۲۰بر۱۰۰	۳۰ـ۲۰	مایل به زرد	شفاف
CY ۲۱۹	HY ۵۱۶۰	۵۰بر۱۰۰	۱۲۰ـ۹۰	مایل به زرد	شفاف، واکنش آهسته
CY ۲۱۹	HY ۵۱۶۱	۵۰بر۱۰۰	۵۰ـ۴۰	مایل به زرد	شفاف، واکنش نیمه‌آهسته
CY ۲۱۹	HY ۵۱۶۲	۵۰بر۱۰۰	۳۰ـ۲۰	مایل به زرد	شفاف، واکنش سریع
lW ۵۶۱	HY ۲۱۶	۲۷بر۱۰۰	۷۰ـ۴۰	خاکستری	با فیلر معدنی
XB ۵۰۸۲	HB ۵۰۸۳	۲۳بر۱۰۰	۲۰۰ـ۱۷۰	بی‌رنگ	واکنش سریع در حالت رقیق بودن برای ۱۰۰ گرم آن

* نسبت مخلوط، منظور نسبت سخت‌کننده بر آرالدیت است.

جدول ۴ـ انواع مواد پرکننده و خواص آنها

مواد پرکننده پرمصرف	خواص و معایب
گرانول آلومینیوم	سبک، قابلیت انتقال حرارت خوب، کار کردن روی آن آسان است.
ماسه سیلیسی با دانه‌بندی مختلف	بسیار سنگین است، کارکردن روی آن مشکل است
پودر یا آرد چینی	قابلیت فشرده شدن خوبی دارد
گرانول PVC	سبک است اما قابلیت فشرده شدن کمی دارد
پوست گردو	سبک است، خوب فشرده می‌شود اما رطوبت جذب می‌کند
نخاله الیاف شیشه	خوب فشرده می‌شود، خیلی بادوام است
مواد پرکننده کم‌مصرف	**خواص و معایب**
گرانول پلی‌استریل سخت	خیلی سبک، کم‌دوام
پوکه معدنی	سبک، مقاوم
الیاف آزبست	در موارد خاص و به‌ندرت مورد مصرف قرار می‌گیرد سرطان‌زاست
پودر یا گریس پرمصرف	**خواص و معایب**
پودر آلومینیوم	سبک، غیرمقاوم در برابر سایش
پودر آهن	سنگین، مقاوم در برابر سایش
پودر موزائیک یا آرد چینی	برای پرکردن جاهای غیرمهم به‌کار می‌رود
میکروبالون	خیلی سبک، برای پوشش دادن و بالابردن غلظت به‌کار می‌رود
آئروسول[1] SiO_2	سبک، خواص ضدشره را بالا می‌برد مقاومت کم
پودرهای کم‌مصرف	**خواص و معایب**
پودر تالک	سبک، عدم مقاومت در برابر سایش
گیپس[2]	سبک، عدم مقاومت در برابر سایش
گچ معمولی	سخت، ضدسایش، فاقد خاصیت الاستیسیته
خمیر پرکننده فولاد (فیلر)	سخت، ضدسایش، فاقد خاصیت الاستیسیته
پودر سیلیسیم کاربید	سخت، ضدسایش، فاقد خاصیت الاستیسیته
پودر تیتانیم دی‌اکسید	سخت، ضدسایش، فاقد خاصیت الاستیسیته

۱- Aerosol
۲- Gypsum

۴ـ آرالدیت‌های پشت‌ساز: این آرالدیت‌ها با علائم اختصاری LV و SV برای پرکردن پشت مدل‌ها و قالب‌های معکوس آرالدیتی استفاده می‌شود. پس از مخلوط کردن خمیر آرالدیتی با سخت‌کننده مخصوص خود، به‌شکل گلوله درآورده و به‌وسیله دست و یا ابزار مخصوص، پشت‌سازی براساس فرم و فضای خالی پشت مدل انجام می‌شود. یکی از خواص مهم این آرالدیت‌ها، شکل‌پذیری خوب و سرعت در پرکردن پشت قالب است. بعضی از این آرالدیت‌ها قابلیت پذیرش مواد پرکننده را دارند و باعث می‌شوند که مدل یا قالب معکوس سبک وزن ساخته شود. جدول ۵ انواع آرالدیت‌های خمیری و پشت‌ساز را نشان می‌دهد.

جدول ۵ـ انواع آرالدیت‌های خمیری

علامت تجاری	سخت‌کننده	نسبت مخلوط*	رنگ	سایر خواص
LV ۱۵۶۹	HY ۲۹۵۹	۱۵ بر ۱۰۰	آبی	قابل مخلوط با مواد پرکننده
LV ۵۷۲	HY ۲۱۶	۸ بر ۱۰۰	خاکستری	مقاومت بالا در برابر حرارت
LV ۵۷۳	HY ۲۹۵۹	۱۵ بر ۱۰۰	خاکستری	سبک
SV ۴۲۷	HY ۴۲۷	۱۰۰ بر ۱۰۰	خاکستری	پس از خشک شدن مانند چوب قابل کار کردن است.

* نسبت مخلوط، منظور نسبت سخت‌کننده بر آرالدیت است.

نوع دیگری از مواد پلیمری سبک وجود دارد که پس از ریخته شدن در داخل قالب به شکل اسفنجی پف کرده و پشت مدل یا قالب را پر می‌کند. همچنین نوع دیگری از آرالدیت خمیری به بازار عرضه شده است که پس از سخت شدن به‌رنگ چوب در می‌آید (رنگ قهوه‌ای تیره و روشن) و با بلوک ساخته شده از آن در کارگاه (بلوک مکعبی یا استوانه‌ای) و با استفاده از ماشین‌های تراش، فرز و یا CNC می‌توان مدل‌های دقیق پلاستیکی تولید کرد.

مواد جدایش: برای آنکه مدل به آسانی از داخل قالب آرالدیتی جدا شود، از مواد جدایش استفاده می‌گردد (جدول ۶). مواد جدایش به دو شکل جامد و مایع به بازار عرضه می‌شود. مواد جدایش جامد با علامت QV و مواد جدایش مایع با علامت QZ مشخص می‌گردند. درجه غلظت مواد جدایش مایع با نوشتن اعداد تعیین می‌گردد. به‌عنوان مثال QZ۵ رقیق‌ترین و QZ۱۳ غلیظ‌ترین پوشش است که با استفاده از قلم مو یا پیستوله، سطح مدل و قالب با آن پوشش داده می‌شود.

جدول ۶ــ انواع مواد جداکننده و کاربرد آنها

علامت تجاری	کاربرد	زمان خشک شدن	سایر خواص
QZ ۱ـ۱	پوشش جدایش	کمتر از چند دقیقه	قابل حل در آب برای جداسازی از مواد پلاستیکی، چرم، لاستیک، چوب و...
QZ ۵	پوشش جدایش	نزدیک به یک‌ساعت	به رنگ بنفش، با ویسکوزیته کم، برای جداسازی از گچ، ماسه، بتن (خشک یا خیس)
QV۱۰	پوشش جدایش	۳۰دقیقه تا ۶۰دقیقه	واکس سخت، برای جداسازی در روش‌های سرد و گرم تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد
QZ۱۱	جداکننده بی‌رنگ	تقریباً ۱۰ دقیقه	حلال موم، برای جداسازی در روش‌های سرد و گرم تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد
QZ۱۳	جداکننده بی‌رنگ	تقریباً ۱۵ دقیقه	برای جداسازی مدل یا قالب سرد از گرم و گرم از گرم تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد
XB۲۹۶۱	پوشش جدایش	تقریباً ۳۰دقیقه	زرد روشن، برای جداسازی مدل یا قالب خلل و فرج‌دار مانند چوب، گچ خشک، بتن و...
DT۵۰۳۹	پوشش جدایش	تقریباً ۳۰ دقیقه	برای پوشاندن میزکار، صفحات و... تولید کم گرد و خاک

مواد جدایش جامد (مانند QV۱۰) به شکل واکس است که برای پوشش دادن سطح مدل و قالب از پنبه و پارچه تنظیف استفاده می‌شود. پس از خشک شدن کامل مواد جدایش باید سطح مدل و قالب را کاملاً صیقل داد، تا از لوچ شدن (جمع شدن) مواد جدایش روی سطح مدل و یا داخل قالب جلوگیری شود. هرگونه سهل‌انگاری باعث انتقال لوچ به مدل یا قالب آرالدیتی و ناصافی سطح آن می‌گردد.

ساخت مدل‌های آرالدیتی

مدل‌های آرالدیتی به روش‌های مختلف ساخته می‌شوند که در این بخش به ۲ روش آن در زیر اشاره شده است:
الف) مدل آرالدیتی ریختگی (بدون استفاده از ژلکُت)
ب) مدل آرالدیتی با استفاده از ژلکُت

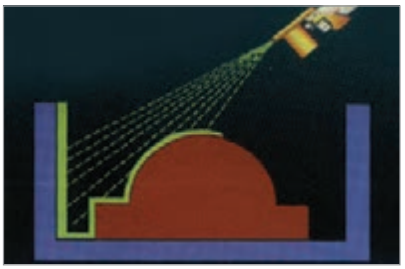
الف) مراحل ساخت مدل آرالدیتی ریختگی (بدون استفاده از ژلکُت)

شکل ۱۳

برای ساخت قالب معکوس و مدل آرالدیتی توپر، به ابعاد کوچک تا متوسط، مراحل زیر انجام می‌گیرد:

۱ تهیه مدل نمونه از جنس چوب، فلز و یا پلیمر (شکل ۱۳).
۲ نصب مدل نمونه (اولیه) روی صفحه چوبی، فلزی یا هر صفحه مناسب دیگر.
۳ نصب قاب چوبی یا فلزی روی صفحه.

۴ پوشش دادن سطوح صفحه، قاب و مدل با مواد جدایش (QZ) مانند شکل ۱۴.



شکل ۱۴

۵ انتخاب یک نوع آرالدیت ریختگی از جدول ۲ و مخلوط کردن خمیر پلیمر با سخت‌کننده (هاردنر) به‌صورت دستی و یا ماشینی.
۶ ریختن آرالدیت مخلوط شده به روش باز به داخل قاب و روی مدل نمونه (شکل ۱۵).

شکل ۱۵

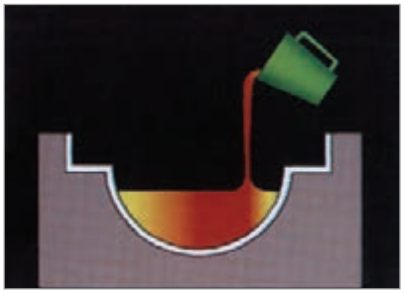
۷ صاف کردن سطح قاب با خط‌کش چوبی یا فلزی قبل از سخت شدن مواد آرالدیت.
۸ جدا کردن قاب و صفحه و مدل پس از سخت شدن آرالدیت و به‌دست آمدن قالب معکوس (شکل ۱۶).

شکل ۱۶

۹ کنترل کردن سطوح داخلی قالب معکوس و مشاهده عیوب احتمالی (چنانچه پستی و بلندی در آن مشاهده شود، باید با بتونه‌کاری و سنباده‌کاری آن را برطرف نمود).
۱۰ آغشته نمودن سطح داخلی قالب معکوس به مواد جدایش و پولیش دادن آن (شکل ۱۷).

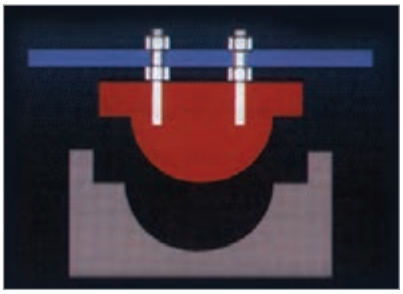
شکل ۱۷

۱۱ انتخاب آرالدیت مخصوص ساخت مدل آرالدیتی برآمده و مخلوط نمودن خمیر پلیمر با سخت‌کننده، به‌وسیله دست یا مخلوط کن ماشینی.
۱۲ ریختن آرالدیت مخلوط شده به داخل قالب معکوس به روش باز و صاف کردن سطح آن با خط‌کش (شکل ۱۸).



شکل ۱۸

۱۳ خارج کردن مدل آرالدیتی برآمده از داخل قالب معکوس با وسایل جداسازی (شکل ۱۹).



شکل ۱۹

نکته

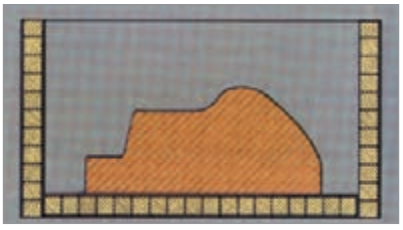
با استفاده از قالب معکوس می‌توان چندین مدل آرالدیتی را برای نصب روی صفحه (مدل صفحه‌ای) تولید کرد.

ب) مراحل ساخت مدل آرالدیتی با استفاده از ژلکت

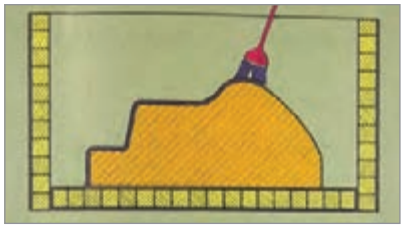
۱ با توجه به نقشه یا مدل نمونه داده شده، مدل آرالدیتی موردنظر ساخته می‌شود. محل سطح جدایش، کف قطعه است. برای کلیه سطوح عمودی (سطوح قالب‌گیری)، ۲ درجه شیب منظور شده است.

۲ تهیه و ساخت قاب چوبی یا فلزی و صفحه زیرین.

۳ نصب مدل و قاب، روی صفحه (شکل ۲۰ـالف).



(الف)



(ب)

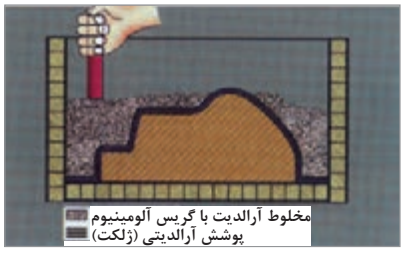
شکل ۲۰

۴ پوشش دادن سطوح مدل، صفحه زیرین و داخل قاب با مواد جدایش.

۵ آماده‌سازی مخلوط آرالدیت مخصوص قالب معکوس با ژلکت.

۶ پوشش دادن سطح مدل با ژلکت به‌وسیله قلم‌مو به ضخامت ۱ تا ۳ میلی‌متر (شکل ۲۰ـ ب).

۷ بعد از اینکه آرالدیت پوشش داده شده در بند ۶ حالت ژله‌ای پیدا کرد، داخل قالب با مخلوطی از آرالدیت گروه CW، M، CY و LV و مواد پرکننده کاملاً پر شود (شکل ۲۱).



شکل ۲۱

۸ صاف کردن سطح قاب با خط‌کش چوبی یا فلزی قبل از سخت شدن مواد آرالدیت.

۹ جدا کردن قاب، صفحه و مدل از آرالدیت پس از سخت شدن آن و به‌دست آوردن قالب معکوس.

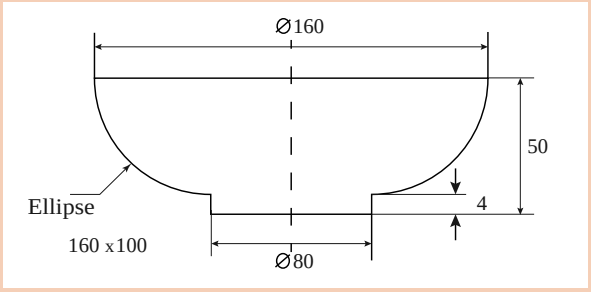
۱۰ بازدید کردن سطح داخلی قالب معکوس پس از جدا کردن مدل (چنانچه در داخل قالب پستی و بلندی (ناصافی) دیده شود، آن قالب باید کنار گذاشته شود).

۱۱ برای تولید مدل آرالدیتی به تعداد مورد نیاز، از این قالب معکوس استفاده می‌شود و می‌توان مدل‌های تولید شده را بر روی صفحه مدل مونتاژ کرد.

فعالیت کارگاهی
۸

مراحل ساخت قالب معکوس و مدل آرالدیتی توپر به روش ریختگی

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ مدل اولیه چوبی
۲ انواع آرالدیت
۳ مواد جدایش
۴ مواد پشت‌ساز
۵ وسایل مدل‌سازی آرالدیتی

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ نقشه مکانیکی داده شده را به نقشه مدل‌سازی تبدیل کنید.
۲ مدل چوبی اولیه را با استفاده از نقشه مدل‌سازی بسازید.
۳ صفحه و قاب‌ها را براساس قطر بزرگ مدل اولیه و همچنین با درنظر گرفتن ارتفاع و مقدار پشت‌بند آن، آماده کنید.
۴ مدل اولیه را از سمت قطر بزرگ بر روی صفحه نصب کنید.
۵ در محور قطر ۸۰ میلی‌متری مدل، یک میله توپر مخروطی به قطر کوچک ۱۰ میلی‌متر روی آن طوری قرارداده شود که حداقل ۳۰ میلی‌متر از سطح قاب بیرون باشد.
۶ قاب را طوری بر روی صفحه قرار دهید که ضخامت ۳۰ میلی‌متر اطراف آن رعایت شده باشد.
۷ سطوح اطراف قاب و مدل را تمیز نموده و کنترل کنید.
۸ سطح صفحه، مدل و میله ۱۰ میلی‌متری را به مواد جدایش آغشته کرده و پس از خشک شدن صیقل کنید.
۹ آرالدیت ریختگی را با استفاده از جدول و امکانات موجود در کارگاه انتخاب و با مواد سخت‌کننده به نسبت استاندارد با خمیر آرالدیت مخلوط کنید.
۱۰ مخلوط آماده شده را داخل قاب بریزید تا قاب کاملاً پر شود.
۱۱ پس از پرشدن داخل قاب، اضافی مواد روی آن را با خط‌کش صاف کنید.
۱۲ پس از سخت‌شدن آرالدیت، میله مخروطی را خارج کنید.
۱۳ قالب را برگردانده و صفحه را کنار بگذارید.
۱۴ قالب سخت‌شده را دوباره برگردانده و برروی دو زیرسری به ارتفاع حدود ۳۰ میلی‌متر طوری قرار دهید که با سطح مدل تماس نداشته باشد.
۱۵ از طریق سوراخ تعبیه شده در بالای مدل، با استفاده از یک چکش و میله ۱۰ میلی‌متری با ضربه‌های آرام، مدل را از قالب جدا سازید.

۱۶ قالب را برگردانده و داخل آن را تمیز نمایید. سوراخ ۱۰ میلی‌متری و هر فرورفتگی موجود در سطح قالب را با مواد پرکننده و بتونه سنگی پر نموده و پس از خشک شدن پرداخت کنید.
۱۷ سطوح داخلی قالب معکوس را به مواد جدایش آغشته نموده و صیقل‌کاری کنید.
۱۸ پس از آویزان کردن پیچ و مهره جدایش، مخلوط آرالدیت ریختگی را آماده کرده و به داخل قالب معکوس بریزید تا کاملاً پر شود.
۱۹ پس از سخت شدن مدل آرالدیتی، آن را با استفاده از پیچ و مهره جدایش، از داخل قالب معکوس خارج کنید (به شکل شماره ۱۹ مراجعه کنید).
۲۰ مدل آرالدیتی ساخته شده را کنترل کرده و به هنرآموز خود تحویل دهید.
توضیح: با استفاده از قالب معکوس ساخته شده می‌توان به روش فوق به تعداد دلخواه، مدل آرالدیتی تولید کرد.

نکته:
تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات آرالدیت از سایر زباله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

سیلیکون

سیلیکون یک نوع پلیمر است که به‌دلیل وجود سیلیسیم در ساختار آن در دسته پلیمرهای معدنی جای دارد. این پلیمر به لحاظ خاصیت الاستیکی که دارد، اصطلاح لاستیک سیلیکون نیز به آن گفته می‌شود و در قالب‌گیری و ساخت قطعات ظریف اهمیت دارد.
سیلیکون‌ها به شدت در برابر گرما و مواد شیمیایی مقاوم هستند و به‌صورت مایع یا جامد (حالت الاستیکی) موجودند. حداکثر دمای قابل تحمل سیلیکون‌ها ۳۱۵ درجهٔ سیلسیوس و حداقل دمای کاری آنها ۷۳- درجه سیلسیوس است که می‌توانند حالت خود را حفظ کنند. یکی دیگر از خصوصیات سیلیکون‌ها جذب گرمای بالا است و علت استفاده از آنها در گوشی تلفن همراه و لپ‌تاپ همین مورد ویژه است.
سیلیکون یک پلیمر دوجزئی که شامل جزء اصلی و جزء سخت‌کننده است. ترکیب این دو جزء با یکدیگر سبب ایجاد ترکیب مناسب (خمیر سیلیکون) می‌شود که کاربردهای گوناگونی در صنعت دارد.
سیلیکون‌ها به ۴ دسته اصلی تقسیم‌بندی می‌شوند (شکل ۲۲):

۱ـ سیلیکون‌های گرما پخت (HTV[1]): خودگیری و آماده‌سازی این نوع سیلیکون، با اضافه کردن کاتالیزور، در دمای بالا صورت می‌گیرد و به‌نام گرما پخت شناخته می‌شود. این سیلیکون برای ساخت قالب‌های شکلات و کیک، که به شکل انبوه تولید می‌گردند، استفاده می‌شود. این قالب‌ها، گرمای قابل توجه فر را در پختن کیک و شکلات به راحتی تحمل می‌کنند.

۱ـ High temperature vulcanization

۲ـ سیلیکون‌های هوا پخت (RTV2[1]): خودگیری و آماده‌سازی این نوع سیلیکون، با اضافه کردن کاتالیزور، در دمای معمولی اتاق و ترکیب با اکسیژن انجام گرفته و به‌نام هواپخت شهرت دارد. این سیلیکون در بازار به RTV2 معروف است. امروزه، بسیاری از مشاغلی که نیاز به ساخت قالب دارند نظیر، دندانپزشکی و مجسمه‌سازی، این ماده را به‌کار می‌برند. رعایت نسبت دو جزء در هنگام ترکیب که توسط سازندگان توصیه می‌شود، الزامی است. نوعی از این ماده که سیلیکون فوری نامیده می‌شود، در دندانپزشکی و نیز برای ساخت سریع قالب انگشتر و زیورآلات کاربرد دارد.

۳ـ لاستیک سیلیکون مایع (LSR[2]): این نوع سیلیکون دو جزئی است که جزء سخت‌کننده آن اکسیژن و رطوبت هوا است و اغلب به‌شکل یک خمیر استفاده می‌شود. خودگیری این نوع سیلیکون، بدون افزودن کاتالیزور، در مجاورت هوای آزاد انجام می‌گیرد. این سیلیکون به‌صورت مایع و در قوطی و تیوب‌هایی که در مقابل اکسیژن محافظت شده‌اند نگهداری می‌شود. این نوع سیلیکون نظیر چسب‌ها و اسپری‌های سیلیکونی، مصارف عمومی فراوانی دارند و به همین لحاظ برای عموم شناخته شده هستند. خمیرهایی که برای درزگیری به‌کار می‌روند و به چسب آکواریوم معروف‌اند از مهم‌ترین انواع این سیلیکون‌ها هستند.

۴ـ محلول سیلیکونی (SS[3]): این نوع سیلیکون به روغن سیلیکون نیز معروف است و زمانی استفاده می‌شود که نیاز است ویسکوزیته سیلیکون کاهش یابد.

سیلیکون SS

سیلیکون LSR

سیلیکون RTV2

سیلیکون HTV

شکل ۲۲

در بین سیلیکون‌های ذکر شده، سیلیکون نوع هواپخت (RTV2) در مدل‌سازی کاربرد دارد که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

سیلیکون‌های هوا پخت (RTV2)

این نوع سیلیکون که مقاوم به گرما است به‌صورت مایع یا لاستیکی مانند یافت می‌شود. این سیلیکون که در قالب‌سازی دو جزئی به‌کار می‌رود در بسته‌بندی‌های مختلف در بازار وجود دارد. یک جزء آن به‌صورت مایع بسیار غلیظ و لزج است که به همراه یک جزء سخت‌کننده استفاده می‌شود. پس از ترکیب کردن این دو جزء در دمای اتاق و پس از گذشت مدت زمان مشخص، سیلیکون قالب‌سازی از حالت روان به لاستیکی جامد و انعطاف‌پذیر تغییر شکل می‌دهد.

۱ـ Room temperature vulcanization

۲ـ Liquid silicon rubber

۳ـ Silicon solution

برخی از کاربردهای این سیلیکون به شرح زیر است:

- ساختن قالب قطعات زینتی و زیورآلات و قالب تولید مدل‌های مومی.
- کاربردهای پزشکی و تولید اجزای مصنوعی بدن.
- صنایع دستی، شمع‌سازی، مجسمه و پیکرسازی، صنایع روشنایی، تولید محصولاتی از جنس سنگ، گچ، بتن، رزین اپوکسی و سنگ مصنوعی.
- ساخت قالب کفی و زیره کفش و همچنین نمونه‌سازی کفی کفش.

از جمله ویژگی‌های کلی سیلیکون RTV2 می‌توان به کشسانی مناسب، گرانروی یا ویسکوزیته کم و روان، مقاومت در برابر حرارت، اسید، مواد قلیایی، رطوبت و الکتریسیته و عدم تغییر شکل به مرور زمان اشاره کرد.

کاربرد سیلیکون RTV2 در مدل‌سازی: با توجه به مزایای ذکر شده، سیلیکون‌ها جایگاه ویژه‌ای را در صنعت مدل‌سازی و ریخته‌گری به‌خود اختصاص داده‌اند. به‌عنوان مثال در ساخت قالب‌های معکوس، جهت تولید قطعات با کیفیت سطحی و دقت ابعادی بالا؛ برای تولید مدل‌های مومی در ریخته‌گری دقیق از قالب‌های سیلیکون استفاده می‌شود. علاوه براین؛ از سیلیکون RTV2 برای ساخت قالب معکوس (نگاتیو) قطعات زینتی نظیر تندیس و مجسمه استفاده می‌شود.

مراحل ساخت قالب سیلیکونی یک تکه (یک پارچه):

۱ ابتدا مدل نمونه (مدل اولیه) انتخاب شده، کاملاً تمیز و از هر گونه آلودگی پاک می‌شود.

۲ صفحه مناسب آماده و مدل اولیه به‌وسیله چسب بر روی آن نصب می‌شود (شکل ۲۳).

شکل ۲۳

۳ آماده ساختن قاب و چسبانیدن مدل نمونه روی صفحه باید به‌گونه‌ای انجام شود که فاقد هرگونه منفذ و درز باشد تا سیلیکون RTV2 از آن منفذ خارج نشود (شکل ۲۴).

شکل ۲۴

۴ سطح مدل و صفحه به مواد جدایش آغشته می‌شود.

۵ پس از محاسبه حجم محفظه قالب؛ مقدار حجم سیلیکون مورد نیاز محاسبه و وزن می‌شود و با سخت‌کننده (مطابق دستورالعمل سازنده) کاملاً مخلوط می‌گردد (شکل ۲۵).

شکل ۲۵

۶ مخلوط آماده شده با دقت و به آرامی به درون محفظه قالب، ریخته می‌شود تا از ورود هرگونه حباب به آن جلوگیری شود (شکل ۲۶).

شکل ۲۶

۷ خودگیری سیلیکون با توجه به مقدار سخت‌کننده، زمان و دمای محیط متفاوت است. بنابراین پس از خودگیری کامل، قاب از قالب سیلیکونی جدا می‌شود (شکل ۲۷).

شکل ۲۷

شکل ۲۸

۸ پس از کنار گذاشتن قاب، قالب ۱۸۰ درجه برگردانده شده با مشاهده کف مدل اولیه و فرم آن، جهت سطح جدایش انتخاب شده و ترسیم می‌گردد. پس از آن با ابزار مناسب برش‌کاری (کاتر) جهت سطح جدایش از روی خط ترسیمی با دقت؛ بریده می‌شود. سپس مدل خارج می‌شود (شکل ۲۸).

۹ پس از مشاهده و بررسی داخل قالب، در صورت معیوب نبودن، آماده تولید می‌شود.

۱۰ جهت اطمینان از سالم بودن قالب معکوس، می‌توان با استفاده از دوغاب گچ یک نمونه تولید نمود.

فعالیت کارگاهی ۹

ساخت قالب سیلیکونی یک تکه و تهیه یک نمونه زینتی گچی

نقشه کار:

وسایل مورد نیاز:

۱ انتخاب مدل به دلخواه هنرجو
۲ سیلیکون دو جزئی RTV2
۳ ترازوی آزمایشگاهی
۴ تجهیزات ساخت قالب سیلیکونی
۵ گچ ساختمانی
۶ مواد جدایش
۷ رنگ دلخواه

نکات ایمنی و حفاظتی:

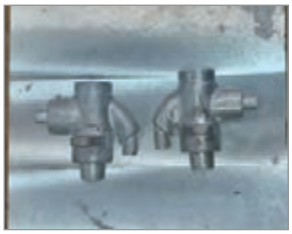
استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ مطابق نمونه‌های داده شده به دلخواه یکی از آنها را انتخاب کنید.
۲ قالب سیلیکونی نمونه انتخاب شده را مطابق درس داده شده بسازید.
۳ سطح جدایش را ایجاد کرده و مدل نمونه را خارج کنید.
۴ داخل قالب را با مواد جدایش پوشش دهید.
۵ پس از جفت کردن قالب، دوغاب گچی آماده شده را داخل قالب بریزید.
۶ پس از سخت شدن گچ، نمونه ریخته شده را از داخل قالب خارج کنید.
۷ پس از بررسی و کنترل نمونه، آن را رنگ‌آمیزی کنید.
۸ مدل گچی ریخته شده را جهت بررسی و ارزیابی به هنرآموز خود تحویل دهید.

نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات سیلیکون و گچ از سایر زباله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.



شکل ۲۹

مراحل ساخت قالب سیلیکونی دو تکه (دو پارچه): جهت ساخت قالب‌های دو تکه سیلیکونی که دارای سطح جدایش یکنواخت و غیریکنواخت هستند مراحل زیر صورت می‌گیرد:

۱ انتخاب مدل دوتکه اولیه با سطح جدایش یکنواخت و نصب نیمه زیرین آن بر روی صفحه (شکل ۲۹).

شکل ۳۰

۲ ساخت قاب چوبی یا فلزی مطابق حجم مدل به‌گونه‌ای که دور تا دور مدل ۲۰ میلی‌متر فاصله داشته باشد (شکل ۳۰).

شکل ۳۱

۳ آغشته نمودن سطح مدل و صفحه و راهنماها با مواد جدایش در محل‌های تعیین شده جهت سهولت خارج کردن مدل از قالب (شکل ۳۱).

شکل ۳۲

۴ محاسبه وزن و حجم سیلیکون مورد نیاز پس از محاسبه حجم محفظه قالب؛ و مخلوط کردن کامل با سخت‌کننده (مطابق دستورالعمل سازنده)

۵ ریختن مخلوط آماده شده با دقت و به آرامی به درون محفظه قالب جهت جلوگیری از ورود حباب به داخل محفظه قالب (شکل ۳۲).

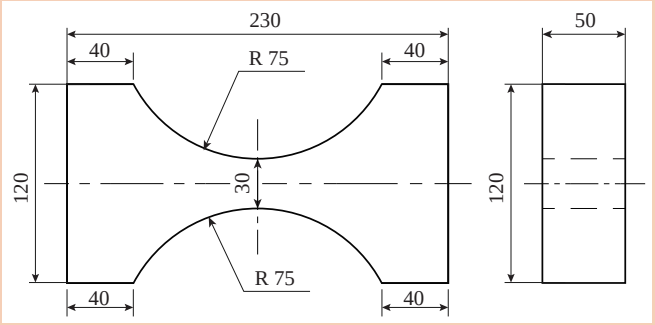
۶ برگرداندن قالب پس از خودگیری آن و جدا کردن صفحه زیرین و گوی‌های راهنما.
۷ آغشته کردن سطح قالب، مدل و سیستم راهگاهی به مواد جدایش پس از تمیز کردن آنها.
۸ قرار دادن و محکم کردن قاب رویی بر روی قاب زیرین و پوشاندن منافذ اطراف آن با چسب.
۹ پر کردن نیمه اول داخل محفظه قاب رویی با مخلوط سیلیکون تا سطح بالای قاب (مطابق دستورات).
۱۰ جدا کردن نیمه زیرین قالب پس از خودگیری و سپس جدا کردن نیمه مدل‌ها از هر دو لنگه قالب.
۱۱ کنترل کردن دو نیمه قالب‌ها و آماده کردن آنها برای تولید پس از اطمینان از صحت آنها.
۱۲ آغشته کردن دو لنگه قالب به مواد جدایش و سپس جفت و محکم کردن آنها برای ریختن یک نمونه مومی (شکل ۳۳).

شکل ۳۳: ۱ـ مدل فلزی، ۲ـ قالب سیلیکونی دوتکه و ۳ـ مدل مومی

فعالیت کارگاهی ۱۰

ساخت قالب سیلیکونی دو تکه و تهیه یک نمونه گچی

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:
۱ انتخاب مدل ساخته شده در فعالیت کارگاهی شماره ۱۰ پودمان دوم
۲ سیلیکون دو جزئی RTV2
۳ ترازوی آزمایشگاهی
۴ تجهیزات ساخت قالب سیلیکونی
۵ گچ ساختمانی
۶ مواد جدایش
۷ رنگ دلخواه

نکات ایمنی و حفاظتی:
استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:
۱ مدل دو تکه را مطابق نقشه داده شده آماده کنید.
۲ قالب‌های سیلیکونی را با استفاده از مدل دو تکه آماده شده مطابق درس داده شده بسازید.
۳ پس از کنترل داخل قالب‌ها، سطح داخلی آنها را با مواد جدایش پوشش دهید.
۴ پس از جفت کردن قالب‌ها با یکدیگر و بستن آنها، دوغاب آماده شده گچی را داخل قالب بریزید.
۵ پس از سخت شدن گچ، نمونه ریخته شده را از داخل قالب خارج کنید.

۶ پس از بررسی و کنترل نمونه، آن را رنگ‌آمیزی کنید.
۷ مدل گچی ریخته شده را جهت بررسی و ارزیابی به هنرآموز محترم خود تحویل دهید.

نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات سیلیکون و گچ از سایر زباله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

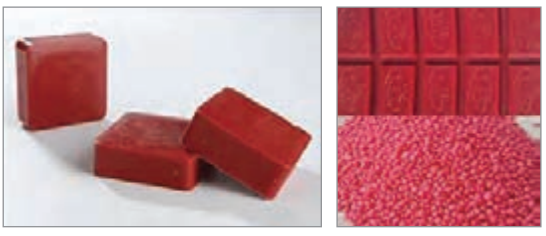
مدل‌های مومی

ساخت مدل‌های مومی از ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد شروع شده و تا به امروز ادامه دارد. در گذشته موم طبیعی یا موم عسل برای ساخت قطعات هنری و تزیینی نظیر مجسمه‌ها، تندیس‌ها، زنگ کلیساها، و اشیای زینتی گران‌قیمت مورد مصرف قرار گرفته است. امروزه بیشتر از موم مصنوعی به‌جای موم طبیعی برای تولید و ساخت این‌گونه اشیای با ارزش استفاده می‌گردد.
موم عسل: موم عسل از محصولات زنبور عسل به‌حساب می‌آید. از این موم برای کارهای هنری از جمله مجسمه‌سازی، جواهرسازی و ریخته‌گری دقیق اشیاء استفاده می‌شود (شکل ۳۴).

شکل ۳۴

موم صنعتی (موم مصنوعی)

موم صنعتی در انواع تخته‌ای، ورقه‌ای و بلوکی در بازار عرضه می‌شود. از خواص فیزیکی آن، نقطه ذوب بالا و شکل‌پذیری خوب آن است. موم مصنوعی ریشه در موم زنبور عسل نداشته و از فراورده‌های نفتی و گیاهی به‌دست می‌آید.
موم مصنوعی خواص موم طبیعی را دارد اما از لحاظ شکل ظاهری با یکدیگر تفاوت دارند و هنگام خرید قابل تشخیص هستند. موم در انواع مختلفی با قابلیت ماشین‌کاری CNC قلم‌زنی و موم ریخته‌گری دقیق به رنگ‌ها و شکل‌های مختلف در بازار یافت می‌شوند (شکل ۳۵).



شکل ۳۵

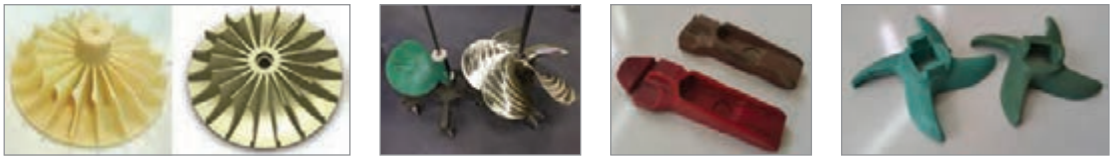
ریخته‌گری دقیق: این نوع ریخته‌گری به سه گروه ریخته‌گری زینتی، هنری و صنعتی دسته‌بندی می‌شود.
ریخته‌گری زینتی: قطعات تزیینی ظریف نظیر انگشتر، گوشواره و گردنبند به ابعاد تقریبی چند میلی‌متر تا ۱۰۰ میلی‌متر و به وزن تقریبی ۱۰ تا ۵۰۰ گرم به این روش ساخته می‌شوند (شکل ۳۶).

شکل ۳۶

ریخته‌گری هنری: برای تولید قطعات هنری به تعداد کم و با ارزش نظیر مجسمه‌ها و تندیس‌ها (شکل ۳۷) از ریخته‌گری دقیق استفاده می‌شود. در این فرایند، آلیاژهای طلا، نقره، آلومینیوم، برنز و آلیاژهای سرب و روی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

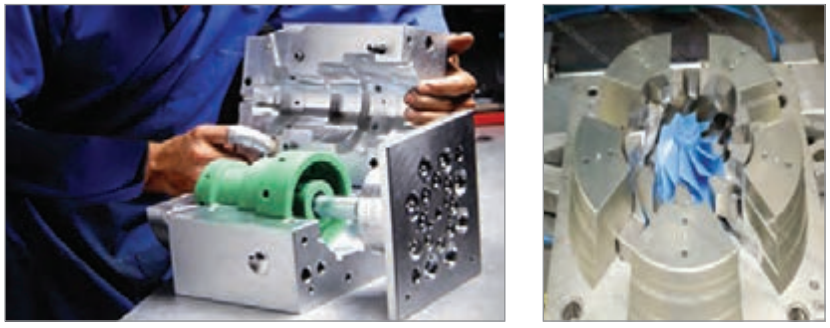
شکل ۳۷

ریخته‌گری صنعتی: در گذشته از ریخته‌گری دقیق بیشتر برای ساخت قطعات زینتی و مجسمه‌سازی استفاده می‌شده است. نیاز مبرم بشر به ساخت قطعات صنعتی نظیر اسلحه‌سازی باعث شد که آمریکایی‌ها هنگام جنگ جهانی دوم برای اولین بار در سال ۱۹۴۰ ساخت مدل‌های مومی خوشه‌ای را برای تولید انبوه قطعه رایج نمایند. چند سال بعد در سال ۱۹۵۰ اروپایی‌ها از جمله آلمانی‌ها و اتریشی‌ها ریخته‌گری دقیق را در کشورشان رواج دادند. قطعات سبک و ظریف نظیر اسلحه‌سازی، چرخ خیاطی، ماشین‌های ریسندگی و بافندگی با مدل‌های مومی و قطعات سنگین نظیر چرخ دنده‌ها، شیرآلات، قطعات اتومبیل و پره‌های توربین با مدل‌های فومی ریخته‌گری دقیق می‌شوند (شکل ۳۸).



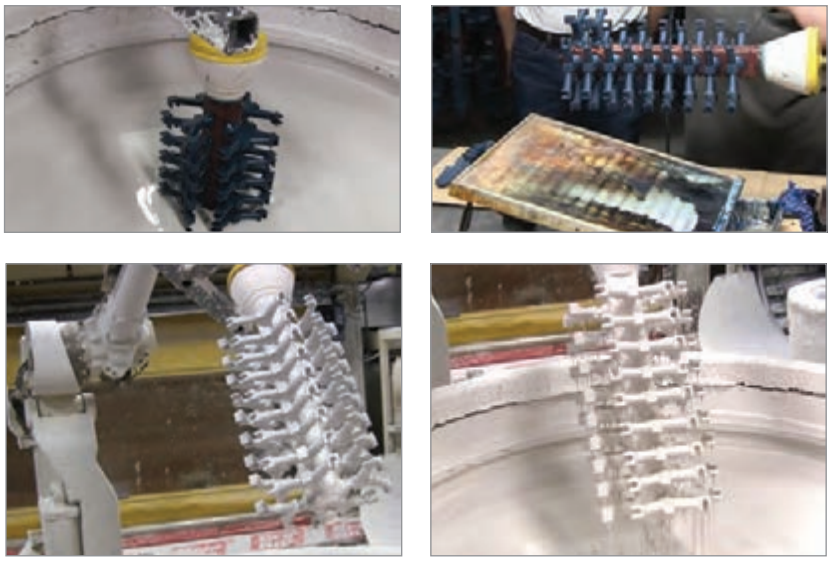
شکل ۳۸

فرایند ساخت مدل‌های مومی: برای تولید انبوه مدل‌های مومی، از قالب‌های فلزی استفاده می‌شود. این قالب‌ها بیشتر از آلیاژهای سبک آلومینیومی ساخته می‌شوند و به دو شکل دستی و ماشینی اتومات، باز و بسته می‌شوند (شکل ۳۹). طراحی و ساخت قالب‌های فلزی براساس شکل ظاهری مدل، ممکن است ساده، چند تکه یا پیچیده با چند ماهیچه فلزی و یا ماسه‌ای صورت گیرد. در قالب‌های پیچیده، جفت شدن محل سطح جدایش‌ها باید خیلی دقیق صورت گیرد تا موم ذوب شده از محل درزها بیرون نزند.



شکل ۳۹

فرایند قالب‌گیری: مدل‌های مومی در حمام یا پاتیل دوغاب سرامیک غوطه‌ور شده و شکل اولیه را به خود می‌گیرند. در تولید انبوه و سری‌ریزی، تعداد زیادی مدل مومی، روی سیستم راهگاهی از جنس خودشان مونتاژ می‌شوند که به مدل‌های خوشه‌ای معروف هستند. در این فرایند که قالب‌گیری با دوغاب سرامیک و مدل خوشه‌ای انجام می‌گیرد، نکته قابل توجه، تهیه دوغاب برای پاتیل اول است که باید نرم و رقیق باشد تا پس از فروبری مدل به داخل دوغاب، قشری صاف و ظریف، پیرامون آن تشکیل شود. سپس شن‌پاشی و خشک شدن صورت می‌گیرد. در مراحل بعدی، غوطه‌وری در پاتیل‌های بعدی با دوغاب غلیظ‌تر و شن درشت‌تر صورت می‌گیرد (شکل ۴۰).



شکل ۴۰

قشر پوسته سرامیکی مورد نیاز براساس وزن قطعه تعیین و تعداد پاتیل‌ها نیز بر همین اساس آماده قالب‌گیری می‌شوند. ضخامت پوسته سرامیکی نیز براساس وزن قطعه از ۱/۵ تا ۸ میلی‌متر مورد توجه است. بعد از رسیدن به ضخامت مورد نیاز و خشک شدن آن، قالب آماده شده به داخل کوره ذوب موم منتقل می‌شود و موم داخل قالب، بخار شده و قالب آماده ریخته‌گری می‌شود (شکل ۴۱).

شکل ۴۱

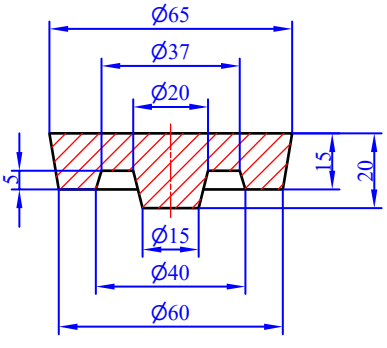
نکته

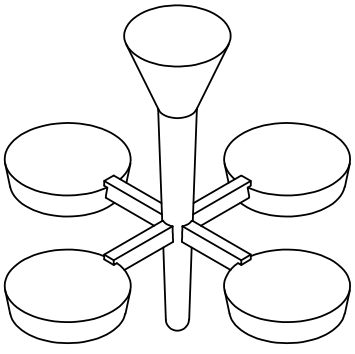
در مدل یونولیتی (فومی)، پس از فرایند تهیه قالب سرامیکی که در بالا توضیح داده شد، قالب‌گیری در ماسه سیلیسی و بدون استفاده از چسب، صورت گرفته و سپس مواد مذاب مستقیماً روی مدل ریخته می‌شود[1].

فعالیت کارگاهی ۱۱

ساخت خوشه مومی چهارتایی با استفاده از نقشه مدل‌سازی و مونتاژ آن بر روی سیستم راهگاهی

نقشه کار:





وسایل مورد نیاز:

۱ ابزارآلات ساخت مدل چوبی و سیستم راهگاهی
۲ چوب مورد نیاز ساخت مدل
۳ سیلیکون دو جزئی RTV2
۴ ترازوی آزمایشگاهی
۵ تجهیزات ساخت قالب سیلیکونی
۶ موم ریخته‌گری
۷ ابزارآلات مونتاژ مدل مومی روی سیستم راهگاهی
۸ تجهیزات قالب‌گیری ریخته‌گری دقیق
۹ شمش سرب یا آلومینیوم
۱۰ تجهیزات و وسایل ریخته‌گری

۱ـ این فرایند ریخته‌گری به ریخته‌گری دفنی یا lost foam معروف است.

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ مدل چوبی یک تکه و سیستم راهگاهی را مطابق نقشه داده شده بسازید.

۲ قالب‌های سیلیکونی را با استفاده از مدل چوبی و مدل سیستم راهگاهی تولید کنید.

۳ موم مذاب آماده شده را داخل قالب سیلیکونی بریزید و این فرایند را برای ساخت ۴ مدل ادامه دهید .

۴ موم مذاب آماده شده را داخل قالب سیلیکونی لوله راهگاه بریزید.

۵ پس از سخت شدن مدل مومی و لوله راهگاه، آنها را از قالب سیلیکونی خارج کرده و سالم بودن آنها را کنترل کنید.

۶ مدل‌های مومی را بر روی سیستم راهگاهی مونتاژ کنید.

۷ خوشه مومی را داخل دوغاب سرامیکی، غوطه‌ور کرده و سپس شن‌پاشی را انجام دهید. این مراحل را چندین بار تکرار کنید تا ضخامت مناسب پوسته حاصل شود.

۸ مذاب فلز آماده شده را به‌داخل پوسته‌های سرامیکی ریخته‌گری کنید.

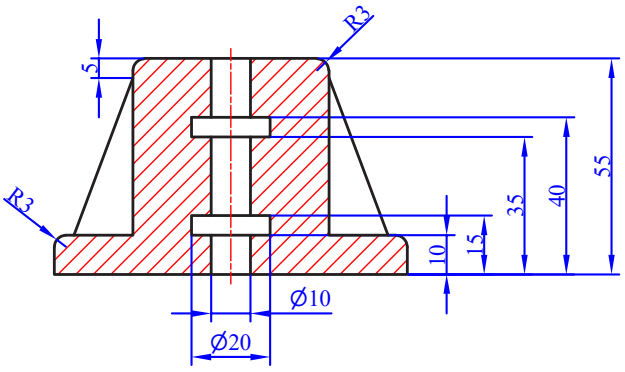
۹ پس از سرد شدن، قطعات را خارج کرده و آنها را تمیزکاری نموده و خوشه را جهت ارزیابی تحویل هنرآموز خود دهید.

نکته:

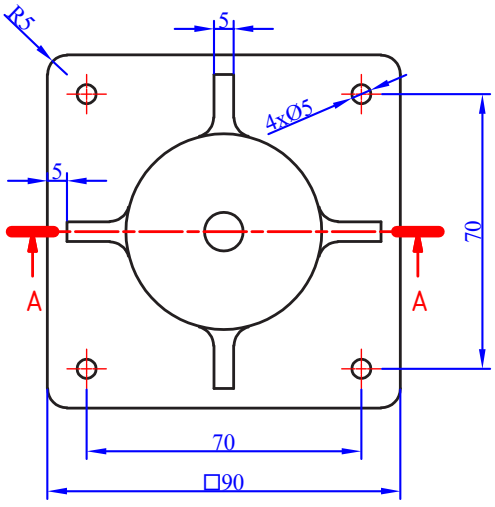
تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات سیلیکون و موم از سایر زباله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

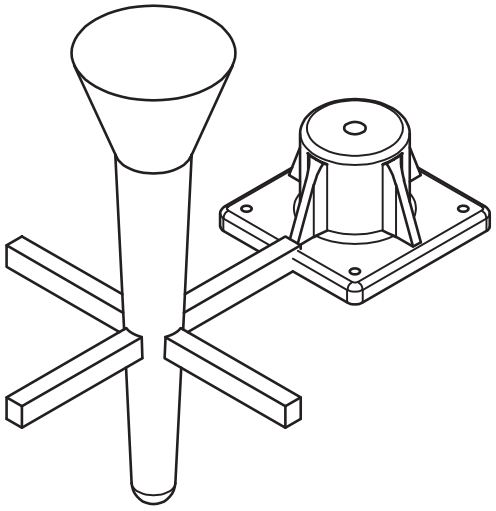
ارزشیابی پایانی ساخت مدل‌های پلیمری (پلاستیکی)

شرح کار:
ساخت مدل یونولیتی چهارتایی با سیستم راهگاهی مناسب، قالب‌گیری دوغابی و ریخته‌گری آن به‌صورت دفنی و تولید خوشه آلومینیومی.
ابتدا ۴ عدد مدل یونولیتی بسازید و آن را روی سیستم راهگاهی نصب کنید.
سپس به روش دفنی عملیات قالب‌گیری را انجام داده و ریخته‌گری کنید.



A-A (1 : 1)





استاندارد عملکرد: ساخت مدل یونولیتی به‌وسیله ابزار دستی مطابق نقشه با تلرانس عمومی ISO2768 -C

شاخص:

۱ کیفیت سطح
۲ عمود بودن
۳ تخت بودن
۴ اندازه‌ها بر اساس استاندارد ISO2768 -C

شرایط انجام کار:

۱ محیط کارگاهی
۲ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
۳ تهویه استاندارد و دمای ۲۰ درجهٔ سیلسیوس
۴ اندازه‌ها براساس استاندارد

ابزار و تجهیزات: یونولیت، آلومینیوم، کوره ریخته‌گری، بوته ذوب، درجه، ماسه قالب‌گیری، دریل ستونی، میز کار، آچار تنظیم گیره، خط‌کش فلزی ۳۰ سانتی، کولیس، ارّه دستی چوب بری، گونیا به طول ۱۵۰ میلی‌متر، صفحه صافی، پرگار، سنبه چوب، سنبه فلز، مداد، چوب‌سای تخت، چوب‌سای نیم‌دایره، چسب چوب، سنباده چوب، Rسنج، اسپری رنگ، بتونه، و سایر وسایل و تجهیزات قالب‌گیری و ریخته‌گری

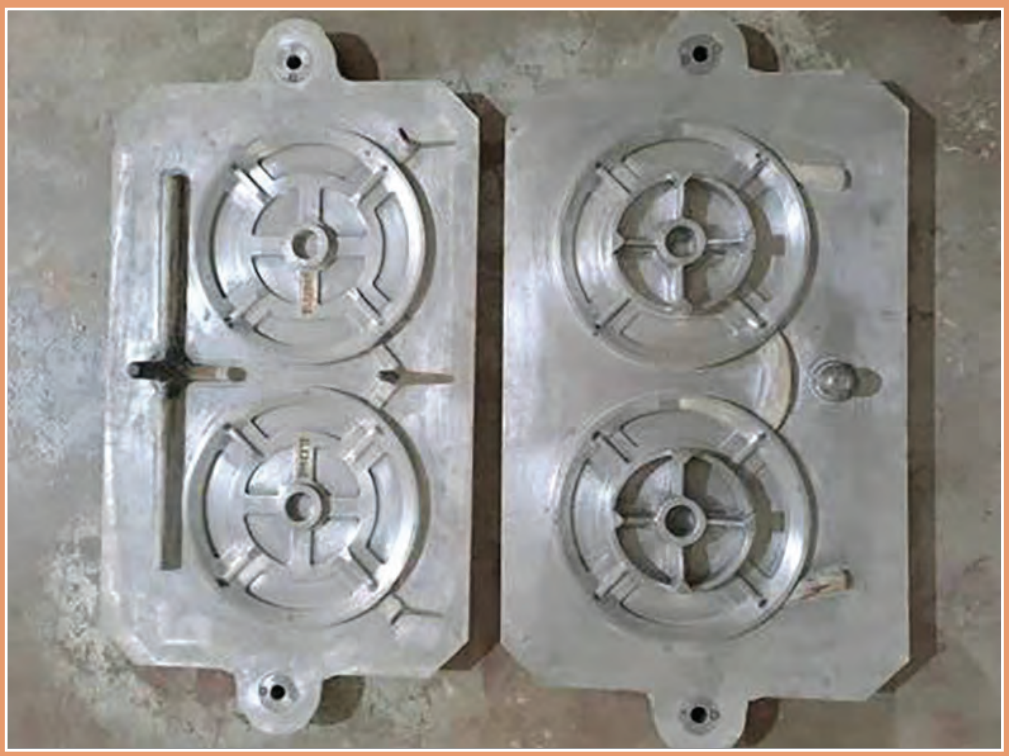
معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره دریافتی از ۳	نمره هنرجو
۱	تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی	۱	
۲	ساخت مدل یونولیتی	۲	
۳	ساخت سیستم راهگاهی یونولیتی	۱	
۴	مونتاژ مدل روی سیستم راهگاهی	۱	
۵	ریخته‌گری و تولید قطعه خوشه‌ای آلومینیومی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی: ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳ـ تمیز کردن میزکار و محیط کارگاه ۴ـ رعایت دقت و نظم	۲	
	میانگین نمرات: *		

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

پودمان ۴

ساخت مدل‌های فلزی



واحد یادگیری ۴

ساخت مدل‌های فلزی

یکی از انواع مدل‌های مورد استفاده در قالب‌گیری، مدل فلزی است. در این واحد یادگیری در نظر گرفتن انقباض مضاعف در مدل چوبی با توجه به جنس مدل فلزی، ابزار، مواد اولیه و تجهیزات و روش‌های قالب‌گیری و ریخته‌گری، روش‌های انجام خشن‌کاری، پلیسه‌گیری، پرداخت‌کاری، نصب مدل روی صفحه با روش مناسب و تعبیه راهنمای مورد نیاز در ابعاد مناسب روی صفحه و کنترل کیفی مدل از لحاظ ابعاد و شکل ظاهری توضیح داده می‌شود.

استاندارد عملکرد

با استفاده از نقشه مکانیکی و مواد اولیه لازم و ابزارآلات، مدل میانی، چوبی یا فومی و مدل نهایی فلزی براساس استانداردهای مرتبط ساخته می‌شود.

پیش‌نیاز

ساخت مدل چوبی

مدل‌های فلزی

به منظور افزایش طول عمر، حفظ و دقت ابعادی، مقاومت در مقابل عوامل مکانیکی و شیمیایی، عدم جذب رطوبت، استحکام و دوام بالاتر در مقابل سایش و تولید قطعات با تعداد زیاد، از مدل‌های فلزی استفاده می‌شود.

این مدل‌ها به روش‌های ماشین‌کاری و ریخته‌گری تولید می‌شوند و می‌توانند کاملاً فلزی و یا ترکیبی از فلز و سایر مواد مدل‌سازی ساخته شوند. انتخاب جنس مدل فلزی براساس تعداد تولید قطعه، روش قالب‌گیری (سرد، گرم، دستی و ماشینی)، حجم و وزن، صیقل‌پذیری و دوام مدل صورت می‌گیرد. آلیاژهای منیزیم، آلومینیوم، چدن، فولاد، سرب، روی و آلیاژهای پایه مس، جهت ساختن مدل فلزی مناسب است. معایب مدل فلزی شامل خوردگی، سنگینی وزن و هزینه ساخت بالا است.

از کاربردهای مدل‌های فلزی می‌توان به قالب‌گیری دستی یا ماشینی به تعداد کم تا زیاد، ساخت مدل صفحه‌ای جهت تولید انبوه قطعات ریختگی با فرایند قالب‌گیری ماشینی سرد و گرم اشاره کرد.

ساخت مدل فلزی به روش ماشین‌کاری

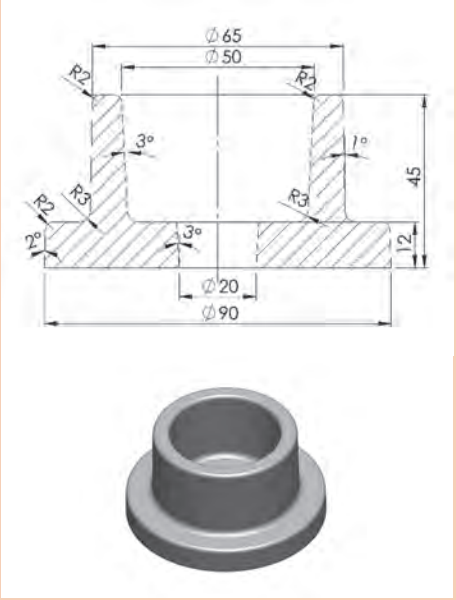
براساس فرم و ابعاد مدل و با در دست داشتن نقشه و یک بلوک فلزی (مکعبی یا استوانه‌ای) ساخت مدل به روش ماشین‌کاری (تراش، فرز و CNC) انجام می‌شود.

در این روش ابتدا نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی تبدیل می‌شود. پس از کنترل ابعاد نقشه مدل‌سازی، بلوک فلزی خام به دستگاه بسته می‌شود. پس از کنترل و آماده‌سازی ماشین براده‌برداری (تنظیم دور، بستن ابزار براده‌برداری به ماشین، و اطمینان از محکم بسته شدن آن، کنترل آزاد بودن قطعه کار)، دستگاه شروع به کار می‌نماید. پس از اتمام کار، ابعاد مدل فلزی ساخته شده با نقشه مدل‌سازی، کنترل نهایی می‌شود.

فعالیت کارگاهی ۱

ساخت مدل ساده فلزی به روش ماشینی (مستقیم)

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ بلوک خام فلزی

۲ ابزار و وسایل اندازه‌گیری داخلی و خارجی (کولیس، پرگار، زاویه‌سنج و سایر تجهیزات کنترل و اندازه‌گیری)

۳ ابزارهای براده‌برداری و پرداخت‌کاری

۴ ماشین تراش یا فرز

۵ سوهان نرم و زبر، سنباده و تجهیزات پرداخت‌کاری و رنگ مدل

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ ترسیم نقشه مدل‌سازی و تهیه بلوک خام با ابعاد نقشه

نکته ۱: در این کتاب نقشه یک مدل ساده به‌عنوان نمونه ارائه شده است، هر نمونه دیگری که امکان ساخت آن در کارگاه مدل‌سازی و یا تراشکاری فراهم است، زیر نظر و با کنترل هنرآموز مجاز است و آن را اجرا کنید.

نکته ۲: چنانچه بلوک فلزی و ماشین تراش به‌اندازه کافی در دسترس نیست، فعالیت کارگاهی را به‌صورت گروهی زیر نظر هنرآموز انجام دهید. در فعالیت کارگاهی ۱، قطر و ارتفاع بلوک فلزی با توجه به اندازه داده شده در نقشه مدل‌سازی تعیین شده است. چنانچه بلوک فلزی به این اندازه در بازار یافت نشد، آن را به روش ریخته‌گری با امکانات موجود در کارگاه آماده کنید.

۲ بلوک خام را در دستگاه تراش یا ماشین فرز محکم ببندید.

۳ فرم مدل را مطابق نقشه، براده‌برداری کنید.

۴ مدل ساخته شده را پرداخت‌کاری کنید.

۵ کیفیت سطحی و ابعادی مدل را بررسی و به هنرآموز محترم تحویل دهید.

نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات از سایر زباله‌ها الزامی است.

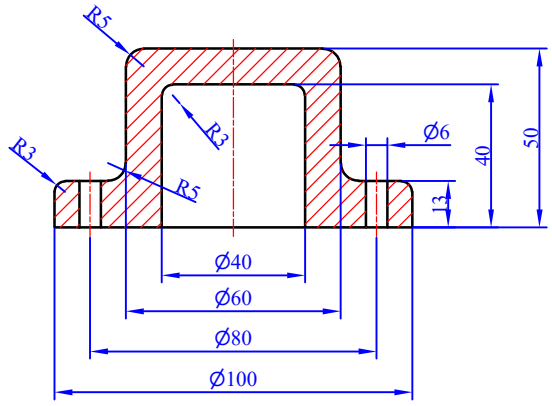
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

ساخت مدل فلزی به روش ریخته‌گری

برای ساخت مدل فلزی از مدل اولیه چوبی و یا پلیمری، از فرایند قالب‌گیری و ریخته‌گری، استفاده می‌شود. این مدل فلزی را مدل ثانویه می‌نامند. مدل فلزی ریخته شده، پس از تمیزکاری، سندبلاست و تکمیل‌کاری (سوهان‌کاری، تراش‌کاری، بتونه‌کاری و پرداخت‌کاری) می‌تواند جهت قالب‌گیری و تولید قطعه مورد استفاده قرار گیرد. در مواردی که نیاز به تولید انبوه باشد، مدل فلزی تهیه شده را می‌توان به مدل صفحه‌ای تبدیل کرد.

انتخاب جنس مدل فلزی براساس روش‌های قالب‌گیری، تعداد دفعات قالب‌گیری، ابعاد و اندازه مدل، صیقل‌پذیری و دوام مدل انجام می‌گیرد. قبل از ساخت مدل اولیه باید جنس مدل ثانویه و جنس قطعه ریختگی، تعیین شده باشد. برای روشن‌تر شدن موضوع مثالی همراه با شکل آورده شده است.

مثال: چنانچه بخواهیم درپوش چدنی مطابق نقشه مکانیکی داده شده در شکل ۱ را تولید کنیم، ابعاد مدل چوبی (مدل اولیه) بدون درنظر گرفتن اضافه تراش و شیب چقدر باید باشد؟ فرض کنید جنس مدل فلزی (مدل ثانویه) از آلیاژ آلومینیوم باشد.



شکل ۱

حل: جهت به‌دست آوردن ابعاد مدل اولیه چوبی باید دو مرحله انقباض، یک‌بار برای مدل فلزی آلومینیومی و یکبار برای قطعه چدنی (درپوش) محاسبه شود. چنانچه درصد انقباض مدل آلومینیومی ۱/۲ درصد و درپوش چدنی ۱ درصد باشد، با استفاده از فرمول دقیق انقباض خواهیم داشت:

$S_G=S_1+S_2$

S_G =۱+۱/۲ = ۲/۲ مجموع کل انقباض

برای محاسبه ابعاد مدل اولیه از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$L_M = \frac{L_G \times ۱۰۰}{۱۰۰ - S_G}$$

L_G اندازه قطعه روی نقشه مکانیکی، L_M اندازه مدل چوبی و S_G مجموع درصد انقباض

به عنوان نمونه دو مورد از محاسبات انقباض با ابعاد داده شده در شکل ۱ در زیر آورده شده است:

$$L_M = \frac{۵۰ \times ۱۰۰}{۱۰۰ - ۲/۲} = ۵۱/۱mm$$ ارتفاع مدل

$$L_M = \frac{۴۰ \times ۱۰۰}{۱۰۰ - ۲/۲} = ۴۰/۹mm$$ اندازه قطر داخلی مدل

فعالیت کارگاهی ۲

محاسبه ابعاد و ترسیم نقشه مدل‌سازی درپوش چدنی با استفاده از نقشه مکانیکی (روش قالب‌گیری عمودی با ماهیچه سرخود)

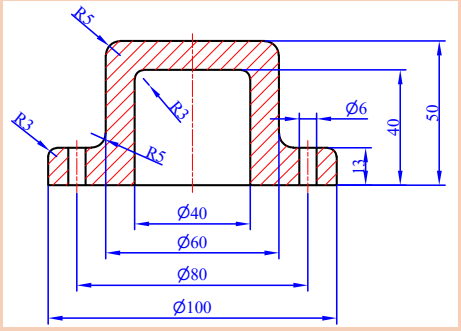
نقشه کار:

وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار و لوازم ترسیم نقشه‌کشی

۲ ماشین حساب

۳ ابزار و وسایل کنترل نقشه مدل‌سازی



با فرض اینکه مقدار اضافه تراش در کف قطعه ۳mm و سوراخ قطر ۶mm توپر در نظر گرفته شود.

مراحل انجام کار:

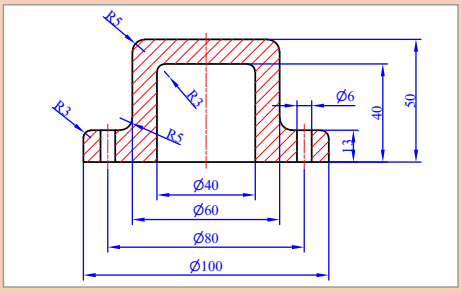
۱ محاسبه اضافات مدل‌سازی (انقباض، تراش و شیب) برای تمامی‌ابعاد انجام گردد. (شیب مدل براساس جدول استاندارد آورده شده در پودمان ۱ محاسبه گردد).

۲ با استفاده از نقشه مکانیکی و محاسبات انجام شده، نقشه مدل‌سازی را رسم کنید.

۳ با وسایل موردنیاز نقشه مدل‌سازی رسم شده را بررسی و جهت کنترل به هنرآموز خود تحویل دهید.

فعالیت کارگاهی ۳

ساخت مدل چوبی و فلزی یک تکه با ماهیچه سرخود عمودی با استفاده از نقشه مدل‌سازی



نقشه کار:

۱ نقشه خام

۲ محل ترسیم نقشه مدل‌سازی که توسط هنرجو محاسبه و ترسیم می‌شود.

وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار مدل‌سازی چوبی و فلزی

۲ ابزار قالب گیری و ریخته‌گری

۳ ابزار و وسایل اندازه‌گیری داخلی و خارجی (کولیس و پرگار)

۴ ابزارهای براده‌برداری و پرداخت‌کاری

۵ کوره ذوب آلومینیوم

۶ شمش آلومینیوم

۷ کمک ذوب و مواد افزودنی جهت ذوب آلومینیوم

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ نقشه مدل‌سازی رسم شده در فعالیت کارگاهی ۲ را در نظر بگیرید.

۲ مدل چوبی را مطابق با ابعاد نقشه مدل‌سازی بسازید.

۳ مدل چوبی را پرداخت‌کاری، رنگ‌کاری و کنترل ابعادی کنید.

۴ مدل چوبی را قالب‌گیری کرده و سپس قالب ماسه‌ای را کنترل کرده و بر روی هم جفت کنید.

۵ مذاب آلومینیوم را در قالب آماده شده ریخته‌گری کنید.

۶ مدل فلزی ریخته‌گری شده را تکمیل‌کاری و پرداخت‌کاری کنید.
۷ کیفیت سطحی و ابعادی مدل را بررسی و به هنرآموز محترم تحویل دهید.

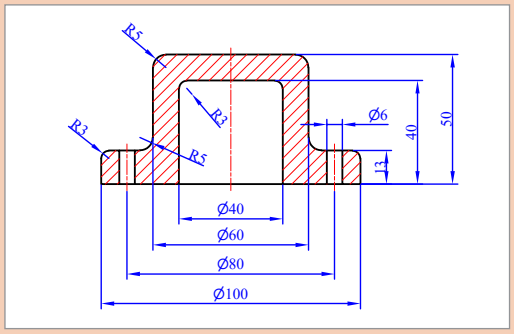
نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات از سایر زباله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت کارگاهی ۴

تولید قطعه درپوش چدنی به روش ریخته‌گری

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار قالب‌گیری و ریخته‌گری
۲ کوره ذوب چدن
۳ شمش چدن
۴ کمک ذوب و مواد افزودنی جهت ذوب چدن
۵ ابزارهای براده‌برداری و پرداخت‌کاری
۶ ابزار و وسایل اندازه‌گیری داخلی و خارجی (کولیس و پرگار)

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ مدل آلومینیومی ساخته شده در فعالیت کارگاهی ۳ را در نظر بگیرید.
۲ مدل را قالب‌گیری کرده و سپس قالب ماسه‌ای را کنترل و بر روی هم جفت کنید.
۳ روی قالب را وزنه‌گذاری کنید.
۴ چدن مذاب را در قالب آماده شده، ریخته‌گری کنید.
۵ قطعه ریخته شده را تکمیل‌کاری و پرداخت‌کاری کنید.
۶ کیفیت سطحی و ابعادی قطعه را بررسی و به هنرآموز محترم تحویل دهید.

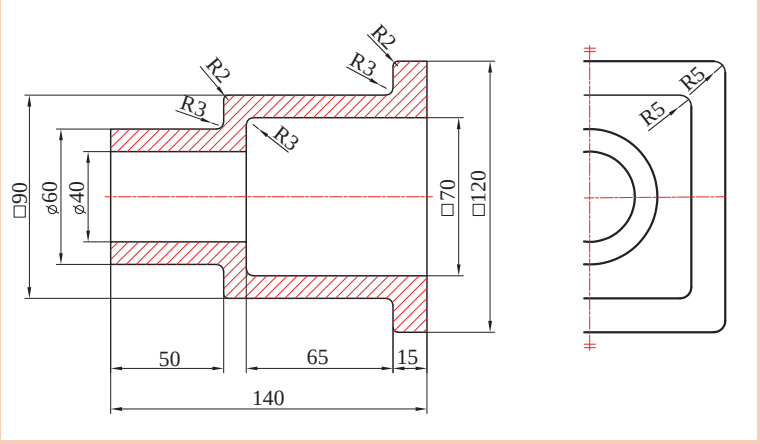
نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات از سایر زباله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت کارگاهی
۵

ساخت مدل دو تکه چوبی و فلزی به روش افقی با استفاده از نقشه

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار و لوازم ترسیم نقشه‌کشی و ماشین حساب
۲ ابزار مدل‌سازی چوبی و فلزی
۳ ابزار و وسایل اندازه‌گیری داخلی و خارجی (کولیس و پرگار)
۴ ابزارهای براده‌برداری و پرداخت‌کاری
۵ کوره ذوب آلومینیوم
۶ شمش آلومینیوم
۷ ابزار قالب‌گیری و ریخته‌گری
۸ کمک ذوب و مواد افزودنی جهت ذوب آلومینیوم

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی در مقیاس ۱:۱.
۲ مدل چوبی را مطابق با ابعاد نقشه مدل‌سازی بسازید. چون قطعه قرینه است، یک نیمه از مدل و جعبه ماهیچه چوبی ساخته شود.
۳ مدل و جعبه ماهیچه ساخته شده را پرداخت‌کاری، رنگ‌کاری و کنترل ابعادی کنید.
۴ مدل و جعبه ماهیچه را دو بار قالب‌گیری کرده و سپس قالب ماسه‌ای را کنترل و بر روی هم جفت کنید.
۵ مذاب آلومینیوم تهیه شده را در قالب‌های آماده شده ریخته‌گری کنید.
۶ قطعات ریخته‌گری شده را تکمیل‌کاری و پرداخت‌کاری کنید.
۷ نیمه‌های مدل و جعبه ماهیچه فلزی را روی هم جفت و پین‌کاری کنید.
۸ کیفیت سطحی و ابعادی مدل را بررسی و به هنرآموز تحویل دهید.

نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات از سایر زباله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

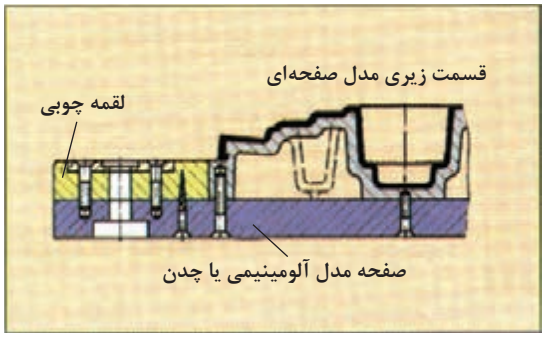
در فعالیت قبل جهت سبک‌تر شدن مدل فلزی و صرفه‌جویی در مواد اولیه و مذاب آلومینیوم، آن را به شکل پوسته‌ای مورد بررسی قرار داده و با قرار دادن ماهیچه ساخته شده، از جعبه ماهیچه مدل آن، را به‌صورت توخالی ریخته‌گری کنید.

تحقیق کنید

با جست‌وجو در اینترنت، عکس و فیلم انواع مدل‌های فلزی جهت تولید قطعات کوچک تا بزرگ ریخته‌گری را تهیه کنید. مراحل ساخت مدل فلزی به روش ریخته‌گری را با گروه خود به بحث بگذارید و از هنرآموز محترم خود راهنمایی بگیرید.

ساخت مدل ترکیبی

شکل ظاهری بعضی از قطعات ریخته‌گری از پیچیدگی خاصی برخوردار است و جهت سبک‌تر ساخته شدن مدل فلزی مربوط به آنها از روش ترکیبی استفاده می‌شود. در این روش یک پوسته فلزی سبک بر مبنای شکل قطعه، تولید و آماده می‌گردد، سپس اندازه نهایی مدل ترکیبی توسط پوسته پلیمری (آرالدیت ژلکُت) به‌دست می‌آید. در شکل ۲ مدل فلزی پوسته‌ای با ترکیب ژلکُت آرالدیتی نشان داده شده است. قابل ذکر است که علاوه بر آرالدیت، هر نوع مواد پلیمری دیگری که پوشش سختی بر روی پوسته فلزی ایجاد کنید، می‌تواند مورد استفاده مدل‌ساز قرار گیرد.



شکل ۲

مدل صفحه‌ای

در سال ۱۸۲۷ میلادی شخصی به نام فرانکن فلد[۱] در آلمان از یک نوع مدل پلیمری (رزینی) برای تولید دریچه‌های چدنی استفاده کرد. این مدل‌ها بعدها به مدل صفحه‌ای معروف شدند. در مدل‌های صفحه‌ای، مدل همراه صفحه بوده و از آنجا که ریخته‌گری قطعه می‌تواند به روش دستی یا ماشینی (نیمه‌اتومات و یا تمام اتومات) در ماسه صورت گیرد، موجب افزایش سرعت در کار و قالب‌گیری آسان جهت تولید انبوه قطعات ریختگی می‌شود. در این مدل‌ها، صفحهٔ همراه مدل، مشخص‌کنندهٔ خط جدایش و بنابراین ایجادکنندهٔ سطح جدایش دو لنگه درجه است. در این مدل‌ها اکثر اجزای سیستم راهگاهی (شامل حوضچه پای راهگاه، راهبار و راهباره) همیشه روی صفحه تعبیه می‌شود. ساخت و نصب سیستم‌های راهگاهی و تغذیه در روی مدل‌های صفحه‌ای، سرعت قالب‌گیری را زیاد و هزینه قطعه را کاهش می‌دهد.

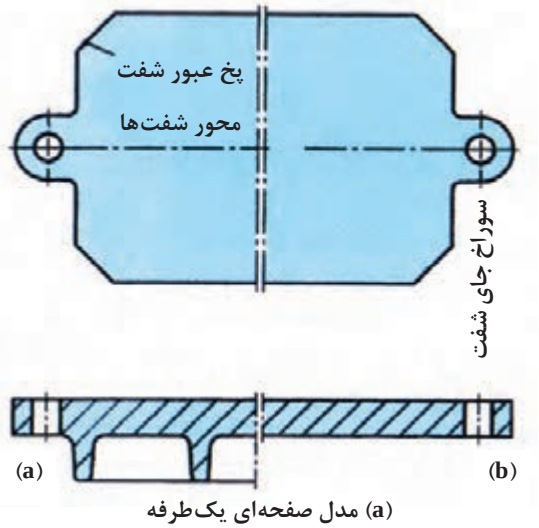
مزایای مدل‌های صفحه‌ای عبارت‌اند از:

۱ نصب چندین مدل روی یک صفحه (به‌خصوص برای مدل‌های کوچک)؛

۲ تنظیم و نصب سیستم‌های راهگاهی و تغذیه روی مدل؛

۱ـ Franken Feld

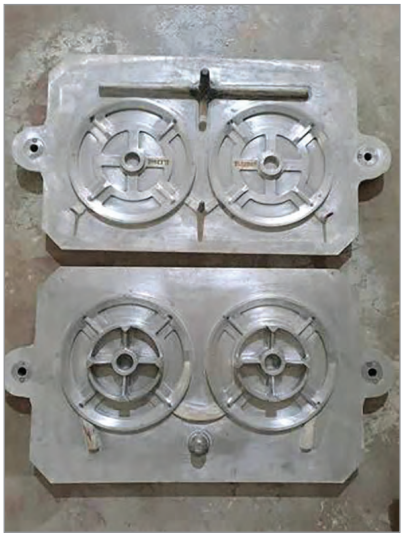
۳ سهولت قالب‌گیری و ایجاد سطح جدایش غیرمسطح روی صفحه مدل (به‌خصوص در مدل‌هایی با سطح جدایش غیریکنواخت)؛
۴ معیوب شدن کمتر قطعات ریختگی (از سرخوردن و غیریکنواخت کوبیدن قالب جلوگیری می‌شود)؛
۵ سرعت در قالب‌گیری و تولید انبوه قطعات ریختگی؛
۶ قابل استفاده در روش‌های قالب‌گیری دستی و ماشینی؛
۷ دوام زیاد (چون عمل لق کردن و ضربه زدن با دست انجام نمی‌شود).



(a) مدل صفحه‌ای یک‌طرفه
(b) مدل صفحه‌ای دوطرفه
شکل ۳

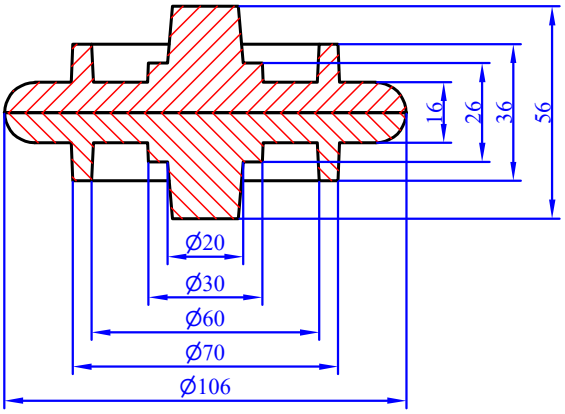
مدل‌های صفحه‌ای به دو روش یک طرفه (یک رو) و دو طرفه (دو رو) طراحی و ساخته می‌شوند (شکل ۳). در نوع یک طرفه، مدل در یک طرف صفحه قرار می‌گیرد، در حالی که در نوع دو طرفه، بخشی از مدل در یک طرف صفحه و بخشی دیگر در طرف دیگر صفحه قرار دارد. در نوع دو دوطرفه، دو بخش مدل در دو صفحهٔ جداگانه قرار می‌گیرند و هر یک از این صفحه‌ها در درجهٔ جداگانه قالب‌گیری می‌شوند.
جنس این مدل‌ها ممکن است از چوب، پلیمر و یا فلز باشد. این روش برای تولید انبوه و نیز قطعات نسبتاً بزرگ به‌کار می‌رود.
مدل‌های صفحه‌ای بر مبنای روش قالب‌گیری و براساس چگونگی نصب مدل تقسیم‌بندی می‌شوند. در این قسمت، ابتدا دسته‌بندی مدل‌های صفحه‌ای بر مبنای چگونگی نصب مدل روی صفحه و سپس بر مبنای روش قالب‌گیری به‌ترتیب توضیح داده می‌شوند:

دسته‌بندی مدل‌های صفحه‌ای بر مبنای چگونگی نصب مدل روی صفحه


شکل ۴

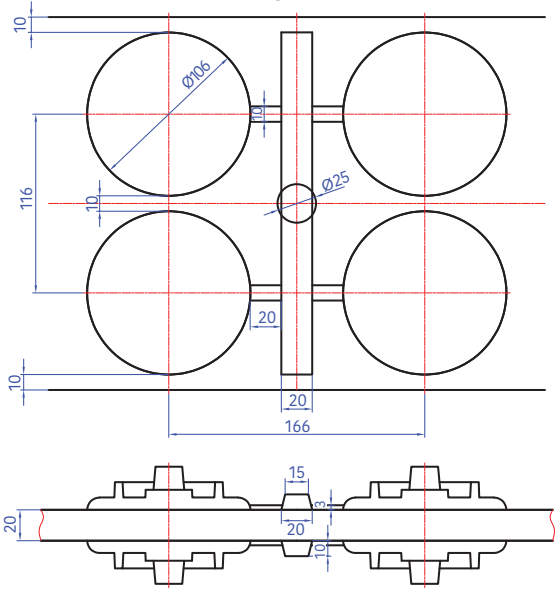
مدل‌ها با سطح جدایش یکنواخت: در این مدل‌ها سطح جدایش یکنواخت (صاف) است. از مزایای این مدل‌ها، امکان تعویض مدل‌های تخریب شده و نصب مدل‌های جدید روی صفحه و تبدیل مدل‌های غیرصفحه‌ای به صفحه‌ای (نصب مدل‌های دستی روی صفحه) است. در این دسته، شکل و ابعاد صفحه باید طوری درنظر گرفته شود که قابل استفاده برای قالب‌گیری ماشینی باشد. بر روی این صفحات اغلب دو سوراخ برای هدایت میله‌های راهنما ایجاد می‌گردد. همچنین چهار گوشه صفحه از پخ ۴۵ درجه برخوردار است تا محل عبور میله‌های راهنمای دستگاه قالب‌گیری باز باشد. میله‌های راهنما از چهار گوشه صفحه عبور می‌کنند و درجه (قالب) را از صفحه جدا می‌سازند. شکل ۴ یک نوع صفحه ماشینی را نشان می‌دهد.

در این دسته از مدل‌های صفحه‌ای، جنس صفحات به روش قالب‌گیری و ماشین‌های قالب‌گیری بستگی دارد. جنس صفحات می‌تواند از چوب فشرده (صفحات مطبق چوبی)، مواد پلیمری فشرده و یا فلزی نظیر آلیاژهای آلومینیوم، فولاد، چدن، منیزیم و مس (به‌ویژه برای صفحات بزرگ) انتخاب شود.



شکل ۵

نصب مدل روی صفحه: برای نصب مدل روی صفحه، ابتدا مدل به‌طور جداگانه تهیه شده و سپس به‌وسیله پین، پیچ و یا چسب (موقتی) روی صفحه نصب می‌شود. اغلب مدل‌های دو تکه، سطح جدایش یکنواخت دارند. در این مدل‌ها، مدل صفحه‌ای با استفاده از دو صفحه، یک صفحه برای مدل رویی و یک صفحه برای مدل زیری ساخته می‌شود. برای اینکه مدل‌ها به طرز صحیحی در روی صفحات نصب شوند (پس و پیش شدن یا شیفت مدل در قطعه ریختگی ایجاد نشود)، از دو روش زیر استفاده می‌شود:



شکل ۶

الف) نصب مدل روی صفحه بر مبنای خط‌کشی: نصب مدل روی صفحه بر مبنای خط‌کشی برای صفحه مدل یک‌طرفه و دوطرفه یکسان است؛ به عنوان مثال نصب مدل برای شکل ۵ روی صفحه مدل دو طرفه به‌شرح زیر است (شکل ۶):

۱ محور صفحه مدل و محور میله‌های راهنما با سوزن خط‌کش به‌طور دقیق ترسیم می‌گردد.

۲ ترسیم محور طولی و عرضی سیستم‌های راهگاهی و ترسیم قطرها در سطح مدل‌های دایره‌ای شکل، جهت انتقال به روی محور صفحه مدل انجام می‌شود.

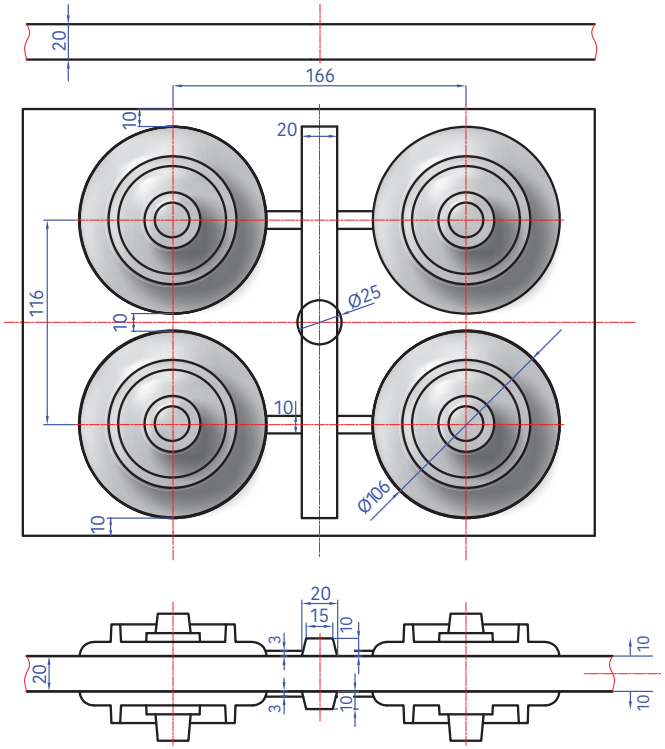
در این قسمت چون مدل انتخاب شده دایره‌ای شکل است، در محل سطح جدایش، قطرهای دایره، عمود بر هم رسم می‌شوند.

۳ رسم محل قرارگیری نیمه مدل‌ها و سیستم راهگاهی در سطح رویی صفحه مدل انجام می‌شود. این صفحه برای قالب رویی درنظر گرفته می‌شود.

۴ رسم محل قرارگیری نیمه مدل‌ها و محل قرارگیری حوضچه زیری، در سطح زیری صفحه مدل انجام می‌شود. این صفحه برای قالب زیری است.

مراحل نصب نیمه مدل‌ها و سیستم راهگاهی در دو طرف صفحه مدل (سطح رویی و سطح زیری) به‌شرح زیر است:

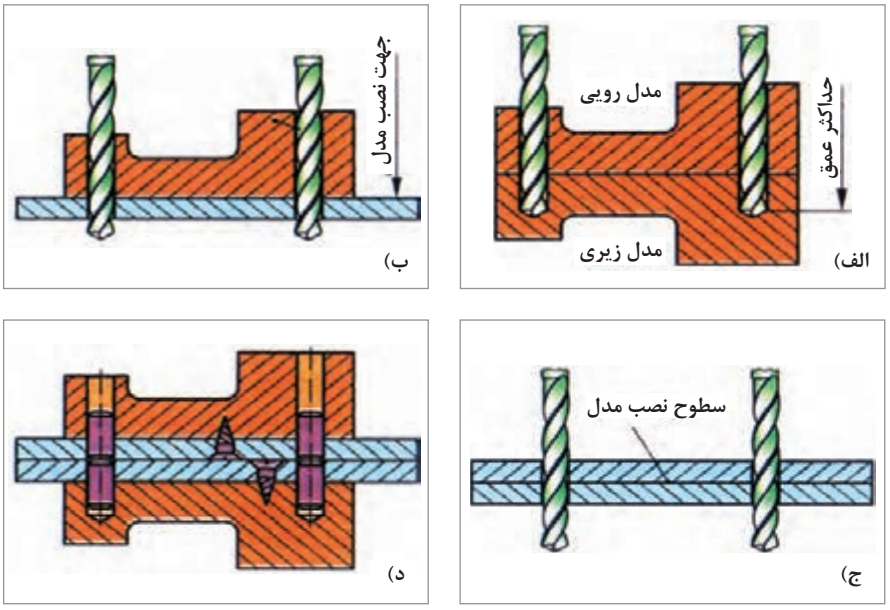
- نیمه مدل‌ها و حوضچه زیری (پای راهگاه)، در محل خط‌کشی روی صفحه مدل زیری جهت کنترل خط‌کشی قرار می‌گیرد (اندازه مدل با اندازه خط‌کشی روی صفحه باید یکی باشد).
- پس از اطمینان از صحت اندازه‌های ترسیم شده (محل قرارگیری مدل و حوضچه)، نیمه‌های مدل از قبل ساخته شده توسط چسب در محل خود چسبانده می‌شوند. این نیمه مدل‌ها قرینه هستند. این فرایند روی صفحه رویی نیز انجام می‌شود (شکل ۷).



شکل ۷

- پس از خشک شدن چسب، نیمه مدل‌ها شماره‌گذاری شده و با انتخاب ماشین سوراخ‌کاری و مته مناسب، قطر مته بر مبنای گام پیچ در نظر گرفته می‌شود.
- در پایان سوراخ‌کاری، نیمه مدل‌ها با ضربه چکش چوبی یا پلاستیکی از صفحه مدل جدا شده و محل‌های چسب با الکل یا تینر تمیز می‌شوند.
- پس از کامل شدن مراحل سوراخ‌کاری و قلاویزکاری، دو طرف صفحه مدل، سطح مدل‌ها و سطح سیستم راهگاهی نیز تمیز می‌گردند و سپس در محل‌های شماره‌گذاری شده، به صفحه مدل، پیچ می‌شوند.
- جهت کنترل نصب صحیح نیمه مدل و سیستم راهگاهی در سر جای خود، قبل از فرستادن مدل صفحه‌ای برای تولید انبوه، حداقل یک‌بار با استفاده از این مدل، نمونه‌ریزی انجام می‌گیرد.
- چنانچه نمونه ریخته شده سالم باشد مدل صفحه‌ای را جهت تولید انبوه قطعه به خط قالب‌گیری ماشینی تحویل می‌دهند.

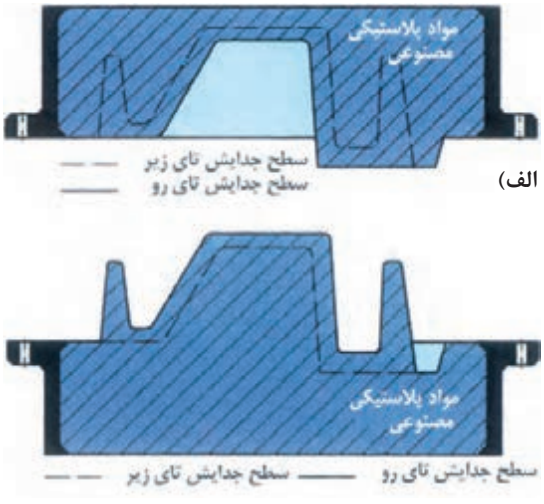
ب) نصب مدل روی صفحه بر مبنای سوراخ‌کاری: در این روش ابتدا دو نیمه مدل روی هم جفت شده و در محل‌های تعیین شده، سوراخ‌های عمودی مطابق شکل ۸ـ الف ایجاد می‌شود. جهت انجام مراحل بعدی نکات زیر مورد توجه است:



شکل ۸

- نیمه مدل رویی در محل تعیین شده روی صفحه مدل بسته شده و سوراخ‌های ایجاد شده قبلی ادامه یافته تا صفحه مدل نیز سوراخ شود (شکل ۸ـ ب).
- صفحه سوراخ شده (صفحه مدل اولی) روی صفحه مدل دومی قرار داده شده و سوراخ‌کاری ادامه می‌یابد تا صفحه دومی نیز سوراخ شود (شکل ۸ـ ج).
- در پایان سوراخ‌کاری، نیمه مدل‌ها به‌وسیله میله‌های راهنما روی صفحات ثابت می‌گردند.
- پس از ثابت کردن نیمه مدل‌ها روی صفحه‌ها، محل پیچ‌ها در نیمه مدل‌ها و در صفحه مدل‌ها سوراخ می‌شوند.
- در پایان سوراخ‌کاری، در محل‌های تعیین شده قلاویزکاری انجام می‌گردند.
- نیمه مدل‌ها، روی صفحه مدل‌ها سوار و سر جای خود پیچ می‌گردند (شکل ۸ـ د).
- جهت کنترل صحت مدل صفحه‌ای ساخته شده، با استفاده از آن یک نمونه قالب‌گیری و ریخته‌گری انجام می‌شود. چنانچه قطعات ریخته شده، پس و پیش نباشند، قالب‌گیری با مدل صفحه‌ای جهت تولید انبوه قطعه ریختگی، مجاز خواهد بود.

مدل صفحه‌ای توپر (ماسیو[1]): مدل صفحه‌ای توپر را مدل صفحه‌ای سرخود جداگانه نیز می‌نامند، چرا که مدل و صفحه مدل، از یک جنس متصل به هم، مانند مواد مصنوعی، به شکل یک پارچه ساخته می‌شوند. در شکل ۹ـ الف قسمت‌های نگاتیو (معکوس یا فرورفته) و در شکل ۹ـ ب قسمت‌های پوزیتیو (برآمده) یک مدل به‌صورت سرخود دیده می‌شود.



شکل ۹

مزایا:

- محکم بودن مدل صفحه‌ای و استحکام بالای آن برای قالب‌گیری به دفعات زیاد؛
- امکان ساخت مدل‌های صفحه‌ای با برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌ها (مدل‌های پر پیچ و خم)

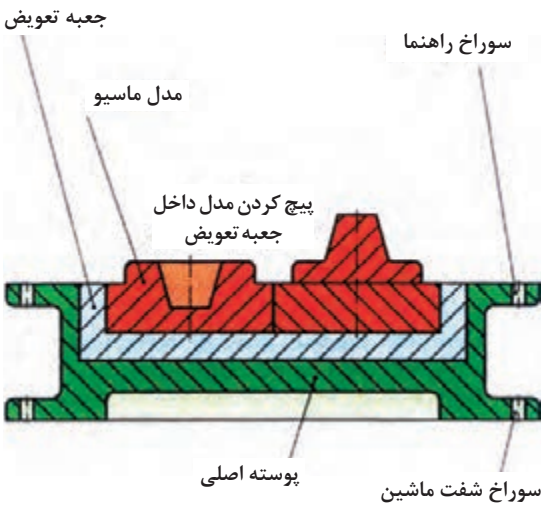
عیب:

- قیمت بالای ساخت مدل

نکته

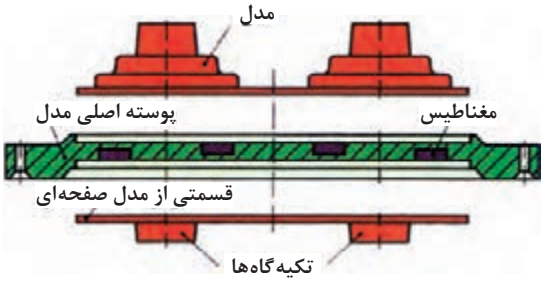
این دسته از مدل‌های صفحه‌ای با کمک مدل اولیه چوبی یا فلزی ساخته می‌شوند. جنس مدل‌های صفحه‌ای معکوس، اغلب از مواد پلیمری (آرالدیت‌ها) است. این نوع مدل‌های صفحه‌ای به‌صورت قالب‌های فرورفته و برآمده در داخل درجه‌های جفت شده، با مواد پلیمری پر می‌شوند. در شکل ۹ـ الف، مدل صفحه‌ای نگاتیو یا قسمت فرورفته قطعه ریختگی و شکل ۹ـ ب، مدل صفحه‌ای پوزیتیو یا قسمت برآمده قطعه ریختگی را نشان می‌دهند.

مدل صفحه‌ای تعویضی: نصب تعداد زیاد مدل روی صفحه و احتمال تعویض بعضی از آنها در طول قالب‌گیری، استفاده از این گونه مدل صفحه‌ای را مطلوب‌تر می‌سازد. صفحه مدل از یک پوسته اصلی که بر روی آن محل میله راهنمای درجه (سوراخ شفت ماشین)، محل سوار کردن مدل روی ماشین قالب‌گیری و محل قرارگیری جعبه تعویض همراه با مدل اصلی، تشکیل شده است (شکل ۱۰). در ابتدا مدل‌ها به شکل نیم‌مدل و تمام مدل داخل قاب جاسازی می‌شوند و سپس کل قاب همراه با مدل‌ها در داخل محفظه پوسته قرار داده می‌شود. این مدل به نام‌های دیگری همچون، مدل صفحه‌ای چند تایی، مدل صفحه‌ای با قاب جاسازی شده و قابل تعویض، مدل صفحه‌ای کلیشه‌ای، مدل صفحه‌ای جعبه‌ای و مدل صفحه‌ای موزائیکی نامیده می‌شود.



شکل ۱۰

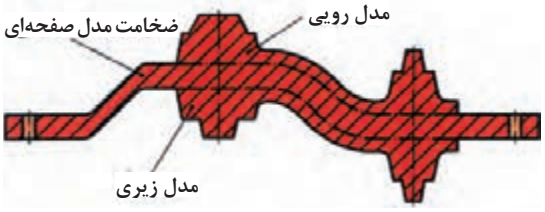
۱ـ Massive



شکل ۱۱

مدل صفحه‌ای مغناطیسی: از ویژگی‌های عمده این مدل، تعویض سریع آن و نصب مدل جدید در روی پوسته اصلی صفحه مدل است. در این نوع مدل صفحه‌ای، مدل به شکل مکانیکی روی صفحه مدل بسته نمی‌شود، بلکه با استفاده از یک سیستم مغناطیسی، مدل‌ها در یک طرف یا دو طرف پوسته اصلی قرار داده می‌شوند. مدل‌های ساخته شده باید از فلزات آهنی باشند (شکل ۱۱).

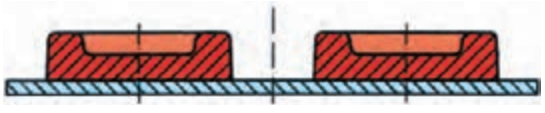
مدل صفحه‌ای سر خود دو طرفه: این مدل جزو مدل‌های صفحه‌ای دو طرفه محسوب می‌شود که در هر طرف آن مدل‌های سرخود قرار دارد. در این نوع مدل، صفحه مدل همراه با مدل‌های دو طرف آن به‌صورت یک تکه و از یک جنس با سطح جدایش یکنواخت یا غیریکنواخت طراحی و ساخته می‌شود.



شکل ۱۲

نیمه‌های مدل به‌طور دقیق در دو سمت صفحه روی هم منطبق می‌شوند در این نوع مدل، از پیچ کردن مدل روی صفحه مدل، صرفه‌جویی می‌شود زیرا که مدل و صفحه مدل مانند شکل ۱۲ سرخود ساخته می‌شوند. این مدل معمولاً از آلیاژ سرب خشک (زاماک) یا آلومینیوم و یا آرالدیت ساخته می‌شود. در شکل ۱۲ مدل صفحه‌ای با سطح جدایش غیریکنواخت طراحی و ساخته شده است.

از این مدل برای قالب‌گیری دستی، ماشینی، اتومات و نیمه اتومات استفاده می‌شود.


شکل ۱۳ـ مدل قرینه با سطح جدایش یکنواخت

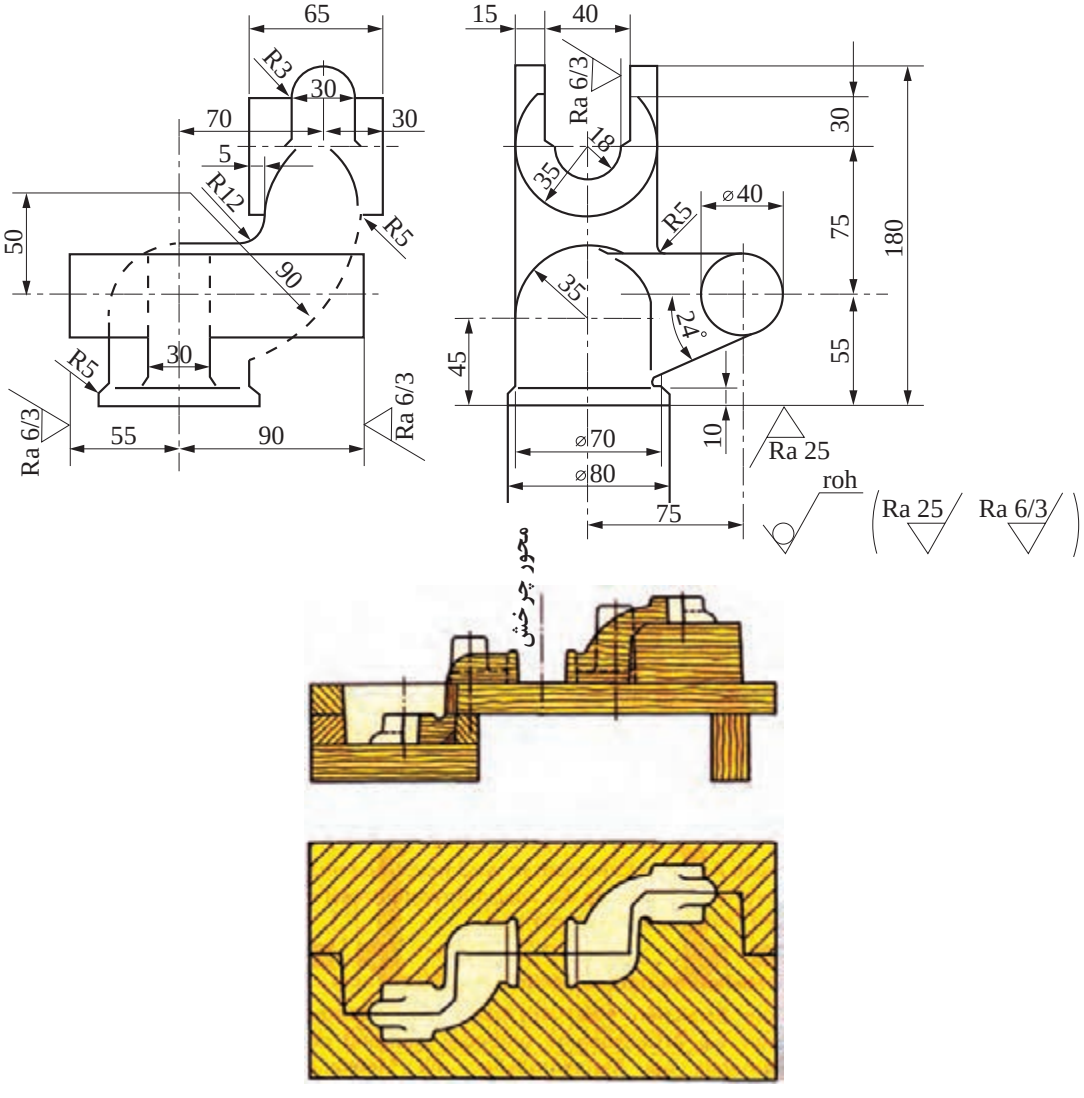
مدل صفحه‌ای قرینه: در این مدل صفحه‌ای، نیمه مدل‌هایی از یک تا چند مدل قرینه با فاصله‌های دقیق و برابر روی صفحه مدل نصب می‌شود. برای ساخت هر قالب کامل باید دو بار از روی مدل، قالب‌گیری شود. قالب رویی ابتدا ۱۸۰ درجه چرخانیده می‌شود و سپس روی قالب زیری جفت می‌گردد. در شکل ۱۳، یک مدل صفحه‌ای قرینه با سطح جدایش یکنواخت و در شکل ۱۴ یک مدل صفحه‌ای قرینه با سطح جدایش غیریکنواخت طراحی و ساخته شده است.

مزیت:

- صرفه‌جویی در هزینه ساخت نیمه دوم مدل صفحه‌ای (فقط یک نیمه مدل ساخته می‌شود)

عیب:

- در قالب‌گیری‌های عمومی (ماسه تر) هنگام برگرداندن قالب و جفت کردن آن روی قالب زیری، خطر ماسه‌ریزی و خراب شدن گوشه‌های تیز قالب و قسمت‌های برآمده آن وجود دارد.



شکل ۱۴ـ مدل قرینه با سطح جدایش غیریکنواخت

این مدل صفحه‌ای در صورت برطرف کردن عیوب مدل و اطمینان از قالب‌گیری سالم توسط آن، برای قالب‌گیری به روش عمودی (دیزاماتیک[۱]) کاربرد مناسبی دارد. به‌عنوان مثال برای قالب‌گیری سیلندرهای پره‌دار که نصب تغذیه در حالت عمودی روی مقطع سیلندر ضرورت داشته باشد ساخت آن برای روش جعبه گرم (هات باکس[۲]) مناسب و مقرون به‌صرفه است، قالب‌گیری به روش جعبه گرم با مدل صفحه‌ای قرینه از سرعت بیشتری برخوردار است.

تحقیق کنید

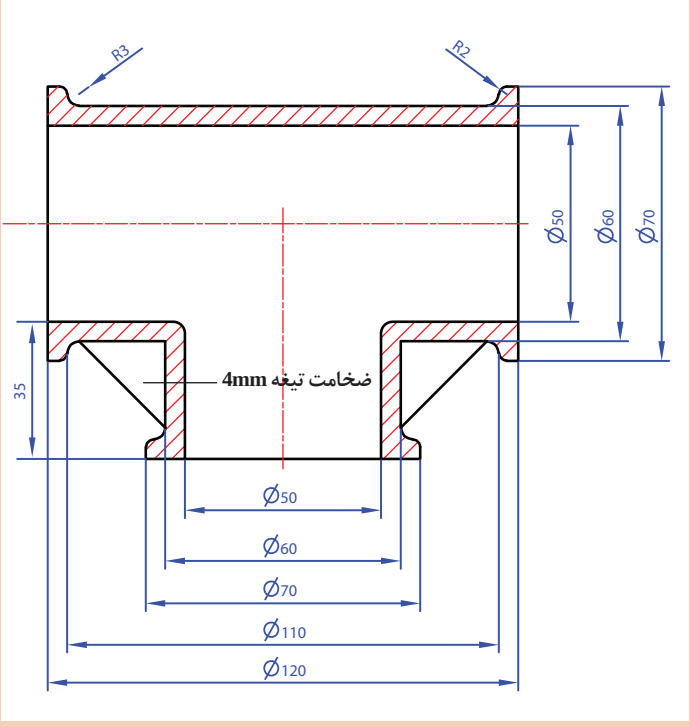
جزئیات روش دیزاماتیک را به‌صورت گروهی جست‌وجو کنید و در کلاس با هنرآموز محترم به اشتراک بگذارید.

۱ـ Disamatic ۲ـ Hot Box

فعالیت کارگاهی
۶

تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی و ساخت یک نیمه‌مدل چوبی و جعبه ماهیچه آن

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار و لوازم ترسیم نقشه‌کشی و ماشین حساب
۲ ابزار مدل‌سازی چوبی
۳ ابزار و وسایل اندازه‌گیری داخلی و خارجی (کولیس و پرگار)
۴ ابزارهای پرداخت‌کاری و در صورت نیاز رنگ‌کاری

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ نقشه مکانیکی را به نقشه مدل‌سازی در مقیاس ۱:۱ تبدیل کنید.
۲ مدل چوبی را مطابق با ابعاد نقشه مدل‌سازی بسازید. چون قطعه قرینه است، ساخت یک نیمه از مدل و جعبه ماهیچه چوبی کافی است.
۳ مدل و جعبه ماهیچه ساخته شده را پرداخت‌کاری، رنگ‌کاری و کنترل ابعادی کنید.
۴ کیفیت سطحی و ابعادی مدل را بررسی و به هنرآموز محترم تحویل دهید.

نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات از سایر زباله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت کارگاهی
۷

ساخت صفحه مدل چوبی با پایه راهنما و تبدیل آن به صفحه فلزی طراحی و ساخت سیستم راهگاهی از جنس چوب سخت

وسایل مورد نیاز:

۱ صفحه چوبی با ابعاد ۳۰ × ۳۰۰ × ۴۰۰ میلی‌متر (این ابعاد پیشنهادی است و متناسب با درجه موجود در کارگاه قابل تغییر است.)

۲ چوب سخت به مقدار مورد نیاز

۳ ابزار مدل‌سازی چوبی و فلزی (براده‌برداری، سوراخ‌کاری و قلاویزکاری)

۴ ابزار و وسایل اندازه‌گیری داخلی و خارجی (کولیس و پرگار)

۵ ابزارهای بتونه‌کاری، پرداخت‌کاری و در صورت نیاز رنگ‌کاری

۶ کوره ذوب آلومینیوم

۷ شمش آلومینیوم

۸ ابزار قالب‌گیری و ریخته‌گری

۹ کمک ذوب و مواد افزودنی جهت ذوب آلومینیوم

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ مدل چوبی صفحه باید در ابعادی ساخته شود که هنگام قالب‌گیری، پیرامون مدل تا دیواره درجه حداقل ۴۰ الی ۵۰ میلی‌متر فاصله داشته باشد.

۲ تعداد مدلی که باید روی صفحه نصب شود و طراحی سیستم راهگاهی مربوط به آن را متناسب با درجه و صفحه تعیین کنید.

نکته مهم:

فاصله کانال اصلی (راهبار) و کانال‌های فرعی (راهباره) تا مدل باید حداقل ۲۰ میلی‌متر و همچنین فاصله پشت بند ماسه تا دیواره درجه و فاصله مدل‌ها از یکدیگر در حد استاندارد باشد.

۳ پس از مشخص شدن تعداد مدل روی صفحه، مدل چوبی صفحه را با ابعاد درجه‌های موجود بسازید. ضخامت صفحه را با توجه به تعداد مدلی که روی صفحه نصب می‌شود از ۳۰ الی ۳۵ میلی‌متر در نظر بگیرید.

۴ مدل چوبی صفحه را پرداخت‌کاری و رنگ‌کاری نمایید.

۵ مدل آماده شده را قالب‌گیری و کنترل نموده و سپس ریخته‌گری نمایید.

۶ پس از کنترل صحت صفحه ریخته‌گری شده، ابتدا فرایند تراشکاری در دو سمت صفحه تا ضخامت موردنظر صورت گیرد و سپس جای راهنمای پین درجه‌ها سوراخ‌کاری شود.

۷ سیستم راهگاهی متناسب با تعداد مدل‌های نصب شده را روی صفحه با کمک هنرآموز محترم خود طراحی کنید.

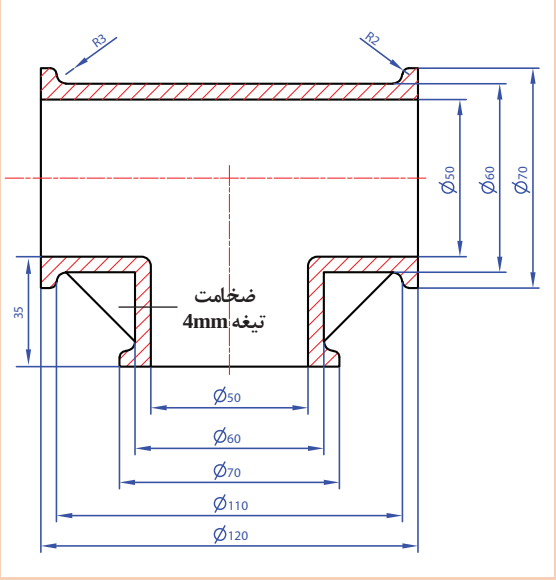
۸ سیستم راهگاهی طراحی شده را از جنس چوب سخت بسازید.

۹ نصب، پرداخت‌کاری و رنگ‌کاری سیستم راهگاهی را روی صفحه انجام دهید.

نکته:
تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات از سایر زباله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت کارگاهی ۸

ساخت مدل و جعبه ماهیچه دو تکه فلزی به روش قالب‌گیری و ریخته‌گری با استفاده از مدل چوبی و نصب آن در دو طرف صفحه مدل به روش خط‌کشی (چهارتایی با سیستم راهگاهی)



نقشه کار:

وسایل مورد نیاز:
۱ ابزار مدل‌سازی فلزی (براده‌برداری، سوراخ‌کاری و قلاویزکاری)
۲ ابزار و وسایل اندازه‌گیری داخلی و خارجی (کولیس و پرگار)
۳ ابزارهای بتونه‌کاری، پرداخت‌کاری و در صورت نیاز رنگ‌کاری
۴ کوره ذوب آلومینیوم
۵ شمش آلومینیوم
۶ ابزار قالب‌گیری و ریخته‌گری
۷ کمک ذوب و مواد افزودنی جهت ذوب آلومینیوم

نکات ایمنی و حفاظتی:
استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:
۱ نیمه‌مدل و جعبه ماهیچه ساخته شده در فعالیت کارگاهی ۶ را دو بار قالب‌گیری کرده و سپس قالب ماسه‌ای را کنترل و بر روی هم جفت کنید.
۲ مذاب آلومینیوم تهیه شده از قبل را در قالب‌های آماده شده ریخته‌گری کنید.
۳ قطعات ریخته‌گری شده را تکمیل‌کاری و پرداخت‌کاری کنید.
۴ نیمه‌های مدل و جعبه ماهیچه فلزی را روی هم جفت و پین‌کاری کنید.
۵ محورهای صفحه مدل را در دو طرف، خط‌کشی کنید و سپس محل قرار گرفتن نیمه مدل‌ها را با استفاده از محورهای تقارن دقیقاً خط‌کشی کنید.

۶ پس از مشخص شدن محل سوراخ پیچ‌ها در مدل‌های رویی، آنها را با زیر سری روی بستر دریل ستونی قرار داده و با مته تلرانسی راه به در سوراخ کنید.
۷ مدل‌های سوراخ‌کاری شده را روی صفحه رویی توسط چسب فوری در محل خط‌کشی شده در جای خود بچسبانید.
۸ پس از خشک شدن چسب صفحه مدل، نیمه مدل‌های زیری را با مته تلرانسی به عمق ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر سوراخ کنید.
۹ پس از سوراخ‌کاری با چکش پلاستیکی یا چوبی نیمه مدل‌ها را از صفحه جدا کنید.
۱۰ با استفاده از قلاویز مناسب جای پیچ‌ها را قلاویزکاری کنید.
۱۱ پس از تمیز کردن دو طرف صفحه و تمیز کردن داخل سوراخ‌های قلاویز شده و روغن‌کاری آن، نیمه مدل‌ها را به صفحه پیچ کنید.
۱۲ بعد از نصب نیمه‌های مدل روی صفحه و کنترل محکم بودن و دقت آن، محل عبور مته را در نیمه‌های رویی مدل با بتونه سنگی پر نموده و تمامی مدل‌های نصب شده در رو و زیر صفحه مدل را پرداخت‌کاری کنید.
۱۳ پس از نصب سیستم راهگاهی روی صفحه بالایی و نصب حوضچه روی صفحه پایینی و بتونه‌کاری، پرداخت‌کاری و رنگ‌کاری آنها و اطمینان از صحت نصب، از آن قالب‌گیری و ریخته‌گری به‌عمل آورده شود.
۱۴ خوشه ریخته‌گری شده را بعد از تمیزکاری، بررسی کنید تا از پس و پیش بودن آن اطمینان حاصل شود (در صورتی که هر کدام از قطعات ریخته‌گری شده پس و پیش باشد، باید مدل مربوط به آن را روی صفحه اصلاح کرد).
۱۵ قطعه ریخته‌گری شده را بدون جداکردن سیستم راهگاهی تمیز کرده و به هنرآموز محترم خود تحویل دهید.

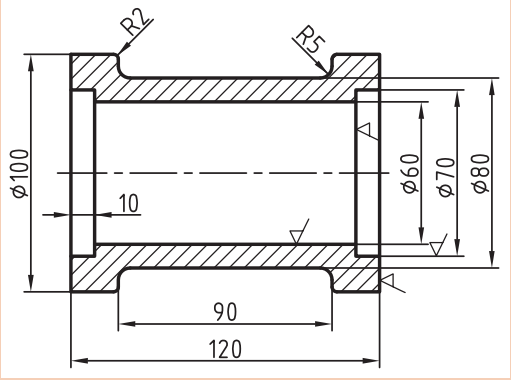
نکته:

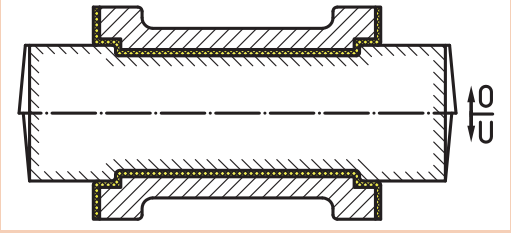
تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات از سایر زباله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت کارگاهی ۹

ساخت یک مدل چوبی و جعبه ماهیچه آن با استفاده از نقشه مکانیکی و مدل‌سازی داده شده

نقشه کار:





وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار و لوازم ترسیم نقشه‌کشی و ماشین حساب
۲ ابزار مدل‌سازی چوبی
۳ ابزار و وسایل اندازه‌گیری داخلی و خارجی (کولیس و پرگار)
۴ ابزارهای براده‌برداری و پرداخت‌کاری

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

۱ تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی در مقیاس ۱:۱
۲ مدل چوبی و جعبه ماهیچه را مطابق با ابعاد نقشه مدل‌سازی بسازید.
۳ مدل و جعبه ماهیچه ساخته شده را پرداخت‌کاری، رنگ‌کاری و کنترل ابعادی کنید.
۴ کیفیت سطحی و ابعادی مدل را بررسی و به هنرآموز محترم تحویل دهید.

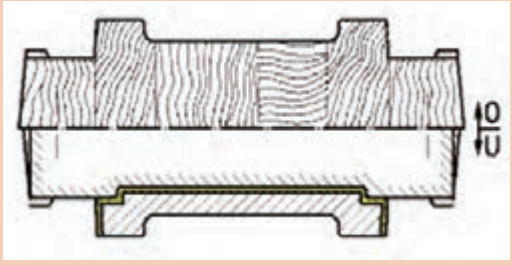
نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات از سایر زباله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت کارگاهی
۱۰

ساخت مدل و جعبه ماهیچه دو تکه فلزی به روش قالب‌گیری و ریخته‌گری با استفاده از مدل چوبی و نصب آن در دو صفحه مدل جداگانه به روش سوراخ‌کاری مطابق نقشه داده شده در فعالیت کارگاهی ۹

نقشه کار:



وسایل مورد نیاز:

۱ ابزار مدل‌سازی فلزی (براده‌برداری، سوراخ‌کاری و قلاویزکاری)
۲ ابزار و وسایل اندازه‌گیری داخلی و خارجی (کولیس و پرگار)
۳ ابزارهای بتونه‌کاری، پرداخت‌کاری و در صورت نیاز رنگ‌کاری
۴ کوره ذوب آلومینیوم
۵ شمش آلومینیوم
۶ ابزار قالب‌گیری و ریخته‌گری
۷ کمک ذوب و مواد افزودنی جهت ذوب آلومینیوم

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار، استفاده از دستکش ایمنی، استفاده از کفش ایمنی، استفاده از عینک ایمنی و استفاده از ماسک فیلتردار

مراحل انجام کار:

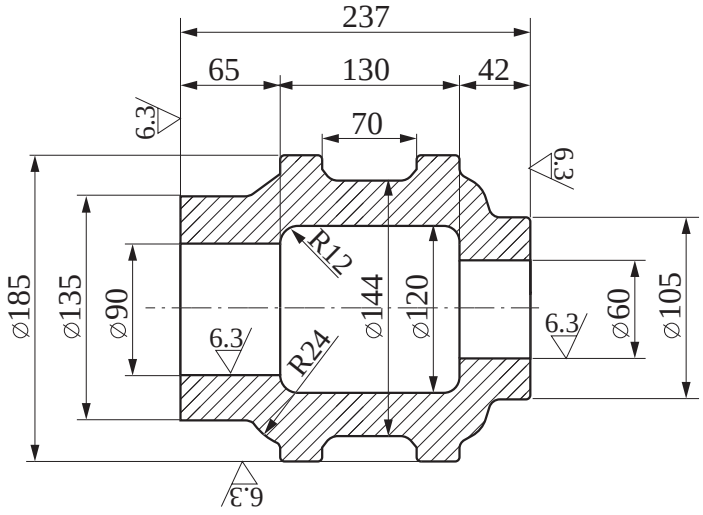
۱ مدل و جعبه ماهیچه ساخته شده در فعالیت کارگاهی ۹ را قالب‌گیری کرده و سپس قالب ماسه‌ای را کنترل کرده و بر روی هم جفت کنید.
۲ جهت سبک شدن وزن مدل و همچنین مصرف مواد اولیه کمتر، از ماهیچه ساخته شده توسط جعبه ماهیچه مربوط به خود مدل، استفاده شود.
۳ مذاب آلومینیوم تهیه شده از قبل را در قالب‌های آماده شده ریخته‌گری کنید.
۴ قطعات ریخته‌گری شده را تکمیل‌کاری و پرداخت‌کاری کنید.
۵ نیمه‌های مدل و جعبه ماهیچه فلزی را روی هم جفت و پین‌کاری کنید.
۶ محورهای صفحه مدل را در دو طرف خط‌کشی کنید و سپس محل قرار گرفتن نیمه مدل‌ها را با استفاده از محورهای تقارن دقیقاً خط‌کشی کنید.
۷ دو نیمه مدل‌ها را پس از پرداخت‌کاری در محل سطح جدایش روی هم جفت کنید.
۸ پس از بستن مدل به دریل ستونی به‌صورت کاملاً عمود سوراخ‌هایی به قطر میله راهنما با در نظر گرفتن تلرانس تا عمق ۱۵ تا ۲۰ میلی‌متری مدل زیری ایجاد نمایید.
۹ مدل‌های رویی را در سر جای خود با چسب فوری بچسبانید و پس از خشک شدن با همان مته قبل، سوراخ‌ها را از صفحه عبور دهید.

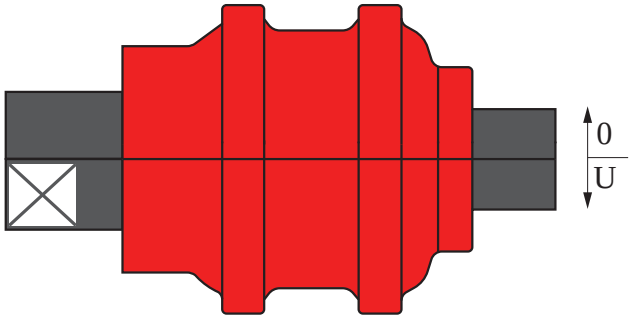
۱۰ صفحه سوراخ‌کاری شده را بر روی صفحه سوراخ‌کاری نشده قرار دهید و با همان مته، صفحه زیری را سوراخ کنید.
۱۱ میله‌های راهنما را از صفحه عبور داده و به تعداد مورد نیاز، صفحه و مدل را سوراخ‌کاری تلرانسی کنید (این عمل برای هر دو صفحه است).
۱۲ پس از جدا کردن مدل‌ها از صفحه و میل راهنما، داخل سوراخ‌های ایجاد شده در مدل‌ها را قلاویزکاری کنید.
۱۳ مدل‌ها را سر جای خود روی صفحه و میله راهنما قرار داده و سپس آنها را به صفحه پیچ کنید (این عمل در هر دو صفحه به‌طور جداگانه انجام می‌شود).
۱۴ پس از نصب سیستم راهگاهی روی صفحه بالایی و نصب حوضچه روی صفحه پایینی و بتونه‌کاری، پرداخت‌کاری و رنگ‌کاری آنها و اطمینان از درست بودن نصب، از آن قالب‌گیری و ریخته‌گری به‌عمل آورده شود.
۱۵ خوشه ریخته‌گری شده را بعد از تمیزکاری، بررسی کنید تا از پس و پیش بودن آن اطمینان حاصل شود (در صورتی که هرکدام از قطعات ریخته‌گری شده پس و پیش باشد، باید مدل مربوط به آن را روی صفحه اصلاح کرد).
۱۶ خوشه قطعه ریختگی تولید شده را به هنرآموز محترم خود تحویل دهید.

نکته:
تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات از سایر زباله‌ها الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

ارزشیابی پایانی مدل‌های فلزی

شرح کار:
ساخت مدل صفحه‌ای دو تایی بر روی دو صفحه جداگانه با سیستم راهگاهی مناسب و ریخته‌گری خوشه‌ای قطعه آلومینیومی.
(لازم است مدل چوبی ساخته شود و سپس مدل آلومینیومی‌به تعداد مورد نیاز تهیه گردد)





استاندارد عملکرد: ساخت مدل چوبی به وسیله ابزار دستی مطابق نقشه با تلرانس عمومی ISO2768 ـC

شاخص:

۱ کیفیت سطح
۲ عمود بودن
۳ تخت بودن
۴ اندازه‌ها بر اساس استاندارد ISO2768 ـC

شرایط انجام کار:

۱ محیط کارگاهی
۲ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
۳ تهویه استاندارد و دمای ۲۰ درجه سیلسیوس
۴ اندازه‌ها براساس استاندارد

ابزار و تجهیزات: چوب، آلومینیوم، کوره ریخته‌گری، بوته ذوب، درجه، ماسه قالب‌گیری، دریل ستونی، میز کار، آچار تنظیم گیره، خط‌کش فلزی ۳۰ سانتی‌متری، کولیس، اره دستی چوب‌بری، گونیا به طول ۱۵۰ میلی‌متر، صفحه صافی، پرگار، سنبه چوب، سنبه فلز، مداد، آلومینیوم‌سای، چوب‌سای تخت، چوب‌سای نیم‌دایره، رنده دستی، کمان اره مویی، چسب چوب، سنباده چوب، Rسنج، اسپری رنگ، بتونه و سایر وسایل و تجهیزات قالب‌گیری و ریخته‌گری

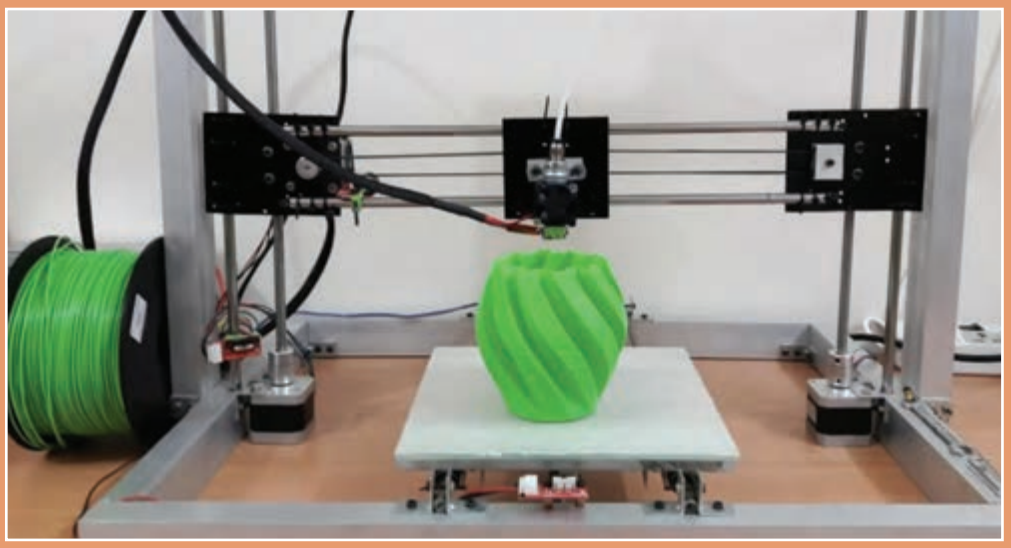
معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره دریافتی از ۳	نمره هنرجو
۱	تبدیل نقشه مکانیکی به نقشه مدل‌سازی	۱	
۲	ساخت مدل و جعبه ماهیچه چوبی	۱	
۳	ساخت مدل و جعبه ماهیچه فلزی	۲	
۴	مونتاژ مدل روی صفحات جداگانه به همراه سیستم راهگاهی	۱	
۵	ریخته‌گری و تولید قطعه خوشه‌ای آلومینیومی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی: ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳ـ تمیز کردن میزکار و محیط کارگاه ۴ـ رعایت دقت و نظم	۱	
	میانگین نمرات: *		

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

پودمان ۵

مدل‌سازی با استفاده از چاپگرهای سه‌بعدی



واحد یادگیری ۵

مدل‌سازی با استفاده از چاپگرهای سه بعدی

پیشرفت فناوری‌های نوین در دهه‌های اخیر موجب شده است که بشر به‌منظور رفع نیازهای صنعتی، ماشین‌های جدیدی را به خدمت گیرد. استفاده از سیستم‌های هوشمند و حذف دخالت دست در تولید صنعتی سال‌های اخیر با عنوان انقلاب صنعتی چهارم شناخته می‌شود. ایده انقلاب صنعتی چهارم در سال ۲۰۱۱ در نمایشگاه صنعتی هانوفر آلمان معرفی شد. این ایده همان‌طور که ارتباطات و بازار مصرف را دگرگون کرد، تولید را نیز تحت‌تأثیر خود قرار داد. ایده اصلی انقلاب صنعتی چهارم آن بود که تولید صنعتی باید همگام با فناوری اطلاعات و ارتباطات پیشرفته رشد کند. در این میان، نمونه‌سازی سریع با طراحی و ساخت دستگاه‌های «چاپگر سه بعدی» نقش پر رنگی در فرایند ساخت و تولید را مطرح کرده است.

استاندارد عملکرد

تهیه و تولید برنامه برای ساخت نمونه فیزیکی به کمک دستگاه چاپگر سه‌بعدی.

پیش‌نیاز

برای یادگیری این واحد هنرجو باید علاوه بر آشنایی کار با رایانه با یکی از نرم‌افزارهای مدل‌سازی مانند Solidworks و Inventor هم آشنا باشد.

مدل‌سازی با نرم‌افزار سالیدورک[1]

امروزه استفاده از فناوری‌های جدید در صنعت ریخته‌گری بسیار گسترش یافته است، به‌طوری که می‌توان گفت در تمامی روش‌های صنعت ریخته‌گری، دسترسی به نتیجه مطلوب بدون استفاده از فناوری تقریباً غیرممکن است، زیرا بدون استفاده از فناوری‌های نوین امکان کاهش زمان و هزینه‌های تولید وجود ندارد. ساخت مدل‌های ریخته‌گری امروزه دچار تغییرات زیادی شده است. همان‌گونه که در پودمان سوم فراگرفته‌اید استفاده از مدل‌های یونولیتی به‌جای مدل‌های چوبی درحال گسترش است. چرا که هزینه‌های ساخت این مدل‌ها بسیار پایین بوده و باعث می‌شود که هزینه‌های تولید کاهش یابد. یکی دیگر از روش‌های مدل‌سازی که امروزه استفاده از آن با اقبال فراوانی روبه‌رو شده است ساخت مدل از جنس مواد پلیمری است. ساخت این مدل‌ها با استفاده از فناوری‌های نوین مانند ساخت افزایشی[2] امکان‌پذیر است. در این روش ابتدا با استفاده از نرم‌افزارهای طراحی و نقشه‌کشی، مدل سه‌بعدی آن طراحی شده و سپس با استفاده از چاپگرهای سه‌بعدی به‌صورت مدل واقعی ساخته می‌شود. سرعت ساخت در این روش باعث شده که قیمت تمام شده مدل‌ها کاهش یافته و از طرفی دقت آنها درحد قابل قبولی باشد به‌طوری که می‌توانند به‌جای بسیاری از مدل‌ها به‌کار گرفته شوند. یکی از نرم‌افزارهایی که در ساخت این مدل‌ها استفاده می‌شود نرم‌افزار سالیدورک است. با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان یک مدل پیچیده را طراحی کرد و سپس توسط دستگاهی به نام چاپگر سه بعدی آن را تولید کرد.

مدل‌سازی با نرم‌افزار سالیدورک

نرم‌افزار سالیدورک یکی از نرم‌افزارهای مطرح در زمینه مدل‌سازی رایانه‌ای است که تقریباً تمامی نیازهای یک طراح را پاسخ می‌دهد و استفاده از آن در مقایسه با سایر نرم‌افزارهای مدل‌سازی آسان‌تر است.

محیط‌های نرم‌افزار سالیدورک

این نرم‌افزار دارای محیط‌های مختلف به شرح زیر است (شکل ۱).

۱ محیط مدل‌سازی قطعه (part)

۲ محیط نقشه‌کشی (drawing)

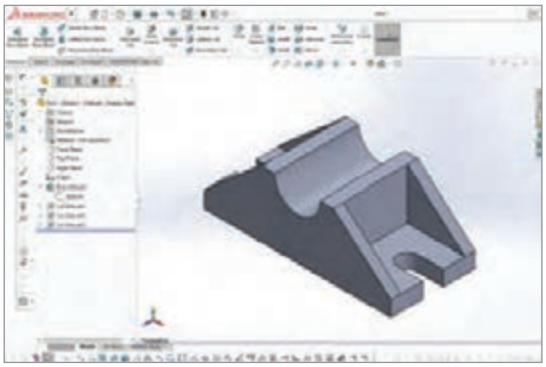
۳ محیط مونتاژ (assembly)

شکل ۱ــ پنجره انتخاب محیط

۱ـ Solidworks

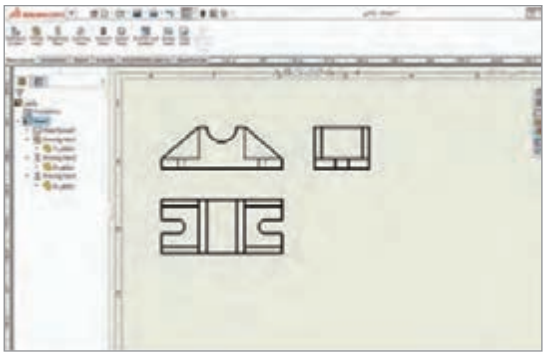
۲ـ Additive manufacturing

محیط مدل‌سازی قطعه: در این محیط می‌توان با استفاده از فرمان‌های مختلف هریک از مدل‌ها را به‌صورت سه‌بعدی ایجاد کرد (شکل ۲).



شکل ۲

محیط نقشه‌کشی: در این محیط می‌توان از مدل‌های ایجاد شده، نقشه‌های اجرایی تهیه کرد. یعنی می‌توان با توجه به نیاز از مدل موردنظر تصاویر سه‌نما تهیه کرد (شکل ۳).

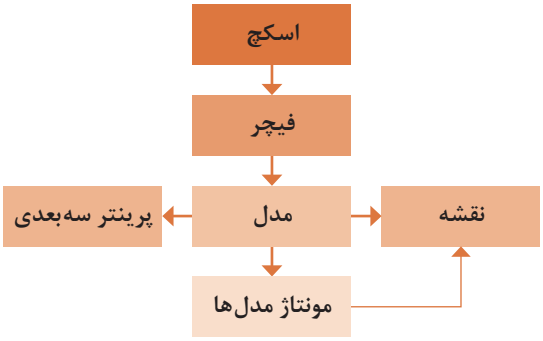


شکل ۳

محیط مونتاژ: در این محیط می‌توان مدل‌های چندتکه را روی هم سوار کرده و تبدیل به یک مدل مرکب کرد. باتوجه به اینکه بیشتر مدل‌های مورد استفاده در این قسمت مدل‌های یک تکه هستند به این محیط پرداخته نخواهد شد.

فرایند مدل‌سازی در نرم‌افزار سالیدورک

حجم‌های مرکب: اساس کار در این نرم‌افزار، تبدیل سطح به حجم است. در این فرایند ابتدا یک طرح اولیه که یک سطح مشخص است را به‌وسیله فرمان اسکچ[۱] ترسیم نموده، سپس با فیچر[۲] یا نمایه‌ها به مدل تبدیل می‌شود. در نمایه‌ها دستورهایی مانند برجسته‌سازی، دوران و حرکت دادن سطح در یک مسیر مشخص وجود دارد که تبدیل یک سطح به حجم را امکان‌پذیر می‌کند. نمودار مقابل فرایند ساخت مدل در نرم‌افزار سالیدورک را نمایش می‌دهد.



۱ـ sketch
۲ـ features

روند کلی مدل‌سازی قطعات درسالیدورک به شرح زیر می‌باشد:

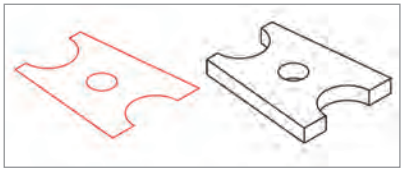
۱ انتخاب صفحه طراحی
۲ ترسیم اسکچ
۳ قیدگذاری و اندازه‌گذاری اسکچ
۴ ایجاد نمایه اصلی
۵ ایجاد نمایه‌های تکمیلی (تکرار مراحل ۱ تا ۴)

تحقیق کنید

با جست‌وجو در منابع اطلاعاتی و به‌خصوص اینترنت پنج نرم‌افزار مدل‌سازی را نام ببرید و تفاوت آنها را با نرم‌افزار اتوکد که قبلاً یاد گرفته‌اید شرح دهید.

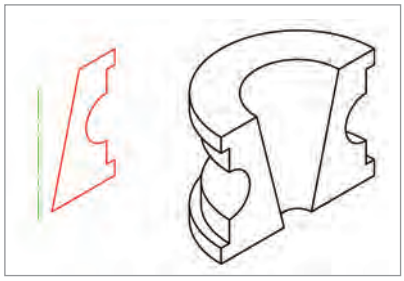
روش‌های اصلی مدل‌سازی در نرم‌افزارسالیدورک

مدل‌سازی صلب نوعی شبیه‌سازی قطعه واقعی در رایانه است. بعد از این که قطعه در رایانه مدل شد می‌توان مانند یک قطعه واقعی با آن برخورد کرد. برای مدل‌کردن یک قطعه روش‌های محدودی وجود دارد. در تمام این روش‌ها یک شکل دوبعدی ترسیم می‌شود و به طرق مختلف به آن حجم داده می‌شود. روش‌های مدل‌سازی پایه که حجم اصلی قطعه را تشکیل می‌دهد عبارت‌اند از:



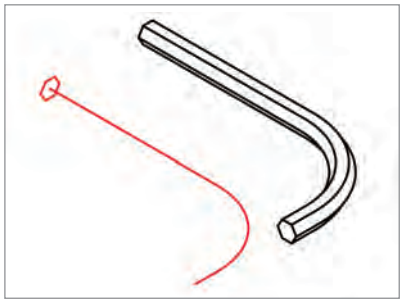
شکل ۴

برجسته‌سازی یا اکسترود (Extrude): در این روش اسکچ با اندازه‌ای مشخص به یک سمت یا به‌صورت دوطرفه برجسته می‌شود. اکسترود در فیچرهای تکمیلی می‌تواند برجسته یا فرورفته باشد. به‌عبارت دیگر می‌تواند موجب افزایش حجم و یا کاهش حجم مدل شود (شکل ۴).



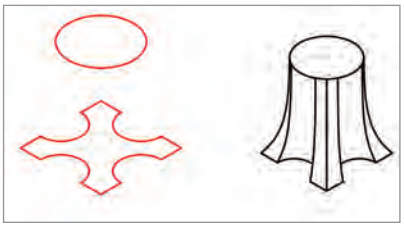
شکل ۵

دوران یا ریوالو (Revolve): در این روش اسکچ حول یک محور با زاویه‌ای مشخص دوران می‌یابد و حجم اصلی قطعه را تشکیل می‌دهد. ریوالو هم مانند اکسترود در فیچرهای تکمیلی می‌تواند پر یا خالی باشد. یک فیچر پر به حجم قطعه افزوده می‌شود و با آن جمع می‌شود اما یک فیچر خالی از حجم قطعه می‌کاهد (شکل۵).



شکل ۶

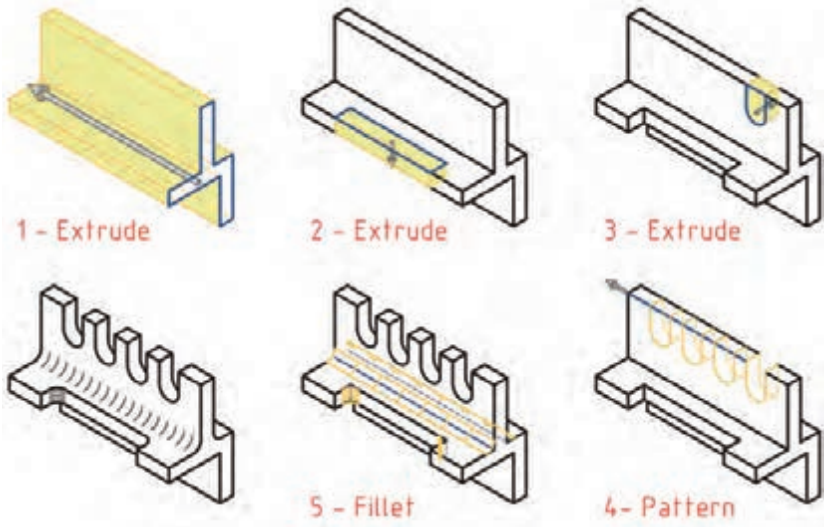
حرکت در یک مسیر یا سوئیپ (Sweep): اسکچ در مسیری مشخص حرکت می‌کند و مدل قطعه را ایجاد می‌نماید. مسیر می‌تواند یک خط ساده و یا یک شکل سه‌بعدی پیچیده باشد (شکل۶).



شکل ۷

حجم بین مقاطع یا لافت (Loft): می‌توان اسکچ‌های متعددی را که مقاطع مختلف یک قطعه هستند، در صفحات فضایی مربوطه ترسیم کرد و با پرکردن فضای بین آنها، مدل قطعه را ایجاد کرد (شکل ۷).

بعد از اینکه حجم اصلی قطعه یا فیچر اصلی ایجاد شد باید باتوجه به هندسه قطعه، فیچرهای تکمیلی را اجرا نمود. فیچرهای تکمیلی همان چهار روش اصلی مدل‌سازی یا ترکیبی از آنها است که تحت نام ابزارهای مشخص در نرم‌افزارهای مختلف ارائه می‌شوند. برای مثال می‌توان به Fillet برای گردکردن گوشه‌ها و یا Hole برای ایجاد سوراخ‌کاری‌های مختلف روی مدل قطعه اشاره کرد. در شکل ۸ به‌عنوان نمونه مراحل مدل‌سازی یک قطعه نمایش داده می‌شود.



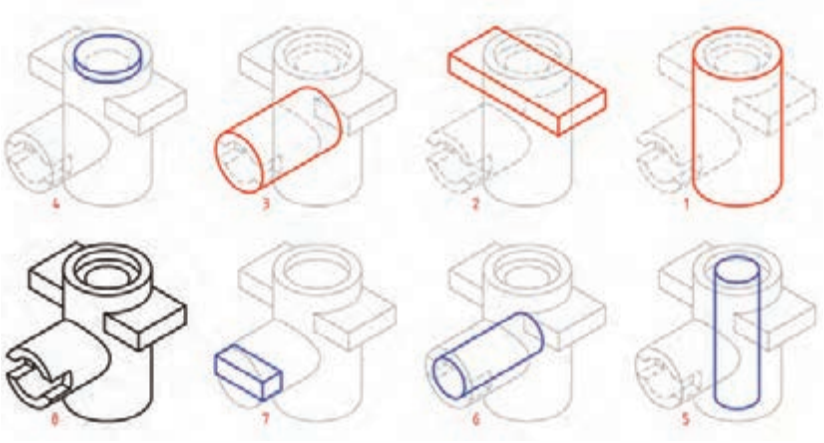
شکل ۸

فعالیت کلاسی

برای هریک از چهار روش اصلی مدل‌سازی دو قطعه را مثال بزنید و نحوهٔ مدل‌سازی آن را شرح دهید.

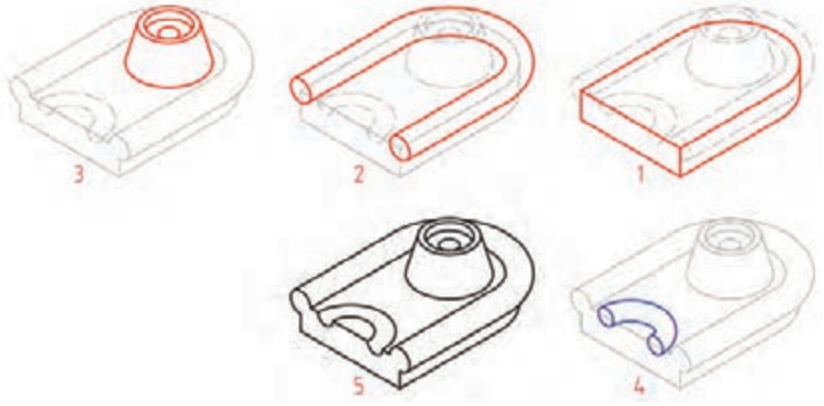
حجم‌های مرکب

معمولاً مدل‌ها از حجم‌های ساده تشکیل شده‌اند. برای ایجاد این مدل‌ها باید حجم‌هایی که در مدل به‌کار رفته است را به‌طور کامل مورد بررسی قرار داد. یعنی قبل از مدل‌سازی باید به‌خوبی آن را تجزیه و تحلیل کرد که از چه حجم‌هایی تشکیل شده‌اند. به شکل ۹ توجه کنید.



شکل ۹ـ مدل و حجم‌های تشکیل‌دهندهٔ آن

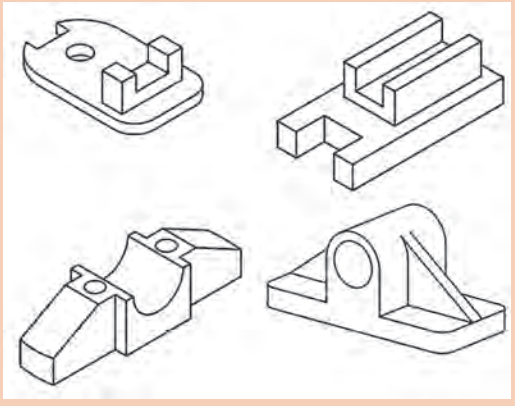
حجم‌های ساده و تشکیل‌دهندهٔ یک حجم مرکب علاوه بر حجم‌های سادهٔ هندسی، می‌تواند حجم‌هایی باشد که با روش‌های اصلی مدل‌سازی ایجاد می‌شوند. در شکل ۱۰ حجم نهایی ترکیبی است از حجم‌هایی که با روش‌های متداول ایجاد شده‌اند.



شکل ۱۰

فعالیت کارگاهی ۱

حجم‌های به‌کار رفته در مدل‌های مقابل را با دست آزاد رسم کنید.



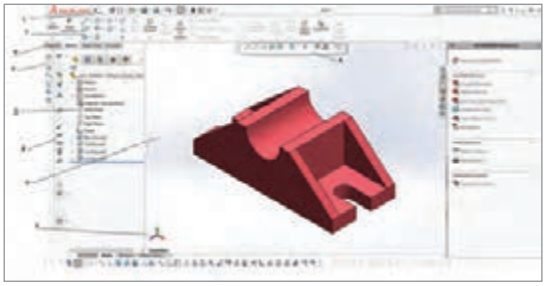
نصب نرم‌افزار سالیدورک

معمولاً شرکت‌های فروشنده نرم‌افزار، فیلم مراحل نصب را در پوشه اصلی نرم‌افزار قرار می‌دهند. قبل از نصب ابتدا راهنمای نصب را به دقت مشاهده کنید و سپس نصب نرم‌افزار را مرحله به مرحله انجام دهید.

نکته

در نسخه‌های جدید علاوه بر نرم‌افزار اصلی، نرم‌افزارهای جانبی هم قرار داده شده که در فرایند نصب، انتخابی هستند. در رشته متالورژی نیازی به نصب کامل این نرم‌افزارهای جانبی نیست و فقط نصب نرم‌افزار اصلی کافی است.

فضای نرم‌افزار سالیدورک



شکل ۱۱

با اجرای اغلب نرم‌افزارها با یک نمای ظاهری از نرم‌افزار مواجه می‌شویم که ابزارها و دستورهای مختلف در بخش‌های مختلف به‌صورت گرافیکی تعبیه شده است. برای تسلط بر نرم‌افزار باید به‌خوبی با این بخش‌ها آشنا شد. شکل ۱۱ محیط نرم‌افزار سالیدورک نسخه ۲۰۱۸ را در محیط مدل‌سازی قطعه (part) نشان می‌دهد.

ابزارهای پرکاربرد این نرم‌افزار به شرح زیر معرفی می‌شوند:

۱ **نوار منو Menu Bar**: شامل ابزارهای منوهای استاندارد است که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲ **مدیریت فرمان Command Manager**: این بخش که مانند ریبون در اتوکد عمل می‌کند، دارای ابزارهایی است که نسبت به عملیات جاری حساس است و به‌صورت خودکار متناسب با آن عوض می‌شود.

۳ **زبانه انتخاب ابزار**: با انتخاب هریک از این زبانه‌ها ابزار موردنیاز برای ترسیم یا ایجاد مدل ظاهر می‌شود.

۴ **نوار ابزار Toolbars**: در نسخه‌های جدید از آنجایی که اغلب ابزارها و فرمان‌ها در مدیریت فرمان موجود است، نوارهای ابزار به‌صورت پیش‌فرض پنهان هستند.

۵ **درخت طراحی DesignTree**: هر عملیاتی مانند نمایه و اسکچ که در محیط قطعه، مونتاژ یا نقشه‌کشی اجرا شود به‌ترتیب در این بخش نمایش داده می‌شود. با مشاهده درخت طراحی، می‌توان به‌آسانی نحوه مدل‌سازی قطعه را مشاهده و درک کرد.

۶ **فضای ترسیمی**: این فضا همانند محیط ترسیم در نرم‌افزار اتوکد است که تمام شکل‌های ترسیمی را نشان می‌دهد.

۷ **نوار ابزار دید ViewToolbar**: کلیه ابزارهای موردنیاز برای تغییر حالت دید و مشاهده مدل در این نوار شفاف قرار دارد.

کار با نرم‌افزار سالیدورک

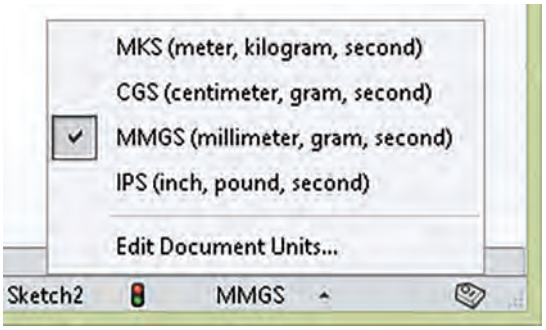
برای شروع به کار با نرم‌افزار همانند سایر نرم‌افزارها، آن را اجرا کنید و مراحل زیر را انجام دهید.

۱ پس از بازشدن نرم‌افزار از پنجرهٔ باز شده گزینه part را انتخاب و روی Ok کلیک کنید.

نکته

می‌توانید با دوبار کلیک کردن روی part به همین نتیجه برسید.

۲ در ابتدای کار از گوشه سمت راست پایین واحد اندازه‌گیری را انتخاب کنید (شکل ۱۲). واحد باید MMGS (میلی‌متر، گرم، ثانیه) انتخاب شود. توجه کنید که ممکن است پیش‌فرض نرم‌افزار روی IPS (اینچ، پوند، ثانیه) تنظیم شده باشد.

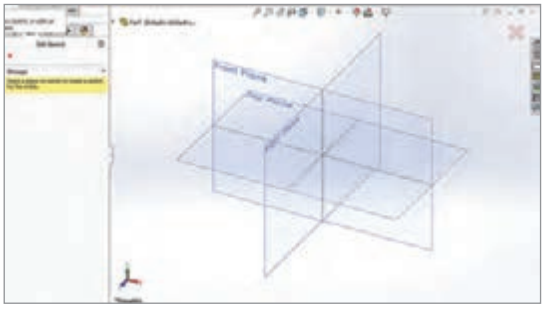


شکل ۱۲

نکته

در سالیدورک اگر در ابتدای مدل‌سازی واحد را MMGS انتخاب نکنید باید در تمام مراحلی که نیاز به اندازه‌گذاری دارید از واحد میلی‌متر استفاده کنید. این کار زمان‌بر است و احتمال خطا را زیاد می‌کند.

۳ با انتخاب ابزار Sketch شکلی ظاهر خواهدشد که امکان انتخاب نما یا صفحه ترسیمی را به شما می‌دهد (شکل ۱۳). پس از انتخاب صفحه ترسیم، با استفاده از ابزار اسکچ می‌توان شکل موردنظر را ترسیم کرد.



شکل ۱۳

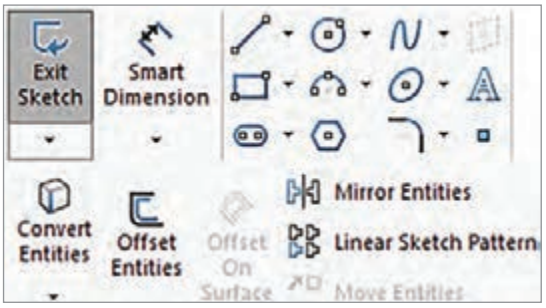
نکته

سه صفحه ترسیمی Front-Top-Right به‌صورت پیش‌فرض وجود دارد. انتخاب این صفحات در درخت طراحی نیز مقدور است.

ترسیم اسکچ

اسکچ می‌تواند یک شکل ساده مانند یک دایره و یا یک شکل پیچیده و پر از خط و کمان باشد. هرچه اسکچ‌ها ساده‌تر باشند تعداد عملیات مدل‌سازی بیشتر می‌شود. به‌طور کلی توصیه می‌شود به‌جای اسکچ‌های پیچیده از اسکچ‌های ساده‌تر استفاده شود. زیرا یک اسکچ ساده را می‌توان به‌راحتی ترسیم و قیدگذاری کرد.

ابزارهای ترسیمی

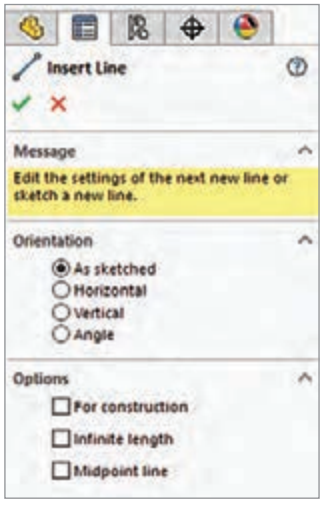


شکل ۱۴

ابزارهای ترسیم در نرم‌افزارهای نقشه‌کشی و طراحی یکسان است اما ممکن است نحوه اجرای برخی ابزارها در یک نرم‌افزار با نرم‌افزارهای دیگر کمی متفاوت باشد. در نرم‌افزار سالیدورک ابزارهای ترسیمی مشابه دستورات ترسیمی در محیط اتوکد است. با این تفاوت که ترسیم در این نرم‌افزار مبتنی بر شیء است (شکل ۱۴) ولی در اتوکد مبتنی بر اطلاعات ورودی است. به‌طور مثال در اتوکد شما برای ترسیم یک خط مختصات نقاط ابتدا و انتها را معرفی می‌کنید و خط ترسیم می‌شود ولی در سالیدورک می‌توانید خط را به‌صورت حدودی رسم کنید سپس با اندازه‌گذاری طول آن را تغییر دهید.

Line: برای ترسیم این اسکچ ابزار Line را که با کلید میانبر (L) نیز قابل اجراست فعال کنید؛ نشانگر ماوس به شکل یک مداد ( ) تبدیل می‌شود.

نکته

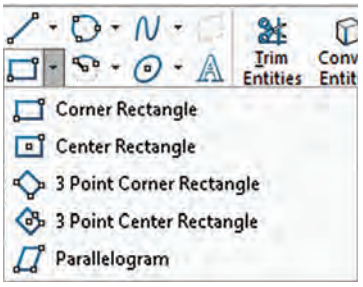


شکل ۱۵

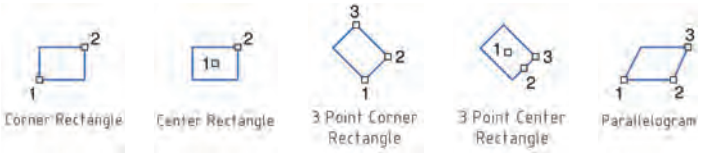
با اجرای هر ابزاری از جمله ابزار Line پنجرهٔ مدیریت ویژگی‌ها در سمت چپ صفحه نمایش داده می‌شود (شکل ۱۵). درمورد ابزار Line می‌توان ویژگی‌های خط ترسیمی از جمله افقی یا عمودی بودن، زاویه، اندازه، نوع خط از نظر اصلی یا ساختاری بودن و نقطهٔ شروع خط در وسط آن را تعیین کرد. پس از رسم خط برای خروج روی علامت تیک سبز رنگ کلیک کنید تا از دستور خط خارج شود.

Circle: در سالیدورک دو روش برای رسم دایره در نظر گرفته شده است: ۱ـ روش معمول با تعیین نقطه مرکز و شعاع ۲ـ دایره سه نقطه‌ای با تعیین سه نقطه روی دایره.

Rectangle: این ابزار برای ترسیم چهارضلعی به‌کار می‌رود (شکل۱۶). این ابزار دارای حالت‌های مختلفی است که با انتخاب هریک می‌توان چهارضلعی را به روش‌های مختلف ترسیم کرد (شکل ۱۷).



شکل ۱۶



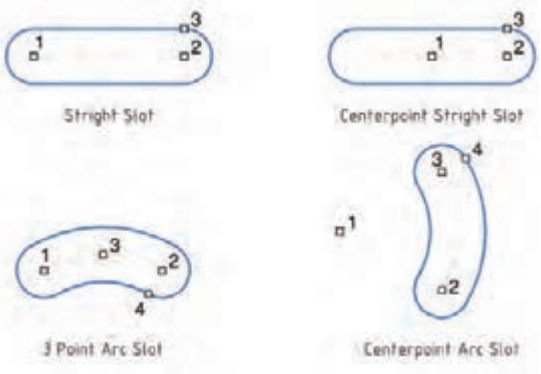
شکل ۱۷

Arc: در سالیدورک برای ترسیم کمان سه روش تعبیه شده است که ترتیب تعیین نقاط در شکل ۱۸ نمایش داده شده است.

شکل ۱۸

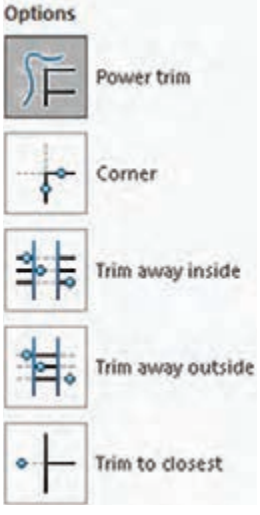
Polygon: به‌صورت پیش‌فرض می‌توان با استفاده از این ابزار و با تعیین مرکز و یک گوشه، یک شش‌ضلعی ترسیم کرد. می‌توان تعداد اضلاع را در بخش Parameters در پنجره مدیریت ویژگی‌ها تعیین کرد.

Slot: در سالیدورک برای ترسیم شیارهای خطی و قوس‌دار ابزاری خاص وجود دارد که می‌توان از آن در چهار حالت نشان داده شده در شکل ۱۹ برای رسم انواع شیارها استفاده کرد. به‌ترتیب انتخاب نقاط در حالت‌های مختلف رسم شیار دقت کنید.



شکل ۱۹

Trim: در سالیدورک Trim حالت‌های مختلفی دارد که می‌توان با استفاده از آنها، خطوط و کمان‌ها یا بخشی از آنها را حذف کرد یا امتداد داد (شکل ۲۰).



شکل ۲۰

الف) Power Trim: می‌توان به سادگی روی آن بخش‌هایی از اسکچ که لازم است حذف شوند درگ کرد. در شکل ۲۱ این عملکرد نشان داده شده است.

شکل ۲۱

در این حالت با کلیک کردن روی یک شکل رسم شده می‌توان آن را تا یک شکل دیگر امتداد داد؛ بخشی از آن را که با یک جزء دیگر برخورد دارد حذف کرد و یا با کلیک در یک فضای خالی طول آن را تغییر داد.

ب) Corner: با انتخاب دو شکل ترسیم شده می‌توان آنها را به هم رساند و یا بخش‌های اضافی آنها را حذف کرد.

ج) Trim Away Inside: با انتخاب دو شکل ترسیم شده می‌توان قسمت‌های بین آنها یا بخش داخلی شکل‌هایی که دو بخش مرزی را قطع کرده باشند، حذف کرد.

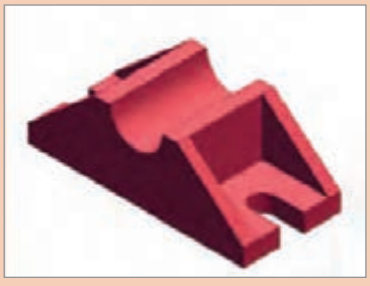
د) Trim Away Outside: با انتخاب دو شکل ترسیم شده می‌توان قسمت‌های بیرون آنها یا بخش بیرونی شکل‌ها که دو بخش مرزی را قطع کرده باشند، حذف کرد.

هـ) Trim to Closest: با این ابزار می‌توان هر شکل ترسیم شده یا بخشی از آن را تا نزدیک‌ترین مرز حذف کرد. این حالت مانند عملکرد Trim در اتوکد است.

Extend: با این ابزار می‌توان شکل ترسیم شده انتخابی را تا نزدیک‌ترین مرز امتداد داد.

فعالیت کارگاهی ۲

اسکچ یاتاقان مطابق شکل را جهت رسم مدل سه‌بعدی در محیط سالیدورک ترسیم کنید.



نکته

بهترین نما برای رسم اسکچ نمایی است که بتوان بیشترین جزئیات را در حالت سه‌بعدی برای مدل نمایش داد. در این شکل نمای سمت چپ، بهترین نماست.

برای رسم اسکچ نمونه (فعالیت داده شده) مانند مراحل زیر عمل کنید:

۱ پس از انتخاب صفحه کاری Front روی ابزار خط کلیک کنید و از مبدأ مختصات، خطی به طول ۱۸۳ میلی‌متر رسم کنید.

نکته

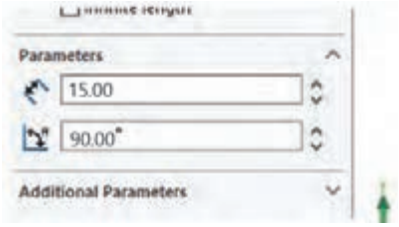
بعد از انتخاب نقطه به‌صورت حدودی با کلیک کردن روی خط می‌توان در کادر اندازه در پنجره ویژگی‌ها (Parameters)، عدد ۱۸۳ را وارد کنید.

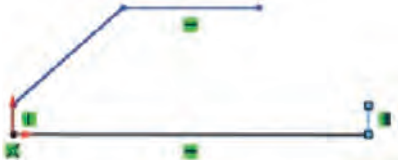
۲ خط عمودی سمت چپ را از مبدأ مختصات به اندازه ۱۵ میلی‌متر رسم کنید.

۳ خط بعدی را به طول ۷۴/۹ میلی‌متر و با زاویه ۴۱/۰۳ درجه رسم کنید.

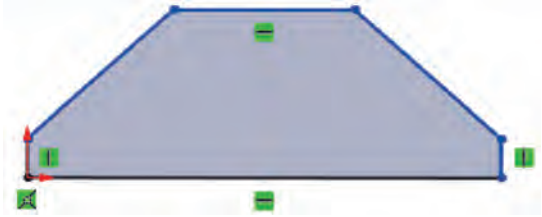
۴ از نقطه انتهایی خط قبلی، خطی افقی به طول ۷۰ میلی‌متر رسم کنید.

۵ از انتهای خط اولی که به طول ۱۸۳ میلی‌متر رسم کرده بودید خطی عمودی به اندازهٔ ۱۵میلی‌متر رسم کنید.





۶ باخطی، انتهای خط ۱۵ میلی‌متر را به انتهای خط افقی متصل کنید.

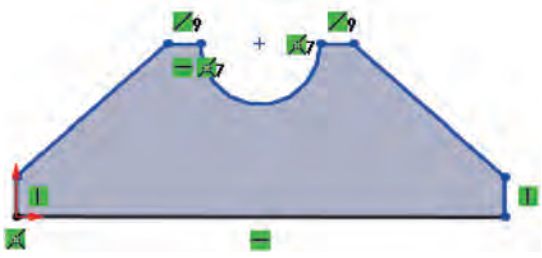


نکته

با اتصال انتهای دو خط به یکدیگر خطوط ترسیم شده به سطح تبدیل می‌شود.

۷ با استفاده از ابزار دایره دایره‌ای به شعاع ۲۲/۵ میلی‌متر در مرکز خط افقی بالایی ترسیم کنید.

۸ با استفاده از ابزار trim قسمت بالایی دایره و خط قطری آن را قطع کنید.



۹ فایل را به‌نام یاتاقان ۱ ذخیره کنید.

اندازه‌گذاری اسکچ

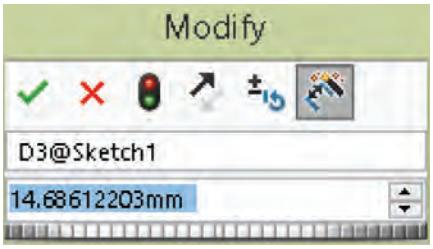
با انجام فعالیت کارگاهی پی‌بردید که رسم اسکچ با این شیوه دشوار است. اگر در زمان رسم از ابزار اندازه‌گذاری استفاده کنید رسم اسکچ بیش ازحد ساده خواهد شد. می‌توان ابتدا اسکچ را به‌طور حدودی رسم کرد و سپس با ابزار اندازه‌گذاری آن را به اندازهٔ اصلی تغییر داد.

ابزار اندازه‌گذاری: ابزار اصلی اندازه‌گذاری در محیط اسکچ، Smart Dimension است. با این ابزار می‌توان تمام قسمت‌های یک اسکچ را اندازه‌گذاری کرد. قسمت انتخابی نوع اندازه‌گذاری را تعیین می‌کند. مثلاً با انتخاب دو خط، چنانچه خطوط با هم موازی باشند، فاصله بین آنها و چنانچه متقاطع باشند، زاویه بین آنها اندازه‌گذاری می‌شود. در جدول ۱ نوع اندازه‌گذاری در ارتباط با انتخاب قسمت نشان داده شده است.

جدول ۱

موضوع انتخاب شده	خط	دایره	کمان	کمان و نقاط انتهایی آن
نوع اندازه‌گیری	افقی ـ عمودی ـ هم‌راستا	قطری ـ خطی	شعاعی	طول کمان
موضوع انتخاب شده	دو خط موازی	دو خط متقاطع	خط و نقطه	دو نقطه
نوع اندازه‌گیری	فاصله عمودی	زاویه	فاصله عمودی	فاصله
موضوع انتخاب شده	دایره و خط	دو دایره	نقطه و خط محور	سه نقطه
نوع اندازه‌گذاری	فاصله خط تا مرکز دایره	فاصله بین مرکزهای دایره‌ها	فاصله ـ فاصله دو برابر	زاویه

بعد از انتخاب موضوع و تعیین محل درج متن اندازه، پنجرهٔ کوچکی نمایش داده می‌شود (شکل ۲۲) که می‌توان عدد اندازه موردنظر را در آن وارد کرد. با کلیک کردن روی عدد اندازه‌های درج شده نیز می‌توان اندازه آنها را ویرایش کرد.



شکل ۲۲

نکته

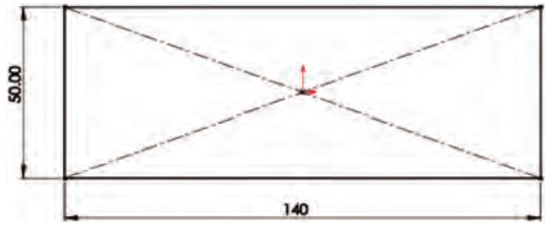
اگر بعد از درج اندازه، پنجرهٔ Modify نمایش داده نشد باید از مسیر
Options > System Options > General
گزینه Input Dimension Value را تیک بزنید.

اندازه‌گذاری در اتوکد، ابعاد شکل ترسیمی را نمایش می‌دهد، اما در سالیدورک، اندازه‌گذاری، ابعاد شکل را تعیین می‌کند. به عبارت دیگر می‌توان گفت در سالیدورک شکل، تابع اندازه‌گذاری است.

نکته

برای حذف صفرهای بعد از ممیز در اندازه‌های طولی، گزینه Remove را در مسیر:
Options>Document Properties>Dimension>Zeroes>Trailing Zeroes>Dimensions
انتخاب کنید.

بسیاری از کاربران اتوکد تمایل دارند که هم‌زمان با رسم اسکچ، اندازه‌های آن را وارد کنند. این ویژگی که در اتوکد به آن ورود فعال اطلاعات Input (Dynamic) می‌گویند، در سالیدورک به‌صورت پیش‌فرض غیرفعال است. برای فعال کردن آن باید گزینه Enable on screen numeric را در مسیر:
Tools > Options > System Options > Sketch
فعال کرد. انتخاب گزینه Sketch Numeric Input از منوی راست کلیک نیز همین عملکرد را دارد. با فعال کردن این عملکرد موقع رسم شکل‌های ترسیمی مانند خط، کادری عددی در کنار نشانگر ماوس ظاهر می‌شود که می‌توان طول خط را در آن وارد کرد (شکل ۲۳). برای درج اندازه هم‌زمان با رسم اسکچ نیز باید گزینه Create Dimension only when value is entered را در همان مسیر فعال کرد.



شکل ۲۳

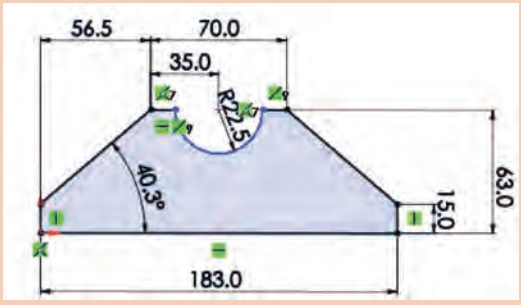
فعالیت کارگاهی ۳

اسکچ یاتاقان را اندازه‌گذاری کنید.

۱ فایل یاتاقان ۱را باز کنید.

۲ با استفاده از ابزار اندازه‌گذاری اسکچ را اندازه‌گذاری کنید.

۳ فایل را ذخیره کنید.

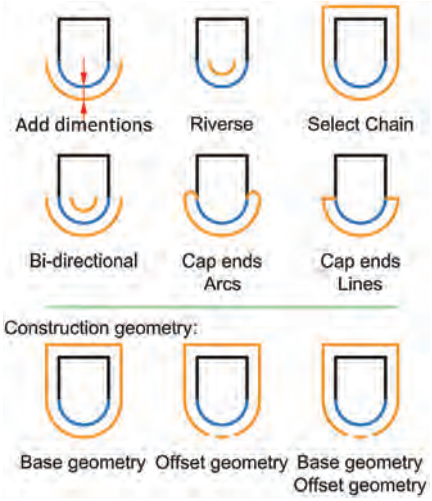


پرسش

چرا پس از اندازه‌گذاری رنگ نیم‌دایره تغییری نکرد؟

برخی دیگر از ابزار ترسیم

Offset: با این ابزار می‌توان یک جزء ترسیمی از اسکچ یا مدل ترسیم شده را به‌صورت موازی با فاصله‌ای معین کپی کرد. تأثیر انتخاب گزینه‌های مختلف این ابزار در شکل ۲۴ نمایش داده شده است.



شکل ۲۴

Mirror: با این ابزار می‌توان قرینه اجزای انتخابی را ایجاد کرد، ابتدا موضوعات موردنظر را انتخاب کرده سپس با کلیک کردن در بخش Mirror about و فعال کردن آن خط تقارن انتخاب می‌شود. برای خط تقارن می‌توان از لبه‌های مدل یا صفحات مرجع استفاده کرد (شکل ۲۵).

شکل ۲۵

فعالیت کارگاهی ۴

با مشورت با همکلاسی‌های خود و اجرای ابزار Dynamic Mirror از منوی Tools > Sketch Tools سعی کنید عملکرد آن را درک کنید. سپس آن را برای هنرآموز خود توضیح دهید.

الگوها یا آرایه‌ها

الگوی خطی (Linear Pattern): الگوی خطی می‌تواند در یک یا دو جهت دارای تعدادی عضو با فاصله‌های معین باشد. هرکدام از جهت‌ها می‌تواند زاویه مشخصی داشته باشد.

الگوی دایره‌ای (Circular Pattern): مرکز الگوی دایره‌ای به‌صورت پیش‌فرض مبدأ مختصات است اما می‌توان مختصات X و Y آن را وارد کرد و یا نقطه‌ای که با ابزار Point ایجاد شده است را انتخاب کرد.

فعالیت کارگاهی ۵

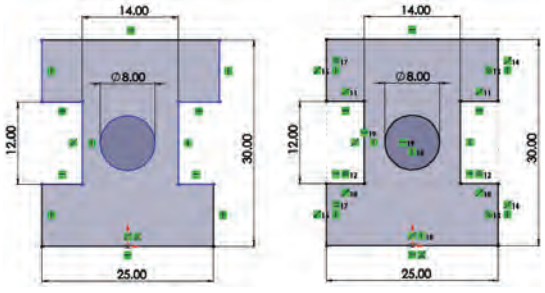
با اجرای ابزارهای Scale, Rotate, Copy, Move و Stretch روش اجرای آنها را توضیح دهید. تفاوت و شباهت این ابزارها با دستورهای مشابه در اتوکد را بنویسید.

قیدگذاری اسکچ: قیدها ابزارهایی هستند که یک جزء را وادار می‌کنند تا حالت، موقعیت، راستا، ارتباط یا اندازهٔ خود را حفظ کند. قیدها از درجات آزادی اجزا می‌کاهند. به‌عبارت دیگر برای اینکه مدل در مراحل مدل‌سازی دچار تغییرات ناخواسته نشود باید اسکچ آن را کاملاً مقید کرد.

نکته

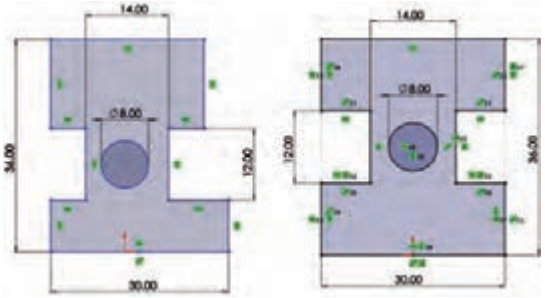
در سالیدورک از اسکچ‌هایی که قیدگذاری نشده باشند نیز می‌توان در مراحل مدل‌سازی استفاده کرد اما به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود.

شاید این سؤال به ذهن خطور کند که چرا باید اسکچ کاملاً قیدگذاری و تعریف شده باشد. به دو تصویر در شکل ۲۶ که ابعاد و هندسه یکسانی دارند نگاه کنید. شکل سمت راست به‌صورت کامل قیدگذاری شده است اما شکل سمت چپ فقط دارای قیدهای ابعادی و برخی قیدهای هندسی است که نرم‌افزار به‌صورت خودکار اعمال کرده است.



شکل ۲۶

حال اگر به دلایلی مجبور به تغییر برخی اندازه‌ها شویم هندسه اسکچ چه تغییری می‌کند؟ در شکل ۲۷ این اسکچ‌ها را بعد از تغییر اندازه‌های ۲۵ و ۳۰ مشاهده می‌کنید.



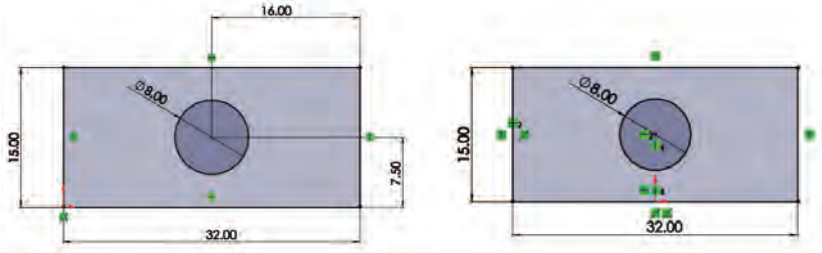
شکل ۲۷

افزایش ارتفاع در شکل سمت چپ موجب شده است که دایره و شیارها پایین‌تر از وسط جسم قرار بگیرد. افزایش طول نیز در این شکل موجب شده است که طول اسکچ در بالا و پایین با هم متفاوت شود.

پرسش

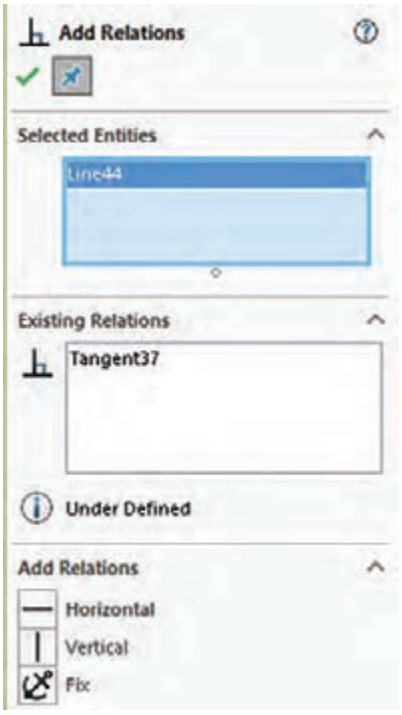
به‌نظر شما چه عامل یا قیدی موجب شده است که تصویر سمت راست شکل ۲۷ بعد از تغییر اندازه، هندسه خود را حفظ کند؟

قیدگذاری دستی: بسیاری از قیدها زمان رسم اسکچ به‌صورت خودکار اعمال می‌شود. با تمرین بیشتر می‌توان اسکچ‌هایی را رسم کرد که نیاز کمتری به قیدگذاری دستی داشته باشند. با اعمال هر قید به یکی از اجزا، علامت کوچکی روی آن ظاهر می‌شود که نشان‌دهنده نوع قید اعمالی است. اندازه نیز نوعی قید است. ممکن است گفته شود چرا به‌جای قیدگذاری هندسی، اسکچ را با اندازه‌گذاری به‌صورت کامل تعریف نکنیم؟ به شکل ۲۸ نگاه کنید. شکل سمت راست به‌صورت صحیح قیدگذاری شده است اما در شکل سمت چپ موقعیت سوراخ با استفاده از اندازه‌گذاری در وسط مستطیل تعریف شده است.



شکل ۲۸

در منوی شکل ۲۹ با تغییر ابعاد مستطیل برای تصویر اسکچ سمت چپ شکل ۲۸، باید موقعیت سوراخ را مجدداً تعریف کرد (چرا؟) اما در اسکچ سمت راست نیازی به این کار نیست.

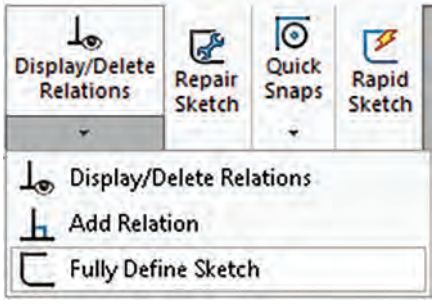


شکل ۲۹

نکته

همیشه اسکچ را از نقطه مبدأ شروع کنید. اگر شکل متقارن است، بهتر است نقطه مبدأ را در وسط شکل قرار دهید.

برای اعمال قید بر اجزا، می‌توان ابتدا اجزای مورد نظر را انتخاب کرد و یا ابتدا ابزار Add Relation را اجرا و سپس اجزا را انتخاب کرد (شکل ۳۰). با استفاده از ابزار Add Relation و انتخاب موضوعات در مدیریت ویژگی‌ها، قیدهای موجود و قیدهای قابل اعمال بر موضوع انتخابی، نمایش داده می‌شود.



شکل ۳۰

یادآوری

برای انتخاب بیش از یک موضوع، باید دکمه کنترل (Ctrl) در صفحه کلید را بگیرید.

انواع قیدهای هندسی: قیدهای هندسی را می‌توان بر یک یا چند موضوع ترسیمی یا اجزای مدل، اعمال کرد (جدول ۲).

جدول ۲

شکل قید	نوع قید	نام قید	توضیح قید
	قید افقی	Horizontal	این قید را می‌توان بر یک یا چند خط اعمال کرد. با انتخاب دو نقطه نیز می‌توان قید افقی بودن بر آنها اعمال نمود. علاوه بر نقاط معمولی از نقطه مبدأ مختصات، نقاط مرکز، انتها یا میانی نیز می‌توان استفاده کرد.
	قید عمودی	Vertical	این قید را می‌توان مانند قید افقی بر خطوط و نقاط اعمال کرد.
	قید هم‌راستایی	Collinear	با این قید می‌توان دو خط را هم‌راستا کرد.
	قید تعامد	Perpendicular	با این قید می‌توان دو خط را نسبت به هم عمود کرد.
	قید توازی	Parallel	با این قید می‌توان دو خط را باهم موازی کرد.
	قید مماس	Tangent	با این قید می‌توان یک منحنی (دایره، کمان، بیضی، کثیرالمنحنی) را با یک خط یا منحنی دیگر مماس کرد.
	قید هم‌راستایی منحنی	Coradial	با این قید می‌توان دو دایره یا کمان را هم‌مرکز و هم‌شعاع نمود.
	قید هم‌مرکزی	Concentric	با این قید می‌توان دو دایره یا کمان را هم‌مرکز نمود. از نقطه، گوشه‌های مدل و لبه‌های گرد نیز می‌توان برای هم‌مرکزی استفاده کرد.
	قید تساوی	Equal	با این قید می‌توان طول دو خط را برابر کرد. اگر این قید را روی دایره یا کمان اعمال کنیم، آنها هم‌شعاع می‌شوند.
	قید انطباق نقطه برخورد	Intersection	با این قید می‌توان یک نقطه را با محل برخورد دو خط منطبق کرد.
	قید انطباق	Coincident	با این قید می‌توان یک نقطه را بر یک خط یا منحنی منطبق نمود.
	قید انطباق نقطه میانی	Midpoint	با این قید می‌توان یک نقطه را با نقطهٔ وسط یک خط منطبق کرد.
	قید تقارن	Symmetric	با این قید می‌توان دو موضوع را نسبت به یک خط محور، متقارن کرد.
	قید تثبیت	Fix	با این قید می‌توان موقعیت یک نقطه، خط یا کمان را تثبیت نمود. طول خط یا کمانی که ثابت شده باشد را می‌توان تغییر داد.
	قید ادغام	Merge	با این قید می‌توان دو نقطهٔ انتهای موضوعات را باهم ادغام نمود و دو موضوع را به هم متصل کرد.
	قید تساوی طول کمان	Equal Curve Length	با این قید می‌توان طول کمان‌ها را باهم یکسان کرد.

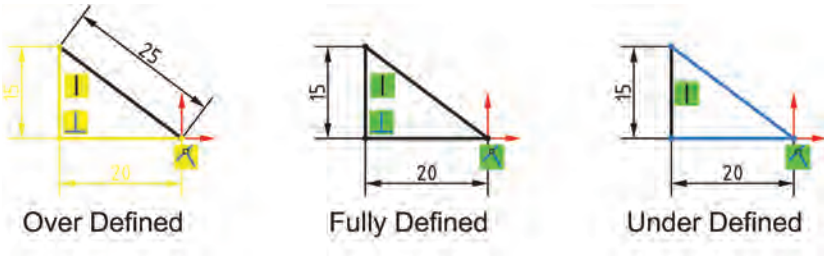
در جدول ۳ قیدهای قابل اعمال بر موضوعات انتخاب شده، به‌صورت تصویری نشان داده شده است.

جدول ۳

یک یا چند خط	Horizontal	Vertical	Fix	
خط و نقطه	Coincident	Midpoint		
خط و خط	Perpendicular	Parallel	Collinear	Equal
نقطه و نقطه	Horizontal	Vertical	Collinear	
کمان و کمان	Tangent	Coradial	Concentric	Equal
کمان و نقطه	Concentric	Coincident		
کمان و خط	Tangent	Equal Curve Length		
نقطه و دو جزء متقاطع	Intersection			
دو جزء و خط محور	Symmetric			

حالت‌های مختلف اسکچ

به تصاویر شکل ۳۱ دقت کنید. چه تفاوتی با هم دارند؟



شکل ۳۱

حالت‌های مختلف اسکچ، در نوار وضعیت، نمایش داده می‌شود. این حالت‌ها عبارت‌اند از:

Fully Defined: اگر اسکچ کاملاً تعریف شده یا قیدگذاری شده باشد آن را Fully Defined می‌نامند. در چنین اسکچی با تغییر یک اندازه، اندازه‌های دیگر و هندسه آنها به‌صورت ناخواسته تغییر نمی‌کند. در سالیدورک رنگ اسکچ Fully Defined سیاه است.

نکته

با انتخاب ابزار Fully Define Sketch می‌توان بررسی و محاسبه اسکچ یا بخشی از آن را به نرم‌افزار سپرد و قیدها و اندازه‌های موردنیاز را به‌صورت خودکار درج نمود.

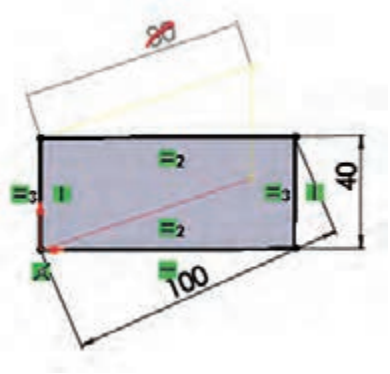
Under Defined: اگر اسکچ کاملاً تعریف و قیدگذاری نشده باشد به آن Under Defined می‌گویند. با افزودن اندازه یا قیدهای هندسی باید این اسکچ را Fully Defined کرد. رنگ اسکچ یا بخشی از آن که Under Defined باشد آبی است.

Over Defined: اگر اسکچ، بیش از حد مورد نیاز، قید یا اندازه داشته باشد به آن Over Defined گفته می‌شود. قیدهای اضافی و یا قیدهایی که ناسازگار هستند را باید حذف کرد. اسکچ Over Defined به رنگ زرد دیده می‌شود. قیدهای غیرقابل حل، قرمز هستند (شکل ۳۲).

شکل ۳۲

نکته

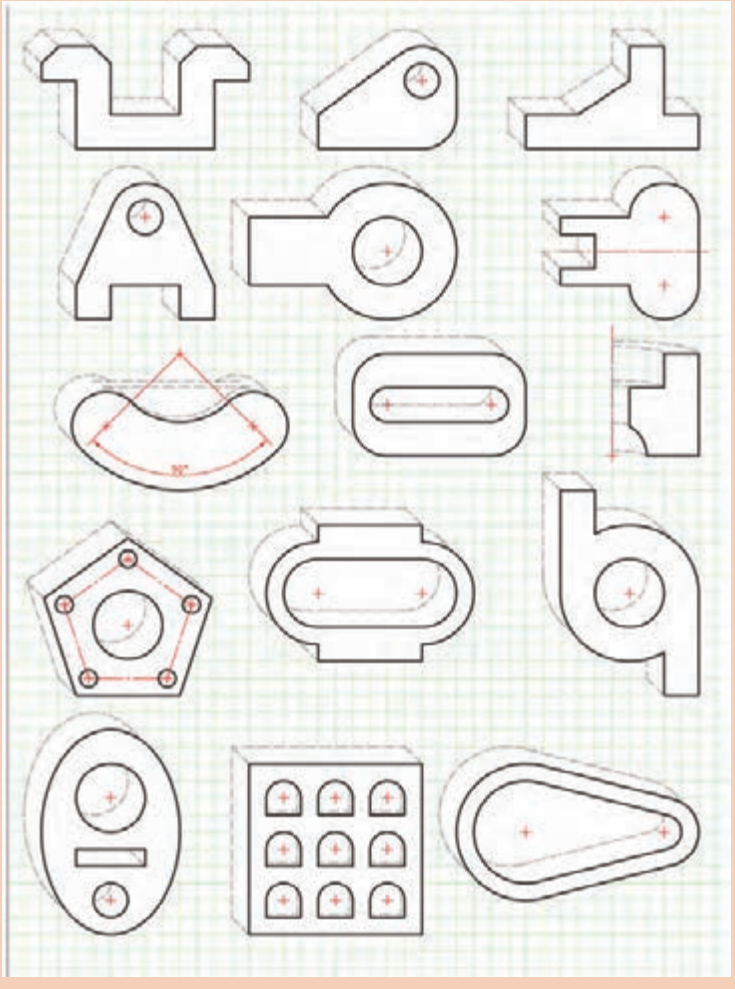
برای اصلاح خودکار این اسکچ باید روی ابزار Over Defined در نوار وضعیت، دو بار کلیک کرد. در پنجره سمت چپ، روی Diagnose کلیک کنید تا اسکچ را اصلاح کرده و اصلاحات را نمایش دهد. برای پذیرش اصلاحات روی Accept کلیک کنید (شکل ۳۳).



شکل ۳۳

فعالیت کارگاهی ۶

اسکچ شکل‌های مقابل که هرکدام نمای اصلی یک قطعه هستند را ترسیم کنید و بعد از اندازه‌گذاری و قیدگذاری به‌صورت مجزا ذخیره نمایید.



نکته

برای ترسیم اسکچ به نکات زیر توجه کنید:

۱ اسکچ را از نقطه مبدأ شروع کنید.

۲ برای خروج از اسکچ روی آیکون فلش در گوشه بالا سمت راست کلیک کنید و یا یکی از فیچرها را اجرا کنید.

۳ برای تغییر صفحه اسکچ روی آن در درخت طراحی، راست کلیک کنید و Edit Sketch Plane را انتخاب کنید.

۴ برای تغییر اسکچ ترسیم شده، روی آن در درخت طراحی، راست کلیک کنید و Edit Sketch را انتخاب کنید.

۵ برای تغییر اندازه‌های اسکچ می‌توان روی اسکچ، کلیک کرده و روی متن اندازه مورد نظر کلیک کنید.

۶ برای استفاده از یک اسکچ در فیچرهای مختلف روی آن راست کلیک کنید و Show را انتخاب کنید تا اسکچ دیده شود. بعد از استفاده از آن می‌توان دوباره آن را پنهان (Hide) کرد.

۷ اسکچ باید حداقل یک محدوده بسته داشته باشد.

۸ اسکچ باز برای مدل‌سازی صلب مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و از آن می‌توان در مدل صفحه‌ای استفاده کرد.

مدل‌سازی سه‌بعدی در نرم‌افزار سالیدورک

ایجاد مدل‌های سه‌بعدی در نرم‌افزار سالیدورک با روش‌های مختلف انجام می‌شود:

۱ برجسته‌سازی سطح

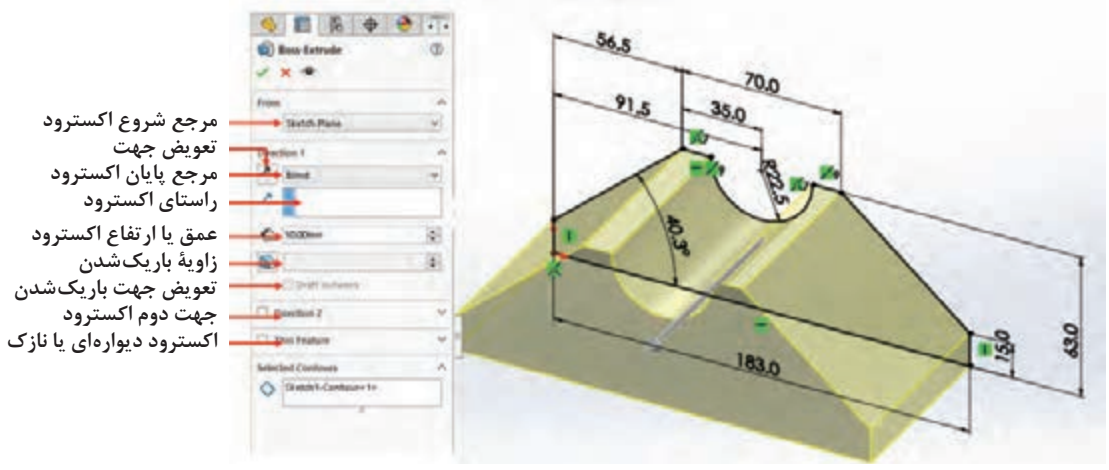
۲ دوران سطح حول یک محور

۳ حرکت سطح در یک مسیر مشخص

نکته

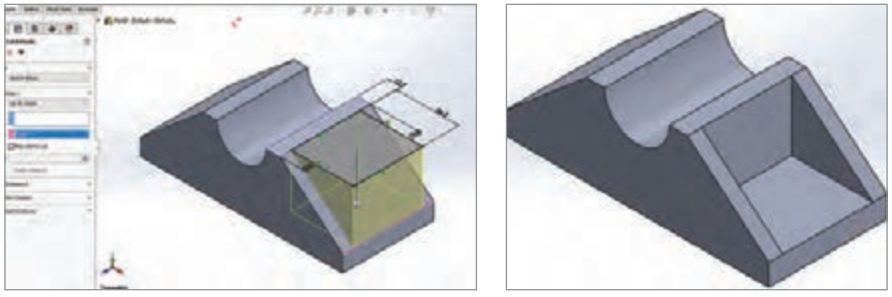
ابزارهای مدل‌سازی در زبانه نمایه (Features) قرار دارند.

اکسترود (Extrude): از این ابزار برای ایجاد مدل به روش حجم‌سازی یا برجسته‌سازی استفاده می‌شود. در این روش ابتدا اسکچ را رسم کرده و سپس با انتخاب ابزار اکسترود، اسکچ حالت سه‌بعدی به خود می‌گیرد و به‌صورت مدل ظاهر می‌شود. با مشخص کردن مقادیر اندازه در پنجره ویژگی‌ها و تأیید آنها مدل ایجاد می‌شود (شکل ۳۴).



شکل ۳۴

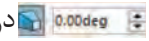
ابزار ایجاد حفره (Extrude cut): با این ابزار می‌توان قسمت‌های توخالی مدل را ایجاد کرد. ابتدا سطح حفره مورد نظر در صفحه کاری با اسکچ رسم می‌شود و پس از قیدگذاری (تثبیت موقعیت) ابزار انتخاب می‌شود. بعد از اجرای ابزار، پنجره ویژگی‌ها در سمت چپ ظاهر می‌شود و درخواست ورود اطلاعات را می‌کند. به‌صورت پیش‌فرض و در حالت ساده با واردکردن عددی به‌عنوان عمق حفره در بخش Direction1 می‌توان اسکچ را اکسترود و حفره را ایجاد کرد (شکل ۳۵).



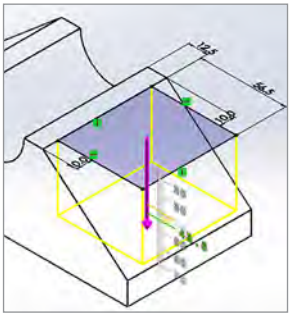
شکل ۳۵

نکته

در ابزارهای ایجاد حفره و اکسترود می‌توان با کشیدن (درگ کردن) میله راهنما در مدل نیز عمق یا ارتفاع اکسترود و جهت آن را تعیین کرد.

برای اعمال شیب روی مدل پس از محاسبه مقدار شیب برحسب درجه، می‌توان آن را در قسمت زاویه باریک شدن 

در پنجره ویژگی‌ها وارد کرد (شکل ۳۶).



شکل ۳۶

فعالیت کارگاهی ۷

پایه یاتاقان را با استفاده از ابزار اکسترود مدل‌سازی کنید.

۱ اسکچ ترسیمی در فعالیت کلاسی قبلی که با نام یاتاقان ۱ ذخیره کرده بودید را باز کنید.

۲ ابزار اکسترود را اجرا نمایید و اندازهٔ اکسترود را ۸۳ میلی‌متر وارد نموده و تأیید کنید.

۳ صفحه بالایی مدل را انتخاب نموده و اسکچ‌هایی مطابق شکل، ترسیم نموده و آن را همراه با اندازه‌گذاری قیدگذاری کنید.

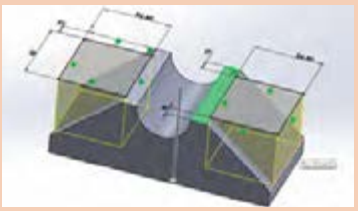
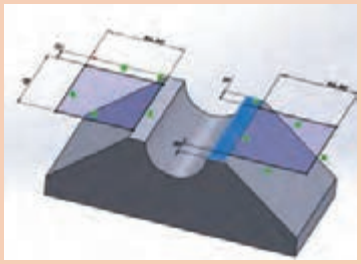
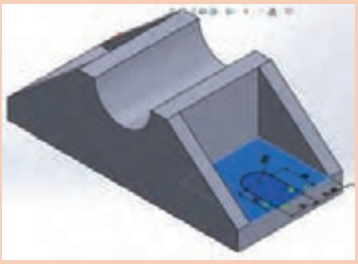
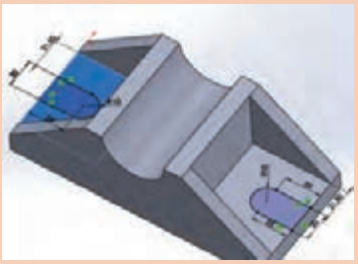
۴ ابزار Extrude Cut را اجرا کنید و لبه ۱۰میلی‌متری را انتخاب کنید و سپس تأیید کنید.

۵ صفحه میان دو تیغه را انتخاب نموده و اسکچی مطابق شکل ترسیم و قیدگذاری نمایید.

۶ با درگ کردن چرخ ماوس مدل را چرخانده و هم‌زمان در طرف دیگر، اسکچ را ترسیم نمایید.

۷ با ابزار Extrude Cut شیار را ایجاد کنید.

۸ فایل را ذخیره کنید.

نحوه نمایش مدل در محیط نرم‌افزار

برای تغییر نما و نحوه نمایش مدل در پنجره گرافیکی، روش‌های مختلفی وجود دارد. هر کاربر به سلیقه خود می‌تواند از هرکدام از روش‌ها استفاده کند. در سالیدورک بسیاری از ابزارهای تغییر نما و نمایش مدل در نوار ابزار View بالای پنجره گرافیکی در دسترس هستند (شکل ۳۷).

شکل ۳۷

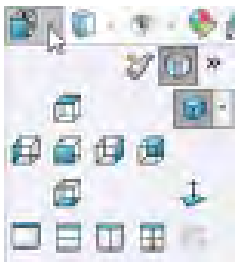
در جدول ۴ ابزارهای تغییر نما به‌طور اختصار آورده شده است.

جدول ۴

نام ابزار	نماد (آیکون)	عملکرد
Zoom to Fit		مدل را متناسب با ابعاد صفحه نمایشگر بزرگ یا کوچک می‌کند.
Zoom to Area		مدل را به اندازهٔ کادری که کاربر ترسیم می‌کند بزرگ می‌کند.
Previous View		نمای قبلی را برمی‌گرداند.
Section View		مدل به‌صورت برش‌خورده با یک یا چند صفحه اصلی نمایش داده می‌شود.
View Orientation		با اجرای این ابزار پنجره‌ای باز می‌شود که انتخاب جهت‌های مختلف و نماهای استاندارد را امکان‌پذیر می‌سازد. **نکته:** با فشردن کلید space این پنجره ظاهر می‌شود.
Display Style		سبک نمایش مدل با این ابزار قابل انتخاب است. می‌توان مدل را به‌صورت سیمی (وایرفریم) یا رنگی، با خطوط ندید و یا بدون آن نمایش داد.

نکته

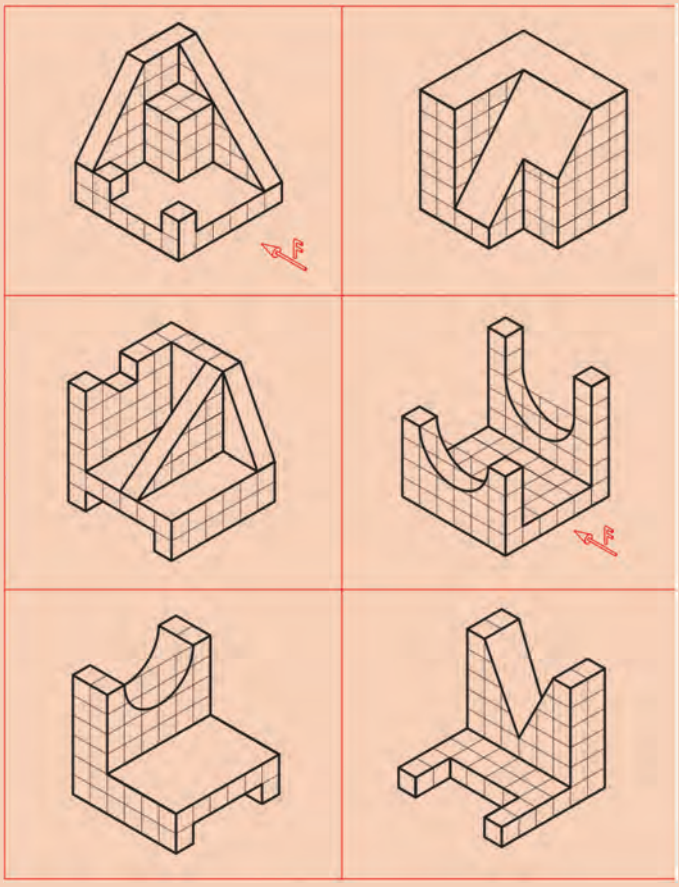
با کلیک بر روی مثلث تیرهٔ کنار این آیکون، پنجره کوچکی نمایش داده می‌شود که می‌توان در آن نماهای استاندارد را انتخاب کرد (شکل ۳۸). در این پنجره علاوه بر نماهای استاندارد سه نوع تصویر مجسم ایزومتریک، دیمتریک و تریمتریک قابل انتخاب است. چهار آیکون ردیف پایین نیز تعداد دریچه‌های دید را تعیین می‌کند. یعنی می‌توان هم‌زمان نماهای روبه‌رو، جانبی، افقی و تصویر سه بعدی (پرسپکتیو) مدل را نمایش داد. چرخش چرخ (اسکرول) ماوس باعث زوم به‌داخل یا زوم به‌خارج می‌شود.



شکل ۳۸

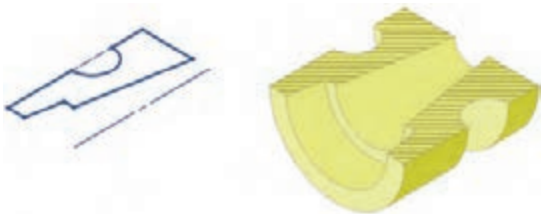
فعالیت کارگاهی
۸

حجم‌های روبه‌رو را با استفاده از ابزارهای اکسترود مدل‌سازی کنید.



مدل‌سازی حجم‌های دوار

ابزار دوران Revolve: یکی دیگر از روش‌های ایجاد مدل‌های سه‌بعدی، دوران سطح، حول یک محور است. در این روش ابتدا سطحی که باید دوران داده شود توسط ابزارهای اسکچ ترسیم می‌شود و سپس با انتخاب ابزار دوران، سطح تعیین شده، حول محور انتخابی، دوران داده می‌شود. حاصل این حرکت ایجاد مدل سه‌بعدی است (شکل ۳۹).



شکل ۳۹

نکته

علاوه بر خط محور از لبه‌های مدل و خطوط اسکچ نیز می‌توان به‌عنوان محور دوران استفاده کرد. اغلب گزینه‌های Revolve ؛ با گزینه‌های اکسترود یکسان است و نیازی به توضیح دوباره ندارد (شکل ۴۰).

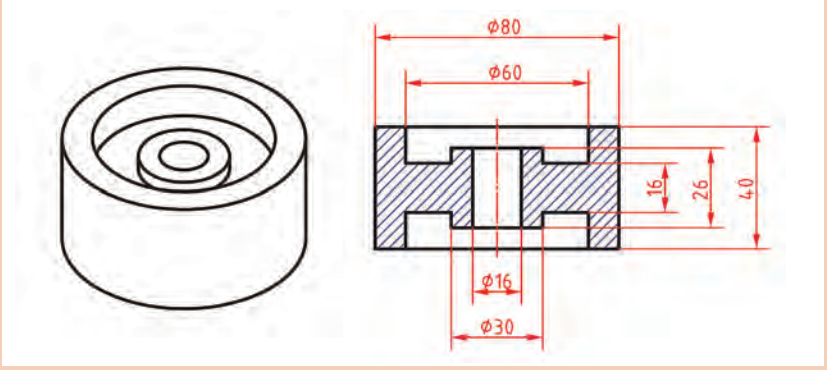
نکته کلیدی:

چنانچه مدل‌های دوار به‌صورت عمودی قالب‌گیری شوند میزان شیب مدل را می‌توان در هنگام ترسیم اسکچ اعمال کرد.

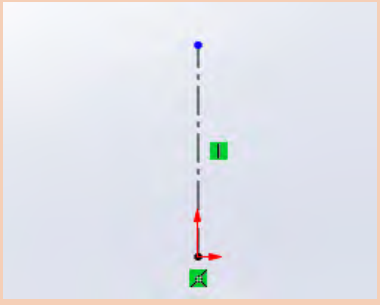
شکل ۴۰

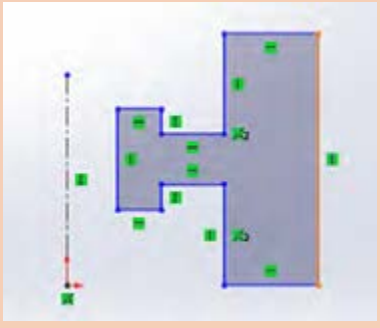
فعالیت کارگاهی ۹

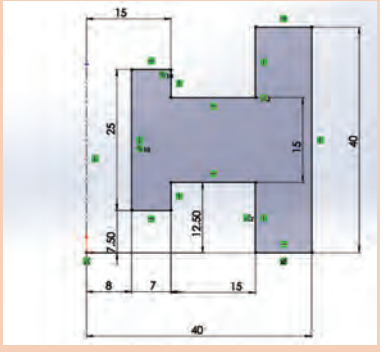
برای قطعه زیر، مدلی از جنس آلومینیوم ترسیم کنید.

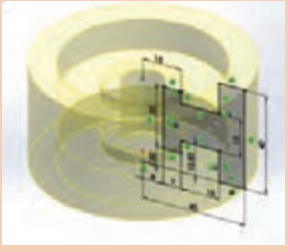


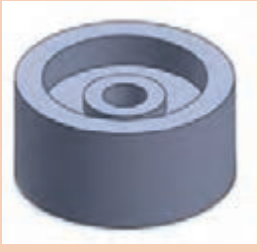
۱ خط محوری مطابق شکل رسم کنید. برای ترسیم خط محور کافی است که روی مثلث تیره کنار ابزار ترسیم خط، کلیک نموده و خط محور را انتخاب کنید.
۲ اسکچ را مطابق شکل ترسیم کنید.
۳ اسکچ را اندازه‌گذاری و مقید نمایید.
۴ با استفاده از ابزار Revolve اسکچ را به مدل تبدیل نمایید.
۵ پس از تأیید مدل ترسیم شده آن را با نام دلخواه ذخیره نمایید.





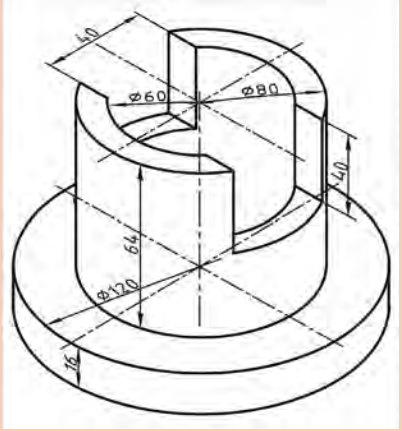




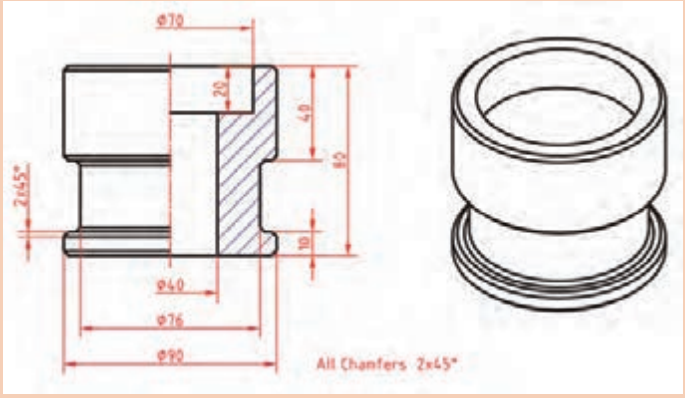


فعالیت کارگاهی ۱۰

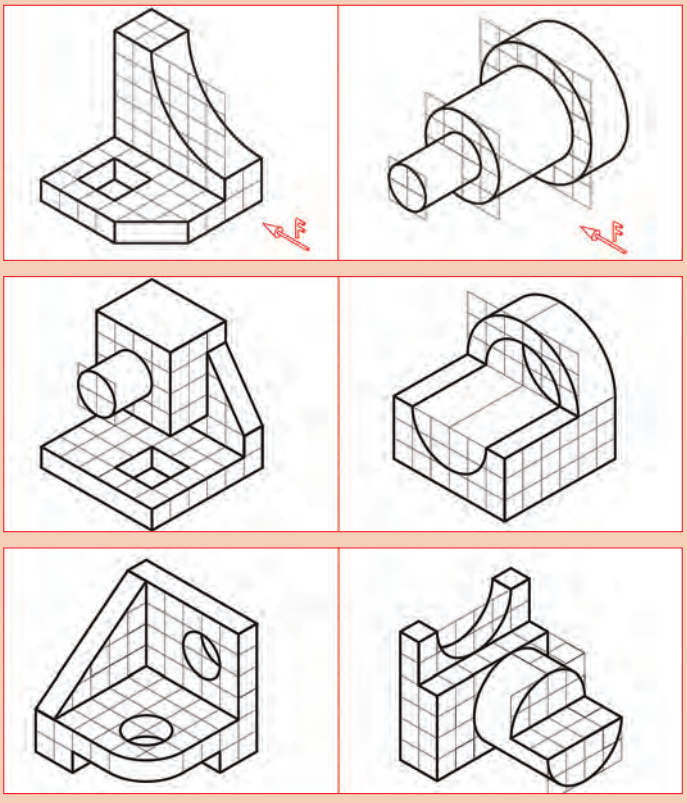
○ پس از محاسبه اضافات مجاز مدل ریخته‌گری قطعه روبه‌رو از جنس آلومینیوم را با استفاده از ابزارهای دوران و اکسترود مدل‌سازی کنید.



○ مدل زیر را با استفاده از ابزارهای دوران مدل‌سازی کنید.



○ حجم‌های زیر را با استفاده از ابزارهای اکسترود و یا دوران مدل‌سازی کنید.



یک حجم دوار مانند گلدان را به سلیقه خود طراحی و مدل‌سازی کنید.

فعالیت کارگاهی
۱۱

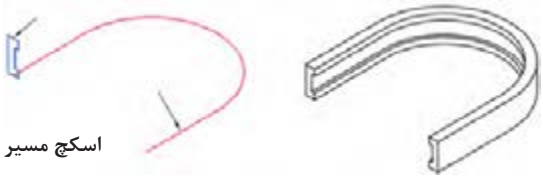
مدل‌سازی L با استفاده از اکسترود پروفیل در یک مسیر (sweep)

شکل ۴۱

با استفاده از این ابزار می‌توان یک سطح را در مسیر مشخص حرکت داد (شکل ۴۱). حجم حاصل از این روش حجمی با شکل مسیر و مقطع ترسیم شده است. مدل‌سازی با این ابزار نیاز به دو اسکچ مختلف دارد که اسکچ پروفیل باید عمود بر مسیر باشد.

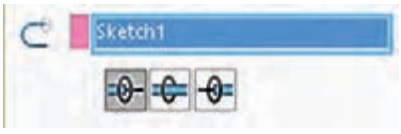
نکته

چنانچه از حالت Circular Profile استفاده شود، نیازی به ترسیم اسکچ پروفیل نیست و تنها باید قطر دایره پروفیل را تعیین کرد.



شکل ۴۲

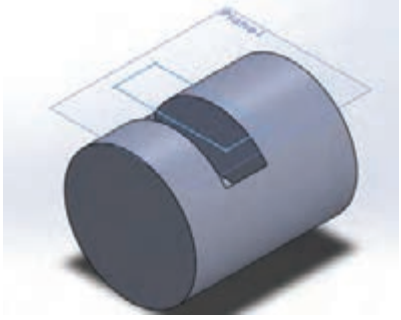
مسیر می‌تواند یک اسکچ باز یا بسته باشد. پروفیل باید یک اسکچ بسته باشد اما از لبه‌های مدل می‌توان به عنوان مسیر استفاده کرد (شکل ۴۲).



شکل ۴۳

لازم نیست پروفیل با مسیر تماس داشته باشد اما باید در صفحه عمود بر آن باشد. در مسیر باز، صفحهٔ ترسیم پروفیل باید در نقطهٔ شروع یا پایان مسیر قرار گیرد. چنانچه مسیر در دو طرف پروفیل ادامه داشته باشد، سه گزینهٔ تصویری در پنجرهٔ سمت چپ افزوده می‌شود که می‌توان یک سمت مسیر یا دو طرف آن را انتخاب کرد (شکل ۴۳).

ایجاد صفحه‌کاری موازی با یک صفحه

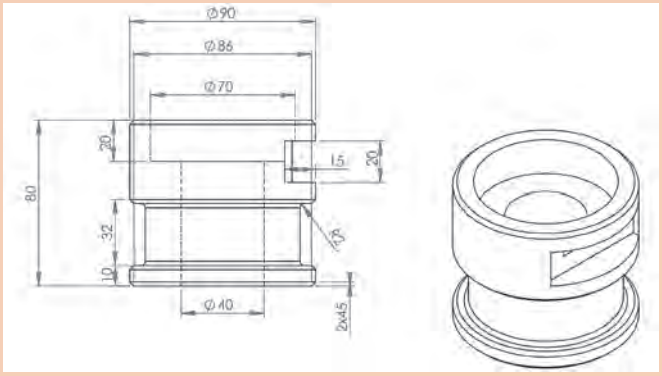


شکل ۴۴

در برخی از مدل‌ها مانند مدل‌های مدور نمی‌توان سطح قوس‌دار را به‌عنوان صفحه کاری انتخاب نمود. برای ایجاد تغییرات روی این سطوح باید از صفحه کاری موازی استفاده کرد. با استفاده از ابزار Plane می‌توان صفحه‌ای موازی با صفحهٔ موجود و با فاصله‌ای معین تعریف کرد. برای این کار بعد از اجرای ابزار Plane ابتدا در درخت طراحی Top Plane انتخاب می‌شود، سپس در بخش Offset distance فاصله موردنظر وارد می‌گردد (شکل ۴۴).

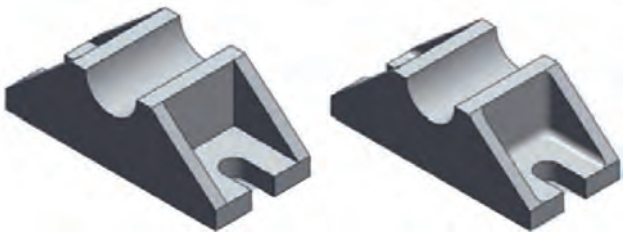
فعالیت کارگاهی
۱۲

پس از محاسبه اضافات مجاز، مدل ریخته‌گری قطعه زیر از جنس آلومینیوم را مدل‌سازی کنید.



گردکردن لبه‌های مدل (Fillet)

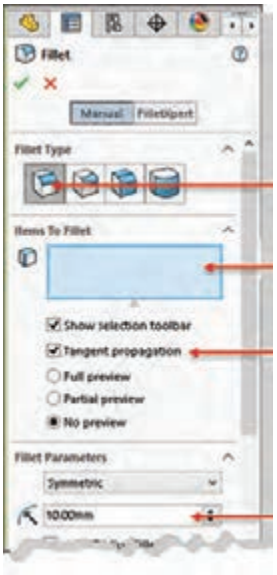
همان‌طوری که می‌دانید گوشه‌های تیز در مدل‌های ریخته‌گری باعث آسیب رسیدن به قطعه می‌شود. برای جلوگیری از این آسیب در فرایند مدل‌سازی، گوشه‌های تیز مدل را حذف نموده و آنها را به قوس یا پخ تبدیل می‌کنند (شکل ۴۵).



بعد از اجرای فیلت　　قبل از اجرای فیلت

شکل ۴۵

با استفاده از ابزار Fillet می‌توان گوشه‌های داخلی را گرد یا قوس‌دار نمود. بعد از اجرای این ابزار باید لبه‌ها یا سطوح موردنظر را انتخاب کرد و شعاع فیلت را نیز در بخش Radius تعیین نمود (شکل ۴۶).



گرد کردن ساده با شعاع ثابت

موضوع انتخاب شده

انتخاب لبه‌های مماس با لبهٔ انتخاب شده

شعاع فیلت

شکل ۴۶

پخ زدن لبه‌های مدل (Chamfer)

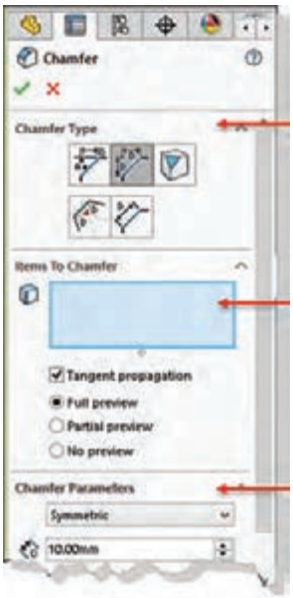
یکی‌دیگر از راه‌های از بین بردن لبه‌های تیز در مدل‌ها، پخ‌زدن است. این کار با ابزاری به‌نام Chamfer امکان‌پذیر است (شکل ۴۷).

با اجرای ابزار Chamfer پنجره ویژگی‌ها در سمت چپ ظاهر می‌شود. این پنجره دارای نوع پخ و اندازهٔ پخ است که با انتخاب هریک از گزینه‌های پخ، این پارامترها تغییر می‌کند.

پخ متقارن ۴۵ درجه: پخ متقارن، علاوه بر انتخاب گزینهٔ Symmetric تنها یک پارامتر دارد که در آن بعد از انتخاب لبه باید طول پخ را مشخص کرد.

پخ نامتقارن با دو طول مختلف (Distance Distance): در این نوع پخ باید گزینهٔ Asymmetric را انتخاب و دو پارامتر طولی برای لبه‌های پخ تعیین شود.

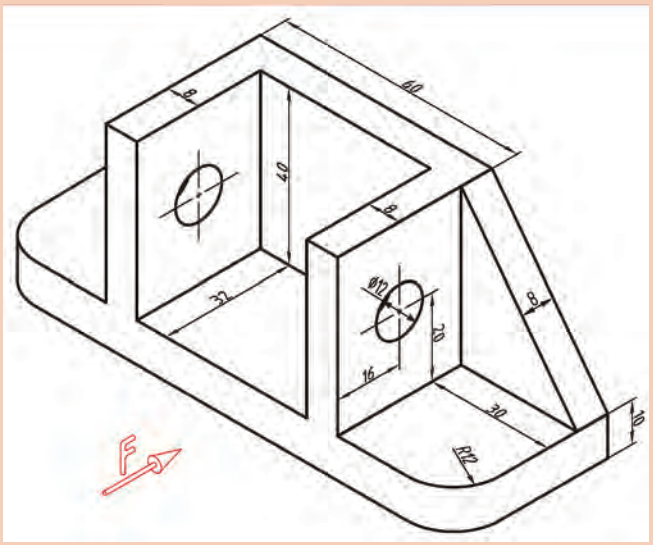
پخ با تعیین طول و زاویه (Angle Distance): در این نوع پخ باید پارامترهای طول و زاویه پخ را تعیین کرد.



شکل ۴۷

فعالیت کارگاهی ۱۳

پس از محاسبه اضافات مجاز، مدل ریخته‌گری قطعه زیر از جنس آلومینیوم را مدل‌سازی کنید.

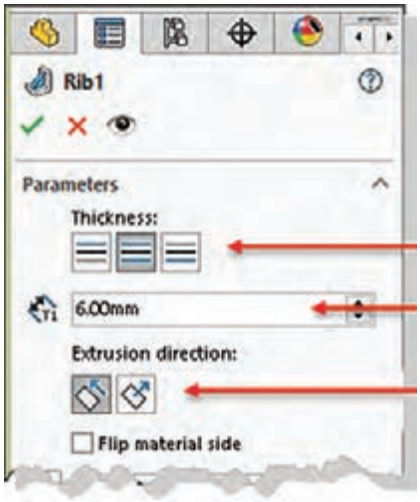


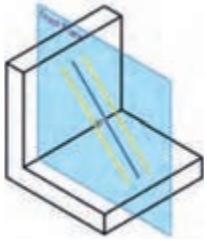
ایجاد تیغه‌های تقویتی (Rib)

با استفاده از اسکچ‌های باز (یا بسته) می‌توان تیغه‌های نازک تقویتی را در مدل ایجاد کرد. معمولاً اسکچ باید در صفحه وسط تیغه ترسیم شود اما می‌توان ضخامت تیغه را در یک سمت صفحه در نظر گرفت.

توجه

اسکچ تیغه باید طوری ترسیم شود که تیغه به صفحات مدل برخورد کند (شکل ۴۸).





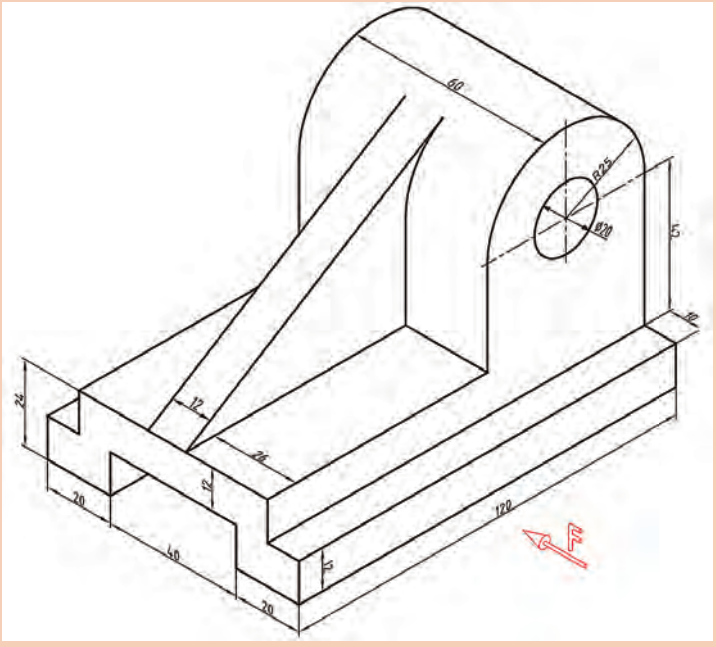
شکل ۴۸

نکته

در صفحه گرافیکی به فلش تعیین سمت ایجاد تیغه دقت کنید که به سمت قطعه باشد.

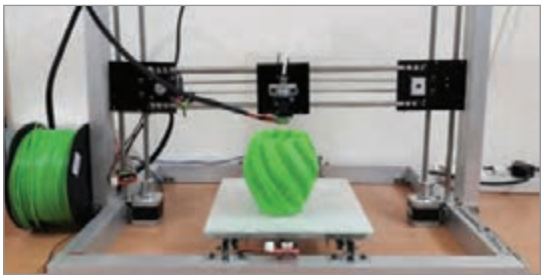
فعالیت کارگاهی ۱۴

پس از محاسبه اضافات مجاز، مدل ریخته‌گری قطعه زیر را مدل‌سازی کنید.



چاپگر سه بعدی (3D Printer)

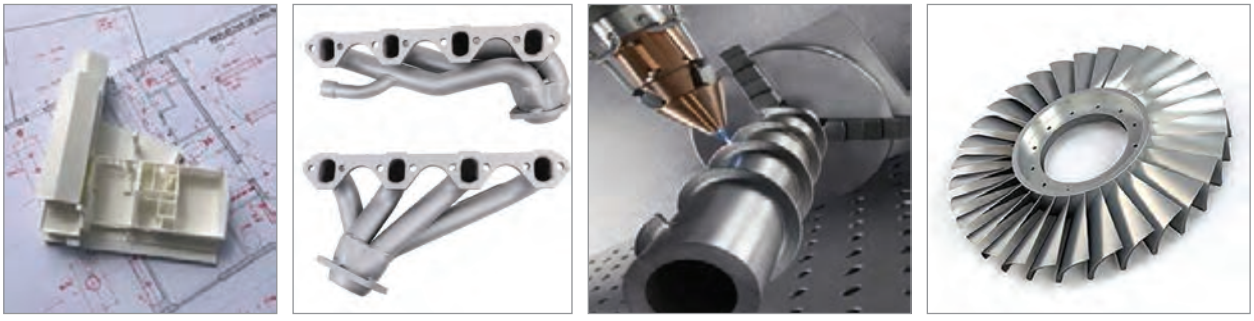
چاپ سه بعدی یکی از روش‌های نمونه‌سازی سریع به شمار می‌آید که در مقایسه با «روش‌های تولید معمول» از سرعت بیشتر، دقت بالاتر و هزینه کمتر در نمونه‌سازی قطعات برخوردار است. از جمله محاسن آن می‌توان به کاهش زمان، کاهش هزینه، افزایش سرعت طراحی محصول جدید، اعمال سریع اصلاحات و عرضه سریع محصولات جدید به بازار اشاره نمود (شکل ۴۹).



شکل ۴۹

کاربردهای چاپگر سه بعدی

امروزه مدل‌سازی سه بعدی در رشته‌های گوناگونی همچون قطعه‌سازی، معماری، طراحی صنعتی، روباتیک، صنایع هوافضا و... رایج شده است (شکل ۵۰). این مدل‌سازی‌ها تا پیش از این به شکل تصاویر دو بعدی روی صفحه‌های نمایشگر یا روی کاغذ ارائه می‌شدند تا افراد با دیدن آنها درکی از آنچه طراحان در ذهنشان دارند را به‌دست آورند. اما با این روش ایده‌های طراحان در زمان بسیار کوتاهی به واقعیت تبدیل می‌شوند.



شکل ۵۰

مراحل کار چاپگر سه بعدی

برای انجام عملیات پرینت سه بعدی، چهار گام زیر باید طی شود.

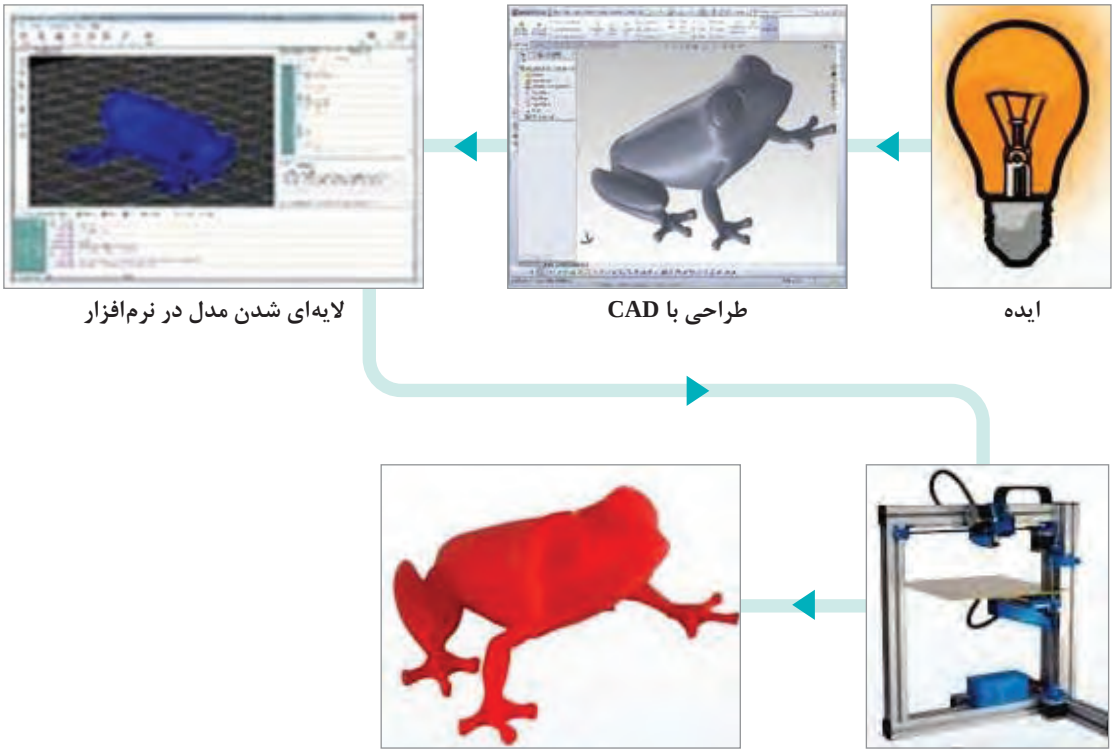
گام اول؛ خلق ایده یا گرفتن سفارش از مشتری: در این مرحله طراح، ایده‌ای را که در ذهن خود خلق کرده است را روی کاغذ آورده و آن را بررسی می‌کند. چنانچه نمونه‌ای را سفارش گرفته باشد آن نمونه را به‌طور کامل بررسی می‌کند.

گام دوم؛ مدل‌سازی نمونه: مدل طراحی شده با استفاده از نرم‌افزارهای CAD به‌صورت سه‌بعدی مدل‌سازی می‌شود.

گام سوم؛ تبدیل نقشه به زبان پرینتر توسط نرم‌افزار: در این مرحله از نرم‌افزارهای برش‌دهنده (Slicer) استفاده می‌شود. وظیفه این نرم‌افزارها تبدیل مدل سه بعدی به برش‌های عرضی است که با قرار دادن این برش‌ها بر روی هم، هندسه قطعه‌کار کامل می‌شود. هرکدام از این برش‌ها جهت عملیات به دستگاه چاپگر سه بعدی، فرمان حرکت ترکیبی طولی و عرضی مناسب نازل را می‌دهد.

گام چهارم؛ عملیات پرینت سه‌بعدی: در این مرحله فرایند تزریق مواد خام به‌صورت صفحه به صفحه روی هم توسط دستگاه چاپگر سه‌بعدی انجام می‌شود.

در شکل ۵۱ می‌توان فرایند تولید، به‌وسیله چاپگر سه بعدی را مشاهده نمود:



شکل ۵۱

موارد استفاده از چاپ سه بعدی

- نمونه‌سازی
- ساخت قطعات خاص مانند قطعات مورد استفاده در صنایع فضایی، نظامی، پزشکی، دندان پزشکی و ورزشی
- ساخت وسایل سرگرمی مانند انواع اسباب‌بازی و وسایل مورد استفاده در منزل مانند قاب کنترل تلویزیون و مجسمه.

روش کار دستگاه چاپ سه بعدی

چاپ سه بعدی از نرم‌افزاری استفاده می‌کند که مدل سه بعدی را به لایه‌های متعددی تقسیم کرده (در اغلب موارد این لایه‌ها ضخامت ۰/۰۱ میلی‌متر و یا کمتر دارند) سپس هر لایه بر روی صفحه ساخت چاپگر، لایه نشانی می‌شود و پس از تکمیل لایه اول، صفحه ساخت، پایین رفته و لایه بعدی روی لایه زیری اضافه می‌شود تا جسم سه بعدی مورد نظر تولید گردد.

درحال حاضر با وجود چاپگرهای سه بعدی، تولید محصول به روش سنتی به عنوان تولید با بازدهی ضعیف شناخته می‌شود چرا که در این فرایندها جسم سه بعدی اغلب از یک بلوک پیش ساخته با حذف مواد از روی آن ساخته می‌شود.

فرایندهایی مانند فرزکاری و برش‌کاری، اگرچه کم هزینه هستند ولی باعث اتلاف در مواد می‌شوند. در حقیقت این روش‌ها با حذف مواد از بلوک پیش ساخته، آنها را به ضایعات تبدیل می‌کنند.
چاپ سه بعدی با حذف این ضایعات و تولید اجسام سبک (توخالی) فرایندی بسیار مقرون به‌صرفه در استفاده از مواد جهت ساخت است.

مزایا و محدودیت‌های چاپ سه بعدی

مزایا

تولید لایه به لایه اجازه می‌دهد تا انعطاف‌پذیری و خلاقیت بیشتری در فرایند طراحی ایجاد شود. طراحان می‌توانند با ایجاد یک طراحی مناسب، قطعات سبک‌تر و مستحکم‌تری ایجاد نمایند.
چاپ سه بعدی به طرز چشمگیری سرعت فرایند طراحی و نمونه‌سازی را افزایش داده است. هیچ مشکلی سر راه طراحان برای ایجاد شکل‌های مختلف وجود ندارد و در هر زمان می‌توانند طراحی را تغییر دهند. در مقایسه با روش تولید به‌صورت سنتی که در آن محصولات از چند هفته تا چندماه تولید می‌شدند هم‌اکنون به کمک تکنولوژی چاپ سه بعدی این فرایند در عرض چند ساعت انجام می‌گیرد. همچنین از آنجا که قیمت چاپگرهای سه بعدی در طول سال‌ها کاهش یافته است، هم اکنون مراکز آموزشی و صنایع کوچک به راحتی و با پرداخت هزینه‌ای کم می‌توانند نسبت به تهیه انواع مختلفی از این چاپگرها اقدام نمایند.

محدودیت‌ها

محدودیت‌های چاپ سه بعدی به‌طور کلی شامل سخت‌افزار و مواد گران‌قیمت است (در چاپگرهایی که دقت و کیفیت بسیار بالایی دارند) که منجر به تولید قطعات گران‌قیمت می‌شود و از لحاظ سرعت و قیمت نیز نمی‌تواند با تولید به‌صورت انبوه رقابت کند. همچنین نیاز به یک طراح برای ایجاد آنچه مشتری در ذهن دارد می‌تواند باعث افزایش هزینه‌ها گردد.
درحال حاضر می‌توان تأثیر چاپ سه بعدی را در بسیاری از صنایع مشاهده کرد، به‌طوری که چاپ سه بعدی در آینده، انقلاب صنعتی جدیدی را به وجود خواهد آورد.

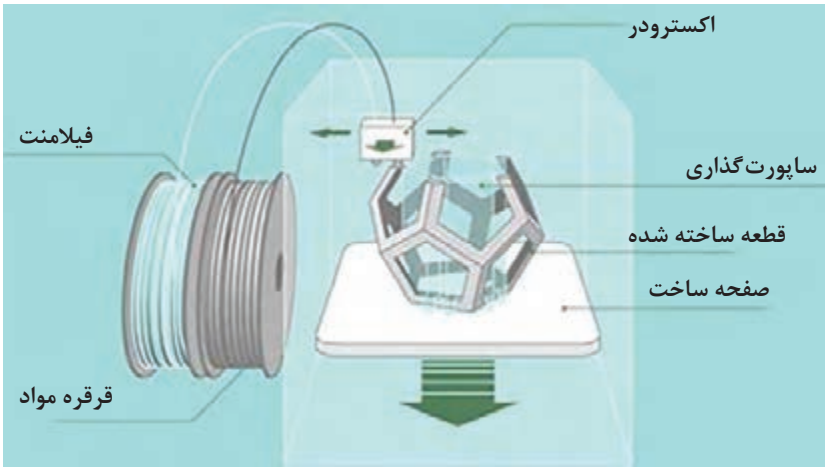
به‌طور کلی در چاپگرهای سه بعدی از تکنولوژی‌های زیر استفاده می‌شود:

۱ تکنولوژی جاگذاری[۱]
۲ تکنولوژی جامدسازی[۲]
۳ تکنولوژی ذوبی[۳]

۱ـ چاپگر سه بعدی بر اساس تکنولوژی جاگذاری (FDM)

در این چاپگرها از رول‌های پلاستیکی به نام فیلامنت استفاده می‌شود که اغلب در پشت دستگاه قرار گرفته و رشته‌ای نازک از این رول‌ها به نوک نازل چاپگر متصل می‌شود، با گرم شدن نوک نازل، رشته فیلامنت ذوب شده و به‌صورت لایه‌لایه بر روی صفحه ساخت، قرار می‌گیرد و در نهایت قطعه‌ای با دقت تقریباً ۱۰۰ تا ۳۰۰ میکرون تولید می‌گردد (شکل ۵۲).

۱ـ FDM (fused deposition modeling)
۲ـ SLA (stereo lithography) و DLP (digital light projection)
۳ـ SLS (selective laser sintering)



شکل ۵۲

روش کار: یک رول از فیلامنت ترموپلاستیک، در چاپگر بارگذاری می‌شود. هنگامی که نازل به دمای موردنظر رسید، فیلامنت به سر اکسترودر و نازل که در آن ذوب می‌شود تغذیه می‌شود. سر اکسترودر به یک سیستم سه محوره متصل شده است که اجازه حرکت در جهت محورهای X، Y و Z را می‌دهد. مواد ذوب شده در رشته‌های نازک اکسترود شده و در لایه‌ای در مکان‌های از پیش تعیین شده قرار می‌گیرند، تا جامد شوند. گاهی اوقات فن‌های خنک‌کننده به سر اکسترودر متصل هستند که برای خنک‌کردن مواد ذوب شده استفاده می‌شوند.

برای پر کردن یک منطقه، لازم است نازل در چند جهت حرکت کند (مثل رنگ‌آمیزی یک مستطیل با نشانگر). هنگامی که یک لایه به پایان رسید، صفحه ساخت حرکت می‌کند (یا در سایر تنظیمات ماشین، سر اکسترودر حرکت می‌کند) و یک لایه جدید ساخته می‌شود. این روند تا زمانی که قطعه کامل شود تکرار می‌شود.

مزایای روش FDM

ارزان‌ترین روش ساخت قطعات و نمونه‌های ترموپلاستیک سفارشی است.
زمان ساخت مدل به علت قابلیت دسترسی بالای این تکنولوژی کوتاه است.
به دلیل چسبندگی بالای لایه‌ها به یکدیگر، قطعات دارای استحکام مناسبی هستند.

محدودیت‌های روش FDM

دارای کمترین دقت ابعاد نسبت به سایر تکنولوژی‌های چاپ سه بعدی است، بنابراین برای قطعات با جزئیات پیچیده مناسب نیست.
قطعات دارای خطوط لایه قابل مشاهده هستند، بنابراین پس از اتمام نیاز به پرداخت‌کاری دارند.
قسمت‌هایی از قطعات نیاز به نگهدارنده (ساپورت[1]) دارند که پس از اتمام پرینت و جدا کردن پایه‌ها باید آن سطوح، پرداخت و کیفیت سطح آن بهبود یابد.

۱ـ Support

۲ـ چاپگر سه بعدی بر اساس تکنولوژی جامدسازی (SLA)

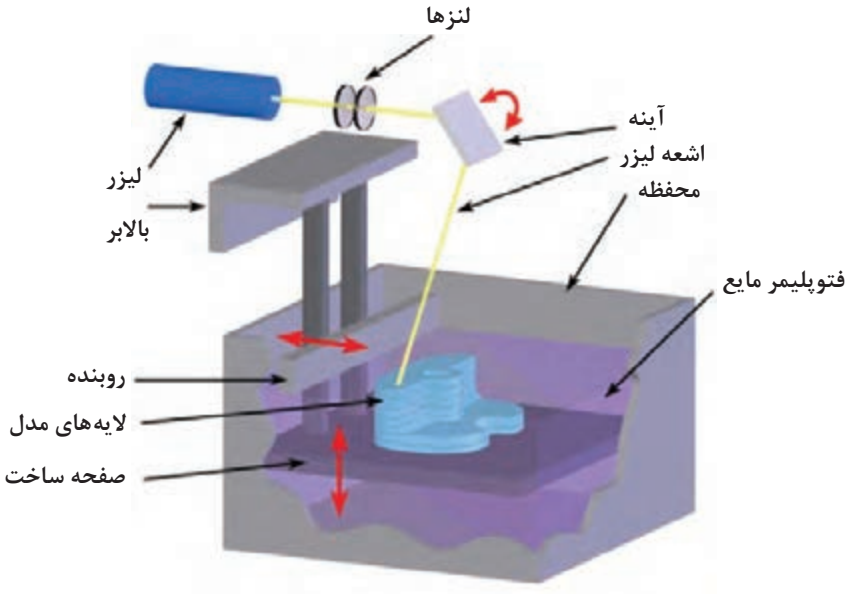
این چاپگرها به عنوان اولین تکنولوژی‌های پرینت سه بعدی شناخته می‌شوند. فناوری این نوع چاپگرها بر پایه لیزر است که با رزین‌های فتوپلیمر کار می‌کند. رزین با پرتو لیزر واکنش داده و شکل جامد به‌صورت دقیق ایجاد می‌شود. از این تکنولوژی بیشتر در ساخت قطعات بسیار دقیق استفاده می‌شود.

در این فرایند یک نور ماورای بنفش یا اشعه مادون قرمز و یا لیزر به‌صورت کنترل شده بر ظرفی از مایع (رزین فتوپلیمر) که بر روی یک صفحه متحرک قرار دارد تابانده می‌شود. بر اثر این تابش، لایه‌ای بسیار نازک از رزین سخت شده و بعد از تکمیل شدن یک لایه، مخزن به سمت پایین حرکت کرده تا لایه‌های بعدی ایجاد شوند. در این روش قسمت‌هایی از مدل نیاز به نگهدارنده دارند تا وزن آن لایه، باعث تغییر شکل قطعه نگردد. این نگهدارنده که به‌صورت متخلخل ایجاد می‌شود در نهایت پس از چاپ نمونه از محل جدا می‌شود.

چاپگر سه بعدی SLA، ایده‌آل برای نمونه‌سازی و ریخته‌گری جواهرات با جزئیات پیچیده است. در حال حاضر رزین‌هایی ساخته شده‌اند که به جواهرسازان و ریخته‌گران اجازه می‌دهد مدل چاپ شده را به‌صورت مستقیم در ریخته‌گری استفاده کنند.

ارتفاع لایه محور Z معمولاً برای تعیین وضوح یک چاپگر سه بعدی استفاده می‌شود. در چاپگرهای SLA محور Z می‌تواند بین ۲۵ تا ۱۰۰ میکرون تنظیم شود. در مقایسه، چاپگرهای سه بعدی FDM و SLS معمولاً محور Z را از ۱۰۰ تا ۳۰۰ میکرون محاسبه می‌کنند. با این‌حال، بخشی که در ۱۰۰ میکرون بر روی یک چاپگر سه بعدی FDM یا SLS چاپ شده است متفاوت از یک بخش چاپ شده در ۱۰۰ میکرون بر روی یک چاپگر سه بعدی SLA است.

چاپگر سه بعدی SLA محصولاتی باسطح صاف‌تر از دیگر چاپگرها تولید می‌کند، زیرا لایه تازه تولید شده با لایه قبلی تعامل دارد و اثر پله‌ای را از بین می‌برد (شکل ۵۳).

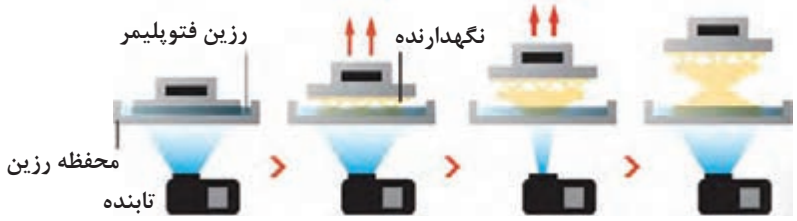


شکل ۵۳

۳ـ چاپگر سه بعدی براساس تکنولوژی جامدسازی (DLP)

این فرایند بسیار شبیه به فرایند SLA است با این تفاوت که در روش DLP با استفاده از یک منبع نور معمولی به همراه یک صفحه LCD تمام سطح مخزن حاوی رزین فتوپلیمر را در یک لحظه تحت تأثیر قرار می‌دهد، در واقع هر لایه را در یک لحظه می‌سازد و بدین ترتیب از تکنولوژی SLA سریع‌تر است.

یکی از مزیت‌های این روش نسبت به روش SLA استفاده از یک مخزن رزین با عمق بسیار کم است که باعث کاهش هزینه و صرفه‌جویی در اتلاف مواد می‌شود، از معایب این روش می‌توان نیاز به نگهدارنده برای قسمت‌هایی از قطعات و نیاز به پرداخت، پس از اتمام چاپ را اشاره کرد (شکل ۵۴).



شکل ۵۴

۴ـ پرینت سه بعدی براساس تکنولوژی ذوبی (SLS)

در این تکنولوژی قطعات با استفاده از مواد پودری اولیه (پودر فلز و پودر پلاستیک) و ذوب این مواد به کمک لیزر و سپس جامدکردن لایه‌ها بر روی صفحه ساخت، ایجاد می‌شوند. پس از آن صفحهٔ ساخت به اندازهٔ ضخامت لایهٔ دوم پایین رفته و دوباره لایه‌ای از پودر اعمال شده و عملیات ذوب تکرار می‌گردد و لایهٔ دوم به لایهٔ اول با لیزر متصل می‌شود. از این چاپگرها بیشتر در صنعت استفاده می‌شود. بزرگ‌ترین مزیت این روش آزادی در طراحی است زیرا پودر ذوب نشده اضافی به عنوان یک نگهدارنده عمل می‌کند که باعث می‌شود شکل‌های پیچیده بدون نیاز به نگهدارنده، طراحی و ایجاد شوند (شکل ۵۵).

شکل ۵۵

طراحی برای پرینت با چاپگر سه بعدی

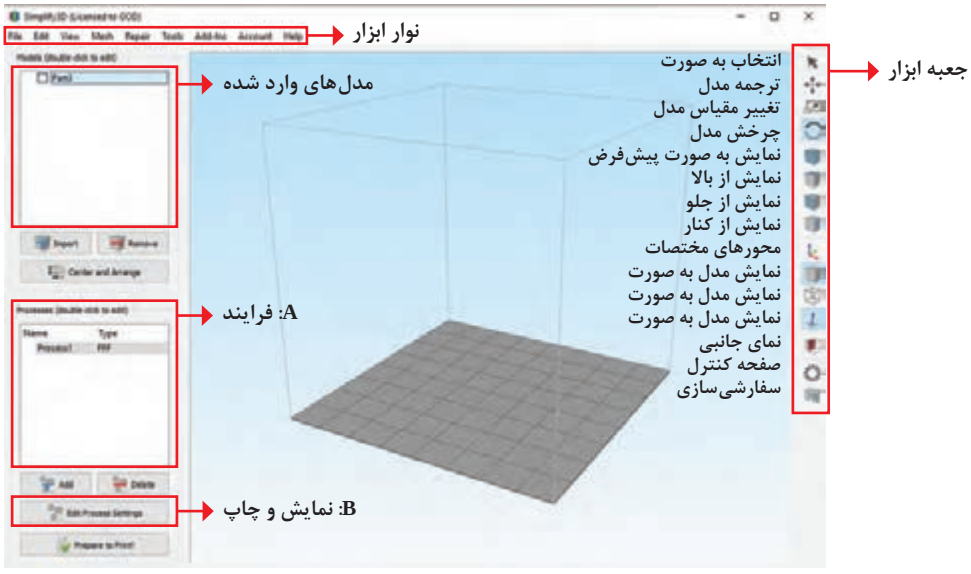
تمام قطعات ایجاد شده با استفاده از چاپگر سه بعدی باید با استفاده از نرم‌افزارهای CAD طراحی شوند. در تولید به روش پرینت سه بعدی، کیفیت قطعات تولید شده بستگی به کیفیت طراحی مدل و همچنین دقت چاپگر دارد. انواع مختلفی از نرم‌افزارهای CAD مانند کتیا و سالیدورک وجود دارند که به‌راحتی می‌توان از آنها در طراحی بهره برد.

نکات قابل توجه جهت طراحی برای چاپ سه‌بعدی:

- مدل سه‌بعدی طراحی شده باید جامد باشد، یعنی نه فقط یک سطح بلکه باید حجم واقعی داشته باشد.
- طراحی قسمت‌های بسیار ظریف و کوچک و پیچیده ممکن است به درستی چاپ نشود و این مورد کاملاً وابسته به دقت و مشخصات چاپگر سه‌بعدی است.
- در چاپگرهایی که با استفاده از پس قالب قسمت‌های با شیب منفی را ایجاد می‌کنند باید توجه شود مدل به نحوی روی صفحه ساخت قرار گیرد که قسمت‌های ایجاد شده بر روی پس‌قالب دارای حساسیت بالا از لحاظ کیفیت سطحی نباشد زیرا پس از برداشتن پس قالب، سطح مورد نظر کیفیت مناسبی در قیاس با سطوح دیگر نخواهد داشت.
- قبل از استفاده از چاپ سه بعدی باید آن را کالیبره نمود، برای این کار لازم است اطمینان حاصل شود که لایه اول به درستی بر روی صفحه ساخت بچسبد و این نیازمند تراز بودن صفحه ساخت و اعمال چسب بر روی صفحه به‌صورت یکنواخت است زیرا در غیر این‌صورت ممکن است مدل شکسته و کار چاپ ناتمام بماند.
- با توجه به‌اینکه چاپگرها ممکن است در محورهای مختصات، کیفیت متفاوتی بر روی هر محور داشته باشند باید قسمت‌هایی از قطعه که لازم است دارای کیفیت بالا باشد در راستای محور موردنظر طراحی شود.

نرم‌افزار Simplify 3D

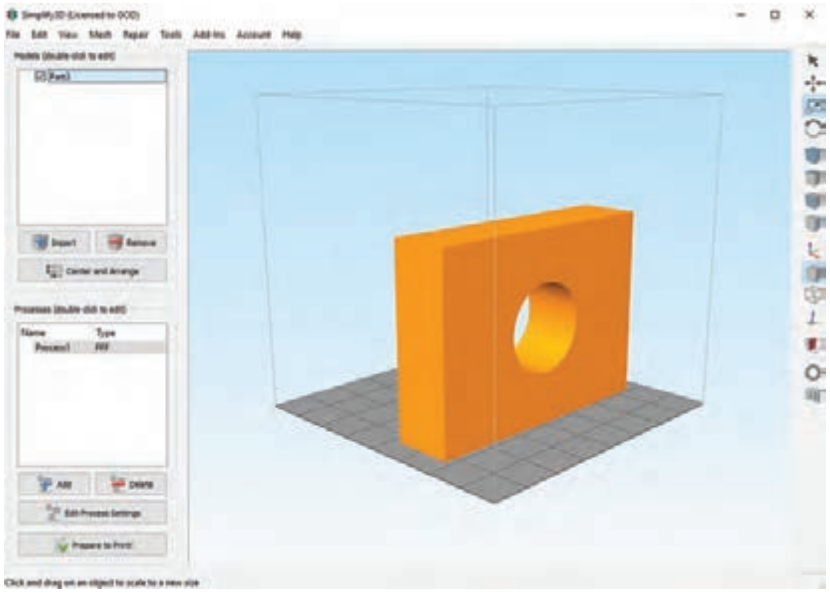
پس از نصب این نرم‌افزار صفحه اصلی را مشاهده خواهید کرد که اجزای آن در شکل ۵۶ نشان داده شده است.



شکل ۵۶

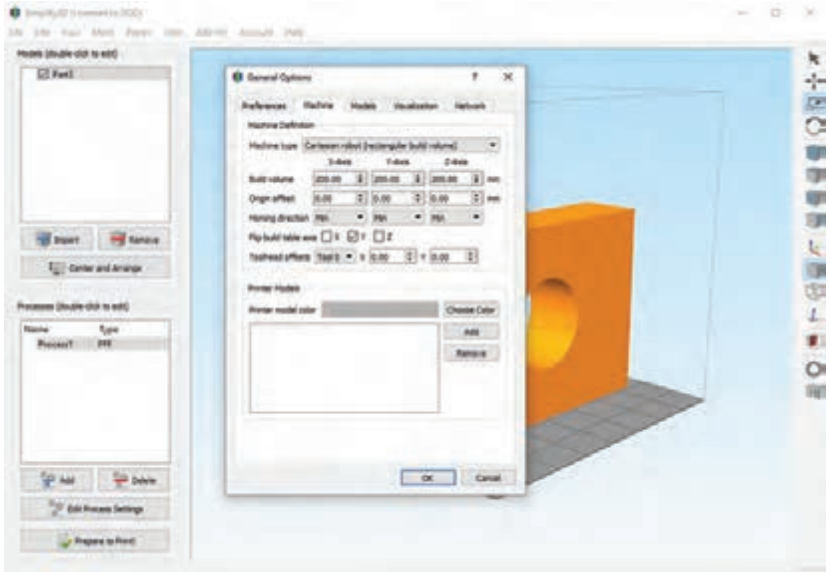
مراحلی که باید جهت انجام فرایند چاپ سه بعدی انجام شود به‌صورت زیر است:

۱ **وارد کردن مدل:** اولین قدم واردکردن مدلی است که در نرم‌افزارهای CAD قبلاً طراحی و با پسوندهای Stl, Obj و یا سایر پسوندهایی مورد قبول نرم‌افزار ذخیره شده است و لازم است آن را بر روی صفحه ساخت و در قسمت مدل‌ها وارد کرد. می‌توان با کلیک بر روی گزینه import از منوی file و با انتخاب فایل با پسوند قابل قبول، مدل را بر روی صفحه ساخت مشاهده کرد (شکل ۵۷).



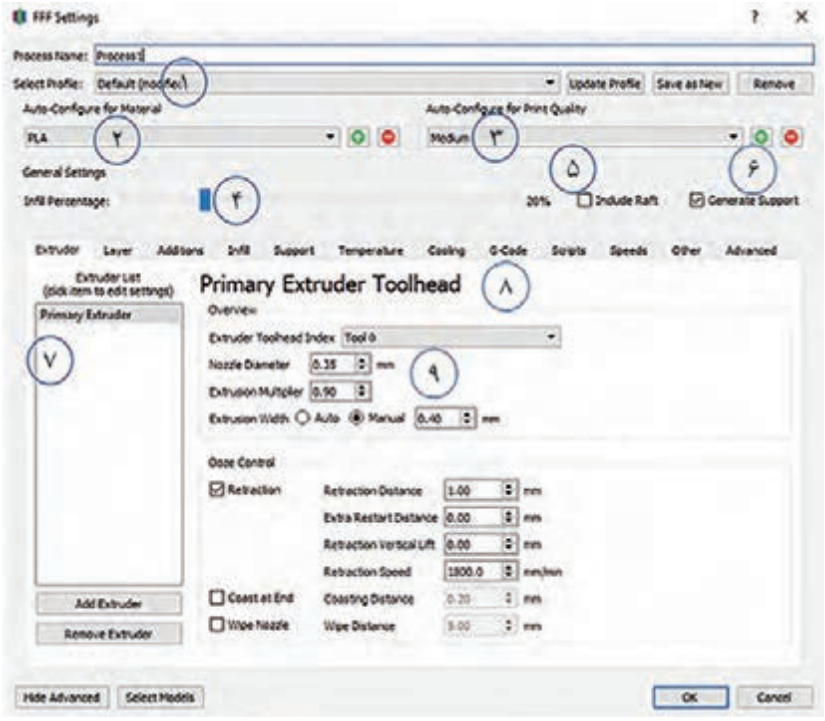
شکل ۵۷

۲ **تعریف ابعاد چاپ سه بعدی:** با استفاده از نوار ابزار می‌توان وارد منوی Tools شد و گزینه اول یعنی Option را انتخاب کرد. سپس لازم است وارد منوی Machine شده و مقادیر وارد شده بر روی محورهای مختصات x، y و z را به دلخواه تغییر داد (شکل ۵۸).



شکل ۵۸

۳ **تعریف چگونگی فرایند ساخته شدن مدل:** برای ساخت اکثر مدل‌ها از یک فرایند استفاده می‌شود درحالی که برای ساخت مدل‌های پیچیده می‌توان از چندین فرایند استفاده کرد. تنظیمات دلخواه را می‌توان در قسمت Edit Process Setting (قسمت A در شکل ۵۶) انجام داد و یا از تنظیمات پیش فرض نرم‌افزار استفاده نمود. جهت وارد کردن تنظیمات به‌صورت دستی می‌توان با دو بار کلیک بر روی process (قسمت B در شکل ۵۶) وارد تنظیمات دستی شد و یا می‌توان از گزینه Edit Process Setting استفاده نمود. در اینجا با دوبار کلیک بر روی Process پنجره FFF Setting باز می‌شود (شکل ۵۹) و مراحل مشخص شده در پنجره به‌ترتیب به‌صورت زیر انجام می‌گیرد:



شکل ۵۹

۱ انتخاب مشخصات و تنظیماتی که قبلاً ذخیره شده‌اند به جهت اینکه در هر بار پرینت نیاز به اعمال تنظیمات نباشد.

۲ در این قسمت می‌توان با انتخاب هر یک از مواد جهت چاپ، تنظیمات مربوط به هر یک را اعمال کرد.

۳ تنظیمات مربوط به کیفیت چاپ از قبیل تنظیم ارتفاع لایه‌ها و میزان چگالی صورت گیرد.

۴ در این قسمت می‌توان استحکام داخلی مدل را تعیین کرد. عدد صفر بیانگر مدل توخالی و عدد ۱۰۰ بیانگر مدل کاملاً توپر است.

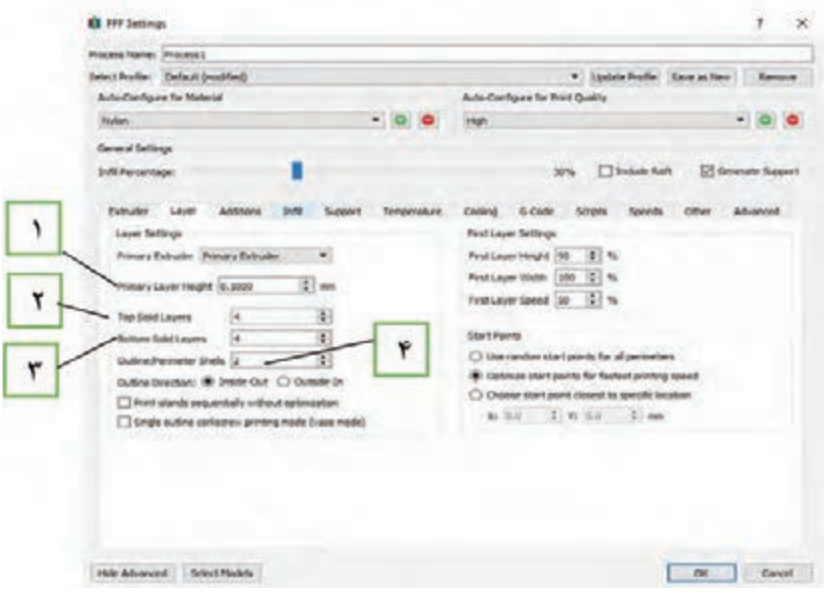
۵ در اینجا اگر گزینه raft تیک زده شود دستگاه به‌صورت خودکار ساختاری زیر مدل و روی صفحه ساخت ایجاد می‌کند که باعث استحکام بالای مدل ساخته شده جهت جلوگیری از تاب خوردن و شکستن حین ساخت می‌گردد و بیشتر برای مدل‌های بزرگ و سنگین کاربرد دارد.

۶ با روشن‌کردن ابزار ساپورت، دستگاه، ساختاری زیر قسمت‌هایی که مدل در آنجا شیب منفی دارد را ایجاد می‌کند تا مدل بتواند حین ساخت به آن تکیه کرده و همچنین مواد بتوانند روی این سطوح، لایه نشانی شوند.

۷ این قسمت زمانی استفاده می‌شود که فرایند ساخت، چند مرحله‌ای باشد بدین منظور با انتخاب اکسترود مربوطه به‌صورت خودکار پرینت سه‌بعدی با همان اکسترودر آغاز می‌شود.
۸ در این قسمت می‌توان مواردی از قبیل ارتفاع لایه‌گذاری، درصد ساپورت‌گذاری، طول فیلامنت و موارد دیگر را تنظیم کرد.
۹ قطر نازل متناسب با دستگاه چاپ سه بعدی تنظیم می‌شود.

منوی Layer (تنظیمات مربوط به لایه‌گذاری)

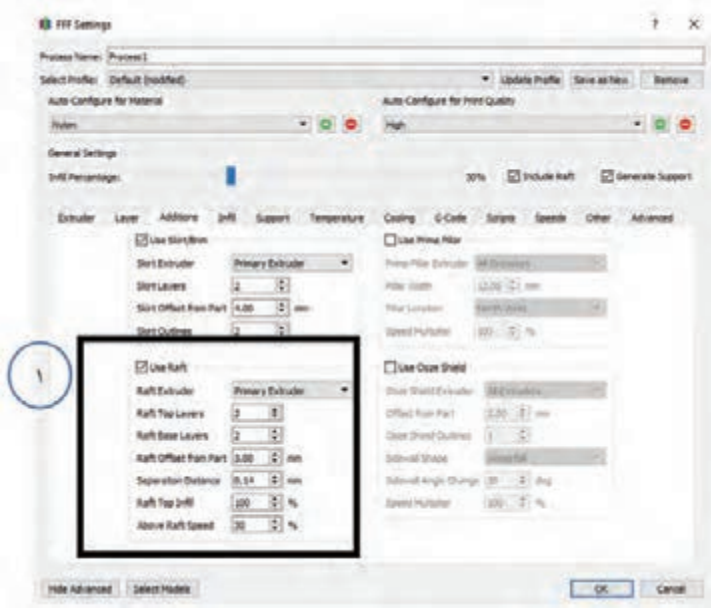
مراحل تنظیمات منوی layer مطابق شکل ۶۰ انجام می‌شود.
۱ برای تنظیم ارتفاع لایه‌گذاری، روی گزینه primary layer hight (قسمت ۱) کلیک شود.
۲ برای مشخص نمودن تعداد لایه‌ها بر روی سطح مدل روی گزینه top solid layers (قسمت ۲) کلیک شود.
۳ برای مشخص نمودن تعداد لایه‌های کف مدل روی گزینه bottom solid layers (قسمت ۳) کلیک شود.
۴ برای مشخص نمودن تعداد لایه‌ها بر روی سطح مدل روی گزینه outline/perimeter shells (قسمت ۴) کلیک شود.



شکل ۶۰ـ منوی Additions

منوی Additions (تنظیمات مربوط به مستحکم‌سازی مدل)

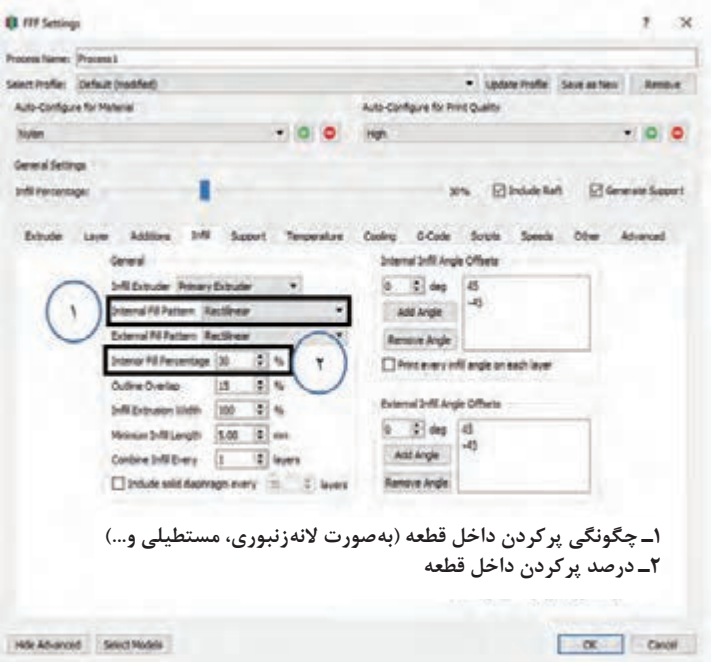
در این قسمت می‌توان تعیین کرد که با کدام نازل اقدام به‌ایجاد raft کرد، همچنین تعداد لایه‌های بالایی و پایینی، فاصله از مدل اصلی، تراکم و موارد دیگر را تنظیم نمود، در شکل ۶۱ یک نمونه از raft مشاهده می‌شود.



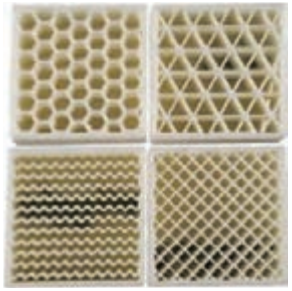
شکل ۶۱

منوی Infill (تنظیم استحکام داخلی مدل)

با استفاده از این منو می‌توان با افزایش تراکم داخل مدل و همچنین طرح تراکم داخلی (لانه زنبوری، مستطیلی، لوزی و طرح‌های دیگر) نسبت به مستحکم‌سازی مدل اقدام کرد (شکل ۶۲).



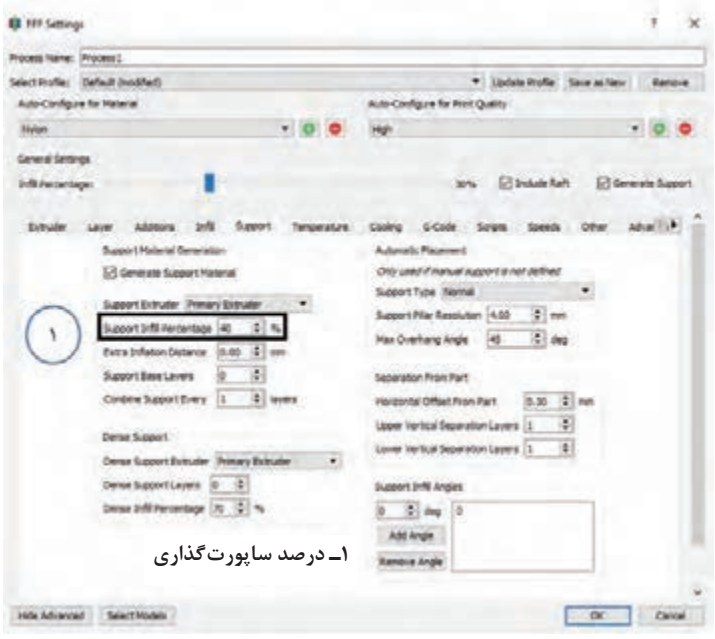
۱ــ چگونگی پرکردن داخل قطعه (به‌صورت لانه‌زنبوری، مستطیلی و...)
۲ــ درصد پرکردن داخل قطعه

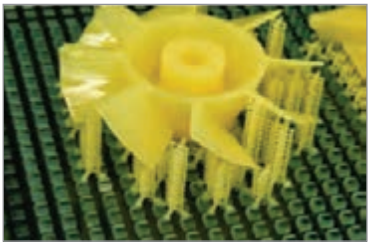


شکل ۶۲

منوی ساپورت (تنظیمات مربوط به ساختار داخلی نگهدارنده یا ساپورت)

همان‌طور که قبلاً ذکر شد برای مدل‌هایی که شیب منفی دارند در این گونه چاپگرها نیاز است یک نگهدارنده در زیر قسمت‌های با شیب منفی ایجاد شود تا طراح بتواند بر روی این نگهدارنده طراحی کرده و بتوان آن را چاپ کرد، در این قسمت مقدار تراکم درون نگهدارنده تعیین می‌شود (شکل ۶۳).

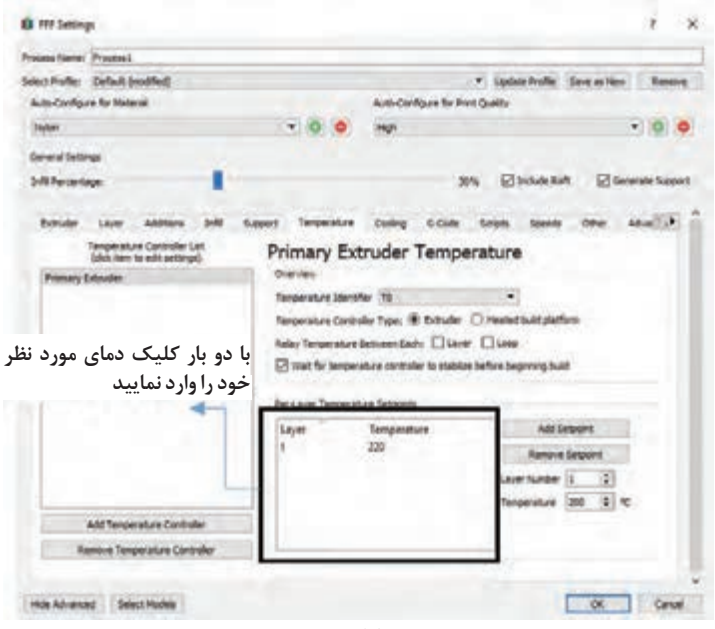




شکل ۶۳

منوی Temperature (تنظیمات مربوط به دما)

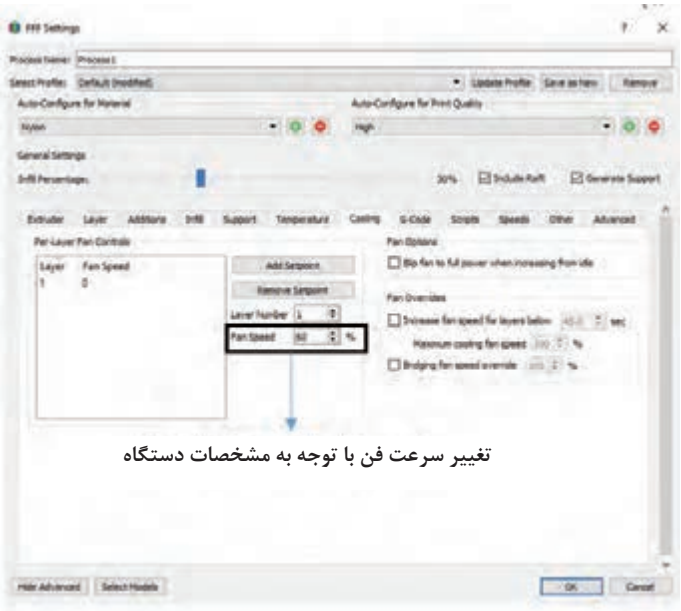
در این قسمت می‌توان تنظیمات مربوط به دمای نازل را انجام داد. بدین ترتیب که با دوبار کلیک بر روی پنجره نمایش داده شده، می‌توان دمای موردنظر را وارد کرد، دمای اکسترودر باعث ذوب‌شدن فیلامنت می‌گردد و فیلامنت ذوب شده از نازل عبور کرده و به روی صفحه ساخت منتقل می‌شود، لازم به ذکر است دمای اکسترودر با جنس مواد به‌کار رفته در چاپ سه بعدی نسبت مستقیم دارد (شکل ۶۴).



شکل ۶۴

منوی Cooling (تنظیمات مربوط به فن دستگاه)

فن خنک‌کننده بلافاصله بعد از اینکه فیلامنت ذوب شده پلاستیک از نازل خارج شد و درجای خودش قرار گرفت، شروع به سردکردن آن می‌کند. این فرایند به قطعه کمک می‌کند که شکل خودش را حفظ کند. این قطعه با فن مختص به سینک حرارتی متفاوت است. فن سینک حرارتی تنها انتهای داغ اکسترودر را خنک می‌کند در حالی که فن خنک‌کننده لایه کل قطعه پرینت‌شده را خنک می‌کند (شکل ۶۵).

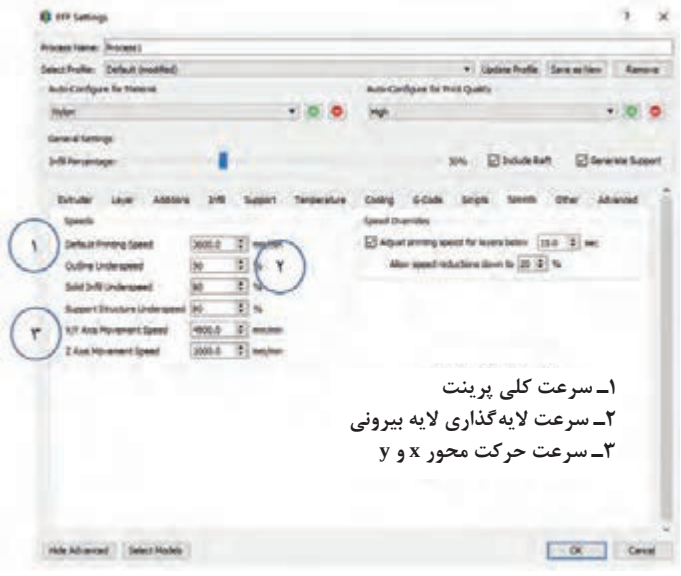


تغییر سرعت فن با توجه به مشخصات دستگاه

شکل ۶۵

منوی Speed (تنظیمات مربوط به سرعت چاپ)

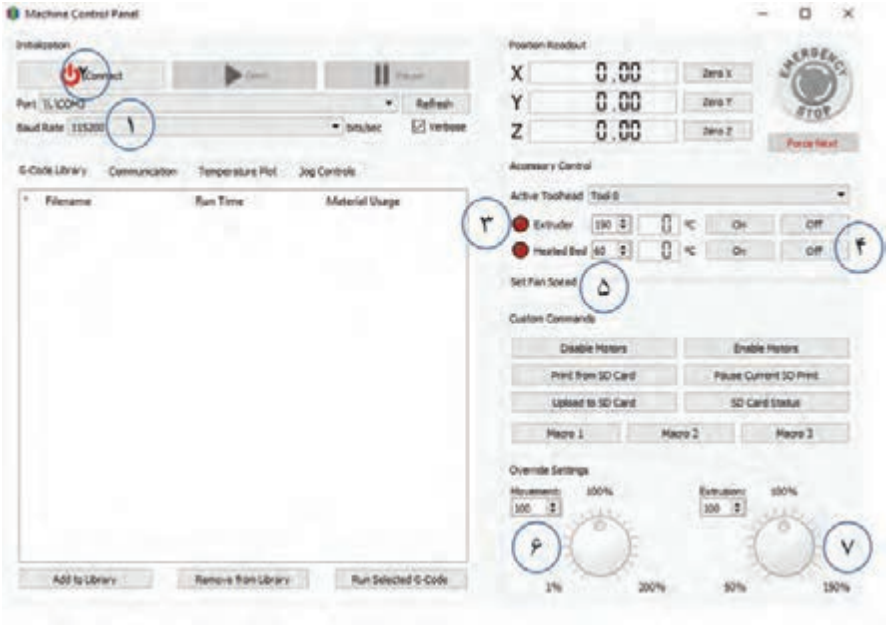
به‌طور معمول سه نرخ سرعت پرینت با مواد فیلامنت وجود دارد؛ سرعت اولین گروه در محدوده ۴۰ تا ۵۰ میلی‌متر بر ثانیه، و سرعت دومین گروه در محدوده ۸۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر بر ثانیه است. درحالی که بالاترین رنج سرعتی، حدود ۱۵۰ میلی‌متر بر ثانیه است. برخی چاپگرها با سرعت‌های بالاتر هم کار می‌کنند (شکل ۶۶). فراموش نکنید هرچه سرعت بالاتر رود به همان میزان از دقت چاپ کاسته می‌شود، مخصوصاً در سرعت‌های بالاتر از ۱۵۰ میلی‌متر بر ثانیه، این افت کیفیت بیشتر هم به‌چشم می‌آید و حتی ممکن است مشکلات تزریق فیلامنت نیز پیش بیاید.



۱ـ سرعت کلی پرینت
۲ـ سرعت لایه‌گذاری لایه بیرونی
۳ـ سرعت حرکت محور x و y

شکل ۶۶

پس از انجام تنظیمات، با انتخاب منوی Tools و کلیک بر روی گزینه machine control panel (صفحه‌ای که در آن می‌توان تنظیمات نهایی جهت انجام چاپ سه بعدی را انجام داد) صفحه زیر باز می‌شود (شکل ۶۷).



شکل ۶۷

سپس مراحل زیر مطابق شکل ۶۷ انجام می‌گیرد:

۱ در ابتدا این گزینه روی ۲۵۰۰۰ تنظیم می‌شود. (سرعت انتقال اطلاعات)

۲ با فشار این دکمه رایانه به دستگاه چاپ سه بعدی متصل می‌شود.

۳ دمای نازل با فشردن دکمه on افزایش می‌یابد.

۴ با فشردن این دکمه (On) دمای صفحه ساخت بالا می‌رود.

نکته

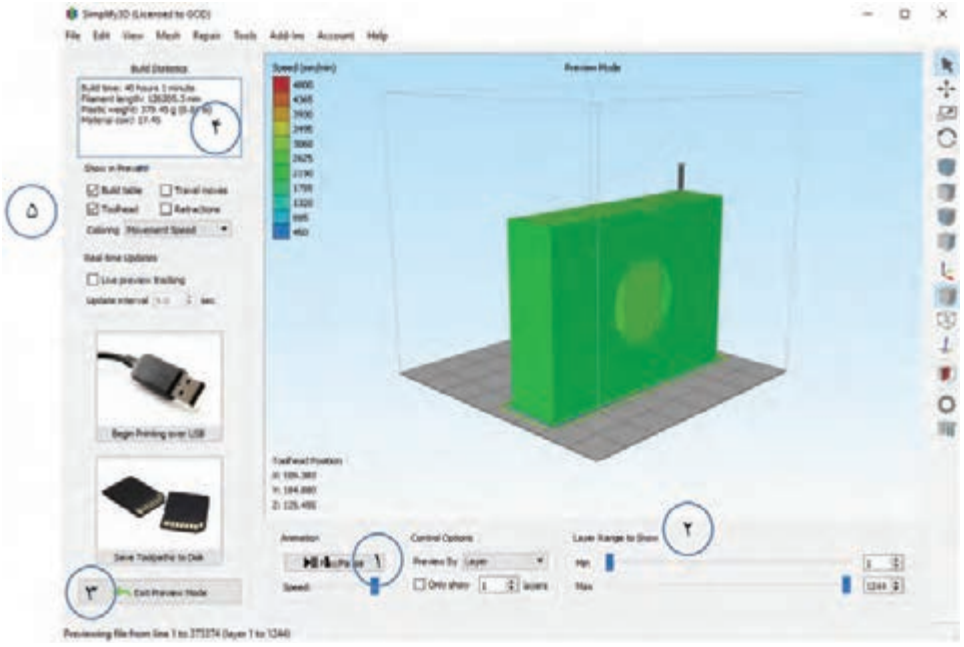
قبل از بالا بردن دمای صفحه ساخت لازم است نسبت به اعمال چسب بر روی آن اقدام شود.

۵ سرعت فن با توجه به کاتالوگ دستگاه افزایش می‌یابد.

۶ سرعت پرینت مدل را می‌توان افزایش داد.

۷ با این گزینه میزان اکسترود کردن فیلامنت را می‌توان تغییر داد.

اگر در صفحه اصلی نرم‌افزار گزینه prepare to print انتخاب شود، نرم‌افزار اجازه می‌دهد تا بتوان نماها و جنبه‌های مختلف مدل را قبل از پرینت نهایی بررسی کرد (شکل ۶۸).



شکل ۶۸

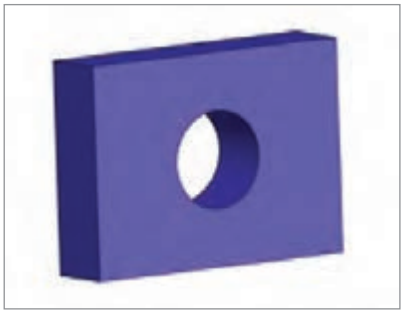
امکانات گزینه prepare to print به‌صورت مشخص شده در شکل ۶۸ به شرح زیر است:

۱ نمایش انیمیشن مدل درحال پرینت به‌صورت لایه لایه.

۲ در این قسمت به‌صورت دستی می‌توان فرایند پرینت را بررسی کرد.

۳ در صورت نیاز به تغییر مدل، این گزینه را انتخاب تا از حالت پیش نمایش خارج شود.

۴ در این قسمت اطلاعاتی از قبیل زمان لازم برای چاپ، طول فیلامنت، وزن مدل ساخته شده و هزینه ساخت مدل به نمایش درمی‌آید.

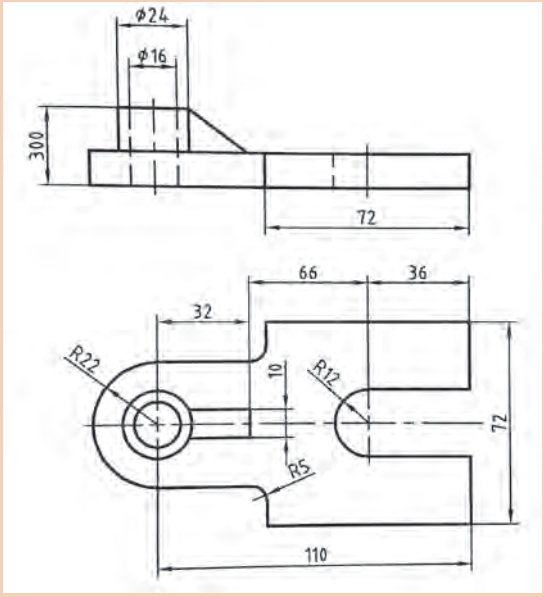


شکل ۶۹

با استفاده از usb و اتصال آن به چاپگر می‌توان عملیات چاپ را آغاز و با استفاده از real time در شماره ۵ و زدن تیک live preview می‌توان عملیات ساخت را از طریق رایانه مشاهده و پیگیری نمود.

محصول نهایی به‌صورت شکل ۶۹ نمایش داده شده است.

ساخت مدل فیکسچر توسط پرینتر سه‌بعدی



نقشه کار:

وسایل مورد نیاز:

۱ سیستم رایانه‌ای که حاوی نرم‌افزار مربوطه است.
۲ دستگاه پرینتر سه‌بعدی
۳ فیلامنت مخصوص پرینتر
۴ کاتر
۵ کاردک
۶ چسب مخصوص

مراحل انجام کار:

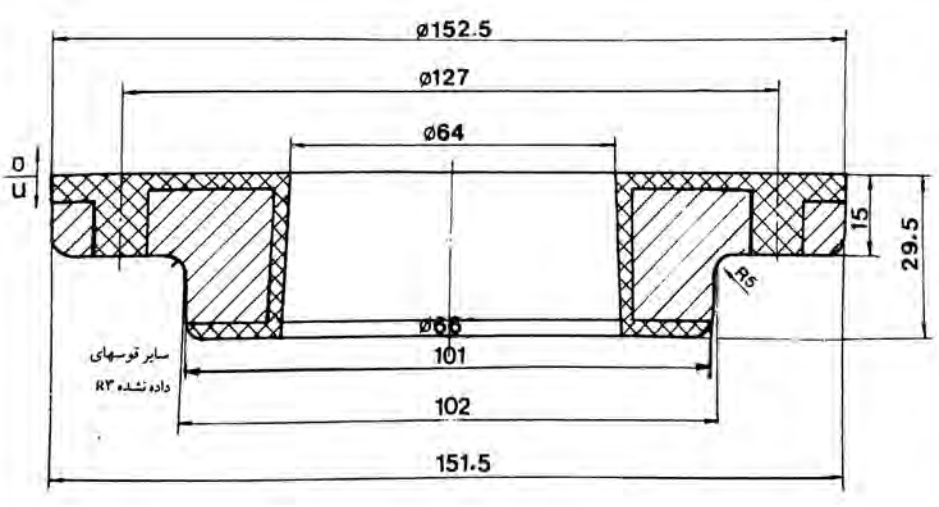
۱ ابعاد نقشه مکانیکی در نرم‌افزار سالیدروک به‌صورت سه‌بعدی ترسیم شود.
۲ نقشه ترسیمی در نرم‌افزار Simplify 3D آماده پرینت شود.
۳ توسط پرینتر سه‌بعدی نقشه آماده شده پرینت شود.
۴ به‌وسیله کاردک مخصوص به آرامی مدل پرینت شده از صفحه دستگاه جدا گردد.
۵ ابعاد مدل ساخته شده توسط کولیس کنترل گردد.
۶ مدل ساخته شده به هنرآموز تحویل گردد.

نکته:

تمیز کردن میز کار، محیط کارگاه و تفکیک ضایعات پلیمری الزامی است.
در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

ارزشیابی پایانی مدل‌سازی با استفاده از چاپگرهای سه‌بعدی

شرح کار:
مدل پلیمری مطابق نقشه مدل‌سازی داده شده ترسیم و سپس توسط پرینتر سه‌بعدی پرینت شود. در کارگاه ریخته‌گری از مدل پلیمری ساخته شده یک قطعه آلومینیومی ریخته‌گری گردد.



استاندارد عملکرد: طراحی و ترسیم نقشه مدل‌سازی توسط نرم‌افزار سالیدورک مطابق با تلرانس عمومی ISO2768 ـ C، پرینت سه‌بعدی نقشه ترسیم شده از جنس فیلامنت پلیمری، ریخته‌گری آلومینیومی از مدل پرینت شده.

شاخص:

۱ کیفیت سطح
۲ عمود بودن
۳ تخت بودن
۴ اندازه‌ها بر اساس استاندارد ISO2768 ـ C

شرایط انجام کار:

۱ محیط کارگاهی
۲ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
۳ تهویه استاندارد و دمای ۲۰ درجه سیلسیوس
۴ اندازه‌ها براساس استاندارد

ابزار و تجهیزات: سیستم رایانه‌ای، نرم‌افزار سالیدورک، پرینتر سه‌بعدی، کولیس، فیلامنت پرینتر، کاتر، چسب مخصوص، کاردک، سنباده نرم، بتونه، وسایل و تجهیزات قالب‌گیری و ریخته‌گری

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره دریافتی از ۳	نمره هنرجو
۱	ترسیم نقشه مدل‌سازی در نرم‌افزار سالیدورک	۲	
۲	آماده‌سازی نقشه جهت پرینت سه‌بعدی در نرم‌افزار مربوطه	۱	
۳	پرینت سه‌بعدی نقشه	۱	
۴	قالب‌گیری مدل پرینت شده و ریخته‌گری آن از مذاب آلومینیوم	۲	
۵	جدا نمودن سیستم راهگاهی از قطعه‌کار، تمیز کردن آن و تحویل قطعه	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی: ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳ـ تمیز کردن میزکار و محیط کارگاه ۴ـ رعایت دقت و نظم	۲	
	میانگین نمرات: *		

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

فهرست منابع

۱ برنامه درسی رشته متالورژی (۱۳۹۴). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش.

۲ دانش فنی تخصصی رشته متالورژی (۱۴۰۲). کد ۲۱۲۵۳۲. سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش. چاپ ششم. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

۳ دانش فنی تخصصی رشته ماشین‌ابزار (۱۴۰۲). کد ۲۱۲۴۱۹. سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش. چاپ ششم. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

۴ سلیمی، مراد (۱۳۹۵). تکنولوژی و کارگاه مدل‌سازی. کد ۴۸۷/۲. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

۵ سلیمی، مراد (۱۳۸۲). اصول طراحی مدل‌ها و قالب‌های ریخته‌گری. چاپ دوم. تهران: انتشارات فنی حسینیان.

۶ عالی، حجت‌الله، آجودانی، عسگر و قاضوی، سید محمدکاظم (۱۳۸۳). کارگاه ریخته‌گری و مدل‌سازی. چاپ اول، تهران: مؤسسه انتشاراتی جهان جام‌جم.

۷ سلیمی، مراد (۱۳۹۵). رسم مدل و قالب. کد ۴۸۷/۸. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

۸ رولر، رولف. ترجمه ولی‌نژاد، عبدالله (۱۳۷۵). طراحی و ساخت مدل‌های ریخته‌گری، چاپ اول. تهران: مؤسسه نشر علوم نوین (مرکز چاپ و نشر کتاب‌های علمی دانشگاهی)

۹ سلیمی، مراد (۱۳۸۸). اصول ساخت مدل‌های آرالدیتی و پلاستوفومی در صنعت ریخته‌گری. چاپ اول. تهران: انتشارات چرتکه.

۱۰ باقری، محمدحسین (۱۳۸۹). مدل‌سازی و فرایند تولید قطعات. چاپ اول. تهران: انتشارات اریکه.

هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنـان مـی‌توانند نظر اصلاحـی خـود را دربـاره مطالب کتاب‌های درسی از طریق سامانه «نظرسنجی از محتوای کتاب درسی» به نشانی «nazar. roshd.ir» یا نامه به نشانی تهران ـ صندوق پستی ۴۸۷۴ ـ ۱۵۸۷۵ ارسال کنند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی