

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَّآلِ مُحَمَّدٍ وَّعَجِّلْ فَرَجَهُمْ



عملیات ذوب و ریخته گری

رشته متالورژی

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه یازدهم دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



نام کتاب:

عملیات ذوب و ریخته‌گری - ۲۱۱۵۳۲

پدیدآورنده:

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

ندی دیده‌ور، مهدی قربانی جمال آبادی، امیر ریاحی، غلامرضا خلج (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
مهدی قربانی جمال آبادی، ندی دیده‌ور، رسول صالحی سیاوشانی، امیرحسین لشکری، مرتضی طاهری،
اکبر خدمتی و غلامرضا خلج (اعضای گروه تألیف)

مدیریت آماده‌سازی هنری:

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی:

احمد رضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - جواد صفری (مدیر هنری) - شهرزاد قنبری (صفحه‌آرا) - فاطمه‌سادات
مهدوی مقدم، الهام جعفرآبادی، حسین چراغی، فریبا سیر و زهرا لونی (امور آماده‌سازی)

نشانی سازمان:

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

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

وب‌گاه: www.irtextbook.ir و www.chap.sch.ir

ناشر:

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه:

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ:

چاپ اول ۱۴۰۵

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



اگر یک ملتی نخواهد آسیب ببیند باید این ملت اولاً با هم متحد باشد، و ثانیاً در هر کاری که اشتغال دارد آن را خوب انجام بدهد. امروز کشور محتاج به کار است. باید کار کنیم تا خودکفا باشیم. بلکه ان شاء الله صادرات هم داشته باشیم. شما برادرها الان عبادتتان این است که کار نکنید. این عبادت است.

امام خمینی (قَدَسَ سِرُّهُ)

پودمان اول: ماهیچه‌گیری ۱

- واحد یادگیری ۱: ماهیچه‌گیری به‌روش جعبه ماهیچه سرد ۲
- واحد یادگیری ۲: ماهیچه‌گیری به‌روش جعبه ماهیچه گرم ۳۸

پودمان دوم: قالب‌گیری پوسته‌ای و سرامیکی ۶۵

- واحد یادگیری ۱: قالب‌گیری پوسته‌ای ۶۶
- واحد یادگیری ۲: ریخته‌گری دقیق ۸۶

پودمان سوم: ریخته‌گری در قالب‌های فلزی ۱۰۷

- واحد یادگیری ۱: طراحی و ساخت قالب‌های فلزی ۱۰۸
- واحد یادگیری ۲: آماده‌سازی و ریخته‌گری در قالب‌های فلزی ۱۲۷

پودمان چهارم: عملیات ریخته‌گری با مدل‌های نابودشونده ۱۴۱

- واحد یادگیری ۱: ریخته‌گری دفنی با مدل‌های نابودشونده ۱۴۲
- واحد یادگیری ۲: ریخته‌گری شابلونی ۱۶۲

پودمان پنجم: راه‌اندازی و بهره‌برداری از کوره‌های ذوب (زمینی و القایی) ۱۷۷

- واحد یادگیری ۱: ساخت و آماده‌سازی کوره زمینی ۱۷۸
- واحد یادگیری ۲: راه‌اندازی و بهره‌برداری از کوره القایی ۲۰۱

منابع ۲۱۵

این کتاب در سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ از منظر چهار گروه از دنیای کار (کارفرمایان بزرگ، خبرگان حرفه‌ای، فروشندگان خدمات و کالا و انجمن‌های حرفه‌ای) و چهار گروه از دنیای آموزش (هنرآموزان خبره، مربیان سازمان فنی و حرفه‌ای، هنرجویان پایه دوازدهم و فارغ‌التحصیلان شاغل) مورد ارزشیابی کشوری قرار گرفت و نتایج آن در محتوا اعمال گردید.

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، برنامه 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 پنج پودمان است و شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان است. در صورت احراز نشدن شایستگی در هر یک از واحدهای یادگیری پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود دارد. ارزشیابی هر واحد یادگیری نیز از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل شده است و شرط لازم برای محاسبه این دو بخش، کسب شایستگی در بخش شایستگی‌های غیر فنی است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزای بسته آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم افزار 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. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و مراحل کلیدی بر اساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند.

کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: با عنوان «ماهیه‌چگی» است. در واحد یادگیری اول انتخاب روش «ماهیه‌چگی به روش جعبه ماهیه‌چگی سرد» و در واحد یادگیری دوم «ماهیه‌چگی به روش جعبه ماهیه‌چگی گرم» شرح داده شده است.

پودمان دوم: عنوان «قالب‌گیری پوسته ای و سرامیکی» دارد. در واحد یادگیری اول «قالب‌گیری پوسته‌ای» و در واحد یادگیری دوم «ریخته‌گری دقیق» آموزش داده شده است.

پودمان سوم: دارای عنوان «ریخته‌گری در قالب‌های فلزی» است. در این پودمان ابتدا «طراحی و ساخت قالب‌های فلزی» و سپس «آماده‌سازی و ریخته‌گری در قالب‌های فلزی» به صورت گام به گام آموزش عملی و تئوری داده شده است.

پودمان چهارم: «عملیات ریخته‌گری با مدل‌های نابود شونده» نام دارد که در واحد یادگیری اول «ریخته‌گری دفنی با مدل‌های نابود شونده» و در واحد یادگیری دوم «ریخته‌گری شابلونی» شرح و آموزش داده شده است.

پودمان پنجم: با عنوان «راه‌اندازی و بهره‌برداری از کوره‌های ذوب (زمینی و القایی)» است که در آن هنرجویان ابتدا با «نحوه ساخت و آماده‌سازی کوره زمینی» آشنا می‌شوند و در واحد یادگیری دوم «راه‌اندازی و بهره‌برداری از کوره القایی» آموزش داده می‌شود.

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

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش



نظر سنجی کتاب درسی

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 - حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

- ۱ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند ساخت و راه اندازی کوره زمینی
- ۲ شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه
- ۳ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها
- ۴ 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 فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است. این درس، چهارمین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژه رشته متالورژی 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 در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید. کتاب درسی عملیات ذوب و ریخته‌گری شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای دو 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. شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان، کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان است. در صورت احراز نشدن شایستگی در یک یا هر دو واحد یادگیری پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود دارد. ارزشیابی هر واحد یادگیری نیز از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل شده است و شرط لازم برای محاسبه این دو بخش، کسب شایستگی در بخش شایستگی‌های غیر فنی است.

همچنین علاوه بر کتاب درسی 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 خود را می‌توانید 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.oerp.ir می‌توانید از عناوین آن مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط زیست 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؛ لذا توصیه‌های هنرآموز محترمتان در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام کارها 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 مؤثر و شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش





پودمان اول

ماه‌یچه‌گیری



واحد یادگیری ۱: ماهیچه گیری به روش جعبه ماهیچه سرد

مقدمه

برای ریخته گری و تولید قطعاتی که دارای شکل های پیچیده و حفره های داخلی توخالی هستند، از ماهیچه استفاده می شود. ماهیچه، قطعه ای از جنس مواد مناسب است که پیش از ریختن فلز مذاب، در داخل قالب قرار می گیرد تا فضاهای خالی، کانال ها و حفره های داخلی قطعه را ایجاد کند. در این واحد یادگیری، با روش ساخت ماهیچه به شیوه جعبه ماهیچه سرد آشنا می شوید. در این روش، مخلوط ماسه و چسب (رزین) به داخل جعبه ماهیچه تزریق شده و بدون نیاز به گرم کردن جعبه ماهیچه، در مدت کوتاهی سخت می شود و شکل دقیق ماهیچه را تشکیل می دهد.

استاندارد عملکرد

ماهیچه گیری به روش جعبه ماهیچه سرد مطابق استاندارد

ماهیچه گیری به روش جعبه سرد

با دقت به تصاویر شکل ۱ نگاه کنید. همه این قطعات به روش ریخته گری ساخته شده اند. در این فرایند، ابتدا فلز ذوب شده و سپس فلز مذاب درون قالب ریخته می شود تا پس از سرد شدن و انجماد کامل، شکل نهایی قطعه تشکیل شود.

همان طور که می دانید، فلز هنگام ذوب به ماده ای روان (سیال) با دمای بالا تبدیل می شود بنابراین تمام فضاهای خالی داخل قالب را پر می کند. در اینجا یک پرسش مهم مطرح است: به نظر شما در صورتی که بخواهیم داخل یک قطعه فلزی، سوراخ، کانال یا حفره ایجاد کنیم، چه روشی باید به کار ببریم؟



شکل ۱- نمونه قطعات توخالی تولید شده به روش ریخته گری

از آنجا که فلز مذاب پس از ورود به قالب، تمام فضاهای خالی را پر می کند، اگر پیش بینی لازم انجام نشود، قطعه ریخته گری به صورت کاملاً توپر ساخته خواهد شد. به همین دلیل، برای ایجاد فضاهای داخلی مانند سوراخ ها، کانال ها و حفره ها در قطعات ریخته گری، از ماهیچه استفاده می شود.

ماهیچه^۱

به نظر شما، اگر در ساخت قطعات شکل ۲ از ماهیچه استفاده نشود، چه نقص یا مشکلی در قطعه ریخته گری به وجود خواهد آمد؟



شکل ۲- نمونه ای از قطعات ماهیچه گذاری شده قبل از ریخته گری

ماهیچه یکی از اجزای مهم در صنعت ریخته‌گری است که در ساخت قطعاتی با شکل‌های داخلی پیچیده و فضاهای توخالی کاربرد دارد. ایجاد این فضاها با استفاده از عملیات ماهیچه‌گذاری در قالب انجام می‌شود. ماهیچه بخشی از قالب است که وظیفه ایجاد فضاهای خالی، کانال‌ها و حفره‌های داخلی قطعه ریخته‌گری را بر عهده دارد. به عبارت دیگر، ماهیچه یک مانع موقت است که در داخل قالب قرار می‌گیرد. هنگام ریختن فلز مذاب، فلز اطراف ماهیچه را پر می‌کند. پس از انجماد فلز و خارج کردن ماهیچه، فضای اشغال‌شده توسط آن به صورت بخش توخالی یا حفره در قطعه باقی می‌ماند.

بدون استفاده از ماهیچه، ساخت بسیاری از قطعات با شکل‌های داخلی پیچیده، در فرایند ریخته‌گری امکان‌پذیر نخواهد بود، برای مثال در تولید یک سهرای آب، برای ایجاد فضای داخلی توخالی، باید از ماهیچه استفاده شود تا بخش مرکزی قطعه به صورت یک لوله شکل بگیرد (شکل ۳).



ج) مدل جهت تولید سهرای



ب) ماهیچه مورد نیاز



الف) قطعه نهایی تولیدی

شکل ۳- نمونه قطعه سهرای آب، ریخته‌گری شده به روش ماهیچه‌گذاری

هدف اصلی از به کارگیری ماهیچه در ریخته‌گری، ایجاد حفره‌ها، مجاری و شکل‌های داخلی است که با مدل اصلی قالب قابل ایجاد نیستند. ماهیچه این امکان را فراهم می‌کند که علاوه بر شکل بیرونی قطعه، ساختار داخلی آن نیز مطابق طرح مهندسی شکل بگیرد.

در بسیاری از قطعات صنعتی، وجود کانال‌ها یا فضاهای توخالی ضروری است و بدون استفاده از ماهیچه، ساخت این بخش‌ها در فرایند ریخته‌گری امکان‌پذیر نخواهد بود. به همین دلیل، ماهیچه یکی از اجزای ضروری در تولید قطعات با هندسه داخلی پیچیده به شمار می‌رود.

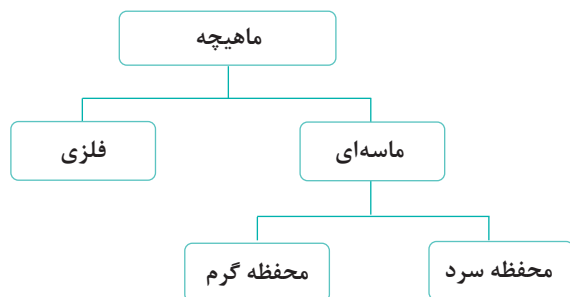
برای اینکه ماهیچه بتواند وظیفه خود را به درستی انجام دهد، باید از استحکام کافی برخوردار باشد. این استحکام باعث می‌شود ماهیچه در برابر فشار و دمای بالایی که از طرف فلز مذاب به آن وارد می‌شود، مقاومت کند و دچار شکستگی یا تغییر شکل نشود.

در عین حال، ماهیچه باید پس از انجماد فلز، قابلیت فروپاشی داشته باشد تا بتوان آن را به راحتی از داخل قطعه خارج کرد. این ویژگی سبب می‌شود فضای خالی مورد نظر، مطابق طرح اولیه، در قطعه باقی بماند.



چرا مدل قطعات ماهیچه دار دقیقاً مطابق شکل نهایی قطعه ساخته نمی شود و دارای بخش های اضافی است؟ این قسمت های اضافی چه نقشی در فرایند قالب گیری و ریخته گری ایفا می کنند؟

تقسیم بندی انواع ماهیچه براساس ماده ساخت



نمودار ۱- انواع ماهیچه براساس جنس مواد سازنده

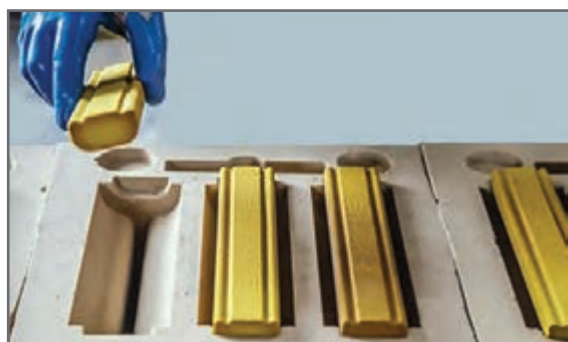
ماهیچه ها براساس جنس مواد سازنده، به دو دسته کلی تقسیم می شوند که در نمودار ۱ نشان داده شده اند.

۱ ماهیچه های ماسه ای

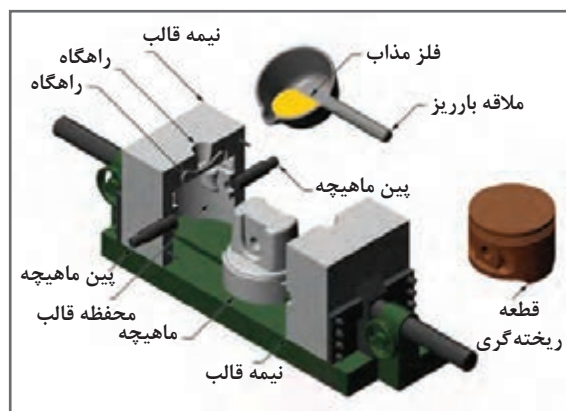
ماهیچه های ماسه ای رایج ترین نوع ماهیچه در صنعت ریخته گری هستند. این ماهیچه ها معمولاً از ترکیب ماسه سیلیسی با چسب های آلی یا معدنی ساخته می شوند. ماسه سیلیسی به دلیل دانه بندی مناسب، مقاومت حرارتی بالا، قیمت مناسب و دسترسی آسان، پرکاربردترین ماده اولیه برای ساخت ماهیچه است (شکل ۴- الف).

۲ ماهیچه های فلزی

در قالب های دائمی (فلزی)، روش های ریخته گری تحت فشار و در برخی فرایندهای ویژه مانند ریخته گری گریز از مرکز، از ماهیچه های فلزی استفاده می شود. از آنجا که در این فرایندها قالب مکرر در معرض دمای بالای فلز مذاب قرار می گیرد، ماهیچه های ماسه ای کارایی مناسبی ندارند؛ بنابراین از ماهیچه های فلزی که دارای استحکام مکانیکی و مقاومت حرارتی بالاتری هستند، استفاده می شود. ماهیچه های فلزی معمولاً از فولادهای آلیاژی یا چدن های مقاوم به حرارت ساخته می شوند و به صورت دقیق ماشین کاری می شوند تا ابعاد و تolerances قطعه نهایی با دقت بالا تأمین شود. این نوع ماهیچه ها می توانند به صورت ثابت یا متحرک طراحی شوند. در بسیاری از قالب های تحت فشار، ماهیچه های فلزی به صورت کشویی یا دارای سازوکار متحرک ساخته می شوند تا پس از انجماد قطعه، به راحتی از داخل آن خارج شوند (شکل ۴- ب).



الف) ماهیچه ماسه ای



ب) ماهیچه فلزی

شکل ۴- انواع ماهیچه

چسب‌های مورد استفاده در ماهیچه‌های ماسه‌ای

چسب، مهم‌ترین عامل در تعیین استحکام و خواص مکانیکی ماهیچه‌های ماسه‌ای است. ماهیچه‌های ماسه‌ای از نظر چسب مورد استفاده به دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند:

الف) ماهیچه‌های با چسب‌های گازدهی سخت

ب) ماهیچه‌های با چسب‌های گرماسخت

تحقیق کنید



با استفاده از منابع معتبر بررسی کنید ماهیچه‌هایی که به روش ماسه‌تر ساخته می‌شوند، از نظر نوع چسب در کدام یک از دو گروه «چسب‌های گازدهی سخت» یا «چسب‌های گرماسخت» قرار می‌گیرند؟ سپس با ذکر دلیل، توضیح دهید چرا این ماهیچه‌ها در آن گروه طبقه‌بندی می‌شوند.

ماهیچه‌های با چسب‌های گازدهی سخت

در این روش ماهیچه‌ها در دمای محیط و با دمش گاز ویژه به داخل مخلوط ماسه و چسب، سخت می‌شوند. عامل سخت‌کننده به صورت گاز به داخل جعبه ماهیچه تزریق شده و با فعال‌سازی چسب، واکنش سخت‌شدن ماهیچه در مدت زمان کوتاهی انجام می‌گیرد؛ به همین دلیل این فرایند را «جعبه ماهیچه سرد» می‌نامند، زیرا سخت‌شدن بدون نیاز به اعمال حرارت خارجی و در دمای محیط صورت می‌گیرد.

بسته به نوع سیستم چسب، از گازهای مختلفی استفاده می‌شود. برای مثال، در سیستم‌های مبتنی بر رزین سدیم‌سیلیکات از گاز کربن دی‌اکسید (CO_2)، در رزین‌های فنولیک - یورتان از گازهای آمینی و در برخی سیستم‌های رزینی خاص از گاز گوگرد دی‌اکسید (SO_2) برای سخت کردن ماهیچه استفاده می‌شود. تزریق این گازها با ایجاد واکنش شیمیایی در چسب موجب استحکام سریع ماهیچه می‌شود. این روش به دلیل سرعت تولید، کیفیت مناسب و قابلیت ساخت قطعات پیچیده، در تولید انبوه قطعاتی مانند ماهیچه‌های سرسیلندر خودرو کاربرد گسترده‌ای دارد.

ماهیچه‌های با چسب‌های گرما سخت

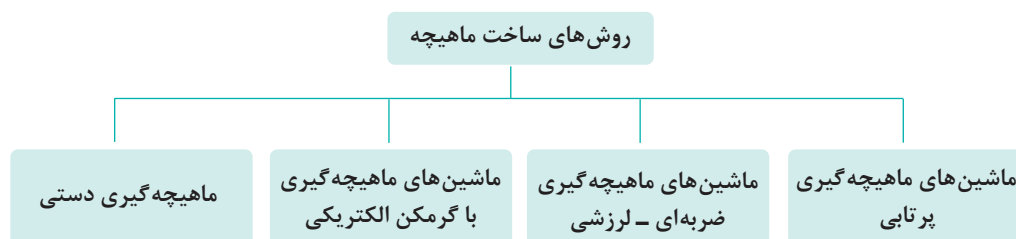
در این روش، ماهیچه از مخلوط ماسه و رزین‌های گرماسخت ساخته می‌شود که در اثر اعمال حرارت سخت می‌شوند. ابتدا، مخلوط ماسه و چسب درون جعبه ماهیچه فلزی قرار می‌گیرد و سپس جعبه تا دمای مشخصی گرم می‌شود. حرارت موجب آغاز واکنش شیمیایی در چسب و انجام فرایند پلیمریزاسیون شده و در نتیجه، ماهیچه در مدت زمان کوتاهی سخت و پایدار می‌شود؛ از این رو این فرایند با عنوان «جعبه ماهیچه گرم» شناخته می‌شود.

مهم‌ترین چسب‌های مورد استفاده در این روش، رزین‌های فنول فرمالدهید و اوره فرمالدهید هستند که پس از حرارت‌دهی، ساختاری مستحکم و مقاوم ایجاد می‌کنند. کنترل دقیق دمای جعبه ماهیچه باعث می‌شود سخت‌شدن به صورت یکنواخت در تمام بخش‌های ماهیچه انجام گیرد.

این روش به دلیل ایجاد دقت ابعادی بالا، کیفیت سطح مناسب، استحکام مطلوب ماهیچه و امکان تولید اشکال پیچیده و دقیق، در ساخت قطعات حساس صنعتی، مانند ماهیچه‌های بلوک سیلندر خودرو، کاربرد گسترده‌ای دارد.

روش های ساخت ماهیچه^۱

انواع مکانیزم ها و ماشین های ساخت ماهیچه را در نمودار ۲ ملاحظه می کنید.



نمودار ۲- روش های ساخت ماهیچه



۱ ماشین های ماهیچه گیری پرتابی^۲

در این دستگاه ها، مخلوط ماسه و چسب با استفاده از هوای فشرده به داخل حفره جعبه ماهیچه فلزی پرتاب می شود. این عمل باعث می شود مخلوط به طور یکنواخت تمام فضای جعبه ماهیچه را پر کرده و شکل مورد نظر را به خود بگیرد. پس از پر شدن جعبه ماهیچه، فرایند سخت شدن ماهیچه براساس نوع چسب مصرفی (گازدهی یا حرارت دهی) انجام می شود. این روش، شیوه اصلی تولید ماهیچه در سیستم های جعبه ماهیچه سرد به شمار می رود و به دلیل سرعت بالا، یکنواختی پرشدن قالب و مناسب بودن برای تولید انبوه، کاربرد گسترده ای در صنایع ریخته گری دارد (شکل ۵).

شکل ۵- ماشین ماهیچه گیری پرتابی

۲ ماشین های ماهیچه گیری ضربه ای - لرزشی^۳

در این روش، مخلوط ماسه آماده شده برای ماهیچه گیری درون مخزنی که در قسمت بالایی دستگاه قرار دارد، ذخیره می شود. جعبه ماهیچه در بخش پایینی دستگاه و بر روی میز کار، نصب می شود. این میز به سیستم لرزاننده (ویبره) مجهز است تا عملیات تراکم به صورت یکنواخت انجام شود. پس از قرار گرفتن جعبه ماهیچه در محل خود، مخلوط ماسه از مخزن به داخل حفره جعبه هدایت می شود. همزمان با ورود ماسه، سیستم لرزاننده فعال شده و با ایجاد ارتعاش و ضربه، موجب توزیع یکنواخت ذرات ماسه، افزایش تراکم و کاهش فضای خالی در تمام بخش های جعبه ماهیچه می شود. این امر علاوه بر افزایش چگالی و استحکام ماهیچه، از ایجاد حفره های ناخواسته و نواحی کم تراکم جلوگیری می کند.

۱- Core Making

۲- Core shooting

۳- Vibration Core making machines

پس از تکمیل مرحله تراکم، بسته به نوع چسب مورد استفاده، فرایند سخت شدن از طریق حرارت دهی یا گاز دهی انجام می شود. در پایان، ماهیچه برای خروج از جعبه خارج شده و برای استفاده در قالب آماده می شود.

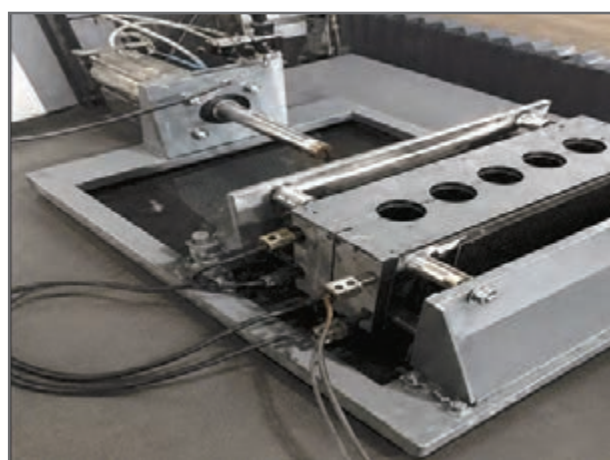
۳ ماشین های ماهیچه گیری با گرمایش الکتریکی^۱

در این دستگاه از جعبه ماهیچه فلزی مجهز به سیستم گرمایش الکتریکی استفاده می شود (شکل ۶). جعبه ماهیچه به صورت پنوماتیکی باز و بسته می شود. ابتدا جعبه ماهیچه تا دمای مشخصی گرم می شود. پس از رسیدن جعبه به دمای تنظیم شده، مخلوط ماسه رزین دار به داخل حفره جعبه ماهیچه تزریق یا ریخته می شود. حرارت جعبه ماهیچه موجب آغاز واکنش پلیمریزاسیون رزین می شود؛ در نتیجه، مخلوط ماسه در مدت زمان کوتاهی سخت می شود و ماهیچه شکل نهایی خود را به دست می آورد. پس از سپری شدن زمان پخت و دستیابی به استحکام کافی، جعبه ماهیچه به صورت پنوماتیکی باز شده و ماهیچه تولید شده به کمک سیستم بیرون انداز از قالب خارج می شود.

کنترل دقیق دما و زمان پخت در این دستگاه اهمیت زیادی دارد، زیرا یکنواختی سخت شدن، استحکام و کیفیت نهایی ماهیچه به این عوامل وابسته است (شکل ۷).



شکل ۶- ماشین ماهیچه گیری با گرمایش الکتریکی



ب



الف

شکل ۷- ماشین های ماهیچه گیری با گرمکن الکتریکی

۴ روش دستی

در کارگاه‌های کوچک یا در مواردی که تولید با تیراژ محدود انجام می‌شود، از روش دستی برای ساخت ماهیچه به روش جعبه ماهیچه استفاده می‌شود. در این روش، مخلوط ماسه و چسب به صورت دستی درون جعبه ماهیچه ریخته شده و با استفاده از ابزار مناسب متراکم می‌شود. این روش هم برای ساخت ماهیچه با جعبه ماهیچه سرد و هم جعبه ماهیچه گرم کاربرد دارد (شکل ۸).



ج) ماهیچه تولید شده به روش دستی



ب) متراکم کردن مخلوط در جعبه ماهیچه با کوبه دستی



الف) پر کردن جعبه ماهیچه با مخلوط ماسه

شکل ۸- ساخت ماهیچه به روش دستی

انواع مخلوط کن‌های مورد استفاده جهت ماهیچه سازی

در تمامی روش‌های ماهیچه سازی، لازم است مخلوط مواد ماهیچه گیری (ماسه، چسب و افزودنی‌ها) به صورت کاملاً یکنواخت با یکدیگر مخلوط شوند. برای این منظور از مخلوط کن‌های صنعتی (مخلوط کن‌ها) استفاده می‌شود. این دستگاه‌ها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

الف) مخلوط کن‌های تک باری^۱

ب) مخلوط کن‌های پیوسته^۲

در کارگاه‌ها و کارخانه‌های ریخته گری از هر دو نوع مخلوط کن استفاده می‌شود، با این حال، مخلوط کن‌های تک باری در تولیدهای کم تیراژ و متوسط کاربرد بیشتری دارند. در این روش، مقدار مشخصی از مواد اولیه وارد دستگاه شده و پس از طی زمان معین، به طور کامل و یکنواخت مخلوط می‌شود. این ویژگی کنترل بهتر کیفیت و یکنواختی مخلوط را امکان پذیر می‌کند. اما ظرفیت تولید در هر نوبت محدود است و برای تولید در تیراژ بالا ممکن است پاسخگو نباشد.

در مقابل، مخلوط کن‌های پیوسته بیشتر در خطوط تولید با تیراژ تولید بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این سیستم، مواد اولیه به صورت مداوم وارد دستگاه شده و مخلوط آماده نیز به صورت پیوسته از دستگاه خارج می‌شود. این روش موجب افزایش سرعت تولید و کاهش هزینه تمام شده ماهیچه‌ها و قالب‌ها می‌گردد. البته در صورت تنظیم نبودن صحیح دستگاه، ممکن است یکنواختی مخلوط نسبت به نوع تک باری کاهش یابد.

۱- Batch Mixer

۲- Continuous Mixer

در شکل ۹ انواع مخلوط‌کن‌های صنعتی مورد استفاده در ماهیچه‌سازی نشان داده شده است.



(ب) مخلوط‌کن پیوسته

(الف) مخلوط‌کن تک‌باری

شکل ۹- انواع مخلوط‌کن‌های صنعتی

نکات مهم در هنگام استفاده از ماهیچه در قالب‌های ریخته‌گری

در به‌کارگیری ماهیچه در قالب باید دقت کافی شود تا از بروز عیب‌های زیر جلوگیری شود:

- ۱ **جابه‌جایی ماهیچه:** جابه‌جایی ماهیچه موجب تغییر موقعیت آن در داخل قالب شده و در نتیجه، ضخامت دیواره قطعه در بخش‌های مختلف افزایش یا کاهش می‌یابد.
- ۲ **شکستن ماهیچه:** اگر استحکام ماهیچه کافی نباشد، هنگام جابه‌جایی، مونتاژ قالب یا در اثر فشار مذاب، ماهیچه دچار شکستگی شده و موجب ایجاد عیب در قطعه ریخته‌گری می‌شود.
- ۳ **تخلخل‌گازی:** اگر ماهیچه به خوبی مجهز به سیستم تخلیه هوا نشده باشد یا مواد فرار در مخلوط مواد ماهیچه زیاد باشد و در هنگام ذوب‌ریزی فرصت خروج را نداشته باشد، گازهایی که تولید می‌شوند در فضای قالب محبوس می‌شوند و فرصت خروج پیدا نمی‌کنند و باعث ایجاد تخلخل‌گازی خواهند شد.
- ۴ **مشکل در تخلیه ماهیچه:** اگر قابلیت فروپاشی ماهیچه مناسب نباشد و تخریب‌پذیری کافی نداشته باشد موجب به‌وجود آمدن این عیب می‌شود.

انتخاب مواد و روش ساخت ماهیچه به عوامل مختلفی بستگی دارد. یکی از مهم‌ترین این عوامل، تیراژ تولید است؛ در تولید قطعات با تیراژ پایین، معمولاً از روش‌های ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر استفاده می‌شود، در حالی که در تولید انبوه، روش‌هایی با سرعت و تکرارپذیری بیشتر به کار گرفته می‌شوند.

پچیدگی هندسی ماهیچه نیز در انتخاب روش ساخت نقش مهمی دارد؛ هرچه شکل ماهیچه پیچیده‌تر و دارای جزئیات بیشتری باشد، باید از مواد و فرایندهایی استفاده شود که دقت ابعادی و استحکام مناسب را فراهم کند. عامل مهم دیگر، نوع آلیاژ ریخته‌گری و دمای ذوب آن است. ماهیچه باید در برابر حرارت مذاب مقاومت کافی داشته باشد و دچار تخریب یا تغییر شکل نشود.

در نهایت، محدودیت‌های مربوط به تجهیزات موجود در کارگاه یا کارخانه و همچنین ملاحظات اقتصادی و هزینه‌های تولید نیز در انتخاب مواد و روش ماهیچه‌سازی تأثیرگذار هستند.

ماهیچه گیری به روش جعبه ماهیچه سرد

یکی از روش های مهم ساخت ماهیچه، روش جعبه ماهیچه سرد یا کلدباکس است. این فرایند توسط دکتر جین رابینز ابداع شد و در سال ۱۹۶۸ میلادی به ثبت رسید. همچنین، در همان سال، به طور رسمی در کنگره و نمایشگاه انجمن ریخته گری آمریکا (A.F.S) به صنعت ریخته گری معرفی شد. در این روش، ماهیچه ها در مدت زمانی بسیار کوتاه (چند ثانیه تا چند دقیقه) و با دقت ابعادی بالا، استحکام مناسب، قابلیت تخلیه مطلوب و تولید گاز کم ساخته می شوند. از آنجا که سخت شدن ماهیچه در دمای محیط انجام می شود، جعبه های ماهیچه علاوه بر فلز می توانند از موادی مانند پلاستیک، چوب یا کامپوزیت نیز ساخته شوند.



شکل ۱۰- جعبه ماهیچه سرد

در روش جعبه ماهیچه سرد، سخت شدن مخلوط ماسه و چسب بدون اعمال حرارت، در اثر واکنش شیمیایی در دمای محیط و با عبور گاز یا مواد شیمیایی سخت کننده انجام می شود. در این فرایند، ابتدا جعبه ماهیچه با مخلوط آماده شده ماسه و چسب پر می شود. سپس گاز یا عامل سخت کننده از داخل جعبه عبور داده می شود. این گاز با چسب واکنش داده و در مدت کوتاهی موجب سخت و پایدار شدن ماهیچه می شود.

مزایا و محدودیت های روش جعبه ماهیچه سرد

روش جعبه ماهیچه سرد یکی از کارآمدترین روش های ماهیچه سازی در صنعت ریخته گری است و به دلیل مزایای متعدد، کاربرد گسترده ای دارد. این روش با فراهم کردن سرعت تولید بسیار بالا، امکان ساخت تعداد زیادی ماهیچه در مدت زمان کوتاه را فراهم می کند. همچنین، دقت ابعادی بالا، کیفیت مناسب سطح و کاهش نیاز به عملیات تکمیلی از دیگر مزایای آن به شمار می روند. یکی دیگر از مزایای این روش، قابلیت انتخاب گسترده در جنس قالب است؛ به طوری که می توان از موادی مانند ماسه، گچ و حتی فلز برای ساخت جعبه ماهیچه استفاده کرد. همچنین، به دلیل عدم نیاز به حرارت دهی مصرف انرژی کاهش می یابد. مجموعه این ویژگی ها، این روش را به گزینه ای مناسب و اقتصادی برای تولید ماهیچه تبدیل کرده است.

در کنار مزایا، این روش محدودیت هایی نیز دارد. یکی از مهم ترین محدودیت ها، هزینه بالای مواد قالب گیری است که می تواند قیمت تمام شده تولید را افزایش دهد. همچنین، استفاده از برخی مواد شیمیایی، مستلزم رعایت الزامات ایمنی و زیست محیطی و اعمال کنترل های دقیق در فرایند تولید است. از سوی دیگر، مواد مورد استفاده در این فرایند نسبت به جذب رطوبت بسیار حساس هستند و رطوبت می تواند کیفیت ماهیچه را تحت تأثیر قرار دهد. علاوه بر این، اجرای صحیح این روش مستلزم استفاده از تجهیزات پیشرفته و دقیق است که تهیه و نگهداری آنها هزینه بر بوده و نیاز به تخصص فنی بیشتری دارد.

ماهیچه‌گیری به روش جعبه ماهیچه سرد را می‌توان بر اساس سه معیار طبقه‌بندی کرد (نمودار ۳).



نمودار ۳- طبقه‌بندی روش جعبه ماهیچه سرد

الف) طبقه‌بندی براساس نوع ماسه مصرفی

- ۱ ماسه‌های سیلیسی: متداول‌ترین و اقتصادی‌ترین نوع ماسه هستند و برای تولید بیشتر قطعات چدنی و فولادهای غیرآلیاژی مناسب‌اند.
- ۲ ماسه‌های کرومیتی: برای فولادهای آلیاژی، فولادهای منگیزی و قطعاتی که نیاز به هدایت حرارتی بالاتری دارند، استفاده می‌شود.
- ۳ ماسه‌های زیرکونی: برای تولید قطعات با دمای ریخته‌گری بالا که به دقت ابعادی، کیفیت سطح و پایداری حرارتی مطلوب نیاز دارند، به کار می‌رود.
- ۴ ماسه‌های اولیونی: این ماسه‌ها بیشتر در ریخته‌گری فولادهای آلیاژی و فولادهای ویژه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تحقیق کنید



با استفاده از منابع معتبر، بررسی کنید ماهیچه‌های مورد استفاده در فرایند دایکاست در کدام دسته از ماهیچه‌ها قرار می‌گیرند و علت استفاده از آنها چیست؟

ب) طبقه‌بندی براساس عامل سخت‌شدن

- ۱ سخت‌شدن مخلوط مواد قالب‌گیری با گاز کربن دی‌اکسید (CO_2): این روش بیشتر در سیستم‌های مبتنی بر چسب سدیم سیلیکات کاربرد دارد.
- ۲ سخت‌شدن مخلوط مواد قالب‌گیری با گاز گوگرد دی‌اکسید (SO_2): در برخی سیستم‌های رزینی، به‌ویژه رزین‌های فوران و رزین اپوکسی این گاز به عنوان عامل سخت‌کننده استفاده می‌شود.
- ۳ سخت‌شدن مخلوط مواد قالب‌گیری با گاز آمین: این عامل سخت‌کننده در روش‌های رزین فوران و رزین فنولی کاربرد دارد.
- ۴ سخت‌شدن مخلوط مواد قالب‌گیری با بخارات استر: این عامل سخت‌کننده در روش‌های فنولیک استر و سیلیکات استر کاربرد دارد.

ج) تقسیم‌بندی براساس چسب مورد استفاده

چسب‌های مورد استفاده در ماهیچه‌سازی به دو دسته چسب‌های مصنوعی (آلی) و چسب‌های معدنی (غیرآلی) تقسیم‌بندی می‌شوند.

چسب‌های معدنی

- ۱ چسب سدیم سیلیکات: در این روش از گاز کربن دی‌اکسید (CO_2) به عنوان عامل سخت‌کننده (عمل‌آوری مخلوط مواد ماهیچه) استفاده می‌شود.

۲ چسب سدیم سیلیکات استر: در این روش، استر به عنوان عامل سخت کننده چسب سدیم سیلیکات به کار می رود.

چسب های مصنوعی

۱ چسب فوران: از گاز گوگرد دی اکسید (SO_2) به عنوان عامل سخت کننده (عمل آوری مخلوط مواد ماهیچه) استفاده می شود.

۲ چسب فنولی: از پرکاربردترین چسب ها در روش جعبه ماهیچه سرد است. این سیستم معمولاً از رزین فنولی - پلی یورتانی تشکیل شده و گاز آمین به عنوان عامل سخت کننده استفاده می شود. به دلیل اهمیت چسب مصرفی در صنعت ماهیچه سازی، بنابراین تولید ماهیچه ها با این طبقه بندی را توضیح خواهیم داد.

ماهیچه گیری به روش سدیم سیلیکات با گاز کربن دی اکسید (CO_2)

روش سدیم سیلیکات - کربن دی اکسید یکی از قدیمی ترین، ساده ترین و اقتصادی ترین روش های ساخت قالب و ماهیچه در صنعت ریخته گری است. این روش از پرکاربردترین فرایندهای قالب گیری و ماهیچه سازی در ریخته گری به شمار می آید. در این روش، سخت شدن مخلوط مواد ماهیچه گیری از یک واکنش شیمیایی سریع استفاده می شود. این مخلوط شامل ماسه سیلیسی و چسب مایع سدیم سیلیکات (آب شیشه) است که با عبور گاز دی اکسید کربن (CO_2) از درون آن، واکنش شیمیایی انجام شده و ماسه همراه با چسب به سرعت سخت و مقاوم می شود.

در این فرایند، چسب سدیم سیلیکات با ماسه سیلیسی در مخلوط کن های صنعتی به صورت کامل مخلوط می شود، پس از کامل شدن آماده سازی مخلوط، مواد برای استفاده در مصارف ماهیچه گیری و قالب گیری آماده است. پس از ماهیچه گیری و قالب گیری با دمش گاز CO_2 به عنوان عامل سخت کننده به مدت زمان محدود، ماهیچه یا قالب آماده شده سخت و مستحکم و آماده جهت مصارف صنعتی قابل استفاده است. از مهم ترین کاربردهای این روش می توان به تولید ماهیچه های نسبتاً بزرگ و پیچیده اشاره کرد، زیرا مخلوط ماسه و سدیم سیلیکات پس از گازدهی استحکام مناسبی ایجاد می کند و امکان ساخت ماهیچه هایی را فراهم می سازد که در سایر روش ها به راحتی قابل تولید نیستند. این فرایند برای قالب گیری قطعات با دقت ابعادی بالا بسیار مناسب است و در قالب گیری درجا (کف کارگاه) نیز کاربرد دارد؛ به ویژه برای ساخت قطعات بسیار بزرگ و سنگین که قالب گیری آنها در قالب های معمولی امکان پذیر نیست. علاوه بر این، این روش در تولید قطعات بزرگ با تیراژ متوسط، مانند بدنه، پمپ ها و شیرآلات، مورد استفاده قرار می گیرد. در شکل ۱۱ چسب مورد استفاده، مراحل اجرای فرایند و نحوه گازدهی با CO_2 نشان داده شده است.



الف) سدیم سیلیکات مایع



ب) جای گذاری ماهیچه در قالب



پ) پوشش دادن ماهیچه با گرافیت



ت) دمش گاز CO_2 به قالب



ث) دمش گاز CO_2 به قالب

شکل ۱۱- چسب مورد استفاده، مراحل اجرای فرایند و نحوه گازدهی با CO_2



مکانیزم سخت شدن مخلوط مواد ماهیچه گیری در این روش به این صورت است که گاز کربن دی اکسید (CO_2) با محلول سدیم سیلیکات (آب شیشه) واکنش داده و موجب تشکیل ژل سیلیکاتی می شود. این ژل ذرات ماسه را به یکدیگر متصل کرده و در نتیجه، مخلوط به سرعت سخت و مقاوم می شود.

با استفاده از منابع معتبر، بررسی کنید چرا مخلوط ماسه ماهیچه گیری با چسب سدیم سیلیکات (آب شیشه) اگر برای مدت طولانی در محیط (هوای آزاد) باقی بماند، به صورت خودگیر سخت می شود. در پاسخ خود، مکانیزم علمی این پدیده را توضیح دهید. در پایان، نتایج را به صورت خلاصه و منظم (همراه با ذکر منبع) آماده کنید تا در کلاس برای سایر هنرجویان ارائه دهید.

درصد ترکیبات مخلوط ماهیچه گیری (روش سدیم سیلیکات - CO_2)
در جدول ۱، درصد تقریبی ترکیبات مخلوط ماهیچه گیری به روش سدیم سیلیکات - کربن دی اکسید (CO_2) ارائه شده است.

جدول ۱- درصد تقریبی ترکیبات مخلوط ماهیچه گیری به روش CO_2

جزء	درصد تقریبی	توضیحات
ماسه سیلیسی (پایه)	۹۴ تا ۹۸ درصد	دانه بندی معمول ۵۰ AFS تا ۱۰۰ (متناسب با کیفیت سطح مورد نیاز قطعه)
سدیم سیلیکات (چسب)	۲ تا ۴ درصد	معمولاً حدود ۳/۵ درصد (براساس وزن ماسه)
مواد افزودنی (اختیاری)	۰ تا ۱ درصد	مانند روان سازها، مواد ضد رطوبت و رنگدانه ها

نکات مهم در آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری

– **ماسه سیلیسی:** هرچه ماسه دارای دانه بندی ریزتر (عدد AFS بالاتر) باشد، سطح قطعه ریخته گری صاف تر و زبری آن کمتر خواهد بود؛ در نتیجه کیفیت سطح نهایی قطعه بهبود می یابد. بنابراین انتخاب دانه بندی مناسب باید با توجه به نوع قطعه، ابعاد آن و میزان گاز تولیدی انجام شود.

– **سدیم سیلیکات (آب شیشه):** این چسب معمولاً با چگالی حدود ۱/۵ تا ۱/۶ گرم بر سانتی متر مکعب است. نسبت $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ معمولاً در محدوده ۲ تا ۳/۵ مورد استفاده قرار می گیرد. این نسبت بر میزان استحکام و سرعت سخت شدن ماهیچه تأثیر گذار است.

– **رطوبت در چسب:** از آنجا که سدیم سیلیکات یک چسب محلول در آب است، بخشی از رطوبت مورد نیاز مخلوط از طریق خود چسب تأمین می شود؛ بنابراین در بیشتر موارد نیازی به افزودن آب نیست. با این حال کنترل میزان رطوبت مواد اولیه و شرایط محیطی نقش مهمی در کیفیت نهایی ماهیچه دارد.

افزودنی های رایج

– **روان سازها:** روان سازهایی مانند بنتونیت یا برخی افزودنی های مناسب، در مقادیر کم (حدود ۰/۱ تا ۰/۳ درصد) برای بهبود و اختلاط، افزایش روانی مخلوط و توزیع یکنواخت چسب استفاده می شوند.

– **مواد ضد رطوبت:** موادی مانند سیلیکون های آلی یا افزودنی های آب گریز برای کاهش جذب رطوبت محیط و افزایش پایداری ماهیچه استفاده می شوند.

– **پودر زغال (حداکثر ۵٪):** به منظور بهبود قابلیت فروپاشی و تسهیل تخلیه ماهیچه پس از ریخته گری افزوده می شود.

– **خاکاره (حداکثر ۱٪):** برای افزایش تخلخل و بهبود خاصیت فروپاشی ماهیچه به مخلوط اضافه می گردد.

روش و مراحل آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری

مراحل صنعتی آماده سازی مخلوط مواد قالب گیری در روش سدیم سیلیکات - CO₂ به شرح زیر است:

۱ وزن کردن مواد: ابتدا تعداد ماهیچه ها (یا قالب ها) و مقدار مخلوط مورد نیاز برای هر یک محاسبه می شود. سپس مقدار ماسه سیلیسی با دقت وزن شده و براساس درصد مصرف چسب (معمولاً بر حسب درصد وزنی ماسه)، مقدار مناسب سدیم سیلیکات نیز اندازه گیری می شود.

ماسه باید کاملاً خشک، تمیز و عاری از هرگونه رطوبت و آلودگی باشد؛ زیرا وجود رطوبت اضافی می تواند موجب کاهش استحکام نهایی ماهیچه شود.

توجه



۲ مخلوط کردن: پس از وزن کردن، ابتدا از تمیز بودن مخلوط کن و عدم وجود بقایای مخلوط قبلی اطمینان حاصل می شود. سپس ماسه خشک داخل مخلوط کن (پیوسته یا ناپیوسته) ریخته شده و دستگاه روشن می گردد. هنگام کار، چسب سدیم سیلیکات به تدریج و در چند مرحله به ماسه افزوده می شود تا توزیع یکنواختی در کل مخلوط ایجاد گردد. زمان مخلوط کاری بسته به نوع مخلوط کن و میزان چسب مصرفی معمولاً بین ۲ تا ۵ دقیقه است.

در پایان اختلاط، باید لایه ای نازک و یکنواخت از چسب اطراف تمامی دانه های ماسه را پوشانده باشد. همچنین رطوبت مخلوط نهایی باید کنترل شود (معمولاً کمتر از ۱٪) تا پس از گازدهی با CO₂، استحکام اولیه مطلوب حاصل شود.

۳ نگهداری مخلوط آماده شده: به دلیل وجود مقدار اندک کربن دی اکسید در هوای محیط، در صورت تماس طولانی مدت مخلوط با هوا، ممکن است واکنش به آرامی آغاز شده و بخشی از چسب به تدریج ژل شود، بنابراین باید از نگهداری طولانی مدت مخلوط در معرض هوای آزاد خودداری کرد.

۴ ماهیچه گیری: مخلوط مواد ماهیچه گیری مخلوط شده اکنون آماده استفاده در جعبه ماهیچه^۱ هستند. ابتدا قسمت های داخلی جعبه ماهیچه را با پودر جدایش (پودر تالک) آغشته کرده، پس از جفت کردن دو لنگه جعبه ماهیچه و بستن آن توسط پیچ دستی اکنون مخلوط مواد ماهیچه گیری آماده شده را درون جعبه ماهیچه ریخته و توسط روش کوبشی یا سایر روش ها این مواد فشرده می شوند. پس از اطمینان از فشرده شدن کامل مخلوط باید جهت سخت شدن ماهیچه اقدام شود.

۵ دمش گاز CO₂: برای سخت شدن ماهیچه، ابتدا باید مسیرهای مناسبی برای مسیر عبور جریان گاز CO₂ در ماهیچه با سیخ هواکش یا مفتول نازک ایجاد کرده و سپس اقدام به دمش گاز CO₂ شود، باید توجه داشت که زمان گازدهی معمولاً ۱۰-۵ ثانیه است که با توجه به ابعاد ماهیچه متغیر است.

برای دمش گاز CO₂ از کپسول گاز، رگولاتور کاهش فشار گاز، گرمکن، شیر کنترل، شیلنگ و نازل یا لوله دمش استفاده می شود. از آنجا که فشار گاز CO₂ درون کپسول بسیار زیاد است، پیش از استفاده باید به وسیله

رگولاتور فشار کاهش یابد و فشار گاز تا مقدار مورد نیاز تنظیم شود. همچنین در صورتی که مدت زمان طولانی گاز از کپسول خارج شود سبب یخ زدن شیر گاز کپسول می شود که در این صورت حجم گاز بسیار کمی از کپسول خارج می شود. برای رفع این مشکل نیاز به گرمکن مخصوص گاز است. فشار گاز خروجی کپسول بعد از رگولاتور باید برابر ۱-۲ بار باشد (شکل ۱۲).

هنگام دمش گاز، CO_2 با سدیم سیلیکات وارد واکنش می شود و در نتیجه سبب تشکیل سیلیکاژل می شود که این ترکیب جدید باعث چسبندگی و استحکام ماهیچه و قالب می شود.



رگولاتور کاهش فشار



دمش گاز CO_2



گرمکن گاز



اتصال رگولاتور و گرمکن به کپسول

شکل ۱۲

جدول ۲

پارامتر	محدوده مطلوب
درصد چسب	۲ تا ۵ درصد وزنی نسبت به ماسه
چگالی سدیم سیلیکات	۱/۵۸ - ۱/۵۳ گرم بر سانتی متر مکعب
نسبت مولی (SiO_2/Na_2O)	۲ - ۲/۴
زمان مخلوط کاری	۵ - ۳ دقیقه
رطوبت مخلوط نهایی	حداکثر ۱ - ۰/۸٪
فشار گاز CO_2	۱/۵ - ۱ بار (بسته به نوع جعبه ماهیچه و ابعاد آن)
زمان گازدهی	بسته به ضخامت قالب (۳۰ - ۵ ثانیه)

۶ خارج سازی ماهیچه از جعبه ماهیچه

پس از پایان گازدهی با CO_2 ، ماهیچه در مدت لازم به استحکام اولیه می رسد و می توان آن را با دقت از داخل جعبه ماهیچه خارج کرد. برای این منظور، ابتدا پیچ های دستی متصل به جعبه ماهیچه باز می شوند. سپس با وارد کردن چند ضربه آرام و یکنواخت به چهار طرف جعبه، دو نیمه آن از یکدیگر جدا می شوند. در نهایت، ماهیچه تولید شده با دقت و به آرامی از داخل جعبه خارج می گردد تا از لب پریدگی یا آسیب دیدگی آن جلوگیری شود.

جدول ۲، مقادیر پیشنهادی پارامترهای اصلی فرایند ماهیچه گیری به روش سدیم سیلیکات - CO_2 را نشان می دهد. هر یک از اجزای مخلوط به صورت تفکیک شده ارائه شده است.



در کارخانه ها و کارگاه های ریخته گری از گازهایی مانند نیتروژن (N_2)، اکسیژن (O_2) و کربن دی اکسید (CO_2) استفاده می شود. با توجه به اینکه گاز کربن دی اکسید بی رنگ و بی بو است، تشخیص آن باید با استفاده از روش های علمی و تجهیزات مناسب انجام شود. درباره روش های تشخیص این گاز تحقیق کرده و نتایج را در کلاس ارائه دهید.



آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری سدیم سیلیکات

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، چسب سدیم سیلیکات، افزودنی های ماسه، مخلوط کن تک باری، ترازو
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و سایر خطرات الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱ ابتدا برق مخلوط کن ماسه را قطع کرده و سپس داخل آن را کاملاً تمیز کنید به طوری که هیچ گونه آلودگی در آن باقی نماند.
- ۲ مخلوط کن را روشن کرده و ۲۰ کیلوگرم ماسه را داخل آن بریزید.
- ۳ ادرصد وزنی گرافیت به داخل مخلوط کن بریزید و فرصت دهید تا مخلوط به طور کامل یکنواخت گردد.
- ۴ ۵ درصد وزنی سدیم سیلیکات وزن کرده و به آرامی به مخلوط اضافه کنید و فرصت دهید تا مخلوط به طور کامل یکنواخت گردد.
- ۵ مخلوط کن را خاموش کرده و مخلوط آماده شده را درون ظرفی تمیز و خشک درب دار ریخته و درب آن را ببندید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب های فردی جلوگیری شود.

مزایا و معایب روش سدیم سیلیکات - CO_2

در این روش، هزینه چسب پایین بوده و گاز CO_2 نیز گازی غیرسمی و بی خطر محسوب می شود؛ همچنین سرعت تولید برای ساخت ماهیچه های کوچک و متوسط مناسب است. با این حال، استحکام نهایی ماهیچه ها در مقایسه با روش های رزینی کمتر است، این روش به رطوبت محیط حساس بوده و جذب رطوبت می تواند موجب کاهش استحکام قطعه شود. همچنین بازیافت ماسه به دلیل باقی ماندن نمک های سدیم با دشواری بیشتری همراه است.

ترکیب مناسب جهت آماده سازی مخلوط مواد ماهیچه گیری

برای ساخت ماهیچه های متوسط برای تهیه مخلوط ماهیچه گیری به روش CO_2 ، ابتدا ۱۰۰ کیلوگرم ماسه سیلیسی خشک به همراه ۱ کیلوگرم (یک درصد وزنی) پودر گرافیت (به عنوان روان ساز) به مدت حدود یک دقیقه در داخل مخلوط کن مخلوط می شوند تا ترکیب اولیه یکنواختی حاصل گردد. سپس ۵ کیلوگرم

(۵ درصد وزنی) چسب سدیم سیلیکات به مخلوط اضافه شده و عملیات اختلاط به مدت ۴ تا ۵ دقیقه ادامه می‌یابد تا تمامی دانه‌های ماسه به‌طور یکنواخت با لایه نازکی از چسب پوشش داده شوند. پس از آماده‌سازی، مخلوط باید بلافاصله درون جعبه ماهیچه ریخته و متراکم شود. در مرحله بعد، گاز CO_2 به داخل جعبه دمیده می‌شود تا واکنش شیمیایی انجام شده و ماهیچه در مدت کوتاهی سخت گردد. پس از سخت‌شدن، ماهیچه آماده استفاده در قالب ریخته‌گری خواهد بود.

فعالیت کارگاهی
۲



ماهیچه‌گیری ماهیچه سه راهی آب به روش سدیم سیلیکات با دمش گاز CO_2

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، چسب سدیم سیلیکات، افزودنی‌های ماسه، مخلوط‌کن تک باری، ترازو، جعبه ماهیچه، صفحه زیر درجه، کارد تسمه، تجهیزات قالب‌گیری، کپسول گاز CO_2 و متعلقات آن

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گرد و غبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱ ابتدا ماسه قالب‌گیری آماده شده در فعالیت کارگاهی ۱ را تهیه کنید.
- ۲ جعبه ماهیچه و صفحه زیر درجه را آماده کرده و درون جعبه، پودر جدایش بپاشید.
- ۳ مخلوط ماسه را به تدریج داخل جعبه ماهیچه ریخته و با استفاده از کارد تسمه، آن را به‌طور یکنواخت در تمام قسمت‌های قالب پخش کنید.
- ۴ پس از پر شدن جعبه ماهیچه، ماسه پشت بند درجه را صاف کنید. با استفاده از سیخ هوا چند کانال عبور گاز ایجاد کنید و سپس گاز CO_2 را به مدت ۵ ثانیه از طریق این کانال‌ها به داخل جعبه ماهیچه بدمید تا سخت شدن مخلوط انجام شود.
- ۵ پس از سخت‌شدن ماهیچه، جعبه ماهیچه را باز کرده و ماهیچه آماده شده را به هنرآموز تحویل دهید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

ماهیچه‌گیری به روش سدیم سیلیکات اصلاح شده

روش سدیم سیلیکات سخت‌شونده با دمش گاز CO_2 دارای برخی معایب است که مهم‌ترین آن ضعیف بودن قابلیت تخریب و فروپاشی ماهیچه پس از ریخته‌گری است. این موضوع می‌تواند تخلیه ماهیچه از داخل قطعه را دشوار کند. به همین دلیل، در صنعت روش اصلاح‌شده‌ای برای برطرف کردن این مشکل پیشنهاد شده است که در آن، قابلیت فروپاشی ماهیچه به‌طور قابل توجهی افزایش یافته و به جای سخت شدن با گاز CO_2 از سخت‌کننده‌های مایع (استرها)^۱ استفاده می‌شود.

در روش اصلاح شده، به جای دمش گاز CO_2 ، از سخت کننده مایع (استر) استفاده می شود. در این فرایند، چسب سدیم سیلیکات همراه با یک ماده شیمیایی آلی مانند متیل فرمات (از گروه استرها) که به صورت مایع است، با مخلوط مواد ماهیچه گیری ترکیب می شود. این ماده با سدیم سیلیکات واکنش داده و باعث سخت شدن ماهیچه در دمای محیط می گردد. این روش علاوه بر حذف دمش گاز CO_2 ، موجب بهبود قابلیت فروپاشی و عملکرد بهتر ماهیچه در حین تخلیه از قطعه ریختگی می شود.

مهم ترین دلایل گسترش استفاده از روش سدیم سیلیکات اصلاح شده در صنعت شامل کاهش جذب رطوبت، افزایش قابلیت بازیافت ماسه و بهبود استحکام و چقرمگی ماهیچه ها است. در این روش، با اصلاح ترکیب چسب و افزودن مواد آلی به سدیم سیلیکات، خواص مکانیکی و عملکردی ماهیچه بهبود می یابد. این اصلاحات باعث می شود ماهیچه در برابر رطوبت محیط پایدارتر بوده، فرایند تخریب و بازیافت ماسه آسان تر انجام شود و در عین حال استحکام و مقاومت مناسبی در حین قالب گیری و ریخته گری فراهم گردد.

جدول ۳ مقایسه ای بین روش سدیم سیلیکات سخت شونده با گاز CO_2 و روش سدیم سیلیکات اصلاح شده را نشان می دهد.

جدول ۳

ویژگی	روش استاندارد CO_2	روش اصلاح شده با استر
مکانیزم سخت شدن	تزریق گاز CO_2 و سخت شدن سریع	افزودن استر مایع و سخت شدن تدریجی در دمای محیط
استحکام	متوسط	زیاد (بالاتر از روش CO_2)
کنترل زمان سخت شدن	محدود و سریع	قابل تنظیم (از چند دقیقه تا چند ساعت)
قابلیت فروپاشی	ضعیف (مشکل اصلی)	بهبود یافته
نوع فرایند	سخت شده با گاز CO_2	خودسخت شونده

درصد ترکیبات مخلوط ماهیچه گیری (روش سدیم سیلیکات - استر)

در جدول ۴ درصد ترکیبات پیشنهادی مخلوط ماهیچه گیری به روش سدیم سیلیکات اصلاح شده با استر آورده شده است.

جدول ۴

جزء	درصد تقریبی	نقش و توضیحات
ماسه سیلیسی خشک (ماسه ریخته گری)	۹۴ - ۹۶ درصد	ماده اصلی ساخت ماهیچه، ماسه سیلیسی با دانه بندی مناسب (معمولاً ۷۰-۵۰ AFS).
سدیم سیلیکات (محلول آبی)	۳ - ۴ درصد	چسب اصلی، معمولاً از نوع «نسبت پایین» با نسبت SiO_2/Na_2O بین ۲ تا ۲/۲ استفاده می شود. این نوع به دلیل حلالیت بهتر و واکنش پذیری بیشتر به استرها ترجیح داده می شود.
متیل فرمات	۱ - ۵/۵ درصد	سخت کننده (هاردنر) مایع، این استر به طور کامل با سدیم سیلیکات مخلوط می شود. نقش آن تسریع و بهبود واکنش ژله ای شدن سدیم سیلیکات بدون حضور گاز CO_2 است.
افزودنی ها (اختیاری)	۰ - ۰/۲ درصد	برای بهبود قابلیت جدایش و ارتقای کیفیت سطح قطعه از افزودنی هایی مانند الکل یا پودر گرافیت استفاده می شود.



درصد کل چسب (سدیم سیلیکات + سخت کننده استری) معمولاً بین ۳/۵ تا ۵ درصد وزن ماسه است. نسبت دقیق بستگی به غلظت سدیم سیلیکات، دمای محیط و خواص مورد نیاز دارد.

روش و مراحل آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری سدیم سیلیکات

در این فرایند، متیل فرمات در حضور رطوبت موجود در ماسه و چسب سدیم سیلیکات، هیدرولیز شده و باعث کاهش قلیائیت سدیم سیلیکات و تشکیل ژل سیلیکات می شود. این واکنش معمولاً کنترل شده تر از سخت شدن با گاز CO_2 انجام می شود و امکان بهبود خواص ماهیچه را فراهم می کند.

مراحل صنعتی آماده سازی مخلوط مواد قالب گیری با این روش بدین صورت است :

۱ آماده سازی مواد: ماسه باید کاملاً خشک باشد (رطوبت کمتر از ۰/۲٪). رطوبت زیاد باعث خودگیری و سخت شدن زودهنگام در مخلوط کن می شود.

دمای مطلوب ماسه بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس است. سدیم سیلیکات و متیل فرمات را در دمای محیط نگهداری کنید.

۲ اختلاط (مرحله حیاتی)

مرحله اول: ماسه خشک را داخل مخلوط کن ریخته و با سرعت مناسب مخلوط کنید.

مرحله دوم: متیل فرمات را به ماسه اضافه کرده، ۳۰ تا ۴۵ ثانیه مخلوط کنید تا متیل فرمات کاملاً روی دانه های ماسه پخش شود.

مرحله سوم: پس از افزودن متیل فرمات (استر)، سدیم سیلیکات را به تدریج اضافه کنید تا مخلوط یکنواخت شود. زمان اختلاط باید کوتاه و کنترل شده باشد (۶۰ تا ۹۰ ثانیه) تا از شروع به سخت شدن مخلوط در مخلوط کن جلوگیری شود.

۳ قالب گیری: مخلوط آماده را بلافاصله در جعبه ماهیچه ریخته و متراکم کنید، زیرا زمان کارپذیری آن محدود است.

۴ خارج کردن ماهیچه از جعبه ماهیچه: معمولاً بلافاصله یا پس از چند ثانیه می توان ماهیچه را از جعبه ماهیچه خارج کرد. استحکام اولیه بسیار خوب است. ماهیچه تهیه شده پس از خروج از جعبه، آماده مونتاژ و استفاده در فرایند ریخته گری است.

به چه دلیل هنگام آماده سازی مخلوط مواد ماهیچه گیری، استفاده از ماسک تنفسی و دستکش مقاوم به مواد شیمیایی ضروری است؟



مزایا و معایب روش سدیم سیلیکات اصلاح شده (استری)

به طور کلی مزایا و معایب روش سدیم سیلیکات اصلاح شده را در جدول ۵ مشاهده می کنید.

جدول ۵

معایب	مزایا
حساسیت بالا به رطوبت، رطوبت زیاد ماسه یا محیط می تواند باعث کاهش زمان کارپذیری و سخت شدن زود هنگام مخلوط شود.	سرعت خودگیری (سخت شدن) مناسب و قابل کنترل است و در مدت کوتاهی انجام می شود.
نیاز به کنترل دقیق زمان اختلاط، دما، رطوبت و افزودن مواد.	استحکام اولیه مناسب امکان خارج کردن سریع ماهیچه از جعبه و جابه جایی آن را فراهم می کند.
باز یافت دشوار ماسه مانند تمام فرایندهای سدیم سیلیکاتی، به دلیل تشکیل شبکه سیلیکاتی و نمک های سدیم، باز یافت ماسه نیاز به عملیات حرارتی یا شست و شوی شیمیایی دارد.	کیفیت سطح نهایی بهتر نسبت به روش دمش CO_2 ، سخت شدن یکنواخت تر و کاهش عیوب ناشی از دمش گاز.
هزینه سخت کننده استری (مانند متیل فرمات) نسبت به روش CO_2 گران تر است.	عدم نیاز به گاز CO_2 ، زیرا متیل فرمات به عنوان سخت کننده استری باعث ژل شدن سدیم سیلیکات می شود.
محدودیت در نگهداری مخلوط آماده به این دلیل که مخلوط آماده شده باید بلافاصله استفاده شود (زمان کار محدود).	سازگاری مناسب تر با محیط نسبت به برخی فرایندهای شیمیایی مشابه.
متیل فرمات بخارشونده و قابل اشتعال است و استنشاق آن می تواند محرک ریه باشد و باید در محیط دارای تهویه مناسب استفاده شود.	عدم نیاز به تجهیزات تزریق و دمش گاز CO_2 .

در فرایند تهیه و آماده سازی مخلوط مواد ماهیچه گیری، رعایت نکات فنی و ایمنی از اهمیت بالایی برخوردار است. وجود تهویه مناسب در محل اختلاط و کارگاه ضروری است، زیرا بخارات متیل فرمات دارای بوی تند بوده و قابل اشتعال است.

کنترل رطوبت یکی از عوامل مهم در این فرایند محسوب می شود. بنابراین استفاده از ماسه و هوای کاملاً خشک نقش تعیین کننده ای در موفقیت عملیات دارد. ترتیب اختلاط مواد بسیار مهم است؛ به طوری که متیل فرمات باید پیش از سدیم سیلیکات افزوده شود. در صورت معکوس شدن این ترتیب، مخلوط لخته و ژله ای می شود و کیفیت قالب گیری کاهش می یابد.

این روش به دلیل ایجاد استحکام اولیه مناسب، برای تولید ماهیچه هایی با پیچیدگی متوسط تا زیاد کاربرد دارد.

نکات
ایمنی و بهداشتی





در جدول زیر، مقایسه‌ای جامع بین روش‌های ماهیچه‌گیری با چسب سدیم سیلیکات به روش دمش گاز CO_2 و روش استر انجام شده است. دلایل برتری روش استر را بیان کرده و قسمت‌های خالی را تکمیل کنید.

معیار	روش سیلیکات سدیم با گاز CO_2 (روش سنتی)	روش سدیم سیلیکات اصلاح‌شده با استر (روش مدرن)	دلیل برتری روش استر
دلیل اصلی قابلیت فروپاشی روش CO_2	ضعیف، پس از ریخته‌گری، ماسه به سختی از قطعه جدا می‌شود (مثل سیمان سخت شده)	بهبود یافته و ماسه به راحتی از قطعه جدا می‌شود	کاهش شدید هزینه و زمان تمیزکاری و جلوگیری از آسیب به قطعه.
میزان مصرف چسب	زیاد (حدود ۵ تا ۸ درصد وزن ماسه)	کم (حدود ۳ تا ۵ درصد وزن ماسه)	صرفه‌جویی در مصرف مواد و کمک به بهبود خردشوندگی
استحکام نهایی	.....	بالا (قابل مقایسه با رزین)	تولید قطعات با ابعاد دقیق‌تر و کیفیت بالاتر
قابلیت بازیافت ماسه	دشوار و نیازمند شست‌وشو با آب و تصفیه فاضلاب قلیایی	آسان‌تر از روش CO_2 ، امکان بازیابی خشک با درصد بازیافت بالاتر وجود دارد.	.....
کنترل فرایند	محدود، واکنش سریع و غیرقابل تنظیم است. مشکل سختی زیاد در فصل زمستان	.....	انعطاف‌پذیری بالا برای تولید قطعات کوچک (سریع) و بزرگ (کند).
تأثیر زیست‌محیطی	زیاد، دفع ماسه‌های قلیایی و آلودگی خاک	کم، کاهش پسماند و مصرف منابع طبیعی (سیلیس)	حرکت به سمت تولید سبز و پایدار

صنعت ریخته‌گری به تدریج از روش سنتی سخت‌کاری با CO_2 به سمت روش‌های اصلاح‌شده مبتنی بر استر حرکت کرده است؛ زیرا این روش‌ها، مشکلاتی مانند دشواری بازیافت ماسه، شکنندگی ماهیچه و تولید پسماند را کاهش می‌دهند. از مزایای اصلی این تغییر می‌توان به بهبود کیفیت، کاهش هزینه‌های عملیاتی و سازگاری بیشتر با محیط‌زیست اشاره کرد.



آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری سدیم سیلیکات با استفاده از اصلاح کننده استر (روش سدیم سیلیکات - استر)

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، چسب سدیم سیلیکات، افزودنی های ماسه، سخت کننده استری (مانند متیل فرمات)، مخلوط کن، ترازو
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گرد و غبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱) ابتدا برق مخلوط کن ماسه را قطع کنید و سپس داخل آن را تمیز کرده به طوری که هیچ گونه آلودگی نداشته باشد.
- ۲) مخلوط کن را روشن کرده و مقدار ۲۰ کیلو گرم ماسه درون مخلوط کن بریزید.
- ۳) مقدار ۱ درصد وزنی سخت کننده استری (طبق دستورالعمل مصرف) را به مخلوط کن اضافه کنید و فرصت دهید تا مخلوط به طور کامل یکنواخت گردد.
- ۴) مقدار ۳ تا ۵ درصد وزنی سدیم سیلیکات را وزن کرده و با احتیاط آن را کم کم به داخل مخلوط کن بریزید و فرصت دهید تا مخلوط به طور کامل یکنواخت گردد.
- ۵) مخلوط کن را خاموش کرده و مخلوط آماده مصرف است.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب های فردی جلوگیری شود.



ماهیچه گیری ماهیچه افقی به روش سدیم سیلیکات با استفاده از اصلاح کننده استر
مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، چسب سدیم سیلیکات، متیل فرمات، مخلوط کن تک باری ماسه، ترازو، جعبه ماهیچه، صفحه زیر درجه، کارد تسمه
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گرد و غبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱) ابتدا ماسه قالب گیری آماده شده در فعالیت کارگاهی ۳ را تهیه کنید.
- ۲) جعبه ماهیچه و صفحه زیر درجه را آماده کنید و درون جعبه ماهیچه پودر جدایش بپاشید.
- ۳) مخلوط ماسه آماده شده را به تدریج درون جعبه ماهیچه ریخته و با کارد تسمه در تمام قسمت های قالب پخش و متراکم کنید.
- ۴) پس از پر شدن جعبه ماهیچه، سطح ماسه را صاف کرده و فرصت دهید تا عمل خودگیری انجام شود.
- ۵) پس از سخت شدن ماهیچه جعبه ماهیچه را باز کرده و ماهیچه آماده شده را خارج کنید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب های فردی جلوگیری شود.

ماه‌یچه‌گیری به روش رزین فوران^۱ جعبه سرد

فرایند ماه‌یچه‌گیری با رزین فوران، یکی از پیشرفته‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ماه‌یچه‌گیری در ریخته‌گری مدرن به روش محفظه سرد است. در این فرایند، رزین فوران به عنوان چسب آلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش جهت سخت شدن مخلوط مواد ماه‌یچه‌گیری هم می‌توان از دمش گاز گوگرد دی‌اکسید (SO_2) استفاده کرد و هم می‌توان بدون دمش گاز و با استفاده از افزودن سخت‌کننده اسیدی (کاتالیزور) مانند اسید فسفریک به مخلوط مواد ماه‌یچه‌گیری استفاده شود.

چسب مورد استفاده در این روش، رزین فوران با پایه فورفوریل الکل است که برای سخت شدن این رزین می‌توان از سخت‌کننده‌های اسیدی یا در برخی کاربردها از دمش گاز SO_2 همراه با اکسیژن یا هوا و گاهی پراکسید هیدروژن استفاده کرد. یکی از مهم‌ترین کاربردهای صنعتی این روش، تولید ماه‌یچه برای ریخته‌گری فولادهای آلیاژی و چدن‌ها با بالا است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳

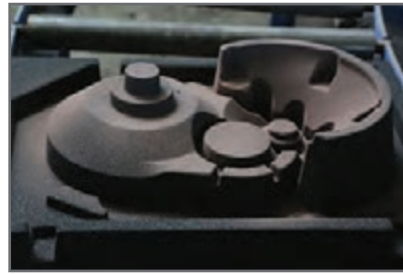
فرایند ماه‌یچه‌گیری با رزین فوران به روش محفظه سرد، مجموعه‌ای از ویژگی‌های مطلوب سیستم‌های مختلف ماه‌یچه‌سازی را در اختیار تولیدکنندگان قرار می‌دهد. از یک سو، این روش مانند سایر فرایندهای سخت‌شونده مخلوط با دمش گاز، از بهره‌وری بسیار بالا برخوردار است و برای تولید انبوه ماه‌یچه‌ها عملکردی سریع و قابل اعتماد ارائه می‌کند. از سوی دیگر، به دلیل استفاده از رزین فوران و گاز SO_2 ، مشکل ایجاد تخلخل گازی که در روش‌های دیگر محفظه سرد مانند دمش گاز آمین مشاهده می‌شود، به حداقل می‌رسد؛ در نتیجه ماه‌یچه‌ها و قطعات نهایی از کیفیت بالاتری برخوردار خواهند بود. در شکل ۱۴ نیز نمونه‌ای از قالب‌ها و ماه‌یچه‌های تولیدشده با روش فوران نمایش داده شده است.



ج) ماه‌یچه آماده شده به روش رزین فوران



ب) لنگه زیرین قالب تهیه شده به روش فوران



الف) لنگه رویی قالب تهیه شده به روش فوران

شکل ۱۴

درصد ترکیبات مخلوط ماهیچه گیری به روش فوران بدون استفاده از دمش گاز
در جدول ۶ درصد ترکیبات مخلوط مواد قالب گیری به روش رزین فوران با سخت کننده مایع (بدون استفاده از دمش گاز) آورده شده است.

جدول ۶

جزء	درصد تقریبی	نقش و توضیحات
ماسه سیلیسی خشک (ماسه پایه ریخته گری)	۹۴/۵ - ۹۶/۵ %	ماده اصلی ماهیچه ها ماسه سیلیسی با دانه بندی یکنواخت و رطوبت بسیار پایین (کمتر از ۰/۱ %).
رزین فوران (جزء A)	۱/۸ - ۱ %	چسب اصلی (رزین) معمولاً یک رزین فورفوریل الکل با درجه خلوص بالاست. این جزء معمولاً در طرف A سیستم نگهداری می شود.
سخت کننده اسیدی (فسفریک اسید) (هاردنر جزء B)	۱/۲ - ۰/۵ %	عامل سخت کننده معمولاً شامل اسیدهای آلی یا معدنی است که موجب واکنش پلیمریزاسیون و سخت شدن رزین فوران می شود.
افزودنی ها (اختیاری)	۰/۳ - ۰ %	عوامل افزودنی مانند روغن سیلیکون یا مواد روان کننده که برای بهبود جدایش از جعبه ماهیچه، کنترل کیفیت سطح و کاهش عیوب استفاده می شوند.

درصد کل چسب جزء A (رزین) + جزء B (سخت کننده) معمولاً حدود ۱/۵ تا ۳ درصد وزن ماسه است و نسبت جزء A به جزء B بسته به نوع رزین و هاردنر متفاوت است.

نکته



روش و مراحل آماده سازی مخلوط مواد قالب گیری بدون دمش گاز با استفاده از سخت کننده مایع
ابتدا ماسه سیلیسی خشک داخل مخلوط کن ریخته می شود، سپس مواد افزودنی اضافه می گردد، پس از مخلوط شدن کامل در مرحله آخر رزین فوران به مخلوط اضافه می شود.

ترتیب افزودن مواد اهمیت زیادی دارد، به گونه ای که در صورت عدم رعایت این ترتیب و اضافه شدن اسید پس از چسب، مخلوط به سرعت خشک شده و ماسه قالب یا ماهیچه به صورت غیر یکنواخت در خواهد آمد. عدم رعایت این ترتیب باعث شروع زود هنگام واکنش، کاهش زمان کارپذیری و افت کیفیت ماهیچه می شود. آماده سازی ماسه فوران در مخلوط کن های مداوم یا غیر مداوم (تک باری) انجام می شود. در روش غیر مداوم (تک باری)، مقدار مشخصی ماسه و سپس اسید وارد مخلوط کن می شود و عمل اختلاط انجام می گیرد. پس از اختلاط کامل ماسه و اسید، چسب به آن اضافه می شود و دوباره عمل مخلوط شدن انجام می گیرد. در مخلوط کن مداوم، دستگاه به طور مداوم کار می کند. ابتدا ماسه وارد حلزونی مخلوط کن می شود، سپس شیر اسید باز شده و با افزودن سخت کننده اسیدی، عملیات اختلاط انجام می شود. در ادامه شیر چسب باز شده و دوباره مخلوط شدن انجام می گیرد.

نکته



واکنش خودگیری و سخت شدن ماسه بلافاصله پس از اختلاط آغاز می‌شود، بنابراین محدودیت زمانی برای قالب‌گیری یا ماهیچه‌گیری وجود دارد. در ماسه‌های بدون پخت، مدت زمانی را که فرصت هست تا قبل از خودگیری کامل ماسه و چسب، ماهیچه از جعبه ماهیچه یا مدل از قالب بتواند خارج شود، زمان کارپذیری می‌گویند. این زمان در ماسه فوران حدود ۳ الی ۴۵ دقیقه است که این زمان به عواملی مانند دمای ماسه، نوع و مقدار اسید، رطوبت ماسه، مقدار رزین و کیفیت اختلاط بستگی دارد. در ماسه فوران معمولاً تا سه ساعت پس از زمان خودگیری ماهیچه یا قالب به حدود ۹۰-۷۰ درصد استحکام نهایی خود می‌رسد.

روش و مراحل آماده‌سازی مخلوط مواد قالب‌گیری فوران با استفاده از دمش گاز (بدون استفاده از سخت‌کننده)

اصول کلی این روش براین اساس است که ابتدا رزین فوران به‌طور یکنواخت روی سطح دانه‌های ماسه توزیع می‌شود تا هر دانه ماسه با لایه‌ای از رزین پوشیده شود. پس از انجام این اختلاط، با دمش گاز SO_2 فرایند پخت شیمیایی به سرعت آغاز شده و ماهیچه در مدت چند ثانیه به استحکام اولیه مطلوب می‌رسد.

مراحل صنعتی آماده‌سازی مخلوط مواد قالب‌گیری در این روش به‌صورت زیر انجام می‌شود:

۱ آماده‌سازی مواد: ماسه مورد استفاده باید کاملاً خشک، تمیز و خنک باشد و دمای آن در محدوده ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس قرار داشته باشد؛ زیرا وجود رطوبت یا دمای بالا می‌تواند موجب کاهش کارایی مخلوط و افت استحکام ماهیچه شود.

- رزین و ماسه باید قبل از مصرف در شرایط مناسب دمایی نگهداری شوند و پیش از استفاده، رزین به‌خوبی هم‌زده شود تا یکنواختی آن حفظ گردد.

۲ اختلاط: ابتدا ماسه خشک وارد مخلوط‌کن شده، سپس رزین فوران به آن افزوده شده و مخلوط برای مدت کافی هم‌زده می‌شود تا رزین به‌طور کامل با دانه‌های ماسه ترکیب گردد. پس از یکنواخت شدن مخلوط، می‌توان آن را برای عملیات ماهیچه‌گیری مورد استفاده قرار داد.

۳ قالب‌گیری: پس از آماده شدن مخلوط، ماسه رزینی به جعبه ماهیچه یا قالب منتقل شده و عملیات قالب‌گیری انجام می‌شود.

۴ خودگیری (سخت شدن) با گاز (گازدهی - مرحله اصلی): جعبه ماهیچه پس از پر شدن، زیر هود محفظه گازدهی قرار داده می‌شود تا عملیات سخت‌سازی در شرایط ایمن انجام گیرد. سپس گاز SO_2 به‌عنوان عامل سخت‌کننده از طریق منافذی که پیش‌تر با یک سیخ هواکش در مخلوط ایجاد شده است، به داخل ماهیچه دمیده می‌شود تا فرایند خودگیری و سخت شدن آغاز شود. گازدهی معمولاً با فشار پایین در محدوده ۲/۵ تا ۸/۵ بار و طی مدت زمانی بسیار کوتاه، حدود چند ثانیه، از طریق الگو انجام می‌گیرد تا استحکام اولیه ماهیچه به سرعت حاصل شود.

۵ خارج کردن ماهیچه و مونتاژ آن در قالب: قالب تنها چند ثانیه پس از گازدهی به استحکام لازم برای خارج کردن الگو می‌رسد. پس از جداسازی ماهیچه از جعبه ماهیچه، قطعه معمولاً برای تکمیل فرایند سخت شدن و دستیابی به بیشترین استحکام، به مدت کوتاهی معمولاً بین ۳۰ تا ۶۰ دقیقه نگهداری می‌شود. در پایان، ماهیچه‌ها مونتاژ شده و برای انجام عملیات ریخته‌گری آماده می‌گردند.

مزایا و معایب قالب گیری ماهیچه به روش فوران جعبه سرد

جدول ۷ به مقایسه بین برخی از مهم ترین مزایا و معایب ماهیچه سازی با استفاده از رزین فوران اشاره می کند.

جدول ۷

ویژگی	روش رزین فوران بدون دمش گاز	روش رزین فوران با استفاده از دمش گاز
مزایا	- تولید ماهیچه های بزرگ. - هزینه اولیه کمتر. - سادگی فرایند و عدم نیاز به تجهیزات پیچیده دمش گاز.	- سرعت تولید بسیار بالا. - دقت ابعادی عالی ماهیچه های تولیدی. - عدم نیاز به حرارت دهی برای سخت شدن. - مناسب جهت تولید انبوه.
معایب	- سرعت سخت شدن پایین است. - محدودیت زمانی پس از افزودن کاتالیزور. - حساسیت به دما و رطوبت، به طوری که سرعت سخت شدن به شدت به شرایط محیطی وابسته است.	- هزینه اولیه بالا، به دلیل نیاز به تجهیزات تزریق گاز و سیستم تصفیه هوا. - این روش برای ساخت ماهیچه های بسیار بزرگ محدودیت دارد. - اثرات زیست محیطی، زیرا برخی گازهای مورد استفاده سمی و خورنده هستند.

نکات
ایمنی و بهداشتی



استفاده از دستگاه تصفیه گاز با راندمان بالا برای جذب و حذف گازها و بخارات مضر ضروری است تا از انتشار بخارات مضر در محیط کار جلوگیری شود. همچنین کنترل دقیق رطوبت ماسه اهمیت زیادی دارد؛ ماسه مورد استفاده باید کاملاً خشک باشد، زیرا وجود رطوبت می تواند کیفیت فرایند را تحت تأثیر قرار دهد. از سوی دیگر، دمای ماسه نیز باید به دقت کنترل شود، زیرا افزایش بیش از حد دما زمان کارپذیری مخلوط را به طور قابل توجهی کاهش می دهد. علاوه بر این، تنظیم دقیق نسبت اختلاط و میزان مصرف مواد، به ویژه نسبت چسب به سخت کننده، باید با دقت کامل انجام گیرد تا استحکام و کیفیت نهایی ماهیچه تضمین شود. رعایت این موارد نقش مهمی در ایمنی محیط کار و دستیابی به محصولی با کیفیت مطلوب دارد.

این روش به دلیل کیفیت بسیار بالا، در ریخته گری چدن داکتیل، چدن خاکستری و آلیاژهای برنزی برای تولید قطعات پیچیده با سطح تمام شده مطلوب، کاربرد گسترده ای دارد (شکل ۱۵).



شکل ۱۵



آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری رزین فوران جعبه سرد با استفاده از سخت کننده مایع
مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، سخت کننده مایع (فسفریک اسید)، رزین فوران، مخلوط کن تک باری ماسه، ترازو

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱ ابتدا برق مخلوط کن ماسه را قطع کرده و داخل آن را به طور کامل تمیز کنید، به گونه ای که هیچ گونه آلودگی یا باقیمانده مواد قبلی در آن وجود نداشته باشد.
- ۲ مخلوط کن را روشن کرده و ۲۰ کیلوگرم ماسه خشک و تمیز را داخل آن بریزید.
- ۳ مقدار ۵/۰ درصد وزنی فسفریک اسید را به دقت وزن کرده و با رعایت نکات ایمنی، آن را به آرامی و به صورت تدریجی به داخل مخلوط کن اضافه کنید. اجازه دهید مخلوط کاملاً هم زده شود تا ترکیب یکنواخت حاصل گردد.
- ۴ سپس مقدار ۱ درصد وزنی رزین فوران را به تدریج به مخلوط اضافه کرده و زمان کافی برای اختلاط کامل و یکنواخت شدن مواد در نظر بگیرید.
- ۵ پس از یکنواخت شدن کامل مخلوط، مخلوط کن را خاموش کرده و مواد آماده شده را به ظرفی تمیز، خشک و درب دار منتقل کنید. درب ظرف را به خوبی ببندید تا از جذب رطوبت جلوگیری شود.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب های فردی جلوگیری شود.



آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری رزین فوران جعبه سرد بدون استفاده از سخت کننده مایع
مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، رزین فوران، مخلوط کن تک باری ماسه، ترازو

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱ ابتدا برق مخلوط کن ماسه را قطع کرده و داخل آن را به طور کامل تمیز کنید تا هیچ گونه آلودگی یا باقی مانده مواد قبلی در آن وجود نداشته باشد.
- ۲ مخلوط کن را روشن کرده و مقدار ۲۰ کیلوگرم ماسه خشک و تمیز داخل آن بریزید.
- ۳ مقدار ۵/۱ درصد وزنی رزین فوران را به تدریج و به صورت یکنواخت به داخل مخلوط کن اضافه کنید و اجازه دهید اختلاط ادامه یابد تا مخلوط کاملاً همگن و یک دست شود.
- ۴ پس از اطمینان از یکنواختی مخلوط، مخلوط کن را خاموش کرده و مواد آماده شده را در ظرفی تمیز، خشک و درب دار منتقل نمایید و درب آن را به خوبی ببندید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب های فردی جلوگیری شود.



ماه‌یچه‌گیری ماه‌یچه چکمه‌ای به وسیله روش رزین فوران جعبه سرد با استفاده از سخت‌کننده مایع مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، رزین فوران، مخلوط کن تک باری ماسه، ترازو، جعبه ماه‌یچه، صفحه زیر درجه، کارد تسمه

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱ ابتدا مخلوط ماسه قالب‌گیری آماده‌شده در فعالیت کارگاهی ۵ را تهیه کنید.
- ۲ جعبه ماه‌یچه و صفحه زیردرجه را آماده کرده و پیش از شروع کار، سطح داخلی جعبه ماه‌یچه را به‌طور یکنواخت به پودر جدایش آغشته کنید.
- ۳ مخلوط ماسه آماده‌شده را به تدریج داخل جعبه ماه‌یچه ریخته و با استفاده از کارد تسمه، آن را به‌طور یکنواخت در تمامی قسمت‌های قالب پخش و متراکم کنید.
- ۴ پس از پر شدن کامل جعبه ماه‌یچه، سطح پشت‌بند را صاف کرده و حدود ۱۵ دقیقه صبر کنید تا فرایند خودگیری (سخت شدن) به‌طور کامل انجام شود.
- ۵ پس از اطمینان از سخت شدن ماه‌یچه، جعبه ماه‌یچه را به آرامی باز کرده و ماه‌یچه آماده‌شده را جهت بررسی به هنرآموز تحویل دهید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



ماه‌یچه‌گیری ماه‌یچه سه راهی آب به وسیله روش رزین فوران جعبه سرد بدون استفاده از سخت‌کننده مایع مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، رزین فوران، کپسول گاز SO_2 و تجهیزات دمش گاز، مخلوط کن تک باری ماسه، ترازو، جعبه ماه‌یچه، صفحه زیر درجه، کارد تسمه

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱ ابتدا مخلوط ماسه قالب‌گیری آماده‌شده در فعالیت کارگاهی ۶ را تهیه کنید.
- ۲ جعبه ماه‌یچه و صفحه زیر درجه را آماده کنید و درون جعبه ماه‌یچه را با پودر جدایش آغشته کنید.
- ۳ مخلوط ماسه آماده‌شده را به تدریج داخل جعبه ماه‌یچه ریخته و با کارد تسمه به تمام قسمت‌های قالب پخش کنید.
- ۴ پس از صاف کردن سطح ماه‌یچه، با استفاده از سیخ هواکش چند کانال یا مجرای عبور گاز ایجاد کنید تا گاز SO_2 بتواند در تمام حجم ماه‌یچه نفوذ کند.
- ۵ گاز SO_2 را با فشار مناسب و به مدت تقریبی ۳ تا ۵ ثانیه (متناسب با حجم ماه‌یچه) به داخل قالب تزریق کنید تا فرایند سخت شدن آغاز شود.
- ۶ پس از پایان دمش گاز و رسیدن ماه‌یچه به استحکام اولیه، با دقت جعبه ماه‌یچه را باز کنید و ماه‌یچه آماده‌شده را به هنرآموز تحویل دهید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

ماه‌یچه‌گیری به روش فنولیک^۱ جعبه سرد (آمین/ایزوسیانات)

در این روش، سخت شدن مخلوط مواد ماه‌یچه‌گیری به دو صورت در صنعت انجام می‌شود:

۱ سخت شدن با استفاده از دمش گاز.

۲ سخت شدن بدون استفاده از دمش گاز.

مواد مورد استفاده در این روش شامل ماسه سیلیسی، رزین دوجزئی و عامل فعال‌کننده (گاز آمین) است.

چسب مورد استفاده در این روش از دو جزء تشکیل می‌شود:

جزء A که رزین فنولیک است و جزء B پلی‌ایزوسیانات است. عامل سخت‌کننده یا فعال‌ساز این مخلوط ماه‌یچه‌گیری گاز تری‌اتیل آمین (TEA) یا دی‌متیل‌اتیل آمین است. این روش ماه‌یچه‌سازی بیشترین کاربرد را در صنعت خودروسازی برای ساخت قطعات چدنی و فولادی، مانند بلوک سیلندر، سرسیلندر، مخازن و قطعات دارای مجاری پیچیده دارد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶

روش فنولیک یکی از رایج‌ترین و کارآمدترین فرایندهای ماه‌یچه‌گیری به روش محفظه سرد در صنعت ریخته‌گری است که به دلیل سرعت بالا، دقت ابعادی مناسب و کیفیت مطلوب سطح برای تولید انبوه قطعات کاربرد گسترده‌ای دارد.

ترکیبات مخلوط مواد ماه‌یچه‌گیری به روش فنولیک جعبه سرد با استفاده از دمش گاز آمین

در جدول ۸، درصد تقریبی ترکیبات مخلوط مواد ماه‌یچه‌گیری به روش فنولیک (با استفاده از دمش گاز) آورده شده است.

جدول ۸

نقش و توضیحات	درصد تقریبی	جزء
ماسه سیلیسی ماده اصلی ساخت ماهیچه است. رطوبت ماسه باید بسیار پایین (معمولاً کمتر از ۱/۱ درصد و دمای آن در محدوده ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس باشد).	۹۷ - ۹۴/۵٪	مایه سیلیسی خشک (ماسه ریخته گری)
جزء اول رزین فنول فرمالدهید محلول در حلال با گروه های انتهایی هیدروکسیل (OH) است. این جزء معمولاً در مخزن بخش ۱ یا رزین نگهداری می شود که ویسکوزیته پایینی دارد.	۱/۲ - ۰/۸٪	رزین فنولیک (جزء اول)
جزء دوم پلی ایزوسیانات است که به عنوان عامل اتصال دهنده عمل می کند. این جزء در مخزن بخش ۲ یا کاتالیست ها نگهداری می شود. توجه داشته باشید که بسیار رطوبت گیر و واکنش پذیر است.	۱/۲ - ۰/۸٪	پلی ایزوسیانات (جزء دوم)
روان کننده، عوامل آزادکننده یا مواد اصلاح کننده خواص مخلوط، مانند استرها یا موم های ویژه (حدود ۰/۳ - ۰/۱ درصد).	۰/۵ - ۰٪	افزودنی ها (اختیاری)

نکته



درصد کل چسب (جزء I + جزء II) معمولاً بین ۱/۴ تا ۱/۸ درصد وزن ماسه است. نسبت اختلاط دو جزء رزین تقریباً همیشه ۱:۱ براساس حجم یا وزن، مطابق دستورالعمل سازنده انتخاب می شود. این یک استاندارد کلیدی برای عملکرد بهینه سیستم است.

روش و مراحل آماده سازی مخلوط مواد ماهیچه گیری به روش فنولیک جعبه سرد با استفاده از دمش گاز آمین

از نظر شیمیایی، جزء اول (رزین فنولیک) و جزء دوم (پلی ایزوسیانات) در حضور گاز آمین با یکدیگر واکنش می دهند. این واکنش پلیمریزاسیون موجب ایجاد پیوندهای شبکه ای و در نتیجه سخت شدن سریع مخلوط مواد ماهیچه گیری می شود.

مراحل صنعتی آماده سازی مخلوط مواد قالب گیری با این روش بدین صورت است:

۱ آماده سازی مواد (پیش شرط اساسی): ماسه باید کاملاً خشک باشد (با رطوبت کمتر از ۰/۱٪) و در دمای پایداری و خنک، حدود 5 ± 25 درجه سلسیوس، نگهداری شود؛ زیرا افزایش رطوبت باعث بروز واکنش های ناخواسته شده و کارایی مخلوط را به طور قابل توجهی کاهش می دهد. همچنین دو جزء سیستم رزین باید در دمای محیط، ترجیحاً در شرایط کنترل شده، نگهداری شده و از تماس با رطوبت هوا محافظت شوند؛ به همین منظور درب مخازن باید همواره بسته بماند.

۲ اختلاط (با دقت بالا): در این روش از یک مخلوط کن پیوسته با دقت بالا استفاده می شود که قابلیت تزریق هم زمان و دقیق دو جریان رزین را داشته باشد. ابتدا، ماسه خشک وارد مخلوط کن می شود. سپس جزء اول (رزین فنولیک) و جزء دوم (پلی ایزوسیانات) به طور هم زمان و با نسبت دقیق ۱:۱ از طریق دو نازل جداگانه به جریان ماسه تزریق می شوند. زمان اختلاط بسیار کوتاه و معمولاً بین ۳۰ تا ۶۰ ثانیه است؛ هدف از این مرحله ایجاد یک پوشش نازک، یکنواخت و کامل از هر دو جزء روی سطح دانه های ماسه است.

۳ قالب گیری: مخلوط آماده شده باید بلافاصله در اطراف الگو داخل جعبه قالب ریخته شده و با روش هایی مانند ویبره یا اعمال فشار متراکم شود. زمان کارپذیری این مخلوط محدود است و معمولاً بین ۳ تا ۱۰ دقیقه ادامه دارد؛ پس از این مدت، واکنش سخت شدن به تدریج آغاز شده و ادامه قالب گیری یا ماهیچه گیری دشوار خواهد شد.

۴ سخت کردن با گاز آمین (مرحله کلیدی): جعبه ماهیچه پس از آماده سازی به محفظه دمش گاز منتقل می شود. گاز کاتالیزور که عامل اصلی آغاز واکنش سخت شدن است، معمولاً از تری اتیل آمین (TEA) یا در بسیاری از واحدهای صنعتی از دی متیل اتیل آمین (DMEA) استفاده می شود. این گاز معمولاً به صورت رقیق شده با نیتروژن (حدود ۱ تا ۲ درصد آمین در نیتروژن) استفاده می گردد تا ایمنی فرایند افزایش یابد و گاز نیز به طور یکنواخت در سراسر مخلوط پخش شود. فرایند گازدهی شامل دو فاز است:

فاز اول:

– گازدهی آمین: مخلوط گاز آمین/نیتروژن با فشار پایین (حدود ۰/۳ تا ۰/۷ بار) و به مدت ۲ تا ۱۰ ثانیه، بسته به ضخامت مقطع، از طریق الگو به داخل مخلوط دمیده می شود. واکنش سخت شدن مخلوط معمولاً از همان یک تا دو ثانیه نخست آغاز می شود.

فاز دوم:

– پاک سازی: بلافاصله پس از پایان گازدهی، هوای خشک یا نیتروژن خالص به مدت ۱۰ تا ۳۰ ثانیه از داخل قالب عبور داده می شود تا گاز آمین باقیمانده تخلیه شده و واکنش سخت شدن کامل شود.

۵ خارج کردن ماهیچه و مونتاژ آن در قالب: چند ثانیه پس از پایان گازدهی، ماهیچه به استحکام لازم برای خروج از جعبه ماهیچه دست می یابد. پس از جداسازی، ماهیچه معمولاً به ۳۰ تا ۶۰ دقیقه زمان نیاز دارد تا به استحکام نهایی خود دست یابد. در پایان، ماهیچه ها مونتاژ شده و برای انجام عملیات ریخته گری آماده می شوند.

مزایا و معایب روش فنولیک جعبه سرد (آمین/ایزوسیانات)

در جدول ۹ مهم ترین مزایا و معایب روش فنولیک با دمش گاز آورده شده است.

جدول ۹

مزایا	معایب و محدودیت ها
سرعت تولید بسیار بالا، تکمیل چرخه قالب گیری و سخت شدن در کمتر از یک دقیقه.	مسمومیت بسیار بالا. رزین، ایزوسیانات و گاز آمین مواد شیمیایی خطرناک هستند و رعایت الزامات ایمنی در کار با آنها ضروری است.
کیفیت سطح بسیار مطلوب قطعه همراه با دقت ابعادی بالا.	نیاز به کنترل محیطی شدید. رطوبت و دمای محیط باید دقیقاً کنترل شود، زیرا رطوبت با ایزوسیانات واکنش داده و موجب کاهش استحکام و تولید گاز CO ₂ می شود.
استحکام نهایی بالای قالب و مقاومت مکانیکی و سایشی مناسب.	هزینه نسبتاً بالای مواد اولیه و تجهیزات گازدهی و الزامات ایمنی.
قابلیت تولید طیف وسیعی از قطعات، از کوچک تا بسیار بزرگ.	مشکلات بازیابی ماسه. ماسه مصرف شده به دلیل پوشش پلی یورتان، به احیای حرارتی در دمای بالا (۸۰۰-۷۰۰ °C) نیاز دارد.
پایداری فرایند و تکرارپذیری بالای کیفیت محصول در صورت کنترل صحیح پارامترها.	خطرات سلامتی جدی برای اپراتور. نیاز مطلق به تهویه و تجهیزات حفاظت فردی کامل.
زمان کار مناسب برای قالب گیری دستی و ماشینی.	حساسیت به شرایط نگهداری رزین. رزین ها به ویژه جزء ایزوسیانات، به رطوبت و دمای بالا حساس اند.



استفاده از دستگاه‌های پایش و اندازه‌گیری غلظت گاز آمین و ایزوسیانات در هوای محیط، همراه با به‌کارگیری سیستم تهویه مؤثر کاملاً ضروری است. آموزش مستمر کارکنان در زمینه کار با این مواد و رعایت دقیق دستورالعمل‌های ایمنی نیز از الزامات اساسی این فرایند است.

کنترل رطوبت

رطوبت ماسه، کیفیت هوای فشرده و شرایط محیط کار باید به‌دقت کنترل شوند. علاوه بر این، نسبت اختلاط دو جزء که معمولاً ۱:۱ است باید کاملاً دقیق رعایت شود؛ زیرا هرگونه انحراف از این نسبت (برای مثال در اثر گرفتگی نازل‌ها) می‌تواند به کاهش شدید استحکام یا حتی عدم پخت مخلوط منجر شود. این روش به‌دلیل کیفیت بالای قطعات تولیدی و بهره‌وری مناسب، در تولید انبوه قطعات چدنی و آلومینیومی در صنعت خودروسازی، کاربرد بسیار گسترده‌ای دارد.



آماده‌سازی مخلوط مواد ماهیچه‌گیری به روش فنولیک جعبه سرد با استفاده از دمش گاز آمین

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، رزین فنولیک، پلی‌ایزوسیانات، مخلوط کن تک‌باری ماسه، ترازو

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گرد و غبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱ ابتدا مخلوط‌کن را کاملاً تمیز کنید. سپس مقدار مورد نیاز ماسه سیلیسی را وزن کرده و داخل مخلوط‌کن بریزید. افزودنی‌هایی مانند خاک‌اره و پودر گرافیت را اضافه کرده و مخلوط‌کن را روشن کنید تا مخلوط اولیه یکنواخت شود.
- ۲ مقدار رزین فنولیک مورد نیاز را براساس وزن ماسه محاسبه کرده و به مخلوط اضافه کنید. اجازه دهید اختلاط ادامه یابد تا رزین به‌طور کامل و یکنواخت با ماسه ترکیب شود.
- ۳ سپس مقدار ایزوسیانات مورد نیاز را با توجه به وزن ماسه محاسبه و وزن کرده و به مخلوط اضافه کنید. اختلاط را تا دستیابی به مخلوط یکنواخت کامل ادامه دهید.
- ۴ پس از اطمینان از یکنواختی کامل مخلوط، مواد ماهیچه‌گیری آماده استفاده در عملیات قالب‌گیری یا ماهیچه‌سازی خواهند بود.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



ماه‌یچه‌گیری ماهیچه افقی به روش فنولیک جعبه سرد (آمین - ایزوسیانات) با استفاده از دمش گاز آمین

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی خشک، افزودنی‌های ماسه، رزین فنولیک (جزء اول)، پلی ایزوسیانات (جزء دوم)، مخلوط کن تک باری ماسه، ترازو، جعبه ماهیچه، صفحه زیر درجه، کارد تسمه، تجهیزات قالب گیری، گاز آمین به همراه تجهیزات مربوطه، مخلوط کن پیوسته

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱] ابتدا مخلوط ماسه آماده شده در فعالیت کارگاهی ۹ را تهیه کرده و از یکنواخت بودن آن اطمینان حاصل کنید.
- ۲] جعبه ماهیچه و صفحه زیر درجه را آماده کرده و سطح داخلی جعبه ماهیچه را به طور یکنواخت با پودر جداکننده (جدایش) آغشته کنید.
- ۳] مخلوط ماسه را به تدریج داخل جعبه ماهیچه ریخته و با استفاده از کارد تسمه، آن را به طور یکنواخت در تمام قسمت‌های قالب پخش و متراکم کنید.
- ۴] پس از پر شدن کامل جعبه ماهیچه، سطح پشت بند را صاف کرده و با استفاده از سیخ هواکش، چند منفذ مناسب برای عبور گاز ایجاد کنید. سپس گاز آمین را از طریق این کانال‌ها به مدت حدود ۵ تا ۱۵ ثانیه به داخل جعبه ماهیچه هدایت کنید تا فرایند سخت شدن انجام شود.
- ۵] پس از اطمینان از سخت شدن ماهیچه، جعبه ماهیچه را با دقت باز کرده و ماهیچه آماده شده را جهت بررسی به هنرآموز تحویل دهید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

روش و مراحل آماده‌سازی مخلوط مواد ماهیچه‌گیری فنولیک جعبه سرد بدون استفاده از دمش گاز

ابتدا ماسه سیلیسی خشک داخل مخلوط کن ریخته می‌شود و سپس مواد افزودنی در صورت نیاز به آن افزوده می‌شود. در مرحله بعد، مقدار ۵/۸ تا ۱/۲ درصد وزنی ماسه، رزین فنولیک به مخلوط اضافه می‌شود و اختلاط تا رسیدن به ترکیبی کاملاً یکنواخت ادامه می‌یابد.

پس از یکنواخت شدن مخلوط، ایزوسیانات به میزان ۵/۸ تا ۱/۲ درصد وزنی ماسه به آن افزوده می‌شود. مقدار دقیق مصرف این ماده به عواملی نظیر پیچیدگی و ابعاد ماهیچه، دانه‌بندی ماسه، نوع آلیاژ ریختگی و سایر پارامترهای فرایندی بستگی دارد.

در ادامه، سخت‌کننده مایع (آمین مایع) به میزان ۵/۳۶ تا ۵/۰۹ درصد وزنی ماسه به مخلوط اضافه شده و پس از یکنواخت شدن کامل، مخلوط بلافاصله آماده استفاده در قالب‌گیری یا ماهیچه‌سازی خواهد بود. زمان گیرش اولیه معمولاً بین ۵ تا ۲۰ دقیقه بوده و به نوع رزین، مقدار سخت‌کننده، دمای محیط و ابعاد ماهیچه بستگی دارد. در نهایت، این فرایند منجر به تولید قالب یا ماهیچه‌ای با استحکام مناسب و کیفیت مطلوب می‌شود.



آماده‌سازی مخلوط مواد ماهیچه‌گیری به روش فنولیک جعبه سرد بدون استفاده از دماش گاز آمین
مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، رزین فنولیک (جزء اول)، پلی‌ایزوسیانات (جزء دوم)، آمین مایع، مخلوط‌کن تک‌باری ماسه، ترازو، جعبه ماهیچه، صفحه زیر درجه، کاردک
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گرد و غبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.
مراحل انجام کار:

- ۱) ابتدا مخلوط‌کن را به‌طور کامل تمیز کرده و مقدار مورد نیاز ماسه سیلیسی خشک را وزن کنید. افزودنی‌های لازم مانند خاکاره و پودر گرافیت را اضافه کرده و مخلوط‌کن را روشن کنید تا مخلوط اولیه یکنواخت شود.
 - ۲) مقدار رزین فنولیک مورد نیاز را براساس درصد وزنی تعیین کرده، اندازه‌گیری نموده و به داخل مخلوط‌کن اضافه کنید. اختلاط را تا یکنواخت شدن کامل مخلوط ادامه دهید.
 - ۳) سپس مقدار ایزوسیانات مورد نیاز را با توجه به وزن ماسه محاسبه و به مخلوط اضافه کنید و اجازه دهید فرایند اختلاط تا رسیدن به ترکیبی کاملاً همگن ادامه یابد.
 - ۴) در مرحله بعد، آمین مایع مورد نیاز را بر اساس دستورالعمل رزین اندازه‌گیری کرده و به مخلوط اضافه کنید. اختلاط را تا یکنواخت شدن کامل ادامه دهید.
 - ۵) پس از حصول یکنواختی کامل، مخلوط ماسه آماده‌شده باید بلافاصله در فرایند قالب‌گیری ماهیچه مورد استفاده قرار گیرد، زیرا زمان کارپذیری مخلوط محدود است.
- نکته:**

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
 - هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



ماهیچه‌گیری چکمه‌ای به روش فنولیک جعبه سرد بدون استفاده از دماش گاز آمین
مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، افزودنی‌های ماسه، رزین فنولیک، پلی‌ایزوسیانات، آمین مایع، مخلوط‌کن تک‌باری ماسه، ترازو، جعبه ماهیچه، صفحه زیر درجه، کارد تسمه، تجهیزات قالب‌گیری
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.
مراحل انجام کار:

- ۱) ابتدا ماسه ماهیچه‌گیری آماده‌شده در فعالیت کارگاهی ۱۱ را تهیه کنید.
 - ۲) جعبه ماهیچه و صفحه زیر درجه را آماده کرده و سطح داخلی جعبه ماهیچه را به‌طور یکنواخت با پودر جدایش آغشته کنید.
 - ۳) مخلوط ماسه آماده‌شده را به‌تدریج داخل جعبه ماهیچه ریخته و با استفاده از کارد تسمه، آن را به‌طور یکنواخت در تمامی قسمت‌های قالب پخش و متراکم کنید.
 - ۴) پس از پر شدن کامل جعبه ماهیچه، به مدت حدود ۵ تا ۱۵ دقیقه (بسته به میزان رزین و کاتالیزور مصرفی) صبر کنید تا فرایند خودگیری انجام شده و ماهیچه سخت شود.
 - ۵) پس از اطمینان از سخت‌شدن کامل، جعبه ماهیچه را با دقت باز کرده و ماهیچه آماده‌شده را جهت بررسی به هنرآموز تحویل دهید.
- نکته:**

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
 - هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

مزایا و معایب ماهیچه سازی به روش فنولیک جعبه سرد
در جدول ۱۰ مقایسه ای بین برخی از مهم ترین مزایا و معایب ماهیچه سازی با استفاده از رزین فنولیک صورت گرفته است.

جدول ۱۰

ویژگی	روش رزین فنولیک بدون دمش گاز	روش رزین فنولیک با استفاده از دمش گاز
مزایا	۱ هزینه اولیه کمتر. ۲ سادگی فرایند تولید. ۳ خواص مکانیکی خوب ماهیچه های تولیدی. ۴ مناسب جهت ساخت ماهیچه های بزرگ.	۱ سرعت تولید فوق العاده بالا. ۲ استحکام اولیه بسیار خوب. ۳ دقت ابعاد بالا. ۴ بهره وری بالا در تولید انبوه.
معایب	۱ سرعت تولید پایین. ۲ زمان کارپذیری مخلوط پس از اختلاط کم است. ۳ سرعت سخت شدن به شدت به دما و رطوبت وابسته است.	۱ هزینه سرمایه گذاری اولیه تجهیزات بالا است. ۲ برخی گازهای مورد استفاده سمی و خورنده هستند. ۳ حساسیت به رطوبت.

در جدول زیر به صورت مقایسه ای روش های صنعتی متداول ماهیچه گیری محفظه سرد آورده شده و با یکدیگر مقایسه شده است، جاهای خالی را کامل کنید.

فعالیت کلاسی



روش	چسب	گاز فعال ساز	سرعت پخت	مزایا	معایب
سیلیکات - CO_2	سدیم سیلیکات	.....	۵ - ۱ دقیقه	کم هزینه، بی خطر	استحکام کمتر، جذب رطوبت، باز یافت مشکل تر
فوران - SO_2	.....	SO_2	۱۵ - ۵ ثانیه	مقاومت حرارتی بالا، استحکام خوب	.....
فنولیک - ایزوسیانات آمین	فنولیک/ اورتان	تری اتیل آمین	.....	دقت بالا، سطح عالی، مناسب تولید انبوه	سمیت گاز، هزینه نسبی بالا

ارزشیابی شایستگی ماهیچه گیری به روش جعبه ماهیچه سرد

نام و نام خانوادگی :		شماره ملی:	تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۰۷۱۵۲۰	حرفه	متصدیان قالب گیری و ریخته گری
کد وظیفه شغل	۸۱۲۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	ماهیچه گیری
کد کار	۸۱۲۱۱۲۰۳۱۱	کار	ماهیچه گیری محفظه سرد
		سطح صلاحیت	۳
		سطح شایستگی	مهارت/ تسلط

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص ها/داوری /نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	توزین و محاسبه مقدار ماسه و چسب	ابزار: ترازو، پیمانه، ظرف اختلاط، کاردک یا بیلچه کوچک مواد: ماسه سیلیسی یا ماسه ماهیچه، چسب رزینی یا سیلیکات سدیم، کاتالیست در صورت نیاز، گاز کربن دی اکسید تجهیزات: میز کار، مخلوط کن ماسه در صورت نیاز، دستکش، ماسک تنفسی، عینک ایمنی. زمان: ۱۵ تا ۳۰ دقیقه مکان: کارگاه قالب گیری / ماهیچه سازی	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	محاسبه دقیق نسبت ها، توزین با خطای کمتر از ۱٪، مخلوط یکنواخت و ثبت کامل محاسبه قابل قبول با خطای جزئی (تا ۳٪)، مخلوط قابل استفاده و ثبت نسبی خطای زیاد در نسبت ها، مخلوط نامناسب و غیر قابل استفاده	۳	
					۲	
					۱	
۲	آماده سازی مخلوط ماسه قالب گیری	ابزار: الک، بیل/کاردک، سطل یا ظرف اختلاط، پیمانه آب مواد: ماسه سیلیسی، آب، چسب رزینی/سیلیکات (در صورت روش شیمیایی)، افزودنی های کربنی در صورت نیاز، گاز کربن دی اکسید تجهیزات: مخلوط کن ماسه، میز کار، ترازو (در صورت کنترل نسبت ها)، دستکش، ماسک گردوغبار، عینک ایمنی، تهویه زمان: ۲۰ تا ۴۵ دقیقه مکان: کارگاه قالب گیری / واحد آماده سازی ماسه	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	اختلاط یکنواخت، رطوبت مناسب، بدون کلوخه و ثبت کامل زمان و نسبت ها اختلاط قابل قبول با کلوخه های جزئی و چسبندگی مناسب اختلاط نامناسب، کلوخه زیاد و غیر قابل استفاده برای قالب گیری	۳	
					۲	
					۱	
۳	قالب گیری ماهیچه محفظه سرد	ابزار: بیلچه یا کاردک، الک، نازل دمش گاز، خط کش یا ابزار کنترل ابعاد مواد: ماسه ماهیچه، چسب مناسب (رزینی/سیلیکات)، گاز CO ₂ یا گاز مربوط به فرایند، پودر جدایش در صورت نیاز تجهیزات: جعبه ماهیچه، منبع گاز و شلنگ، رگلاتور فشار، میز کار، دستکش، ماسک، عینک ایمنی، تهویه مناسب زمان: ۲۰ تا ۴۵ دقیقه مکان: کارگاه ماهیچه سازی	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	پرشدهی کامل، تراکم یکنواخت، گیرش صحیح، سطح صاف و ماهیچه سالم پرشدهی قابل قبول با نقص های جزئی و استحکام کافی پرشدهی ناقص، ترک خوردگی یا شکستگی و غیر قابل استفاده بودن ماهیچه	۳	
					۲	
					۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: شایستگی های غیر فنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ایمنی: کفش ایمنی، کلاه ایمنی، لباس کار توجهات زیست محیطی: استفاده از سیستم های تهویه، جداسازی و تفکیک زباله ها، رعایت نظافت محیط کار نگرش: علاقه به کار، دقت بالا، نظم	رعایت بندهای ۱ الی ۴ عدم رعایت موارد ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل های اجرایی در تمام مراحل کار عدم رعایت اصول ایمنی و استفاده ناقص از تجهیزات فردی، ضعف در نگرش حرفه ای شامل بی دقتی و بی نظمی، بی توجهی به الزامات زیست محیطی مانند تهویه و نظافت و عدم پایبندی به قوانین و دستورالعمل های اجرایی در انجام فعالیت ها	۲ ۱		

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)	
توضیحات:	
معیار شایستگی انجام کار:	
– کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۲ و ۳ (مراحل بحرانی)	
– کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش	
– کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار	
تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه ای انجام می شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.	
مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه ریزی و تحلیل، پاسخ گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت ها	
تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.	

واحد یادگیری ۲: ماهیچه گیری به روش جعبه ماهیچه گرم

مقدمه

برای ریخته گری و تولید قطعاتی با شکل های پیچیده که دارای حفره های داخلی هستند، از ماهیچه گذاری استفاده می شود. در واحد یادگیری اول با انواع روش های تولید ماهیچه به روش جعبه ماهیچه سرد آشنا شدید. در این واحد یادگیری، ساخت ماهیچه ها به روش جعبه ماهیچه گرم آموزش داده می شود.

استاندارد عملکرد

ماهیچه گیری به روش جعبه ماهیچه گرم مطابق با استاندارد

ماهیچه گیری به روش جعبه ماهیچه گرم^۱

همان طور که آموخته اید، برای تولید قطعات ریخته گری با شکل های پیچیده و دارای حفره های داخلی، از ماهیچه استفاده می شود.

به تصاویر شکل ۱۷ دقت کنید. چه تفاوتی بین این دو روش ساخت ماهیچه مشاهده می کنید؟



ب) گرم کردن جعبه ماهیچه



الف) دمش گاز در جعبه ماهیچه

شکل ۱۷

ماهیچه های ریخته گری تا اوایل قرن بیستم عمدتاً با روش های سنتی، مانند ماسه تر ساخته می شدند. این روش ها برای تولید انبوه مناسب نبودند و نمی توانستند نیاز صنایع نوظهور، به ویژه خودروسازی و ماشین سازی را برآورده کنند، همین محدودیت ها زمینه ساز توسعه روش های نوین ماهیچه گیری شد. پیدایش رزین های گرماسخت در اوایل قرن بیستم (تقریباً ۱۹۳۰ تا ۱۹۴۰)، هم زمان با اختراع و توسعه مواد رزینی توسط شیمی دان بلژیکی - آمریکایی لئو بیکلند صورت گرفت؛ کسی که در سال ۱۹۰۷ رزین باکالیت را معرفی کرد. رزین های فنول فرمالدهید قابلیت سخت شدن بر اثر حرارت داشتند و این ویژگی بعدها مبنای شکل گیری روش جعبه ماهیچه گرم شد.

روش جعبه ماهیچه گرم به صورت رسمی در دهه ۱۹۴۰، با توسعه رزین های فنولیک اصلاح شده و ایده استفاده از جعبه ماهیچه گرم شونده مطرح گردید. این فناوری در مدت کوتاهی ابتدا در آمریکا و سپس در اروپا، به ویژه در صنعت خودروسازی، گسترشی سریع یافت.

همان طور که می دانید، در روش جعبه ماهیچه سرد، سخت شدن مخلوط ماهیچه گیری با استفاده از دمش گاز یا کاتالیزور انجام می شود تا واکنش های شیمیایی لازم برای پخت و استحکام ماهیچه صورت گیرد. اما یکی دیگر از روش های سخت کردن مخلوط ماسه و چسب، استفاده از رزین های ترموست و حرارت دهی است.



در این روش، ماسه آغشته به رزین داخل جعبه ماهیچه فلزی گرم شده قرار داده می‌شود. رزین موجود در ماسه بر اثر حرارت جعبه ماهیچه فعال شده و فرایند پخت آغاز می‌شود؛ به این ترتیب مخلوط ماسه و رزین در مدت کوتاهی سخت می‌شود. دمای جعبه ماهیچه برای پخت رزین معمولاً در محدوده ۱۸۰ تا ۳۰۰ درجه سلسیوس است و در این دما مخلوط ماهیچه به‌طور کامل سخت می‌شود (شکل ۱۸).



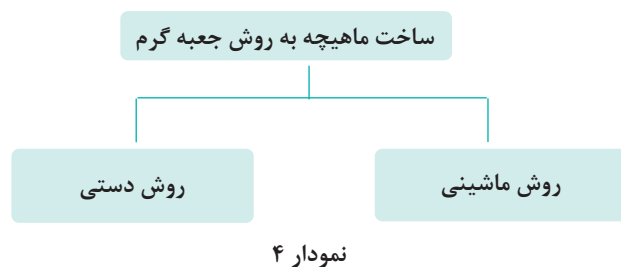
ب) ماهیچه تولید شده به‌روش جعبه ماهیچه گرم

الف) ماشین ماهیچه‌گیری جعبه ماهیچه گرم

شکل ۱۸

روش‌های ساخت ماهیچه جعبه گرم

انواع مکانیزم‌ها و ماشین‌های ساخت ماهیچه‌ها در نمودار ۴ نشان داده شده است.



۱ روش دستی

در کارگاه‌های کوچک ریخته‌گری برای ساخت ماهیچه به‌روش‌های جعبه ماهیچه سرد و جعبه ماهیچه گرم از روش دستی استفاده می‌شود (شکل ۱۹).



(د) پر کردن جعبه ماهیچه با مخلوط ماهیچه گیری



(ج) حرارت دادن برای ماهیچه گیری



(ب) دمش گاز CO_2 برای سخت شدن ماهیچه



(الف) متراکم کردن مخلوط در جعبه ماهیچه با کوبه دستی

شکل ۱۹- (الف و ب) روش جعبه ماهیچه سرد و (ج و د) روش جعبه ماهیچه گرم

۲ ماشین های ماهیچه گیری با گرمکن الکتریکی^۱

این ماشین دارای جعبه ماهیچه فلزی مجهز به سیستم گرمکن الکتریکی مقاومتی است که به صورت پنوماتیکی باز و بسته می شود. پس از داغ شدن جعبه ماهیچه مخلوط مواد قالب گیری که آغشته به رزین گرما سخت هستند را درون جعبه ماهیچه ریخته و پس از سپری شدن زمان پخت، جعبه ماهیچه باز شده و ماهیچه تولیدی خارج می شود (شکل ۲۰).



(ب) ماشین ماهیچه گیری با گرمکن الکتریکی و سیستم پنوماتیکی



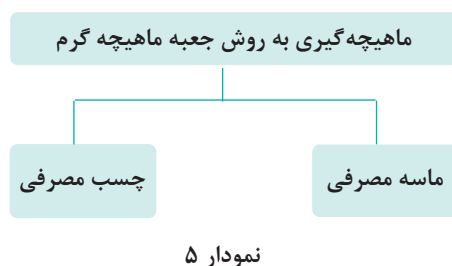
(الف) ماهیچه تولیدی در ماشین ماهیچه گیری با گرمکن الکتریکی

شکل ۲۰

مزایا و محدودیت‌های روش جعبه ماهیچه گرم

مزایا	محدودیت‌ها
۱ سرعت بالای سخت شدن	۱ مصرف انرژی بالا جهت ساخت ماهیچه
۲ استحکام اولیه و نهایی بالای ماهیچه	۲ استهلاک جعبه ماهیچه‌ها و قالب‌ها
۳ دقت ابعادی بالا	۳ انتشار گازهای شیمیایی و مسائل زیست‌محیطی
۴ کیفیت سطحی بسیار بالا نسبت به سایر روش‌ها	۴ محدودیت در تولید ماهیچه‌های بسیار بزرگ
۵ امکان اتوماسیون	۵ زمان آماده‌سازی اولیه نسبتاً زیاد

ماهیچه‌گیری به روش جعبه ماهیچه گرم را می‌توان به ۲ روش طبقه‌بندی کرد (نمودار ۵).



این روش‌ها عبارت است از:

الف) تقسیم‌بندی براساس نوع ماسه مصرفی

در فرایند جعبه ماهیچه، انتخاب نوع ماسه از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا دمای جعبه ماهیچه معمولاً بین ۱۸۰ تا ۲۵۰ درجه سلسیوس است و ماسه باید بتواند این شرایط حرارتی را تحمل کند. ماسه مناسب باید مقاومت حرارتی مناسبی داشته باشد تا در اثر حرارت دچار تغییرات نامطلوب نشود (شوک حرارتی) و دانه‌ها به یکدیگر نچسبند (هم‌جوشی). همچنین دانه‌بندی آن باید یکنواخت باشد تا توزیع رزین و تراکم مخلوط به درستی انجام شود. میزان ترکیب رزین توسط ماسه نیز باید کنترل شده باشد، زیرا ترکیب بیش از حد یا کمتر از حد مطلوب، کیفیت ماهیچه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این، مخلوط ماسه رزین‌دار باید تولید گاز کمی داشته باشد تا هنگام ریخته‌گری موجب ایجاد عیوب گازی در قطعه نشود.

در ادامه انواع ماسه‌های مورد استفاده در روش ماهیچه‌گیری به روش جعبه ماهیچه گرم را به اختصار بررسی می‌کنیم:

۱ ماسه سیلیسی: متداول‌ترین ماسه در جعبه ماهیچه گرم، ماسه‌ای با عدد ریزی دانه‌بندی بین ۴۵ تا ۴۵۰ AFSV است که علاوه بر قیمت مناسب و دسترسی آسان، سازگاری بسیار خوبی با رزین‌های فنولیک و اوره‌فرمالدهید دارد و از استحکام فشاری مطلوبی برخوردار است. با این حال، این ماسه دارای ضریب انبساط حرارتی نسبتاً بالایی بوده و ممکن است در قطعات فولادی باعث ایجاد عیوب رگه و ترک‌های انبساطی شود. معمولاً برای ماهیچه‌گیری چدن خاکستری، چدن نشکن و قطعات فولادی سبک تا متوسط به کار می‌رود (شکل ۲۱-الف).

۲ ماسه کرومیتی: ویژگی های این ماسه شامل ضریب انبساط حرارتی بسیار کم و مقاومت حرارتی بالا که آن را برای ریخته گری فولادهای آلیاژی مناسب کرده است، همچنین هدایت حرارتی آن زیاد است. از مزایای این ماسه ها می توان به کاهش عیوب ناشی از انبساط حرارتی و ایجاد سطح بسیار صاف تر در قطعه اشاره کرد. این ماسه دارای قیمت بالایی است و کاربرد اصلی آن در ماهیچه گیری قطعات فولادی سنگین و قطعات در دمای ریخته گری بالا است (شکل ۲۱-ب).

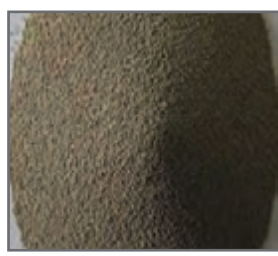
۳ ماسه زیرکنی: این ماسه به دلیل انبساط حرارتی بسیار پایین، دیرگدازی بالا و هدایت حرارتی مناسب، عملکرد قابل اعتمادی در شرایط ریخته گری ارائه می دهد. از مهم ترین مزایای آن می توان به امکان تولید قطعات فولادی بسیار دقیق و کاهش نفوذ مذاب در قالب اشاره کرد. در مقابل، قیمت بسیار بالا و چگالی نسبتاً زیاد از محدودیت های اصلی این ماسه به شمار می آید. این ماسه معمولاً در ریخته گری دقیق و در ماهیچه گیری قطعات فولادهای آلیاژی و قطعات ضخیم مورد استفاده قرار می گیرد (شکل ۲۱-ج).

۴ ماسه اولیوینی: از ویژگی های این ماسه می توان به انبساط حرارتی کمتر نسبت به ماسه سیلیسی و مقاومت مناسب در برابر فلزات آهنی اشاره کرد. از مزایای آن نیز می توان به جایگزین اقتصادی برای ماسه کرومیتی و در برخی موارد واکنش پذیری کمتر با فولاد اشاره کرد. با این حال، یکی از محدودیت های این ماسه دسترسی کمتر آن در مقایسه با ماسه سیلیسی است.

این نوع ماسه بیشتر در ماهیچه گیری و ریخته گری چدن داکتیل و برخی قطعات فولادی کاربرد دارد (شکل ۲۱-د).



د) ماسه اولیوینی



ج) ماسه زیرکنی



ب) ماسه کرومیتی



الف) ماسه سیلیسی

شکل ۲۱

با جست و جو در منابع معتبر، بررسی کنید ماهیچه های تولید شده به روش جعبه ماهیچه گرم در مقایسه با ماهیچه های تولید شده به روش جعبه ماهیچه سرد چه ویژگی ها و خواصی دارند؟

تحقیق کنید



ب) تقسیم بندی براساس نوع چسب مورد استفاده

۱ روش فنولیک: بر پایه رزین فنول فرمالدهید است.

۲ روش فوران: از رزین فوران اصلاح شده و فعال شونده حرارتی مناسب استفاده می کند.

۳ روش اوره فرمالدهید: بر پایه رزین اوره فرمالدهید اصلاح شده انجام می شود.

۴ روش آلکیدی: بر پایه رزین های آلکیدی اصلاح شده تکیه دارد.

به طور معمول، رزین های شیمیایی این گروه همراه با افزودنی های حرارتی به کار می روند. از جمله این افزودنی ها می توان به هگزامین، کلسیم استئارات، منیزیم اکسید، ترکیبات روی و سایر مواد کمکی اشاره کرد.

ماه‌یچه‌گیری به روش فنولیک جعبه گرم^۱

روش ماه‌یچه‌گیری جعبه ماه‌یچه گرم فنولیک یکی از رایج‌ترین روش‌های ساخت ماه‌یچه در ریخته‌گری چدن و فولاد است که بر پایه رزین‌های فنول فرمالدهید عمل می‌کند. این رزین از نوع گرماسخت (ترموست) بوده و در اثر حرارت سخت می‌شود. در این روش، سخت‌شدن مخلوط ماه‌یچه در اثر حرارت منتقل شده از جعبه ماه‌یچه فلزی گرم انجام می‌گیرد.

در این فرایند، ابتدا ماسه نسوز در مخلوط‌کن با رزین فنولیک و عامل پخت (کاتالیزور) مخلوط می‌شود. مخلوط آماده شده در دمای محیط بر روی نوار نقاله یا سینی‌های مخصوص قرار گرفته تا کاملاً خشک شود سپس با عبور از غلتک‌ها و غربال‌های مخصوص، ماسه رزین‌دار مناسب برای ماه‌یچه‌گیری به دست می‌آید. مخلوط آماده‌شده با استفاده از فشار هوا یا بدون فشار به داخل جعبه ماه‌یچه فلزی گرم تزریق می‌شود. حرارت جعبه ماه‌یچه (حدود ۱۸۰ تا ۲۵۰ درجه سلسیوس) به ماسه رزین‌دار منتقل شده و موجب پلیمریزه شدن رزین و سخت‌شدن ماه‌یچه می‌شود. در نهایت، پس از تکمیل فرایند سخت‌شدن، ماه‌یچه از جعبه ماه‌یچه خارج شده و برای استفاده در خط قالب‌گیری آماده می‌شود.

از مزایای روش فنولیک جعبه ماه‌یچه گرم می‌توان به:

- استحکام بالای ماه‌یچه‌های تولیدی.
- سرعت تولید بالا.
- دقت ابعادی خوب و مناسب تولید انبوه.
- قابلیت بالای اتوماسیون با این روش تولید.

از محدودیت‌های آن:

- مصرف انرژی بالا جهت تولید ماه‌یچه.
 - تولید گاز در هنگام ریخته‌گری.
 - نیاز به تهویه مناسب کارگاه ریخته‌گری.
 - امکان ایجاد عیوب گازی در صورت عدم کنترل درصد رزین مصرفی.
- کاربرد این روش بیشتر برای تولید قطعاتی از چدن خاکستری، چدن نشکن و فولادهای کربنی متوسط، به‌ویژه در صنعت خودرو است.

در ریخته‌گری فولاد معمولاً از ماسه با ضریب انبساط حرارتی کمتر مانند ماسه‌های کرومیتی استفاده می‌شود تا درصد ریزش و پوسته شدن روی ماه‌یچه کاهش یابد.

نکته



درصد ترکیبات مخلوط ماه‌یچه‌گیری فنولیک جعبه گرم

در جدول ۱۱، درصد تقریبی اجزای مخلوط ماه‌یچه‌گیری به روش فنولیک (جعبه ماه‌یچه گرم) آورده شده است.

جدول ۱۱

جزء	درصد تقریبی	توضیحات
ماسه سیلیسی (پایه)	۹۸-۹۶/۵٪	دانه بندی معمول ۶۰-۵۰ AFS (متناسب با کیفیت سطح مورد نیاز قطعه)
رزین فنولیک	۳-۱/۵٪	برحسب وزن ماسه
سخت کننده (کاتالیست): هگزامین	۲۰-۱۰٪	برحسب وزن رزین

شکل ۲۲ فرایند تهیه ماسه رزین دار به روش جعبه ماهیچه گرم را نشان می دهد.



شکل ۲۲ - فرایند تهیه ماسه رزین دار با رزین فنولیک جامد

نکات مهم در آماده سازی مخلوط ماسه ماهیچه گیری فنولیک جعبه گرم

- **ماسه سیلیسی:** هرچه ماسه دارای دانه بندی ریزتر (عدد مش بالاتر) باشد، سطح قطعه ریخته گری صاف تر شده و زبری آن کاهش می یابد؛ در نتیجه کیفیت سطح نهایی قطعه بهبود پیدا می کند. البته انتخاب دانه بندی باید متناسب با نوع قطعه و قابلیت عبور گاز نیز باشد.
- **رزین فنولیک:** این چسب در نوع مایع، در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، معمولاً دارای چگالی ۱/۱۵ تا ۱/۲۵ گرم بر سانتی متر مکعب است. در صورت استفاده از رزین فنولیک جامد، چگالی آن حدود ۱/۲ تا ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعب خواهد بود. در صنعت معمولاً از رزین های فنولیک مایع استفاده می شود.

در صورت استفاده از رزین فنولیک جامد جهت تهیه مخلوط؛ ابتدا باید رزین فنولیک جامد را تا حدود ۱۱۰ درجه سلسیوس حرارت داد تا مایع شود سپس با ماسه نسوز مخلوط شود.

نکته



- **رطوبت در چسب:** رطوبت ماسه در این روش اهمیت زیادی دارد، بنابراین باید از ماسه هایی با حداکثر رطوبت ۰/۲ درصد (رطوبت پایه) استفاده شود.

مراحل آماده‌سازی مخلوط ماسه ماهیچه‌گیری فنولیک جعبه گرم

مراحل صنعتی آماده‌سازی مخلوط مواد قالب‌گیری در روش فنولیک به شرح زیر است:

۱ وزن کردن مواد: ابتدا تعداد ماهیچه‌ها (یا قالب‌ها) و مقدار مخلوط ماسه رزین‌دار مورد نیاز برای تولید آنها محاسبه می‌شود. سپس براساس مقدار مخلوط مورد نیاز، میزان ماسه سیلیسی تعیین شده و با توجه به درصد مصرف چسب (معمولاً بر حسب درصد وزنی ماسه)، مقدار مناسب رزین فنولیک نیز محاسبه و وزن می‌شود.

ماسه باید کاملاً خشک، تمیز و عاری از هرگونه رطوبت و آلودگی باشد؛ زیرا وجود رطوبت اضافی می‌تواند استحکام نهایی ماهیچه را کاهش دهد.

۲ مخلوط کردن: پس از وزن کردن، ابتدا از تمیز بودن مخلوط‌کن و عدم وجود بقایای مخلوط قبلی اطمینان حاصل می‌شود. سپس ماسه خشک داخل مخلوط‌کن (پیوسته یا ناپیوسته) ریخته شده و دستگاه روشن می‌شود. سپس رزین فنولیک محاسبه شده به مخلوط‌کن اضافه می‌شود تا توزیع یکنواختی در کل مخلوط ایجاد گردد. زمان اختلاط بسته به نوع مخلوط‌کن و میزان چسب مصرفی معمولاً بین ۹۰ - ۶۰ ثانیه است. سپس مقدار هگزامین (کاتالیست) محاسبه شده به مخلوط اضافه می‌شود تا فرایند اختلاط به‌طور کامل انجام شود. مدت زمان مخلوط شدن هگزامین نیز بین ۹۰ - ۶۰ ثانیه می‌باشد. در پایان فرایند اختلاط، تمامی دانه‌های ماسه باید با لایه‌ای نازک و یکنواخت از چسب پوشیده شده باشند.



شکل ۲۳

پس از آماده شدن مخلوط ماهیچه، می‌توان آن را بلافاصله برای ساخت ماهیچه استفاده کرد یا در دمای محیط خشک کرد. پس از خشک شدن، مخلوط از بین غلتک‌هایی عبور داده می‌شود تا حالت گلوله‌ای آنها از بین برود. سپس مخلوط از سرندهای مناسب عبور داده می‌شود تا کاملاً یکنواخت شود. در پایان مخلوط ماهیچه آماده در کیسه‌های مناسب بسته‌بندی و تا زمان مصرف انبار می‌شود و در مواقع مورد نیاز مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۲۳).

۳ ماهیچه‌گیری: مخلوط مواد ماهیچه‌گیری اکنون آماده استفاده در جعبه ماهیچه گرم است. ابتدا سطوح داخلی جعبه ماهیچه با پودر جدایش (پودر تالک) پوشانده می‌شود، پس از جفت کردن دو لنگه جعبه ماهیچه و بستن آن جعبه ماهیچه حرارت داده می‌شود این عمل می‌تواند به وسیله گرمکن‌های الکتریکی یا مشعل انجام شود، در ادامه، مخلوط آماده شده درون جعبه ماهیچه ریخته و متراکم می‌شود.

پس از پر کردن جعبه ماهیچه باید ۲-۳ دقیقه صبر کرد تا رزین در تمام قسمت‌های ماهیچه عمل آوری شده و ماهیچه سخت شود. پس از اطمینان از سخت شدن کامل، جعبه ماهیچه باز شده و ماهیچه از آن خارج می‌شود (شکل ۲۴).



ج) حرارت دادن جعبه ماهیچه



ب) جفت نمودن جعبه ماهیچه و بستن آن



الف) پوشاندن جعبه ماهیچه با پودر جدايش



و) ماهیچه آماده شده



هـ) متراکم کردن مخلوط ماهیچه



د) پر کردن جعبه ماهیچه با مخلوط

ماهیچه گیری

شکل ۲۴- ماهیچه گیری جعبه گرم

مقایسه روش فنولیک جعبه گرم با روش فنولیک جعبه سرد

مقایسه دو روش فنولیک جعبه گرم و فنولیک جعبه سرد از نظر مکانیزم سخت شدن نشان می‌دهد که رزین فنولیک در دو روش حرارتی و غیرحرارتی رفتار متفاوتی دارد. در روش فنولیک جعبه گرم حرارت قالب فلزی، عامل سخت شدن رزین فنولیک نوالاک است که معمولاً بین ۱۸۰ تا ۲۵۰ درجه سلسیوس قرار دارد. در این شرایط، رزین فنولیک از طریق پلیمریزاسیون و شبکه‌ای شدن^۱ تحت اثر گرما سخت می‌شود. زمان سخت شدن بسته به دمای قالب و ضخامت ماهیچه، معمولاً بین ۲۰ تا ۹۰ ثانیه است و فرایند کاملاً وابسته به انتقال حرارت از قالب گرم است. در مقابل، در روش فنولیک جعبه سرد از یک سیستم دو جزئی شامل رزین فنولیک رزول و ایزوسیانات استفاده می‌شود و عامل سخت کننده گاز آمین است. در این روش، واکنش شیمیایی رزین با ایزوسیانات در حضور گاز آمین انجام شده و سخت شدن در دمای محیط و با سرعت بسیار بالا، معمولاً در ۲ تا ۲۰ ثانیه، تکمیل می‌شود. جدول ۱۲ تجهیزات مورد استفاده در هر یک از این دو روش را به صورت مقایسه‌ای نشان می‌دهد.

۱- Cross - linking

جدول ۱۲

ویژگی	فنولیک جعبه گرم	فنولیک جعبه سرد
نوع جعبه ماهیچه	گرم شونده	سرد (دمای محیط)
نیاز به سیستم گرمایش	دارد	ندارد
نیاز به سیستم گازدهی	ندارد	دارد (گاز آمین)
پیچیدگی تجهیزات	متوسط	بالا

مقایسه از نظر سرعت تولید

در روش ساخت ماهیچه با جعبه ماهیچه سرد، فرایند سخت شدن در مدت زمان بسیار کوتاهی انجام می شود؛ از این رو این روش سرعت تولید بالاتری داشته و برای تولید انبوه بسیار مناسب است. در مقابل، روش جعبه ماهیچه گرم دارای سرعت تولید متوسط و میزان تولید آن تا حد زیادی به زمان لازم برای گرم شدن قالب و انتقال حرارت به مخلوط ماسه بستگی دارد.

کیفیت ماهیچه ها

با مقایسه خواص مکانیکی ماهیچه های تولید شده به دو روش جعبه گرم و جعبه سرد، می توان نتیجه گرفت که ماهیچه های تولیدی به روش جعبه ماهیچه سرد معمولاً از کیفیت و استحکام مکانیکی بهتری برخوردار هستند. نتایج این مقایسه در جدول ۱۳ ارائه شده است.

جدول ۱۳

پارامتر	جعبه گرم	جعبه سرد
استحکام اولیه	متوسط رو به بالا	بسیار بالا
استحکام نهایی	بالا	بسیار بالا
دقت ابعادی	خوب	عالی
سطح نهایی	خوب	بسیار صاف

از منظر مسائل زیست محیطی و ایمنی، روش جعبه گرم ماهیچه گیری در هنگام حرارت دادن، باعث تولید دود و بخارات فنول می شود که آلودگی متوسطی ایجاد می کند اما با یک طراحی مناسب سیستم تهویه شرایط ایمنی آن به خوبی قابل مدیریت است. در مقابل، روش جعبه سرد به دلیل استفاده از گاز آمین که بوی تند و آزاردهنده دارد، نیازمند سیستم های تهویه قوی و مداوم است و در نتیجه مسائل زیست محیطی در این روش جدی تر است. همچنین از منظر ایمنی صنعتی، روش جعبه ماهیچه سرد به مراقبت و رعایت تدابیر ایمنی بیشتری نیاز دارد.

از لحاظ اقتصادی نیز، با توجه به هزینه های مواد اولیه، تجهیزات و بهره برداری، روش جعبه ماهیچه گرم در بسیاری از کاربردها نسبت به جعبه ماهیچه سرد مقرون به صرفه تر است؛ از این رو در بسیاری از کارگاه ها و صنایع با محدودیت بودجه، اولویت دارد (جدول ۱۴).

جدول ۱۴

عامل	جعبه گرم	جعبه سرد
هزینه اولیه تجهیزات	کمتر	بیشتر
هزینه مصرف انرژی	بیشتر (گرمایش)	کمتر
هزینه مواد مصرفی	متوسط	بالا (رزین دوجزئی + گاز آمین)
هزینه نگهداری	متوسط	بالا

کاربردهای صنعتی

– **روش جعبه گرم:** برای تولید قطعات چدنی با ابعاد متوسط، تولید نیمه‌انبوه و کارگاه‌هایی که محدودیت سرمایه‌گذاری و تجهیزات دارند، مناسب است.

– **روش جعبه سرد:** برای تولید قطعات دقیق، به ویژه قطعات صنعت خودرو در صنایع بزرگ ریخته‌گری و تولید انبوه با زمان سیکل کوتاه، مناسب است.

به‌طور کلی، در مواردی که سرعت تولید، دقت ابعادی و تیراژ بالا اهمیت داشته باشد، روش فنولیک جعبه سرد انتخاب مناسب‌تری است. در مقابل، هنگامی که سادگی تجهیزات، هزینه اولیه کمتر و سهولت بهره‌برداری مدنظر باشد، روش فنولیک جعبه گرم گزینه مناسب‌تری است. همچنین از نظر کیفیت نهایی ماهیچه، روش جعبه سرد عملکرد بهتری دارد، در حالی که از نظر کنترل مسائل زیست‌محیطی، جعبه گرم شرایط قابل کنترل فراهم می‌کند.

فعالیت کارگاهی
۱۳



آماده‌سازی مخلوط ماهیچه‌گیری به روش فنولیک – فرمالدهید

مواد و تجهیزات موردنیاز: ماسه سیلیسی، رزین فنولیک، هگزامین، مخلوط کن تک باری ماسه، ترازو

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گرد و غبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

۱] ابتدا مخلوط کن را تمیز کنید و ماسه سیلیسی را توزین کرده و در داخل مخلوط کن بریزید و مخلوط کن را روشن نمایید، سپس افزودنی‌های مورد نیاز مانند سخت کننده (هگزامین) را به مخلوط ماسه قالب‌گیری اضافه کنید.

۲] سپس رزین فنولیک مورد نیاز را با توجه به حجم ماسه توزین کنید و در داخل مخلوط کن بریزید و اجازه دهید تا تشکیل مخلوطی یکنواخت، به‌طور کامل با یکدیگر مخلوط شوند.

۳] پس از اختلاط کامل و یکنواخت شدن مواد، مخلوط آماده استفاده خواهد بود.

نکته:

– تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.

– هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



ماه‌یچه‌گیری ماه‌یچه افقی به روش فنولیک – فرمالدهید

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، افزودنی‌های ماسه، رزین فنولیک، هگزامین، مخلوط‌کن تک‌باری ماسه، ترازو، قالب ماه‌یچه، صفحه زیر درجه، کارد تسمه، تجهیزات قالب‌گیری، مشعل گازی، **نکات ایمنی و حفاظتی:** استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱] ابتدا مخلوط ماسه قالب‌گیری آماده شده در فعالیت ۱۳ را تهیه کنید.
- ۲] قالب ماه‌یچه و صفحه زیر درجه را آماده کرده و داخل قالب ماه‌یچه پودر جدایش بپاشید.
- ۳] جعبه ماه‌یچه را با مشعل حرارت دهید تا کاملاً گرم شود.
- ۴] مخلوط ماسه آماده شده را به داخل جعبه ماه‌یچه بریزید و توسط یک میله ضربات آرام به جعبه ماه‌یچه بزنید تا ذرات ماسه تمامی فضای جعبه ماه‌یچه را به‌طور یکنوخت پر کنند.
- ۵] پس از پر شدن جعبه ماه‌یچه حدود ۳ دقیقه صبر کنید تا فرایند پخت (سخت‌شدن) ماه‌یچه کامل شود.
- ۶] پس از کامل شدن زمان پخت با رعایت نکات ایمنی جعبه ماه‌یچه را باز کنید و ماه‌یچه آماده شده را به هنرآموز تحویل دهید.

نکته:

– تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
– هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

ماه‌یچه‌گیری به روش فوران جعبه گرم^۱

روش جعبه ماه‌یچه گرم فوران یکی از فرایندهای حرارتی ساخت ماه‌یچه است که در آن از رزین‌های پایه فورفوریل‌الکل استفاده می‌شود. در این روش، سخت‌شدن مخلوط ماسه در اثر حرارت قالب انجام می‌گیرد؛ این ویژگی آن را از سایر روش‌های فوران که در دمای محیط انجام می‌شوند، متمایز می‌کند. حرارت قالب باعث فعال شدن واکنش پلیمریزاسیون رزین شده و شبکه ترموست سه‌بعدی تشکیل می‌شود. رزین‌های مورد استفاده در این فرایند بر پایه فورفوریل‌الکل، رزین‌های پیش‌پلیمریزه فوران و سخت‌کننده‌های حرارتی هستند. در دماهای حدود ۱۸۰ تا ۲۴۰ درجه سلسیوس، واکنش پلیمریزاسیون رزین آغاز شده و ساختار پلیمری سخت و پایدار به‌وجود می‌آید. این واکنش حرارتی، موجب استحکام و مقاومت ماه‌یچه در برابر دمای بالای ریخته‌گری می‌شود.

مزایا

- عدم نیاز به دمش گاز
- استحکام مناسب در دمای بالا
- مقاومت حرارتی مناسب برای فولادریزی
- قابلیت تولید ماهیچه‌های نسبتاً پیچیده
- بهبود کیفیت سطح قطعه نهایی

محدودیت‌ها

- انتشار بوی شدید در حین فرایند تولید
- حساسیت بالا به رطوبت ماسه
- احتمال ایجاد عیوب گازی در صورت کنترل نامناسب
- نیاز به سیستم تهویه قوی
- هزینه بیشتر نسبت به سیستم‌های ساده تر فنولیک

کاربردهای صنعتی

این روش برای تولید ماهیچه قطعات فولادی کربنی و آلیاژی، چدن نشکن، قطعات ضخیم با دمای ریخته‌گری بالا و نیز ماهیچه‌های داخلی که به استحکام حرارتی بالا نیاز دارد، به‌طور گسترده استفاده می‌شود.

نکته مهم در تولید قطعات فولادی

در تولید ماهیچه برای قطعات فولادی، معمولاً از ماسه‌هایی با ضریب انبساط حرارتی پایین، مانند ماسه کرومیت یا زیرکن استفاده می‌شود تا از بروز عیوب ناشی از انبساط ماسه در دماهای بالا جلوگیری گردد. در این شرایط، مقدار مصرف رزین نیز معمولاً اندکی افزایش می‌یابد تا استحکام کافی ماهیچه تأمین شود. همچنین برای بهبود کیفیت سطح قطعه و جلوگیری از نفوذ فلز مذاب به داخل ماسه، از پوشش‌های نسوز پایه الکلی یا پایه آبی استفاده می‌شود. علاوه بر این، کنترل مناسب تهویه قالب از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است، زیرا خروج مناسب گازها هنگام ریخته‌گری نقش مهمی در جلوگیری از ایجاد عیوب گازی در قطعه دارد.

درصد ترکیبات مخلوط ماهیچه‌گیری روش فوران جعبه گرم

در جدول ۱۵، درصد تقریبی ترکیبات مخلوط مواد ماهیچه‌گیری به‌روش فوران آورده شده است.

جدول ۱۵

جزء	درصد تقریبی	توضیحات
ماسه سیلیسی (پایه)	۹۷-۹۸/۳٪	دانه‌بندی معمول ۵۰-۶۰ AFS (بسته به کیفیت سطح مورد نیاز قطعه)
رزین فوران	۲ - ۱/۲٪	درصد وزنی ماسه
عامل سخت‌کننده اسیدی (مانند سولفونیک اسید، فسفریک اسید، سولفوریک اسید)	۱ - ۰/۵٪	درصد وزنی ماسه

نکات مهم در آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری

آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری که پایه عملکرد صحیح فرایندهای بعدی را تشکیل می دهند، به شرح زیر است:

– **ماسه سیلیسی:** کیفیت دانه بندی ماسه نقش تعیین کننده ای در نتیجه نهایی دارد. ریزتر بودن دانه ها (عدد مش بالاتر) باعث صاف تر شدن سطح قطعه و کاهش زبری می شود، اما انتخاب دانه بندی باید به گونه ای باشد که نفوذپذیری کافی برای خروج گازها نیز حفظ شود. این موضوع مستقیماً بر کیفیت سخت شدن و کاهش عیوب ریخته گری تأثیر می گذارد.

– **رزین فوران:** رزین مورد استفاده معمولاً به صورت مایع و با چگالی $1/2$ تا $1/3$ گرم بر سانتی متر مکعب است. این رزین باید به درستی با ماسه ترکیب شود تا پیوند یکنواختی ایجاد کرده و در مرحله قالب گیری و سخت شدن، استحکام لازم را فراهم کند. میزان و کیفیت اختلاط رزین، تأثیر مستقیم بر استحکام نهایی ماهیچه در مرحله سخت شدن دارد.

– **رطوبت ماسه:** کنترل رطوبت ماسه یکی از عوامل کلیدی است، زیرا رطوبت بیش از حد موجب کاهش استحکام، افزایش گاززایی و ایجاد عیوب در فرایندهای بعدی می شود. ماسه مناسب باید حداکثر $0/2$ درصد رطوبت داشته باشد تا واکنش های سخت شدن، چه در روش جعبه گرم و چه در روش جعبه سرد، به درستی انجام شود و ماهیچه نهایی عملکرد مطلوبی داشته باشد.

نحوه آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری

مراحل صنعتی آماده سازی مخلوط مواد قالب گیری در روش جعبه محفظه گرم فوران به شرح زیر است:

۱ وزن کردن مواد: ابتدا تعداد ماهیچه ها (یا قالب ها) و مقدار مخلوط مورد نیاز برای هر یک محاسبه می شود. بر این اساس، مقدار ماسه سیلیسی مورد نیاز به دقت وزن می گردد. سپس با توجه به درصد مصرف چسب (معمولاً بر حسب درصد وزنی ماسه)، مقدار مناسب رزین فوران و سخت کننده اسیدی مربوط به آن نیز وزن می شود. توجه شود که ماسه باید کاملاً خشک، تمیز و عاری از هرگونه رطوبت و آلودگی باشد؛ زیرا وجود رطوبت اضافی می تواند بر استحکام نهایی ماهیچه تأثیر منفی بگذارد.

۲ مخلوط کردن: پس از وزن کردن مواد، ابتدا از تمیزی دستگاه مخلوط کن و عدم وجود بقایای مخلوط قبلی اطمینان حاصل می شود. سپس ماسه خشک داخل مخلوط کن (پیوسته یا ناپیوسته) ریخته و دستگاه روشن می گردد. در ادامه، مقدار محاسبه شده رزین فوران به مخلوط کن اضافه می شود تا رزین به طور یکنواخت در سراسر مخلوط توزیع شود. زمان اختلاط بسته به نوع مخلوط کن و مقدار چسب مصرفی معمولاً بین ۶۰ تا ۹۰ ثانیه متغیر است. پس از آن، سخت کننده اسیدی نیز طبق میزان مشخص شده به مخلوط کن افزوده و مراحل اختلاط ادامه می یابد که مدت زمان این مرحله نیز معمولاً بین ۶۰ تا ۹۰ ثانیه است. در پایان فرایند اختلاط باید تمامی دانه های ماسه با لایه ای نازک و یکنواخت از چسب پوشیده شده باشند.

پس از آماده شدن مخلوط ماهیچه، می توان آن را بلافاصله برای ساخت ماهیچه به کار برد یا برای خشک شدن، آن را در دمای محیط یا زیر نور خورشید پهن می کنند. پس از خشک شدن ماسه، مخلوط از بین غلتک ها عبور داده می شود تا گلوله های تشکیل شده از هم جدا شوند. سپس مخلوط از سرندهای مناسب عبور داده می شود تا کاملاً یکنواخت شود. مخلوط ماهیچه آماده شده در کیسه هایی انبار می گردد و در مواقع لازم مورد استفاده قرار می گیرد (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- مراحل ماهیچه گیری به روش فوران جعبه گرم

۳ ماهیچه گیری: پس از آماده سازی مخلوط مواد ماهیچه گیری، برای استفاده در قالب ماهیچه گیری گرم آماده است. ابتدا سطوح داخلی قالب با پودر جدایش (معمولاً پودر تالک)، پوشانده می شود تا از چسبیدن ماسه به دیواره قالب جلوگیری شود. سپس دو نیمه قالب به یکدیگر متصل و محکم بسته می شوند. پس از آن، قالب تا دمای حدود ۱۸۰ تا ۲۴۰ درجه سلسیوس گرم می شود که این گرم کردن قالب می تواند با استفاده از گرمکن های الکتریکی یا مشعل انجام شود. سپس مخلوط آماده شده به داخل قالب ریخته شده و متراکم می شود.

پس از پر شدن قالب، لازم است زمانی برای پخت رزین و سخت شدن ماهیچه در نظر گرفته شود. برای ماهیچه های کوچک این زمان معمولاً ۱ تا ۲ دقیقه و برای ماهیچه های بزرگ ۳ تا ۵ دقیقه است تا واکنش در تمام بخش های ماهیچه کامل شده و استحکام لازم ایجاد گردد. پس از اطمینان از سخت شدن کامل، قالب باز شده و ماهیچه تولید شده از آن خارج می شود.

مقایسه روش فوران جعبه گرم با روش فوران جعبه سرد

در سیستم های چسب رزینی بر پایه فوران، دو فناوری اصلی برای تولید ماهیچه شامل روش فوران جعبه گرم و فوران جعبه سرد است. هر دو روش بر پایه رزین فورفوریل الکل عمل می کنند، اما از نظر سازوکار سخت شدن و همچنین نوع تجهیزات مورد نیاز با یکدیگر تفاوت دارند. در ادامه، این دو روش از نظر مکانیزم سخت شدن و تجهیزات مورد نیاز با یکدیگر مقایسه می شوند.

مکانیسم سخت شدن

مقایسه دو روش از نظر مکانیسم سخت شدن نشان می دهد که رزین فوران در جعبه گرم و جعبه سرد رفتارهای متفاوتی دارد. در روش جعبه گرم، از رزین فورانی گرم فعال استفاده می شود و فرایند پخت با اعمال حرارت جعبه ماهیچه در دمای حدود ۱۸۰ تا ۲۴۰ درجه سلسیوس انجام می گیرد. در این شرایط،

پلیمریزاسیون رزین فوران تحت اثر حرارت آغاز شده و زمان سخت شدن معمولاً بین ۶۰ تا ۱۲۰ ثانیه است. سخت شدن کاملاً وابسته به انتقال حرارت از قالب فلزی گرم بوده و واکنش تراکمی ایجاد شده، شبکه‌ای پلیمری با مقاومت حرارتی بالا تولید می‌کند. اما در روش جعبه سرد، از رزین فورانی اصلاح شده استفاده می‌شود و عامل پخت گاز اسیدی مانند SO_2 یا اسیدهای آلی گازی است. در این روش، پلیمریزاسیون در دمای محیط و با کاتالیز اسیدی انجام می‌شود و زمان سخت شدن به مراتب کوتاه‌تر، حدود ۵ تا ۳۰ ثانیه است. به این ترتیب، سخت شدن بدون نیاز به اعمال حرارت انجام می‌شود و واکنش پلیمریزاسیون تنها با ورود گاز کاتالیزور آغاز شده و فرایند پخت به سرعت تکمیل می‌شود. تجهیزات مورد استفاده در هر یک از دو روش در جدول ۱۶ به صورت مقایسه‌ای آورده شده است.

جدول ۱۶

ویژگی	فوران جعبه گرم	فوران جعبه سرد
جعبه ماهیچه	گرم شونده	سرد
نیاز به سیستم گرمایش	دارد	ندارد
نیاز به سیستم گازدهی	ندارد	دارد
پیچیدگی تجهیزات	متوسط	بالا
نیاز به سیستم تصفیه گاز	ندارد	دارد

سرعت تولید

در روش جعبه ماهیچه گرم، سرعت تولید به زمان گرم شدن قالب و انتقال حرارت وابسته است در مقابل، در روش جعبه ماهیچه سرد به دلیل عدم نیاز به گرم کردن قالب زمان چرخه تولید کوتاه‌تر بوده و سرعت تولید بیشتر است.

خواص ماهیچه

در جدول ۱۷ خواص ماهیچه‌های تولید شده با رزین فوران به روش جعبه ماهیچه گرم و جعبه ماهیچه سرد به طور مقایسه‌ای نشان داده شده است.

جدول ۱۷

پارامتر	فوران جعبه گرم	رزین جعبه سرد
استحکام اولیه	متوسط	بالا
استحکام نهایی	بالا	بالا تا بسیار بالا
دقت ابعادی	خوب	بسیار خوب
مقاومت حرارتی	بسیار بالا	بالا
فروپاشی بعد از ریخته‌گری	مناسب	مناسب

سیستم‌های چسب فورانی به دلیل برخورداری از مقاومت حرارتی بالا برای تولید ماهیچه‌های مورد استفاده در ریخته‌گری فولاد بسیار مناسب هستند.

نکته





به دلیل دمای بالای فرایند، بخارات فورفوریل الکل و سایر ترکیبات آلی فرار منتشر می شوند که در صورت کنترل نشدن، می توانند موجب آلودگی محیط کار و محیط زیست شوند. همچنین وجود تجهیزات گرم کننده و دمای بالا، خطرات حرارتی را افزایش می دهد و نیاز به رعایت نکات ایمنی بیشتری دارد.

در روش فوران جعبه ماهیچه سرد از گازهای اسیدی مانند SO_2 برای سخت سازی استفاده می شود، به همین دلیل نیاز جدی به سیستم های تهویه کارآمد وجود دارد و کنترل ایمنی آن نیز به مراتب پیچیده تر است. از نظر زیست محیطی، هر دو روش نیازمند مدیریت دقیق انتشار آلاینده ها هستند، اما روش جعبه سرد به دلیل استفاده از گازهای کاتالیستی اسیدی، نیازمند کنترل دقیق تر آلاینده ها و رعایت الزامات ایمنی بیشتری است.

جدول ۱۸

عامل	فوران جعبه گرم	فوران جعبه سرد
سرمایه گذاری اولیه	کمتر	بیشتر
مصرف انرژی	بالا (گرمایش)	کمتر
هزینه مواد	متوسط	بالا تر
هزینه نگهداری	متوسط	بالا

مقایسه اقتصادی

در یک مقایسه کلی اگر تولید ماهیچه با رزین فوران به روش جعبه ماهیچه گرم و جعبه ماهیچه سرد بررسی شود، روش جعبه گرم از نظر سرمایه گذاری اولیه اقتصادی تر است (جدول ۱۸).

به طور کلی، اگر مقاومت حرارتی بالا و سادگی تجهیزات مدنظر باشد، روش فوران جعبه گرم مناسب تر است. در مقابل، هنگامی که سرعت تولید، استحکام اولیه و بهره وری اهمیت بیشتری داشته باشد، روش فوران جعبه سرد برتری دارد. از نظر سرمایه گذاری اولیه، جعبه ماهیچه گرم گزینه ای اقتصادی تر به شمار می آید، اما از نظر بهره وری و روند تولید، ماهیچه سازی به روش سرد صنعتی تر و مدرن تر محسوب می شود.



آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری به روش فوران جعبه گرم

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، رزین فوران، سخت کننده مناسب (در صورت نیاز)، مخلوط کن تک باری ماسه، ترازو

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

۱) ابتدا مخلوط کن را تمیز کنید و ماسه سیلیسی را توزین کرده و در داخل مخلوط کن بریزید و مخلوط کن را روشن نمایید، سپس افزودنی های مورد نیاز مانند سخت کننده یا کاتالیست مناسب رزین فوران را به مخلوط ماسه قالب گیری اضافه کنید.

۲) سپس رزین فوران مورد نیاز را با توجه به حجم ماسه توزین کنید و در داخل مخلوط کن بریزید و منتظر باشید تا مخلوط شدن به طور کامل یکنواخت شود.

۳) پس از مخلوط شدن کامل و یکنواخت شدن مخلوط ماسه آماده استفاده است.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب های فردی جلوگیری شود.



ماه‌یچه‌گیری ماه‌یچه افقی با استفاده از روش فوران جعبه گرم

مواد و تجهیزات موردنیاز: ماسه سیلیسی، افزودنی‌های ماسه، رزین فوران، مخلوط‌کن تک‌باری ماسه، ترازو، قالب ماه‌یچه، صفحه زیر درجه، کارد تسمه، تجهیزات قالب‌گیری

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱) ابتدا ماسه قالب‌گیری آماده شده در فعالیت ۱۵ را تهیه کنید.
- ۲) قالب ماه‌یچه و صفحه زیر قالب را آماده کنید و داخل قالب ماه‌یچه را با پودر جدایش بپوشانید.
- ۳) جعبه ماه‌یچه را با مشعل حرارت دهید تا کاملاً گرم شود.
- ۴) مخلوط ماسه آماده شده را به داخل جعبه ماه‌یچه بریزید و با استفاده از یک میله، ضربات آرامی به جعبه ماه‌یچه بزنید تا ذرات ماسه تمامی فضاهای جعبه ماه‌یچه را پر کنند.
- ۵) پس از پر شدن جعبه ماه‌یچه، حدود ۵ دقیقه زمان دهید تا کاملاً فرایند پخت و سخت شدن ماه‌یچه کامل شود.
- ۶) پس از کامل شدن زمان پخت با رعایت نکات ایمنی جعبه ماه‌یچه را باز کنید و ماه‌یچه آماده شده را به هنرآموز خود تحویل دهید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

ماه‌یچه‌گیری به روش اوره فرمالدهید^۱ جعبه گرم

روش جعبه ماه‌یچه گرم با رزین اوره - فرمالدهید یکی از سیستم‌های رزینی حرارتی مبتنی بر رزین‌های آمینوپلاست است که در ساخت ماه‌یچه کاربرد دارد. این روش بیشتر برای تولید ماه‌یچه‌های مورد استفاده در قطعات چدنی و تولید انبوه کاربرد دارد و نسبت به سیستم فنولیک هزینه کمتری دارد، هرچند مقاومت حرارتی آن پایین‌تر است.

مبنای شیمیایی فرایند به رزین اوره فرمالدهید (UF) مربوط می‌شود؛ رزین اوره فرمالدهید از خانواده رزین‌های آمینوپلاست و از نوع گرماسخت (ترموست) است. در روش جعبه ماه‌یچه گرم، در دمای حدود ۱۶۰ تا ۲۲۰ درجه سلسیوس، واکنش پخت رزین آغاز شده و شبکه سه‌بعدی گرماسخت تشکیل می‌شود.

واکنش کلی: اوره + فرمالدهید → رزین متیلول اوره → شبکه پلیمری سخت در اثر حرارت

۱- UF Hot Box

از مزایای روش اوره فرمالدهید جعبه گرم می توان به:

- هزینه پایین تر نسبت به فنولیک
- سرعت پخت مناسب
- سطح خوب ماهیچه
- مناسب برای تولید انبوه قطعات چدنی
- مصرف رزین نسبتاً اقتصادی

از محدودیت های آن:

- مقاومت حرارتی پایین تر نسبت به فنولیک
- تولید گاز و بخارات فرمالدهید (نیاز به تهویه مناسب)
- حساسیت به رطوبت
- مناسب نبودن برای فولادهای دمای بالا
- احتمال ایجاد عیوب گازی در مقاطع ضخیم

■ کاربردهای صنعتی

این روش برای تولید ماهیچه های مورد استفاده در ریخته گری چدن خاکستری، چدن نشکن، قطعات خودرویی تیراژ بالا، پوسته ها و ماهیچه های با ضخامت متوسط کاربرد دارد.

برای جلوگیری از بروز عیوب ریخته گری، رطوبت ماسه باید به دقت کنترل شود و سامانه تهویه قالب نیز به درستی طراحی گردد.

نکته



درصد تقریبی ترکیبات مخلوط ماهیچه گیری در روش اوره فرمالدهید

در جدول ۱۹، درصد ترکیبات مخلوط مواد قالب گیری به روش فنولیک جعبه ماهیچه گرم آورده شده است.

جدول ۱۹

توضیحات	درصد تقریبی	جزء
دانه بندی معمول ۵۰ - ۶۰ AFS (با توجه به کیفیت سطح مورد نیاز قطعه)	۹۶/۵ - ۹۸/۱ %	ماسه سیلیسی (پایه)
برحسب وزن ماسه	۱/۵ - ۲/۵ %	رزین اوره - فرمالدهید
برحسب وزن رزین	۰/۳ - ۰/۷ %	سخت کننده حرارتی (هگزامین)
برحسب وزن رزین	۰/۱ - ۰/۲ %	روان کننده (استنارات کلسیم)

نکات مهم در مورد آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری

- ماسه سیلیسی: هرچه ماسه دارای عدد AFS بیشتر باید (دانه بندی ریزتر)، سطح قطعه ریخته گری صاف تر و زبری آن کمتر خواهد بود؛ در نتیجه کیفیت سطح نهایی قطعه بهبود می یابد. البته انتخاب دانه بندی باید متناسب با نوع قطعه و قابلیت عبور گاز نیز باشد.

– رزین اوره فرمالدهید: چگالی این رزین معمولاً حدود ۲/۵ – ۱/۵ گرم بر سانتی متر مکعب است و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به صورت مایع بوده و در صنعت مورد استفاده قرار می گیرد.

– رطوبت در چسب: رطوبت ماسه در این روش ماهیچه گیری بسیار با اهمیت می باشد، بنابراین از ماسه هایی باید استفاده شود که حداکثر رطوبت مجاز ماسه ۱/۰ درصد وزنی باشد.

نحوه آماده سازی مخلوط مواد ماهیچه گیری

مراحل صنعتی آماده سازی مخلوط مواد قالب گیری در روش جعبه محفظه گرم اوره فرمالدهید به شرح زیر است:

۱ وزن کردن مواد: ابتدا تعداد ماهیچه ها (یا قالب ها) و مقدار مخلوط مورد نیاز برای هر یک محاسبه می شود. بر این اساس، مقدار ماسه سیلیسی مورد نیاز به دقت وزن می گردد. سپس براساس درصد مصرف رزین (نسبت به وزن ماسه) مقدار مورد نیاز رزین اوره فرمالدهید و سپس مقدار مورد نیاز هگزامین نیز وزن می شود. توجه شود که ماسه باید کاملاً خشک، تمیز و عاری از هرگونه رطوبت و آلودگی باشد؛ زیرا وجود رطوبت اضافی می تواند بر استحکام نهایی ماهیچه تأثیر منفی بگذارد.

۲ مخلوط کردن: پس از وزن کردن، ابتدا از تمیز بودن مخلوط کن و عدم وجود بقایای مخلوط قبلی اطمینان حاصل می شود. سپس ماسه خشک داخل مخلوط کن (پیوسته یا ناپیوسته) ریخته شده و مخلوط کن روشن می شود. سپس رزین اوره فرمالدهید محاسبه شده به مخلوط کن اضافه می شود تا توزیع یکنواختی در کل مخلوط ایجاد گردد. زمان اختلاط بسته به نوع مخلوط کن و میزان رزین مصرفی، معمولاً بین ۹۰ – ۶۰ ثانیه است. پس از توزیع یکنواخت رزین، هگزامین محاسبه شده به مخلوط کن اضافه می شود تا عمل مخلوط شدن به طور کامل انجام شود. مدت زمان مخلوط شدن سخت کننده حرارتی نیز بین ۹۰ – ۶۰ ثانیه می باشد. در پایان اختلاط، باید لایه ای نازک و یکنواخت از چسب اطراف تمامی دانه های ماسه را پوشانده باشد. پس از آماده شدن مخلوط ماهیچه می توان مخلوط آماده شده را بلافاصله جهت ساخت ماهیچه استفاده نمود یا اینکه مخلوط آماده شده را در جلوی آفتاب (دمای محیط) پهن نمود تا خشک شود. سپس کلوخه های احتمالی را با عبور از بین غلتک ها خرد کرده و در ادامه مخلوط را از الک عبور می دهند تا کاملاً یکنواخت شود. این مخلوط ماهیچه آماده را در کیسه هایی انبار می کنند و در مواقع مورد نیاز مورد استفاده قرار می گیرد.

۳ ماهیچه گیری: مخلوط آماده شده اکنون برای استفاده در جعبه ماهیچه گرم آماده است. ابتدا سطوح داخلی جعبه ماهیچه را با پودر جدایش (پودر تالک) آغشته می کنند، پس از جفت کردن دو لنگه جعبه ماهیچه و بستن آن جعبه ماهیچه تا دمای ۲۲۰ – ۱۶۰ درجه سلسیوس حرارت داده می شود که ممکن است به وسیله گرمکن های الکتریکی یا مشعل گازی این عمل انجام شود، مخلوط مواد ماهیچه گیری آماده شده را درون جعبه ماهیچه ریخته و فشرده می کنند.

۱-۲ دقیقه زمان لازم است تا واکنش پخت رزین کامل شده و ماهیچه به استحکام لازم برسد. پس از اطمینان از سخت شدن کامل ماهیچه جعبه ماهیچه باز می شود و ماهیچه تولیدی از آن خارج می شود. مراحل ماهیچه گیری به روش جعبه گرم در شکل ۲۴ نشان داده شده است.



آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری به روش فنولیک اوره فرمالدهید

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، رزین فنولیک اوره - فرمالدهید، هگزامین، مخلوط کن تک باری ماسه، ترازو

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

۱] ابتدا مخلوط کن را تمیز کنید سپس ماسه سیلیسی را توزین کرده و داخل مخلوط کن بریزید. مخلوط کن را روشن کنید، پس از آن افزودنی های مورد نیاز مانند سخت کننده های حرارتی (هگزامین) را به مخلوط ماسه قالب گیری اضافه کنید.

۲] سپس رزین اوره فرمالدهید مورد نیاز را با توجه به حجم ماسه توزین کنید و در داخل مخلوط کن بریزید و منتظر باشید تا مخلوط شدن به طور کامل یکنواخت شود.

۳] پس از یکنواخت شدن کامل مخلوط، مخلوط ماسه برای قالب گیری آماده استفاده است.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب های فردی جلوگیری شود.



ماهیچه گیری ماهیچه افقی به روش فنولیک اوره فرمالدهید

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، افزودنی های ماسه، رزین اوره فرمالدهید، هگزامین، مخلوط کن تک باری ماسه، ترازو، قالب ماهیچه، صفحه زیر درجه، کارد تسمه، تجهیزات قالب گیری

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

۱] ابتدا ماسه قالب گیری آماده شده در فعالیت ۷ را تهیه کنید.

۲] قالب ماهیچه و صفحه زیر درجه را آماده کنید و داخل قالب ماهیچه را با پودر جدایش بپوشانید.

۳] جعبه ماهیچه را با مشعل حرارت دهید تا کاملاً گرم شود.

۴] مخلوط ماسه آماده شده را به داخل جعبه ماهیچه بریزید و توسط یک میله ضربات آرام به جعبه ماهیچه بزنید تا ذرات ماسه تمامی فضاهای جعبه ماهیچه را پر کنند.

۵] پس از بستن جعبه ماهیچه، اجازه دهید ماسه حدود ۵ دقیقه در قالب باقی بماند تا فرایند سخت شدن (پخت) کامل شود.

۶] پس از کامل شدن زمان پخت با رعایت نکات ایمنی جعبه ماهیچه را باز کنید و ماهیچه آماده شده را به هنرآموز خود تحویل دهید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب های فردی جلوگیری شود.

ماه‌یچه‌گیری به روش آلکیدی جعبه گرم^۱

روش جعبه ماه‌یچه گرم آلکیدی یکی از سیستم‌های رزینی حرارتی در ساخت ماه‌یچه است که بر پایه رزین‌های آلکیدی اصلاح‌شده عمل می‌کند. این سیستم در مقایسه با سیستم‌های فنولیکی و اوره فرمالدهید کاربرد محدودتری دارد، اما در برخی کاربردهای خاص به دلیل انعطاف‌پذیری بهتر و گازدهی کنترل‌شده استفاده می‌شود.

مبنای شیمیایی فرایند رزین آلکیدی نوعی پلی‌استر اصلاح‌شده با روغن‌های خشک‌شونده است که از واکنش پلی‌ال (مثل گلیسرول) اسیدهای چندعاملی (مثل فتالیک انیدرید) روغن‌های گیاهی اصلاح‌کننده تشکیل می‌شود. در روش جعبه ماه‌یچه گرم، رزین آلکیدی در اثر حرارت جعبه ماه‌یچه (حدود 230°C - 180°C) شبکه‌ای شده و سخت می‌شود. در برخی فرمول‌ها از کاتالیست‌های فلزی (مانند نمک‌های کبالت یا منگنز) برای تسریع واکنش استفاده می‌شود.

- از مزایای روش آلکیدی جعبه گرم می‌توان به:
- انعطاف‌پذیری بیشتر ماه‌یچه نسبت به اوره فرمالدهید
- چسبندگی مناسب به ماسه
- گازدهی کنترل‌شده‌تر نسبت به برخی سیستم‌ها
- سطح مناسب قطعه
- مقاومت حرارتی متوسط تا خوب
- از محدودیت‌های آن:
- استحکام نهایی معمولاً کمتر از فنولیک
- حساسیت به شرایط نگهداری
- قیمت بالاتر رزین نسبت به اوره فرمالدهید
- به دلیل مقاومت حرارتی کمتر، کاربرد آن در فولادریزی‌های دما بالا محدود است.

نکته



در هر دو روش آلکیدی جعبه گرم و فنولیکی جعبه گرم، کنترل دمای جعبه اهمیت زیادی دارد؛ زیرا افزایش بیش از حد دما می‌تواند موجب سوختگی سطح ماه‌یچه شود. همچنین، برای دستیابی به کیفیت مناسب، رزین باید به‌صورت یکنواخت با ماسه مخلوط شود و هنگام ریخته‌گری نیز تهویه مناسب محیط الزامی است.

درصد ترکیبات مخلوط مواد ماهیچه گیری به روش آلکیدی جعبه گرم

در جدول ۲۰، درصد تقریبی ترکیبات مخلوط مواد ماهیچه گیری به روش آلکیدی در جعبه ماهیچه گرم آورده شده است.

جدول ۲۰

جزء	درصد تقریبی	توضیحات
ماسه سیلیسی (پایه)	۹۷-۹۸ درصد	دانه بندی معمول ۵۰ - ۶۰ AFS (بسته به کیفیت سطح مورد نیاز قطعه)
رزین آلکیدی	۲ - ۱/۲ درصد	درصد وزنی ماسه
عامل سخت کننده (نمک های Co یا Mn)	۱ - ۰/۵ درصد	درصد وزنی ماسه

نکات مهم در مورد آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری

- **ماسه سیلیسی:** هرچه دانه بندی ماسه ریزتر (عدد مش بالاتر) باشد، سطح قطعه ریخته گری صاف تر و زبری آن کمتر خواهد بود؛ در نتیجه کیفیت سطح نهایی قطعه بهبود می یابد. با این حال، انتخاب دانه بندی باید متناسب با نوع قطعه، ضخامت قطعه و قابلیت عبور گاز انجام شود.
- **رزین آلکیدی:** رزین آلکیدی، چسبی آلی است که معمولاً به صورت مایع استفاده می شود و با ایجاد پیوند بین دانه های ماسه، موجب استحکام مخلوط ماهیچه می شود.
- **رطوبت ماسه:** رطوبت ماسه در این روش ماهیچه گیری بسیار با اهمیت می باشد، بنابراین باید از ماسه ای با حداکثر رطوبت ۰/۲ درصد استفاده شود.

نحوه آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری

مراحل صنعتی آماده سازی مخلوط مواد ماهیچه گیری در روش جعبه محفظه گرم آلکیدی به شرح زیر است:

۱ وزن کردن مواد: ابتدا تعداد ماهیچه ها (یا قالب ها) و مقدار مخلوط مورد نیاز برای هر یک محاسبه می شود. بر این اساس، مقدار ماسه سیلیسی مورد نیاز به دقت وزن می گردد. سپس با توجه به درصد مصرف چسب (معمولاً بر حسب درصد وزنی ماسه)، مقدار مناسب رزین آلکیدی و عامل سخت کننده حرارتی (نمک های Co یا Mn) وزن می شود.

توجه شود که ماسه باید کاملاً خشک، تمیز و عاری از هرگونه رطوبت و آلودگی باشد؛ زیرا وجود رطوبت اضافی می تواند بر استحکام نهایی ماهیچه تأثیر منفی بگذارد.

۲ مخلوط کردن: پس از وزن کردن، ابتدا از تمیز بودن مخلوط کن و عدم وجود بقایای مخلوط قبلی اطمینان حاصل می شود. سپس ماسه خشک داخل مخلوط کن (پیوسته یا ناپیوسته) ریخته شده و دستگاه روشن می گردد. سپس رزین آلکیدی به تدریج به مخلوط کن افزوده می شود تا تمام ذرات ماسه به طور یکنواخت به رزین آغشته شوند. زمان اختلاط بسته به نوع مخلوط کن و میزان چسب مصرفی معمولاً بین ۱۲۰ - ۶۰ ثانیه است. سپس سخت کننده حرارتی محاسبه شده به مخلوط کن اضافه می شود تا عمل مخلوط شدن به طور کامل انجام شود. مدت زمان مخلوط شدن سخت کننده حرارتی نیز بین ۹۰ - ۶۰ ثانیه می باشد. در پایان فرایند اختلاط، باید لایه ای نازک و یکنواخت از چسب اطراف تمامی دانه های ماسه را پوشانده باشد.

پس از آماده شدن مخلوط ماهیچه می توان مخلوط آماده شده را بلافاصله جهت ساخت ماهیچه استفاده نمود یا اینکه مخلوط آماده شده را در جلوی آفتاب (دمای محیط) پهن نمود تا خشک شود. سپس مخلوط از میان غلتک ها عبور داده می شود تا کلوخه های احتمالی از بین برود و مخلوط کاملاً یکنواخت شود، این مخلوط ماهیچه آماده را در کیسه هایی انبار می کنند و در مواقع مورد نیاز مورد استفاده قرار می گیرد.

۳ ماهیچه گیری: مخلوط مواد ماهیچه گیری اکنون آماده استفاده در جعبه ماهیچه گرم است. ابتدا قسمت های داخلی جعبه ماهیچه را با پودر جدایش (پودر تالک) آغشته می کنید، پس از جفت کردن دو لنگه جعبه ماهیچه و بستن آن جعبه ماهیچه تا دمای $23^{\circ}C - 18^{\circ}C$ درجه سلسیوس حرارت داده می شود. گرمایش جعبه ماهیچه می تواند به وسیله گرمکن های الکتریکی یا مشعل گازی انجام شود، سپس مخلوط آماده شده به طور یکنواخت متراکم می شود.

پس از آن به مدت ۱-۲ دقیقه فرصت داده می شود تا رزین در سراسر حجم ماهیچه پخت شده و سخت شود. پس از اطمینان از پخت و سخت شدن کامل ماهیچه، جعبه ماهیچه باز شده و ماهیچه تولید شده خارج می شود.

آماده سازی مخلوط مواد ماهیچه گیری به روش آلکیدی جعبه گرم

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، رزین آلکیدی، عامل سخت کننده حرارتی (نمک های Co یا Mn)، مخلوط کن تک باری ماسه، ترازو

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

۱) ابتدا مخلوط کن را تمیز کنید و ماسه سیلیسی را وزن کرده، داخل مخلوط کن بریزید و دستگاه را روشن کنید، سپس افزودنی های مورد نیاز مانند عامل سخت کننده حرارتی (نمک های Co یا Mn) را به مخلوط ماسه قالب گیری اضافه کنید.

۲) سپس رزین آلکیدی مورد نیاز را با توجه به حجم ماسه وزن کنید و در داخل مخلوط کن بریزید و منتظر باشید تا مخلوط شدن به طور کامل یکنواخت شود.

۳) پس از یکنواخت شدن کامل مخلوط، مواد برای استفاده آماده است.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب های فردی جلوگیری شود.





ماهیچه گیری ماهیچه افقی به روش آلکیدی جعبه گرم

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی، افزودنی های ماسه، رزین آلکیدی، عامل سخت کننده حرارتی (نمک های Co یا Mn)، مخلوط کن تک باری ماسه، ترازو، قالب ماهیچه، صفحه زیر درجه، کارد تسمه، تجهیزات قالب گیری

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱] ابتدا مخلوط ماسه ماهیچه گیری آماده شده در فعالیت قبل را تهیه کنید.
- ۲] قالب ماهیچه و صفحه زیر درجه را آماده کنید و سطوح داخلی قالب ماهیچه را با لایه ای نازک از پودر جدایش (تالک) پوشش دهید.
- ۳] جعبه ماهیچه را با مشعل حرارت دهید تا کاملاً گرم شود.
- ۴] مخلوط ماسه آماده شده را به داخل جعبه ماهیچه بریزید و با ضربه های آرام میله، به دیواره های جعبه ماهیچه ضربه بزنید تا مخلوط به طور کامل متراکم شده و تمام حفره های قالب پر شود.
- ۵] پس از پر شدن جعبه ماهیچه از ماسه، فرصت دهید تا کاملاً فرایند سخت شدن ماهیچه (پخت) کامل گردد.
- ۶] پس از کامل شدن زمان خشک شدن با رعایت نکات ایمنی جعبه ماهیچه را باز کنید و ماهیچه آماده شده را به هنرآموز خود تحویل دهید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب های فردی جلوگیری شود.

ارزشیابی شایستگی ماهیچه گیری به روش جعبه ماهیچه گرم

نام و نام خانوادگی :			شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۰۷۱۵۲۰	حرفه	کد پیمانانه / پودمان	۸۱۲۱۱۲۰۳۱	استاندارد عملکرد کار:
کد وظیفه شغل	۸۱۲۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	سطح صلاحیت	۳	تولید ماهیچه با استفاده از روش فنول فرمالدهید و مقایسه با روش سدیم سیلیکات
کد کار	۸۱۲۱۱۲۰۳۱۲	کار	سطح شایستگی	مهارت / تسلط	

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص ها/ داوری / نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	توزین و محاسبه مقدار ماسه و چسب	ابزار: ترازو، پیمانه، مخلوط کن، کاردک یا بیلچه کوچک مواد: ماسه سیلیسی یا ماسه ماهیچه، چسب رزینی یا فنول فرم آلدهید، کاتالیز در صورت نیاز تجهیزات: میز کار، مخلوط کن ماسه در صورت نیاز، دستکش، ماسک تنفسی، عینک ایمنی. زمان: ۱۵ تا ۳۰ دقیقه مکان: کارگاه قالب گیری / ماهیچه سازی	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	محاسبه دقیق نسبت ها، توزین با خطای کمتر از ۱٪، یکنواختی کامل و ثبت کامل	۳	
				محاسبه قابل قبول با خطای جزئی (تا ۳٪)، مخلوط قابل استفاده و ثبت نسبی	۲	
				خطای زیاد در نسبت ها، مخلوط نامناسب و غیر قابل استفاده	۱	
۲	آماده سازی مخلوط ماهیچه گیری	ابزار: الک، بیل/کاردک، پیمانه آب مواد: ماسه سیلیسی، بنتونیت (در ماسه تر)، آب، چسب رزینی فنولی (در صورت روش شیمیایی)، افزودنی های کربنی در صورت نیاز تجهیزات: مخلوط کن ماسه یا مخلوط کن، میز کار، ترازو (در صورت کنترل نسبت ها)، دستکش، ماسک گردوغبار، عینک ایمنی، تهویه زمان: ۲۰ تا ۴۵ دقیقه مکان: کارگاه قالب گیری / واحد آماده سازی ماسه	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	اختلاط یکنواخت، رطوبت مناسب، بدون کلوخه و ثبت کامل زمان و نسبت ها	۳	
				اختلاط قابل قبول با کلوخه های جزئی و چسبندگی مناسب	۲	
				اختلاط نامناسب، کلوخه زیاد و غیر قابل استفاده	۱	
۳	ماهیچه گیری به روش جعبه ماهیچه گرم	ابزار: بیلچه یا کاردک، الک ماسه، ابزار کنترل ابعاد جعبه ماهیچه مواد: ماسه ماهیچه رزینی، پودر جدایش در صورت نیاز تجهیزات: دستگاه ماهیچه سازی محفظه گرم، جعبه ماهیچه، میز کار، دستکش نسوز، عینک ایمنی، ماسک و سیستم تهویه زمان: ۲۰ تا ۴۰ دقیقه مکان: کارگاه ماهیچه سازی	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	پرشدگی کامل، تراکم یکنواخت، پخت یکنواخت و ماهیچه سالم با سطح صاف	۳	
				پرشدگی مناسب با نواقص جزئی و ماهیچه قابل استفاده	۲	
				پرشدگی ناقص، پخت نامناسب یا شکستگی و غیر قابل استفاده	۱	
۴	رعایت بهداشت، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: شایستگی های غیر فنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ایمنی: کفش ایمنی، کلاه ایمنی، لباس کار توجهات زیست محیطی: استفاده از سیستم های تهویه، جداسازی و تفکیک زباله ها، رعایت نظافت محیط کار نگرش: علاقه به کار، دقت بالا، نظم	رعایت بندهای ۱ الی ۴ عدم رعایت موارد ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل های اجرایی در تمام مراحل کار عدم رعایت اصول ایمنی و استفاده ناقص از تجهیزات فردی، ضعف در نگرش حرفه ای شامل بی دقتی و بی نظمی، بی توجهی به الزامات زیست محیطی مانند تهویه و نظافت و عدم پایبندی به قوانین و دستورالعمل های اجرایی در انجام فعالیت ها	۲	۱	
				۴	۱	

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					
☐ بلی					
☐ خیر					

توضیحات:

معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۲ و ۳ (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه ای انجام می شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه ریزی و تحلیل، پاسخ گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت ها

تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.



پودمان دوم

قالب‌گیری پوسته‌ای و سرامیکی



واحد یادگیری ۱: قالب گیری پوسته‌ای

مقدمه

قالب گیری پوسته‌ای یکی از روش‌های ریخته‌گری است که برای تولید قطعات با ابعاد متوسط، دقت ابعادی مناسب، کیفیت سطح مطلوب و نرخ تولید بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش، قالب از مخلوط ماسه پوشش‌دار با رزین گرماسخت روی صفحه مدل تشکیل می‌شود. در این واحد یادگیری با مراحل ساخت قالب پوسته‌ای، آماده‌سازی آن و کاربرد آن در فرایند ریخته‌گری آشنا خواهید شد. قالب گیری پوسته‌ای از نظر اصول ساخت قالب، شباهت زیادی به روش جعبه ماهیچه گرم دارد و تفاوت اصلی آن در نوع محصول تولیدی است.

استاندارد عملکرد

ساخت قالب پوسته‌ای با استفاده از ماسه پوشش‌دار و رزین‌های گرماسخت، مطابق مراحل اجرایی، الزامات فنی و نکات ایمنی

قالب پوسته‌ای

به تصاویر شکل ۱ با دقت نگاه کنید. قطعات نشان داده شده با روش قالب‌گیری پوسته‌ای تولید شده‌اند.



پوسته شبر صنعت نفت



پروانه (ایمپلر)



منیفولد توربو پمپ خودرو

شکل ۱- قطعات ریخته‌گری شده به روش قالب پوسته‌ای

قالب‌گیری پوسته‌ای

قالب‌های پوسته‌ای از جمله قالب‌های ریخته‌گری هستند که محفظه قالب در آنها به وسیله یک لایه نازک و مقاوم از مواد قالب‌گیری تشکیل می‌شود. این روش در سال ۱۹۴۴ توسط یوهانس کرونینگ ابداع شد و به دلیل استفاده از ماسه پوشش‌دار با رزین، با نام «قالب‌گیری ماسه رزین‌دار» نیز شناخته می‌شود. در مقایسه با بسیاری از روش‌های قالب‌گیری، قالب‌گیری پوسته‌ای امکان تولید قطعاتی با شکل‌های ساده تا پیچیده، دقت ابعادی بالا و کیفیت سطح مناسب را فراهم می‌کند. قالب پوسته‌ای معمولاً از دو نیم‌قالب پوسته‌ای تشکیل می‌شود. با قرار گرفتن این دو نیم‌پوسته در کنار یکدیگر، محفظه قالب و سیستم راهگاهی شکل می‌گیرد.

هر نیم‌پوسته از تماس مخلوط ماسه و رزین با یک صفحه مدل فلزی گرم ایجاد می‌شود. در این روش، از رزین‌های گرم‌سخت به عنوان چسب استفاده می‌شود. با گرم شدن مخلوط، رزین بر اثر گرما نرم شده، سپس پخت اولیه انجام می‌شود و دانه‌های ماسه را به یکدیگر متصل می‌کنند. در نتیجه، شکل مدل و سیستم راهگاهی موجود بر روی صفحه مدل فلزی در لایه‌ای نازک از ماسه ایجاد می‌شود.

از رزین‌های گرم‌سخت علاوه بر ساخت قالب‌های پوسته‌ای، در تولید ماهیچه‌ها نیز استفاده می‌شود. مواد مورد استفاده در ساخت قالب‌های پوسته‌ای شامل مواد دیرگداز، چسب‌ها و افزودنی‌ها است که در پودمان اول، واحد یادگیری دوم معرفی شده‌اند.

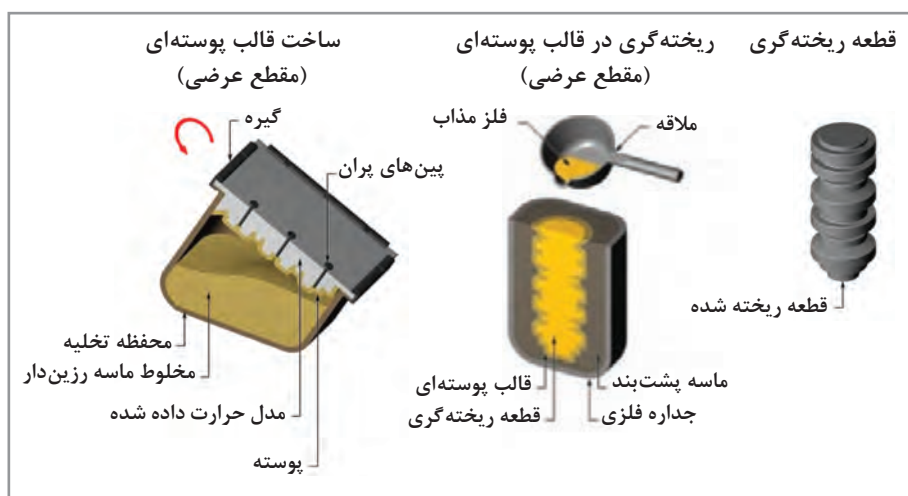
قالب‌گیری پوسته‌ای در کدام گروه از روش‌های قالب‌گیری (موقت یا دائمی) قرار می‌گیرد؟ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.



مزایا و محدودیت‌های قالب‌گیری پوسته‌ای

مزایا

- تولید قطعات با دقت ابعادی، کیفیت سطح مناسب و قابلیت بازتولید دقیق جزئیات مدل.
- مناسب برای تولید انبوه و دارای تکرارپذیری زیاد.
- امکان نگهداری نیم‌پوسته‌های تولیدشده برای مدت مشخص در صورت نگهداری در شرایط مناسب.
- فرسایش کم صفحه مدل فلزی و قابلیت تولید تعداد زیادی قالب بدون تعویض مدل.
- مقاومت مناسب پوسته قالب در برابر شوک حرارتی و کاهش عیوبی مانند ماسه‌سوزی و ورود ناخالصی‌های ماسه‌ای به مذاب.
- استحکام مناسب پوسته‌ها در کنار وزن کم و سهولت جابه‌جایی.
- مصرف کمتر ماسه نسبت به روش‌های متداول قالب‌گیری ماسه‌ای.



شکل ۲- مراحل ریخته‌گری پوسته‌ای

روش‌های ریخته‌گری زیر را براساس کیفیت سطح و دقت ابعادی قطعات تولیدی، از کمترین تا بیشترین مرتب کنید و دلیل انتخاب خود را توضیح دهید.

ریخته‌گری در ماسه تر، ریخته‌گری دقیق، ریخته‌گری تحت فشار، ریخته‌گری در قالب‌های ریژه، ریخته‌گری به روش CO_2

فعالیت کلاسی



محدودیت‌ها

- ۱ به دلیل گرم بودن صفحه مدل استفاده از مدل‌های چوبی و پلاستیکی امکان‌پذیر نیست.
- ۲ هزینه ساخت صفحه مدل فلزی و ماسه رزین‌دار نسبتاً بالا است؛ بنابراین این روش بیشتر برای تولید انبوه مقرون به صرفه است.
- ۳ این روش بیشتر برای تولید قطعات کوچک تا متوسط مناسب است و ساخت قطعات بسیار بزرگ معمولاً اقتصادی نیست.

۴ برای تولید قطعات بسیار سنگین یا آلیاژهای با دمای ذوب بسیار بالا کاربرد محدودی دارد. انواع روش‌های ساخت قالب‌های پوسته‌ای قالب‌گیری پوسته‌ای به دو روش انجام می‌شود: الف) روش‌های دستی (غیرماشینی) ب) ماشینی

تحقیق کنید



با مراجعه به منابع معتبر درباره کاربردهای روش قالب‌گیری پوسته‌ای در صنایع مختلف تحقیق کنید و نمونه‌هایی از قطعات تولید شده به این روش را معرفی کنید. سپس یافته‌های خود را در قالب یک گزارش کوتاه به کلاس ارائه کنید.

روش‌های دستی ساخت قالب‌های پوسته‌ای

در روش‌های دستی، از ابزارها و تجهیزات ساده برای تولید تعداد محدودی قالب پوسته‌ای استفاده می‌شود. در این روش‌ها، مخلوط ماسه رزین‌دار بر روی صفحه مدل فلزی گرم ریخته شده و پس از سخت شدن رزین پوسته قالب تشکیل می‌شود. برای ساخت قالب پوسته‌ای به روش دستی، دو روش متداول وجود دارد:

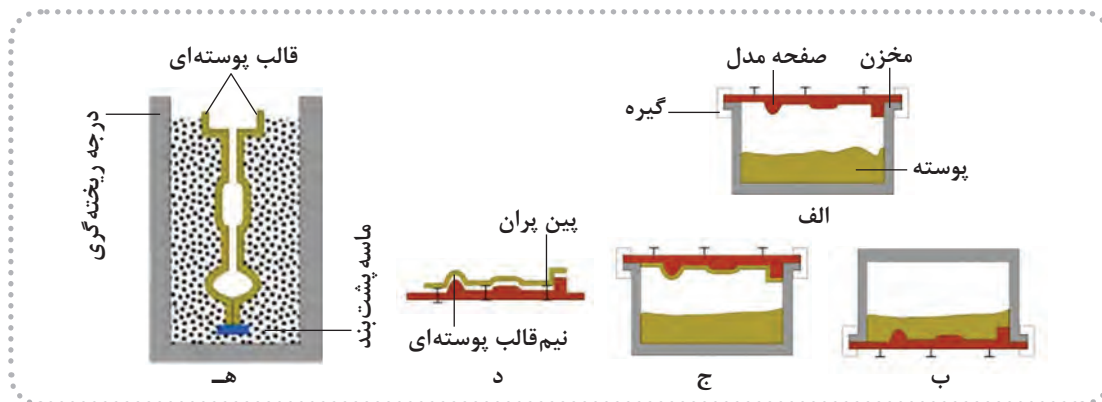
۱ روش پاشش دستی

۲ روش مخزنی

در روش پاشش دستی، مخلوط ماسه قالب‌گیری به صورت دستی روی صفحه مدل گرم پاشیده می‌شود. در روش مخزنی، صفحه مدل گرم روی مخزن حاوی ماسه رزین‌دار قرار می‌گیرد و با چرخش مخزن، ماسه رزین‌دار با سطح مدل تماس پیدا می‌کند تا پوسته قالب تشکیل شود. مراحل ساخت قالب پوسته‌ای به روش پاشش دستی در شکل ۳ و به روش مخزنی در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۳- مراحل ساخت قالب پوسته‌ای به روش پاشش دستی



شکل ۴- مراحل ساخت قالب پوسته‌ای به روش مخزنی



روش‌های دستی ساخت قالب‌های پوسته‌ای به دلیل نیاز به تجهیزات ساده، سرمایه‌گذاری اولیه کمتری نیاز دارند و امکان تولید قالب در مدت زمان کوتاه را فراهم می‌کنند. با این حال، به دلیل وابستگی زیاد به مهارت اپراتور، دقت ابعادی و کیفیت قالب‌های تولیدی نسبت به روش‌های مکانیزه کمتر است. همچنین سرعت تولید پایین‌تر بوده و به علت نیاز بیشتر به نیروی انسانی، هزینه‌های جاری تولید افزایش می‌یابد.

اگر یک کارگاه ریخته‌گری قصد تولید تعداد محدودی قطعه را داشته باشد، به نظر شما استفاده از روش دستی ساخت قالب‌های پوسته‌ای مناسب‌تر است یا روش‌های مکانیزه؟ پاسخ خود را با توجه به هزینه، سرعت تولید و کیفیت قالب بیان کنید.

مراحل ساخت قالب پوسته‌ای به روش پاشش دستی

در روش پاشش دستی، مخلوط ماسه قالب‌گیری روی صفحه مدل فلزی گرم پاشیده می‌شود. با گرم شدن مخلوط، رزین موجود در آن فعال شده و دانه‌های ماسه را به یکدیگر متصل می‌کند. پس از تشکیل پوسته و رسیدن آن به ضخامت و استحکام مناسب، نیم‌پوسته از صفحه مدل جدا شده و برای ساخت قالب آماده می‌شود. مراحل این فرایند به شرح زیر است:

- ساخت صفحه مدل فلزی ساده (شکل ۵-الف) مطابق مطالب ارائه‌شده در درس کارگاه مدل‌سازی؛
- تهیه مخلوط ماسه قالب‌گیری (مطابق پودمان ۱، واحد یادگیری ۲)؛
- گرم کردن صفحه مدل تا دمای پخت رزین (حدود ۱۸۰ تا ۲۴۰ درجه سلسیوس) (شکل ۵-ب)؛
- پاشش مخلوط ماسه رزین‌دار روی صفحه مدل به گونه‌ای که تمام سطوح آن را بپوشاند (شکل ۵-ج و د)؛
- انتظار برای تشکیل پوسته و رسیدن آن به ضخامت و استحکام مناسب (شکل ۵-ه)؛
- جداسازی نیم‌پوسته از صفحه مدل؛
- ساخت نیم‌پوسته دوم به همین روش؛
- قرار دادن دو نیم‌پوسته در کنار یکدیگر و اتصال آنها برای تشکیل قالب کامل؛
- استقرار قالب درون یک محفظه نگهدارنده، مانند درجه ریخته‌گری؛
- پر کردن فضای اطراف قالب با ماسه پشت‌بند به منظور افزایش استحکام قالب و جلوگیری از تغییر شکل آن هنگام ذوب‌ریزی؛
- آماده‌سازی مذاب و انجام عملیات ذوب‌ریزی.

مراحل ساخت قالب پوسته‌ای به روش پاشش دستی در شکل ۵ نشان داده شده است.



ه

د

ج

ب

الف

شکل ۵- مراحل ساخت قالب پوسته‌ای به روش پاشش دستی



درباره کاربردهای قالب گیری پوسته‌ای در صنایع مختلف تحقیق کنید. مشخص کنید در چه صنایعی و برای تولید چه نوع قطعاتی (از نظر جنس، ابعاد و تعداد تولید) بیشتر از قالب گیری پوسته‌ای استفاده می‌شود؟ دلیل انتخاب آن برای تولید این قطعات چیست؟ نتایج تحقیق خود را همراه با تصاویر یا نمونه قطعات در قالب یک گزارش کوتاه به کلاس ارائه کنید.

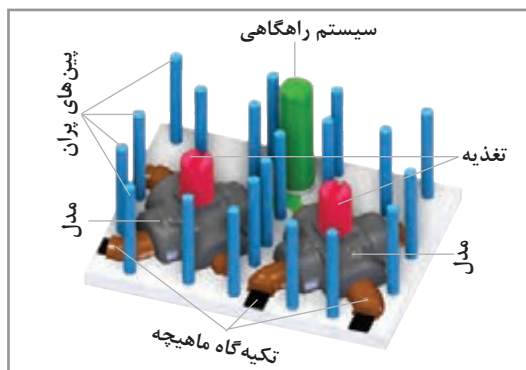
صفحه مدل‌های صنعتی در فرایند قالب گیری پوسته‌ای

در فرایند قالب گیری پوسته‌ای، معمولاً از یک صفحه مدل فلزی استفاده می‌شود. علاوه بر مدل قطعه، اجزای سیستم راهگاهی، تغذیه‌ها، تکیه‌گاه‌های ماهیچه، پین‌های راهنما و هواکش‌ها نیز روی صفحه مدل تعبیه می‌شوند. شکل ۶- الف طرح‌واره یک صفحه مدل مورد استفاده در قالب گیری پوسته‌ای را نشان می‌دهد. در این شکل، رنگ خاکستری نشان‌دهنده صفحه مدل، رنگ سبز سیستم راهگاهی، رنگ قرمز تغذیه، رنگ قهوه‌ای تکیه‌گاه ماهیچه، رنگ آبی پین‌های پران^۱ و رنگ مشکی هواکش‌های ماهیچه است. شکل ۶- ب نیز نمونه‌ای از یک صفحه مدل صنعتی را نمایش می‌دهد.

در این روش می‌توان از مدل‌های یک‌تکه، دوتکه و دارای ماهیچه استفاده کرد. مدل‌ها معمولاً از فولاد، چدن یا آلایژهای آلومینیوم ساخته می‌شوند. در میان این مواد، چدن خاکستری به دلیل مقاومت سایشی مناسب، پایداری ابعادی و عمر کاری بالا، کاربرد بیشتری دارد. با این حال، هزینه بالای ساخت صفحه مدل و پیچیدگی تولید آن، استفاده از این روش را برای تولیدات با تعداد کم محدود می‌کند.



ب) نمونه‌ای از صفحه مدل صنعتی

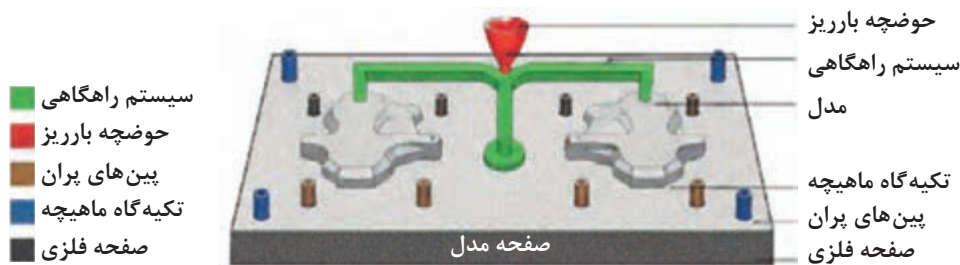


الف) اجزای صفحه مدل قالب گیری پوسته‌ای

شکل ۶- نمونه‌ای از صفحه مدل مورد استفاده در قالب گیری پوسته‌ای

به منظور جلوگیری از ایجاد تنش‌ها و تغییرات ابعادی ناشی از انبساط حرارتی، معمولاً از فلزات با ضریب انبساط حرارتی متفاوت در ساخت یک صفحه مدل استفاده نمی‌شود. همچنین به کارگیری موادی با ضریب انبساط حرارتی کم، دقت ابعادی قالب را افزایش می‌دهد. ابعاد صفحه مدل باید متناسب با ابعاد مخزن یا محفظه ماسه طراحی شود.

در قالب گیری پوسته‌ای، می‌توان چندین مدل را به صورت چند حفره‌ای بر روی یک صفحه مدل نصب کرد تا بهره‌وری تولید افزایش یابد. همچنین برای تسهیل خروج مدل از پوسته قالب، شیب مناسب در سطوح مدل در نظر گرفته می‌شود. برای جداسازی آسان نیم‌پوسته از صفحه مدل نیز از پین‌های پران استفاده می‌شود.



الف) طرحواره صفحه مدل قالب گیری پوسته‌ای



ب) نمونه صفحه مدل صنعتی مورد استفاده در فرایند قالب گیری پوسته‌ای

شکل ۷

علت استفاده از چدن به جای فولاد در ساخت مدل و صفحه مدل در قالب گیری پوسته‌ای چیست؟

پرسش کلاسی



گرم کردن صفحه مدل

در فرایند قالب گیری پوسته‌ای، برای تشکیل پوسته قالب، لازم است صفحه مدل فلزی طی یک چرخه حرارتی تا دمای مناسب گرم شود. دمای صفحه مدل معمولاً در محدوده ۱۸۰ تا ۲۴۰ درجه سلسیوس است. در این دما، رزین موجود در ماسه فعال شده و باعث چسبیدن دانه‌های ماسه به یکدیگر و تشکیل پوسته قالب می‌شود. گرمایش صفحه مدل معمولاً به دو روش گازی و الکتریکی انجام می‌شود. انتخاب روش گرمایش به شرایط تولید، امکانات موجود و ملاحظات اقتصادی بستگی دارد. با این حال، به دلیل دسترسی آسان به گاز، هزینه کمتر و سهولت بهره‌برداری، گرمایش گازی بیشتر در تولیدات با تیراژ بالا و ساخت قالب‌های بزرگ به کار می‌رود. استفاده از گرمایش الکتریکی معمولاً از نظر هزینه انرژی و تجهیزات، مقرون به صرفه نیست؛ بنابراین گرمایش گازی ترجیح داده می‌شود.

در گرم کردن صفحه مدل‌های بزرگ، معمولاً از چند مشعل به طور هم‌زمان استفاده می‌شود تا حرارت به صورت یکنواخت توزیع شود. اختلاف دمای زیاد در نقاط مختلف صفحه مدل می‌تواند بر کیفیت پوسته تأثیر منفی بگذارد؛ بنابراین کنترل دما در سراسر سطح صفحه مدل اهمیت زیادی دارد.

دمای صفحه مدل یکی از عوامل مؤثر بر کیفیت پوسته است. دمای بیش از حد می‌تواند باعث سوختن رزین و ترد شدن پوسته شود، در حالی که دمای پایین‌تر از حد مطلوب، استحکام پوسته را کاهش داده و احتمال شکستگی آن را هنگام جداسازی از صفحه مدل افزایش می‌دهد.

برای سهولت جداسازی پوسته از صفحه مدل، معمولاً از مواد جداکننده بر پایه سیلیکون استفاده می‌شود. این مواد به صورت اسپری، گریس یا سوسپانسیون‌های کلوئیدی در دسترس هستند و پیش از اعمال مخلوط ماسه رزین‌دار، روی صفحه مدل اعمال می‌شوند.

باید توجه داشت که استفاده بیش از حد از مواد جداکننده، لزوماً موجب جداسازی بهتر پوسته نمی‌شود بلکه در برخی موارد، مصرف بیش از اندازه این مواد می‌تواند سبب کاهش کیفیت سطح پوسته و ایجاد مشکل در فرایند جداسازی شود. بنابراین، مواد جداکننده باید به مقدار مناسب و به صورت یکنواخت بر روی سطح صفحه مدل اعمال شوند. این مواد علاوه بر تسهیل جداسازی پوسته، از چسبیدن رزین به سطح صفحه مدل جلوگیری کرده و عمر صفحه مدل را افزایش می‌دهند.

از چه نشانه‌هایی می‌توان تشخیص داد که پخت ماسه رزین‌دار در فرایند قالب‌گیری پوسته‌ای به‌طور کامل انجام شده است؟

پوشش کلاسی

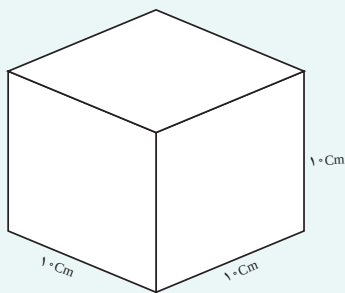


فعالیت کارگاهی

۱



ساخت صفحه مدل مکعبی ساده



مواد و تجهیزات مورد نیاز: صفحه آلومینیومی مسطح (زیر درجه‌ای)، مدل فلزی مکعبی، مدل فلزی سیستم راهگای طراحی شده براساس مدل، چسب، پیچ و پین برای اتصال اجزا به یکدیگر، تجهیزات مدل‌سازی شامل مته، دریل ستونی، فلاویز، سوهان، سنباده، گیره رومیزی، دسته فلاویز، روغن، کولیس یا خط کش فلزی، پیچ سرخزینه **نکات ایمنی و حفاظتی:** استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱) مدل مکعبی آلومینیومی را با استفاده از سوهان و سنباده پرداخت کنید تا سطح آن کاملاً صاف و یکنواخت شود.
- ۲) یک صفحه آلومینیومی با ابعاد 25×25 سانتی‌متر تهیه کنید. در این فعالیت، استفاده از زیردرجه‌های فلزی با سطح کاملاً پرداخت‌شده و گونیاشده توصیه می‌شود.
- ۳) مدل آماده شده را در مرکز صفحه قرار داده و محل نصب مدل را روی صفحه علامت‌گذاری کنید. سپس با استفاده از مته $4/5$ میلی‌متری سوراخ کاری کرده و در مدل رزوه M5 ایجاد کنید. در پایان مدل را با استفاده از پیچ سرخزینه M5 به صفحه مدل متصل کنید.
- ۴) اجزای سیستم راهگای مدل را به روش ریخته‌گری یا ماشین‌کاری تهیه کنید.
- ۵) اجزای سیستم راهگای را روی صفحه مدل نصب و از استحکام اتصال آنها اطمینان حاصل کنید.
- ۶) صفحه مدل را از نظر کیفیت ساخت بررسی کنید. در این مرحله، هم‌سطح بودن مدل، استحکام اتصالات، موقعیت اجزای سیستم راهگای، کیفیت سوراخ‌ها و رزوه‌ها و صافی سطح کنترل شود.

نکته:

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به‌صورت تفکیک‌شده جمع‌آوری کنید.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



ساخت نیم پوسته قالب پوسته‌ای مسطح به روش پاشش دستی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: صفحه مدل فلزی مسطح، ماسه سیلیسی رزین دار با چسب فنول فرمالدهید، مشعل یا گرمکن

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش نسوز، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.

مراحل انجام کار:

۱) صفحه مدل فلزی (زیردرجه) را با استفاده از مشعل تا دمای ۱۸۰ تا ۲۴۰ درجه سلسیوس (با توجه به کیفیت ماسه رزین دار) گرم کنید و دما را تا زمان تشکیل پوسته حفظ نمایید.

۲) پس از رسیدن صفحه مدل به دمای مورد نظر، مشعل را خاموش کرده و صفحه مدل را در وضعیت افقی و تراز قرار دهید. سپس مخلوط ماسه پوسته‌ای (ماسه رزین دار) را به صورت یکنواخت روی سطح صفحه مدل بپاشید.

۳) پس از تشکیل لایه‌ای از ماسه با ضخامت مناسب، برای پخت رزین و اتصال دانه‌های ماسه به یکدیگر نیاز به کامل شدن زمان پخت است، تا پوسته استحکام کافی پیدا کند.

۴) پس از تشکیل و استحکام اولیه پوسته، با وارد کردن چند ضربه آرام به پشت صفحه مدل، نیم پوسته را بدون آسیب جدا کنید.

۵) نیم پوسته را در گرمکن قرار دهید تا پخت نهایی رزین انجام شده و استحکام مکانیکی نیم پوسته افزایش یابد (در صورتی که زمان پخت مرحله ۳ کافی نباشد).

نکته:

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به صورت تفکیک شده جمع‌آوری کنید.

- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



ساخت نیم پوسته قالب پوسته‌ای مکعبی ساده به روش پاشش دستی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: صفحه مدل فلزی، ماسه سیلیسی با چسب فنول فرمالدهید، مشعل، گرمکن

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش نسوز، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.

مراحل انجام کار:

۱) صفحه مدل فلزی ساخته شده در فعالیت کارگاهی ۱ را با استفاده از مشعل تا دمای ۱۸۰ تا ۲۴۰ درجه سلسیوس گرم کنید.

۲) پس از رسیدن صفحه مدل به دمای مورد نظر، مشعل را خاموش کرده و صفحه را در وضعیت تراز قرار دهید. سپس مخلوط ماسه رزین دار آماده شده را به طور یکنواخت بر روی سطح صفحه مدل بپاشید.

۳) ضخامت لایه ماسه به اندازه‌ای باشد که پس از پخت، پوسته‌ای با ضخامت مورد نظر تشکیل شود، با اعمال حرارت ملایم، شرایط لازم برای پخت رزین و اتصال دانه‌های ماسه را فراهم کنید.

۴) پس از تشکیل و استحکام اولیه نیم پوسته، با وارد کردن چند ضربه آرام به پشت صفحه مدل، نیم پوسته را از آن جدا کنید.

۵) نیم پوسته تولید شده را در گرمکن قرار دهید تا فرایند پخت نهایی تکمیل شده و استحکام کافی برای استفاده در قالب‌گیری را به دست آورد (در صورتی که زمان پخت مرحله ۳ کافی نباشد).

نکته:

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به صورت تفکیک شده جمع‌آوری کنید.

- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



اتصال نیم پوسته‌های ساخته شده به یکدیگر توسط روش چسباندن مواد و تجهیزات مورد نیاز: دو نیم قالب پوسته‌ای مکعبی ساخته شده در فعالیت‌های کارگاهی ۲ و ۳، چسب چوب، گیره دستی
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.
مراحل انجام کار:

- ۱ یک لایه نازک و یکنواخت از چسب چوب را به لبه‌های اتصال نیم قالب پوسته‌ای مکعبی ساخته شده در فعالیت کارگاهی ۳ اعمال کنید. دقت کنید از ورود چسب به داخل حفره قالب، راهگاه و مسیر عبور مذاب جلوگیری کنید؛ زیرا در هنگام ذوب‌ریزی می‌تواند موجب ایجاد عیوب ریخته‌گری شود.
 - ۲ نیم قالب پوسته‌ای مسطح ساخته شده در فعالیت کارگاهی ۲ را بر روی نیم قالب مکعبی قرار دهید و با فشار یکنواخت، دو نیم قالب را به یکدیگر متصل کنید. اطمینان حاصل کنید که در محل اتصال هیچ‌گونه درز یا فاصله‌ای وجود نداشته باشد؛ زیرا این درزها می‌توانند باعث بیرون زدن مذاب هنگام ذوب‌ریزی و ایجاد عیب پلیسه شود.
 - ۳ قالب پوسته‌ای مونتاژ شده را در گیره دستی مجهز به فک نرم قرار دهید. فشار گیره باید یکنواخت و فقط در حد نگه‌داشتن نیم قالب باشد. بدون آنکه موجب ترک خوردگی یا شکست پوسته شود.
 - ۴ قالب را برای مدت زمان کافی در همان وضعیت نگه دارید تا اتصال مستحکمی بین دو نیم قالب ایجاد شود.
- نکته:**

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به صورت تفکیک شده جمع‌آوری کنید.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



آماده‌سازی قالب پوسته‌ای با ماسه پشت‌بند مواد و تجهیزات مورد نیاز: قالب پوسته‌ای مکعبی، درجه ریخته‌گری متناسب با ابعاد قالب پوسته‌ای مکعبی، ماسه سیلیسی، تجهیزات قالب‌گیری
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.
مراحل انجام کار:

- ۱ قالب پوسته‌ای ساخته شده در فعالیت کارگاهی ۴ را درون درجه ریخته‌گری با ابعاد مناسب قرار دهید.
 - ۲ فضای اطراف قالب پوسته‌ای را با ماسه پشت‌بند خشک پر کرده و آن را با کوبه دستی یا لرزش ملایم متراکم کنید تا از جابه‌جایی یا شکست قالب در هنگام ذوب‌ریزی جلوگیری شود.
 - ۳ پس از تکمیل ماسه از هم‌محوری راهگاه، پایداری قالب و تراکم مناسب ماسه پشت‌بند اطمینان حاصل کنید.
 - ۴ قالب آماده شده را به خط بارریزی منتقل کنید.
- نکته:**

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به صورت تفکیک شده جمع‌آوری کنید.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



ذوب ریزی در قالب پوسته‌ای

مواد و تجهیزات مورد نیاز: قالب پوسته‌ای، بوتنه و ابزار ذوب، پاتیل، مذاب آلومینیوم، تجهیزات ریخته‌گری
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش نسوز، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.

مراحل انجام کار:

۱ قالب پوسته‌ای تهیه شده در فعالیت کارگاهی ۵ را در نظر بگیرید.

۲ مذاب آلومینیوم را آماده کنید.

۳ مذاب آلومینیوم را با رعایت نکات ایمنی از کوره خارج کرده و در داخل قالب پوسته‌ای ریخته‌گری کنید تا قالب پر شود (در صورتی که حجم قطعه ریختگی زیاد بود استفاده از ماسه پشت‌بند الزامی است).

۴ پس از اطمینان از انجماد و سرد شدن کامل قطعه، قالب را تخریب کرده و قطعه را از قالب خارج کنید.

۵ پس از پرداخت کاری قطعه تولیدی آن را از لحاظ عیوب ریخته‌گری بررسی کنید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.

- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

■ مراحل ساخت قالب پوسته‌ای به روش مخزنی

در روش مخزنی، صفحه مدل گرم روی مخزن حاوی مخلوط ماسه رزین‌دار قرار می‌گیرد و با چرخش مخزن، مخلوط ماسه با سطح داغ مدل تماس یافته و پوسته تشکیل می‌شود. در این روش، مجموعه صفحه مدل و مخزن به صورت یکپارچه دوران داده می‌شود و ماسه از داخل مخزن بر روی سطح مدل ریخته می‌شود. پس از رسیدن به ضخامت مناسب و خودگیری ماسه، مخزن و صفحه مدل ۱۸۰ درجه چرخانده می‌شوند؛ در نتیجه ماسه اضافی به داخل مخزن بازمی‌گردد. سپس نیم‌پوسته تشکیل شده با استفاده از پران‌های تعبیه شده از صفحه مدل جدا شده و صفحه مدل مجدداً به مخزن متصل می‌شود. این روش موجب کاهش هدررفت ماسه و افزایش بازده فرایند می‌شود.

مراحل انجام کار:

- ساخت صفحه مدل فلزی (مطابق با کتاب مدل‌سازی و ماهیچه‌ها پایه یازدهم، پودمان ۴) (شکل ۸-الف و ب)؛

- تهیه مخلوط مواد قالب‌گیری (مطابق پودمان ۱، واحد یادگیری ۲)؛

- ریختن مخلوط ماسه درون مخزن قابل چرخش (شکل ۸-ج)؛

- حرارت دادن صفحه مدل تا دمای پخت رزین (۱۸۰ تا ۲۴۰ درجه سلسیوس)؛

- اتصال کامل و بدون فاصله صفحه مدل به مخزن نگهداری ماسه (شکل ۸-د)؛

- چرخش هم‌زمان صفحه مدل و مخزن و تشکیل لایه ماسه روی سطح مدل؛

- نگهداری مجموعه برای پخت رزین و تشکیل پوسته؛

- جدا کردن صفحه مدل به همراه پوسته نیم‌قالب از مخزن؛

- جدا کردن نیم‌پوسته قالب از صفحه مدل (شکل ۸-ه)؛

- تهیه نیم‌پوسته دوم قالب (شکل ۸-و)؛

- مونتاژ و اتصال دو نیم‌پوسته قالب برای تشکیل قالب پوسته‌ای کامل (شکل ۸-ز و ح)؛

- قرار دادن قالب درون محفظه مناسب (مانند درجه ریخته‌گری) برای انجام بارریزی (شکل ۸-ط)؛

- استفاده از ماسه پشت‌بند برای افزایش استحکام و جلوگیری از فروپاشی قالب هنگام ذوب‌ریزی (شکل ۸-ی)؛

- تهیه مذاب و انجام عملیات ریخته‌گری (شکل ۸-ک)



از آنجا که قالب پوسته‌ای ممکن است هنگام جابه‌جایی یا ذوب‌ریزی دچار شکست شود، از ماسه پشت‌بند برای افزایش استحکام قالب و جلوگیری از آسیب دیدن آن استفاده می‌شود. مراحل ساخت قالب پوسته‌ای مخزنی در شکل ۸ نشان داده شده است.



ج) ریختن مخلوط ماسه رزین‌دار بر روی صفحه مدل و سپری شدن زمان پخت



ب) آماده‌سازی صفحه مدل و حرارت دادن آن



الف) آماده‌سازی مخزن ماسه



و) آماده‌سازی و ساخت نیمه دوم قالب (مطابق مراحل ساخت نیمه اول)



ه) جدا نمودن نیمه اول قالب آماده شده



د) چرخش ۱۸۰ درجه صفحه مدل و بازگشت ماسه‌های عمل نکرده به داخل مخزن



ط) قرار دادن قالب در درجه و پر کردن فضای خالی اطراف با استفاده از ماسه پشت‌بند



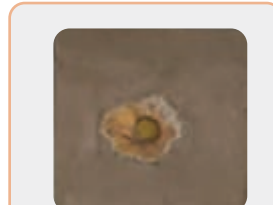
ح) مونتاژ دو نیم‌پوسته



ز) تمیزکاری، اصلاح لبه‌ها و چسب زدن اطراف نیم‌پوسته



ک) قطعه ریخته‌گری شده



ی) آماده شدن قالب برای ذوب‌ریزی

شکل ۸- مراحل ساخت قالب پوسته‌ای مخزنی با استفاده از صفحه مدل



ساخت مخزن ماسه روی صفحه مدل برای قالب‌گیری پوسته‌ای

مواد و تجهیزات مورد نیاز: صفحه مدل آلومینیومی برای قسمت تحتانی مخزن، یک صفحه آلومینیومی مسطح یا صفحه زیر درجه‌ای برای قسمت فوقانی مخزن، یک مخزن با ابعاد متناسب با صفحه مدل تهیه شود. (توصیه می‌شود از یک لنگه درجه مادگی بدون زه داخلی، در کارگاه استفاده شود)، واکس، پیچ و مهره برای اتصال اجزاء، تجهیزات مدل سازی شامل مته، دریل، قلاویز، سوهان و سنباده

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

مراحل انجام کار:

- ۱) صفحه مدل آلومینیومی ساخته شده در فعالیت کارگاهی ۳ را به گونه‌ای روی میز قرار دهید که مدل و سیستم راهگای رو به بالا باشند.
- ۲) یک لنگه درجه مادگی (بدون زه داخلی) را روی صفحه مدل قرار دهید؛ به طوری که مدل و سیستم راهگای در مرکز درجه واقع شود.
- ۳) موقعیت درجه را روی صفحه مدل علامت‌گذاری کرده و محیط آن را ترسیم کنید.
- ۴) درجه را برداشته و در داخل محدوده علامت‌گذاری شده، چهار سوراخ با قطر ۴/۵ میلی‌متر (مناسب برای قلاویز M5) ایجاد کنید.
- ۵) درجه را مجدداً روی محل علامت‌گذاری شده قرار داده و مجموعه صفحه مدل و درجه را برگردانید.
- ۶) محل سوراخ‌های ایجاد شده را روی درجه علامت‌گذاری کنید و با مته ۴/۵ سوراخ کنید.
- ۷) سوراخ‌های ایجاد شده در صفحه مدل و درجه را با قلاویز M5 رزوه‌کاری کنید.
- ۸) صفحه مدل و درجه را با استفاده از پیچ‌های سرخزینه M5 به گونه‌ای به هم متصل کنید که بین صفحه مدل و درجه هیچ فاصله‌ای باقی نماند.
- ۹) برای ساخت نیمه اول مخزن، یک صفحه مسطح آلومینیومی را به کار گرفته و مراحل بندهای ۳ تا ۸ را تکرار کنید تا نیم‌مخزن اول ساخته شود.
- ۱۰) برای ساخت نیم‌مخزن دوم نیز مراحل ۲ تا ۹ تکرار شود.

نکته:

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به صورت تفکیک شده جمع‌آوری کنید.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



آماده‌سازی قالب پوسته‌ای ساخته شده به روش مخزن ماسه برای ذوب‌ریزی (با استفاده از ماسه پشت‌بند) مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی با چسب فنول فرمالدهید، صفحه‌های مدل مجهز به مخزن ماسه، مشعل یا گرمکن، چسب چوب، گیره، درجه ریخته‌گری متناسب با ابعاد قالب، ماسه تر، تجهیزات ذوب نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است. مراحل انجام کار:

۱ مخزن ماسه متصل به صفحه مدل مجهز به مخزن (تهیه شده در فعالیت کارگاهی ۷) را تا حدود نصف حجم آن با مخلوط ماسه دارای چسب فنول فرمالدهید پر کنید.
۲ صفحه فوقانی مخزن را با پیچ‌های مربوطه روی مخزن محکم کنید.
۳ مخزن را به گونه‌ای قرار دهید که صفحه مدل آلومینیومی در قسمت بالا قرار گیرد تا برای گرم کردن آماده شود.

۴ صفحه مدل را با استفاده از مشعل تا دمای ۱۸۰ تا ۲۴۰ درجه سلسیوس حرارت دهید.
۵ با رعایت نکات ایمنی، مخزن ماسه‌ای را ۱۸۰ درجه بچرخانید تا ماسه روی سطح مدل پخش شود. برای توزیع یکنواخت، مخزن را به آرامی تکان دهید. پس از حدود ۵ دقیقه و اطمینان از تشکیل پوسته، مجموعه مخزن را به وضعیت اولیه بازگردانید تا ماسه اضافی به مخزن بازگردد.
۶ پس از سرد شدن نسبی صفحه مدل را از مخزن جدا کنید.
۷ پس از خودگیری و استحکام پوسته، با ضربه‌های آرام، نیم‌قالب پوسته‌ای را از صفحه مدل جدا کنید.
۸ نیم‌پوسته را در گرمکن قرار دهید تا عملیات پخت نهایی انجام شود (در صورتی که زمان پخت مرحله ۵ کافی نباشد).

۹ نیمه پوسته دوم قالب پوسته‌ای را مطابق مراحل بندهای ۱ تا ۸ تهیه کنید.
۱۰ سطوح تماس دو نیم‌پوسته را در دمای محیط با چسب چوب آغشته کنید؛ به گونه‌ای که چسب با حفره‌های قالب و سیستم راهگاهی تماس پیدا نکند، زیرا موجب ایجاد گاز و عیوب ریخته‌گری می‌شود.
۱۱ دو نیم‌پوسته را روی یکدیگر قرار داده و با اعمال فشار یکنواخت به هم متصل کنید؛ به طوری که هیچ درزی در بین آنها باقی نماند.
۱۲ قالب پوسته‌ای را در گیره‌های دستی مناسب و با فشار کنترل شده قرار دهید؛ به گونه‌ای که از ترک خوردگی پوسته جلوگیری شود.
۱۳ زمان کافی برای سخت شدن کامل چسب بین دو نیم‌پوسته در نظر بگیرید.
۱۴ گیره‌های دستی را از قالب جدا کنید.

۱۵ قالب پوسته‌ای را درون درجه مناسب قرار دهید و اطراف آن را با ماسه سیلیسی پر کنید و به آرامی فشرده کنید تا از شکست قالب و خروج مذاب در حین ذوب‌ریزی جلوگیری شود. پیش از ذوب‌ریزی، از هم‌راستایی دو نیم‌قالب، باز بودن راهگاه و هواکش‌ها و استحکام اتصال آنها اطمینان حاصل کنید. این مرحله در کارگاه هنرستان با هدف کاهش خطرات حین ریخته‌گری انجام می‌شود.

نکته:

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به صورت تفکیک شده جمع‌آوری کنید.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



ذوب‌ریزی در محفظه قالب پوسته‌ای با ماسه پشت‌بند

مواد و تجهیزات مورد نیاز: قالب پوسته‌ای، کوره ذوب، تجهیزات تهیه و انتقال مذاب آلومینیوم، تجهیزات ذوب‌ریزی

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، پیش‌بند نسوز، محافظ صورت، دستکش نسوز، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱ قالب پوسته‌ای ساخته شده در فعالیت کارگاهی ۸ را در محل مناسب ذوب‌ریزی روی سطحی تراز و مقاوم در برابر حرارت قرار دهید.
- ۲ مذاب آلومینیوم آماده‌سازی شود.
- ۳ مذاب را از طریق سیستم راهگاهی به آرامی درون حفره قالب پوسته‌ای بریزید.
- ۴ پس از اطمینان از انجماد کامل و رسیدن قطعه به دمای مناسب، آن را از قالب خارج کنید و آن را بررسی کنید.

نکته:

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به‌صورت تفکیک‌شده جمع‌آوری کنید.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

روش‌های ماشینی ساخت قالب‌های پوسته‌ای

برای تولید انبوه قطعات صنعتی، استفاده از روش‌های دستی مناسب نیست؛ از این‌رو از تجهیزات و ماشین‌آلات خودکار استفاده می‌شود. در این روش‌ها، سرعت تولید و تکرارپذیری فرایند بسیار بالا بوده و هزینه تمام‌شده تولید کاهش می‌یابد.

در روش‌های دستی، معمولاً از مشعل برای گرم کردن صفحه مدل استفاده می‌شود؛ اما در روش‌های ماشینی، گرمایش صفحه مدل به‌وسیله سامانه‌ای مجهز به آرایش دقیق مشعل‌های کوچک یا المنت‌های حرارتی انجام می‌شود. این سامانه یکنواختی دمای صفحه مدل را کنترل می‌کند. این روش در تولید قطعاتی مانند میل‌بادامک، سیلندرهای کوچک، بدنه پمپ‌ها و پره‌های شوفاز کاربرد دارد. مراحل انجام فرایند مشابه روش دستی است؛ با این تفاوت که تمامی عملیات به‌وسیله ماشین‌آلات خودکار انجام می‌شود.

از مهم‌ترین مزایای این روش می‌توان به افزایش دقت و کیفیت قطعات تولیدی اشاره کرد. به‌دلیل یکنواختی فرایند و کاهش خطای انسانی، تکرارپذیری ابعادی بهبود می‌یابد. همچنین افزایش سرعت در تولید انبوه، موجب کاهش قیمت تمام‌شده قطعات می‌شود.

در مقابل، این روش نیازمند سرمایه‌گذاری اولیه بالایی برای تهیه تجهیزات و ماشین‌آلات است. همچنین هزینه ساخت و آماده‌سازی صفحه مدل‌های دقیق و مجهز به سامانه گرمایشی نیز نسبتاً زیاد می‌باشد.

در جدول ۱ مقایسه روش ماشینی و روش دستی را ملاحظه می‌کنید.

جدول ۱- مقایسه روش‌های قالب‌گیری پوسته‌ای ماشینی و دستی

ویژگی‌ها	روش ماشینی	روش دستی
نحوه حرارت‌دهی	استفاده از مشعل‌های کوچک یا المنت‌های حرارتی به صورت یکنواخت	استفاده از مشعل برای گرم کردن صفحه مدل
یکنواختی دما	بالا و کنترل شده	کمتر و وابسته به مهارت اپراتور
سرعت تولید	بسیار بالا	پایین‌تر
دقت و کیفیت قطعه	بالا	متوسط
تکرارپذیری ابعادی	بسیار خوب	محدود
هزینه تولید	پایین در تولید انبوه	پایین در تولید محدود
هزینه اولیه تجهیزات	بالا	پایین
هزینه ساخت مدل	بالا	پایین

در شکل ۹ تصاویر مراحل قالب‌گیری پوسته‌ای به روش ماشینی نشان داده شده است.



(ج) دو نیم قالب پوسته‌ای آماده مونتاژ



(ب) نیم قالب پوسته‌ای ساخته شده



(الف) آماده‌سازی صفحه داغ قالب‌گیری پوسته‌ای

شکل ۹- مراحل ساخت قالب پوسته‌ای به روش ماشینی

در تصاویر شکل‌های ۱۰ و ۱۱، نمونه‌هایی از قالب‌ها و قطعات ریخته‌گری تولیدشده به روش پوسته‌ای نشان داده شده است. قالب‌های پوسته‌ای پس از آماده‌سازی، دو نیم‌قالب پوسته‌ای روی یکدیگر قرار گرفته و با استفاده از چسب نسوز یا سایر چسب‌های مناسب یا با کمک قید و بند و گیره‌های ویژه، مونتاژ می‌شوند و به صورت یک مجموعه (خوشه) پیوسته برای انجام ذوب‌ریزی آماده می‌گردند.

ذوب‌ریزی از طریق کانال اصلی در این خوشه‌های مونتاژ شده انجام می‌شود. در شکل ۱۰ نمونه‌ای از مونتاژ قالب‌ها با استفاده از چسب و گیره نمایش داده شده است.



شکل ۱۰- خوشه قالب‌های پوسته‌ای مونتاژ شده و آماده ذوب‌ریزی



شکل ۱۱- قطعات ریخته‌گری شده به روش قالب پوسته‌ای

۱ عیب ماسه‌سوزی چیست؟ این عیب به چه علت ایجاد می‌شود و چه راهکارهایی برای پیشگیری یا رفع آن وجود دارد؟

۲ انواع ماسه‌های مورد استفاده در تولید قالب‌های پوسته‌ای را نام ببرید و کاربرد هریک را بیان کنید. هر نوع ماسه در چه مواردی مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

تحقیق کنید





مقایسه قطعات ریخته‌گری شده در محفظه قالب پوسته‌ای و قالب ماسه تر
مواد و تجهیزات مورد نیاز: صفحه مدل انتخاب شده توسط هنرآموز، ماسه سیلیسی با چسب فنول فرمالدهید، مخلوط ماسه‌تر، تجهیزات قالب‌گیری، مشعل، تجهیزات ایمنی و ذوب‌ریزی
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.
مراحل انجام کار:

- ۱ قالب ماسه تر با استفاده از صفحه مدل تهیه کنید.
 - ۲ قالب پوسته‌ای را از همان صفحه مدل (مطابق فعالیت کارگاهی ۸) تهیه کنید.
 - ۳ کوره را روشن کرده و پس از رسیدن به دمای مناسب مذاب آلومینیوم را آماده کنید.
 - ۴ بوته را با رعایت نکات ایمنی از کوره خارج کنید.
 - ۵ عملیات ذوب‌ریزی را در قالب‌های آماده‌شده و با رعایت کامل نکات ایمنی انجام دهید.
 - ۶ اجازه دهید مذاب درون قالب به‌طور کامل سرد و منجمد شود.
 - ۷ پس از باز کردن قالب، قطعات ریخته‌گری شده را خارج کنید؛ سپس از نظر میزان ماسه‌سوزی به‌صورت ظاهری مقایسه نمایید.
 - ۸ قطعات را با فرچه سیمی تمیز کنید.
 - ۹ کیفیت سطحی و دقت ابعادی قطعات را مقایسه کرده و نتیجه را در قالب گزارش به هنرآموز ارائه دهید.
- نکته:**

– محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به‌صورت تفکیک‌شده جمع‌آوری کنید.
 – هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



مقایسه قطعات ریخته‌گری شده در قالب پوسته‌ای و قالب ماسه CO₂
مواد و تجهیزات مورد نیاز: صفحه مدل، مخلوط ماسه با رزین سدیم سیلیکات، مخلوط‌کن ماسه، تجهیزات دمش گاز CO₂، مخزن نگهداری ماسه CO₂، تجهیزات قالب‌گیری، تجهیزات ایمنی و تجهیزات ذوب‌ریزی
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.
مراحل انجام کار:

- ۱ مخلوط ماسه CO₂ را مطابق پودمان ۱ آماده کنید.
 - ۲ قالب ماسه CO₂ را با استفاده از صفحه مدل (مشابه فعالیت کارگاهی ۸) تهیه کنید.
 - ۳ قالب پوسته‌ای را از همان صفحه مدل (مشابه فعالیت کارگاهی ۸) تهیه کنید.
 - ۴ کوره را روشن کرده و مذاب آلومینیوم را آماده کنید.
 - ۵ بوته را با رعایت نکات ایمنی از کوره خارج کنید.
 - ۶ عملیات ذوب‌ریزی را در قالب‌های آماده‌شده و با رعایت کامل نکات ایمنی انجام دهید.
 - ۷ از انجماد و سرد شدن کامل مذاب درون قالب اطمینان حاصل کنید.
 - ۸ قالب را باز کرده و قطعات ریخته‌گری شده را خارج کنید؛ سپس از نظر ظاهری و میزان ماسه‌سوزی در دو روش پوسته‌ای و CO₂ مقایسه کنید.
 - ۹ قطعات را با فرچه سیمی تمیز کنید.
 - ۱۰ کیفیت سطحی، دقت ابعادی و میزان ماسه‌سوزی قطعات حاصل از فعالیت‌های کارگاهی ۱۰ و ۱۱ را مقایسه کرده و نتیجه را به‌صورت گزارش به هنرآموز ارائه دهید.
- نکته:**

– محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به‌صورت تفکیک‌شده جمع‌آوری کنید.
 – هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



ساخت قالب پوسته‌ای دارای ماهیچه

مواد و تجهیزات مورد نیاز: صفحه مدل مناسب، ماسه سیلیسی با چسب فنول فرمالدهید، مخلوط ماسه تر، تجهیزات قالب گیری، مشعل، تجهیزات ایمنی و ذوب ریزی
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش نسوز، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱) صفحه مدل فلزی را با استفاده از مشعل تا دمای ۱۸۰ تا ۲۴۰ درجه سلسیوس حرارت دهید.
- ۲) مشعل را خاموش کرده، صفحه مدل را در وضعیت تراز قرار دهید؛ سپس مخلوط ماسه آماده شده را به طور یکنواخت روی صفحه مدل بپاشید.
- ۳) هنگامی که ضخامت لایه ماسه در تمام سطح صفحه به حدود ۵۰ میلی متر رسید، با استفاده از مشعل سطح قالب را حرارت دهید تا اتصال ذرات ماسه به خوبی انجام شود.
- ۴) با وارد کردن چند ضربه آرام به پشت صفحه، نیم قالب پوسته‌ای تشکیل شده را از صفحه مدل جدا کنید.
- ۵) نیم قالب پوسته‌ای را در گرمکن قرار دهید تا استحکام آن کامل شود (در صورتی که زمان پخت مرحله ۳ کافی نباشد).
- ۶) نیم قالب دوم را مطابق مراحل بندهای ۱ تا ۵ تهیه کنید.
- ۷) ماهیچه را مطابق پودمان ۱ در جعبه ماهیچه گرم تهیه کنید.
- ۸) سطوح تماس نیم قالب‌های پوسته‌ای را در دمای محیط با لایه‌ای نازک از چسب چوب آغشته کنید؛ به گونه‌ای که چسب وارد محفظه قالب و سیستم راهگاهی نشود، زیرا موجب ایجاد عیوب ریخته‌گری می‌شود.
- ۹) ماهیچه را در موقعیت مناسب داخل یکی از نیم قالب‌ها قرار دهید.
- ۱۰) دو نیم قالب را به گونه‌ای روی هم قرار دهید که ماهیچه جابه‌جا نشود و سپس با فشار ملایم آنها را به هم متصل کنید؛ به طوری که هیچ درزی بین دو نیم قالب باقی نماند، زیرا وجود درز موجب خروج مذاب در حین ذوب ریزی می‌شود.
- ۱۱) قالب پوسته‌ای را در گیره‌های دستی مناسب و با فشار کنترل شده قرار دهید، به گونه‌ای که از شکست قالب جلوگیری شود.
- ۱۲) زمان کافی برای سخت شدن کامل چسب بین دو نیم قالب در نظر بگیرید.
- ۱۳) گیره‌های دستی را از قالب جدا کنید.
- ۱۴) قالب پوسته‌ای را درون درجه‌ای با ابعاد مناسب قرار داده و اطراف آن را با ماسه تر پر کنید. سپس ماسه را به آرامی متراکم کنید تا از شکست قالب و خروج مذاب هنگام ذوب ریزی جلوگیری شود. این فرایند با هدف افزایش استحکام قالب و کاهش خطرات حین ریخته‌گری انجام می‌شود.

نکته:

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به صورت تفکیک شده جمع‌آوری کنید.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

ارزشیابی شایستگی قالب گیری پوسته‌ای

نام و نام خانوادگی :		شماره ملی:	تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۰۷۱۵۲۰	حرفه	متصدیان قالب گیری و ریخته‌گری
کد وظیفه شغل	۸۱۲۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	قالب گیری پوسته‌ای سرامیکی
کد کار	۸۱۲۱۱۲۰۳۱۲	کار	قالب گیری پوسته‌ای
		سطح شایستگی	مهارت / تسلط
		سطح صلاحیت	۳
		کد پیمانانه / بودمان	۸۱۲۱۱۲۰۳۱
		استاندارد عملکرد کار:	ساخت قالب پوسته‌ای با استفاده از ماسه پوشش دار و رزین‌های گرماسخت، مطابق مراحل اجرایی، الزامات فنی و نکات ایمنی.

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری /نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	تهیه نیم قالب‌های پوسته‌ای	ابزار: بیلچه یا پیمانانه ماسه، برس تمیز کاری مدل مواد: ماسه سیلیسی رزین‌دار (ماسه پوسته‌ای)، پودر جدایش تجهیزات: صفحه مدل فلزی، کوره یا گرم‌کن صفحه مدل، جعبه قالب پوسته‌ای، میز کار، دستکش نسوز، عینک ایمنی، سیستم تهویه زمان: ۳۰ تا ۶۰ دقیقه برای هر نیم‌قالب مکان: کارگاه قالب‌گیری / بخش قالب‌گیری پوسته‌ای	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	ضخامت پوسته ۵ تا ۱۰ میلی‌متر، سطح صاف بدون ترک و حباب، استحکام بالا و جدایش آسان ضخامت ۴ تا ۱۲ میلی‌متر، سطح یا ناصافی محدود و استحکام قابل قبول ضخامت نامناسب (کمتر از ۴ یا بیشتر از ۱۲ میلی‌متر)، ضعف ساختاری و غیرقابل استفاده	۳	
					۲	
					۱	
۲	اتصال نیم قالب‌های پوسته‌ای با چسب	ابزار: کاردک یا قلم‌مو چسب، گیره یا بست نگهدارنده، کاتر/سوهان نرم برای اصلاح لبه‌ها، برس تمیزکاری، خط‌کش/گونیا برای کنترل هم‌راستایی مواد: چسب (رزینی/سیلیکاتی/سرامیکی مطابق دستورالعمل کارگاه)، ماده درزبند (در صورت نیاز)، پودر نسوز برای گردپاشی موضعی (در صورت نیاز) تجهیزات: میز مونتاژ تراز، وزنه یا فیکسچر نگهدارنده، تهویه مناسب، دستکش، عینک ایمنی، ماسک (به‌ویژه برای چسب‌های رزینی) زمان: ۱۵ تا ۴۵ دقیقه (به‌علاوه زمان سخت شدن چسب) مکان: کارگاه قالب‌گیری پوسته‌ای	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	تطابق کامل خط جدایش، هم‌راستایی دقیق، درزبندی کامل و استحکام بالا تطابق قابل قبول با لقی جزئی، چسب کاری مناسب و نشتی محدود عدم تطابق، نشتی زیاد و شکست یا بازشدن اتصال	۳	
					۲	
					۱	
۳	استفاده از ماسه پشت‌بند	ابزار: بیلچه یا پیمانانه ماسه، میله کوبش دستی مواد: ماسه خشک یا ماسه قالب‌گیری برای پشت‌بند تجهیزات: جعبه قالب، میز قالب‌گیری، دستکش کار، عینک ایمنی، سیستم تهویه زمان: ۱۵ تا ۳۰ دقیقه مکان: کارگاه ریخته‌گری / بخش آماده‌سازی قالب	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	پرسدن کامل ماسه پشت‌بند، تراکم یکنواخت و تثبیت کامل قالب بدون جابه‌جایی پرسدن مناسب با تراکم قابل قبول و تثبیت نسبی قالب پرنشدن کامل، تراکم نامناسب و لق بودن قالب با خطر شکست یا جابه‌جایی	۳	
					۲	
					۱	
۴	تهیه مذاب و ذوب‌ریزی	ابزار: بوته، انبر، همزن، کف‌گیر، دماسنج مواد: شمش فلز، فلاکس، گاززدا (در صورت نیاز) تجهیزات: کوره، پاتیل، تهویه، تجهیزات ایمنی کامل زمان: ۹۰ تا ۱۸۰ دقیقه مکان: کارگاه ریخته‌گری (ذوب و ریخته‌گری)	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	تهیه مذاب استاندارد و ریختن کنترل‌شده و بدون عیب تهیه و ریختن قابل قبول با خطاهای جزئی تهیه و ریختن نامناسب همراه با عیوب جدی	۳	
					۲	
					۱	
رایت‌بندی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:						
رایت‌بندی‌های غیرفنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار						
ایمنی: کفش ایمنی، کلاه ایمنی، لباس کار						
توجهات زیست‌محیطی: استفاده از سیستم‌های تهویه، جداسازی و تفکیک زباله‌ها، رعایت نظافت محیط کار						
نگرش: علاقه به کار، دقت بالا، نظم						

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)	☐ بله ☐ خیر
----------------------------------	--

توضیحات:

معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۱ و ۲ (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲: ریخته‌گری دقیق

مقدمه

قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی (ریخته‌گری دقیق) برای تولید قطعاتی با شکل هندسی پیچیده و جزئیات دقیق به کار می‌روند. این قالب‌ها از دقت ابعادی و کیفیت سطح بسیار بالایی برخوردارند. در این واحد یادگیری، مواد قالب‌گیری مورد استفاده در ساخت این نوع قالب‌ها و همچنین روش‌های تولید آنها معرفی و آموزش داده می‌شود.

در این واحد یادگیری، با روش‌های ساخت قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی آشنا می‌شوید. همچنین مواد مورد استفاده در این نوع قالب‌ها، شامل پودر ماسه، چسب‌های مورد استفاده برای اتصال ذرات ماسه و مواد افزودنی به کار رفته برای بهبود خواص دوغاب بررسی می‌شوند.

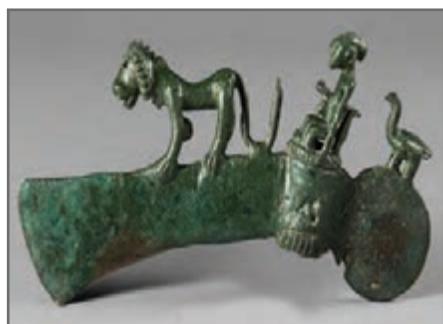
استاندارد عملکرد

توانایی شناخت مواد، ابزار و مراحل ساخت قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی و اجرای صحیح فرایند قالب‌گیری مطابق اصول فنی ریخته‌گری دقیق مطابق با استاندارد

قالب‌گیری پوسته‌ای سرامیکی

در شکل ۱۲، نمونه‌هایی از قطعات تولیدشده به روش ریخته‌گری دقیق در قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی نشان داده شده است. این روش به دلیل دقت ابعادی بالا، تolerانس‌های محدود و کیفیت سطح مطلوب، کاربرد گسترده‌ای در تولید قطعات پیچیده با جزئیات دقیق دارد. همچنین قطعات تولیدشده از نظر شکل و ابعاد با مدل اولیه انطباق بسیار خوبی دارند.

در این فرایند، مدل‌ها معمولاً از موم ساخته می‌شوند و پس از قالب‌گیری از بین می‌روند. از این‌رو، هم مدل مومی و هم قالب پوسته‌ای سرامیکی پس از پایان فرایند مصرف شده و قابل استفاده مجدد نیستند.



قطعات و مجسمه‌های تزئینی



قطعات پمپ



پره توربین

شکل ۱۲- نمونه‌هایی از قطعات تولید شده به روش ریخته‌گری دقیق در قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی

در شکل ۱۳، دو روش متداول قالب‌گیری پس از ساخت مدل مومی نشان داده شده است.

الف) روش پوسته‌ای سرامیکی (ریخته‌گری دقیق)

در این روش، قالب با پوشش دادن مدل یا مجموعه‌ای از مدل‌های مومی با دوغاب سرامیکی ساخته می‌شود. پس از تشکیل و خشک شدن پوسته سرامیکی، مدل‌های مومی با حرارت دادن ذوب و از قالب خارج می‌شوند و حفره‌ای با شکل دقیق مدل در داخل قالب ایجاد می‌گردد. سپس فلز مذاب به داخل قالب ریخته می‌شود. به دلیل دقت ابعادی بالا و کیفیت مطلوب سطح قطعات تولیدی، این روش «ریخته‌گری دقیق» شناخته می‌شود.

ب) روش توپر

در این روش، مدل یا مجموعه مدل‌ها در داخل درجه قرار گرفته و اطراف آن با مواد نسوز چسب‌دار پر می‌شود. به عنوان مثال در قالب‌گیری گچی زیورآلات، گچ تمام اطراف مدل مومی را احاطه می‌کند و با حرارت‌دهی، موم از قالب خارج شده و حفره قالب ایجاد می‌شود.



شکل ۱۳- مراحل مختلف ریخته‌گری دقیق به روش پوشته‌ای سرامیکی و توپر

مزایا و محدودیت‌های قالب‌گیری پوشته‌ای سرامیکی (ریخته‌گری دقیق)

قالب‌گیری پوشته‌ای سرامیکی (ریخته‌گری دقیق) یکی از روش‌های پیشرفته ریخته‌گری است که با استفاده از مدل‌های مومی و پوشش‌دهی آنها با دوغاب سرامیکی، امکان تولید قطعاتی با دقت ابعادی بالا و هندسه پیچیده را فراهم می‌کند. این روش در صنایع حساس و دقیق کاربرد گسترده‌ای دارد و قطعاتی با کیفیت بسیار مطلوب تولید می‌کند.

مزایای قالب‌گیری پوشته‌ای سرامیکی

- امکان تولید قطعاتی با دقت ابعادی بالا و سطحی صاف که تمامی جزئیات مدل را به خوبی باز تولید می‌کند.
- به همین خاطر از این روش برای تولید جواهرات و زیورآلات استفاده می‌شود.
- با این روش می‌توان قطعاتی تولید کرد که پس از ریخته‌گری، به حداقل عملیات ماشین کاری و تراشکاری نیاز دارند.
- تقریباً از این روش می‌توان برای ریخته‌گری تمامی فلزات استفاده کرد.
- در این روش خط جدایش قالب وجود ندارد.
- امکان تولید انبوه قطعات و همچنین امکان تکرار تولید قطعات هم‌شکل را فراهم می‌کند.
- قطعات تولید شده با این روش، کیفیت بالاتر و عیوب کمتری نسبت به قطعات تولید شده با برخی روش‌های ماسه‌ای دارد.

زبری سطحی با چه پارامتری و با چه واحدی بیان می‌شود؟ عدد زبری سطح در روش ریخته‌گری در ماسه تر و ریخته‌گری در قالب پوشته‌ای سرامیکی را با یکدیگر مقایسه کنید.

تحقیق کنید





آیا در قالب‌گیری پوسته‌ای سرامیکی نیازی به تهیه ماهیچه برای ایجاد حفرات داخلی وجود دارد؟ چرا؟

محدودیت‌ها

- حداکثر وزن قطعات قابل تولید در این روش حدود ۷۰ کیلوگرم است.
- اکثر قطعات تولید شده با این روش، وزنی بین ۵ گرم تا ۱۵ کیلوگرم دارند، با این حال تولید قطعات ریخته‌گری بسیار سنگین نیز با این روش امکان‌پذیر است.
- برای تولید در تعداد پایین، این روش هزینه‌بر است. این هزینه‌ها شامل ساخت مدل مومی، تهیه پوسته سرامیکی و مواد نسوز است.
- به دلیل چند مرحله‌ای بودن ساخت پوسته سرامیکی (شامل لایه‌گذاری و خشک کردن) چرخه تولید نسبتاً طولانی است.
- پوسته سرامیکی پیش از ریختن فلز نسبتاً شکننده است و هنگام جابه‌جایی باید به دقت حمل شود.
- زمان تحویل قطعه نسبت به برخی روش‌های دیگر طولانی‌تر است.

آشنایی با انواع موم‌های مورد استفاده در قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی

در این روش ماده اولیه ساخت مدل‌ها، موم^۱ است. موم‌ها حاوی استرها، اسیدها و الکل‌های بسیار چرب هستند. در برابر رطوبت بسیار مقاوم‌اند، اما در برابر حرارت و تنش‌های مکانیکی مقاومت کمی دارند. موم‌ها در دمای محیط جامد هستند، در الکل و آب نامحلول هستند و در اثر حل می‌شوند و معمولاً در دماهای بالاتر از ۶۰ درجهٔ سلسیوس ذوب می‌شوند.

ویژگی‌های موم مورد استفاده در ریخته‌گری

- شکننده نباشد و تا حدی قابلیت انعطاف داشته باشد. این ویژگی خروج قسمت‌های نازک مدل مومی از قالب را آسان‌تر می‌کند. منظور از قالب، قالب تزریق موم (قالب ساخت مدل مومی) است.
- در دمای محیط جامد باشد، اما انعطاف‌پذیری مناسبی داشته باشد. دمای ذوب آن نزدیک به دمای جوش آب باشد.
- انبساط حرارتی پایین داشته باشد. این امر، موجب بالا رفتن دقت ابعادی می‌شود.
- در هنگام انجماد باید کمترین مقدار انقباض را داشته باشد. در صورت زیاد بودن حجم موم، این انقباض موجب ایجاد حفره‌های انقباضی در مدل مومی می‌شود.
- موم باید مات و کدر باشد تا در هنگام کار روی مدل، جزئیات سطح به خوبی نشان داده شود.
- در هنگام ذوب، سیالیت مناسبی داشته باشد تا نازک‌ترین قسمت‌های قالب را پر کند.
- به راحتی از قالب جدا شود.
- غیرسمی باشد.

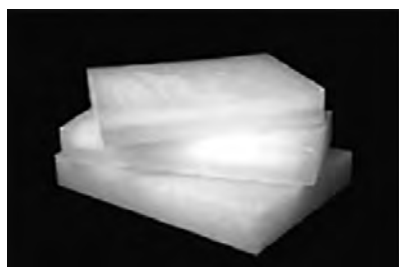
انواع موم

موم‌ها به‌طور کلی در گروه‌های زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- الف) موم‌های تولید شده از نفت و مواد معدنی
- ب) موم‌های طبیعی (موم زنبور عسل و موم‌های گیاهی)
- ج) موم‌های مصنوعی (سنتزی)

موم‌های تولید شده از نفت و مواد معدنی

– **پارافین:** پارافین یکی از مشتقات نفت و از ارزان‌ترین انواع موم است که کاربرد گسترده‌ای در صنایع مختلف، از جمله شمع‌سازی، دارد. این ماده به‌راحتی در دسترس است، اما به‌دلیل شکنندگی نسبتاً زیاد، معمولاً به‌تنهایی برای ساخت مدل‌های مومی به‌کار نمی‌رود و اغلب با سایر موم‌ها مخلوط می‌شود.



شکل ۱۴- پارافین جامد

پارافین‌های موجود در بازار به چهار نوع اصلی شامل پارافین معمولی، پارافین کریستالی، پارافین پولکی و پارافین ژله‌ای تقسیم می‌شوند. از میان این انواع، پارافین کریستالی به‌دلیل قیمت مناسب، شکل‌پذیری مطلوب و کیفیت مناسب، کاربرد بیشتری در ساخت مدل‌های مومی دارد. پارافین معمولی نیز، با وجود قیمت پایین‌تر، برای مدل‌سازی قابل استفاده است، اما به‌دلیل انقباض نسبتاً زیاد هنگام انجماد، دقت ابعادی کمتری نسبت به پارافین کریستالی دارد. در شکل ۱۴ نمونه‌ای از پارافین مورد استفاده در ساخت مدل‌های مومی نشان داده شده است.

– **مونتان^۱:** مونتان نوعی موم فسیلی است که از زغال سنگ قهوه‌ای (لیگنیت) استخراج می‌شود. این موم به‌دلیل داشتن مقدار زیادی اسیدها و الکل‌های چرب، نسبت به بسیاری از موم‌های دیگر سخت‌تر است. رنگ مونتان می‌تواند از قهوه‌ای تیره تا سفید متغیر باشد. دمای ذوب این موم معمولاً در محدوده ۸۲ تا ۹۵ درجه سلسیوس قرار دارد. به‌دلیل سختی و استحکام مناسب، مونتان اغلب به‌عنوان یکی از اجزای تشکیل‌دهنده مخلوط موم‌های مورد استفاده در ریخته‌گری دقیق استفاده می‌شود.

■ مزایای موم‌های تولید شده از نفت و مواد معدنی:

- قیمت مناسب و دسترسی آسان
 - سیالیت مناسب هنگام ذوب و تزریق
 - قابلیت اختلاط با سایر موم‌ها برای بهبود خواص مدل
- **معایب موم‌های تولید شده از نفت و مواد معدنی:**

- استحکام مکانیکی نسبتاً پایین
- انقباض نسبتاً زیاد در هنگام سرد شدن و انجماد
- احتمال تغییر شکل مدل در دماهای نسبتاً بالا



شکل ۱۵- موم مونتان

– **موم زنبور عسل:** موم زنبور عسل یکی از مهم‌ترین موم‌های طبیعی مورد استفاده در ساخت مدل‌های مومی است. افزودن این موم به مخلوط موم‌ها، انعطاف‌پذیری، چسبندگی و کیفیت کلی مدل را افزایش می‌دهد. موم زنبور عسل می‌تواند به‌تنهایی نیز برای ساخت مدل مورد استفاده قرار گیرد، اما قیمت نسبتاً بالای آن استفاده گسترده از این ماده را محدود می‌کند.



شکل ۱۶ – نمونه‌ای از موم طبیعی زنبور عسل استخراج شده از کندو

– **موم‌های گیاهی:** برخی از موم‌های گیاهی دارای خواص مطلوبی برای ساخت مدل‌های مومی هستند. از مهم‌ترین آنها می‌توان به موم کارنائوبا و موم اوریکوری اشاره کرد که از گونه‌های مختلف درخت نخل به‌دست می‌آیند. همچنین موم کاندلیلا از گیاهی بومی مکزیک استخراج می‌شود. این موم‌ها به‌دلیل سختی، جلای مناسب و هزینه بالای تولید کاربرد محدودی دارند.



موم کارنائوبا^۳

موم اوریکوری^۲

موم کاندلیلا^۱

شکل ۱۷ – انواع موم‌های گیاهی

■ مزایای موم‌های طبیعی

- انعطاف‌پذیری مناسب
- چسبندگی مطلوب
- تردی کم
- بهبود کیفیت سطح مدل‌های مومی

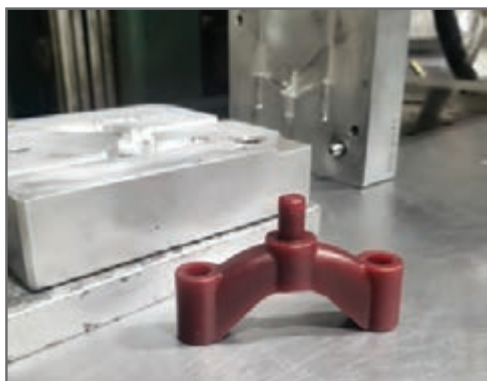
■ معایب موم‌های طبیعی

- استحکام مکانیکی نسبتاً پایین
- بر جای گذاشتن مقدار نسبتاً زیاد خاکستر پس از سوختن
- قیمت بالا نسبت به بسیاری از موم‌های نفتی

۱- Candelilla wax

۲- Ouricury wax

۳- Carnauba wax



شکل ۱۸- یک مدل مومی ساخته شده از موم مصنوعی

– **موم‌های مصنوعی (سنتزی):** از رایج‌ترین موم‌های مصنوعی، موم‌های پلی‌اتیلن هستند که در خانواده پلیمرها قرار می‌گیرند. در دمای محیط به صورت جامد یا نیمه جامد هستند. دمای ذوب آنها معمولاً در محدوده ۱۱۰ تا ۱۵۰ درجه سلسیوس است. به‌طور کلی افزودن پلی‌اتیلن به مخلوط موم، سختی مخلوط را افزایش می‌دهد. در شکل ۱۸ مدل مومی ساخته شده از موم مصنوعی نمایش داده شده است.



الف) ساخت مدل مومی

■ مزایای موم‌های مصنوعی (سنتزی)

- پایداری ابعادی بالا
- استحکام مکانیکی مناسب
- دامنه ذوب مشخص و کنترل شده
- برجای گذاشتن خاکستر بسیار کم پس از سوختن

■ معایب موم‌های مصنوعی (سنتزی)

- هزینه بالا
- تولید گازهای حاصل از تجزیه هنگام سوختن
- بازیافت دشوارتر

■ ساخت مدل مومی

مدل‌های مومی به دو روش اصلی ساخته می‌شوند. **الف) روش دستی:** در این روش تجربه و مهارت مدل‌ساز نقش اساسی دارد. برای ساخت مدل، از نوارها یا بلوک مومی استفاده می‌شود. جزئیات لازم طراحی و مدل به صورت دستی شکل پیدا می‌کند. این روش بسیار زمان‌بر است. در شکل ۱۹ نمونه آن نمایش داده شده است.

مدل‌ساز با استفاده از نوارها یا بلوک‌های مومی، جزئیات موردنظر را ایجاد کرده و مدل را به صورت دستی شکل می‌دهد.



ب) تجهیزات مورد استفاده در ساخت مدل مومی

شکل ۱۹- مدل مومی ساخته شده از نوارها یا بلوک مومی



ساخت مدل مومی به روش دستی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: بلوک موم مصنوعی، خط‌کش، قلم، کاتر یا کاردک، مشعل کوچک یا هویه
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱ روی بلوک موم، با استفاده از قلم و خط‌کش، خطوط راهنما را برای ساخت یک مدل مومی مکعبی به ابعاد $5 \times 5 \times 5$ سانتی‌متر رسم کنید.
- ۲ کاتر یا کاردک را به کمک مشعل کوچک گرم کنید.
- ۳ با استفاده از کاتر یا کاردک گرم‌شده، بلوک موم را مطابق خطوط راهنما برش دهید. در صورت نیاز می‌توانید از هویه الکتریکی نیز برای برش و شکل‌دهی موم استفاده کنید.

نکته:

– محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به‌صورت تفکیک‌شده جمع‌آوری کنید.
– هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



شکل ۲۰- مدل مومی ساخته شده به روش تزریق در قالب فلزی

ب) روش قالبی: در این روش، برای ساخت مدل مومی از قالب استفاده می‌شود. قالب‌های مورد استفاده معمولاً از جنس فلز، گچ یا سیلیکون هستند. موم مذاب درون قالب تزریق می‌شود و پس از سرد شدن، مدل مومی تشکیل می‌شود. در شکل ۲۰، نمونه‌ای از یک مدل مومی ساخته شده به روش تزریق در قالب فلزی نشان داده شده است.

انواع روش‌های ساخت قالب‌های مدل مومی

برای تولید مدل‌های مومی، از سه نوع قالب استفاده می‌شود:

الف) قالب‌های گچی ب) قالب‌های سیلیکونی ج) قالب‌های فلزی

■ قالب‌های گچی ساخت مدل مومی

قالب‌های گچی از ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین قالب‌ها برای شکل‌دهی موم و ساخت مدل‌های مومی هستند. استفاده از این قالب‌ها برای افرادی که تجربه کمی در ساخت مدل‌های مومی دارند، گزینه مناسبی به‌شمار می‌رود. با استفاده از قالب‌های گچی می‌توان تعداد زیادی مدل مومی یکنواخت تولید کرد.



برای ساخت این قالب‌ها، معمولاً از مدل‌های اولیه ساده و ترجیحاً دوتکه استفاده می‌شود. مدل اولیه می‌تواند از پلاستیک، فلز، گچ یا حتی گل رس ساخته شده باشد. با این حال، قالب‌های گچی برای تولید مدل‌هایی که دارای شیب منفی، تورفتگی‌های جانبی یا هندسه‌های پیچیده هستند، محدودیت دارند. از آنجا که دمای ذوب موم نسبتاً پایین است، می‌توان از انواع گچ، از جمله گچ‌های ساختمانی، برای ساخت قالب‌های شکل‌دهی موم استفاده کرد. برای سهولت جداسازی مدل مومی از قالب، سطح قالب باید با یک ماده جداکننده پوشش داده شود. پس از آماده شدن قالب گچی، ماده جداکننده به کمک قلم‌مو روی سطح قالب اعمال می‌شود تا از چسبیدن موم به قالب جلوگیری شود. مواد مختلفی به عنوان جداکننده قابل استفاده هستند که محلول جداکننده آکریلی مورد استفاده در دندان‌پزشکی، از جمله مناسب‌ترین آنها است. برای قالب‌گیری قطعاتی که به صورت یک تکه ساخته شده‌اند اما قالب‌گیری آنها مشابه قالب‌های دو تکه انجام می‌شود، می‌توان از خمیر بازی برای ایجاد سطح جدایش استفاده کرد. در این روش، مدل تا سطح جدایش در خمیر بازی قرار داده می‌شود. سپس دوغاب گچ در نیمه اول قالب ریخته می‌شود. پس از سخت شدن گچ، خمیر بازی برداشته شده و نیمه دوم قالب ساخته می‌شود.

ساخت قالب گچی برای تهیه مدل مومی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: مدل به همراه سیستم راهگاهی (به انتخاب هنرآموز)، گچ، روغن یا گریس، ظرف دوغاب گچ، چهارچوب قالب‌گیری (درجه ریخته‌گری)

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

مراحل انجام کار:

- ۱ سطح مدل و سیستم راهگاهی را با لایه نازکی از روغن یا گریس پوشش دهید.
- ۲ مدل را در موقعیت مناسب داخل درجه قالب‌گیری قرار دهید.
- ۳ گچ را به آب اضافه کرده و به آرامی مخلوط کنید تا دوغاب یکنواختی حاصل شود.
- ۴ چند دقیقه صبر کنید تا حباب‌های هوای موجود در دوغاب خارج شوند.
- ۵ دوغاب گچ را به آرامی درون درجه قالب‌گیری بریزید.
- ۶ با ایجاد لرزش ملایم در درجه، به خروج حباب‌های هوا و پر شدن کامل فضاهای خالی کمک کنید.
- ۷ پس از گیرش و سخت شدن گچ، مدل و سیستم راهگاهی را از قالب خارج کنید.
- ۸ قالب گچی را خشک کرده و در صورت نیاز، برای افزایش استحکام و خروج کامل رطوبت، عملیات پخت را انجام دهید.

نکته:

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به صورت تفکیک‌شده جمع‌آوری کنید.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



ساخت مدل مومی با قالب گچی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: قالب گچی، بلوک موم مصنوعی، کوره یا مشعل برای ذوب موم، بوتله ذوب موم، انبر
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱ قالب گچی را تمیز و خشک کنید و در صورت نیاز، سطح آن را با ماده جداکننده مناسب پوشش دهید.
 - ۲ مقدار مناسبی از موم را درون بوتله قرار دهید.
 - ۳ بوتله حاوی موم را در کوره قرار دهید و آن را تا رسیدن به دمای مناسب گرم کنید تا موم ذوب شود.
 - ۴ بوتله حاوی موم مذاب را با استفاده از انبر از کوره خارج کنید.
 - ۵ موم مذاب را به آرامی از طریق راهگاه به داخل قالب گچی بریزید.
 - ۶ صبر کنید تا موم در داخل قالب سرد و منجمد شود.
 - ۷ پس از اطمینان از جامد شدن کامل موم، قالب را باز کرده و مدل مومی را خارج کنید.
 - ۸ مدل مومی را از نظر کامل بودن شکل و عاری بودن از عیوب ظاهری بررسی کنید.
- نکته:**

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به صورت تفکیک شده جمع‌آوری کنید.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

■ قالب‌های سیلیکونی ساخت مدل مومی

سیلیکون‌های قالب‌گیری از نوع سیلیکون‌های لاستیکی هستند که با عنوان سیلیکون‌های دوجزئی پخت‌شونده در دمای محیط شناخته می‌شوند. این مواد از دو جزء تشکیل شده‌اند: جزء اول سیلیکون پایه و جزء دوم سخت‌کننده (هاردنر) است. با مخلوط کردن این دو جزء و گذشت زمان لازم برای پخت، ماده‌ای انعطاف‌پذیر و الاستیک به دست می‌آید که برای ساخت قالب بسیار مناسب است.

قالب‌های سیلیکونی به دلیل انعطاف‌پذیری بالا، امکان تولید مدل‌های مومی با شکل‌های پیچیده و دارای جزئیات زیاد را فراهم می‌کنند. همچنین جداسازی مدل مومی از قالب سیلیکونی به راحتی انجام می‌شود و معمولاً برای جداسازی مدل، به نیروی زیادی نیاز ندارد.

برای ساخت قالب سیلیکونی، ابتدا مدل اولیه در داخل محفظه قالب‌گیری قرار داده می‌شود. سپس مخلوط سیلیکون و هاردنر روی مدل ریخته شده و پس از پخت کامل، قالب سیلیکونی تشکیل می‌شود. در ادامه، مدل اولیه از قالب خارج شده و قالب آماده استفاده برای تولید مدل‌های مومی خواهد بود.

قالب‌های سیلیکونی به دلیل انعطاف‌پذیری مناسب و قابلیت ثبت جزئیات دقیق، کاربرد گسترده‌ای در ساخت مدل‌های مومی دارند. این قالب‌ها نسبت به قالب‌های گچی، دقت بیشتر، دوام بالاتر و سهولت بیشتری در خارج کردن مدل دارند. با وجود این مزایا، هزینه تهیه و ساخت قالب‌های سیلیکونی نسبت به قالب‌های گچی بیشتر است. در شکل ۲۱، نمونه‌ای از قالب سیلیکونی و مدل مومی تولیدشده با آن نمایش داده شده است.



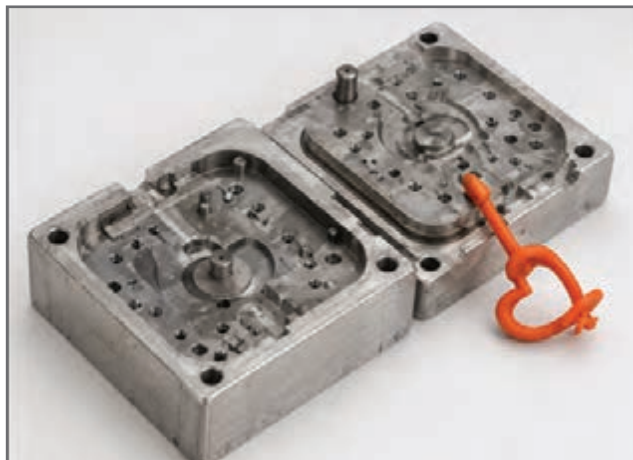
شکل ۲۱- قالب سیلیکونی برای ساخت مدل مومی

■ قالب‌های فلزی ساخت مدل مومی

قالب‌های فلزی از مناسب‌ترین قالب‌ها برای تولید مدل‌های مومی به‌شمار می‌آیند. برای استفاده از این قالب‌ها، علاوه بر قالب فلزی، به دستگاه تزریق موم نیز مورد نیاز است تا موم مذاب را با دما و فشار مناسب به داخل قالب تزریق کند.

این قالب‌ها به دلیل استحکام بالا و دقت ساخت مناسب، امکان تولید مدل‌های مومی با دقت ابعادی و کیفیت سطح مطلوب را فراهم می‌کنند. همچنین تزریق موم تحت فشار، باعث کاهش اثرات ناشی از انقباض موم در هنگام انجماد می‌شود.

قالب‌های فلزی برای تولید تعداد زیادی مدل مومی یکسان بسیار مناسب هستند. با این حال، به دلیل هزینه نسبتاً بالای طراحی و ساخت، استفاده از آنها برای تولید محدود یا ساخت تعداد کمی قطعه معمولاً از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. در مقابل، در تولید انبوه، هزینه ساخت قالب بین تعداد زیادی قطعه سرشکن شده و استفاده از این قالب‌ها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه خواهد بود.



شکل ۲۲- قالب فلزی برای ساخت مدل مومی

برای ساخت قالب‌های فلزی، از آلیاژهای مختلف، از جمله فولادهای ابزار و آلیاژهای آلومینیوم (مانند دورآلومین) استفاده می‌شود. قالب‌های فولادی به دلیل استحکام و مقاومت سایشی بالا، بیشتر برای تولید انبوه و طولانی‌مدت به کار می‌روند.

این قالب‌ها یا به‌طور مستقیم از یک بلوک فلزی ماشین‌کاری می‌شوند، یا ابتدا به روش ریخته‌گری ساخته شده و سپس عملیات ماشین‌کاری و پرداخت نهایی روی آنها انجام می‌شود. در قالب‌های فلزی، سیستم راهگاهی نیز به صورت یکپارچه طراحی می‌شود. انتقال سریع حرارت، صلبیت بالا و امکان تزریق موم تحت فشار، از مهم‌ترین مزایای این قالب‌ها هستند که موجب تولید مدل‌های مومی دقیق‌تر و با کیفیت‌تر می‌شوند.

مونتاژ مدل‌های مومی (ساخت خوشه مومی)

مدل‌های مومی مورد استفاده در ریخته‌گری دقیق از نظر اندازه و نحوه ساخت به سه گروه تقسیم می‌شوند:

- **مدل‌های پیچیده:** از چند بخش تشکیل شده‌اند که به صورت جداگانه ساخته و سپس به یکدیگر متصل می‌شوند.
- **مدل‌های بزرگ:** معمولاً به صورت یکپارچه ساخته شده و با استفاده از یک قالب تولید می‌شوند.
- **مدل‌های کوچک و متوسط:** به صورت جداگانه ساخته شده و برای افزایش بهره‌وری، چندین مدل روی یک راهگاه مشترک مونتاژ می‌شوند.

به مجموعه مدل‌های مومی متصل شده به یک راهگاه مشترک، خوشه مومی گفته می‌شود. پس از تشکیل خوشه مومی، مراحل بعدی ریخته‌گری دقیق، شامل ساخت قالب، موم‌زدایی و ذوب‌ریزی، بر روی کل خوشه انجام می‌شود.

تعداد مدل‌های نصب شده روی هر خوشه به ابعاد، شکل و وزن قطعات بستگی دارد. در شکل ۲۳ نمونه‌ای از یک خوشه مومی نشان داده شده است.



ج) مدل و سیستم راهگاهی
مونتاژ شده (خوشه مومی)



ب) سیستم راهگاهی مومی



الف) مدل مومی با راهباره

برای اتصال و مونتاژ اجزای مدل مومی، از روش‌های مختلفی مانند صفحه داغ (کاردک گرم)، مشعل، هویه و چسب داغ استفاده می‌شود. در میان این روش‌ها، استفاده از چسب داغ یکی از متداول‌ترین و ساده‌ترین روش‌های اتصال است.

در این روش، سطح اتصال مدل مومی به آرامی گرم می‌شود تا لایه نازکی از موم ذوب گردد. سپس محل اتصال به چسب داغ آغشته می‌شود و مدل در محل موردنظر روی سیستم راهگاهی قرار می‌گیرد. پس از اتصال، برای افزایش استحکام اتصال و رفع نواقص احتمالی، محل اتصال با استفاده از مشعل یا ابزار مناسب ترمیم و صاف می‌شود. در هنگام مونتاژ باید دقت شود که قطرات موم روی سطح باقی نمانند، زیرا این برجستگی‌ها در قالب ایجاد شده و پس از ریخته‌گری به صورت عیب سطحی روی قطعه ظاهر می‌شوند.

نکته

کیفیت اتصال مدل‌های مومی، بر کیفیت نهایی قطعه ریختگی تأثیر مستقیم دارد؛ بنابراین محل اتصال باید کاملاً صاف، یکنواخت و عاری از زوائد مومی باشد.



ب) هویه برای مونتاژ مدل‌های مومی



الف) کاردک گرم برای مونتاژ مدل‌های مومی

شکل ۲۴



شکل ۲۵- میله فولادی مونتاژ خوشه مومی در ریخته‌گری دقیق

برای سهولت جابه‌جایی خوشه مومی در مراحل بعدی، مانند پوشش‌دهی با دوغاب سرامیکی، در حوضچه بارریز محلی برای نصب یک میله فولادی در نظر گرفته می‌شود. پس از مونتاژ مدل‌ها، این میله به خوشه متصل می‌شود و امکان حمل، جابه‌جایی و آویزان کردن خوشه را فراهم می‌کند (شکل ۲۵).

نکته

- ۱) مدل‌های مومی باید به‌گونه‌ای روی خوشه نصب شوند که در مرحله موم‌زدایی، موم مذاب بتواند به راحتی از قالب خارج شود.
- ۲) ابعاد نامناسب سیستم راهگاهی می‌تواند موجب پر نشدن کامل قالب یا ایجاد عیوب ریخته‌گری شود.





شکل ۲۶- ایجاد شیب در دسته مدل‌ها برای خروج آسان‌تر موم در مرحله موم‌زدایی

در طراحی خوشه مومی، اصول طراحی سیستم راهگاہی نیز باید رعایت شود. عواملی مانند نسبت راهگاہی، ابعاد راهگاہ‌ها و نحوه اتصال مدل‌ها به سیستم راهگاہی بر کیفیت قطعه نهایی تأثیر می‌گذارند. برای بهبود جریان مذاب و پر شدن کامل قالب پوسته‌ای سرامیکی، ابعاد اجزای سیستم راهگاہی معمولاً متناسب با حجم و شکل قطعه و اندکی بزرگ‌تر از حداقل مقدار لازم انتخاب می‌شوند تا خروج کامل موم از حفره‌های قالب تسهیل شود. همچنین هنگام مونتاژ مدل‌ها روی راهگاہ، باید آنها را با شیب مناسب نصب کرد تا در مرحله موم‌زدایی، موم به‌طور کامل از قالب خارج شود (شکل ۲۶).

برای موم‌زدایی قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی از چه نوع کوره‌هایی استفاده می‌شود؟ درباره نحوه عملکرد، مزایا و محدودیت‌های هریک از آنها تحقیق کرده و نتایج را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



مونتاژ خوشه مدل مومی روی سیستم راهگاہی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: چهار عدد مدل مومی (مطابق فعالیت کارگاہی ۱۵)، بلوک موم صنعتی، خط‌کش، قلم، کاتر یا کاردک، هویه یا مشعل

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

مراحل انجام کار:

- ۱ چهار عدد مدل مومی را مطابق فعالیت کارگاہی ۱۵ تهیه کنید.
- ۲ روی بلوک موم، طرح راهگاہ اصلی با مقطع مربعی 2×2 سانتی‌متر و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر ترسیم کنید.
- ۳ چهار راهباره با مقطع مربعی 1×1 سانتی‌متر و طول ۳ سانتی‌متر ترسیم کنید.
- ۴ با استفاده از کاتر یا کاردک گرم، راهگاہ اصلی و راهباره‌ها را از بلوک موم برش دهید.
- ۵ راهباره‌ها را با استفاده از هویه، کاردک گرم یا مشعل، به راهگاہ اصلی متصل کنید. هنگام اتصال، راهباره‌ها را با زاویه مناسب نصب کنید تا در مرحله موم‌زدایی، خروج موم از قالب به راحتی انجام شود.
- ۶ مدل‌های مومی را به انتهای راهباره‌ها متصل کنید تا خوشه مومی تشکیل شود.
- ۷ محل اتصال مدل‌ها و راهباره‌ها را بررسی کنید و در صورت نیاز، نواقص را با موم مذاب ترمیم کنید.

نکته:

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به‌صورت تفکیک‌شده جمع‌آوری کنید.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

فعالیت کارگاہی
۱۶



ساخت قالب پوسته‌ای سرامیکی در فرایند ریخته‌گری دقیق



- ۱ ساخت مدل مومی با تزریق موم در قالب فلزی
- ۲ مونتاژ مدل‌ها و ساخت خوشه مومی
- ۳ فرو بردن خوشه در دوغاب
- ۴ پاشش ماسه نسوز
- ۵ مجموعه قالب‌های سرامیکی تهیه شده
- ۶ موم زدایی و پیش گرم کردن در کوره
- ۷ ذوب ریزی
- ۸ شکستن پوسته سرامیکی و تمیزکاری قطعه

شکل ۲۷

در روش ریخته‌گری دقیق، ابتدا مدل یا خوشه مومی تهیه می‌شود. سپس خوشه مومی درون دوغاب سرامیکی غوطه‌ور شده و پس از خارج شدن، برای خشک شدن در محیط مناسب قرار می‌گیرد. این عملیات چندین بار تکرار می‌شود تا پوسته‌ای سرامیکی با ضخامت و استحکام کافی روی خوشه مومی تشکیل شود.

در بسیاری از موارد، پس از هر بار پوشش‌دهی با دوغاب، روی سطح پوسته مرطوب ماسه نسوز پاشیده می‌شود. پس از خشک شدن، مراحل دوغاب‌زنی و ماسه‌پاشی دوباره تکرار می‌شود. با تکرار این چرخه، پوسته‌ای مقاوم و مناسب برای تحمل مذاب ایجاد می‌شود.

پس از تکمیل پوسته سرامیکی، عملیات موم‌زدایی انجام می‌شود. در این مرحله، قالب در گرم‌خانه یا کوره قرار می‌گیرد تا موم ذوب شده و از قالب خارج شود. با ادامه گرمایش، باقی‌مانده موم ذوب یا تجزیه شده و از قالب خارج می‌شود و حفره قالب برای ذوب‌ریزی آماده می‌شود.

پس از موم‌زدایی، قالب سرامیکی در کوره پخت می‌شود. در این مرحله، سرعت گرمایش باید به‌گونه‌ای باشد که از ایجاد شوک حرارتی و ترک‌خوردگی قالب جلوگیری شود. دمای پخت قالب با توجه به نوع مواد سرامیکی مورد استفاده تعیین می‌شود.

پیش از ذوب‌ریزی، قالب سرامیکی تا دمای مناسب پیش‌گرم می‌شود تا از بروز شوک حرارتی هنگام ریختن مذاب جلوگیری گردد. سپس مذاب درون قالب ریخته شده و پس از انجماد، پوسته سرامیکی شکسته می‌شود و قطعه ریخته‌گری از قالب خارج می‌گردد.

در شکل ۲۷، مراحل مختلف ریخته‌گری در قالب پوسته‌ای سرامیکی، از ساخت مدل مومی تا ذوب‌ریزی و تمیزکاری قطعه، نشان داده شده است.



در ریخته‌گری دقیق، به دلیل دقت ابعادی بالا و کیفیت مناسب سطح، بسیاری از قطعات پیچیده بدون نیاز به ماشین‌کاری گسترده تولید می‌شوند. به همین دلیل از این روش در ساخت قطعات هواپیما، توربین‌های گازی، تجهیزات پزشکی و زیورآلات استفاده می‌شود.

دوغاب سرامیکی

دوغاب سرامیکی برای ساخت پوسته قالب در ریخته‌گری دقیق استفاده می‌شود و از سه جزء اصلی تشکیل شده است:

۱ مواد دیرگداز

۲ چسب

۳ افزودنی‌هایی جهت بهبود خواص دوغاب

مواد دیرگداز بدنه اصلی پوسته را تشکیل می‌دهند و مقاومت حرارتی آن را تأمین می‌کنند. سیلیس، آلومینا و زیرکونیا از مهم‌ترین مواد دیرگداز مورد استفاده هستند. برای ثبت دقیق جزئیات مدل مومی، این مواد معمولاً به صورت پودرهای بسیار ریز به کار می‌روند.

چسب وظیفه اتصال ذرات دیرگداز را برعهده دارد. از سدیم سیلیکات (آب شیشه) و سیلیکا کلئیدی به عنوان چسب استفاده می‌شود. دوغاب‌های حاوی سیلیکا کلئیدی معمولاً کیفیت سطحی بهتری ایجاد می‌کنند. مواد افزودنی نیز برای بهبود خواصی مانند ترشوندگی، پایداری و کاهش کف به دوغاب افزوده می‌شوند. این مواد موجب پوشش‌دهی یکنواخت‌تر سطح مدل مومی می‌شوند.

جدول ۲- وظایف و نمونه مواد اجزای اصلی دوغاب‌های سرامیکی

جزء دوغاب	وظیفه	نمونه مواد
مواد دیرگداز	مقاومت حرارتی	سیلیس، آلومینا، زیرکونیا
چسب	اتصال ذرات	سدیم سیلیکات، سیلیکا کلئیدی
افزودنی	بهبود خواص دوغاب	مواد ترک‌کننده، ضدکف



عدد مش^۱ بیانگر چیست؟ رابطه بین عدد مش و اندازه ذرات را بررسی کنید. با افزایش عدد مش، اندازه ذرات چه تغییری می‌کند؟ نتایج بررسی خود را همراه با جدول ارتباط عدد مش و اندازه دانه در کلاس ارائه دهید.



ساخت دوغاب قالب پوسته‌ای سرامیکی با چسب سیلیکا کلئیدی
مواد و تجهیزات مورد نیاز: پودر میکروسیلیس، محلول سیلیکا کلئیدی، آب، ظرف برای حل کردن چسب در آب، ترازو، مخلوط‌کن
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱ مقدار ۱۰ کیلوگرم پودر میکروسیلیس را وزن کنید.
- ۲ محلول چسب را از مخلوط کردن ۴ لیتر سیلیکا کلئیدی و ۱ لیتر آب تهیه کنید.
- ۳ محلول آماده‌شده را درون مخلوط‌کن بریزید.
- ۴ پودر میکروسیلیس را به تدریج به محلول اضافه کنید.
- ۵ مخلوط را به خوبی هم بزنید تا دوغابی یکنواخت، همگن و بدون کلوخه حاصل شود.

نکته:

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به صورت تفکیک‌شده جمع‌آوری کنید.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



چرا پودر میکروسیلیس باید به تدریج به محلول سیلیکا کلئیدی اضافه شود؟



ساخت دوغاب قالب پوسته‌ای سرامیکی با چسب سدیم سیلیکات
مواد و تجهیزات مورد نیاز: پودر میکروسیلیس، چسب سدیم سیلیکات، آب، ظرف برای حل کردن چسب در آب، ترازو، مخلوط‌کن
نکات ایمنی و حفاظتی

- استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.
- هنگام کار با پودر میکروسیلیس از استنشاق گردوغبار جلوگیری کنید.
- هنگام کار با مخلوط‌کن، نکات ایمنی مربوط به تجهیزات دوار را رعایت کنید.

مراحل انجام کار:

- ۱ مقدار ۱۰ کیلوگرم پودر میکروسیلیس را وزن کنید.
- ۲ محلول چسب را از مخلوط کردن ۲/۵ لیتر سدیم سیلیکات و ۲/۵ لیتر آب تهیه کنید.
- ۳ محلول آماده‌شده را درون مخلوط‌کن بریزید.
- ۴ پودر میکروسیلیس را به تدریج به محلول اضافه کنید.

۵] مخلوط را به خوبی هم بزنید تا دوغابی یکنواخت و بدون کلوخه حاصل شود.
۶] ظاهر، روانی و غلظت دوغاب تهیه شده را با دوغاب ساخته شده در فعالیت کارگاهی ۱۷ مقایسه کنید و نتایج را ثبت کنید.

نکته:

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به صورت تفکیک شده جمع‌آوری کنید.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.
- دوغاب باید دارای قوام یکنواخت و عاری از کلوخه باشد.

فعالیت کارگاهی
۱۹



ساخت پوسته سرامیکی با دوغاب‌های مختلف

مواد و تجهیزات مورد نیاز: خوشه مدل مومی، دوغاب‌های سرامیکی، ظرف دوغاب سرامیکی، محلول آب و مایع ظرفشویی، ماسه سیلیسی ریز دانه

نکات ایمنی و حفاظتی

- استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.
- هنگام کار با دوغاب و ماسه ریزدانه از استنشاق گردوغبار جلوگیری کنید.
- از تماس طولانی مدت دوغاب با پوست دست خودداری کنید.

مراحل انجام کار:

۱] یک خوشه مدل مومی مطابق فعالیت کارگاهی ۱۵ تهیه کنید.
۲] سطح خوشه را با محلول آب و مایع ظرفشویی مرطوب کنید.
۳] خوشه را در دوغاب سرامیکی تهیه شده در فعالیت کارگاهی ۱۷ غوطه‌ور کرده و سپس خارج کنید.
۴] اجازه دهید دوغاب اضافی از سطح خوشه خارج شود.
۵] روی سطح خوشه، ماسه سیلیسی ریزدانه بپاشید تا نخستین لایه پوسته سرامیکی تشکیل شود.
۶] پس از خشک شدن لایه ایجاد شده، مراحل ۳ تا ۵ را چند بار تکرار کنید تا ضخامت به مقدار مناسب برسد.

۷] مراحل ۱ تا ۶ را با استفاده از دوغاب تهیه شده در فعالیت کارگاهی ۱۸ نیز انجام دهید.
۸] پوسته‌های سرامیکی ساخته شده را از نظر ظاهر، یکنواختی پوشش، کیفیت سطح و استحکام اولیه با یکدیگر مقایسه کنید و نتایج را ثبت کنید.

نکته:

- برای دستیابی به پوسته‌ای یکنواخت، تمامی سطوح خوشه باید به طور کامل با دوغاب پوشیده شوند.
- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به صورت تفکیک شده جمع‌آوری کنید.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



موم‌زدایی قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: قالب‌های پوسته‌ای سرامیک، کوره موم‌زدایی، سینی مشبک نسوز، ظرف جمع‌آوری موم مذاب

نکات ایمنی و حفاظتی

- استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.
- هنگام کار با کوره و قطعات داغ از انبر و ابزار مناسب استفاده کنید.
- از تماس مستقیم با موم مذاب و سطوح داغ خودداری کنید.

مراحل انجام کار:

- ۱ قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی تهیه‌شده در فعالیت کارگاهی ۱۹ را به‌صورت واژگون روی سینی مشبک نسوز قرار دهید.
- ۲ سینی را داخل کوره قرار دهید.
- ۳ دمای کوره را به‌تدریج تا حدود ۱۲۰ تا ۱۵۰ درجه سلسیوس افزایش دهید تا موم ذوب شده، از قالب خارج شود.
- ۴ موم مذاب را در ظرف مناسب جمع‌آوری کنید.
- ۵ پس از تخلیه موم، دمای کوره را به حدود ۲۷۵ درجه سلسیوس افزایش دهید تا باقی‌مانده موم از قالب خارج شود.
- ۶ قالب را پس از اتمام عملیات موم‌زدایی از کوره خارج کرده و برای مرحله پخت آماده کنید.

نکته:

- محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به‌صورت تفکیک‌شده جمع‌آوری کنید.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.
- قالب‌ها باید به‌گونه‌ای در کوره قرار گیرند که موم مذاب بتواند به‌راحتی از آنها خارج شود.
- موم جمع‌آوری‌شده را می‌توان پس از تصفیه، دوباره برای ساخت مدل‌های مومی استفاده کرد.



چرا در فرایند موم‌زدایی، ابتدا موم ذوب و تخلیه می‌شود و سپس دمای کوره افزایش می‌یابد تا باقی‌مانده موم تبخیر شود؟ اگر از ابتدای فرایند دمای کوره بسیار بالا باشد، چه مشکلاتی ممکن است برای قالب پوسته‌ای سرامیکی ایجاد شود؟



ذوب ریزی در قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی موم‌زدایی‌شده، آلیاژ آلومینیوم، کوره ذوب، بوته، تجهیزات ذوب‌ریزی، تجهیزات تخلیه قطعه و تمیزکاری نهایی

نکات ایمنی و حفاظتی

- استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی الزامی است.

– هنگام کار با کوره و قطعات داغ از انبر و ابزار مناسب استفاده کنید.

– از تماس مستقیم با موم مذاب و سطوح داغ خودداری کنید.

مراحل انجام کار:

۱| آلیاژ آلومینیوم را ذوب کرده و مذاب را برای عملیات ذوب‌ریزی آماده کنید.

۲| با رعایت کامل نکات ایمنی، مذاب را در قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی موم‌زدایی‌شده تهیه شده در فعالیت کارگاهی ۲۰ که تا دمای مناسب پیش گرم شده‌اند، بریزید.

۳| پس از انجماد و سرد شدن قالب، قطعه ریختگی را از قالب سرامیکی خارج کنید.

۴| سیستم راهگاهی را از قطعه جدا کرده و عملیات تمیزکاری قطعه ریختگی را انجام دهید.

۵| قطعات تولیدشده را از نظر کیفیت سطح، کامل بودن پرشدگی قطعه و وجود عیوب احتمالی بررسی کنید.

نکته:

– محیط کارگاه و تجهیزات مورد استفاده را تمیز نگه دارید و زباله‌ها را به‌صورت تفکیک‌شده جمع‌آوری کنید.

– هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

ضخامت مناسب پوسته سرامیکی به چه عواملی بستگی دارد و معمولاً در چه محدوده‌ای انتخاب می‌شود؟

تحقیق کنید



پرسش کلاسی



به منظور مقایسه بین روش‌های مختلف ریخته‌گری، جدول زیر را برای هر روش امتیازگذاری کنید. برای امتیازگذاری از اعداد ۱ تا ۵ استفاده کنید. عدد ۱ نشانگر کمترین امتیاز و عدد ۵ نشانگر بیشترین امتیاز است.

ویژگی	روش قالب‌گیری	ماسه تر	ماسه با چسب سدیم سیلیکات	قالب ریژه	قالب پوسته‌ای سرامیکی
	دامنه وزنی قطعات ریختگی				
	تنوع فلز یا آلیاژ ریختگی				
	کیفیت سطحی قطعات ریختگی				
	حداقل ضخامت قطعات ریختگی				
	دقت ابعادی قطعات ریختگی				
	توانایی در تولید انبوه				
	مدت زمان بین سفارش تا تولید قطعات				
	زمان لازم از دریافت سفارش تا تولید قطعه				

ارزشیابی شایستگی ریخته‌گری دقیق

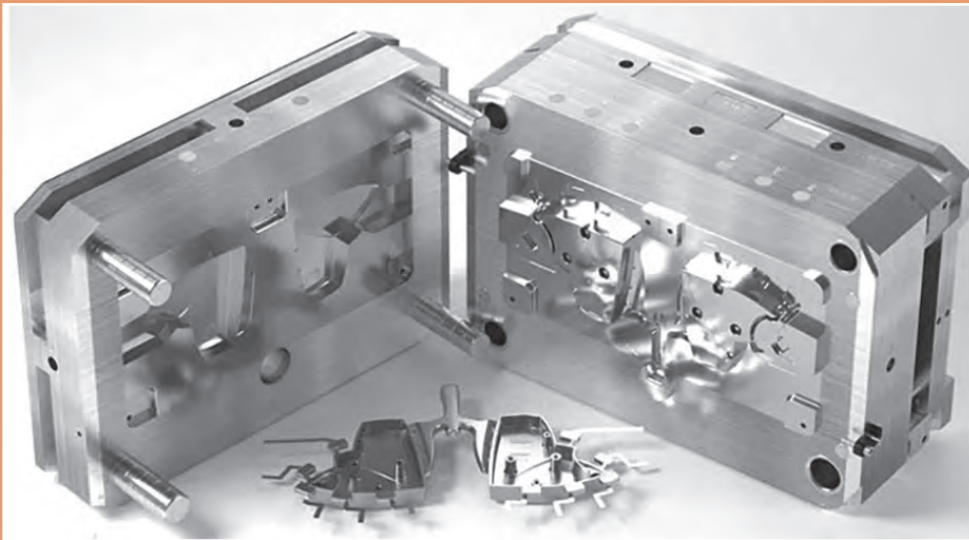
نام و نام خانوادگی :			شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۰۷۱۵۲۰	حرفه:	متصدیان قالب‌گیری و ریخته‌گری	کد پیمانانه / پودمان	۸۱۲۱۱۲۰۳۲
کد وظیفه شغل	۸۱۲۱۱۲۰۳	وظیفه شغل:	قالب‌گیری پوسته‌ای و سرامیکی	سطح صلاحیت	۳
کد کار	۸۱۲۱۱۲۰۳۲۲	کار	ریخته‌گری دقیق	سطح شایستگی	مهارت / تسلط

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری /نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده		
۱	توزین و محاسبه مقدار ماسه و چسب	ابزار: ترازو، پیمانانه اندازه‌گیری، ظرف نگهداری مواد مواد: ماسه سیلیسی، چسب رزینی یا چسب مخصوص قالب‌گیری/ ماهیچه‌سازی، افزودنی‌ها در صورت نیاز تجهیزات: میز کار، مخلوط‌کن یا همزن در صورت نیاز، دستکش کار، ماسک و عینک ایمنی زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه مکان: کارگاه قالب‌گیری / بخش آماده‌سازی ماسه	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	محاسبه دقیق نسبت ماسه و چسب طبق دستورالعمل، توزین دقیق مواد با خطای کمتر از ۲٪	۳			
				محاسبه نسبت مواد با اختلاف جزئی، توزین با خطای تا ۵٪	۲			
				محاسبه نادرست نسبت مواد، خطای زیاد در توزین، نسبت نامناسب ماسه و چسب	۱			
۲	آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری	ابزار: بیلچه یا پیمانانه، الک ماسه، ظرف اندازه‌گیری مواد: ماسه سیلیسی، چسب قالب‌گیری (رزینی یا بنتونیت)، آب یا افزودنی‌های مورد نیاز تجهیزات: مخلوط‌کن ماسه یا همزن، میز کار، دستکش کار، ماسک، عینک ایمنی، سیستم تهویه زمان: ۱۵ تا ۳۰ دقیقه مکان: کارگاه قالب‌گیری / بخش آماده‌سازی ماسه	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	آماده‌سازی دقیق و یکنواخت مخلوط ماسه قالب‌گیری مطابق استانداردهای فنی	۳			
				آماده‌سازی مناسب مخلوط ماسه قالب‌گیری با کیفیت قابل قبول برای انجام عملیات	۲			
				آماده‌سازی نامناسب مخلوط ماسه همراه با ناهماهنگی و عدم کیفیت لازم برای قالب‌گیری	۱			
۳	قالب‌گیری	ابزار: بیلچه یا پیمانانه ماسه، میله کوبش، ماله قالب‌گیری، سوزن هواکش مواد: ماسه قالب‌گیری آماده، پودر جداکننده در صورت نیاز تجهیزات: جعبه قالب (فلاسک)، صفحه زیر قالب، میز قالب‌گیری، دستکش کار، عینک ایمنی، سیستم تهویه زمان: ۲۰ تا ۴۵ دقیقه مکان: کارگاه قالب‌گیری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	قالب‌گیری دقیق و اصولی با استحکام مناسب و حفظ کامل شکل و جزئیات مدل	۳			
				قالب‌گیری قابل قبول با حفظ کلی شکل و کیفیت مناسب برای ریخته‌گری	۲			
				قالب‌گیری نامناسب همراه با ضعف در شکل‌دهی و عدم انطباق با مدل	۱			
۴	موم‌زدایی	ابزار: انبر جابه‌جایی قالب، سینی یا ظرف جمع‌آوری موم مواد: مدل مومی مونتاژ شده، مواد پوسته سرامیکی یا قالب گچی تجهیزات: کوره موم‌زدایی، میز کار، سیستم تهویه، دستکش نسوز، عینک و لباس ایمنی زمان: ۳۰ تا ۹۰ دقیقه مکان: کارگاه ریخته‌گری / بخش قالب‌های دقیق (ریخته‌گری دقیق)	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	خروج کامل موم، حفظ کامل شکل و استحکام قالب و تمیزی کامل راهگاه‌ها و حفره‌ها	۳			
				خروج نسبی موم با حفظ قابل قبول شکل و استحکام قالب و قابلیت استفاده در مراحل بعدی	۲			
				باقی‌ماندن موم، ایجاد ترک یا شکستگی و انسداد راهگاه‌ها و غیرقابل استفاده شدن قالب.	۱			
۲		شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: شایستگی‌های غیرفنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ایمنی: کفش ایمنی، کلاه ایمنی، لباس کار توجهات زیست‌محیطی: استفاده از سیستم‌های تهویه، جداسازی و تفکیک زباله‌ها، رعایت نظافت محیط کار نگرش: علاقه به کار، دقت بالا، نظم	رعایت بندهای ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه‌ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست‌محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در تمام مراحل کار	۲	☐ بلی ☐ خیر		
				عدم رعایت موارد ۱ الی ۴	عدم رعایت اصول ایمنی و استفاده ناقص از تجهیزات فردی، ضعف در نگرش حرفه‌ای شامل بی‌دقتی و بی‌نظمی، بی‌توجهی به الزامات زیست‌محیطی مانند تهویه و نظافت و عدم پایبندی به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در انجام فعالیت‌ها		۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)								
توضیحات:								
معیار شایستگی انجام کار:								
- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۳ و ۴ (مراحل بحرانی)								
- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش								
- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار								
تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.								
مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها								
تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.								



پودمان سوم

ریخته‌گری در قالب‌های فلزی



واحد یادگیری ۱: طراحی و ساخت قالب‌های فلزی

مقدمه

در ریخته‌گری با قالب‌های ماسه‌ای، برای خارج کردن مدل، قالب تخریب می‌شود؛ به همین دلیل امکان استفاده مجدد از قالب وجود ندارد و سرعت تولید کاهش می‌یابد. همچنین در این روش احتمال تشکیل عیوبی مانند حفره‌های گازی، نفوذ ذرات ماسه به قطعه و تغییرات ابعادی نسبتاً زیاد است. این عیوب می‌توانند کیفیت قطعات تولیدی را کاهش داده و هزینه‌های تولید را افزایش دهند. برای رفع این محدودیت‌ها، در بسیاری از صنایع از قالب‌های فلزی استفاده می‌شود. قالب‌های فلزی قابلیت استفاده مکرر دارند، دقت ابعادی و کیفیت سطح قطعات تولید شده در آنها بیشتر است و میزان عیوب ریخته‌گری کاهش می‌یابد. هرچند هزینه ساخت این قالب‌ها عموماً بالا است، اما در تولید انبوه و تیراژ بالا، هزینه تولید هر قطعه کاهش می‌یابد و استفاده از آنها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است. هدف از این واحد یادگیری، آشنایی با مبانی طراحی و ساخت قالب‌های فلزی و شناخت روش‌های ساخت آنها از طریق ماشین‌کاری و ریخته‌گری است.

استاندارد عملکرد

ساخت قالب فلزی مناسب برای تولید قطعات ریخته‌گری با رعایت استانداردهای فنی

ریخته‌گری

به شکل ۱ با دقت نگاه کنید. در این شکل، چند روش متداول ریخته‌گری نمایش داده شده است. هر یک از این روش‌ها مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارند و برای تولید قطعات مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. با بررسی تصاویر شکل ۱، چه تفاوت‌ها و شباهت‌هایی را بین روش‌های متنوع ریخته‌گری می‌توانید پیدا کنید؟



(ب) ریخته‌گری با قالب CO_2



(الف) ریخته‌گری با قالب‌های ماسه‌ای



(د) ریخته‌گری تحت فشار (دایکاست)



(ج) ریخته‌گری در قالب فلزی (ریژه)

شکل ۱- انواع روش‌های ریخته‌گری

با همفکری و گفت‌وگو با هم‌کلاسی‌های خود، ویژگی‌های روش‌های ریخته‌گری نشان داده شده در شکل ۱ را بررسی و جدول زیر را تکمیل کنید.

فعالیت کلاسی



سؤال	ماسه‌ای	CO_2	ریژه	دایکاست
نوع قالب	موقت	.....	دائمی	.....
محدودیت وزنی قطعه	ندارد	.....	.....	.....
کیفیت سطحی	.....	.....	.....	عالی
تعداد تولید	.....	کم	.....	.....
محدودیت دمای مذاب	.....	.....	دارد	.....

در فرایند ریخته‌گری، فلز یا آلیاژ مذاب درون محفظه‌ای به نام قالب ریخته می‌شود و پس از انجماد، شکل محفظه توخالی قالب را به خود می‌گیرد. قالب‌های مورد استفاده در ریخته‌گری به طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) قالب‌های موقت

ب) قالب‌های دائم

هریک از این قالب‌ها دارای ویژگی‌ها و کاربردهای خاصی هستند که در ادامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

الف) قالب‌های موقت: قالب‌های موقت از پرکاربردترین انواع قالب‌های مورد استفاده در صنعت ریخته‌گری هستند. در این روش، پس از انجماد مذاب و تشکیل قطعه، به منظور خارج کردن قطعه، قالب شکسته یا تخریب می‌شود؛ بنابراین امکان استفاده مجدد از قالب وجود ندارد. به دلیل هزینه ساخت پایین، دسترسی آسان به مواد قالب‌گیری، سادگی فرایند تولید و امکان ساخت قطعات با ابعاد و وزن‌های مختلف، این روش همچنان یکی از پرکاربردترین روش‌های ریخته‌گری در صنعت است.

با این حال، قالب‌های موقت دارای محدودیت‌هایی نیز هستند. از مهم‌ترین محدودیت‌های این قالب‌ها می‌توان به سرعت تولید پایین، احتمال بروز عیوبی مانند حفره‌های گازی و نفوذ ماسه، دقت ابعادی کمتر و زبری بیشتر سطح قطعات تولیدی اشاره کرد. علاوه بر این، برای تولید هر قطعه لازم است قالب جدیدی ساخته شود که این موضوع زمان تولید را افزایش می‌دهد.

ب) قالب‌های دائمی: استفاده از قالب‌های دائم سابقه‌ای طولانی دارد و به حدود ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد باز می‌گردد. در آن زمان، انسان‌ها با استفاده از سنگ‌های طبیعی، قالب‌هایی می‌ساختند و از آنها برای تولید ابزارها و سلاح‌های فلزی استفاده می‌کردند. برای مثال، سرنیزه‌ها و خنجرهای فلزی مورد استفاده در شکار با کمک قالب‌های سنگی تولید می‌شدند.

با گسترش صنایع و افزایش تقاضا برای تولید انبوه قطعات، استفاده از قالب‌های دائم بیش از پیش مورد توجه قرار گرفت. در این شرایط، قالب‌های موقت به دلیل سرعت تولید پایین و نیاز به ساخت مجدد قالب، پاسخگوی نیاز بسیاری از صنایع نبودند. از این رو، قالب‌های دائم توسعه یافتند و با به کارگیری ماشین‌آلات و تجهیزات پیشرفته، امکان تولید سریع‌تر و اقتصادی‌تر قطعات فراهم شد. امروزه از این قالب‌ها در صنایع مختلف، از جمله خودروسازی، نفت و گاز، صنایع نظامی، لوازم خانگی، تجهیزات پزشکی و الکترونیکی، استفاده گسترده‌ای می‌شود.

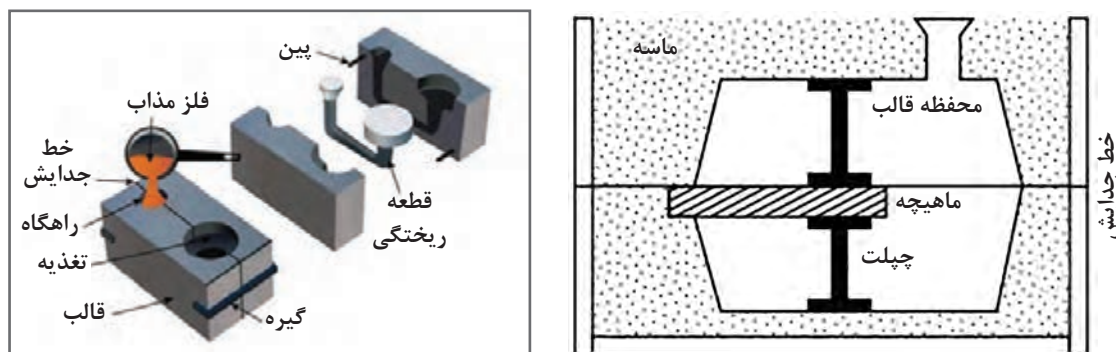
به مجموعه روش‌های ریخته‌گری که در آنها از قالب‌های دائمی برای تولید قطعه استفاده می‌شود، ریخته‌گری در قالب دائم گفته می‌شود.

قالب‌های دائم دسته‌ای از قالب‌ها هستند که پس از هر بار ریخته‌گری نیازی به تخریب آنها برای خارج کردن قطعه نیست و می‌توان از آنها بارها برای تولید قطعات مشابه استفاده کرد. به همین دلیل، این قالب‌ها در تولید انبوه کاربرد گسترده‌ای دارند. استفاده مکرر از یک قالب دائم، علاوه بر افزایش سرعت تولید، موجب یکنواختی بیشتر قطعات تولیدی نیز می‌شود.

از مهم‌ترین مزایای قالب‌های دائم می‌توان به سرعت بالای تولید، تولید قطعات با خواص مکانیکی مطلوب، کاهش عیوب ریخته‌گری، دقت ابعادی بیشتر، کیفیت سطحی مناسب و کاهش هزینه تولید در تیراژ بالا اشاره کرد. البته، طراحی و ساخت این قالب‌ها به تجهیزات پیشرفته و هزینه اولیه بیشتری نیاز دارد.

یکی از تفاوت‌های مهم قالب‌های موقت و دائم، شکل و نحوه جدایش آنها است. همان‌گونه که در شکل ۲

مشاهده می‌شود، در قالب‌های ماسه‌ای، سطح جدایش معمولاً به صورت افقی در نظر گرفته می‌شود، در حالی که در قالب‌های دائمی، به‌ویژه در قالب‌های ریژه، سطح جدایش قالب معمولاً به صورت عمودی طراحی می‌شود. این ویژگی، خروج آسان قطعه از قالب و استفاده مجدد از قالب را تسهیل می‌کند.



قالب فلزی

قالب ماسه‌ای

شکل ۲- نمایی از تفاوت سطح جدایش در قالب‌های ماسه‌ای و فلزی

در قالب‌های دائم، محفظه قالب معمولاً از آلیاژهایی با مقاومت حرارتی و استحکام بالا، مانند فولادهای گرم کار و چدن‌های آلیاژی، ساخته می‌شود. این قالب‌ها به گونه‌ای طراحی می‌شوند که بتوان از آنها بارها برای تولید قطعات مشابه استفاده کرد.

پس از انجماد مذاب، دو نیمه قالب از یکدیگر جدا می‌شوند و قطعه ریخته‌گری شده از داخل قالب خارج می‌شود. سپس، قالب تمیزکاری و آماده‌سازی شده و دو نیمه آن دوباره به یکدیگر متصل می‌شوند تا برای تولید قطعه بعدی مورد استفاده قرار گیرند. قالب‌های دائم ممکن است به روش‌های مختلفی از جمله ماشین‌کاری یا ریخته‌گری ساخته شوند.

در کتاب «تولید قطعات فلزی به روش ریخته‌گری» پایه دهم، با اصول و مراحل ریخته‌گری در قالب‌های ماسه‌ای آشنا شدید. در این پودمان، فرایند تولید قطعات به روش ریخته‌گری در قالب‌های دائم بررسی می‌شود. همچنین با انواع قالب‌های دائم، ویژگی‌ها، کاربردها، مراحل ساخت و استفاده از آنها آشنا خواهید شد.

انواع قالب‌های دائم

قالب‌های دائم ریخته‌گری براساس نحوه پر شدن محفظه قالب از مذاب به سه دسته تقسیم می‌شوند:

(الف) قالب‌های ریژه (ثقلی): در این روش، مذاب تحت تأثیر نیروی وزن خود (نیروی ثقل) وارد محفظه قالب شده و آن را پر می‌کند.

(ب) قالب‌های تحت فشار: در این روش، مذاب با اعمال فشار خارجی به داخل محفظه قالب تزریق شده و فضای قالب را پر می‌کند.

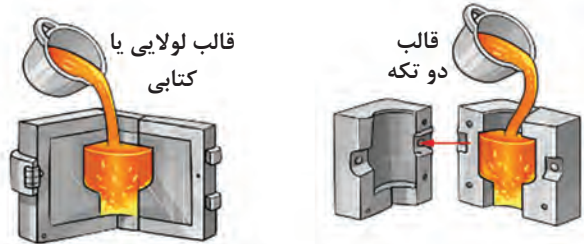
(ج) قالب‌های فلزی گریز از مرکز: در این روش، مذاب تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز ناشی از چرخش قالب، درون محفظه قالب توزیع شده و آن را پر می‌کند.



قالب‌های ریژه

قالب‌های ریژه (ثقلی)، ساده‌ترین و متداول‌ترین نوع قالب‌های دائم هستند. این قالب‌ها معمولاً از یک، دو یا چند جزء تشکیل شده و با استفاده از روش‌های ماشین‌کاری یا ریخته‌گری ساخته می‌شوند. در این روش، مذاب تحت تأثیر نیروی وزن خود وارد محفظه قالب می‌شود و پس از انجماد، قطعه تولید می‌شود.

رایج‌ترین نوع قالب‌های ریژه، قالب‌های دو تکه هستند. این قالب‌ها با توجه به نوع کاربرد و سهولت خروج قطعه، در شکل‌های مختلفی مانند کشویی یا کتابی (لولایی) طراحی و ساخته می‌شوند. دو نیمه قالب به کمک گیره‌های مکانیکی، هیدرولیکی یا پنوماتیکی به یکدیگر متصل می‌شوند و برای انجام عملیات ریخته‌گری آماده می‌شوند. شکل ۳، نمونه‌هایی از قالب‌های ریژه را نشان می‌دهد.



الف) قالب‌های ریژه



ب) نمونه قالب‌های ریژه و قطعات تولیدی از آنها

شکل ۳- انواع قالب‌های ریژه

آیا همه قالب‌ها، با هر شکل هندسی و اندازه‌ای، قابلیت استفاده در ریخته‌گری ریژه را دارند؟

قالب‌های تحت فشار

در برخی از روش‌های ریخته‌گری با قالب‌های دائم فلزی، برای پر شدن کامل محفظه قالب و بهبود کیفیت قطعات تولیدی، از فشار خارجی استفاده می‌شود. در این روش‌ها، مذاب تحت فشار به داخل قالب تزریق شده و پس از انجماد، قطعه تولید می‌شود. سپس قطعه به کمک پین‌های پران تعبیه شده در قالب، از آن خارج می‌شود. فرایندهای ریخته‌گری تحت فشار را می‌توان براساس معیارهای مختلف دسته‌بندی کرد. دو معیار مهم در این دسته‌بندی عبارت‌اند از:

الف) نحوه دسترسی به مذاب

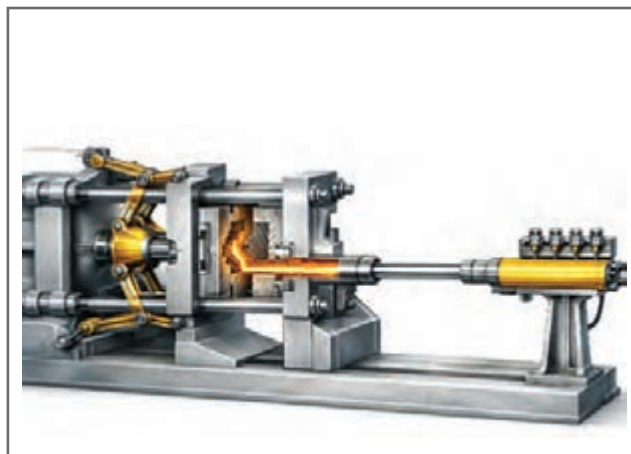
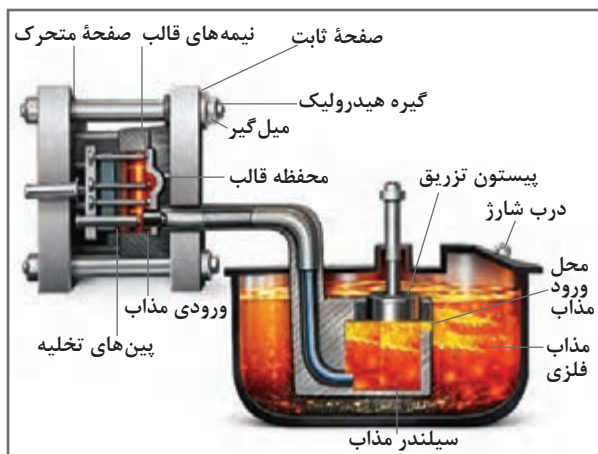
ب) میزان فشار اعمالی

از نظر نحوه دسترسی به مذاب، ریخته‌گری تحت فشار به دو دسته تقسیم می‌شود:

الف) ریخته‌گری تحت فشار با محفظه سرد: در این روش، مذاب از کوره به محفظه تزریق منتقل می‌شود و سپس به کمک پیستون و با اعمال فشار به داخل قالب رانده می‌شود.

پودمان سوم: ریخته‌گری در قالب‌های فلزی

ب) ریخته‌گری تحت فشار با محفظه گرم: در این روش، سیستم تزریق در داخل مذاب قرار دارد و فلز مذاب به‌طور مستقیم به داخل قالب تزریق می‌شود.
شکل ۴، نمایی شماتیک از دو روش ریخته‌گری تحت فشار با محفظه سرد و محفظه گرم را نشان می‌دهد.



ب) ریخته‌گری تحت فشار با محفظه گرم

الف) ریخته‌گری تحت فشار با محفظه سرد

شکل ۴- ریخته‌گری تحت فشار با محفظه (سرد و گرم)

با دقت به شکل ۴ نگاه کنید و درباره نحوه عملکرد سیستم‌های محفظه سرد و محفظه گرم با هم گروهی‌های خود گفت‌وگو کنید. سپس به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

- ۱ در هریک از روش‌های محفظه سرد و محفظه گرم، مذاب چگونه به محفظه تزریق وارد می‌شود؟
- ۲ مهم‌ترین تفاوت این دو روش را بیان کنید.
- ۳ به نظر شما کدام روش برای تولید تعداد زیاد قطعات مناسب‌تر است؟ دلیل خود را توضیح دهید.
- ۴ نتایج بررسی‌های خود را در جدول زیر ثبت کنید.

ویژگی	محفظة سرد	محفظة گرم
محل قرارگیری سیستم تزریق		
نحوه انتقال مذاب		
سرعت تولید		
کاربرد		

قالب‌های دائم گریز از مرکز

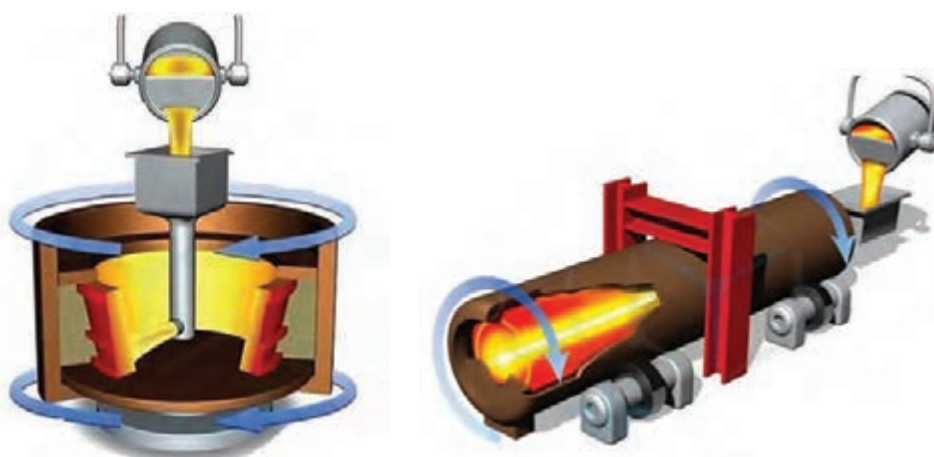
ریخته‌گری گریز از مرکز یکی از روش‌های ریخته‌گری در قالب‌های دائم است که برای تولید قطعات متقارن محوری، مانند لوله‌ها، بوش‌ها، رینگ‌ها و بوشن‌ها به کار می‌رود. در این روش، قالب فلزی حول محور افقی یا عمودی با سرعت مشخصی می‌چرخد و هم‌زمان مقدار معینی مذاب به داخل آن ریخته می‌شود.

فعالیت کلاسی



سطح داخلی قالب معمولاً با یک لایه پوشش نسوز پوشانده می‌شود تا از چسبیدن قطعه به قالب جلوگیری شده و جدایش قطعه از قالب آسان‌تر شود. با چرخش قالب، نیروی گریز از مرکز موجب می‌شود مذاب به سمت دیواره‌های قالب هدایت شود و پس از انجماد، قطعه‌ای توخالی تشکیل می‌شود. در نتیجه، قطعه‌ای با ساختار متراکم، کیفیت بالا و تخلخل کمتر تولید می‌شود. پس از انجماد و سرد شدن قطعه، به دلیل انقباض فلز، قطعه به راحتی از قالب جدا می‌شود.

از مهم‌ترین مزایای این روش می‌توان به کیفیت مناسب قطعات تولیدی، بازدهی بالا و کاهش نیاز به عملیات پرداخت اشاره کرد. با این حال، ریخته‌گری گریز از مرکز بیشتر برای تولید قطعات دارای تقارن محوری یا استوانه‌ای مناسب است و در تولید قطعات با شکل‌های هندسی پیچیده محدودیت دارد. در شکل ۵ نمونه‌ای از فرایند ریخته‌گری گریز از مرکز نشان داده شده است.



ب) ریخته‌گری گریز از مرکز عمودی

الف) ریخته‌گری گریز از مرکز افقی

شکل ۵- فرایند ریخته‌گری گریز از مرکز (افقی و عمودی)

با توجه به شکل ۵، توضیح دهید چرا روش ریخته‌گری گریز از مرکز برای تولید قطعاتی مانند لوله و بوش مناسب است، اما برای تولید قطعات با شکل‌های پیچیده محدودیت دارد؟ دلایل خود را بیان کنید.

پرسش کلاسی



جنس قالب‌های دائمی فلزی

فلزات دارای ویژگی‌های مناسب برای ساخت قالب‌های دائم هستند. هدایت حرارتی مناسب، قابلیت ماشین‌کاری، استحکام در دمای بالا، مقاومت در برابر شوک حرارتی و صرفه اقتصادی از جمله عواملی هستند که استفاده از فلزات را برای ساخت قالب‌های دائم امکان‌پذیر می‌سازند. با وجود این مزایا، فلزات دارای محدودیت دمای کاری هستند، بنابراین نمی‌توان از همه آنها برای ریخته‌گری آلیاژهایی با دمای ذوب بالا استفاده کرد.

مهم‌ترین عوامل مؤثر در انتخاب جنس قالب‌های دائم عبارت‌اند از:

(الف) دمای مذاب

(ب) سازگاری شیمیایی فلز مذاب با جنس قالب

(ج) حفظ استحکام قالب در دمای ریخته‌گری

(د) ضریب انبساط حرارتی پایین

(هـ) حفظ دقت ابعادی در دماهای بالا

چدن‌های آلیاژی و فولادهای گرم‌کار^۱ از رایج‌ترین و اقتصادی‌ترین فلزات مورد استفاده در ساخت قالب‌های دائم هستند.

تحقیق کنید



با مراجعه به منابع آموزشی تخصصی، گفت‌وگو با متخصصان صنعت ریخته‌گری یا جست‌وجو در منابع معتبر اینترنتی، درباره فولادهای گرم‌کار و چدن‌های آلیاژی مورد استفاده در ساخت قالب‌های دائم تحقیق کنید و نتایج را در قالب یک گزارش کوتاه به کلاس ارائه دهید. در گزارش خود به ویژگی‌های این مواد و دلایل استفاده از آنها در ساخت قالب‌های دائم اشاره کنید.

فعالیت کلاسی



فرض کنید پروژه ساخت یک قالب دائم برای تولید قطعات فلزی در دست اقدام است. جدول زیر را با دقت تکمیل کرده و دلیل انتخاب هر ویژگی را بنویسید.

ویژگی موردنیاز قالب	دلیل نیاز به این ویژگی
استحکام در دمای بالا	
مقاومت به شوک حرارتی	
هدایت حرارتی مطلوب	
قابلیت ماشین‌کاری بالا	
عدم واکنش شیمیایی با فلز مذاب	

ریخته‌گری در قالب‌های ریژه

ریخته‌گری در قالب‌های ریژه، ساده‌ترین و پرکاربردترین روش ریخته‌گری در قالب‌های دائمی است. به دلیل سادگی فرایند و تجهیزات اولیه کمتر و کیفیت مناسب قطعات تولیدی، این روش در بسیاری از کارگاه‌ها و صنایع ریخته‌گری مورد استفاده قرار می‌گیرد. ریخته‌گری ریژه به شیوه‌های مختلفی انجام می‌شود که در ادامه به متداول‌ترین آنها اشاره می‌شود.

(الف) ریخته‌گری ریژه دستی: در این روش، تمام مراحل تولید، از ریختن مذاب در قالب تا خارج کردن قطعه پس از انجماد، توسط اپراتور و بدون استفاده از تجهیزات خودکار انجام می‌شود. به همین دلیل، سرعت تولید نسبتاً پایین بوده و این روش برای تولید انبوه مناسب نیست. با این حال، به دلیل سادگی اجرا و هزینه سرمایه‌گذاری کمتر، همچنان در تولید برخی قطعات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

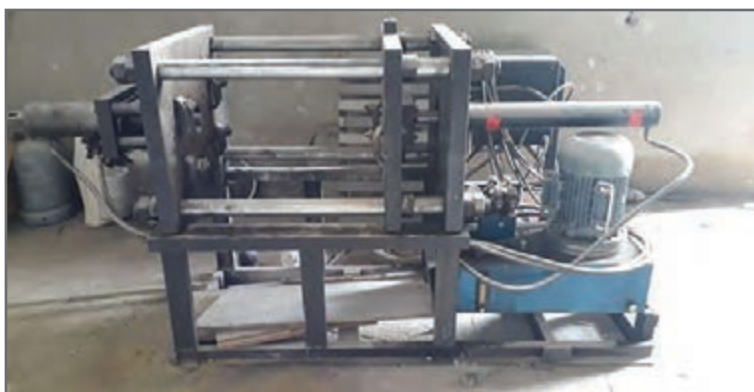
^۱ - Hot work steels



از کاربردهای این روش می‌توان به تولید قطعاتی از جنس آلیاژهای پایه مس، از جمله برخی قطعات شیرآلات بهداشتی اشاره کرد. در شکل ۶ نمونه‌ای از فرایند ریخته‌گری ریزه دستی نشان داده شده است.

شکل ۶- ریخته‌گری ریزه دستی

ب) ریخته‌گری ریزه نیمه اتوماتیک: در این روش، به منظور افزایش سرعت تولید و کاهش عملیات دستی، باز و بسته کردن قالب به وسیله سامانه‌های هیدرولیکی یا پنوماتیکی انجام می‌شود. با این حال، ریختن مذاب به داخل قالب و خارج کردن قطعه پس از انجماد همچنان توسط اپراتور صورت می‌گیرد. استفاده از این تجهیزات کمکی موجب افزایش بهره‌وری و بهبود یکنواختی در فرایند تولید می‌شود. به همین دلیل، این روش در بسیاری از واحدهای صنعتی برای تولید قطعات با تیراژ متوسط مورد استفاده قرار می‌گیرد. از کاربردهای متداول ریخته‌گری ریزه نیمه خودکار می‌توان به تولید قطعاتی از آلیاژهای پایه آلومینیوم (مانند پیستون خودرو) اشاره کرد. در شکل ۷ نمونه‌ای از این دستگاه نشان داده شده است.



شکل ۷- دستگاه ریخته‌گری ریزه نیمه خودکار

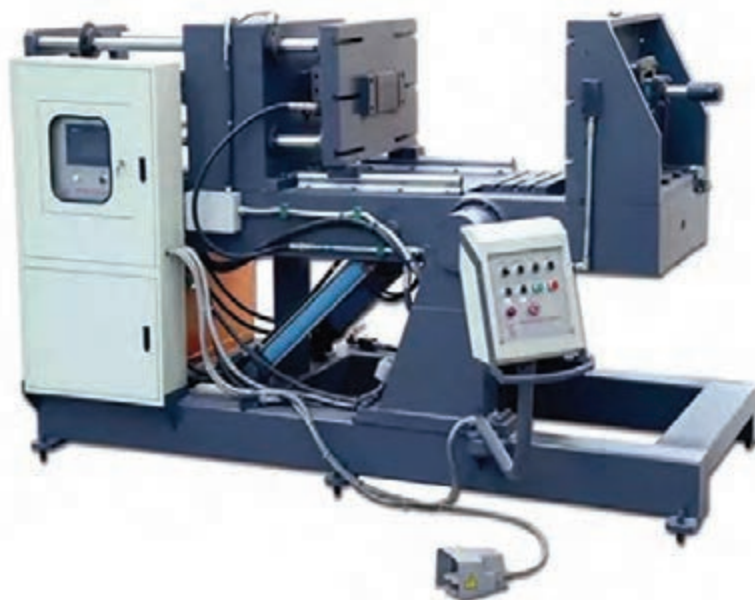
ریخته‌گری ریزه دستی و نیمه خودکار (نیمه اتوماتیک) را از نظر سرعت تولید، میزان دخالت نیروی انسانی، تجهیزات مورد نیاز و کاربرد با یکدیگر مقایسه کرده و نتایج را در یک جدول ثبت کنید.

فعالیت کلاسی



ج) ریخته‌گری ریژه اتوماتیک: در این روش، تمامی مراحل تولید از جمله بسته شدن قالب، ریختن مذاب، باز شدن قالب و خارج کردن قطعه به صورت خودکار و توسط تجهیزات و سامانه‌های کنترلی انجام می‌شود. در نتیجه، نیاز به دخالت مستقیم نیروی انسانی به حداقل می‌رسد و فرایند تولید با سرعت، دقت و یکنواختی بیشتری انجام می‌شود.

ریخته‌گری ریژه اتوماتیک برای تولید انبوه قطعات در صنایع مختلف به کار می‌رود. استفاده از این روش موجب افزایش بهره‌وری، کاهش زمان تولید، بهبود کیفیت قطعات، کاهش خطای انسانی و افزایش تکرارپذیری فرایند می‌شود. از این رو، بسیاری از کارخانه‌های تولیدی که به تیراژ بالای تولید نیاز دارند، از این روش بهره می‌برند. در شکل ۸ نمونه‌ای از دستگاه ریخته‌گری ریژه اتوماتیک نشان داده شده است.



شکل ۸- دستگاه ریخته‌گری ریژه اتوماتیک

روش‌های ریخته‌گری ریژه دستی، نیمه‌اتوماتیک و اتوماتیک را از نظر میزان دخالت نیروی انسانی، سرعت تولید، تجهیزات مورد نیاز و مناسب بودن برای تولید انبوه با یکدیگر مقایسه کرده و جدول زیر را تکمیل کنید.

فعالیت کلاسی



ویژگی	اتوماتیک	نیمه اتوماتیک	دستی
میزان دخالت نیروی انسانی			
سرعت تولید			
تجهیزات مورد نیاز			
مناسب برای تولید انبوه			

طراحی و ساخت قالب دائمی ریژه

فرایند ساخت قالب‌های ریژه دستی نسبت به قالب‌های ریژه نیمه‌اتوماتیک و اتوماتیک ساده‌تر است و نیاز به تجهیزات و امکانات پیچیده‌ای ندارد؛ از این رو اجرای این روش در کارگاه‌های کوچک امکان‌پذیر است. پیش از ساخت قالب، لازم است با روش‌های تولید قالب‌های ریژه آشنا شوید. این قالب‌ها معمولاً به دو روش ماشین‌کاری و ریخته‌گری ساخته می‌شوند.

به‌طور کلی، پس از دریافت نقشه قطعه از سفارش‌دهنده، طراحی و ساخت قالب به شرح زیر انجام می‌شود:

۱ تعیین سطح جدایش قالب و مشخص کردن تعداد قطعات تشکیل‌دهنده آن.

۲ محاسبه میزان انقباض قطعه بر اساس نوع آلیاژ و اعمال آن در ابعاد قالب.

۳ پیش‌بینی شیب خروج مناسب سطوح برای سهولت خروج قطعه از قالب.

۴ طراحی سیستم راهگاهی به منظور پر شدن کامل و یکنواخت قالب و کاهش تلاطم جریان مذاب.

۵ تهیه نقشه‌های ساخت قالب با استفاده از نرم‌افزارهای طراحی مهندسی مانند سالیدورک، اتوکد یا کتیا.

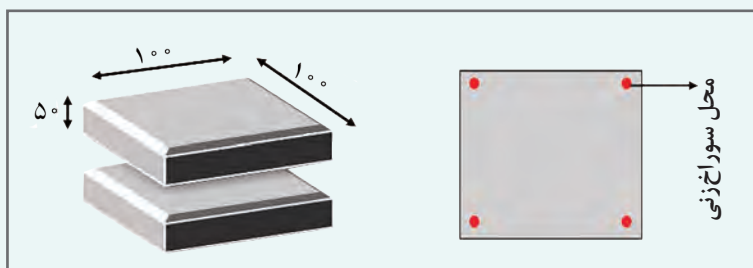
۶ انتخاب جنس مناسب قالب که معمولاً از فولادهای ابزارگری گرم‌کار یا چدن‌های آلیاژی است.

۷ ساخت قالب به کمک ماشین‌ابزارهایی مانند دستگاه فرز.

پس از پایان عملیات ماشین‌کاری، قالب مونتاژ و برای تولید یک نمونه آزمایشی آماده می‌شود. در صورت تأیید ابعاد، کیفیت و عملکرد قطعه، قالب برای تولید انبوه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از مهم‌ترین مزایای ساخت قالب به روش ماشین‌کاری می‌توان به دقت ابعادی بالا، کیفیت مناسب سطح قالب و امکان ساخت قالب از مواد مختلف اشاره کرد. در مقابل، هزینه ساخت این قالب‌ها نسبتاً زیاد است؛ بنابراین، استفاده از این روش معمولاً برای تولید در تیراژ بالا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.

آماده‌سازی قالب فلزی برای ساخت یک قطعه استوانه‌ای



مواد و تجهیزات مورد نیاز: دو اسلب فولادی با ابعاد $50 \times 100 \times 100$ میلی‌متر، مداد، دریل ستونی، مته‌های ۴/۵ و ۵، فلاویز دستی نمره ۵، روغن‌دان، پین آماده نمره ۵، سوهان، سنباده، گیره دستی، سنبه نشان، چکش، عینک، دستکش ایمنی، ابزارهای اندازه‌گیری دقیق، روغن‌دان و پین راهنما

نکات ایمنی و حفاظتی

- بدون حضور و راهنمایی هنرآموز یا استادکار، از دریل ستونی استفاده نکنید.
- هنگام کار با دریل ستونی، از تجهیزات ایمنی مانند عینک محافظ، دستکش و لباس کار استفاده کنید.



- هنگام سوراخ‌کاری با دریل، محل سوراخ را با روغن سرد و روان کنید تا از داغ شدن و شکستن مته جلوگیری کنید.

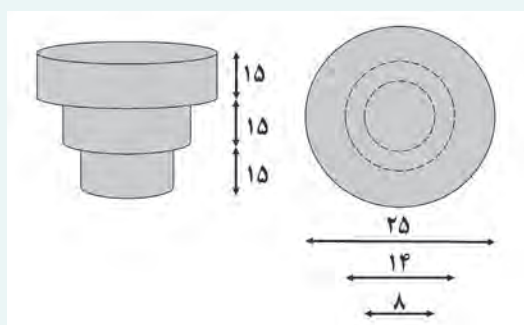
مراحل انجام کار:

- ۱ ابتدا دو اسلب را با گیره به یکدیگر جفت کنید.
- ۲ در چهارگوشه، روی یکی از سطوح اسلب، محل سوراخ‌ها را در فاصله ۲۰ میلی‌متری از هر دو لبه با استفاده از سنبه نشان، علامت‌گذاری کنید.
- ۳ با مته نمره ۴/۵ میلی‌متری سوراخی سرتاسری را در محل نقاط علامت‌گذاری شده روی دو اسلب ایجاد کنید.
- ۴ گیره دستی را باز کنید.
- ۵ روی اسلب اول سوراخ‌های ایجاد شده را با قلاویز شماره ۵ قلاویز کنید.
- ۶ روی اسلب دوم، سطح جدایش داخلی سوراخ‌های ایجاد شده را با مته شماره ۵ سوراخ کنید.
- ۷ چهار پین نمره ۵ را در محل سوراخ‌های قلاویز شده روی اسلب اول ببندید.
- ۸ اسلب‌ها را با یکدیگر جفت کنید.
- ۹ اگر دو اسلب به خوبی جفت نشدند، پین‌ها را کمی سنباده‌زنی کنید تا اتصال دو اسلب بهبود یابد.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

ساخت قالب دو لنگه فلزی برای تولید یک قطعه پله‌ای مطابق با نقشه فنی



مواد و تجهیزات مورد نیاز: دو اسلب فولادی با کمترین ابعاد ۵۰×۱۰۰×۱۰۰ میلی‌متر، مداد، دریل ستونی، مته‌های ۸-۱۴-۲۵، سوهان، سنباده، گیره دستی، سنبه‌نشان، چکش، عینک و دستکش ایمنی
نکات ایمنی و حفاظتی

- بدون حضور و راهنمایی هنرآموز یا استادکار، از دریل ستونی استفاده نکنید.
- هنگام کار با دریل ستونی از تجهیزات ایمنی مانند عینک محافظ، دستکش و لباس کار استفاده کنید.
- هنگام سوراخ‌کاری، محل سوراخ را روغن‌کاری کنید تا از داغ شدن و شکستن مته جلوگیری شود.



مراحل انجام کار:

- ۱ قالب خام آماده شده در فعالیت کارگاهی ۱ را روی میز کار ثابت کنید.
- ۲ مرکز سطح جدایش دو اسلب متصل شده را با استفاده از خط کش و پرگار مشخص کرده و سنبه نشان بزنید.
- ۳ اسلب ها را روی گیره دستگاه محکم کنید به گونه ای که محل سنبه نشان جابه جا نشود.
- ۴ با مته نمره شماره ۸ سوراخی به عمق ۴۵ میلی متر ایجاد کنید.
- ۵ با مته نمره ۱۴ روی همان سوراخ، تا عمق ۳۰ میلی متر سوراخ کنید.
- ۶ با مته نمره ۲۵ روی سوراخ قبلی، تا عمق ۱۵ میلی متر سوراخ کنید.
- ۷ با استفاده از سوهان و سنباده سطح سوراخ شده را تمیزکاری کنید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب های فردی جلوگیری شود.

ساخت قالب های دائمی ریژه به روش ریخته گری

یکی از روش های ساخت قالب های دائم ریژه، استفاده از فرایند ریخته گری است. در این روش، ابتدا از روی مدل قطعه، قالب های واسطه ساخته می شوند و سپس از آنها برای تولید قالب فلزی استفاده می شود. این روش برای ساخت قالب هایی با شکل های پیچیده و ابعاد بزرگ کاربرد دارد.

مراحل ساخت قالب دائم ریژه به روش ریخته گری به شرح زیر است:



شکل ۹

- ۱ ابتدا مدل قطعه از جنس چوب، پلیمر یا فلز ساخته می شود. در ساخت مدل، تمامی ملاحظات قالب سازی از جمله سطح جدایش، مقدار انقباض، شیب خروج و محل سیستم راهگاهی در نظر گرفته می شود. پس از طراحی و اعمال این اصلاحات، مدل ساخته شده و برای تهیه قالب های واسطه مورد استفاده قرار می گیرد (شکل ۹).

- ۲ سپس از هر بخش مدل، یک قالب منفی از موادی مانند گچ، سلیکون یا رزین تهیه کنید. به دلیل در دسترس بودن و هزینه کمتر، قالب های گچی در کارگاه های ریخته گری کاربرد بیشتری دارند.
- ۳ یک چهارچوب چوبی مشابه درجه قالب گیری آماده کنید.
- ۴ نیم مدل را در مرکز صفحه زیر درجه قرار داده و چهارچوب چوبی را روی آن مستقر کنید.
- ۵ سطح مدل و دیواره های داخلی چهارچوب را به روغن یا گریس آغشته کنید تا جداسازی قالب پس از سخت شدن گچ به آسانی انجام شود.
- ۶ برای جلوگیری از نشست دوغاب گچ، اطراف خارجی چهارچوب را با ماسه مرطوب پشت بندی کنید.



شکل ۱۰



شکل ۱۱



شکل ۱۲



شکل ۱۳

۷ دوغاب گچ را با نسبت مناسب آماده کنید. دقت کنید که دوغاب بیش از حد سفت و بیش از حد رقیق نباشد.

۸ دوغاب را به آرامی از یکی از گوشه‌ها وارد قالب کنید تا قالب کامل پر شود. پس از پر شدن قالب، ضربات آرامی به چهارچوب و صفحه زیر درجه وارد کنید تا حباب‌های هوای محبوس شده خارج شوند (شکل ۱۰).

۹ پس از اتمام دوغاب‌ریزی، سطح پشتی قالب را با کارد تسمه صاف و یکنواخت کنید.

۱۰ پس از سخت شدن اولیه گچ، مجموعه را برگردانده و مدل را با دقت و به آرامی لق کنید. سپس مدل را از داخل قالب گچی خارج کنید.

۱۱ سطح مدل را به روغن یا گریس آغشته کرده و دوباره در محل خود قرار دهید.

۱۲ پس از سخت شدن کامل نیمه اول قالب، برای ساخت نیمه دوم قالب در سه گوشه قالب، به کمک قسمت مخروطی ابزار قاشقی، حفره‌های مخروطی ایجاد کنید. این حفره‌ها به عنوان راهنما، موجب هم‌راستایی و جفت شدن دقیق دو نیمه قالب خواهند شد (شکل ۱۱).

۱۳ پس از خشک شدن کامل نیمه اول آن را درون یک درجه قرار داده و با استفاده از ماسه قالب‌گیری، آن را قالب‌گیری کنید.

۱۴ پس از تکمیل قالب‌گیری و برگرداندن مجموعه، بر روی سطح جدایش پودر جدایش بپاشید یا از سلفون و یا گریس استفاده کنید. این کار از چسبیدن دو نیمه قالب گچی به یکدیگر جلوگیری کرده و جداسازی آنها را آسان‌تر می‌کند.

۱۵ نیمه دوم مدل را روی نیمه زیرین قالب قرار داده و سپس چهارچوب چوبی را بر روی آن مستقر کنید (شکل ۱۲).

۱۶ برای ساخت نیمه دوم قالب، مراحل آماده‌سازی دوغاب گچ، دوغاب‌ریزی، هواگیری و خشک شدن قالب را مطابق مراحل انجام‌شده برای نیمه اول تکرار کنید.



شکل ۱۴

۱۷ دو نیم‌قالب گچی را از یکدیگر جدا کرده و پس از خشک شدن کامل آنها، حوضچه بارریز، راهگاه و کانال‌های خروج هوا را بر روی سطح قالب ایجاد کنید. این مجاری باید طوری طراحی شوند که ورود مذاب به حفره قالب و خروج گازها به خوبی انجام شود (شکل‌های ۱۳ و ۱۴).

حوضچه بارریز، راهگاه و کانال‌های خروج هوا باید به صورت قرینه در هر دو نیمه قالب ایجاد شوند؛ به گونه‌ای که پس از جفت شدن دو نیمه قالب، مسیرهای عبور مذاب و خروج هوا کاملاً منطبق باشند.

توجه



اگر کانال‌های خروج هوا به درستی ایجاد نشوند، هوای حبس شده درون قالب، راهی برای خروج نخواهد داشت. از آنجا که قالب‌های گچی نفوذپذیری کمی دارند، این هوا تنها از طریق راهگاه می‌تواند خارج شود که ممکن است، باعث پر نشدن کامل قالب و ایجاد عیوب در قطعه ریخته‌گی شود.

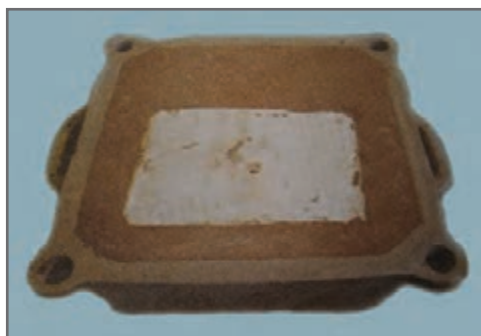
نکته



ساخت قالب ریژه فلزی از قالب گچی

۱ اصلاح دیواره‌های قالب: دیواره‌های دو نیمه قالب گچی را اصلاح کنید تا دارای شیب مناسب برای خارج کردن قالب فلزی باشند.

۲ قالب‌گیری با ماسه: دو نیمه قالب گچی آماده شده را به عنوان مدل در نظر بگیرید و هر نیمه را به طور جداگانه با روش ماسه تر یا CO_2 قالب‌گیری کنید (شکل ۱۵).



شکل ۱۵

در طراحی و اجرای سیستم راهگاهی و تغذیه‌گذاری باید دقت شود تا مذاب به درستی در تمام قسمت‌های قالب جریان پیدا کند و قالب فلزی تولید شده سالم و عاری از عیوب ریخته‌گری باشد.

توجه





شکل ۱۶

۳ ریخته‌گری قالب فلزی: با توجه به جنس قالب، مذاب چدن یا آلومینیوم را آماده کنید. مذاب آماده شده را در داخل قالب بریزید. پس از انجماد کامل، قالب را تخلیه کرده و قطعه ریخته‌گری را خارج کنید (شکل ۱۶).

۴ پرداخت و آماده‌سازی قالب: دو نیمه قالب ریژه تولید شده را در صورت نیاز با سوهان و سنباده پرداخت کاری کنید به‌طوری‌که دو نیمه قالب به‌طور کامل و بدون درز بر روی هم جفت شوند (شکل ۱۷). قالب ریژه آماده شده و می‌توان آن را با مذاب آلیاژ مورد نظر ریخته‌گری کرد.



شکل ۱۷

مزایای ساخت قالب فلزی به روش ریخته‌گری

ساخت قالب‌های دائم فلزی به روش ریخته‌گری، در مقایسه با روش ماشین‌کاری هزینه کمتری دارد. همچنین مواد اولیه موردنیاز برای این روش در دسترس بوده و اجرای آن به تجهیزات پیچیده و گران‌قیمت نیاز ندارد. به همین دلیل، این روش در بسیاری از کارگاه‌های ریخته‌گری مورد استفاده قرار می‌گیرد. با وجود این مزایا، قالب‌های تولیدشده به این روش معمولاً دقت ابعادی کمتری نسبت به قالب‌های ساخته شده با ماشین‌کاری دارند. همچنین انتخاب جنس قالب با محدودیت‌هایی همراه است و نمی‌توان از همه آلیاژها برای ساخت قالب‌های دائمی به این روش استفاده کرد.



ساخت قالب گچی گل نرده

مواد و تجهیزات موردنیاز: مدل گل نرده، درجه، صفحه زیر درجه، ابزار قالب‌گیری، گچ ساختمانی، بشر یک لیتری، روغن‌دان، ترازو، چوب، میخ و چکش، اره، ماسک، دستکش، رنگ اسپری، متر، گریس

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش کار، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱ درجه چوبی را متناسب با ابعاد مدل از تخته سه‌لایی یا MDF بسازید. ارتفاع درجه باید حدود یک سانتی‌متر بیشتر از بلندترین قسمت مدل باشد.
- ۲ سطح داخلی درجه و سطح مدل را به روغن یا گریس آغشته کنید.
- ۳ مدل را در مرکز صفحه زیر درجه قرار دهید و درجه چوبی را روی آن بگذارید.
- ۴ اطراف خارجی درجه را با ماسه قالب‌گیری پشت‌بندی کنید تا از نشت دوغاب گچ جلوگیری شود.
- ۵ دوغاب گچ را در یک ظرف مناسب تهیه کنید.
- ۶ دوغاب را به آرامی از یکی از گوشه‌های درجه وارد کنید تا محفظه قالب به‌طور کامل پر شود.
- ۷ پس از سخت شدن اولیه گچ، قالب را برگردانده و با وارد کردن ضربات آرام، مدل را لق کنید. سپس مدل را با دقت از قالب خارج کنید.
- ۸ پس از سخت شدن کامل نیمه اول قالب، حفره‌های راهنما (پین‌های اتصال) را با استفاده از ابزار قاشقی ایجاد کنید.
- ۹ چهارچوب چوبی نیمه دوم قالب را آماده کرده و روی نیمه اول قرار دهید. سپس اطراف آن را با ماسه قالب‌گیری مرطوب پشت‌بندی کنید تا از نشت دوغاب جلوگیری شود. جداره داخلی چهارچوب، مدل و قسمت فوقانی قالب گچی را به گریس آغشته کنید.
- ۱۰ دوغاب گچ را آماده کرده و درون درجه بریزید تا نیمه دوم قالب تشکیل شود.
- ۱۱ پس از سخت شدن اولیه نیمه دوم قالب، دو نیمه قالب را با دقت از یکدیگر جدا کنید.
- ۱۲ چهارچوب‌های چوبی را باز کرده، مدل را خارج نمایید و حوضچه بارریز، راهگاه و کانال‌های خروج هوا را با استفاده از ابزار قاشقی ایجاد کنید.
- ۱۳ پس از خشک شدن کامل دو نیمه قالب، سطوح آنها را تمیز کرده و در صورت نیاز با رنگ یا پوشش مناسب بپوشانید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



ساخت قالب ریژه فلزی گل نرده از قالب گچی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: دو نیمه قالب گچی گل نرده، صفحه زیر درجه، درجه قالب‌گیری، ابزار قالب‌گیری، شمش چدن یا آلومینیوم، ابزار ذوب ریزی، اره آهن‌بر، سوهان آلومینیوم ساب، ماسه CO_2 ، ماسه تر، ابزار و تجهیزات ذوب‌ریزی

نکات ایمنی و حفاظتی:

استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش نسوز، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار :

- ۱ دو نیمه قالب گچی گل نرده ساخته‌شده در فعالیت کارگاهی ۳ را به‌صورت جداگانه قالب‌گیری کنید؛ به‌گونه‌ای که هر نیمه در یک درجه مستقل قرار گیرد.
- ۲ کوره ذوب را با رعایت نکات ایمنی روشن کرده و شمش آلومینیوم یا چدن را در بوته شارژ کنید.
- ۳ هر یک از قالب‌های آماده‌شده را ذوب‌ریزی کرده و پس از انجماد کامل قالب‌ها را تخلیه نمایید.
- ۴ سیستم راهگاهی و تغذیه را با استفاده از اره آهن‌بر جدا کرده و پلیسه‌ها و زوائد احتمالی را به کمک سوهان برطرف کنید.
- ۵ دو نیمه قالب فلزی تولیدشده را روی یکدیگر جفت کرده و از انطباق کامل سطح جدایش، هم‌راستایی راهگاه‌ها و عدم وجود درز یا عیب در قالب اطمینان حاصل کنید.
- ۶ قالب ریژه فلزی ساخته‌شده را برای بررسی و ارزیابی نهایی به هنرآموز تحویل دهید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

ارزشیابی شایستگی طراحی و ساخت قالب‌های فلزی

نام و نام خانوادگی :			شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۰۷۱۵۲۰	حرفه	متصدیان قالب‌گیری و ریخته‌گری	کد پیمانانه/پودمان	۸۱۲۱۱۲۰۳۳
کد وظیفه شغل	۸۱۲۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	ریخته‌گری در قالب‌های فلزی	سطح صلاحیت	۳
کد کار	۸۱۲۱۱۲۰۳۳۱	کار	طراحی و ساخت قالب‌های فلزی	سطح شایستگی	مهارت/تسلط

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری /نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	ساخت قالب گچی	ابزار: ظرف اختلاط، کاردک یا همزن دستی، پیمانه اندازه‌گیری مواد: پودر گچ قالب‌گیری، آب، ماده جداکننده (گریس یا سلفون) تجهیزات: میز کار، قالب نگهدارنده یا جعبه قالب، دستکش، ماسک گردوغبار، عینک ایمنی زمان: ۳۰ تا ۶۰ دقیقه (به‌همراه زمان گیرش) مکان: کارگاه قالب‌سازی	چکلیست،روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	ساخت دقیق قالب گچی با اختلاط یکنواخت، پرشدگی کامل، سطح صاف و بدون عیب و جداسازی سالم مدل ساخت قابل قبول قالب گچی با کیفیت مناسب و عملکرد قابل استفاده در فرایند ساخت نامناسب قالب گچی همراه با پرشدگی ناقص، سطح ناصاف و عدم قابلیت استفاده	۳	
					۲	
					۱	
۲	ایجاد بین‌های قالب گچی و همسان کردن لنگه‌ها	ابزار: قلم حکاکی، کاردک، خط‌کش و کولیس، سنباده نرم مواد: قالب گچی نیمه‌خشک/خشک، ماده جداکننده، گچ برای ترمیم در صورت نیاز تجهیزات: میز کار، گیره یا بست نگهدارنده لنگه‌ها، دستکش، ماسک گردوغبار، عینک ایمنی زمان: ۳۰ تا ۶۰ دقیقه مکان: کارگاه قالب‌سازی (قالب گچی)	چکلیست،روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	ایجاد دقیق بین‌های قالب گچی و همسان‌سازی کامل لنگه‌ها با انطباق دقیق و اتصال بدون خطا ایجاد قابل قبول بین‌ها و همسان‌سازی لنگه‌ها با عملکرد مناسب و انطباق کلی قابل استفاده ایجاد نامناسب بین‌ها و عدم همسان‌سازی صحیح لنگه‌ها همراه با عدم انطباق و کارکرد نامطلوب قالب	۳	
					۲	
					۱	
۳	تبدیل قالب گچی به قالب فلزی	ابزار: خط‌کش مهندسی، کولیس، ابزار علامت‌گذاری، سوهان، دریل مواد: قالب گچی اولیه، فلز (آلومینیوم یا فولاد)، روان‌کار یا ماده جداکننده تجهیزات: دستگاه فرز یا تراش (در صورت نیاز)، میز کار، گیره، عینک ایمنی، دستکش، سیستم تهویه زمان: ۹۰ تا ۱۸۰ دقیقه مکان: کارگاه قالب‌سازی	چکلیست،روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	تبدیل دقیق قالب گچی به قالب فلزی با حفظ کامل ابعاد، جزئیات و کیفیت سطح مطابق استاندارد تبدیل قابل قبول قالب گچی به فلزی با حفظ کلی ابعاد و عملکرد مناسب تبدیل نامناسب قالب گچی به فلزی همراه با خطاهای ابعادی و کاهش کیفیت قالب	۳	
					۲	
					۱	
۴	ساخت قالب ریزه به‌روش ماشین‌کاری	ابزار: کولیس و میکرومتر، مارکر/قلم علامت‌گذاری، سوهان پرداخت لبه‌ها مواد: بلوک فولادی، روان‌کار برش، خمیر نشانه‌گذاری، فرز دستی تجهیزات: فرز دستی، دستگاه تراش (در صورت نیاز)، سنگ‌زنی تخت یا درونی (در صورت نیاز)، گیره ماشین‌کاری، گونیا و میز صفحه، عینک ایمنی، دستکش کار، مته، دریل ستونی، گیره زمان: ۱۸۰ تا ۳۶۰ دقیقه (بسته به پیچیدگی قالب) مکان: کارگاه ماشین‌کاری / ابزارسازی/مدل‌سازی	چکلیست،روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	ساخت دقیق قالب ریزه با ماشین‌کاری اصولی، رعایت کامل ابعاد، تولرانس‌ها و کیفیت سطح استاندارد ساخت قابل قبول قالب ریزه با دقت مناسب و عملکرد قابل استفاده در فرایند تولید ساخت نامناسب قالب ریزه همراه با خطاهای ابعادی و کیفیت سطح نامطلوب	۳	
					۲	
					۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:						
شایستگی‌های غیرفنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار						
ایمنی: کفش ایمنی، کلاه ایمنی، لباس کار						
توجهات زیست‌محیطی: استفاده از سیستم‌های تهویه، جداسازی و تفکیک زباله‌ها، رعایت نظافت محیط کار						
نگرش: علاقه به کار، دقت بالا، نظم						
			رعایت بندهای ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه‌ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست‌محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در تمام مراحل کار	۲	
			عدم رعایت موارد ۱ الی ۴	عدم رعایت اصول ایمنی و استفاده ناقص از تجهیزات فردی، ضعف در نگرش حرفه‌ای شامل بی‌دقتی و بی‌نظمی، بی‌توجهی به الزامات زیست‌محیطی مانند تهویه و نظافت و عدم پایبندی به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در انجام فعالیت‌ها	۱	

☐ بلی

☐ خبر

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)

توضیحات:

معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۱ و ۴ (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۴ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲: آماده‌سازی و ریخته‌گری در قالب‌های فلزی

مقدمه

در واحد یادگیری اول با اصول طراحی و ساخت قالب‌های دائمی فلزی آشنا شدید. قالب‌های ریژه به دلیل سرعت تولید بالا، کیفیت سطحی مناسب، دقت ابعادی بیشتر و قابلیت مکانیزه شدن، در بسیاری از صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این‌رو، آشنایی با اصول و مراحل ریخته‌گری در این قالب‌ها برای تولید قطعاتی با کیفیت مطلوب ضروری است. در این واحد یادگیری، مراحل آماده‌سازی قالب ریژه، فرایند ذوب‌ریزی، انجماد و خروج قطعه از قالب بررسی می‌شود. همچنین عوامل مؤثر بر کیفیت قطعات و روش‌های افزایش عمر قالب‌های فلزی معرفی می‌شود تا بتوان با انتخاب روش مناسب، کیفیت قطعات ریخته‌گری را بهبود داد.

استاندارد عملکرد

اجرای صحیح مراحل آماده‌سازی و ریخته‌گری در قالب فلزی با رعایت استاندارد

آماده‌سازی قالب‌های فلزی ریژه

قبل از هر بار ذوب‌ریزی قالب‌های فلزی ریژه نیاز به آماده‌سازی مجدد دارند. آماده‌سازی قالب علاوه بر افزایش کیفیت قطعات تولیدی، موجب افزایش عمر قالب و کاهش عیوب ریخته‌گری می‌شود. مهم‌ترین مراحل اصلی آماده‌سازی قالب‌های ریژه شامل تمیزکاری، پیش‌گرم کردن و پوشش‌دهی است که هر یک از این مراحل بر کیفیت قطعه، عمر قالب و کاهش عیوب ریخته‌گری تأثیر مستقیم دارند.

تمیزکاری قالب ریژه

تمیزکاری یکی از مهم‌ترین مراحل آماده‌سازی قالب‌های فلزی ریژه است. در این مرحله، سطح قالب از هرگونه آلودگی باقی‌مانده از چرخه‌های قبلی ریخته‌گری، مانند بقایای پوشان، اکسیدها، گردوغبار و چسبیدگی‌های سطحی پاک می‌شود.

روش‌های تمیزکاری قالب‌های فلزی را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد:

(الف) روش‌های دستی: در این روش‌ها از ابزارهایی مانند فرچه‌های سیمی، پدهای سایشی، سنگ‌ها و سنباده‌هایی با درجات زبری مختلف استفاده می‌شود. همچنین برای حذف آلودگی‌های روغنی می‌توان قالب را در محلول‌های شوینده شست‌وشو داد.



شکل ۱۸- ابزارهای تمیزکاری دستی قالب‌های فلزی ریژه

(ب) روش‌های ماشینی: در واحدهای صنعتی برای تمیزکاری سریع‌تر و یکنواخت‌تر از روش‌هایی مانند سندبلاست (پاشش ماسه)، شات‌بلاست (پاشش ساچمه فلزی) و برس‌های مکانیکی استفاده می‌شود. این روش‌ها امکان حذف آلودگی‌ها و اکسیدهای سطحی را با دقت و سرعت بیشتری فراهم می‌کنند.

شکل ۱۸ نمونه‌ای از ابزارهای مورد استفاده برای تمیزکاری دستی قالب‌های فلزی ریژه را نشان می‌دهد.

آیا بلافاصله پس از تمیزکاری می‌توان قالب را مورد استفاده قرار داد و مذاب را درون قالبی که پیش‌گرم نشده است ریخت؟

پرسش کلاسی



پیش‌گرم کردن

پیش‌گرم کردن یکی از مهم‌ترین مراحل آماده‌سازی قالب‌های فلزی ریژه است و نقش مؤثری در کیفیت قطعات ریخته‌گی و افزایش عمر قالب دارد. مهم‌ترین دلایل پیش‌گرم کردن قالب عبارتند از حذف رطوبت از سطح داخلی قالب، کاهش شوک حرارتی ناشی از اختلاف دمای بین مذاب و قالب و اطمینان از پر شدن کامل محفظه قالب به‌ویژه در نواحی نازک و باریک.



وجود رطوبت در قالب‌های فلزی می‌تواند هنگام ریخته‌گری خطرساز باشد. هنگامی که مذاب با نواحی مرطوب تماس پیدا می‌کند، رطوبت موجود به سرعت به بخار آب تبدیل شده و حجم آن به شدت افزایش می‌یابد. از آنجا که قالب‌های فلزی نفوذپذیری بسیار کمی دارند، گاز تولیدشده راهی برای خروج نداشته و ممکن است موجب پاشش مذاب، ایجاد عیوب ریخته‌گری و حتی بروز حوادث کارگاهی شود.

از سوی دیگر، فلزات در اثر گرم شدن منبسط و در اثر سرد شدن منقبض می‌شوند. اگر قالب بدون پیش‌گرم کردن مناسب در تماس با فلز مذاب قرار گیرد، به دلیل اختلاف دمای زیاد بین قالب و مذاب، تنش‌های حرارتی شدیدی در قالب ایجاد می‌شود. تکرار این تنش‌ها می‌تواند موجب ایجاد ترک‌های حرارتی و کاهش عمر قالب شود.

پیش‌گرم کردن قالب باعث بهبود جریان فلز مذاب در حفره قالب و پرشدن کامل آن می‌شود. در قالب‌های سرد، نواحی نازک به سرعت مذاب را منجمد کرده و ممکن است از ادامه جریان آن جلوگیری کنند. در نتیجه، قطعه به‌طور کامل شکل نگرفته و عیوبی مانند پر نشدن قالب ایجاد می‌شود. به همین دلیل معمولاً برای قطعات نازک از دماهای پیش‌گرم بالاتر و برای قطعات ضخیم از دماهای پایین‌تر استفاده می‌شود. دمای پیش‌گرم قالب به عواملی مانند دما و وزن مذاب، سرعت ریخته‌گری و ابعاد محفظه قالب بستگی دارد. جدول ۲ محدوده دمای پیشنهادی پیش‌گرم قالب‌های فلزی برای ریخته‌گری آلیاژهای مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۲- محدوده دمای پیش‌گرم قالب‌های دائمی مختلف

جنس مذاب ریخته‌گی	محدوده دمای پیش‌گرم قالب (°C)
آلیاژهای قلع	۷۰-۱۲۰
آلیاژهای سرب	۸۰-۱۶۰
آلیاژهای روی	۱۸۰-۲۲۰
آلیاژهای منیزیم	۲۶۰-۲۹۰
آلیاژهای آلومینیوم	۲۵۰-۳۱۰
آلیاژهای مس	۲۸۰-۳۵۰

برای پیش‌گرم کردن قالب‌های فلزی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که در میان آنها مشعل‌های گازی به دلیل سادگی، هزینه کم و سهولت استفاده، کاربرد بیشتری دارند (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- پیش‌گرم کردن قالب‌های فلزی ریژه با مشعل گازی دستی

جدول ۳ عملکرد قالب‌های فلزی در ریخته‌گری آلیاژهای مختلف را از نظر تعداد قطعات قابل تولید و عمر قالب مقایسه می‌کند.

جدول ۳- مقایسه عمر قالب‌های فلزی در ریخته‌گری آلیاژهای مختلف

عمر قالب			نوع آلیاژ
ریخته‌گری ریژه با قالب دائمی از جنس چدن	ریخته‌گری تحت فشار کم با قالب از جنس چدن	ریخته‌گری تحت فشار زیاد با قالب فولادی	
عالی	عالی	عالی	روی
عالی	عالی	عالی	منیزیم
رضایت‌بخش	رضایت‌بخش	قابل تحمل	آلومینیوم
قابل تحمل	قابل تحمل	به ندرت	مس
قابل تحمل	به ندرت	----	چدن

پوشش دهی قالب

فلز مذاب، به‌ویژه در دماهای بالا، هنگام برخورد با دیواره قالب می‌تواند موجب سایش، خوردگی یا تخریب سطح قالب شود.

پوشش‌های مورد استفاده در قالب‌های دائمی، به دلیل خاصیت عایق حرارتی، از انتقال سریع حرارت بین فلز مذاب و قالب جلوگیری کرده و احتمال ایجاد شوک حرارتی را کاهش می‌دهند.

به‌طور کلی، اهداف اصلی به کارگیری پوشش‌های قالب عبارت‌اند از:

(الف) کاهش شوک‌های حرارتی: به حداقل رساندن تنش‌های حرارتی در قالب.

(ب) جلوگیری از چسبندگی: پیشگیری از جوش خوردن یا چسبیدن فلز مذاب به سطح قالب.

(ج) تنظیم نرخ انجماد: جلوگیری از انجماد ناگهانی و زودرس فلز مذاب.

(د) کنترل نحوه انجماد: مدیریت سرعت و جهت انجماد به منظور تضمین سلامت و کیفیت نهایی قطعه.

انواع مواد پوششی در قالب ریژه

مواد پوششی مورد استفاده در قالب‌های فلزی ریژه به‌طور کلی در دو گروه اصلی دسته‌بندی می‌شوند:

۱ پوشش‌های عایق: برای مدیریت انتقال حرارت.

۲ پوشش‌های روان‌کار: برای تسهیل حرکت و جدایش قطعه.

مواد پوششی معمولاً از چهار جزء اصلی تشکیل می‌شوند:

۱ جزء پودری نسوز

۲ جزء چسبی (چسباننده)

۳ جزء حامل (آب، الکل یا روغن)

۴ مواد افزودنی



در بسیاری از فرایندها، استفاده از ترکیبی از هر دو نوع پوشش رایج است.

محافظت حرارتی و روانکاری بر عهده جزء نسوز پوشش‌ها است. جزء چسبی وظیفه چسباندن ذرات محلول در پوشش به سطح قالب را داشته و جزء حامل نیز سیالیت مناسب را به محلول برای توزیع بهتر بر سطح قالب ایجاد می‌کند. مواد افزودنی نیز در صورت نیاز برای بهبود ویژگی‌های خاص پوشش به صورت انتخابی استفاده می‌شوند. برای نمونه، یک پوشش عایق می‌تواند از یک قسمت وزنی سیلیکات سدیم، دو قسمت وزنی کائولن کلئیدی و مقدار مناسبی آب تشکیل شود. همچنین، یک پوشش روانکار مناسب نیز معمولاً حاوی گرافیت در مقدار کافی از جزء حامل است.

در جدول ۴ پانزده ترکیب مناسب از مواد پوششی نشان داده شده است. به دلیل هدف‌های مختلف در پوشش یک قالب معمولاً از ترکیب چند ماده پوششی استفاده می‌شود و در برخی موارد هر قسمت قالب را می‌توان توسط یک نوع ماده پوششی، پوشش داد.

جدول ۴- ترکیب پوشش‌های مورد استفاده در قالب‌های ریژه

درصد ترکیب وزنی (درصدهای باقیمانده مربوط به جزء حامل است)									
شماره پوشش	عایق‌ها				روانکارها				بوریس اسید
	سدیم سیلیکات	گل گیوه (هونتیت)	گل آتش‌خوار	اکسید فلزی	پودر سیلیس	سنگ صابون نما	پودر تالک	میکا	گرافیت
۱	۲		۴						۱
۲	۸		۴						
۳		۷							۷
۴	۱۲	۹							
۵	۵	۱۱		۲			۵		
۶	۹		۴			۱۴			
۷	۱۱			۱۷					
۸			۴			۲۳		۵	
۹	۷		۱			۲۳		۲	
۱۰	۲۳						۲۰		
۱۱	۳۰				۵		۱۰		
۱۲	۱۸				۴۱				
۱۳	۸			۶۰					
۱۴	۷						۶۲		
۱۵	۲۰	۵۳							

مراحل ساخت یک نوع پوشش روان کننده برای ریخته‌گری آلیاژهای آلومینیوم

یک مخلوط پوششی مناسب برای ریخته‌گری مذاب آلومینیوم در قالب فلزی (چدنی) را می‌توان با اجزای ساده و در دسترس کارگاهی تهیه نمود. به این منظور می‌توان از مراحل زیر پیروی کرد تا مخلوط پوششی را فراهم نمود. این مراحل به ترتیب عبارت‌اند از:

- ۱ یک بشر یا ظرف مدرج تهیه کرده و مقدار ۱۰۰ سی‌سی (حدود ۱۰۰ گرم) آب و یا الکل به آن اضافه کنید.
 - ۲ بین ۱۰ تا ۱۵ گرم پودر زغال به آب اضافه کنید.
 - ۳ بین ۵ تا ۱۰ گرم بنتونیت به مخلوط اضافه کنید.
- مخلوط را با استفاده از همزن دستی یا مکانیکی به خوبی هم بزنید تا ترکیبی یکنواخت حاصل شود.



شکل ۲۰- سوسپانسیون پوشان آماده شده حاوی پودر زغال، بنتونیت و الکل

وجود بازه درصدی برای پودر زغال و بنتونیت، به تفاوت در روش اعمال پوشش بستگی دارد. هنگام اعمال پوشش با قلم‌مو، می‌توان از مخلوط‌های با غلظت بیشتر استفاده کرد. در مقابل، به هنگام استفاده از پیستوله و دستگاه باد برای پاشش، مخلوط با غلظت کمتری استفاده می‌شود.

نکته



ساخت مخلوط پوشان روان کننده ساده

مواد و تجهیزات مورد نیاز: بشر مدرج، آب یا الکل، پودر سیلیس، پودر تالک، سدیم سیلیکات، ابزار همزن، عینک و دستکش ایمنی

نکات ایمنی و حفاظتی : استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش مقاوم در برابر مواد شیمیایی، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار :

- ۱ یک بشر مدرج تهیه کرده و ۱۰۰ سی‌سی آب یا الکل به آن اضافه کنید.
- ۲ سپس مقدار ۱۰ تا ۱۵ درصد وزنی ، پودر زغال به آن اضافه کنید.
- ۳ در مرحله بعد، ۵ تا ۱۰ درصد وزنی بنتونیت را به مخلوط اضافه کنید.
- ۴ مخلوط را با استفاده از همزن دستی یا مکانیکی به خوبی هم بزنید تا ترکیب یکنواخت حاصل شود.
- ۵ برای تهیه پوشان شماره ۱۰ جدول ۴ نیز می‌توان همین مراحل را با استفاده از مخلوط سیلیکات سدیم و پودر تالک به عنوان روان کننده انجام داد.

نکته :

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.

- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

فعالیت کارگاهی
۵





ساخت مخلوط پوشان عایق

مواد و تجهیزات مورد نیاز: بشر مدرج، آب یا الکل، پودر سیلیس، سدیم سیلیکات، ابزار همزن، عینک و دستکش ایمنی

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش کار، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

مطابق با جدول ۴ مخلوط پوشان شماره ۱۲ را آماده کنید.

۱) ابتدا یک بشر ۱۰۰ سی سی یا ظرف مدرج تهیه کنید.

۲) ۵۹ میلی لیتر آب یا الکل با توجه به نظر هنرآموز درون بشر بریزید.

۳) ۴۱ گرم پودر سیلیس را به مخلوط آب یا الکل اضافه کنید.

۳) در نهایت ۱۸ گرم سدیم سیلیکات را به مخلوط آب یا الکل و پودر سیلیس اضافه کنید.

۴) مخلوط را با استفاده از همزن دستی یا مکانیکی به خوبی هم بزنید تا یک ترکیب یکنواخت حاصل شود.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.

- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.

مشخصه‌ها و ویژگی‌های عمومی پوشش‌های تولید شده برای قالب‌های ریژه

به منظور افزایش کارایی مخلوط پوشان تهیه شده، حفظ سلامت و ایمنی اپراتور و قالب، در تهیه مخلوط پوشش مشخصه‌های زیر باید رعایت گردد:

(الف) مواد مورد استفاده در تهیه پوشش سمی نبوده و به هنگام اعمال، بخار بدبو یا سمی تولید نکند.

(ب) جزء حامل مورد استفاده باید قابلیت معلق نگه داشتن ذرات، چسب و مواد افزودنی را داشته باشد. به گونه‌ای که در صورت ته نشینی ذرات، با به هم زدن مخلوط، مواد معلق شده و توزیع یکنواختی از پوشش را بتوان در طول فرایند پوشش‌دهی در اختیار داشت.

(ج) چگالی و سیالیت مخلوط تهیه شده باید مناسب با روش اعمال پوشش انتخاب شود.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مخلوط پوشش نیز باید به بهبود عملکرد آن کمک کند. این ویژگی‌ها عبارتند از:

(الف) مواد تشکیل دهنده پوشش باید از نظر شیمیایی نسبت به فلز قالب خنثی بوده و موجب اکسید شدن یا خوردگی سطح قالب نشوند.

(ب) مخلوط باید به راحتی به سطح قالب چسبیده و پس از چرخه ریخته‌گری نیز به سادگی از سطح آن جدا شود.

(ج) مخلوط پوشش هنگام تماس با مذاب، گازهای سمی یا زیان‌آور تولید نکند.

روش‌های پوشش‌دهی قالب‌های ریژه

روش‌های متداول پوشش‌دهی قالب‌های ریژه عبارت‌اند از:

- ۱ اسپری کردن
- ۲ غوطه‌ورسازی
- ۳ پوشش‌دهی با استفاده از برس



شکل ۲۱- روش‌های متداول پوشش‌دهی قالب ریژه

پیش از انجام فرایند پوشش‌دهی، سطح قالب باید کاملاً از هرگونه آلودگی، چربی، روغن، بقایای ریخته‌گری، پوشش‌های قبلی و مواد خارجی پاک شود. وجود این آلودگی‌ها مانع از چسبندگی مناسب پوشش به سطح قالب شده و عملکرد پوشش را کاهش می‌دهد. بنابراین، تمیزکاری یکی از مراحل ضروری و بسیار مهم پیش از پوشش‌دهی به‌شمار می‌آید.

پس از انجام تمیزکاری، سطح قالب باید تا دمای مناسبی، معمولاً حدود ۲۵۰ درجه سلسیوس، گرم شود تا رطوبت موجود در روی سطح قالب تبخیر شود. گرم بودن سطح قالب باعث می‌شود مخلوط پوشش پس از اعمال، به‌سرعت به سطح قالب بچسبد و ماده حامل آن (معمولاً آب یا حلال) تبخیر می‌شود. این امر موجب تشکیل لایه‌ای یکنواخت، پایدار و با چسبندگی مناسب بر روی سطح قالب خواهد شد.

عمر مواد پوششی

پوشش‌های قالب‌های فلزی تنها برای تعداد محدودی از سیکل‌های ریخته‌گری قابل استفاده هستند. به تعداد سیکل‌های ریخته‌گری که در طی آن پوشش اعمال شده بدون آسیب‌دیدگی و بدون نیاز به تجدید، عملکرد مطلوب خود را حفظ کند، «عمر پوشش» گفته می‌شود.

عوامل متعددی بر عمر پوشش تأثیرگذار هستند که از مهم‌ترین آنها می‌توان به دمای فلز مذاب، حجم و پیچیدگی قطعه و قالب و سرعت بارریزی اشاره کرد. علاوه بر این، عوامل اجرایی و اپراتوری نظیر روش اعمال پوشش، نحوه تمیزکاری سطح قالب و روش پیش‌گرم کردن قالب نیز نقش مهمی در افزایش یا کاهش طول عمر پوشش دارند.

در بسیاری از فرایندهای ریخته‌گری، پوشش به‌صورت چندلایه روی قالب اعمال می‌شود. هریک از این لایه‌ها عمر مفید متفاوتی دارند؛ به‌طوری‌که برخی از لایه‌های زیرین ممکن است تنها پس از چند روز کاری نیاز به تجدید داشته باشند. در حالی‌که برخی از لایه‌های سطحی یا خارجی در ابتدای هر شیفت کاری یا پس از هر چرخه تولید دوباره اعمال می‌شوند.

به منظور حذف پوشش‌های فرسوده و آماده‌سازی سطح قالب برای اعمال پوشش جدید، عملیات تمیزکاری با استفاده از فرایند سندبلاست بر روی سطوح داخلی قالب انجام می‌شود.

■ مخلوط‌های پوششی مناسب آلیاژهای مختلف

به دلیل تفاوت در خواص فیزیکی، شیمیایی و رفتار انجمادی آلیاژهای گوناگون، لازم است برای هر آلیاژ از پوشش مناسبی در قالب‌های فلزی استفاده شود. انتخاب صحیح ماده پوششی نقش مهمی در کیفیت سطح قطعه، سهولت جدایش قطعه از قالب، کنترل نرخ انتقال حرارت و افزایش عمر قالب دارد. از این رو، ترکیب و نوع پوشش مورد استفاده باید متناسب با ویژگی‌های هر آلیاژ انتخاب شود. جدول ۵ شرح مختصری از پوشش‌های مناسب قالب‌های ریژه برای ریخته‌گری آلیاژهای مختلف فلزی را ارائه می‌کند.

جدول ۵- پوشش‌های مناسب برخی از آلیاژهای فلزی مورد استفاده در قالب‌های دائمی

ردیف	آلیاژ	نوع پوشش	توضیحات
۱	آلیاژهای روی	دو گروه: ۱- محلول‌های مخصوص: ترکیبات اصلی الکل‌های معدنی و روغن یا نفت و روغن همراه با گرافیت ۲- ترکیبات قابل حل در آب: شامل گرافیت کلونیدی یا سیلیس‌های معلق	محلول‌های مخصوص در جداسازی قطعه از قالب مؤثرند، ولی در سردسازی تأثیر ندارند. محلول‌های قابل حل در آب می‌توانند نقش مؤثری در سردسازی قالب داشته باشند.
۲	آلیاژهای آلومینیوم	چهار نوع پوشش مناسب تحت فشار: - ترکیبات ماده رنگی - گرافیت کلونیدی در روغن - گریس گرافیتی - ترکیبات محلول در آب	ترکیبات ماده رنگی شامل رنگ‌دانه همراه با روغن که نقطه ذوب بالایی داشته و در سطح قطعه نفوذ نمی‌کند. گریس گرافیتی برای قالب‌هایی که باید تا درجه حرارت نرمال سرد شوند بسیار مناسب است و نقش روانکاری نیز دارند. گرافیت‌های کلونیدی در روغن در مواردی که محدوده درجه حرارت قالب از نرمال تا حرارت‌های بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد، اسپری‌های قابل حل در آب از ترکیبات گرافیت‌های کلونیدی یا سیلیس معلق تشکیل می‌شوند و وظیفه سردسازی قالب دارند.
۳	آلیاژهای منیزیم	نیاز کمی به پوشش دارند. اغلب اوقات مواد پوششی مورد نیاز نیست.	بیشترین عیب در تولید این آلیاژها، در اثر استفاده زیاد از مواد پوششی به وجود می‌آید.
۴	آلیاژهای مس	مواد پوششی مشابه با پوشش‌های آلومینیوم	---



پوشان‌دهی قالب فلزی با پوشش عایق

یک قالب فلزی را انتخاب کرده و سطح داخلی آن را با پوششی که در فعالیت ۶ آماده کردید، پوشش دهید. **مواد و تجهیزات مورد نیاز:** قالب ریژه، سوهان، سنباده، فرچه سیمی، پارچه تنظیف، مخلوط پوشش، مشعل، پیستوله یا افشانه، فرچه مویی ظریف، تجهیزات حرارتی **نکات ایمنی و حفاظتی:** استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش کار، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گرد و غبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار :

- ۱ یک نمونه قالب ریژه (ساده، کشویی یا کتابی) را انتخاب کنید.
- ۲ سطح داخلی قالب را از هرگونه آلودگی، از جمله بقایای پوشش قبلی، گرد و غبار، چربی و روغن پاک کنید.
- ۳ در صورت وجود ضایعات فلزی، مانند چسبیدگی‌های مذاب بر روی سطوح داخلی قالب، آنها را با استفاده از ابزارهای تمیزکاری نظیر فرچه سیمی، سوهان یا سنباده برطرف کنید. در صورت امکان، برای تمیزکاری کامل‌تر از فرایند سندبلاست استفاده کنید.
- ۴ پوشش تهیه‌شده در فعالیت کارگاهی ۶ را آماده کنید.
- ۵ قالب فلزی را تا دمای حدود ۲۵۰ درجه سلسیوس پیش گرم کنید؛ به گونه‌ای که پس از اعمال پوشش، حامل آن یعنی آب یا الکل به سرعت تبخیر شود.
- ۶ محلول پوششی را با استفاده از افشانه (پیستوله) یا فرچه مویی ظریف، در چند مرحله بر روی سطوح داخلی قالب اعمال کنید تا پوششی یکنواخت و مناسب ایجاد شود.

نکته :

– پس از پایان کار، محیط کارگاه، ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده را به‌طور کامل تمیز کنید. همچنین در طول انجام فعالیت، از ابزارها و تجهیزات به‌درستی استفاده کنید تا از بروز آسیب‌های احتمالی جلوگیری شود.

نکات ایمنی



- ۱ لایه پوشش را به‌صورت یکنواخت و صاف بر روی سطح قالب اعمال کنید. در صورت نیاز، می‌توان در نواحی راهگاه و تغذیه از پوشش ضخیم‌تری استفاده کرد. افزایش ضخامت پوشش در این قسمت‌ها باعث کاهش انتقال حرارت و کندتر شدن انجماد مذاب می‌شود.
- ۲ هنگام آماده‌سازی و اعمال پوشش، از تجهیزات حفاظت فردی، شامل دستکش و ماسک تنفسی مناسب استفاده کنید.

پرسش کلاسی



در ریخته‌گری قالب‌های فلزی، چرا بستن صحیح و جفت کردن دقیق نیمه‌های قالب از اهمیت بالایی برخوردار است؟

بستن قالب‌های ریژه

برای جلوگیری از باز شدن نیمه‌های قالب در هنگام ذوب‌ریزی و تحت اثر فشار هیدرواستاتیکی مذاب، از تجهیزات ویژه‌ای برای محکم نگه‌داشتن قالب استفاده می‌شود. یکی از رایج‌ترین تجهیزات نگهدارنده در قالب‌های ریژه، بست‌های رکابی هستند. این بست‌ها در مراحل پیش‌گرم کردن قالب و ذوب‌ریزی و انجماد اولیه، نیمه‌های قالب را به‌طور محکم در کنار یکدیگر حفظ می‌کنند. پس از انجماد کامل مذاب و رسیدن قطعه به دمای مناسب برای خروج از قالب، با باز کردن بست‌ها می‌توان دو نیمه قالب را از یکدیگر جدا کرد (شکل ۲۲).



شکل ۲۲- استفاده از گیره برای بستن و هم‌راستا کردن دو نیمه قالب ریژه

در قالب‌های فلزی کشویی، نیمه‌های قالب بر روی میل‌های راهنما نصب می‌شوند. این ستون‌ها ضمن حفظ هم‌راستایی و جفت‌شدگی دقیق نیمه‌های قالب، باز و بسته کردن قالب را آسان‌تر کرده و کار با قالب‌های بزرگ و سنگین را ساده‌تر می‌کنند.

در قالب‌های فلزی کتابی، دو نیمه قالب به‌وسیله یک یا چند لولای مقاوم به یکدیگر متصل می‌شوند. این لولاها باز و بسته کردن قالب را آسان‌تر کرده و زمان آماده‌سازی قالب را کاهش داده و بهره‌وری تولید را افزایش می‌دهند. از آنجا که ظرفیت تحمل نیروهای ناشی از وزن قالب و فشار فلز مذاب در اتصال لولایی محدود است، قالب‌های کتابی معمولاً برای تولید قطعات کوچک، تخت و نسبتاً نازک به کار می‌روند.

در قالب‌های فلزی بزرگ، از مکانیزم‌های مکانیکی یا هیدرومکانیکی برای باز و بسته کردن قالب استفاده می‌شود. در این قالب‌ها، یکی از نیمه‌های قالب ثابت و نیمه دیگر متحرک است. جابه‌جایی نیمه‌متحرک معمولاً به وسیله یک مکانیزم پیچ و مهره یا میله محور انجام می‌شود. همچنین، برای حفظ اتصال و جلوگیری از باز شدن قالب در هنگام ذوب‌ریزی، از بست‌های قفل‌کننده جانبی استفاده می‌شود.



برخی از قالب‌های ریژه پس از چندین چرخه ریخته‌گری دچار سایش می‌شوند؛ در نتیجه نیمه‌های قالب دیگر به درستی بر روی یکدیگر منطبق نمی‌شوند. در محل جدایش دو نیمه قالب شکاف‌هایی ایجاد می‌شود که می‌تواند موجب نشت فلز شود. برای جلوگیری از خروج مذاب، می‌توان از مخلوط ماسه تر جهت پوشاندن این شکاف‌ها در قسمت بیرونی قالب استفاده کرد. این مخلوط با آب‌بندی درزهای خارجی قالب به حفظ ایمنی و کیفیت فرایند ریخته‌گری کمک می‌کند.



پیش از انجام ذوب‌ریزی، باید از خشک بودن کامل ماسه مورد استفاده اطمینان حاصل شود. وجود رطوبت در مجاورت فلز مذاب موجب تبخیر سریع آب، افزایش حجم بخار و در نتیجه پاشش مذاب و ایجاد خطرات ایمنی خواهد شد.



ذوب‌ریزی در قالب ریژه

قالب فلزی که در فعالیت کارگاهی ۷ پوشش داده‌اید را ریخته‌گری کنید.
مواد و تجهیزات مورد نیاز: نیمه قالب ریژه، محلول پوشان، ابزار پوشش‌دهی، کوره، شمش آلومینیوم، تجهیزات ذوب‌ریزی، لباس و دستکش ایمنی ذوب‌ریزی
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش کار، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.
مراحل انجام کار:

- ۱ قالب فلزی پوشش داده شده در فعالیت کارگاهی ۷ را انتخاب کنید.
- ۲ دو نیمه قالب را با استفاده از بست‌های رکابی به یکدیگر متصل کنید و از انطباق دقیق سطح جدایش قالب اطمینان حاصل کنید.
- ۳ قالب را متناسب با نوع آلیاژ مورد استفاده و براساس مقادیر ارائه شده در جدول ۲ پیش‌گرم کنید.
- ۴ عملیات لازم برای آماده‌سازی و کنترل کیفیت مذاب را انجام دهید.
- ۵ پس از اطمینان از خشک بودن کامل قالب و رسیدن آن به دمای پیش‌گرم مناسب، عملیات ذوب‌ریزی را با رعایت نکات ایمنی و تحت نظارت هنرآموز یا استادکار انجام دهید.
- ۶ قطعه تولیدشده در قالب فلزی را با قطعاتی که پیش‌تر در قالب‌های ماسه‌ای ریخته‌گری کرده‌اید مقایسه کنید. در این مقایسه، مواردی مانند کیفیت سطح، دقت ابعادی و میزان جزئیات ایجاد شده بر روی سطح قطعه را بررسی کنید. همچنین سرعت آماده‌سازی قالب و نرخ انجماد قطعه را در دو روش ریخته‌گری مقایسه کرده و نتایج حاصل را در قالب گزارش به هنرآموز خود ارائه دهید.

نکته:

- هنگام باز و بسته کردن قالب‌های فلزی از دستکش نسوز و کفش ایمنی استفاده کنید.
- هرگز به تنهایی قالب‌های سنگین فلزی را جابه‌جا نکنید.
- به هنگام بستن قالب‌های ریژه، از جفت شدن دونیمه قالب اطمینان حاصل کنید. در صورتی که قالب ریژه مورد استفاده مستهلک بوده و دو نیمه به صورت کامل جفت نمی‌شوند، قالب جهت اصلاح و ترمیم به بخش ماشین‌کاری ارسال شود.

ارزشیابی شایستگی آماده‌سازی و ریخته‌گری در قالب‌های فلزی

نام و نام خانوادگی :		شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۰۷۱۵۲۰	حرفه	متصدیان قالب‌گیری و ریخته‌گری	کد پیمان/پودمان	۸۱۲۱۱۲۰۳۳
کد وظیفه شغل	۸۱۲۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	ریخته‌گری در قالب‌های فلزی	سطح صلاحیت	۳
کد کار	۸۱۲۱۱۲۰۳۳۲	کار	آماده‌سازی و ریخته‌گری در قالب‌های فلزی	سطح شایستگی	مهارت/ تسلط

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	تمیزکاری قالب	ابزار: برس سیمی نرم، برس پلاستیکی، کاردک فلزی/پلاستیکی، سوهان نرم، دمنده دستی مواد: محلول شوینده و پارچه بدون پرز تجهیزات: کمپرسور هوا با نازل مناسب، میز کار زمان: ۳۰ تا ۹۰ دقیقه برای هر قالب مکان: کارگاه قالب‌سازی / ریخته‌گری (آماده‌سازی قالب)	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	تمیزکاری کامل قالب با حذف دقیق آلودگی‌ها و آماده‌سازی سطح برای عملیات بعدی بدون آسیب به قالب	۳	
				تمیزکاری قابل قبول قالب با حذف آلودگی‌های اصلی و آماده بودن نسبی برای استفاده	۲	
				تمیزکاری نامناسب قالب همراه با باقی‌ماندن آلودگی و کاهش کیفیت عملکرد قالب	۱	
۲	پیش‌گرم کردن قالب	ابزار: دماسنج (مادون قرمز یا ترموکوپل)، انبر یا گیره جابه‌جایی تجهیزات: گیره، دستکش نسوز، مشعل گازی، پایه نسوز نظهدارنده قالب زمان: ۲۰ تا ۶۰ دقیقه مکان: کارگاه ریخته‌گری / بخش آماده‌سازی قالب	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	پیش‌گرم کردن یکنواخت و کنترل‌شده قالب تا دمای استاندارد بدون ایجاد تنش یا آسیب	۳	
				پیش‌گرم کردن قابل قبول قالب با رسیدن به دمای کاری مناسب و عملکرد قابل استفاده	۲	
				پیش‌گرم کردن نامناسب قالب همراه با دمای غیرکنترل‌شده و تأثیر منفی بر کیفیت فرایند	۱	
۳	تهیه مخلوط و پوشان دهی پوشان‌دهی	ابزار: پیمانه یا ترازو، همزن دستی، ظرف مخلوط‌کردن، قلم‌مو یا پیستوله مواد: پودر نسوز پوشان، حلال (آب یا الکل)، چسب یا افزودنی در صورت نیاز تجهیزات: مخلوط‌کن یا همزن، میز کار، قفسه خشک‌کردن زمان: ۳۰ تا ۶۰ دقیقه مکان: کارگاه ریخته‌گری / بخش آماده‌سازی قالب	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	نسبت صحیح اجزای پوشان، مخلوط یکنواخت بدون کلوخه و یسکوزیته مناسب و پوشش کامل و یکنواخت با ضخامت استاندارد و بدون عیب سطحی	۳	
				نسبت مناسب اجزا با یکنواختی قابل قبول، پوشش نسبتاً یکنواخت و عملکرد قابل استفاده در فرایند	۲	
				نسبت نادرست اجزا، مخلوط ناهمگن و پوشش نامناسب همراه با عدم قابلیت استفاده مناسب در فرایند	۱	
۴	تهیه مذاب و مذاب‌ریزی	ابزار: ملاقه ریخته‌گری، میله سرباره‌گیر، دماسنج یا ترموکوپل مواد: فلز یا آلیاژ (مانند آلومینیوم)، مواد کمک‌ذوب در صورت نیاز تجهیزات: کوره ذوب (گازی، القایی یا مقاومتی)، بوته نسوز، انبر جابه‌جایی بوته، میز ریخته‌گری زمان: ۳۰ تا ۹۰ دقیقه مکان: کارگاه ریخته‌گری / بخش ذوب و ریخته‌گری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	ذوب کامل فلز با دمای مناسب، حذف کامل سرباره و اکسیدها، ترکیب شیمیایی کنترل‌شده و پرشدگی کامل قالب بدون عیب	۳	
				ذوب قابل قبول با کیفیت مناسب، سرباره‌گیری انجام‌شده و پرشدگی مناسب قالب با عملکرد قابل استفاده	۲	
				ذوب نامناسب با آلودگی مذاب، پر نشدن کامل قالب و ایجاد عیوب جدی در قطعه نهایی	۱	
۵	تکمیل کاری قطعه نهایی	ابزار: سوهان، سنگ دستی، سنباده دستی، برس سیمی مواد: سنباده، مواد ساینده، خمیر پرداخت (جلادهنده) تجهیزات: دستگاه سنگ رومیزی یا فرز دستی، دستگاه پولیش (در صورت نیاز)، میز کار، گیره نگهدارنده قطعه زمان: ۳۰ تا ۹۰ دقیقه مکان: کارگاه پرداخت و تکمیل کاری قطعات	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	حذف کامل زوائد و پلیسه‌ها، سطح صاف و یکنواخت، حفظ کامل ابعاد و آماده تحویل قطعه	۳	
				حذف بیشتر زوائد و پلیسه‌ها با سطح قابل قبول و حفظ کلی ابعاد قطعه	۲	
				باقی‌ماندن زوائد و پلیسه‌ها، آسیب سطحی و عدم دقت ابعادی و غیرقابل استفاده شدن قطعه	۱	
		شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: شایستگی‌های غیرفنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ایمنی: کفش ایمنی، کلاه ایمنی، لباس کار توجهات زیست‌محیطی: استفاده از سیستم‌های تهویه، جداسازی و تفکیک زباله‌ها، رعایت نظافت محیط کار نگرش: علاقه به کار، دقت بالا، نظم	رعایت بندهای ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه‌ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست‌محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در تمام مراحل کار	۲	
				عدم رعایت اصول ایمنی و استفاده ناقص از تجهیزات فردی، ضعف در نگرش حرفه‌ای شامل بی‌دقتی و بی‌نظمی، بی‌توجهی به الزامات زیست‌محیطی مانند تهویه و نظافت و عدم پایبندی به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در انجام فعالیت‌ها	۱	

بله	☐
خیر	☐

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)

توضیحات:

معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۳ و ۴ (مراحل بحرانی)
- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش
- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها
تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.





پودمان چهارم

عملیات ریخته‌گری با مدل‌های نابود شونده



واحد یادگیری ۱: ریخته‌گری دفنی با مدل‌های نابودشونده

مقدمه

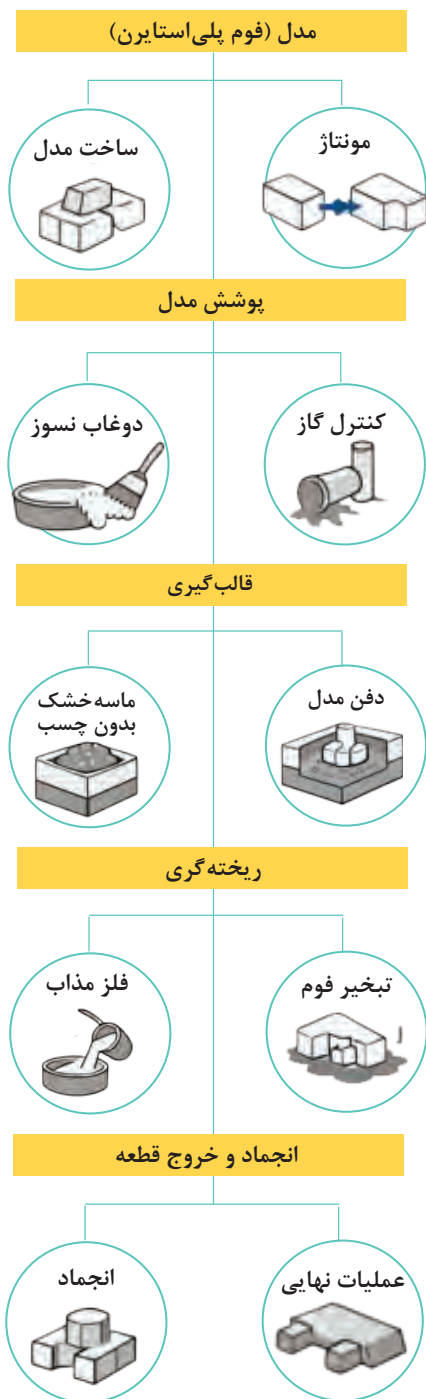
قطعات ریخته‌گری شده ممکن است به دلایل مختلفی، از جمله شرایط خاص تولید، با عیوبی مواجه شوند. در روش ریخته‌گری دفنی با مدل نابودشونده، مدل پلاستوفومی (یونولیتی) هنگام تماس با فلز مذاب، تبخیر شده و فضای آن با فلز مذاب پر می‌شود در نتیجه شکل قطعه ایجاد می‌شود. در این روش، کیفیت نهایی قطعه کاملاً به دقت در اجرای هر مرحله فرایند وابسته است. از آماده‌سازی مدل پلاستوفومی تا ریختن فلز مذاب، باید با دقت و نظم انجام شود تا فضای مدل به‌طور کامل و یکنواخت پر گردد. اگر در هر بخش مانند تراکم ماسه، طراحی راهگاه یا کنترل ریختن فلز، دقت کافی وجود نداشته باشد، ممکن است قطعه نهایی دچار نواقصی مانند ایجاد مک‌گازی، زبری سطحی، نیامد و کاهش کیفیت قطعه تولیدی شود.

استاندارد عملکرد

اجرای صحیح و ایمن ریخته‌گری دفنی با مدل‌های نابودشونده مطابق استاندارد

ریخته‌گری

ریخته‌گری دفنی



ریخته‌گری یکی از مهم‌ترین روش‌های شکل‌دهی فلزات است که در بسیاری از صنایع مانند خودروسازی، ماشین‌سازی، ساختمان‌سازی و تولید تجهیزات صنعتی، کاربرد گسترده‌ای دارد. در این روش، فلز مذاب درون قالبی با شکل مشخص ریخته می‌شود و پس از انجماد قطعه‌ای هم‌شکل مدل به دست می‌آید. از این رو، انتخاب نوع قالب و مدل، نقش بسیار مهمی در کیفیت نهایی قطعه، هزینه تولید و سرعت ساخت دارد.

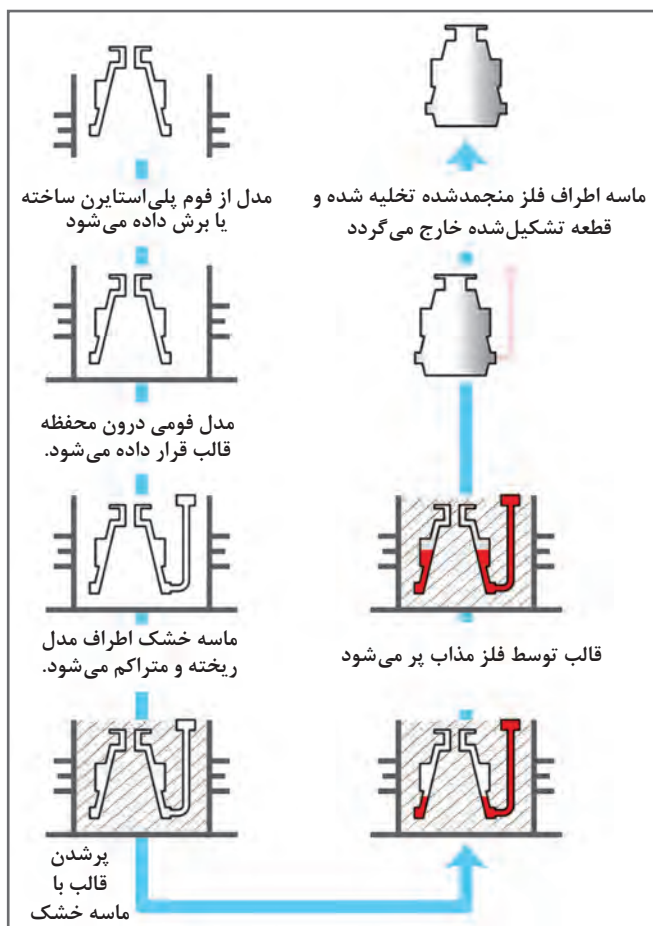
یکی از روش‌های پیشرفته ریخته‌گری، استفاده از مدل‌های نابودشونده است. در این روش از مدل‌های یونولیتی نابودشونده استفاده می‌شود. مدل یونولیتی در تماس با فلز مذاب تبخیر شده و فضای لازم برای تشکیل قطعه را ایجاد می‌کند.

این ویژگی امکان تولید قطعات پیچیده را بدون نیاز به خارج کردن مدل از قالب و بدون ایجاد آسیب به قطعه فراهم می‌سازد. شکل ۱، مراحل اصلی این فرایند را نشان می‌دهد.

شکل ۱- فرایند ریخته‌گری با مدل نابودشونده

ریخته‌گری دفنی با مدل نابودشونده

ریخته‌گری با مدل نابودشونده یکی از روش‌های ریخته‌گری است که در آن، مدل مورد نظر از ماده‌ای مناسب، هنگام تماس با فلز مذاب، تبخیر شده و از بین می‌رود. رایج‌ترین ماده مورد استفاده برای ساخت این مدل‌ها، پلاستوفوم پلی‌استایرن انبساطی (EPS)^۱ است. در این روش، ابتدا مدل پلاستوفومی (یونولیتی) ساخته شده و پس از اعمال پوشش نسوز، به‌طور کامل در ماسه خشک دفن می‌شود. سپس فلز مذاب از طریق سیستم راهگامی وارد قالب شده و هم‌زمان با تبخیر مدل، جای آن را پر می‌کند. پس از انجماد فلز، ماسه کنار زده شده و قطعه نهایی از قالب خارج می‌شود. این روش به دلیل حذف مرحله خارج کردن مدل از قالب، برای تولید قطعات با شکل‌های پیچیده و سطوح داخلی دشوار بسیار مناسب است و در صنایع مختلف کاربرد گسترده‌ای دارد.



شکل ۲- مراحل اصلی فرایند ریخته‌گری دفنی با مدل نابودشونده

بیشتر بدانید



ریخته‌گری با مدل نابودشونده در صنایع مختلف، از جمله خودروسازی و برای ساخت قطعات آلومینیومی سبک نیز کاربرد دارد، همچنین این روش برای تولید قطعات دارای کانال‌های داخلی پیچیده بسیار مناسب است.

نکته



در ریخته‌گری دفنی با مدل نابودشونده، کیفیت سطحی نهایی قطعه به‌طور مستقیم به کیفیت سطح مدل پلاستوفومی و همچنین کیفیت و دانه‌بندی ماسه مورد استفاده وابسته است.

مزایا و محدودیت‌های روش مدل نابودشونده

ریخته‌گری با مدل نابودشونده، مانند سایر روش‌های ریخته‌گری، دارای مزایا و محدودیت‌هایی است که شناخت آنها برای انتخاب مناسب فرایند ضروری است.

از مهم‌ترین مزایای این روش می‌توان به سادگی ساخت مدل، امکان تولید قطعات با شکل‌های پیچیده، کاهش تعداد قطعات مونتاژی و حذف خط جدایش قالب اشاره کرد. همچنین در بسیاری از موارد، کیفیت سطح قطعات تولیدشده در این روش نسبت به ریخته‌گری ماسه‌ای معمولی بهتر است.

بیشتر بدانید



مزایا	محدودیت‌ها	توضیح
امکان ساخت قطعات با شکل‌های پیچیده	حساسیت به گازهای حاصل از سوختن مدل	مدل پلاستوفومی هنگام تماس با فلز مذاب تبخیر شده و گاز تولید می‌کند. در صورت خروج نامناسب گازها، امکان ایجاد عیوب در قطعه وجود دارد.
حذف خط جدایش قالب	نیاز به کنترل دقیق پوشش نسوز	اگر پوشش نسوز خوب نباشد، سطح قطعه خراب می‌شود.
عدم نیاز به ماهیچه در بسیاری از قطعات	احتمال ایجاد تخلخل گازی	گازهای محبوس در فلز مذاب می‌توانند باعث ایجاد حفره در قطعه شوند.
سادگی مدل‌سازی و مونتاژ	وابستگی کیفیت قطعه به کیفیت مدل پلاستوفومی	هر گونه خطا یا نقص در ساخت مدل، مستقیماً در قطعه نهایی دیده می‌شود.
کیفیت سطح بهتر نسبت به ریخته‌گری ماسه‌ای معمولی	نیاز به دقت بالا در اجرای مراحل	بی‌دقتی در هر یک از مراحل، باعث کاهش کیفیت و ایجاد عیب در قطعه می‌شود.

در روش مدل نابودشونده، حذف خط جدایش قالب موجب کاهش هزینه‌های تولید و بهبود ظاهر قطعه نهایی می‌شود.

در مقابل حساسیت فرایند به گازهای حاصل از تجزیه مدل، نیاز به کنترل دقیق پوشش نسوز و احتمال ایجاد تخلخل در اثر اجرای نادرست مراحل، از مهم‌ترین محدودیت‌های این روش به شمار می‌روند.

نکته



تولید قطعاتی با شکل‌های داخلی پیچیده که در ریخته‌گری ماسه‌ای معمولی نیاز به ماهیچه دارد، در روش مدل نابودشونده بدون استفاده از ماهیچه امکان‌پذیر است.

نکات ایمنی



- ۱ استفاده از لباس کار مناسب، دستکش نسوز، شیلد محافظ صورت و کفش ایمنی الزامی است.
- ۲ محیط کارگاه باید دارای تهویه مناسب باشد تا دود و گازهای حاصل از فرایند به خوبی خارج شوند. ماسه، ابزار و پاتیل ریختن مذاب باید کاملاً خشک باشند، زیرا وجود رطوبت می‌تواند باعث انفجار بخار و پاشش فلز مذاب شود.



ایمینی در ریخته‌گری با مدل نابودشونده

رعایت اصول ایمینی در ریخته‌گری اهمیت زیادی دارد، زیرا در این روش عواملی مانند فلز مذاب، دمای بالا و گازهای حاصل از سوختن مدل پلاستوفومی می‌توانند خطرآفرین باشند. بی‌توجهی به نکات ایمینی ممکن است موجب سوختگی شدید، آسیب‌های تنفسی و حوادث جدی شود.

چرا وجود رطوبت در ماسه یا ابزار هنگام ریختن فلز مذاب خطرناک است؟

مواد و تجهیزات مورد استفاده در ریخته‌گری با مدل نابودشونده

برای اجرای ریخته‌گری دفنی با مدل نابودشونده، مواد و تجهیزات مختلفی مورد نیاز است که هرکدام نقش مشخصی در فرایند دارند. مهم‌ترین آنها شامل مدل پلاستوفومی، پوشش نسوز، ماسه خشک، سیستم راهگاهی، کوره ذوب و پاتیل است. انتخاب صحیح مواد و استفاده مناسب از تجهیزات، تأثیر مستقیمی بر کیفیت قطعه نهایی و ایمینی کارگاه دارد.

جدول ۱- مواد و تجهیزات اصلی

کاربرد	مورد
ایجاد شکل قطعه	مدل پلاستوفومی (EPS)
بهبود سطح و کنترل گاز	پوشش نسوز
نگهداری مدل و قالب	ماسه خشک
هدایت فلز مذاب	سیستم راهگاهی
ذوب فلز	کوره و بوته
انتقال مذاب	پاتیل

ساخت و آماده‌سازی مدل پلاستوفومی

ساخت مدل پلاستوفومی، یکی از مهم‌ترین مراحل در ریخته‌گری دفنی با مدل نابودشونده است. مدل در این روش مستقیماً به قطعه نهایی تبدیل می‌شود و هیچ مرحله‌ای برای اصلاح شکل قالب پس از دفن وجود ندارد، بنابراین دقت در ساخت مدل اهمیت بسیار زیادی دارد. هرگونه خطا، شکستگی، نقص یا تغییر ابعاد در مدل پلاستوفومی، بدون تغییر به قطعه ریخته‌گری شده منتقل خواهد شد. مدل پلاستوفومی معمولاً از فوم پلی‌استایرن منبسط‌شده ساخته می‌شود که به دلیل وزن کم، قیمت مناسب و قابلیت برش آسان، کاربرد گسترده‌ای در این روش دارد. هنگامی که مدل موردنظر مطابق نقشه یا نمونه طراحی شده با استفاده از ابزار ساده کارگاهی ساخته شود، می‌توان از آن برای ادامه مراحل ریخته‌گری استفاده کرد.

انتخاب پلاستوفوم مناسب

برای ساخت مدل‌های پلاستوفومی در ریخته‌گری با مدل نابودشونده، انتخاب پلاستوفوم (یونولیت) مناسب اهمیت زیادی دارد. پلاستوفوم مورد استفاده باید دارای چگالی مناسب، استحکام کافی و قابلیت سوختن کامل بدون باقی‌ماندن خاکستر باشد تا از ایجاد عیوب در قطعه نهایی جلوگیری شود. بر این اساس، پلاستوفوم با چگالی حدود ۱۵ تا ۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب، گزینه‌ای مناسب برای ساخت مدل‌های نابودشونده پلاستوفومی (یونولیتی) به‌شمار می‌رود. تعادل مناسبی بین سهولت شکل‌دهی، کیفیت سطح و میزان گاز تولیدی هنگام ریخته‌گری ایجاد می‌کند. فوم‌های پلی‌استایرن با چگالی‌های مختلف تولید می‌شوند و انتخاب پلاستوفوم مناسب تأثیر مستقیمی بر کیفیت سطح قطعه، میزان گاز تولیدشده و سهولت اجرای فرایند دارد. یونولیت‌های بسیار سبک اگرچه به راحتی برش داده می‌شوند، اما هنگام ریختن فلز مذاب گاز بیشتری تولید کرده و ممکن است باعث ایجاد تخلخل شوند. در مقابل، یونولیت‌های متراکم‌تر سطح بهتری ایجاد می‌کنند، ولی برش آنها کمی دشوارتر است. در کارگاه‌ها، معمولاً از یونولیت‌هایی با چگالی متوسط (۱۵ تا ۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب) استفاده می‌شود تا تعادل مناسبی بین سهولت کار و کیفیت نهایی قطعه برقرار شود.

جدول ۲- مقایسه یونولیت‌های پلی‌استایرن از نظر چگالی و کاربرد

نوع فوم پلی‌استایرن	چگالی نسبی	ویژگی‌ها	کاربرد در ریخته‌گری دفنی با مدل نابودشونده
یونولیت سبک	کم (کمتر از 15 kg/m^3)	برش بسیار آسان، استحکام پایین، تولید گاز زیاد	برای تمرین‌های ساده مناسب است، اما ممکن است باعث تخلخل در قطعه شود.
یونولیت با چگالی متوسط	متوسط 15 kg/m^3 تا 30 kg/m^3	تعادل بین استحکام و سهولت برش، کیفیت سطح مناسب	مناسب‌ترین انتخاب برای کارگاه‌های هنرستان و کاربردهای عمومی است.
یونولیت متراکم	زیاد 30 kg/m^3 تا 50 kg/m^3	استحکام بالا، سطح صاف‌تر، برش دشوارتر	برای قطعات دقیق‌تر استفاده می‌شود، ولی کار با آن دشوارتر است.
یونولیت کهنه یا آسیب‌دیده	نامناسب بالاتر از 50 kg/m^3	شکنده، ترد و دارای کیفیت پایین	استفاده از آن توصیه نمی‌شود زیرا موجب خرابی مدل و قطعه می‌شود.

استفاده از یونولیت‌های کهنه یا آسیب‌دیده می‌تواند باعث شکستگی مدل در هنگام دفن در ماسه شود.

نکته



انتقال ابعاد و شکل قطعه به یونولیت

پیش از شروع برش، لازم است ابعاد قطعه مورد نظر به‌طور دقیق روی یونولیت مشخص شود. این کار معمولاً با استفاده از خط‌کش، مداد یا ماژیک انجام می‌شود. اگر قطعه دارای نقشه باشد، ابتدا طول، عرض و ارتفاع آن بررسی شده و سپس ابعاد به‌درستی روی یونولیت منتقل می‌شود.



در این مرحله توجه به تلرانس‌ها و دقت ابعادی ضروری است، زیرا امکان اصلاح ابعاد پس از ریخته‌گری وجود ندارد. بهتر است خطوط برش کاملاً واضح و مستقیم رسم شوند تا برش با کمترین خطا انجام گیرد.

چرا اصلاح ابعاد قطعه در ریخته‌گری مدل نابودشونده دشوارتر از برخی روش‌های دیگر است؟

برش و شکل‌دهی مدل پلاستوفومی

پس از مشخص شدن خطوط برش، عملیات شکل‌دهی مدل آغاز می‌شود. ابزارهای مورد استفاده در این مرحله شامل سیم داغ، کاتر دستی، کاتر داغ و در برخی موارد اره‌های مخصوص یونولیت است. استفاده از کاتر داغ باعث ایجاد سطح صاف‌تر و یکنواخت‌تر می‌شود، اما رعایت نکات ایمنی در هنگام کار با آن ضروری است. هنگام برش، باید از وارد کردن فشار زیاد به یونولیت خودداری کرد، زیرا این کار باعث له‌شدگی و تغییر شکل مدل می‌شود. بهتر است برش‌ها به آرامی و در چند مرحله انجام شوند تا دقت کار افزایش یابد. پس از پایان برش، لبه‌ها و سطوح مدل بررسی شده و در صورت نیاز ابتدا با سنباده زبر و سپس با سنباده نرم، پرداخت کاری انجام می‌شود.



همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌کنید، برای ساخت یک قطعه مکعبی ساده، ابتدا خطوط برش روی یونولیت رسم شده، سپس هر وجه به‌صورت جداگانه برش داده می‌شود تا زوایا کاملاً قائم باشد.

شکل ۳- ابزارهای برش مدل پلاستوفومی

(کاتر دستی و سیم داغ)

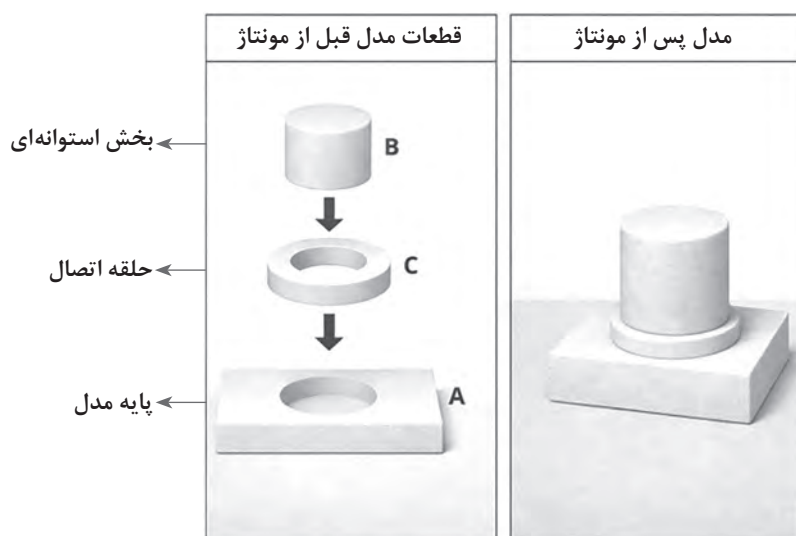
ساخت مدل‌های چندتکه و مونتاژ

در بسیاری از موارد، شکل قطعه به‌گونه‌ای است که ساخت آن از یک تکه یونولیت امکان‌پذیر نیست. در این شرایط، مدل از چند قطعه پلاستوفومی ساخته شده و سپس به یکدیگر متصل می‌شود. این روش امکان تولید قطعات پیچیده‌تر را با ابزار ساده فراهم می‌کند.

برای اتصال قطعات پلاستوفومی، از چسب‌هایی استفاده می‌شود که باعث حل شدن یا آسیب دیدن یونولیت نشوند. از پرکاربردترین چسب‌ها می‌توان به چسب صنعتی مخصوص یونولیت و چسب چوب اشاره کرد. محل اتصال باید کاملاً تمیز، صاف و بدون شکاف باشد تا پس از اتصال، خط اتصال روی قطعه نهایی مشاهده نشود. (شکل ۴).

پس از مونتاژ اجزای مدل، کل مدل دوباره از نظر ابعاد و استحکام بررسی می‌شود تا هنگام دفن در ماسه یا اعمال پوشش نسوز، دچار جداشدگی نشود.

پودمان چهارم: عملیات ریخته‌گری با مدل‌های نابود شونده



شکل ۴- مراحل مونتاژ مدل پلاستوفومی چندتکه

اتصال نامناسب قطعات پلاستوفومی ممکن است هنگام پوشش نسوز، کوبش یا ارتعاش ماسه و همچنین در زمان ریخته‌گری باعث جابه‌جایی قطعات و در نتیجه ایجاد عیب یا تغییر ابعاد قطعه نهایی شود.

نکته



کنترل نهایی مدل پلاستوفومی

پیش از اجرای مراحل بعدی، مدل پلاستوفومی باید به‌طور کامل کنترل و بازرسی شود. در این مرحله، کیفیت سطوح، صحت ابعاد، استحکام اتصالات، نبود ترک، شکستگی یا تغییر شکل کنترل می‌شود. این مرحله نقش بسیار مهمی در کاهش عیوب نهایی قطعه دارد و نباید با عجله انجام شود. مدلی که به‌خوبی ساخته و کنترل شده باشد، اجرای مراحل بعدی مانند نصب سیستم راهگاهی، اعمال پوشش نسوز و دفن در ماسه را بسیار آسان‌تر می‌کند.

طراحی و نصب سیستم راهگاهی روی مدل پلاستوفومی

پس از آماده‌سازی کامل مدل پلاستوفومی، سیستم راهگاهی طراحی و به مدل متصل می‌شود. این سیستم مسیر ورود فلز مذاب از لحظه ریختن تا پر شدن کامل محفظه قالب را هدایت می‌کند و نقش مهمی در کیفیت نهایی قطعه دارد. طراحی نامناسب سیستم راهگاهی می‌تواند موجب تلاطم جریان مذاب، حبس گاز، مک‌های انقباضی، ماسه‌شویی، پرنشیدن کامل قالب (نیامد) و سایر عیوب ریخته‌گری شود. در این روش، سیستم راهگاهی معمولاً از همان جنس مدل (فوم پلی استایرن) ساخته شده و با چسب مناسب به مدل متصل می‌شود تا هنگام ریخته‌گری هم‌زمان با مدل تبخیر شده و فضای عبور فلز مذاب را ایجاد کند.

اجزای اصلی سیستم راهگاهی

سیستم راهگاهی در ساده‌ترین حالت از اجزای زیر تشکیل می‌شود:

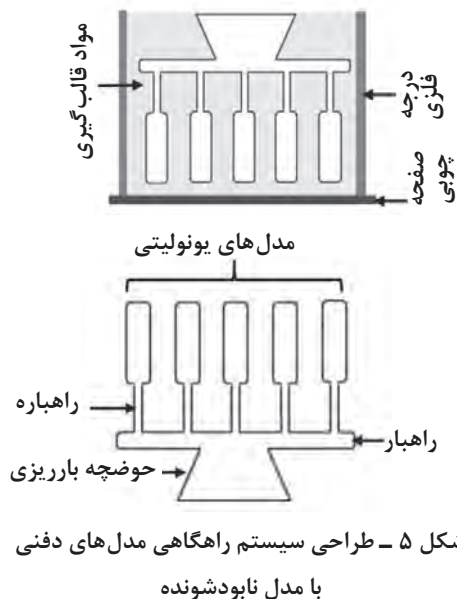
- حوضچه بارریز^۱: محل ورود اولیه فلز مذاب به سیستم راهگاهی و می‌تواند به شکل قیفی، لگنی و گلابی ساخته شود.

- راهگاه اصلی^۲: برای هدایت فلز به سمت قالب که عموماً به صورت استوانه‌ای یا مخروطی شکل است.

- راهبار^۳: برای توزیع یکنواخت فلز و انتقال مذاب از لوله راهگاه به قطعه استفاده می‌شود.

- راهبار^۴: آخرین بخش سیستم راهگاهی است که فلز مذاب را به داخل محفظه قالب هدایت می‌کند.

هر یک از این اجزا وظیفه مشخصی دارند و طراحی نادرست هر یک می‌تواند موجب اختلال در جریان فلز مذاب، ایجاد عیوب ریخته‌گری و کاهش کیفیت قطعه شود. در کارگاه‌های آموزشی، حوضچه بارریز معمولاً به شکل قیفی و راهگاه اصلی به صورت استوانه‌ای ساخته می‌شود (شکل ۵).



شکل ۵ - طراحی سیستم راهگاهی مدل‌های دفنی با مدل نابودشونده

اصول طراحی راهگاه در مدل نابودشونده

در طراحی راهگاه، هدف اصلی جریان آرام، یکنواخت و پیوسته فلز مذاب است. برخلاف برخی روش‌های ریخته‌گری که سرعت بالاتر از مجاز است، در این روش باید از آشفتگی زیاد جلوگیری شود، زیرا تبخیر مدل پلاستوفومی هم‌زمان با ورود مذاب اتفاق می‌افتد و تولید گاز می‌کند.

به همین دلیل، سطح مقطع راهگاه نباید خیلی کوچک باشد که سرعت مذاب را بیش از حد افزایش دهد و نه آن قدر بزرگ که کنترل جریان دشوار شود. همچنین بهتر است فلز از نقاطی وارد قطعه شود که امکان پاشیدن تدریجی و کامل وجود داشته باشد.

نکته

ورود مستقیم و پرسرعت مذاب به قسمت‌های نازک قطعه، احتمال ایجاد آشفتگی جریان، نیامد و تخلخل را افزایش می‌دهد.



اتصال راهگاه به مدل پلاستوفومی

راهگاه پلاستوفومی معمولاً با چسب مناسب به مدل متصل می‌شود. محل اتصال باید کاملاً مستحکم، صاف و بدون درز باشد. وجود شکاف یا ناهمواری در محل اتصال می‌تواند باعث تغییر مسیر جریان فلز یا ایجاد عیوب سطحی در قطعه نهایی شود.

در هنگام اتصال راهگاه، باید به جهت قرارگیری مدل در ماسه نیز توجه شود. معمولاً راهگاه در بخش بالایی مدل قرار می‌گیرد تا فلز به صورت ثقیلی و یکنواخت وارد قالب شود.

پس از نصب راهگاه، مجموعه مدل و راهگاه باید از نظر استحکام اتصال، هم‌راستایی و باز بودن مسیر عبور فلز مذاب به دقت بررسی شود.



ساخت مدل پلاستوفومی ساده و بررسی دقت ابعادی، کیفیت سطح و استحکام

مواد و تجهیزات مورد نیاز: کاتر یا تیغ موکت‌بر، خط کش فلزی، مداد یا ماژیک برای علامت‌گذاری، چسب حرارتی یا چسب مخصوص فوم (در صورت نیاز به اتصال قطعات)، سنباده نرم، گیره یا تخته کار، ورق یا بلوک پلاستوفوم (یونولیت)، کاغذ و مواد برای طراحی اولیه

مراحل انجام کار :

- ۱ ابتدا شکل مدل مورد نظر را روی کاغذ طراحی کرده و ابعاد آن را مشخص کنید.
- ۲ طرح را روی سطح پلاستوفوم منتقل کنید و خطوط برش را با مداد یا ماژیک به وضوح مشخص کنید.
- ۳ با استفاده از کاتر و خط کش فلزی، برش‌های اصلی را با دقت انجام دهید.
- ۴ پس از اتمام برش، لبه‌ها و سطوح مدل را با کاتر و سپس سنباده نرم اصلاح کنید تا شکل نهایی به دست آید.
- ۵ در صورت چند تکه بودن مدل، آنها را با چسب فوم مناسب به یکدیگر متصل کنید.
- ۶ مدل ساخته شده را از نظر دقت ابعادی بررسی کنید؛ اندازه‌ها را با طرح اولیه مقایسه کنید.
- ۷ کیفیت سطح مدل را از نظر یکنواختی، نداشتن پستی و بلندی و صاف بودن ارزیابی کنید.
- ۸ استحکام مدل را با اعمال فشار ملایم بررسی کنید تا در برابر تغییر شکل یا شکستگی مشخص شود.
- ۹ نتیجه نهایی مشاهده‌ها و اندازه‌گیری‌ها را گزارش کنید.

نکات ایمنی و بهداشت:

- هنگام کار با کاتر، تیغه را از بدن و انگشتان دور نگه دارید.
- از دستکش کار سبک برای جلوگیری از بریدگی استفاده کنید.
- هنگام سنباده کاری از استنشاق گرد پلاستوفوم خودداری کنید.
- روی سطح کار ثابت و تمیز کار کنید تا برش دقیق‌تر و ایمن‌تر باشد.
- پس از اتمام کار، تیغه کاتر را جمع کنید و ضایعات پلاستوفوم را به درستی دور بریزید.



طراحی و نصب سیستم راهگاهی روی مدل پلاستوفومی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: خط کش، کاتر یا تیغ موکت‌بر، مداد یا ماژیک، ابزار اندازه‌گیری (متر یا کولیس)، میز کار، مدل پلاستوفومی ساخته شده، یونولیت پلی‌استایرن برای ساخت راهگاه، چسب مخصوص یونولیت

مراحل انجام کار :

- ۱ ابتدا مدل پلاستوفومی ساخته شده را روی میز کار قرار دهید و محل مناسب برای نصب سیستم راهگاهی را مشخص کنید.
- ۲ با راهنمایی هنرآموز، اجزای اصلی سیستم راهگاهی شامل حوضچه بارریز، راهگاه اصلی، راهبار و تنگه را روی مدل طراحی و علامت‌گذاری کنید.
- ۳ یونولیت پلی‌استایرن را براساس ابعاد طراحی شده اندازه‌گیری کرده و با استفاده از کاتر برش دهید.
- ۴ اجزای برش خورده سیستم راهگاهی را به عنوان اجزای راهگاه به مدل پلاستوفومی متصل کنید.

۵] برای اتصال قطعات از چسب مخصوص یونولیت استفاده کرده و آنها را به دقت در محل تعیین شده ثابت کنید.

۶] پس از اتصال، هم راستایی قطعات و استحکام محل اتصال را بررسی کنید تا از محکم بودن آنها اطمینان حاصل شود.

۷] در پایان، مسیر جریان فلز مذاب را بررسی کنید تا مسیر حرکت آن مستقیم، تمیز و بدون انحنای گرفتگی باشد.

نکات ایمنی و بهداشت:

- هنگام کار با کاتر یا ابزار برش، دقت کافی داشته باشید و تیغه را از دست و بدن دور نگه دارید.
- از چسب های حاوی حلال قوی مانند تینر یا استون استفاده نکنید، زیرا ممکن است باعث واکنش شیمیایی با پلاستوفوم، خوردگی و تغییر شکل آن شود.
- هنگام برش پلاستوفوم با سیم داغ، از تهویه مناسب استفاده کنید.
- برای جلوگیری از ورود بخارات حاصل از سوختن فوم به دستگاه تنفسی، از ماسک فیلتردار استفاده کنید.
- محیط کار را تمیز و مرتب نگه دارید و پس از پایان کار، ابزارها را در محل مناسب قرار دهید.



طراحی و اجرای محل اتصال راهگاه برای یک قطعه مکعبی ساده

مواد و تجهیزات مورد نیاز: خط کش و مداد طراحی، چاقوی برش یا کاتر، میز کار مناسب، برس نرم برای تمیزکاری سطح مدل، مدل پلاستوفومی مکعبی، راهگاه پلاستوفومی (راهگاه اصلی)، چسب سازگار با پلاستوفوم (فاقد حلال های خورنده)

مراحل انجام کار :

- ۱] ابتدا مدل مکعبی را روی میز کار قرار داده و سطح بالایی آن را مشخص کنید.
- ۲] مرکز سطح بالایی مکعب را با خط کش مشخص کرده و محل اتصال راهگاه را علامت گذاری کنید.
- ۳] راهگاه یونولیتی را به گونه ای آماده کنید که سطح اتصال آن کاملاً صاف و تمیز باشد و پس از چسباندن، نشستی یا ناهمخوانی ایجاد نکند.
- ۴] با استفاده از چسب مناسب و بدون حلال، راهگاه را دقیقاً در مرکز سطح بالایی مکعب نصب کنید.
- ۵] پس از تثبیت اتصال، مدل را از تمام جهات بررسی کنید و مطمئن شوید که راهگاه در راستای محور مکعب قرار دارد.
- ۶] با بررسی چشمی، پیش بینی کنید که ورود فلز مذاب از این نقطه چگونه موجب پرشدن یکنواخت و کامل قالب خواهد شد.
- ۷] در پایان، مدل را برای عملیات قالب گیری در ماسه خشک آماده کنید.

نکات ایمنی و بهداشت:

- هنگام برش یا اصلاح پلاستوفوم، از کاتر با دقت و دور از دست استفاده کنید.
- از چسب های دارای حلال مانند تینر و استون استفاده نکنید؛ زیرا این مواد پلاستوفوم را تخریب می کنند و گازهای مضر تولید می شود.
- در صورت استفاده از ابزار گرم (برای برش یا اصلاح سطح)، تهویه مناسب محیط کار الزامی است.



اجرای آزمایش ریخته‌گری با مدل نابودشونده

مواد و تجهیزات مورد نیاز: درجه قالب‌گیری، پاتیل ریخته‌گری، کوبه، تجهیزات ایمنی فردی (لباس کار، دستکش نسوز، شیلد محافظ صورت)، مدل پلاستوفومی ساده، ماسه خشک، سیستم راهگاهی، فلز مذاب

مراحل انجام کار:

- ۱) ابتدا یک مدل پلاستوفومی ساده انتخاب کرده و سیستم راهگاهی مناسب را به آن متصل کنید.
- ۲) مدل آماده شده را درون درجه قالب‌گیری قرار داده و فضای اطراف آن را با ماسه خشک پر کنید.
- ۳) ماسه را به‌طور یکنواخت متراکم کنید تا مدل در محل خود به‌خوبی تثبیت شود.
- ۴) فلز مذاب را از طریق راهگاه به داخل قالب وارد کنید تا مدل پلاستوفومی بر اثر حرارت تجزیه شده و فضای آن به‌تدریج با فلز پر شود.
- ۵) پس از سرد شدن فلز، قالب را تخریب کرده و قطعه ریخته‌گری شده را خارج کنید.
- ۶) قطعه تولید شده را از نظر کامل بودن شکل، یکنواختی سطح و وجود عیوب احتمالی بررسی کنید.

نکات ایمنی و بهداشت:

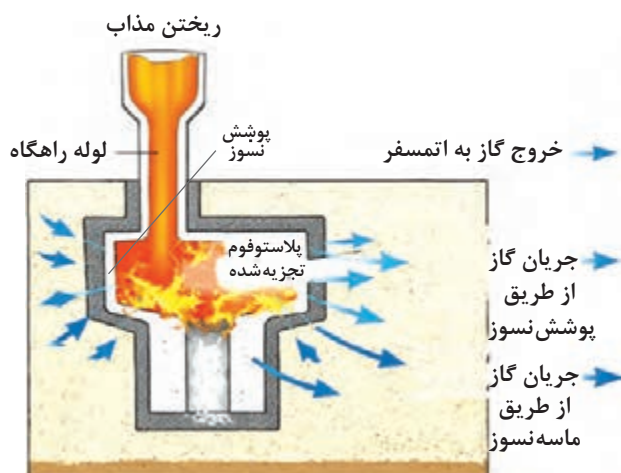
- در فرایند ریخته‌گری با مدل نابودشونده، به‌دلیل تجزیه مدل پلاستوفومی در تماس با فلز مذاب، گاز و دود تولید می‌شود؛ بنابراین استفاده از لباس کار، دستکش نسوز، شیلد محافظ صورت و تهویه مناسب کارگاه الزامی است.
- ماسه، مدل قالب و ابزار و تجهیزات مورد استفاده باید کاملاً خشک باشند، زیرا وجود رطوبت می‌تواند موجب پاشش فلز مذاب و بروز حوادث خطرناک شود.

پیش‌بینی مسیر خروج گاز

در فرایند ریخته‌گری دفنی با مدل نابودشونده، هم‌زمان با ورود فلز مذاب به قالب، مدل پلاستوفومی بر اثر حرارت تبخیر شده و گاز تولید می‌کند. اگر این گازها نتوانند به‌موقع از قالب خارج شوند، در داخل فلز محبوس شده و باعث ایجاد عیوبی مانند تخلخل یا مک می‌شوند.

در بسیاری از قطعات ساده، ماسه خشک اطراف مدل امکان خروج بخش عمده‌ای از گاز را فراهم می‌کند. با این حال، در برخی موارد لازم است مسیرهایی برای خروج بهتر گاز در نظر گرفته شود (شکل ۶).

این کار می‌تواند با استفاده از هواکش‌های پلاستوفومی، کانال‌های خروج گاز یا انتخاب مناسب ورود مذاب انجام شود تا گازها به‌راحتی از قالب خارج شده و قطعه‌ای سالم و بدون عیب تولید شود.



شکل ۶- مسیر خروج گازهای حاصل از تجزیه مدل پلاستوفومی



چه ارتباطی بین سرعت ورود مذاب و میزان گاز محبوس در قطعه وجود دارد؟

اعمال پوشش نسوز روی مدل پلاستوفومی

پس از نصب سیستم راهگاهی، سطح مدل پلاستوفومی باید با اعمال پوشش نسوز پوشانده شود. اعمال پوشش نسوز یکی از مهم ترین مراحل این روش است و تأثیر مستقیمی بر کیفیت نهایی سطح قطعه و کاهش عیوب دارد. این پوشش مانند یک لایه محافظ عمل کرده و از تماس مستقیم ماسه با فلز مذاب جلوگیری می کند. پوشش نسوز معمولاً به صورت دوغاب تهیه شده و پس از خشک شدن، سطحی نسبتاً صاف و مقاوم ایجاد می کند. ضخامت این لایه باید به گونه ای انتخاب شود که علاوه بر جلوگیری از نفوذ ماسه، مانعی برای خروج گازها نیز ایجاد نکند (شکل ۷).



(د) قالب گیری مدل

(ب) اعمال پوشش نسوز (ج) خشک کردن پوشش نسوز

(الف) مدل پلاستوفومی

شکل ۷

آماده سازی پوشش نسوز

پوشش نسوز از مخلوط مواد نسوز ریزدانه، آب و ماده چسباننده تهیه می شود. این مخلوط باید کاملاً یکنواخت باشد تا پوششی همگن با ضخامت مناسب روی مدل بنشیند. اگر دوغاب بیش از حد رقیق باشد، لایه ای نازک و کم استحکام تشکیل می شود و در مقابل، اگر دوغاب بیش از حد غلیظ باشد، خروج گازهای حاصل از تجزیه مدل را با مشکل مواجه می سازد.

در کارگاه، معمولاً پوشش آماده شده قبل از مصرف به خوبی هم زده می شود تا از ته نشینی ذرات نسوز جلوگیری شده و خواص آن در تمام حجم دوغاب یکنواخت باقی بماند.

یکنواختی پوشش نسوز، یکی از مهم ترین عوامل دستیابی به سطحی صاف و عاری از عیوب ریخته گری است.

نکته



روش های اعمال پوشش

پوشش نسوز را می توان به روش های مختلفی روی مدل اعمال کرد. در کارگاه های ریخته گری، روش های استفاده از قلم مو یا غوطه وری رایج تر است. در روش قلم مو، دوغاب پوشش به آرامی روی سطح مدل کشیده می شود تا تمام قسمت ها را بپوشاند. در روش غوطه وری، مدل به طور کامل در دوغاب فرو برده شده و سپس خارج می شود. پس از اعمال پوشش، مدل باید در محیطی با تهویه مناسب قرار گیرد تا به طور کامل خشک شود. خشک نشدن پوشش می تواند باعث ایجاد بخار و عیوب جدی هنگام ریختن فلز شود.



مقایسه کیفیت سطح قطعه در دو روش پوشش‌دهی مدل (قلم‌مو و غوطه‌وری)

مواد و تجهیزات موردنیاز: قلم‌موی مناسب برای اعمال پوشش، ظرف مخصوص غوطه‌وری، جعبه قالب، کوبه، تجهیزات ایمنی فردی (لباس کار، دستکش، عینک ایمنی)، دو مدل مشابه (پلاستوفومی یا مدل مناسب برای قالب‌گیری)، دوغاب یا پوشش نسوز مخصوص مدل، ماسه قالب، فلز مذاب یا ماده شبیه‌ساز.

مراحل انجام کار:

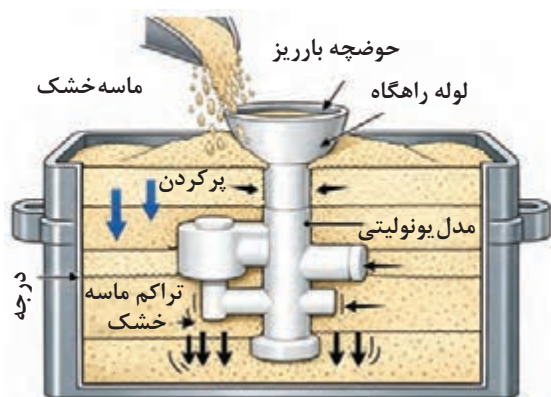
- ۱] دو مدل پلاستوفومی کاملاً مشابه را انتخاب کرده و سیستم راهگاهی یکسانی به هر دو متصل کنید.
- ۲] روی مدل اول، پوشش نسوز را با استفاده از قلم‌مو و به صورت یکنواخت اعمال کنید.
- ۳] مدل دوم را به طور کامل در دوغاب پوشش نسوز غوطه‌ور کرده و با سرعت یکنواخت خارج کنید تا لایه‌ای همگن روی سطح آن تشکیل شود.
- ۴] هر دو مدل را در شرایط یکسان و با تهویه مناسب قرار دهید تا پوشش آنها کاملاً خشک شود.
- ۵] هر دو مدل را به طور جداگانه در ماسه خشک قالب‌گیری کرده و عملیات ریخته‌گری را با شرایط یکسان انجام دهید.
- ۶] پس از انجماد و سرد شدن قطعات، آنها را از قالب خارج کرده و تمیز کنید.
- ۷] کیفیت سطح، یکنواختی پوشش، زبری سطح و عیوب احتمالی مانند نفوذ ماسه، تخلخل و چسبندگی ماسه را در دو قطعه با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۸] نتایج مشاهده‌ها را ثبت کرده و درباره تأثیر روش اعمال پوشش بر کیفیت نهایی قطعه نتیجه‌گیری کنید.

نکات ایمنی و بهداشت:

- هنگام کار با پوشش‌های نسوز و دوغاب‌ها از دستکش و عینک ایمنی استفاده کنید.
- از استنشاق بخارات یا گرد و غبار مواد پوششی جلوگیری کرده و در محیط دارای تهویه مناسب کار کنید.
- ابزارها و ظروف مورد استفاده را پس از پایان فعالیت تمیز کرده و در محل مناسب قرار دهید.

دفن مدل در ماسه خشک و آماده‌سازی قالب

پس از آنکه مدل پلاستوفومی به طور کامل ساخته شد، سیستم راهگاهی روی آن نصب گردید و پوشش نسوز نیز کاملاً خشک شد، نوبت به مرحله دفن مدل در ماسه خشک می‌رسد. این مرحله در واقع جایگزین



شکل ۸- دفن مدل پلاستوفومی در ماسه خشک

داخل درجه

قالب‌گیری در روش‌های سنتی ریخته‌گری است و نقش بسیار مهمی در حفظ شکل مدل و جلوگیری از تغییر فرم آن در هنگام ریختن فلز مذاب دارد. در این روش ماسه خشک و بدون رطوبت و چسب استفاده می‌شود. برخلاف ریخته‌گری با ماسه تر، در این روش نیازی به چسب یا رطوبت برای شکل‌پذیری ماسه وجود ندارد، زیرا استحکام قالب از طریق تراکم مناسب ماسه تأمین می‌شود و مدل پلاستوفومی تا زمان ورود فلز مذاب، شکل هندسی قطعه را حفظ می‌کند.

■ ویژگی‌های ماسه مورد استفاده

ماسه مورد استفاده در ریخته‌گری دفنی با مدل نابودشونده باید دارای دانه‌بندی مناسب، تمیز، عاری از مواد آلی و کاملاً خشک باشد. وجود رطوبت در ماسه بسیار خطرناک است؛ زیرا تماس فلز مذاب با رطوبت، باعث تبخیر ناگهانی آب، افزایش شدید حجم بخار و در نتیجه پاشش فلز مذاب و بروز حادثه می‌شود. دانه‌بندی ماسه نیز اهمیت دارد. ماسه‌های بسیار درشت نمی‌توانند به‌خوبی اطراف مدل را پر کنند و باعث کاهش دقت شکل می‌شوند، درحالی‌که ماسه‌های بسیار ریز نفوذپذیری کمتری داشته و خروج گازهای حاصل از تجزیه مدل را دشوار می‌کنند. به همین دلیل، استفاده از ماسه با دانه‌بندی متوسط برای کاربردهای آموزشی مناسب‌تر است.

نکته

خشک بودن کامل ماسه یکی از مهم‌ترین عوامل تأمین ایمنی، کیفیت قطعه و موفقیت فرایند در ریخته‌گری با مدل نابودشونده است.



■ قرار دادن مدل در درجه (محفظه قالب)

برای آماده‌سازی قالب، ابتدا درجه‌ای با ابعاد مناسب انتخاب می‌شود. ابعاد درجه باید به‌گونه‌ای باشد که فاصله کافی بین مدل و دیواره‌های آن وجود داشته باشد تا ماسه بتواند به‌طور یکنواخت اطراف مدل را پر کرده و پایداری لازم را فراهم کند.

مدل پلاستوفومی به‌همراه سیستم راهگاهی با دقت در مرکز درجه قرار می‌گیرد. در این مرحله باید دقت شود که مدل دچار فشار یا ضربه نشود، زیرا هرگونه شکستگی یا تغییر شکل، مستقیماً روی قطعه نهایی اثر خواهد گذاشت.

راهگاه باید به‌گونه‌ای قرار گیرد که دهانه قیف بارریز در قسمت بالایی درجه قرار داشته باشد و دسترسی مناسبی برای ریختن فلز مذاب فراهم شود.

■ پرکردن ماسه و تراکم آن

پس از استقرار مدل در درجه، ماسه خشک به تدریج و به‌صورت لایه‌لایه داخل درجه ریخته می‌شود. این کار باید به‌آرامی انجام شود تا مدل جابه‌جا نشود. ابتدا ماسه اطراف مدل پخش شده و سپس لایه‌به‌لایه تا بالای درجه اضافه می‌گردد.

برای افزایش پایداری قالب، ماسه باید به‌طور یکنواخت متراکم شود. در کارگاه‌های ریخته‌گری، این کار معمولاً با ضربه‌های ملایم، تکان دادن درجه یا استفاده از لرزش انجام می‌شود. هدف از ایجاد تراکم یکنواخت، جلوگیری از حرکت مدل و افزایش استحکام بستر ماسه است.

باین‌حال، تراکم بیش‌ازحد نیز مطلوب نیست، زیرا می‌تواند خروج گازهای حاصل از تجزیه مدل را با مشکل مواجه کند.

نکته

اگر ماسه بیش‌ازحد فشرده شود، گازهای حاصل از سوختن فوم ممکن است در داخل قالب محبوس شده و باعث ایجاد تخلخل در قطعه شوند.



پودمان چهارم: عملیات ریخته‌گری با مدل‌های نابود شونده

■ کنترل نهایی قالب قبل از ریختن

پس از تکمیل عملیات قالب‌گیری، لازم است قالب پیش از ریختن فلز مذاب به‌دقت بررسی شود. در این مرحله، استحکام و یکنواختی تراکم ماسه، ثابت بودن مدل، باز بودن مسیر راهگاه و تمیز بودن دهانه قیف بارریز کنترل می‌شود.

این مرحله آخرین فرصت برای شناسایی و رفع ایرادهای احتمالی پیش از ریخته‌گری است. بی‌دقتی در این بررسی می‌تواند باعث بروز عیوب جدی یا حتی خطرات ایمنی شود.

چرا تراکم بیش از حد ماسه می‌تواند باعث افزایش عیوب گازی در قطعه شود؟

پرسش کلاسی

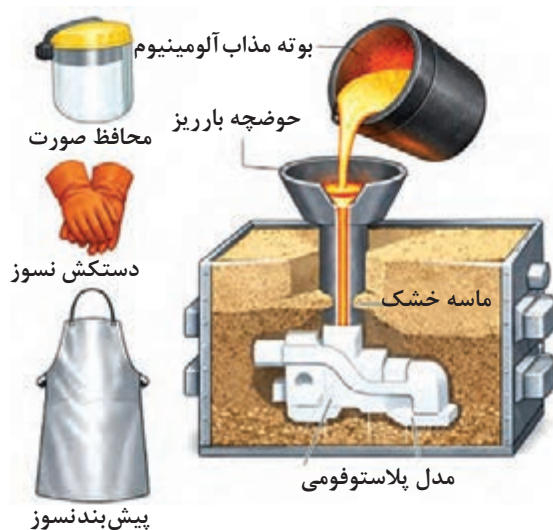


■ استفاده از سیستم خلأ برای تثبیت قالب

هنگامی که از ماسه خشک جهت پر نمودن محفظه درجه استفاده می‌کنید جهت حفظ تراکم و یکپارچگی محفظه قالب و کمک به خروج گازهای حاصل از تبخیر پلاستوفوم نیاز است که محفظه درجه توسط شیلنگ رابط به سیستم خلأ متصل گردد.

ذوب فلز و آماده‌سازی برای ریختن مذاب

پس از آماده شدن قالب، مرحله ذوب فلز آغاز می‌شود. انتخاب نوع فلز، کنترل ترکیب شیمیایی و آماده‌سازی صحیح مذاب، تأثیر مستقیمی بر کیفیت نهایی قطعه دارد. در محیط‌های آموزشی، معمولاً از فلزاتی مانند آلومینیوم یا آلیاژهای ساده آن استفاده می‌شود، زیرا نقطه ذوب پایین‌تری دارند و کار با آنها ایمن‌تر و ساده‌تر است (شکل ۹). فلز در بوته و داخل کوره ذوب می‌شود. در این مرحله، دمای مذاب باید به‌طور دقیق کنترل شود. پایین بودن دمای مذاب می‌تواند باعث پرشدگی ناقص قالب، سرد جوشی و کاهش سیالیت (افزایش گران‌روی) شود و دمای بیش از حد بالا باعث افزایش جذب گاز، اکسیداسیون، افزایش احتمال تخلخل و کاهش کیفیت قطعه خواهد شد.



شکل ۹- ریخته‌گری فلز مذاب در قالب دفنی با مدل نابودشونده



کار با فلز مذاب یکی از خطرناک‌ترین مراحل فرایند ریخته‌گری است؛ بنابراین رعایت ایمنی و احتیاط در این مرحله الزامی است.

- ۱ استفاده از دستکش نسوز، لباس کار، شیلد محافظ صورت و کفش ایمنی ضروری است.
- ۲ ابزار مورد استفاده برای ذوب و ریختن مذاب باید کاملاً خشک و سالم باشد.
- ۳ پیش از ریختن فلز، سرباره‌های موجود روی سطح مذاب باید با استفاده از کف‌گیر یا سرباره‌گیر برداشته شوند تا از ورود ناخالصی‌ها به داخل قالب جلوگیری شود.

ریخته‌گری و تخلیه قالب

پس از آماده شدن مذاب و قالب، مرحله ریختن فلز مذاب آغاز می‌شود. این مرحله حساس‌ترین بخش فرایند ریخته‌گری دفنی با مدل نابودشونده است، هرگونه بی‌دقتی در این مرحله می‌تواند باعث ایجاد عیوب جدی در قطعه یا حتی بروز حادثه شود. زیرا هم‌زمان با ورود مذاب به قالب، مدل پلاستوفومی بر اثر تبخیر از بین رفته و فضای آن به تدریج با فلز مذاب پر می‌شود.

فلز مذاب باید به‌صورت پیوسته، داخل حوضچه بارریز ریخته شود. ریختن مذاب باید بدون وقفه و با سرعت یکنواخت انجام شود تا جریان فلز پایدار باقی بماند. ریختن بسیار سریع باعث آشفته‌گی و افزایش گاز محبوس می‌شود و ریختن بسیار آهسته ممکن است باعث سرد شدن زودهنگام فلز و ناقص‌پوشدگی قالب گردد. هنگام ریختن، فلز مذاب با مدل پلاستوفومی تماس پیدا کرده و باعث تجزیه و تبخیر آن می‌شود. گازهای حاصل از این فرایند از طریق ماسه و مسیرهای پیش‌بینی‌شده از قالب خارج می‌شوند و فضای خالی ایجادشده توسط مدل، به‌طور کامل با فلز پر می‌شود.



به‌صورت گروهی، مراحل مختلف ریخته‌گری دفنی با مدل نابودشونده را مرور کرده و نقش هر مرحله را در کیفیت نهایی قطعه بررسی کنید. هر گروه تلاش کند توضیح دهد که هر مرحله چرا انجام می‌شود، چه خطاهایی ممکن است در آن رخ دهد و این خطاها چگونه می‌توانند باعث ایجاد عیب در قطعه شوند. در پایان، نتیجه‌گیری گروه در مورد اینکه کدام مراحل بیشترین تأثیر را بر کیفیت نهایی دارند، ارائه شود. دربارۀ خطاهای احتمالی هر مرحله، علت ایجاد آنها و تأثیرشان بر کیفیت قطعه بحث کنید. در پایان، نتایج گروه را ارائه داده و مشخص کنید کدام مرحله بیشترین تأثیر را بر کیفیت نهایی قطعه دارد و دلیل خود را بیان کنید.

خروج قطعه از قالب

پس از اطمینان از سرد شدن کامل قطعه، ماسه به آرامی کنار زده می‌شود و قطعه ریخته‌گری‌شده خارج می‌گردد. در این مرحله، سیستم راهگامی همچنان به قطعه متصل است و سطح قطعه ممکن است دارای ماسه یا بقایای پوشش نسوز باشد.

قطعه باید با دقت از قالب خارج شود تا از ایجاد آسیب‌های مکانیکی جلوگیری شود. سپس ماسه‌های چسبیده با استفاده از هوای فشرده، برس، فرچه سیمی یا ضربه‌های ملایم جدا می‌شوند.

نکته



در این مرحله، به دلیل حساس بودن قطعه پس از ریخته‌گری به ضربه و متصل بودن راهگاه‌ها به قطعه، هرگونه ضربه یا فشار ناگهانی می‌تواند باعث ایجاد ترک‌های مویی یا شکستگی موضعی در قطعه شود. پیش از شروع تمیزکاری، بررسی چشمی قطعه از نظر کامل بودن شکل و نواحی ناقص و عیوب ظاهری ضروری است؛ زیرا برخی عیوب در اثر تمیزکاری ممکن است پنهان شوند.

تمیزکاری و پرداخت اولیه قطعه

پس از خروج قطعه از ماسه، مرحله تمیزکاری و پرداخت اولیه آغاز می‌شود. در این مرحله، سیستم راهگاهی، حوضچه بارریز و اضافات فلزی از قطعه جدا می‌شوند. این کار معمولاً با استفاده از اره، ابزار برش مناسب انجام می‌گیرد.

پس از جدا کردن اضافات ریخته‌گری مانند تغذیه و راهگاه، سطح قطعه بررسی شده و زوائد یا ناهمواری‌های جزئی با سوهان یا سنگ پرداخت اصلاح می‌شوند. در این مرحله، قطعه برای بازرسی اولیه و ارزیابی کیفیت ریخته‌گری آماده می‌شود. با این وجود، هدف نهایی در این مرحله دستیابی به پرداخت نهایی صنعتی نیست.

نکته



جدا کردن راهگاه‌ها باید به گونه‌ای انجام شود که به بدنه اصلی قطعه آسیب نرسد؛ انتخاب ابزار مناسب و محل صحیح برش و اعمال نیروی کنترل شده، از ایجاد ترک و لب‌پریدگی جلوگیری می‌کند.

کنترل کیفیت اولیه قطعه

کنترل کیفیت اولیه معمولاً به صورت بازرسی چشمی انجام می‌شود. در این مرحله، موارد زیر بررسی می‌شوند:

- کامل بودن شکل و ابعاد قطعه
 - وجود یا عدم وجود ترک‌های سطحی
 - یکنواختی سطح
 - وجود عیوبی مانند تخلخل، مک، عدم پرشدگی، نفوذ ماسه یا سایر ناپیوستگی‌های قابل مشاهده
- در صورت مشاهده هرگونه عیب، باید تلاش شود محل ایجاد آن و علت احتمالی آن را با توجه به مراحل مختلف فرایند ریخته‌گری بررسی و تحلیل کرد.

نکته



در این مرحله انجام آزمون‌های دقیق ابعادی یا غیر مخرب و دستیابی به کیفیت نهایی صنعتی مدنظر نیست.

عیوب رایج در ریخته‌گری دفنی با مدل نابودشونده

با وجود سادگی نسبی این روش، در صورت اجرای نادرست هر یک از مراحل، عیوب مختلفی ممکن است در قطعه ایجاد شود. شناخت این عیوب، بررسی علل ایجاد آنها و آشنایی با روش‌های پیشگیری، به بهبود کیفیت قطعات و اجرای صحیح‌تر فرایند ریخته‌گری کمک می‌کند.

– **عیب نیامد (عدم پرشدگی):**^۱ نیامد زمانی رخ می‌دهد که فلز مذاب نتواند تمام فضای قالب را پر کند. این عیب معمولاً به دلیل دمای پایین فلز مذاب، ریختن آهسته، یا طراحی نامناسب سیستم راهگای ایجاد می‌شود.

– **عیب تخلخل گازی:** به صورت حفره‌های ریز یا درشت در داخل یا سطح قطعه ظاهر می‌شود و معمولاً ناشی از عدم خروج گازهای حاصل از تجزیه مدل پلاستوفومی یا تراکم بیش از حد ماسه است.

نکته



استفاده از پوشش نسوز یکنواخت، طراحی مناسب سیستم راهگای، کنترل سرعت ریختن مذاب و تأمین نفوذپذیری مناسب ماسه، از مهم‌ترین راه‌های کاهش تخلخل گازی هستند.

– **عیب زبری سطح:** این عیب ممکن است به دلیل پوشش نسوز نامناسب، نفوذ ماسه یا کیفیت پایین مدل پلاستوفومی ایجاد شود. هرچه سطح مدل صاف‌تر و پوشش نسوز یکنواخت‌تر باشد، سطح قطعه نیز بهتر خواهد بود.

جدول ۳- عیوب رایج در ریخته‌گری دفنی با مدل نابودشونده، علل و راه‌های کاهش

عیب ریخته‌گری	علت‌های احتمالی	راه‌های کاهش و پیشگیری
نیامد (عدم پرشدگی)	دمای پایین فلز مذاب، ریختن آهسته یا ناپیوسته، طراحی نامناسب سیستم راهگای، سیالیت ناکافی مذاب	افزایش مناسب دمای ذوب، ریختن یکنواخت و بدون وقفه، بهبود طراحی سیستم راهگای
تخلخل گازی	خروج نامناسب گازهای حاصل از سوختن فوم، تراکم بیش از حد ماسه، پوشش نسوز نامناسب	کنترل ضخامت پوشش نسوز، جلوگیری از فشردگی بیش از حد ماسه، ریختن آرام فلز
زبری سطح	پوشش نسوز غیریکنواخت یا نازک، نفوذ دانه‌های ماسه به سطح قطعه، کیفیت پایین مدل پلاستوفومی	اجرای یکنواخت پوشش نسوز، استفاده از مدل پلاستوفومی با کیفیت سطحی بالا، استفاده از ماسه با مش بالا
مک یا حفره انقباضی	تغذیه نامناسب در طراحی نادرست تغذیه و انجماد جهت‌دار نامناسب	بهبود محل ورود مذاب، ریختن یکنواخت و پیوسته
ترک سطحی	سرد شدن ناهمگن قطعه، تنش‌های حرارتی، تنش‌های انقباضی	کنترل سرعت ریختن، پرهیز از شوک حرارتی

تحقیق کنید



یکی از عیوب رایج در ریخته‌گری دفنی با مدل نابودشونده را انتخاب کنید و درباره علت ایجاد، روش تشخیص، نحوه تشخیص آن روی قطعه و تأثیر آن بر خواص و عملکرد یا ظاهر قطعه و راهکارهای پیشگیری از آن تحقیق کرده و نتایج را به کلاس ارائه دهید.

ارزشیابی شایستگی ریخته‌گری دفنی با مدل‌های نابودشونده

نام و نام خانوادگی :			شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۰۷۱۵۲۰	حرفه	متصدیان قالب‌گیری و ریخته‌گری	کد پیمانانه/یودمان	۸۱۲۱۱۲۰۳۴
کد وظیفه شغل	۸۱۲۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	ریخته‌گری با مدل‌های نابود شونده	سطح صلاحیت	۳
کد کار	۸۱۲۱۱۲۰۳۴۱	کار	ریخته‌گری دفنی با مدل‌های نابود شونده	سطح شایستگی	مهارت / تسلط

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی و بررسی مدل پلاستوفومی	ابزار: کولیس یا خط‌کش اندازه‌گیری، کاتر یا تیغ برش، سنباده نرم مواد: مدل پلاستوفومی، چسب مخصوص یونولیت در صورت نیاز تجهیزات: میز کار، گیره نگهدارنده در صورت نیاز، دستکش کار، عینک ایمنی زمان: ۱۵ تا ۳۰ دقیقه مکان: کارگاه مدل‌سازی	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	آماده‌سازی و بررسی دقیق مدل پلاستوفومی با کنترل کامل ابعاد، رفع نواقص و تأیید انطباق کامل با نقشه فنی	۳	
				آماده‌سازی و بررسی قابل قبول مدل با کنترل مناسب ابعاد و رفع نواقص اصلی و عملکرد قابل استفاده	۲	
				آماده‌سازی و بررسی نامناسب مدل همراه با عدم کنترل دقیق ابعاد و وجود نواقص مؤثر بر کیفیت نهایی	۱	
۲	طراحی و نصب صحیح سیستم راهگاهی	ابزار: کاتر یا تیغ برش، کولیس یا خط‌کش اندازه‌گیری، سنباده نرم مواد: قطعات سیستم راهگاهی پلاستوفومی یا مومی، چسب مخصوص اتصال تجهیزات: میز کار، گیره نگهدارنده در صورت نیاز، دستکش کار، عینک ایمنی زمان: ۳۰ تا ۴۵ دقیقه مکان: کارگاه مدل‌سازی، کارگاه ریخته‌گری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	طراحی و نصب دقیق سیستم راهگاهی با رعایت کامل اصول جریان مذاب و جلوگیری از ایجاد عیوب ریخته‌گری	۳	
				طراحی و نصب قابل قبول سیستم راهگاهی با عملکرد مناسب و رعایت اصول کلی جریان مذاب	۲	
				طراحی و نصب نامناسب سیستم راهگاهی همراه با اختلال در جریان مذاب و ایجاد عیوب در قطعه	۱	
۳	دفن صحیح مدل در ماسه و تراکم یکنواخت	ابزار: بیلچه یا پیمانانه ماسه، میله کوبش دستی مواد: ماسه خشک یا ماسه قالب‌گیری تجهیزات: جعبه قالب، میز قالب‌گیری ویراتور قالب در صورت وجود، دستکش کار، عینک ایمنی، سیستم تهویه زمان: ۱۵ تا ۳۰ دقیقه مکان: کارگاه ریخته‌گری، بخش قالب‌گیری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	دفن صحیح مدل در ماسه با تراکم یکنواخت و حفظ کامل جزئیات مدل مطابق اصول قالب‌گیری	۳	
				دفن قابل قبول مدل در ماسه با تراکم مناسب و حفظ کلی شکل و جزئیات	۲	
				دفن نامناسب مدل همراه با تراکم غیریکنواخت و ایجاد نقص در قالب‌گیری	۱	
۴	ریخته‌گری و خروج قطعه و بررسی اولیه کیفیت	ابزار: چکش سبک، قلم یا ابزار جداسازی، برس سیمی مواد: قطعه ریخته‌گری شده تجهیزات: میز کار، دستگاه برش راهگاه در صورت نیاز زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه مکان: کارگاه ریخته‌گری، بخش تخلیه قالب	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	ریخته‌گری و خروج صحیح قطعه بدون آسیب و انجام بررسی دقیق اولیه کیفیت شامل ابعاد، سطح و عیوب ظاهری	۳	
				ریخته‌گری و خروج قابل قبول قطعه و انجام بررسی اولیه با تشخیص کلی وضعیت کیفیت و عیوب سطحی	۲	
				ریخته‌گری و خروج نامناسب قطعه همراه با آسیب احتمالی و بررسی ناقص یا نادقیق کیفیت اولیه	۱	

۲	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه‌ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست‌محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در تمام مراحل کار	رعایت بندهای ۱ الی ۴
	عدم رعایت اصول ایمنی و استفاده ناقص از تجهیزات فردی، ضعف در نگرش حرفه‌ای شامل بی‌دقتی و بی‌نظمی، بی‌توجهی به الزامات زیست‌محیطی مانند تهویه و نظافت و عدم پایبندی به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در انجام فعالیت‌ها	عدم رعایت موارد ۱ الی ۴

بله	ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)
خیر	

توضیحات:

– معیار شایستگی انجام کار:

– کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۲ و ۳ (مراحل بحرانی)

– کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

– کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

– تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲: ریخته‌گری شابلونی

مقدمه

ریخته‌گری شابلونی روشی در قالب‌گیری است که در آن به جای استفاده از مدل کامل قطعه، از شابلون برای ایجاد شکل قطعه در قالب ماسه‌ای استفاده می‌شود. این روش بیشتر برای تولید قطعات ساده و متقارن به کار می‌رود. در این واحد یادگیری، مراحل ساخت قالب با استفاده از شابلون، ایجاد سیستم راهگاهی، ریختن فلز مذاب در قالب و نکات ایمنی مربوطه به فرایند ریخته‌گری آموزش داده می‌شود. همچنین مهارت‌هایی مانند آماده‌سازی تجهیزات، اجرای صحیح مراحل قالب‌گیری و رعایت اصول ایمنی را کسب می‌کنید.

استاندارد عملکرد

ساخت صحیح قالب شابلونی، ایجاد سیستم راهگاهی مناسب، اجرای ایمن عملیات ریخته‌گری و تولید قطعه‌ای سالم و بدون عیب مطابق استاندارد

ریخته‌گری شابلونی

ریخته‌گری شابلونی یکی از روش‌های شکل‌دهی قالب‌های ماسه‌ای است که در آن، به جای استفاده از مدل کامل قطعه، از شابلون برای ایجاد حفره قالب استفاده می‌شود. این روش برای ساخت قطعات ساده، بزرگ یا متقارن و همچنین در مواردی که ساخت مدل کامل مقرون به صرفه نیست، کاربرد دارد. در این روش، دقت طراحی شابلون، نحوه حرکت آن و کیفیت قالب‌گیری، نقش مهمی در کیفیت نهایی قطعه دارند.

در روش ریخته‌گری شابلونی، به جای آن که مدل کاملی از کل قطعه ساخته شود، از ابزاری به نام شابلون استفاده می‌شود. شابلون، معمولاً مقطع یا پروفیل قطعه را نمایش می‌دهد با حرکت کنترل شده شابلون در داخل ماسه، حفره قالب به تدریج ایجاد شده و شکل موردنظر حاصل می‌شود. این فرایند شباهت زیادی به تراشکاری دارد؛ با این تفاوت که به جای حذف فلز، بخشی از ماسه برداشته می‌شود تا فرم منفی قطعه پدید آید. ریخته‌گری شابلونی بیشتر برای تولید قطعات بزرگ، متقارن و دارای مقطع یکنواخت یا قابل تکرار به کار می‌رود. سادگی ساخت شابلون، کاهش هزینه نسبت به مدل کامل و امکان اصلاح آسان آن، از مهم‌ترین مزایای این روش است.

از نظر نحوه حرکت، شابلون به دو گروه اصلی تقسیم می‌شود:

- شابلون دورانی (چرخشی): با حرکت چرخشی، شکل قالب را ایجاد می‌کند.
- شابلون کششی (خطی): با حرکت مستقیم یا خطی، حفره قالب را تشکیل می‌دهد.

شابلون در ریخته‌گری

شابلون ابزاری است که برای ایجاد شکل محفظه قالب در ماسه به کار می‌رود. برخلاف مدل کامل، شابلون تنها مقطع یا پروفیل قطعه را نمایش می‌دهد و با حرکت کنترل شونده خود، شکل نهایی قالب را ایجاد می‌کند. دقت ساخت شابلون، نحوه هدایت آن و کیفیت سطح تماس با ماسه، از عوامل مؤثر بر دقت ابعادی و کیفیت سطح قطعه هستند.

پس از پایان قالب‌گیری، شابلون از قالب خارج می‌شود و هیچ بخشی از آن در داخل قالب باقی نمی‌ماند. به همین دلیل، اصلاح یا تکرار عملیات قالب‌گیری بدون ساخت مدل جدید امکان‌پذیر است.

شابلون در مقایسه با مدل کامل، ساخت ساده‌تر و هزینه کمتری دارد و پس از پایان قالب‌گیری از قالب خارج می‌شود. بنابراین در قالب باقی نمی‌ماند و می‌توان از آن بارها استفاده کرد. این ویژگی‌ها، شابلون را به ابزاری مناسب برای آموزش اصول قالب‌گیری و تولید برخی قطعات ساده و متقارن تبدیل کرده است.

ریخته‌گری شابلونی، تأکید اصلی بر اصول شکل‌دهی قالب، نحوه حرکت شابلون و تأثیر آن بر کیفیت حفره قالب دارد. به همین دلیل، شناخت مراحل قالب‌گیری و کنترل عوامل مؤثر بر کیفیت قالب اهمیت بیشتری نسبت به ظاهر نهایی قطعه دارد.



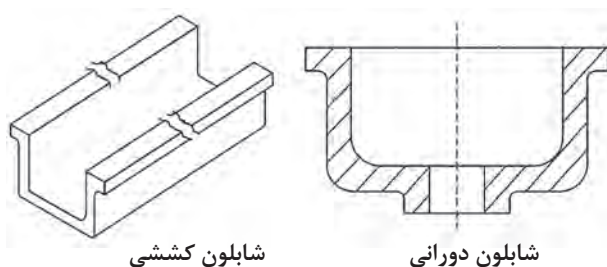
در ریخته‌گری شابلونی، دقت در حرکت ابزار اهمیت بیشتری از پیچیدگی شکل شابلون دارد؛ زیرا شکل نهایی محفظه قالب، حاصل ترکیب هندسه شابلون و نحوه هدایت آن در ماسه است، نه صرفاً فرم ظاهری ابزار. در ریخته‌گری شابلونی، کیفیت و دقت محفظه قالب تنها به شکل شابلون وابسته نیست، بلکه نحوه حرکت و هدایت صحیح شابلون نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل نهایی قالب دارد.

تقسیم‌بندی اصلی شابلون‌ها

شابلون‌های مورد استفاده در ریخته‌گری، بر اساس نوع حرکت و شیوه ایجاد حفره قالب، به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

۱ شابلون‌های دورانی

۲ شابلون‌های کششی (شکل ۱۰).



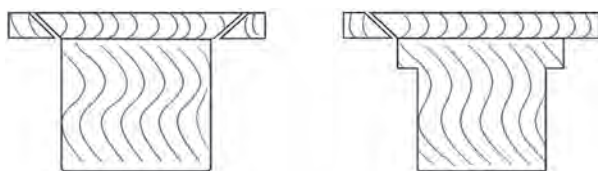
شابلون کششی

شابلون دورانی

شکل ۱۰ - مدل شابلون دورانی و کششی

انتخاب نوع شابلون به شکل هندسی قطعه، روش قالب‌گیری و نحوه حرکت موردنیاز برای ایجاد حفره قالب بستگی دارد. شابلون‌های دورانی برای قطعات دارای تقارن محوری و شابلون‌های کششی برای قطعاتی که با حرکت خطی شکل می‌گیرند، به کار می‌روند.

این تقسیم‌بندی، یکی از مبانی مهم در شناخت عملکرد شابلون‌ها به شمار می‌آید و نقش تعیین‌کننده‌ای در انتخاب روش قالب‌سازی دارد. هر یک از این دو نوع شابلون، متناسب با شکل هندسی قطعه و شرایط قالب‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرند. تیغه شابلون بسته به نوع کاربرد از چوب، تخته چندلایه، فلز یا مواد پلیمری ساخته می‌شود. در کارگاه‌های آموزشی معمولاً از شابلون‌های چوبی استفاده می‌شود، زیرا ساخت آنها ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ - نمونه‌ای از تیغه‌های شابلون‌ها از جنس چوب

تفاوت میان شابلون‌های دورانی و کششی تنها به مسیر حرکت ابزار محدود نمی‌شود، بلکه جنبه‌های متعددی از فرایند ریخته‌گری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نوع قطعه شابلون و میزان دقت ابعادی، کیفیت سطحی قطعه، نحوه کنترل و تراکم ماسه و شیوه هدایت شابلون، همگی با انتخاب نوع شابلون ارتباط مستقیم دارند. از این رو، شناخت صحیح این تقسیم‌بندی، مقدمه‌ای ضروری برای درک عمیق‌تر فرایند قالب‌سازی با شابلون محسوب می‌شود.

علاوه بر این، نوع حرکت شابلون و دقت در هدایت آن از عوامل مؤثر بر کیفیت قالب هستند. در برخی موارد، کنترل یکنواخت حرکت و حفظ تداوم تماس شابلون با ماسه اهمیت بیشتری می‌یابد و در موارد دیگر، دقت در راستای حرکت و جلوگیری از انحراف ابزار نقش اصلی را ایفا می‌کند. به همین دلیل، بررسی جداگانه شابلون‌های دورانی و کششی، امکان تحلیل دقیق‌تر ویژگی‌ها، مزایا و محدودیت‌های هر روش را فراهم می‌سازد.

در ادامه ویژگی‌ها، کاربردها، مزایا و محدودیت‌های هر یک از انواع شابلون‌ها به‌طور جداگانه بررسی می‌شود.

چرا در ریخته‌گری شابلونی، نوع حرکت شابلون (دورانی یا کششی) بر کیفیت سطح، دقت ابعادی و شکل نهایی قالب اثر می‌گذارد؟ با ذکر یک مثال توضیح دهید.

پرسش کلاسی



شابلون‌های دورانی

شابلون دورانی نوعی شابلون است که برای ایجاد محفظه قالب، حول یک محور ثابت به حرکت دورانی درمی‌آید. در این روش، شابلون پروفیل (مقطع) قطعه را نمایش می‌دهد و با چرخش تدریجی آن در ماسه قالب، حفره کامل قالب موردنظر شکل می‌گیرد. در واقع، شکل نهایی قطعه نتیجه ترکیب هندسه شابلون و حرکت چرخشی آن در محیط ماسه است.

این نوع شابلون به‌طور خاص برای قطعاتی به کار می‌رود که دارای تقارن دورانی هستند. قطعات با تقارن محوری به قطعاتی اطلاق می‌شود که با چرخش حول محور مرکزی خود، شکل هندسی آنها تغییر نمی‌کند. همین ویژگی باعث می‌شود که استفاده از شابلون دورانی، روشی دقیق، قابل کنترل و مناسب برای ایجاد چنین اشکالی در قالب ماسه‌ای باشد.

کاربرد شابلون‌های دورانی

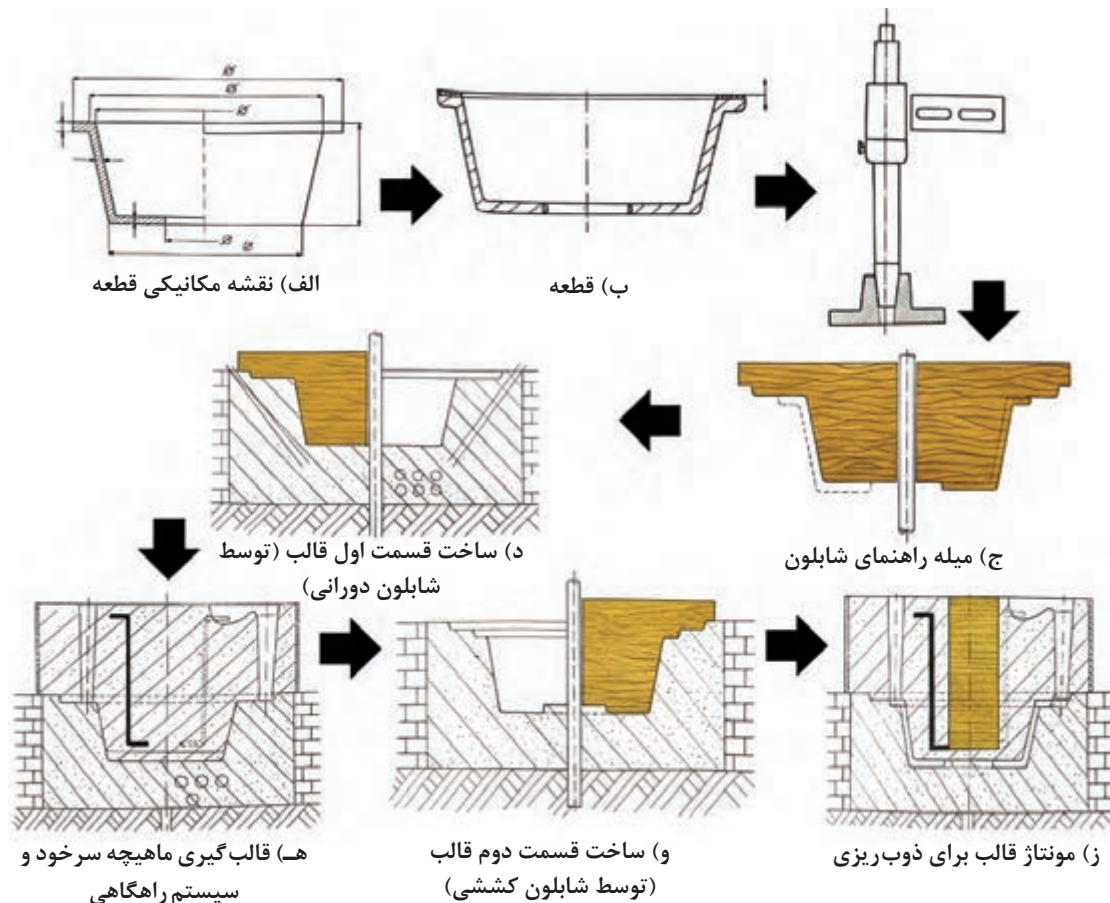
شابلون‌های دورانی برای ساخت قطعاتی با تقارن محوری به کار می‌روند مانند پولی‌ها، چرخ‌ها، بوش‌ها و سایر قطعات دایره‌ای.

استفاده از شابلون‌های دورانی به دلیل سادگی ساخت شابلون، کاهش هزینه نسبت به ساخت مدل کامل، دقت مناسب در شکل‌دهی حفره قالب و تکرارپذیری مطلوب، برای تولید قطعات با هندسه دورانی روش مناسب و اقتصادی به‌شمار می‌رود.

روش شکل دهی قالب با شابلون دورانی

در روش شکل دهی قالب با شابلون دورانی، ابتدا محور دوران شابلون به طور دقیق در مرکز درجه یا محفظه قالب نصب و تثبیت می شود. پس از آن، شابلون در مرکز قالب قرار گرفته و به صورت تدریجی و کنترل شده حول محور خود به حرکت درمی آید. هم زمان با این چرخش، ماسه اطراف شابلون تحت تأثیر تماس پیوسته ابزار، به تدریج شکل گرفته و یک قالب ایجاد می شود.

در این مرحله، کیفیت نهایی محفظه قالب به نحوه حرکت شابلون و میزان کنترل بر فرایند شکل دهی وابستگی مستقیم دارد؛ به همین دلیل حرکت شابلون باید یکنواخت و پیوسته باشد تا سطح قالب به صورت همگن شکل بگیرد. رعایت یکنواختی حرکت در تمام طول دوران، ثابت نگه داشتن فشار وارد شده هنگام تماس با ماسه و پرهیز از حرکات ناگهانی، توقف های ناخواسته یا تغییر جهت های سریع از نکات کلیدی این فرایند به شمار می رود. چنانچه چرخش یا حرکت شابلون نامنظم باشد یا فشار به صورت غیر یکنواخت اعمال شود، ناصافی سطح محفظه قالب، تغییر ضخامت دیواره ها و در نهایت کاهش کیفیت قطعه ریخته گری شده را به دنبال خواهد داشت (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- مراحل شکل دهی قالب با شابلون دورانی



ساخت قالب با استفاده از شابلون دورانی (نیم‌رخ دیسک)

مواد و تجهیزات مورد نیاز: شابلون دورانی با شکل نیم‌رخ دیسک، محور دوران، درجه قالب، کوبه، کاردک، ابزار پاشنه‌ای و قاشقی، ماسه قالب‌گیری با رطوبت مناسب، کارد تسمه

مراحل انجام کار:

- ۱ ابتدا ماسه قالب را در جعبه قالب ریخته و آن را به‌طور یکنواخت متراکم کنید تا سطحی صاف و مناسب برای قالب‌سازی ایجاد شود.
- ۲ محل مرکز قطعه را در قالب مشخص کرده و محور چرخش شابلون را در این نقطه قرار دهید.
- ۳ شابلون دورانی که دارای شکل نیم‌رخ دیسک است را به محور متصل کنید. این شابلون شعاع و ضخامت قطعه را مشخص می‌کند.
- ۴ شابلون را به آرامی حول محور مرکزی بچرخانید تا با حرکت دورانی آن، ماسه اضافی برداشته شده و حفره‌ای با شکل کامل دیسک در ماسه ایجاد شود.
- ۵ هنگام چرخش، فشار دست و سرعت حرکت را یکنواخت نگه دارید تا سطح حفره ایجاد شده صاف و دقیق باشد.
- ۶ پس از تکمیل چرخش، قالب ایجاد شده را از نظر شکل، یکنواختی سطح و تطابق با ابعاد موردنظر بررسی کنید و در صورت نیاز اصلاحات لازم را انجام دهید.

نکات ایمنی و بهداشت:

- هنگام چرخاندن شابلون، مراقب باشید دست‌ها با لبه‌های جعبه قالب برخورد نکنند.
- از ایجاد گرد و غبار ماسه و استنشاق آن جلوگیری کنید.
- پس از پایان فعالیت، ابزارها را تمیز کرده و در محل مناسب قرار دهید.

در صنایع ریخته‌گری، اصل عملکرد شابلون‌های دورانی در ماشین‌های قالب‌گیری و دستگاه‌های فرم‌دهی محوری نیز به‌کار گرفته می‌شود. در این تجهیزات، به‌جای شابلون دستی، ابزارهای مکانیزه با حرکت کنترل شده، حفره قالب را با دقت و تکرارپذیری بیشتری ایجاد می‌کنند.



شابلون‌های کششی

شابلون کششی ابزاری است که در فرایند ساخت قالب ماسه‌ای برای ایجاد شکل محفظه قالب، به‌صورت حرکت خطی و یکنواخت در امتداد مسیر مشخص مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش، برخلاف شابلون‌های دورانی که حول محور مرکزی می‌چرخند، شابلون کششی هیچ‌گونه دوران ندارد و صرفاً با حرکت مستقیم، پروفیل مورد نظر از قطعه را در ماسه قالب ایجاد می‌کند. ماهیت عملکرد شابلون کششی مبتنی بر جابه‌جایی تدریجی آن در طول مسیر قالب است؛ به نحوی که تماس پیوسته بین سطح شابلون و ماسه، موجب شکل‌گیری محفظه‌ای با مقطع دقیق و یکنواخت می‌شود. این شیوه، برای قطعاتی که دارای طول قابل توجه و فرم هندسی خطی هستند کاربرد فراوان دارد به دلیل سادگی حرکت، کنترل آسان و امکان ایجاد مقاطع یکنواخت، شابلون‌های کششی در قالب‌گیری بسیاری از قطعات با هندسه خطی کاربرد دارند.

کاربرد شابلون‌های کششی

شابلون‌های کششی برای ایجاد محفظه قالب قطعاتی به کار می‌روند که دارای امتداد خطی قابل توجه بوده و طول آنها نسبت به سایر ابعاد بیشتر است. در این قطعات، مقطع در طول مسیر تغییر محسوسی ندارد و شکل آن در تمام طول قطعه تقریباً یکنواخت باقی می‌ماند. علاوه بر این، هندسه چنین قطعاتی معمولاً دارای تقارن در امتداد یک محور خطی است؛ به همین دلیل می‌توان با حرکت خطی شابلون در طول مسیر مشخص، حفره‌ای با شکل و ابعاد یکنواخت در قالب ماسه‌ای ایجاد کرد.

از نمونه‌های رایج این نوع قطعات می‌توان به صفحات بلند، تیرک‌ها، پایه‌های مستطیلی یا قطعات دارای سطح مستقیم اشاره کرد. این نوع شابلون‌ها، بیش از هر چیز برای تقویت توان کنترل حرکت دست، حفظ یکنواختی فشار و دقت در مسیر حرکت ابزار مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۱۳).



نمونه شابلون کششی با پروفیل شماره ۲ روی تیغه‌های راهنما



نمونه شابلون کششی با پروفیل شماره ۱ روی تیغه‌های راهنما

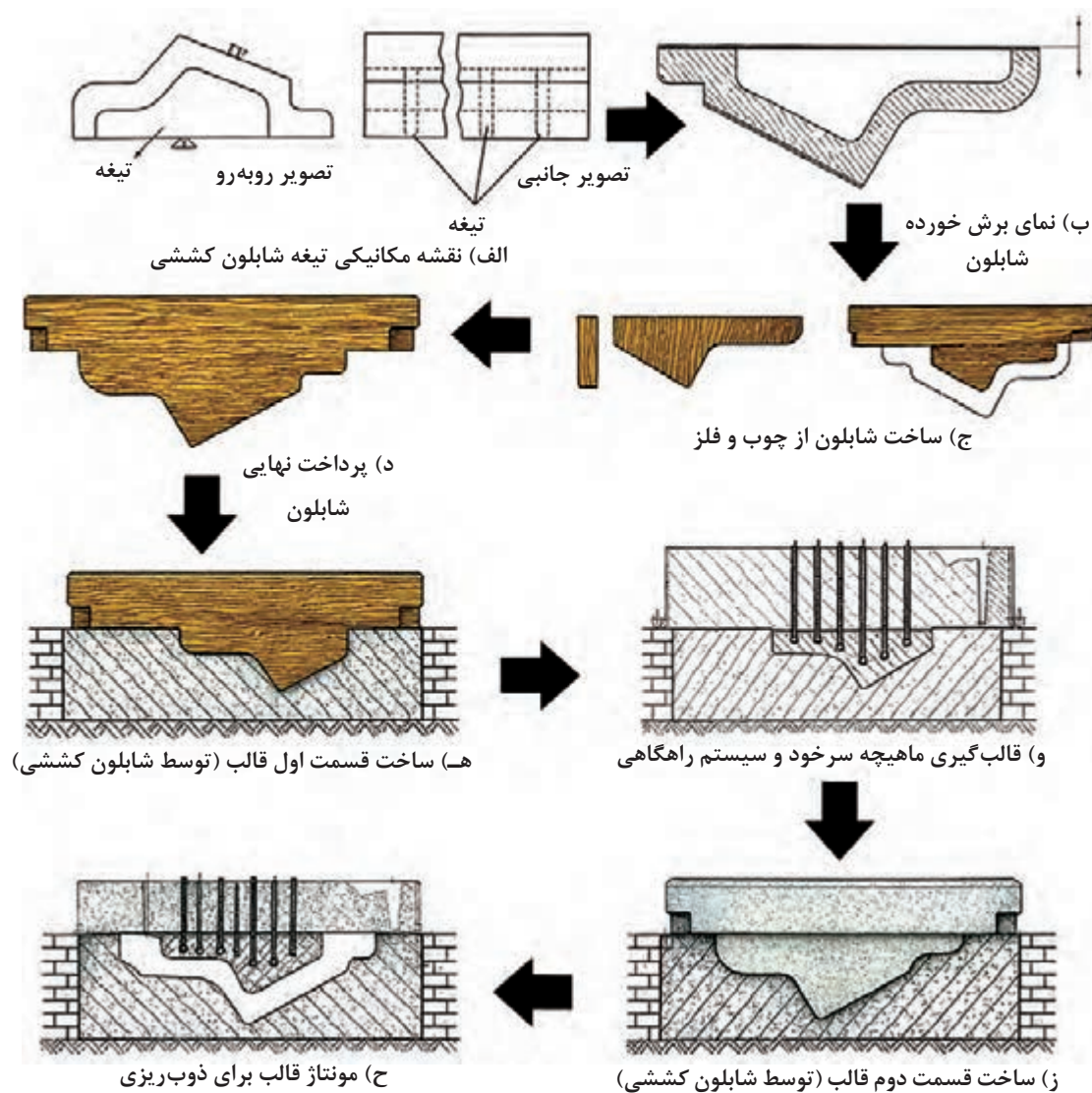
شکل ۱۳- نمونه‌هایی از شابلون‌های کششی نصب شده روی ریل‌های راهنما

شابلون‌های کششی به دلیل سادگی طراحی، سهولت ساخت و کنترل مناسب مسیر حرکت، امکان ایجاد حفره‌هایی با دقت مناسب و کیفیت سطح یکنواخت را فراهم می‌کنند. همچنین، تغییر پارامترهایی مانند سرعت حرکت، فشار اعمالی و نحوه تماس شابلون با ماسه، بر کیفیت نهایی قالب اثر مستقیم دارد.

روش شکل‌دهی قالب با شابلون کششی

در روش شکل‌دهی قالب با شابلون کششی، ابتدا مسیر حرکت شابلون روی سطح ماسه مشخص می‌شود. سپس شابلون با تماس یکنواخت با سطح ماسه و با سرعتی ثابت و در امتداد مسیر تعیین شده حرکت می‌کند. در جریان این حرکت، فرم هندسی و عمق مورد نظر از قطعه به تدریج در ماسه ایجاد می‌گردد.

- در اجرای این روش رعایت چند نکته فنی اهمیت ویژه‌ای دارد:
- مسیر حرکت شابلون باید از پیش تعیین و هموار باشد تا حرکت آن بدون لرزش انجام شود.
 - فشار وارد شده به شابلون از سوی دست یا دستگاه نگهدارنده باید یکنواخت باقی بماند تا سطح قالب دارای ضخامت ثابت باشد.
 - از توقف، تغییر ناگهانی سرعت یا تغییر مسیر حرکت شابلون باید خودداری شود، زیرا می‌تواند منجر به ریزش یا تخریب جداره‌های ماسه‌ای قالب گردد (شکل ۱۴).
 - حرکت نامنظم شابلون می‌تواند باعث ناصافی سطح، تغییر ضخامت دیواره‌های حفره و کاهش دقت ابعادی قالب شود.



شکل ۱۴- مراحل شکل‌دهی محفظه قالب با استفاده از شابلون کششی



ساخت قالب مستطیل از شابلون کششی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: شابلون با مقطع مستطیلی (چوبی یا فلزی)، درجه قالب یا سطح صاف کارگاهی، کوبه، خط کش فلزی یا ریل راهنما، کاردک برای پرداخت نهایی، ماسه قالب آماده شده با رطوبت و چسبندگی مناسب

مراحل انجام کار:

- ۱ ابتدا بستر ماسه را درون جعبه قالب آماده کرده و سطح آن را به صورت اولیه صاف کنید.
- ۲ شابلون با مقطع مستطیلی را در نقطه شروع حرکت قرار دهید.
- ۳ با استفاده از یک خط کش یا تیغه راهنما، مسیر حرکت شابلون را مشخص کنید تا از انحراف جلوگیری شود.
- ۴ شابلون را با فشار یکنواخت و سرعت ثابت در یک مسیر خطی مستقیم روی ماسه بکشید.
- ۵ در طول مسیر، سرعت حرکت و فشار وارد بر شابلون را یکنواخت نگه دارید تا حفره قالب با عمق و ابعاد یکنواخت ایجاد شود.
- ۶ کیفیت سطح، یکنواختی ابعاد و صافی دیواره ها و کف حفره قالب را بررسی کنید.
- ۷ برای تسلط بیشتر بر دقت حرکتی، تمرین را چندین بار با سرعت ها و فشارهای مختلف تکرار کنید تا بهترین وضعیت برای رسیدن به کیفیت مطلوب را شناسایی کنید.
- ۸ ابعاد و شکل حفره ایجاد شده را با ابعاد طراحی شده یا پروفیل شابلون مقایسه کرده و میزان دقت اجرای کار را گزارش کنید.

نکات ایمنی و بهداشت:

- هنگام کشیدن شابلون، مراقب باشید دست شما با لبه های تیز درجه برخورد نکند.
- برای جلوگیری از خستگی و آسیب به مچ دست، بدن را در وضعیت ارگونومیک و مسلط نسبت به میز کار قرار دهید.
- از استنشاق گردوغبار برخاسته از ماسه خودداری کنید.
- پس از پایان کار، محیط را تمیز کرده و ذرات ماسه را از روی ریل ها یا راهنماها پاک کنید.



رسم پروفیل قطعه و بررسی قابلیت ساخت آن با شابلون کششی و شابلون دورانی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: مداد یا ماژیک ترسیمی، خط کش و پرگار، کاغذ رسم یا دفتر کارگاهی، پاک کن، خط کش منحنی (در صورت نیاز)

مراحل انجام کار:

- ۱ ابتدا یک قطعه کشیده با مقطع یکنواخت انتخاب کنید (مانند دسته ها، میله ها یا قطعات طویل صنعتی).
- ۲ نمای نیم رخ قطعه را با استفاده از خط کش و ابزار ترسیمی روی کاغذ رسم کنید. پروفیل و ابعاد اصلی قطعه را ترسیم کنید.
- ۳ مسیر حرکت شابلون کششی را روی پروفیل ترسیم کنید و نشان دهید که چگونه حرکت خطی شابلون باعث ایجاد حفره قالب می شود.

- ۴] سپس بررسی کنید که آیا همین قطعه با استفاده از شابلون دورانی نیز قابل ساخت است یا خیر.
- ۵] در صورتی که قطعه دارای تقارن محوری باشد، امکان ساخت آن با شابلون دورانی نیز وجود دارد؛ در غیراین صورت، دلیل مناسب نبودن این روش را توضیح دهید.
- ۶] نتیجه بررسی خود را همراه با دلایل انتخاب هر روش و مقایسه قابلیت ساخت قطعه با هر دو روش شابلون‌کشی و شابلون‌زنی دورانی گزارش کنید.

نکات ایمنی و بهداشت:

- هنگام کار با ابزار ترسیمی تیز (پرگار و کاتر، در صورت استفاده) مراقب انگشتان خود باشید.
- روی میز صاف و پایدار رسم کنید تا دقت کار افزایش یابد.
- وسایل ترسیمی را پس از پایان کار مرتب و در جای مشخص قرار دهید.

مقایسه شابلون دورانی و کششی

جدول ۴- مقایسه دو نوع شابلون

ویژگی	شابلون کششی	شابلون دورانی
نوع حرکت	خطی	چرخشی
نوع قطعه	کشیده	متقارن دورانی
کنترل حرکت	نیازمند هدایت دقیق در مسیر خطی	نیازمند کنترل یکنواخت حرکت دورانی
کاربرد اصلی	قطعات با امتداد خطی	قطعات دارای تقارن محوری
مهارت مورد نیاز	کنترل دقیق حرکت خطی	کنترل حرکت دورانی

انتخاب مناسب‌ترین روش شابلون‌کاری (دورانی یا کششی) براساس شکل هندسی قطعه و تحلیل قابلیت ساخت آن

- ۱] هنرجویان در گروه‌های کوچک (۲ تا ۴ نفره) تقسیم شوند.
- ۲] هر گروه یک قطعه ساده را انتخاب کند؛ مانند شابلون دورانی: دیسک، پولی، حلقه، بوش، شابلون کششی، تیرک، ناودانی، صفحه مستطیلی، قطعات با مقطع ثابت.
- ۳] هر گروه ابتدا نوع تقارن قطعه را بررسی کند:
 - آیا قطعه دارای تقارن محوری است؟
 - آیا شکل آن در امتداد طول یکنواخت است؟
- ۴] سپس گروه تعیین کند که ساخت قطعه با کدام روش مناسب‌تر است:
 - شابلون دورانی (برای قطعات با تقارن محوری مانند دیسک، چرخ، حلقه و قطعات گرد)
 - شابلون کششی (برای قطعات کشیده با مقطع یکنواخت در طول مسیر)



۵] هر گروه مسیر حرکت شابلون را تحلیل کرده و توضیح دهد:

- در روش دورانی، شابلون حول محور می چرخد.

- در روش کششی، شابلون در مسیر خطی و مستقیم حرکت می کند.

۶] گروه با مقایسه دو روش، دلایل انتخاب خود را بیان می کند؛ این دلایل شامل:

- نوع هندسه و تقارن قطعه

- سهولت ایجاد حفره قالب

- دقت ابعادی و کیفیت سطح نهایی

- میزان کنترل موردنیاز بر حرکت شابلون

- احتمال بروز خطا در شکل دهی قالب

۷] در پایان، هر گروه نتیجه تحلیل خود را به صورت کوتاه و دقیق ارائه می دهد.

مراحل مشترک پس از شکل دهی قالب

پس از آن که قالب از طریق شابلون دورانی یا کششی شکل گرفت، مجموعه ای از عملیات تکمیلی انجام می شود تا قالب برای عملیات ریخته گری آماده گردد. این مراحل در هر دو روش، از نظر ترتیب و منطق اجرایی مشابه بوده و رعایت صحیح آنها تأثیر چشمگیری بر کیفیت قطعه نهایی دارد. مراحل مشترک پس از شکل دهی قالب عبارت اند از:

الف) ایجاد سیستم راهگاهی: پس از تشکیل حفره اصلی، کانال ها و محفظه های لازم برای هدایت فلز مذاب (شامل راهگاه اصلی، راهگاه فرعی و تغذیه) به دقت تعبیه می شوند تا فلز مذاب به صورت یکنواخت و بدون آشفتگی جریان یابد.

ب) ریختن فلز مذاب در قالب: فلز مذاب با دمای مناسب و به صورت یکنواخت در قالب ریخته می شود. کنترل دما، سرعت و زمان ریختن نقش تعیین کننده ای در کیفیت قطعه دارد.

ج) سرد شدن و انجماد قطعه: قالب پس از پر شدن باید به اندازه کافی زمان داشته باشد تا فلز مذاب به صورت کامل منجمد گردد. سرعت سرد شدن بر ساختار دانه بندی و استحکام قطعه تأثیر مستقیم دارد.

د) خروج قطعه از قالب: پس از انجماد کامل، قالب تخریب شده و قطعه از آن خارج می شود. در این مرحله دقت باید به گونه ای باشد که قطعه دچار آسیب یا لب پریدگی نشود.

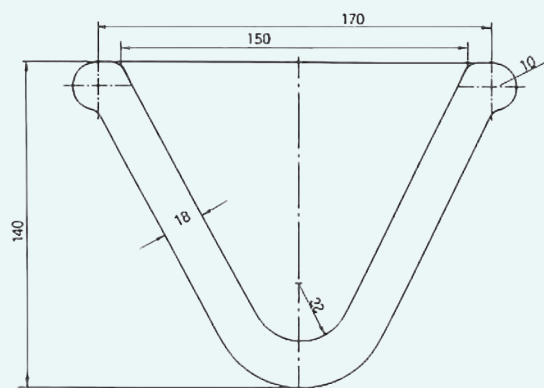
ه) تمیزکاری و بازرسی نهایی: در پایان، ماسه های چسبیده به سطح قطعه و زائده های اضافی ناشی از راهگاه ها و تغذیه ها حذف می شوند. سپس قطعه از نظر ابعاد، صافی سطح و کیفیت ظاهری مورد بررسی قرار می گیرد.

در هر دو روش (دورانی و کششی)، کیفیت شکل دهی اولیه قالب، پایه دستیابی به دقت ابعادی و کیفیت سطح مناسب است. هرگونه ناهماهنگی در حرکت شابلون یا اجرای نادرست مراحل قالب گیری، می تواند کیفیت نهایی قطعه را کاهش دهد.



قالب‌گیری و ریخته‌گری قطعه شکل زیر با استفاده از شابلون کششی

مواد و تجهیزات موردنیاز: شابلون کششی مطابق شکل قطعه، جعبه قالب، ماسه قالب‌گیری با رطوبت مناسب، کوبه، خط‌کش یا ریل راهنما، کاردک و کارد تسمه، ابزار پاشنه‌ای و قاشقی، بوته و تجهیزات ذوب، وسایل حفاظت فردی (دستکش نسوز، عینک ایمنی، پیش‌بند، کفش ایمنی)، ماسه قالب با رطوبت مناسب، فلز مذاب (مطابق دستور کارگاه)



مراحل انجام کار:

- ۱ ابتدا ماسه قالب را با رطوبت مناسب آماده کرده و آن را در درجه قالب به صورت یکنواخت بریزید.
- ۲ ماسه را به کمک کوبه، به طور کامل متراکم کرده و سطح آن را صاف کنید.
- ۳ شابلون کششی را در نقطه شروع مسیر قرار داده و با استفاده از خط‌کش یا ریل راهنما، مسیر حرکت مستقیم آن را مشخص کنید.
- ۴ شابلون را با فشار یکنواخت و سرعت ثابت در مسیر تعیین شده روی ماسه حرکت دهید تا محفظه قالب مطابق شکل قطعه ایجاد شود.
- ۵ پس از پایان حرکت شابلون، کیفیت حفره ایجاد شده را از نظر یکنواختی، صاف بودن دیواره‌ها و کامل بودن شکل بررسی کنید و در صورت نیاز اصلاحات لازم را انجام دهید.
- ۶ سیستم راهگاهی شامل راهگاه اصلی، راهگاه فرعی و حوضچه بارریز را مطابق طرح در قالب ایجاد کنید.
- ۷ پس از آماده شدن قالب، فلز مذاب را با رعایت کامل و به آرامی در قالب بریزید.
- ۸ پس از سرد شدن فلز، قالب را باز کرده و قطعه ریخته‌گری شده را خارج کنید.
- ۹ قطعه تولید شده را از نظر شکل، دقت ابعادی، کیفیت سطح و وجود عیوب ظاهری بررسی و نتایج را ثبت کنید.

نکات ایمنی و بهداشت:

- هنگام کار با ماسه قالب از ایجاد گردوغبار و استنشاق آن خودداری کنید.
- در زمان ریخته‌گری حتماً از دستکش نسوز، عینک ایمنی و کفش ایمنی استفاده کنید.
- هنگام حرکت دادن شابلون مراقب برخورد دست با لبه‌های جعبه قالب باشید.
- محیط کار را مرتب نگه دارید و پس از پایان کار ابزارها را در محل مناسب قرار دهید.

■ کنترل کیفیت و بررسی عیوب

کنترل کیفیت در ریخته‌گری شابلونی به منظور ارزیابی کیفیت قالب، شناسایی عیوب احتمالی و بررسی کیفیت نهایی قطعه انجام می‌شود. در این مرحله، هرگونه ناهماهنگی در حرکت شابلون، میزان تراکم ماسه، نحوه اعمال فشار و کیفیت سطح حفره قالب بررسی می‌شود، زیرا این عوامل به‌طور مستقیم بردقت ابعادی، کیفیت سطح، استحکام و شکل نهایی قطعه تأثیر می‌گذارند. نتایج حاصل از این بررسی می‌تواند در شناسایی علل ایجاد عیوب، اصلاح فرایند قالب‌گیری و بهبود کیفیت قطعات و ریخته‌گری مورد استفاده قرار گیرد. هرگونه خطا یا ناهماهنگی در نحوه حرکت شابلون، نوع فشردگی ماسه یا زاویه تماس ابزار، به شکل مشخصی در سطح و ابعاد قطعه بازتاب می‌یابد.

از جمله عیوب رایج در قالب‌های شابلونی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

– **ناصافی سطح:** ناشی از حرکت ناپیوسته یا لرزش شابلون در هنگام شکل‌دهی قالب که موجب کاهش کیفیت سطح قطعه می‌شود.

– **نیامد:** در اثر ناهمواری مقطع قالب یا جریان نامناسب فلز مذاب در حفره ایجاد می‌شود.

– **تغییر ضخامت موضعی:** در نتیجه اعمال فشار نامناسب، حرکت غیریکنواخت شابلون یا تغییر مسیر حرکت آن ایجاد می‌شود و موجب اختلاف ضخامت در بخش‌های مختلف قطعه می‌شود. بررسی و شناسایی این عیوب، امکان اصلاح فرایند قالب‌گیری، بهبود عملکرد شابلون، کنترل بهتر شرایط تولید و در نهایت افزایش کیفیت قطعات ریخته‌گری را فراهم می‌کند.

قالب‌گیری و ریخته‌گری شابلونی

رعایت اصول ایمنی در فرایند قالب‌گیری و ریخته‌گری شابلونی ضروری است؛ زیرا وجود فلز مذاب، تجهیزات مکانیکی، دمای بالا و ماسه مرطوب می‌تواند خطرات جدی ایجاد کند. مهم‌ترین نکات ایمنی و بهداشت عبارت‌اند از:

– استفاده از تجهیزات حفاظت فردی شامل دستکش نسوز، کفش ایمنی، عینک محافظ و پیش‌بند مقاوم در برابر حرارت و لباس کار مناسب.

– اطمینان از خشک بودن کامل ماسه، شابلون‌ها، قالب و ابزارها، زیرا وجود رطوبت در تماس با فلز مذاب می‌تواند موجب تبخیر ناگهانی آب و پاشش فلز مذاب و بروز حادثه خطرناک شود.

– کنترل صحیح حرکت شابلون و توجه به موقعیت دست‌ها و ابزارها هنگام کار، به‌منظور جلوگیری از برخورد با لبه‌های قالب یا آسیب‌دیدگی.

– هنگام ریختن فلز مذاب، رعایت فاصله ایمن از قالب، جلوگیری از تجمع افراد در اطراف محل ریخته‌گری و بازنگه‌داشتن مسیرهای عبور.

– تأمین تهویه مناسب در محیط کارگاه، به‌ویژه در مراحل ذوب و ریخته‌گری برای جلوگیری از تجمع دود، بخارات و گازهای حاصل از فرایند.

– حفظ نظافت محیط کار، جمع‌آوری ماسه‌های ریخته‌شده و حذف موانع از مسیرهای رفت و آمد.

– نگهداری و بازرسی دوره‌ای شابلون‌ها، ابزارها و تجهیزات و قراردادن آنها در محل مناسب پس از پایان کار. رعایت اصول ایمنی و بهداشت، علاوه بر حفظ سلامت افراد، موجب کاهش حوادث، افزایش کیفیت عملیات قالب‌گیری و ریخته‌گری و بهبود بهره‌وری در محیط کار می‌شود.

نکات
ایمنی و بهداشتی





تحلیل عیوب قطعات ریخته‌گری شده و ارزیابی کیفیت سطح در قالب‌گیری شابلونی مواد و تجهیزات مورد نیاز: قطعات ریخته‌گری شده (تولیدشده با شابلون دورانی و کششی)، کولیس، خط‌کش فلزی، ذره‌بین، فرم ثبت نتایج یا گزارش ارزیابی کیفیت

مراحل انجام کار:

- ۱ **بررسی چشمی:** قطعات تولید شده را به‌دقت بررسی کنید. هرگونه ناصافی، فرورفتگی، برآمدگی یا تغییر در بافت سطح قطعه را شناسایی کنید.
- ۲ **اندازه‌گیری ابعادی:** با استفاده از کولیس، ضخامت قطعه را در چندین نقطه (ابتدا، وسط، انتها یا در زوایای مختلف قطعه دورانی) اندازه‌گیری کنید تا میزان یکنواختی ضخامت و انحراف از ابعاد طراحی شده مشخص شود.
- ۳ **تحلیل علت بروز عیوب:** بر اساس مشاهدات، علت عیوب را با توجه به متغیرهای زیر تحلیل کنید:
- تغییر ضخامت: آیا این عیب ناشی از فشار غیریکنواخت بر شابلون تغییر سرعت حرکت یا انحراف از مسیر تعیین شده بوده است؟
- ناصافی سطح: آیا وجود ناخالصی در ماسه، لرزش شابلون یا تماس غیریکنواخت شابلون با ماسه باعث ایجاد این عیب شده است؟
- خطاهای حرکتی: آیا مسیر حرکت شابلون در تمام طول عملیات مطابق مسیر طراحی شده بوده است؟ (در شابلون کششی مسیر مستقیم و در شابلون دورانی حرکت حول محور مرکزی)
۴ ثبت نتایج: یافته‌های خود را در جدول زیر یا به‌صورت گزارش مکتوب ثبت کنید.

نام قطعه	محل عیب	تحلیل علت بروز عیب (مرتبط با حرکت شابلون)	راهکار پیشنهادی
دورانی			
کششی			

۵ **بحث گروهی:** بهترین روش برای حفظ یکنواختی حرکت، فشار و سرعت شابلون را در هر دو روش استخراج کنید.

نکات ایمنی و بهداشت:

- هنگام بررسی قطعات (به‌ویژه لبه‌های تیز یا پلیسه‌ها)، از دستکش ایمنی استفاده کرده و مراقب بریدگی دست باشید.
- از دستکش کار استفاده کنید.
- از ابزارهای اندازه‌گیری مطابق دستورالعمل استفاده کرده و پس از پایان کار، آنها را تمیز و در محل مناسب نگهداری کنید.
- در صورت استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری حساس، پس از پایان کار آنها را تمیز کرده و در جعبه مخصوص قرار دهید.
- محیط کار را از خرده ماسه‌ها، پلیسه‌ها و ضایعات ریخته‌گری پاک‌سازی کنید تا از بروز حوادث جلوگیری شود.

ارزشیابی شایستگی ریخته‌گری شابلونی

نام و نام خانوادگی:				شماره ملی:	تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۰۷۱۵۲۰	حرفه	متصدیان قالب‌گیری و ریخته‌گری	کد پیمان/پودمان	۸۱۲۱۱۲۰۳۴
کد وظیفه شغل	۸۱۲۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	ریخته‌گری با مدل‌های ناپود شونده	سطح صلاحیت	۳
کد کار	۸۱۲۱۱۲۰۳۴۲	کار	ریخته‌گری شابلونی	سطح شایستگی	مهارت/تسلط

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی ماسه و جعبه قالب	ابزار: بیلچه یا پیمان، الک ماسه، ظرف اندازه‌گیری مواد: ماسه قالب‌گیری، چسب یا بنتونیت، آب در صورت نیاز، پودر جداکننده تجهیزات: جعبه قالب (فلاسک)، صفحه زیرقالب، میز قالب‌گیری، میکسر ماسه در صورت وجود، دستکش کار، عینک ایمنی، سیستم تهویه زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه مکان: کارگاه قالب‌گیری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	آماده‌سازی دقیق ماسه و جعبه قالب با کنترل کامل رطوبت، یکنواختی ماسه و سلامت و تمیزی جعبه قالب آماده‌سازی قابل قبول ماسه و جعبه قالب با شرایط مناسب برای انجام قالب‌گیری و عملکرد قابل استفاده آماده‌سازی نامناسب ماسه و جعبه قالب همراه با ناهماهنگی در ماسه و نقص در شرایط قالب‌گیری	۳	
					۲	
					۱	
۲	انتخاب صحیح نوع شابلون(دورانی یا کششی)	ابزار: خط‌کش، کولیس یا ابزار اندازه‌گیری، ابزار علامت‌گذاری مواد: شابلون فلزی یا چوبی مناسب تجهیزات: میز کار، پایه نگهدارنده شابلون زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه مکان: کارگاه قالب‌گیری، بخش شابلون‌کاری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	انتخاب شابلون مناسب با شکل کلی قطعه و ایجاد قالب با کیفیت قابل قبول انتخاب نامناسب شابلون و عدم تطابق با شکل قطعه و ایجاد نقص در سطح قالب دقیق و یکنواخت	۳	
					۲	
					۱	
۳	استقرار شابلون و شکل دمی حفره قالب	ابزار: شابلون (دورانی یا کششی)، ابزار قالب‌گیری مواد: ماسه قالب‌گیری آماده تجهیزات: جعبه قالب (فلاسک)، میز قالب‌گیری، پایه یا محور نگهدارنده شابلون (در صورت نیاز) زمان: ۲۰ تا ۴۰ دقیقه مکان: کارگاه قالب‌گیری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	استقرار دقیق و تراز شابلون، حرکت یکنواخت و کنترل شده و ایجاد حفره قالب مطابق پروفیل قطعه با سطح یکنواخت و بدون نقص استقرار نامناسب شابلون و حرکت قابل قبول در شکل‌دهی و ایجاد حفره قالب با کیفیت قابل استفاده استقرار نادرست شابلون و عدم تطابق حفره قالب با پروفیل قطعه همراه با تخریب یا ریزش ماسه	۳	
					۲	
					۱	
۴	ایجاد سیستم راهگاهی مناسب	ابزار: میله راهگاه، کاردک یا فاشک قالب‌گیری، مال، خط‌کش یا ابزار اندازه‌گیری مواد: ماسه قالب‌گیری، پودر جداکننده تجهیزات: جعبه قالب (فلاسک)، میز قالب‌گیری زمان: ۱۵ تا ۳۰ دقیقه مکان: کارگاه قالب‌گیری، ریخته‌گری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	طراحی و اجرای کامل سیستم راهگاهی شامل حوضچه بارز، راهگاه اصلی، فرعی و درگاه با ابعاد صحیح، رعایت نسبت‌های استاندارد و تأمین جریان یکنواخت مذاب ایجاد اجزای اصلی سیستم راهگاهی با ابعاد قابل قبول و مسیر مناسب جریان مذاب و قابلیت استفاده در فرایند ریخته‌گری عدم طراحی یا اجرای صحیح سیستم راهگاهی همراه با اختلال در جریان مذاب و عدم آمادگی قالب برای ریخته‌گری	۳	
					۲	
					۱	
۵	ریختن ایمن و صحیح مذاب	ابزار: پاتیل ریخته‌گری، انبر پاتیل، میله همزن نسوز مواد: مذاب فلزی مناسب (مانند آلومینیوم یا چدن)، پودر فلاسک در صورت نیاز تجهیزات: کوره ذوب، دماسنج مذاب (مادون قرمز یا تماسی)، میز یا بستر قالب‌ریزی زمان: ۵ تا ۱۰ دقیقه مکان: کارگاه ذوب و ریخته‌گری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	رعایت کامل اصول ایمنی، کنترل دمای مناسب و ریختن یکنواخت و پیوسته مذاب بدون تلاطم و پاشیدن کامل قالب رعایت اصول ایمنی و ریختن قابل قبول مذاب با کنترل مناسب جریان و پاشیدن مطلوب قالب عدم رعایت اصول ایمنی و ریختن نامناسب مذاب همراه با اختلال در جریان و پاشیدن کامل قالب	۳	
					۲	
					۱	
۶	سرد شدن، خروج قطعه و تمیزکاری اولیه	ابزار: انبر، چکش سبک، برس سیمی، کاردک یا ابزار تمیزکاری مواد: قطعه ریخته‌گری شده، برس یا مواد پاک‌کننده در صورت نیاز تجهیزات: میز کار، سبد یا محل تخلیه قطعات، تجهیزات ایمنی شامل دستکش، عینک و کفش ایمنی، سیستم تهویه زمان: ۱۵ تا ۳۰ دقیقه به‌جز زمان سرد شدن مکان: کارگاه ریخته‌گری، بخش تخلیه و تمیزکاری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	رعایت کامل زمان سرد شدن، خروج صحیح قطعه بدون آسیب، جداسازی کامل ماسه و راهگاه و تمیزکاری مناسب سطح رعایت زمان سرد شدن و خروج قابل قبول قطعه با تمیزکاری اولیه و وضعیت مناسب برای مراحل بعدی خروج نادرست یا زود هنگام قطعه همراه با آسیب و تمیزکاری ناکافی و باقی‌ماندن رواند	۳	
					۲	
					۱	
۷	کنترل ظاهری و ارزیابی کیفیت قطعه	ابزار: کولیس یا ابزار اندازه‌گیری، ذره‌بین در صورت نیاز، ابزار علامت‌گذاری مواد: قطعه ریخته‌گری شده، نقشه قطعه یا مدل مرجع تجهیزات: میز بازرسی، نور مناسب، تجهیزات ایمنی شامل دستکش و عینک ایمنی زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه مکان: کارگاه ریخته‌گری، بخش کنترل کیفی	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	بررسی کامل سطح و شکل قطعه، شناسایی دقیق عیوب و تطابق کامل با نقشه یا مدل همراه با ثبت صحیح نتایج بررسی قابل قبول قطعه و شناسایی عیوب قابل مشاهده با تطابق کلی یا مدل یا نقشه بررسی ناقص قطعه و عدم شناسایی عیوب و عدم تطابق با مدل یا نقشه	۳	
					۲	
					۱	

شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: شایستگی‌های غیرفنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ایمنی: کفش ایمنی، کلاه ایمنی، لباس کار توجهات زیست‌محیطی: استفاده از سیستم‌های تهویه، جداسازی و تفکیک زباله‌ها، رعایت نظافت محیط کار نگرش: علاقه به کار، دقت بالا، نظم					
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					
توضیحات: معیار شایستگی انجام کار: - کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۲ و ۴ (مراحل بحرانی) - کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش - کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار - تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.					
مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.					



پودمان پنجم

راه اندازی و بهره برداری از کوره های ذوب (زمینی و القایی)



واحد یادگیری ۱: ساخت و آماده‌سازی کوره زمینی

مقدمه

ذوب آلیاژهای صنعتی به دلیل حساسیت‌های ویژه، فرایندی پیچیده و تخصصی محسوب می‌شود. از این رو، کنترل دقیق شرایط ذوب در تمامی مراحل فرایند ضروری است. انتخاب کوره مناسب برای ذوب فلزات و آلیاژها، نقش مهمی در کیفیت مذاب، هزینه تولید و بهره‌وری فرایند دارد. کوره‌های زمینی، یکی از ابتدایی‌ترین و ساده‌ترین کوره‌های ذوب محسوب می‌شوند. در این واحد یادگیری به آموزش مهارت ساخت و آماده‌سازی کوره زمینی پرداخته می‌شود.

استاندارد عملکرد

توانایی ساخت کوره زمینی، شامل آماده‌سازی تجهیزات و مواد، اجرای عملیات ساخت و نصب اجزای کوره، کنترل کیفیت ساخت و رعایت نکات ایمنی براساس اصول استاندارد و فنی

انواع کوره‌های ذوب

ذوب فلزات یکی از قدیمی‌ترین روش‌های آماده‌سازی مواد فلزی برای تولید قطعات به روش ریخته‌گری است که سابقه آن به چندین هزار سال پیش بازمی‌گردد. در این فرایند، فلز جامد با دریافت انرژی حرارتی تا رسیدن به دمای ذوب، به حالت مذاب تبدیل می‌شود؛ سپس مذاب حاصل درون قالب ریخته می‌شود تا پس از انجماد، قطعه موردنظر تولید گردد.

ذوب آلیاژهای صنعتی به دلیل تأثیر مستقیم آن بر ترکیب شیمیایی، خواص متالورژیکی و کیفیت قطعات، فرایندی پیچیده و تخصصی محسوب می‌شود. از این‌رو، کنترل دقیق شرایط ذوب در تمامی مراحل فرایند ضروری است. انتخاب کوره مناسب برای ذوب فلزات و آلیاژها نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت مذاب، هزینه تولید و بهره‌وری فرایند دارد.

کوره‌های ذوب فلزات دارای انواع مختلف و طراحی‌های متنوعی هستند. انتخاب مناسب‌ترین نوع کوره به عوامل مختلفی بستگی دارد که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:

- هزینه اولیه خرید و نصب کوره؛
 - هزینه‌های راه‌اندازی، بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات؛
 - هزینه ذوب فلز و میزان مصرف انرژی؛
 - قابلیت دسترسی و هزینه نسبی سوخت یا منبع انرژی مصرفی؛
 - میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی ناشی از عملکرد کوره؛
 - سهولت بهره‌برداری، نگهداری و سرعت ذوب فلز؛
 - قابلیت کنترل شرایط ذوب و کیفیت مذاب؛
 - ترکیب شیمیایی فلز یا آلیاژ موردنظر؛
 - دمای موردنیاز برای ذوب و ریخته‌گری؛
 - ظرفیت تولید و میزان مذاب موردنیاز.
- به‌طور کلی، کوره‌های ذوب مورد استفاده در صنایع ریخته‌گری را می‌توان بر اساس منبع تأمین انرژی به دو گروه اصلی تقسیم کرد که هر یک شامل انواع مختلفی از کوره‌ها هستند (جدول ۱):

جدول ۱- دسته‌بندی کلی کوره‌های ذوب فلزات براساس منبع تأمین انرژی

سوختهای سوختی (فسیلی)	سوختهای جامد (مانند کک)	سوختهای مایع (مانند نفت کوره و گازوئیل)	سوختهای گاز (مانند گاز طبیعی)
کوره‌های الکتریکی	کوره‌های مقاومتی	کوره‌های قوس الکتریکی	کوره‌های القایی

جدول زیر را کامل کنید و فهرستی از کوره‌های مناسب را برای ذوب فلزات و آلیاژهای زیر مشخص کنید.

آلیاژ	فولاد	چدن	مس	آلومینیوم	سرب
کوره					

فعالیت کلاسی



کوره‌های سوختی (فسیلی)

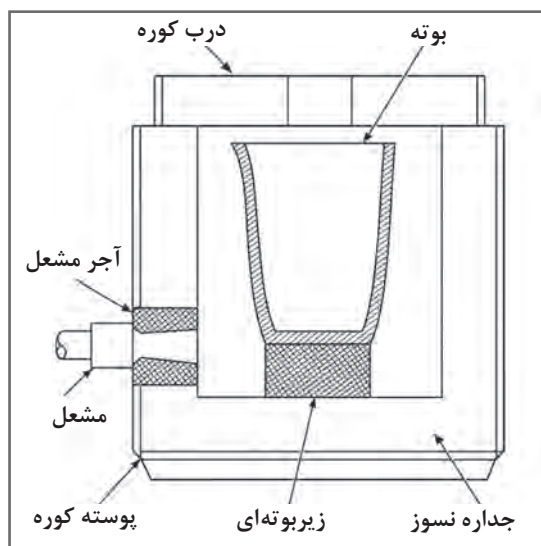
الف) کوره‌های سوختی (فسیلی): کوره‌هایی هستند که انرژی حرارتی موردنیاز برای ذوب فلزات را از احتراق سوخت‌های جامد، مایع یا گازی تأمین می‌کنند.

ب) کوره‌های الکتریکی: کوره‌هایی هستند که انرژی لازم برای ذوب فلزات را از انرژی الکتریکی تأمین می‌کنند و شامل انواع مختلفی مانند کوره‌های مقاومتی، القایی و قوس الکتریکی هستند.

۱ کوره‌های با سوخت‌های جامد

یکی از ساده‌ترین و قدیمی‌ترین کوره‌های ذوب، «کوره زمینی» است. این کوره دارای محفظه‌ای است که داخل آن با مواد نسوز پوشانده شده است. فلزی که قرار است ذوب شود، داخل ظرفی به نام «بوته» قرار می‌گیرد. این بوته از مواد نسوز مانند سرامیک یا گرافیت ساخته می‌شود.

اطراف بوته با سوخت‌های فسیلی جامد مثل کک و زغال سنگ پر می‌شود. سپس با دمیدن هوا به داخل کوره، دمای داخل آن افزایش یافته و فلز به تدریج ذوب می‌شود.



شکل ۱- کوره زمینی

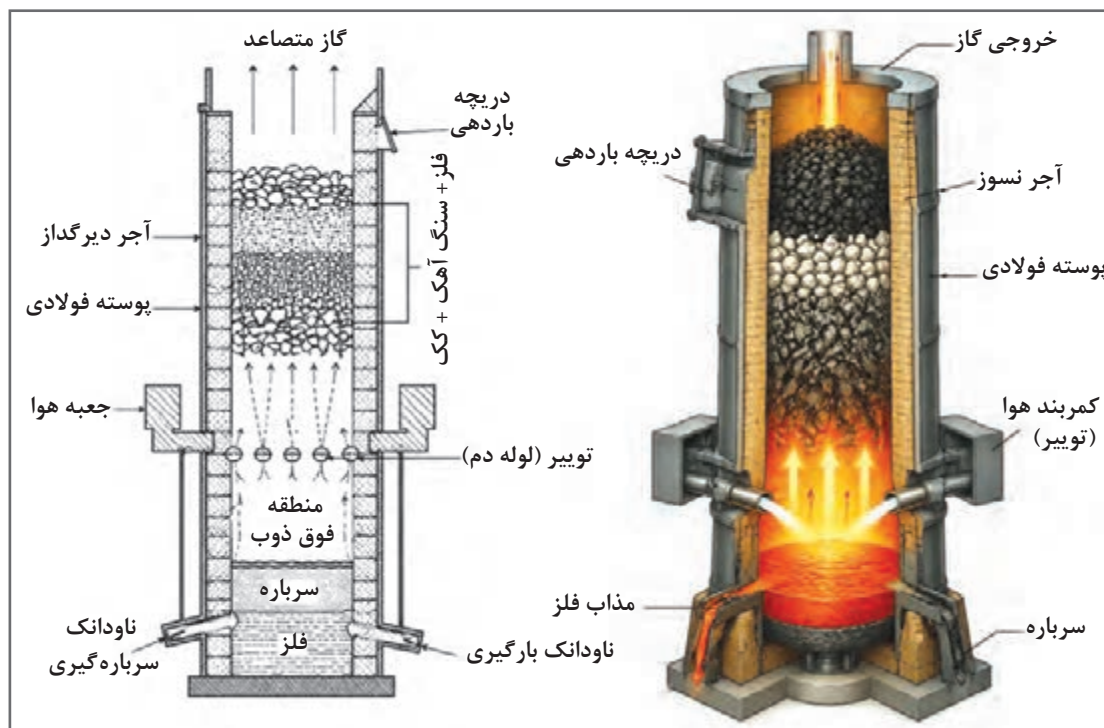
از کوره‌های زمینی برای ذوب فلزات و آلیاژی با نقطه ذوب پایین استفاده می‌شود. از جمله این فلزات و آلیاژها می‌توان به سرب، روی، زاماک^۱، آلیاژهای آلومینیوم و برخی آلیاژهای مس اشاره کرد. شکل ۱ نمایی از کوره زمینی را نشان می‌دهد.

با استفاده از منابع معتبر، فهرستی از انواع کوره‌های ذوب فلزات که با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند، تهیه کنید. در این فهرست، نام هر کوره به همراه ویژگی‌ها و مشخصات اصلی آن (از جمله نوع سوخت، کاربرد و نحوه عملکرد) ارائه شود. نتیجه را برای ارائه در کلاس آماده کنید.

تحقیق کنید



نوع دیگری از کوره‌های ذوب که با سوخت‌های فسیلی کار می‌کند، «کوره کوپل» نامیده می‌شود. این کوره بیشتر برای ذوب چدن به کار می‌رفت، اما امروزه استفاده از آن در جهان کاهش یافته است. سوخت مورد استفاده در کوره کوپل، کک و زغال سنگ است. شکل ۲ نمای کوره کوپل را نشان می‌دهد.



شکل ۲- کوره کوپل

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، کوره کوپل دارای بدنه استوانه‌ای است که روی پایه قرار دارد. داخل این بدنه فولادی با آجرهای نسوز پوشانده می‌شود تا در برابر دمای بالا مقاومت داشته باشد. در حدود یک سوم پایینی کوره، محل ورود هوا یا «توییر هوا» قرار دارد. هوا از این قسمت وارد کوره شده و به افزایش دمای ناحیه احتراق کمک می‌کند. در پایین‌ترین قسمت کوره، حوضچه‌ای برای جمع‌آوری فلز مذاب و سرباره قرار دارد. برای تخلیه فلز مذاب، دریچه‌ای در قسمت پایین کوره تعبیه شده است. کمی بالاتر از آن نیز دریچه خروج سرباره قرار دارد.

در گذشته در بسیاری از کوره‌های کوپل^۱ از کک به‌عنوان سوخت استفاده می‌شد، اما امروزه کاربرد این نوع کوره‌ها در صنعت کاهش یافته است. برای مثال، کوره‌های زمینی اولیه و کوره‌های کوپل که در گذشته برای ذوب استفاده می‌شدند، دیگر کاربرد گسترده‌ای ندارند. در حال حاضر، کوره‌های با سوخت مایع و گاز بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند و در اکثر کارگاه‌های ریخته‌گری استفاده می‌شوند. از جمله این کوره‌ها می‌توان به کوره‌های روربر (شعله‌ای)^۲ برای ذوب آلومینیوم و مس، همچنین کوره‌های زمینی و کوره‌های دوار اشاره کرد.

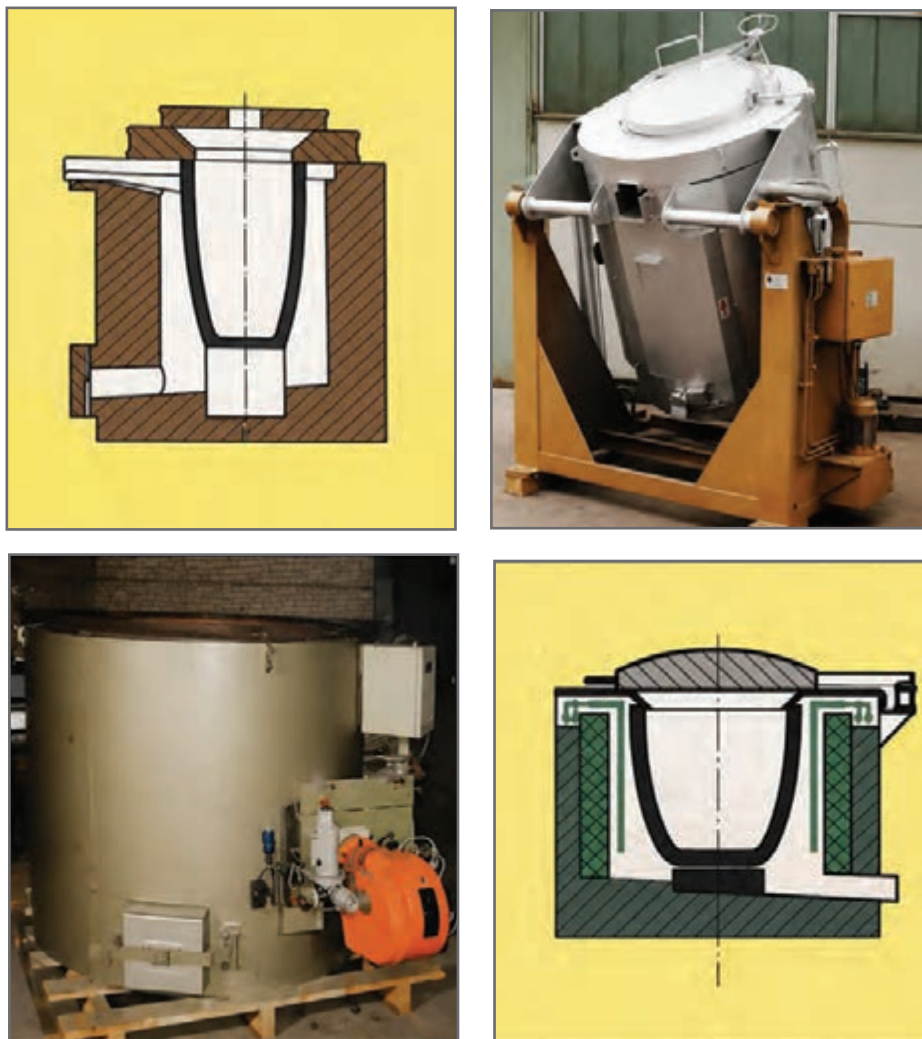
۲ کوره‌های با سوخت‌های مایع و گاز

برخی از کوره‌های ذوب با سوخت‌های مایع مانند گازوئیل، نفت کوره و مازوت یا با سوخت گاز کار می‌کنند. از مهم‌ترین این کوره‌ها می‌توان به کوره زمینی، کوره دوار و کوره روربر اشاره کرد. در این کوره‌ها می‌توان از سوخت مایع یا گاز استفاده کرد. تفاوت اصلی آنها در نوع سیستم اختلاط سوخت و هوا (فارسونگا) است. در ادامه، هر یک از این کوره‌ها به‌طور مختصر معرفی می‌شوند.

۱- Coupla furnace

۲- Reverberatory furnace

– کوره زمینی: کوره زمینی یکی از پرکاربردترین کوره‌های ذوب در کارگاه‌های ریخته‌گری است. بدنه این کوره از فولاد ساخته شده و سطح داخلی آن با مواد نسوز مانند آجر نسوز و ملات نسوز پوشانده می‌شود. در کوره‌های سوخت مایع، سوخت توسط مشعل به داخل کوره پاشیده شده و همراه با هوای احتراق وارد محفظه کوره می‌شود. با احتراق این مخلوط، حرارت لازم برای ذوب فلز فراهم می‌شود. در کوره‌های گازسوز نیز گاز و هوا در مشعل با یکدیگر مخلوط شده و پس از احتراق، گرمای لازم برای ذوب فلز تأمین می‌شود. شکل ۳ نمایی از کوره زمینی را نشان می‌دهد.

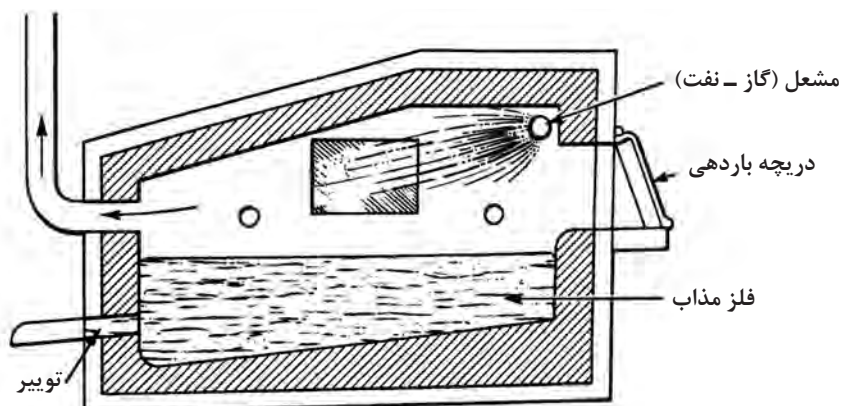


شکل ۳- کوره زمینی

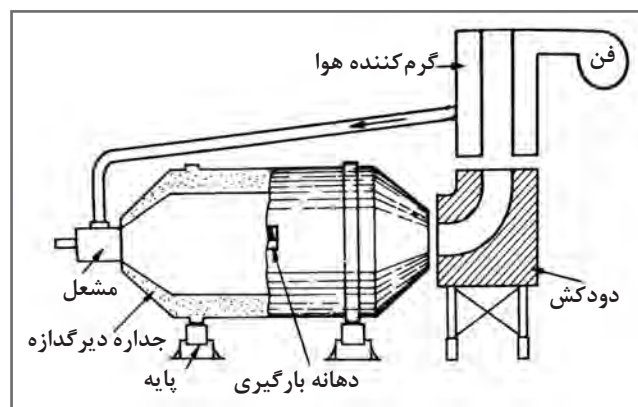
– کوره روربر (شعله‌ای): کوره روربر (شعله‌ای) بیشتر برای ذوب آلومینیوم و آلیاژهای آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. این کوره دارای بدنه فولادی است که سطح داخلی آن با آجر نسوز یا مواد نسوز ریخته‌گری پوشانده

پودمان پنجم: راه اندازی و بهره‌برداری از کوره‌های ذوب (زمینی و القایی)

می‌شود. در پیچه ورود مواد اولیه در کنار مشعل قرار دارد و در سمت مقابل، در پیچه خروج فلز مذاب تعبیه شده است. کوره‌های روربر در ظرفیت‌های مختلف، از حدود یک تن تا چند ده تن، در صنایع ریخته‌گری مورد استفاده قرار می‌گیرند. در میان برخی ریخته‌گران سنتی، این کوره با نام «کوره قبری» نیز شناخته می‌شود. شکل ۴ نمایی از کوره روربر را نشان می‌دهد.



شکل ۴- کوره روربر

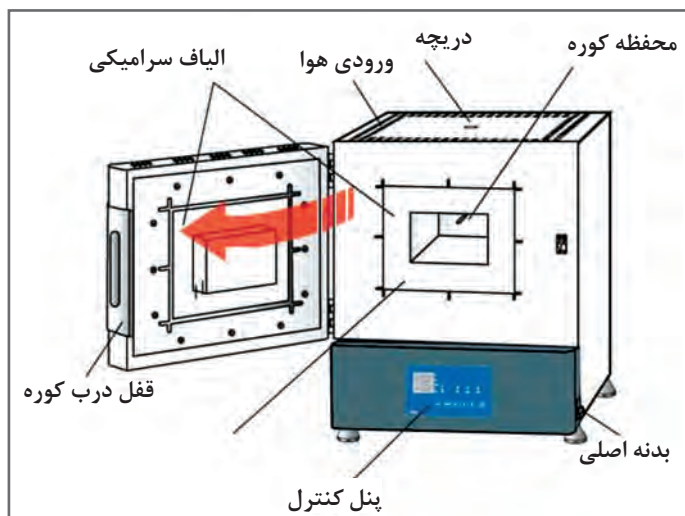


شکل ۵- کوره دوار

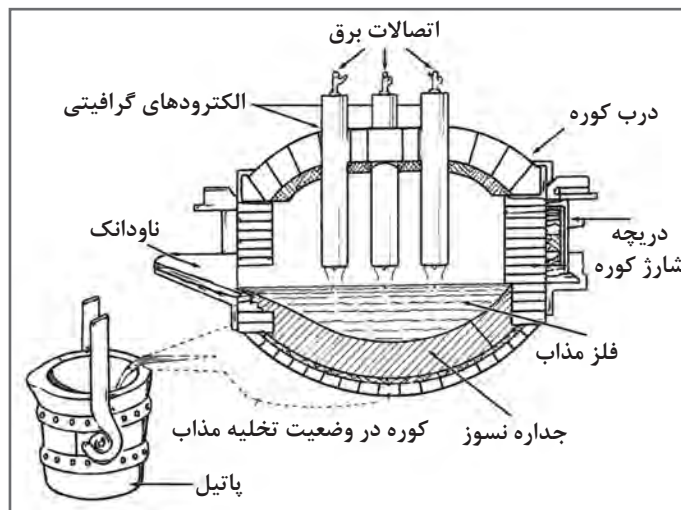
۲- کوره دوار: کوره دوار یکی از کوره‌های مورد استفاده برای ذوب چدن است. این کوره از یک بدنه استوانه‌ای فولادی تشکیل شده که روی یک شاسی قرار دارد و به کمک سیستم گیربکس می‌چرخد. چرخش کوره باعث توزیع یکنواخت حرارت و بهبود فرایند ذوب می‌شود. علاوه بر ذوب چدن، نوع خاصی از کوره‌های دوار در صنعت ذوب مس نیز کاربرد دارد. شکل ۵ نمایی از کوره دوار را نشان می‌دهد.

۲ کوره‌های الکتریکی

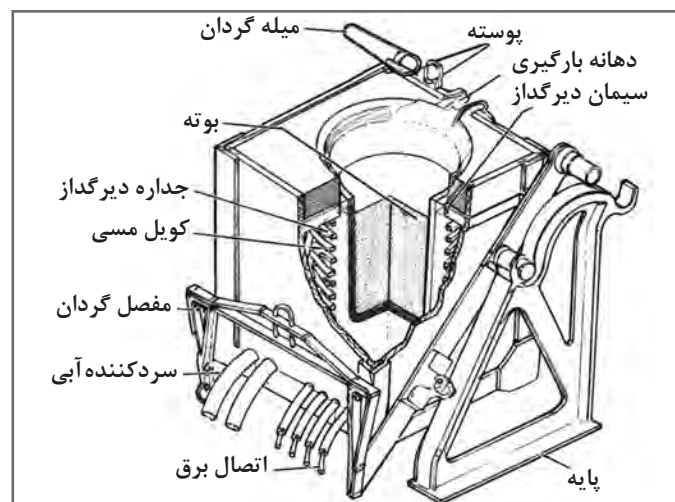
کوره‌های الکتریکی به سه دسته کوره‌های مقاومتی، قوس الکتریکی و القایی تقسیم می‌شوند. امروزه در صنعت، کوره‌های القایی بیشترین کاربرد را دارند. کوره‌های قوس الکتریکی به دلیل توانایی تولید دمای بسیار بالا و امکان ذوب قراضه‌های فولادی، نقش مهمی در تولید فولاد و بازیافت فلزات در صنایع سنگین دارند. کوره‌های مقاومتی نیز بیشتر در عملیات حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۶ انواع کوره‌های الکتریکی را نشان می‌دهد.



الف) کوره مقاومتی



ب) کوره قوس الکتریکی



ج) کوره القایی

شکل ۶- انواع کوره‌های الکتریکی

پودمان پنجم: راه اندازی و بهره‌برداری از کوره‌های ذوب (زمینی و آلتایی)

پس از آشنایی با انواع کوره‌ها، با توجه به اینکه در کارگاه‌های کوچک و سنتی معمولاً از کوره‌های دوار برای ذوب چدن و از کوره‌های زمینی برای ذوب آلیاژهای آلومینیوم، مس و سایر فلزات استفاده می‌شود، در ادامه ساختار این کوره‌ها بررسی می‌شود.

– کوره دوار: یکی از انواع کوره‌های شعله‌ای و تشعشعی است. در این نوع کوره، انتقال حرارت عمدتاً از طریق تشعشع شعله و همچنین تماس مستقیم شعله و دیواره‌های کوره، جابه‌جایی گازهای داغ و تماس شعله با مواد شارژ انجام می‌شود. ظرفیت این کوره‌ها معمولاً از حدود ۳۰۰ کیلوگرم تا ۱۵ تن متغیر است. از مزایای مهم آن می‌توان به راندمان حرارتی مناسب و سرعت ذوب بیشتر نسبت به کوره‌های زمینی اشاره کرد. همچنین قابلیت طراحی و ساخت در داخل کشور و مقرون به صرفه بودن از نظر سرمایه‌گذاری باعث شده است این کوره‌ها در کارگاه‌های کوچک و متوسط کاربرد گسترده‌ای داشته باشند. در شکل ۷ یک نمونه کوره دوار نشان داده شده است.

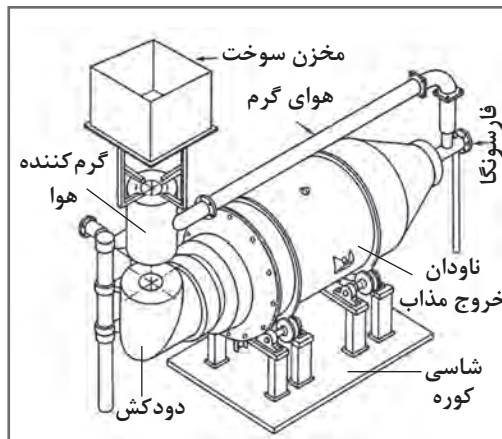
فعالیت کلاسی



با استفاده از منابع معتبر، شیوه‌های انتقال حرارت در کوره دوار را بررسی کنید. نقش هریک از روش‌های هدایت، همرفت و تابش را در گرم شدن و ذوب شدن شارژ توضیح دهید و نتایج بررسی خود را در قالب یک گزارش کوتاه در کلاس ارائه کنید.



کوره دوار در حین کار



کوره دوار

شکل ۷- کوره دوار

اجزای کوره دوار

اجزای اصلی کوره دوار شامل موارد زیر است:

- | | |
|--------------------|-------------------------------------|
| ۱ بدنه | ۲ پایه یا شاسی نگهدارنده |
| ۳ گیربکس | ۴ گرمکن هوا (ریکوپراتور، ريجيناتور) |
| ۵ دستگاه دمنده هوا | ۶ مشعل یا منبع سوخت |
| ۷ دودکش متحرک | ۸ لوله ورودی و خروجی هوا |

در ادامه، به صورت مختصر هر یک از این اجزا بررسی می‌شود.

بدنه: بدنه کوره از یک بخش استوانه‌ای در وسط و دو بخش مخروط ناقص در دو طرف تشکیل شده است. این دو مخروط از سمت قاعده بزرگ خود به دو انتهای استوانه متصل می‌شوند. پوسته خارجی کوره از ورق فولادی با ضخامت ۸ تا ۱۰ میلی‌متر ساخته می‌شود. سطح داخلی کوره با مواد مخلوط نسوز سیلیسی و خاک کائولن پوشش داده می‌شود تا بتواند در برابر دمای بالای ذوب مقاومت کند. ضخامت این لایه نسوز به ابعاد و ظرفیت کوره بستگی دارد. برای اجرای پوشش نسوز، ابتدا بدنه کوره را به صورت عمودی قرار می‌دهند. سپس شابلون مخصوص را در داخل بدنه فلزی کوره نصب می‌کنند. پس از آن، فضای بین شابلون و پوسته فلزی با مخلوط مواد نسوز پر شده و با استفاده از کوبه‌های دستی یا بادی متراکم می‌شود. این کار باعث افزایش استحکام و یکنواختی جداره نسوز می‌گردد.

پس از پایان عملیات کوبیدن و شکل‌دهی نسوز، شابلون از داخل کوره خارج شده و کوره به حالت افقی برگردانده می‌شود. در نهایت، بدنه کوره بر روی غلتک‌های پایه نگهدارنده نصب می‌شود تا امکان چرخش آن در هنگام کار فراهم گردد. شکل ۸، بدنه کوره و نحوه قرارگیری آن روی غلتک‌های پایه را نشان می‌دهد.



نحوه قرار گیری بدنه بر روی غلتک‌های پایه



تصویر بدنه

شکل ۸- بدنه کوره دوار

درباره فرایند پخت (زینترینگ) پوشش نسوز داخلی کوره، مراحل انجام کار و عوامل مؤثر بر کیفیت آن را بررسی کنید و نتایج را در کلاس به هم‌کلاسی‌های خود ارائه کنید.

تحقیق کنید

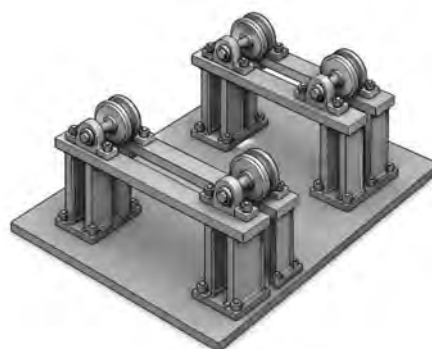


پایه یا شاسی: پایه یا شاسی از یک اسکلت فلزی فولادی تشکیل شده است که بر روی فونداسیون بتن مسلح نصب می‌شود. بر روی شاسی، چهار غلتک نگهدارنده قرار دارد و با قرار گرفتن رینگ‌های بدنه در داخل شیار این قرقه‌ها، بدنه کوره به صورت آزاد بر روی شاسی مستقر می‌گردد. با انتقال حرکت از الکتروموتور به وسیله گیربکس و سامانه انتقال نیرو، مانند تسمه و پولی یا زنجیر و چرخ زنجیر به یکی از غلتک‌ها منتقل می‌شود. با چرخش غلتک محرک بدنه کوره به چرخش در می‌آید و در نتیجه سایر غلتک‌های نگهدارنده نیز به حرکت در می‌آیند. شکل ۹، شاسی کوره را نشان می‌دهد.

پودمان پنجم: راه اندازی و بهره‌برداری از کوره‌های ذوب (زمینی و القایی)



ناودان خروجی مذاب



شاسی

شکل ۹- شاسی کوره دوار



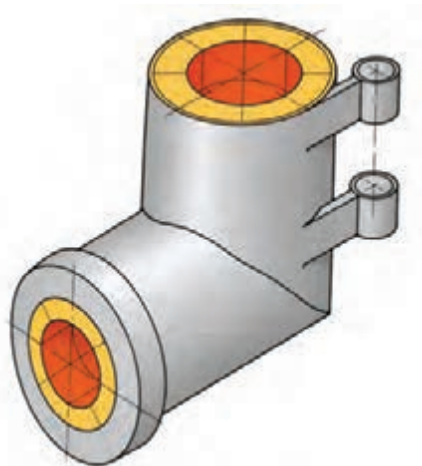
شکل ۱۰- گیربکس کوره دوار

گیربکس: گیربکس یا جعبه‌دنده مجموعه‌ای از چرخ‌دنده‌ها است که به وسیله آن، سرعت زیاد الکتروموتور به حرکت کند و پر قدرت تبدیل می‌شود. این حرکت با سرعت کم و گشتاور بالا به محور غلتک‌های شاسی منتقل شده و موجب چرخش بدنه کوره می‌گردد.

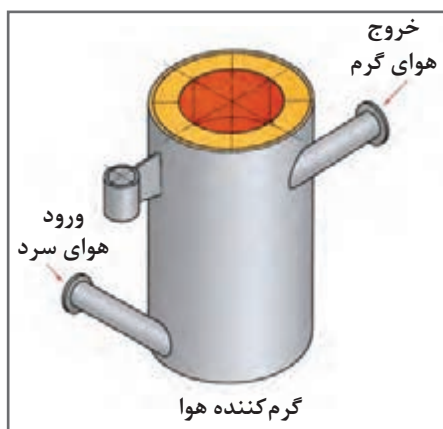
دودکش متحرک: دودکش متحرک از اتصال دو استوانه هم‌محور تشکیل شده است و به شکل زانویی طراحی می‌شود. پوسته خارجی آن از ورق فولادی ساخته شده و سطح داخلی آن به منظور مقاومت در برابر حرارت، با مواد نسوز پوشش داده شده یا با آجر نسوز آجرچینی می‌شود. این دودکش بر روی یک پایه نصب شده و در مقابل دهانه شارژ کوره قرار می‌گیرد. از ویژگی‌های مهم آن، قابلیت چرخش حول محور خود است. هنگام شارژ کوره، دودکش از مقابل دهانه شارژ کنار زده می‌شود و پس از پایان عملیات شارژ، مجدداً چرخانده شده و با فاصله‌ای اندک در مقابل دهانه کوره قرار می‌گیرد. در حین کار کوره، شعله، دود و گازهای حاصل از احتراق، از داخل دودکش عبور کرده و به سمت بالا هدایت می‌شوند. این امر علاوه بر بهبود شرایط کاری، موجب هدایت مناسب محصولات احتراق و کاهش انتشار مستقیم دود در محیط کارگاه می‌شود. شکل ۱۱، دودکش متحرک را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱- دودکش متحرک



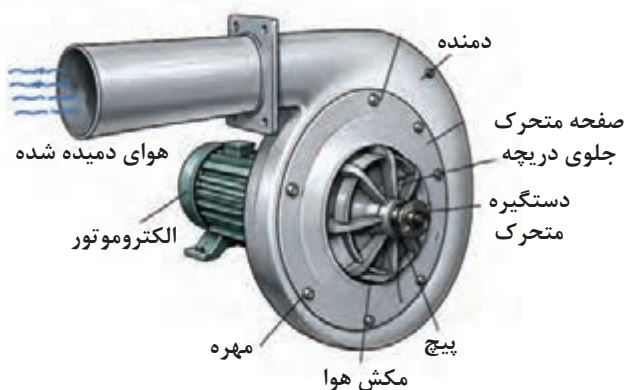
گرم کننده هوا (ریکوپراتور): گرم کننده هوا یا ریکوپراتور از یک استوانه فلزی دوجداره تشکیل شده است. فضای بین دو جداره، که مسیر عبور هوا است در قسمت های بالا و پایین مسدود شده است. بر روی جداره جانبی ریکوپراتور، دو دهانه تعبیه شده است؛ دهانه پایینی برای ورود هوای سرد و دهانه بالایی برای خروج هوای گرم در نظر گرفته می شود.



شکل ۱۲- گرم کننده هوا (ریکوپراتور)

هوای سرد توسط لوله رابط از دستگاه دمنده وارد دهانه پایینی ریکوپراتور شده و پس از عبور از فضای بین جداره ها و دریافت حرارت، گرم می شود. سپس هوای گرم شده از دهانه بالایی خارج شده و از طریق لوله رابط به فارسونگا منتقل می شود. ریکوپراتور معمولاً در قسمت فوقانی دودکش متحرک نصب می شود. عبور گازهای داغ خروجی از کوره از اطراف ریکوپراتور، سبب انتقال حرارت به هوای ورودی شده و در نتیجه دمای هوای احتراق افزایش می یابد. پیش گرم شدن هوای احتراق موجب بهبود راندمان حرارتی، کاهش مصرف سوخت و افزایش بازده کوره می شود. شکل ۱۲، نمایی از گرم کننده هوا (ریکوپراتور) را نشان می دهد.

دمنده هوا (ونتیلاتور): برای انجام فرایند احتراق در کوره‌های سوخت مایع، لازم است سوخت و هوا با نسبت مناسبی با یکدیگر مخلوط شوند. سوخت‌های مورد استفاده در این کوره‌ها معمولاً شامل مازوت، نفت کوره (نفت سیاه) و گازوئیل هستند. دمنده هوا یا ونتیلاتور وظیفه تأمین هوای مورد نیاز احتراق را بر عهده دارد. هوای خروجی از دمنده با فشار و سرعت نسبتاً زیاد وارد مشعل شده و باعث اتمیزه شدن سوخت مایع و اختلاط آن با هوا می‌شود. در اثر این فرایند، سوخت به ذرات بسیار ریز تبدیل شده و سطح تماس آن با هوا افزایش می‌یابد. هرچه اندازه ذرات سوخت کوچک‌تر باشد، اختلاط سوخت و هوا بهتر انجام شده و احتراق کامل‌تر و با راندمان بالاتری انجام می‌گیرد. روی دمنده، دریچه‌ای برای تنظیم مقدار هوای ورودی تعبیه می‌شود که از طریق آن می‌توان مقدار هوای ورودی به کوره را کنترل کرد. تنظیم صحیح هوای احتراق نقش مهمی در دستیابی به احتراق کامل، کاهش مصرف سوخت، افزایش راندمان حرارتی و کاهش آلاینده‌های حاصل از احتراق دارد. شکل ۱۳، دستگاه دمنده هوا (ونتیلاتور) را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳- دستگاه دمنده هوا (ونتیلاتور)

فارسونگا: برای تولید حرارت در کوره‌های دوار، سوخت و هوا باید با نسبت مناسبی با یکدیگر مخلوط شده و به‌طور کامل بسوزند. فارسونگا در این کوره‌ها نقش بسیار مهمی در فرایند ذوب آلیاژهای چدن دارد. فارسونگا کوره دوار، به دلیل تنظیم مقدار سوخت و هوا و اهرم مخصوصی که در پشت فارسونگا قرار دارد، می‌تواند کانون شعله را در داخل کوره تغییر دهد. جهت ذوب‌سازی در کوره‌های دوار ابتدا کوره را بدون شارژ فلزی روشن می‌کنند، سپس با اهرم مخصوص فارسونگا در مرحله اول کانون شعله را در جلوی دهانه ورودی کوره تنظیم می‌کنند و با سرخ شدن کوره، شارژ فلز به داخل کوره وارد می‌شود. در مرحله دوم پس از شارژ فلزی کانون شعله توسط فارسونگا به مرکز کوره منتقل می‌شود. در مرحله سوم پس از ذوب شدن شارژ فلز کانون شعله توسط فارسونگا به قسمت انتهایی کوره نزدیک دودکش تنظیم می‌گردد. شکل ۱۴، فارسونگا را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴- فارسونگا



با مراجعه به منابع معتبر، درباره موارد زیر بررسی و تحقیق کنید:

- انواع روش‌های تأمین حرارت در کوره دوار و نقش تنظیم مشعل در عملکرد آن
- ضرورت و دلایل پیش گرم کردن کوره دوار پیش از شارژ
- یافته‌های خود را به صورت خلاصه و منظم بنویسید و در کلاس ارائه کنید.

منبع سوخت: منبع یا مخزن سوخت، متناسب با ظرفیت و میزان مصرف کوره در اندازه‌های مختلف ساخته می‌شود. در کوره‌هایی که از سوخت‌های مایع سنگین استفاده می‌کنند ممکن است سوخت پیش از ورود به مشعل تا دمای مناسب گرم شود تا گرانروی آن کاهش یابد و پاشش سوخت بهتر انجام گیرد. در برخی سامانه‌ها، مسیر انتقال سوخت به گونه‌ای طراحی می‌شود که سوخت به صورت کنترل شده و غیرمستقیم از هوای گرم یا منبع حرارتی مناسب، حرارت دریافت کند. این کار باید با رعایت کامل الزامات ایمنی و کنترل دمای سوخت انجام شود. پیش گرم شدن هم‌زمان سوخت و هوای ورودی به مشعل، شرایط مناسب‌تری برای احتراق فراهم کرده و در نتیجه موجب افزایش کیفیت احتراق، کاهش مصرف سوخت و بهبود راندمان حرارتی کوره می‌شود. شکل ۱۵، منبع یا مخزن سوخت کوره دوار را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵- نمونه‌ای از منبع یا مخزن سوخت کوره دوار

مراحل کار با کوره دوار

مراحل اصلی کار با کوره دوار به شرح زیر است:

- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| (الف) روشن کردن مشعل | (ب) پیش گرم کردن کوره |
| (ج) شارژ کردن مواد | (د) بستن سوراخ‌های تخلیه مذاب |
| (هـ) سرباره‌گیری | (و) تخلیه مذاب |

کوره زمینی

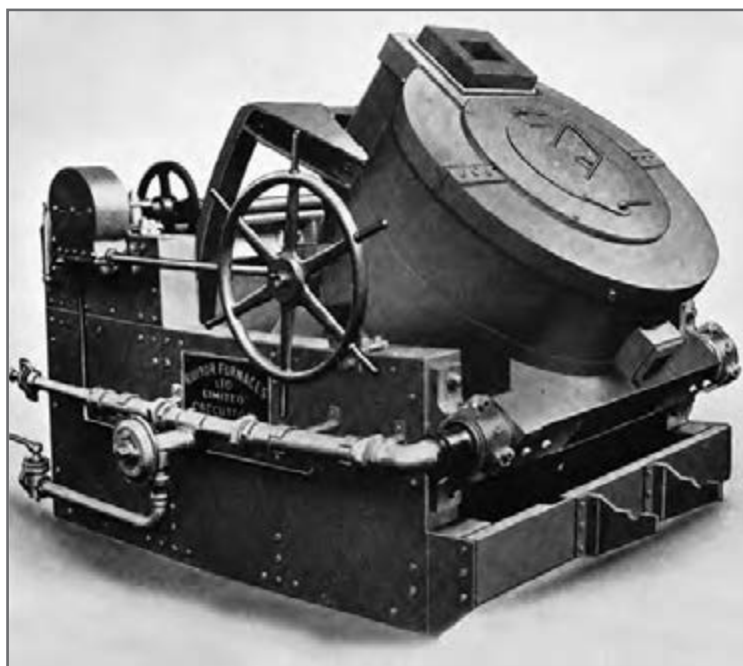
کوره زمینی یکی از رایج‌ترین و ساده‌ترین کوره‌های ذوب است که در صنایع کوچک و کارگاه‌های ریخته‌گری مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این کوره برای ذوب فلزات و آلیاژهایی مانند چدن، برنج، برنز و آلیاژهای آلومینیوم استفاده می‌شود. سادگی ساخت، هزینه نسبتاً کم و سهولت بهره‌برداری از مهم‌ترین دلایل کاربرد گسترده این کوره‌ها است. به همین دلیل، کوره‌های زمینی از گذشته تاکنون جایگاه ویژه‌ای در صنعت ریخته‌گری داشته‌اند. در ادامه، ساختمان، اجزاء، نحوه کار و ویژگی‌های این نوع کوره‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در شکل ۱۶، ساختار کلی یک نوع کوره زمینی را مشاهده می‌کنید.

کوره‌های زمینی معمولاً به صورت کوره‌های بوته‌ای ساخته می‌شوند و در کارگاه‌های کوچک و متوسط کاربرد دارند. این کوره‌ها به طور کلی در دو نوع ساخته می‌شوند:

- کوره‌های زمینی بوته ثابت

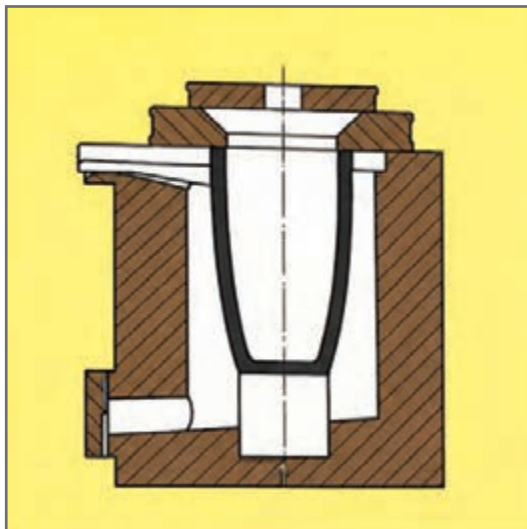
- کوره‌های زمینی بوته متحرک

هر دو نوع کوره دارای یک پوسته فولادی هستند که سطح داخلی آن با آجرهای نسوز و مواد دیرگداز پوشانده می‌شود تا در برابر حرارت بالای ذوب مقاومت کافی داشته باشد. سوخت و هوای مورد نیاز احتراق توسط مشعل وارد محفظه کوره شده و پس از احتراق، حرارت لازم برای ذوب فلز را فراهم می‌کند. گازهای داغ حاصل از احتراق در فضای داخلی کوره گردش کرده و حرارت خود را به بوته و فلز داخل آن منتقل می‌کنند. بوته ذوب معمولاً در قسمت مرکزی و نزدیک به کف کوره قرار می‌گیرد. فلز یا آلیاژ موردنظر در داخل بوته شارژ شده و در اثر حرارت ایجاد شده در کوره ذوب می‌شود. در ادامه اجزاء، ساختمان و نحوه عملکرد هر یک از انواع کوره‌های زمینی بررسی خواهد شد.



شکل ۱۶- ساختار کلی یک نوع کوره زمینی متحرک

کوره‌های بوت‌ه‌ای ثابت: این نوع کوره‌ها دارای ساختار ثابت هستند و برای ریخته‌گری، بوت‌ه‌ای که در قسمت تحتانی کوره قرار دارد، پس از آماده شدن مذاب، بوت‌ه با تجهیزات مخصوص از کوره خارج شده و عملیات ذوب‌ریزی انجام می‌شود (شکل ۱۷).

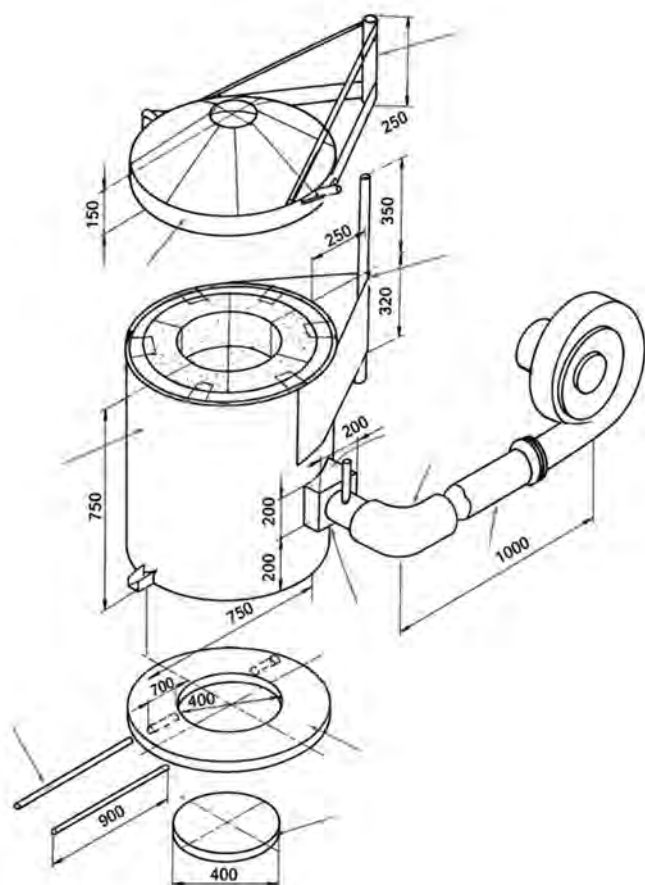


شکل ۱۷- کوره زمینی بوت‌ه‌ای ثابت

کوره‌های بوت‌ه‌ای متحرک: این نوع کوره‌ها دارای ساختار متحرک هستند و به دلیل عدم نیاز به جابه‌جایی بوت‌ه از داخل کوره بدنه کوره قابلیت چرخش دارد. به عبارت دیگر، با چرخاندن کوره، مذاب موجود در بوت‌ه را می‌توان به داخل بوت‌ه یا پاتیل دیگری تخلیه کرد و عملیات ذوب‌ریزی را انجام داد (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- کوره زمینی بوت‌ه‌ای متحرک



شکل ۱۹- تصویر انفجاری یک کوره بوته‌ای ثابت

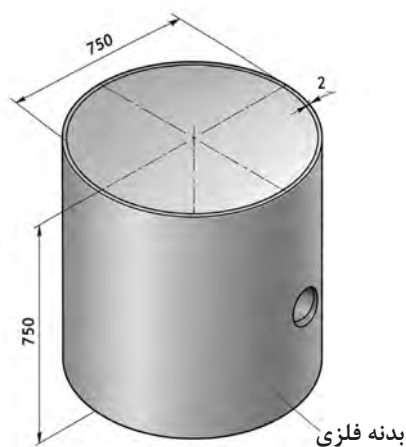
اجزای تشکیل‌دهنده کوره بوته‌ای

شکل ۱۹ تصویر یک کوره بوته‌ای ثابت را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل ۱۹ مشاهده می‌شود، اجزای اصلی کوره بوته‌ای عبارت است از:

- ۱ بدنه فلزی
- ۲ صفحه فلزی کف کوره
- ۳ دریچه کف کوره
- ۴ دیواره نسوز کوره
- ۵ فارسونگا
- ۶ زیربوته
- ۷ درب کوره

در ادامه به بررسی هر کدام اجزای کوره پرداخته می‌شود.



شکل ۲۰- تصویر بدنه کوره

بدنه فلزی: بدنه کوره از ورق فولادی با ضخامت ۵ تا ۱۰ میلی‌متر به شکل استوانه‌ای ساخته می‌شود. ارتفاع این استوانه معمولاً بین ۷۵ تا ۱۲۰ سانتی‌متر و قطر آن بین ۷۵ تا ۱۰۰ سانتی‌متر است. در قسمت پایینی بدنه و در فاصله حدود ۳۰ سانتی‌متری از کف کوره، سوراخی به قطر ۱۰ سانتی‌متر تعبیه می‌شود که محل نصب فارسونگا است. شکل ۲۰، ابعاد تقریبی یک کوره زمینی را نشان می‌دهد.



برای ساخت بدنه کوره، ابتدا ورق فولادی با ابعاد و ضخامت مورد نظر برش داده می‌شود. سپس در فاصله مناسب از لبه انتهایی ورق، سوراخی به قطر ۱۰ سانتی‌متر برای نصب مشعل (فارسونگا) ایجاد می‌گردد. در مرحله بعد، ورق به وسیله دستگاه نورد رول شده و به شکل استوانه درمی‌آید. پس از کامل شدن شکل استوانه، لبه‌های ورق به یکدیگر جوش داده می‌شوند تا بدنه کوره تشکیل گردد.



آماده‌سازی بدنه فلزی کوره زمینی

مواد و تجهیزات مورد نیاز:

ورق فولادی به ضخامت ۲ میلی‌متر (برای ساخت نمونه آموزشی)،
دستگاه قیچی گیوتین، دستگاه رول ورق، دستگاه جوش قوس الکتریکی، گچ و متر

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش کار، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

۱) ورق فولادی به ضخامت ۲ میلی‌متر را مطابق با ابعاد 283×75 سانتی‌متر با استفاده از گچ خط‌کشی کنید.

۲) ابعاد ورق را توسط دستگاه قیچی گیوتین برش دهید.

۳) مطابق نقشه در قسمت انتهایی ورق، سوراخی به قطر ۱۰ سانتی‌متر ایجاد کنید (محل فارسونگا).

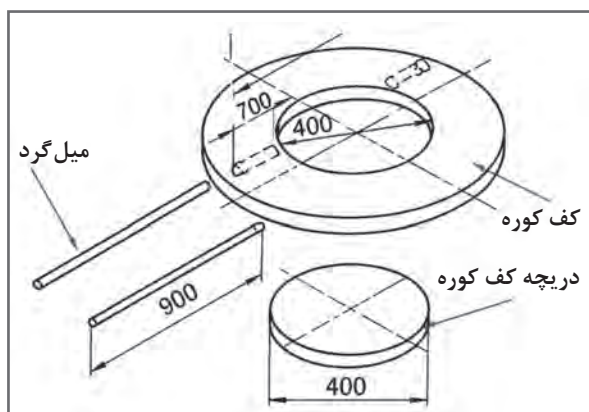
۴) ورق را با دستگاه رول به شکل استوانه درآورید.

۵) ابتدا خال جوش زده، سپس درز را به‌طور کامل جوشکاری کنید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.

- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات باشید.



شکل ۲۱- تصویر صفحه کف کوره

صفحه فلزی کف کوره: کف کوره از یک

صفحه فولادی ساخته می‌شود که قطر آن برابر یا کمی بزرگ‌تر از قطر بدنه کوره است. در مرکز این صفحه، سوراخی با قطر تقریبی ۳۵ تا ۴۰ سانتی‌متر تعبیه می‌شود که برای تعمیر، بازسازی و اجرای نسوز کف کوره مورد استفاده قرار می‌گیرد. این صفحه در قسمت پایین بدنه استوانه‌ای کوره نصب شده و به وسیله دو میلگرد توپر که در زیر کوره قرار می‌گیرند، تقویت و مستحکم می‌شود. شکل ۲۱ تصویر صفحه کف کوره را نشان می‌دهد.

دریچه کف کوره: همان طور که گفته شد، در صفحه کف کوره دریچه ای با قطر تقریبی ۳۵ تا ۴۰ سانتی متر وجود دارد که به وسیله یک درپوش یا دریچه پوشانده می شود. هنگامی که کوره به تعمیر یا بازسازی نیاز داشته باشد، این دریچه باز شده و عملیات تعمیر یا بازسازی آستر نسوز در داخل کوره انجام می گیرد. پس از پایان تعمیرات، دریچه در محل خود نصب شده و درزهای اطراف آن با مواد نسوز پر و متراکم (نسوز کوبی) می شود.

در مرکز دریچه کف کوره، سوراخی به قطر تقریبی ۵ سانتی متر تعبیه می شود که برای تخلیه اضطراری مذاب در شرایط خاص مورد استفاده قرار می گیرد.

نکته



ساخت رینگ متصل به کف کوره زمینی مواد و تجهیزات مورد نیاز:

ورق فولادی به ضخامت ۲ میلی متر به ابعاد ۹۵×۹۵ سانتی متر، دستگاه قیچی گیوتین، دستگاه برش هوا-گاز، دستگاه جوش برق، گچ و متر
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش کار، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱ ورق فولادی به ضخامت ۲ میلی متر با ابعاد ۹۵×۹۵ سانتی متر را آماده کنید.
- ۲ مرکز ورق را با رسم قطرهای متقاطع مشخص کنید و علامت گذاری کنید.
- ۳ دو دایره هم مرکز با قطرهای ۹۵ و ۴۵ سانتی متر رسم کنید.
- ۴ با دستگاه برش هوا-گاز دایره ها را مطابق خطوط رسم شده برش دهید و قطعه را برای استفاده در کف کوره آماده کنید.
- ۵ رینگ فولادی ساخته شده را در کف بدنه کوره قرار داده و توسط دستگاه جوش به بدنه متصل کنید.

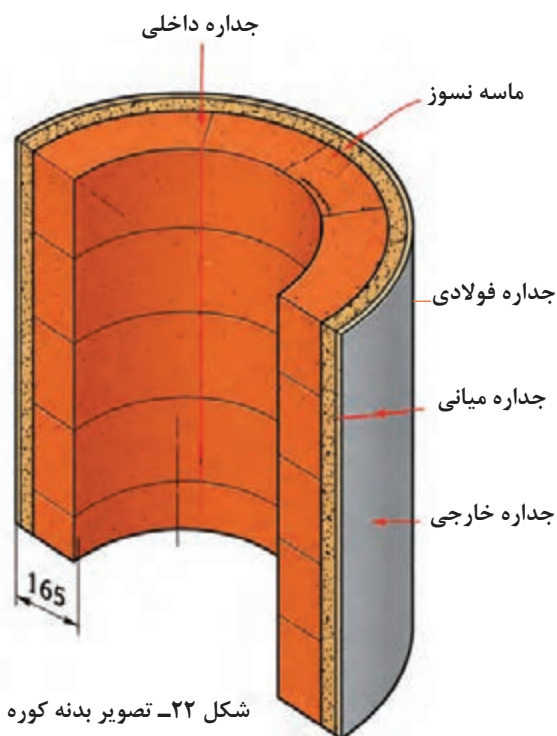
نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات باشید.

فعالیت کارگاهی
۲



دیواره نسوز: سوخت در داخل کوره، می سوزد و محصولات احتراق مشتعل شده و باعث افزایش دمای کوره می شوند. برای جلوگیری از انتقال حرارت به بدنه فلزی و حفاظت از آن، در داخل کوره یک جداره نسوز ساخته می شود که از آجر نسوز، ماسه سیلیسی، آجر شاموتی، جرم نسوز و ملات نسوز تشکیل شده است. برای هر اندازه و قطر کوره، آجرهای نسوز استاندارد در کارخانه های تولید نسوز ساخته می شوند. به عنوان مثال، آجرهای نسوز مناسب برای کوره های با قطر ۶۵ یا ۷۵ سانتی متر در بازار موجود هستند. پس از چیدن آجرهای نسوز در داخل کوره، فضای خالی بین آجرها و جداره فولادی با ماسه نسوز یا جرم نسوز پر می شود تا از انتقال حرارت به بدنه فلزی جلوگیری گردد. شکل ۲۲ تصویر بدنه کوره را نشان می دهد.



شکل ۲۲- تصویر بدنه کوره

آجرهای نسوز از جنس‌های مختلفی ساخته می‌شوند که هرکدام ویژگی‌ها و کاربردهای خاص خود را دارند. از مهم‌ترین انواع آنها می‌توان به آجر سیلیسی، آجر آلومینایی، آجر زیرکونیایی، آجر کرومیتی و آجر شاموتی اشاره کرد. در میان این آجرها، آجرهای شاموتی به دلیل قیمت مناسب و مقاومت حرارتی قابل قبول، کاربرد بسیار گسترده‌ای در صنعت دارند. در کنار آجرهای نسوز، ملات‌های نسوز آماده نیز در صنعت وجود دارد که معمولاً با افزودن مقدار مشخص آب قابل مصرف می‌شوند. در برخی موارد، به‌ویژه زمانی که ابعاد کوره کوچک است یا آجر نسوز با اندازه مناسب در دسترس نیست، برای اجرای آستر نسوز داخلی کوره استفاده می‌شود.



آجر چینی کوره زمینی

مواد و تجهیزات مورد نیاز:

آجر نسوز مناسب برای کوره با قطر خارجی ۷۵ سانتی‌متر، بدنه فولادی کوره، ماسه نسوز خشک، متر و گچ
نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش کار، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

- ۱] بدنه فلزی کوره را بر روی پایه‌های نگهدارنده قرار دهید.
- ۲] دایره‌ای به قطر ۸۰ سانتی‌متر در قسمت داخلی رینگ کف کوره رسم کنید.
- ۳] آجرهای نسوز را مطابق خط ترسیم شده بر روی رینگ فولادی قرار دهید و یک ردیف کامل را آجرچینی کنید.
- ۴] فضای خالی بین آجر نسوز ردیف اول و بدنه فولادی را با خاک نسوز پر کنید.
- ۵] آجر نسوز ردیف دوم مطابق با ردیف اول از انتهای سوراخ ایجاد شده جهت فارسونگا بر روی آجرهای ردیف پایین چیده شود به‌گونه‌ای که فقط محل فارسونگا خالی باشد (در صورت نیاز آجر نسوز را می‌توان برش داد یا از آجر مخصوص محل فارسونگا استفاده شود).
- ۶] فضای خالی بین آجر نسوز ردیف دوم و بدنه فولادی را با خاک نسوز پر کنید.
- ۷] ردیف‌های دیگر مطابق بندهای ۵ و ۶ تا بالای بدنه کوره انجام گیرد.
- ۸] دقت شود که درزهای قائم آجر نسوز در ردیف‌های مجاور بر روی یکدیگر قرار نگیرند و به‌صورت بند شکسته اجرا شوند.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب‌های فردی جلوگیری شود.



چرا درزهای قائم آجرهای نسوز در ردیف‌های مجاور نباید هم‌راستا باشند؟

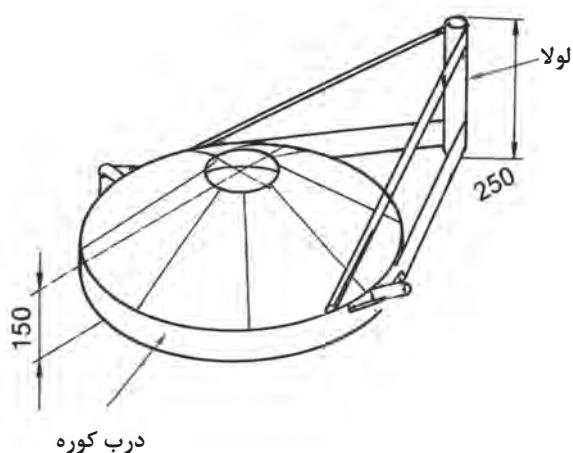


شکل ۲۳- فارسونگا

فارسونگا: در کوره‌های ذوب، برای ایجاد حرارت و دستیابی به احتراق کامل، لازم است سوخت و هوا با نسبت مشخصی با یکدیگر مخلوط شوند. اختلاط سوخت و هوا توسط فارسونگا انجام می‌شود (شکل ۲۳).

سوخت‌های مورد استفاده در کوره‌ها شامل سوخت‌های مایع مانند مازوت، نفت کوره (نفت سیاه) و گازوئیل، و سوخت‌های گازی مانند گاز طبیعی و گازهای مصنوعی هستند. در گذشته، از سوخت‌های جامد نیز استفاده می‌شد. در برخی مشعل‌ها فشار هوای ایجاد شده توسط دستگاه دمنده باعث می‌شود سوخت مایع به ذرات بسیار ریز تبدیل شود. هرچه ذرات سوخت ریزتر باشند، احتراق کامل‌تر انجام می‌شود. به همین دلیل، سوخت‌های گازی به دلیل اختلاط آسان‌تر و یکنواخت‌تر با هوا، معمولاً شرایط مناسب‌تری برای احتراق کامل فراهم می‌کنند. سوخت‌های گازی به صورت مولکولی با هوا مخلوط می‌شوند و نسبت به سایر سوخت‌ها راندمان بهتری در احتراق دارند.

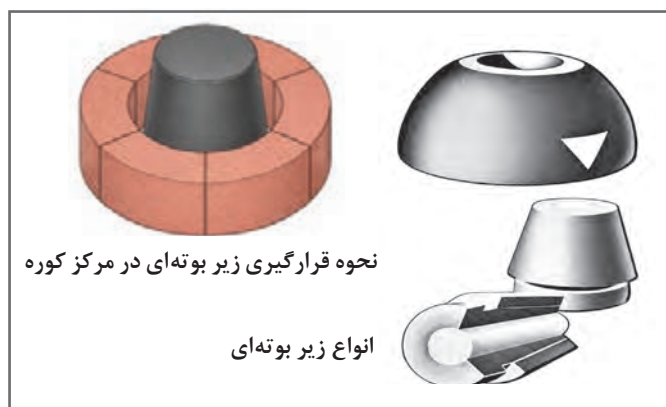
درب کوره: در صنعت، برای کاهش اتلاف حرارت، درب کوره بسته می‌شود تا بازده حرارتی کوره افزایش یابد. درب کوره از یک حلقه فولادی تشکیل شده است که داخل آن آجرهای نسوز شکل‌دار چیده می‌شوند.



شکل ۲۴- درب کوره

قطر این حلقه تقریباً برابر قطر خارجی کوره است و هنگام کار روی دهانه کوره قرار می‌گیرد تا اتلاف حرارت کاهش یابد (شکل ۲۴). به دلیل وزن زیاد این مجموعه، برای قرار دادن و برداشتن درب کوره، سازوکارهای مختلفی طراحی شده است که یکی از آنها مکانیزم چرخشی است و در شکل ۲۴ نشان داده شده است.

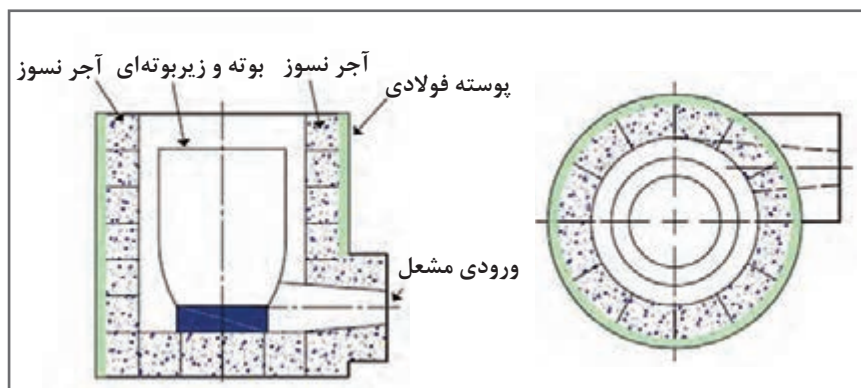
زیربوته‌ای: در کوره‌های بوته‌ای، برای افزایش راندمان کوره و دستیابی به دمای بالاتر از دمای ذوب در مذاب و کاهش مصرف سوخت، از قطعه‌ای به نام زیربوته‌ای استفاده می‌شود.



شکل ۲۵- زیر بوته ای

زیربوته‌ای در مرکز کف کوره قرار می‌گیرد و ارتفاع آن باید هم‌سطح لبه فارسونگا باشد. این قطعه معمولاً از جرم‌های نسوز ساخته می‌شود و در برخی موارد از بوته‌های گرافیتی مستعمل نیز برای ساخت آن استفاده می‌شود. زیربوته‌ای در شکل‌ها و اندازه‌های مختلف تولید و استفاده می‌شود (شکل ۲۵).

محل قرارگیری زیربوته‌ای در داخل کوره، در شکل ۲۶ نشان داده شده است. پیش از قرار دادن زیربوته‌ای، لازم است چند مرحله آماده‌سازی انجام شود. ابتدا پس از چیدن دیواره‌های کوره با آجر نسوز (یا در صورت استفاده از ملات‌های نسوز)، کف کوره باید با ترکیبی از خاک نسوز، سیمان نسوز، ماسه سیلیسی و آب پوشانده و به‌خوبی کوبیده شود. ضخامت این لایه نسوز باید حداقل ۴ سانتی‌متر باشد.



شکل ۲۶- محل قرار گرفتن زیربوته‌ای در داخل کوره

باید توجه شود که سوراخ تعبیه شده در دریچه کف کوره، با قطر حدود ۴ تا ۵ سانتی‌متر، مسدود نشود. سپس زیربوته‌ای در مرکز کف کوره قرار داده شود.

نکته





کوبیدن کف کوره و قرارگیری زیر بوته ای در مرکز آن

مواد و تجهیزات مورد نیاز:

بدنه فلزی کوره، آجر نسوز، ملات نسوز، زیر بوته ای، کوبه دستی یا کف کوب کوره، دريچه کف کوره و زیر بوته ای

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش کار، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

۱] بدنه فلزی آماده شده در فعالیت کارگاهی ۳ را در نظر بگیرید، سپس دریچه فلزی کف کوره را در انتهای کوره در مرکز رینگ کف بدنه دریچه نصب کنید. (می توان دریچه را لولایی نصب کرد و یا روی دو میلگرد نگهدارنده قرار داد تا در مرکز ثابت شود).

۲] ملات نسوز را آماده کرده و در کف کوره بریزید، سپس آن را بکوبید تا ضخامت لایه متراکم شده به ۵۰ سانتی متر برسد.

۳] زیر بوته ای آماده شده را در مرکز کف کوره قرار دهید و فضای اطراف آن را با ملات نسوز آماده شده پر و متراکم کنید به گونه ای که پس از کوبیدن ضخامت لایه کوبیده شده ۵ سانتی متر باشد.

۴] دقت کنید که پس از پایان عملیات کف کوبی بالاترین قسمت زیر بوته با قسمت کف فارسونگا هم سطح باشد.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب های فردی جلوگیری شود.



متصل کردن مشعل به کوره

مواد و تجهیزات مورد نیاز:

بدنه فلزی کوره، مشعل، اتصالات و ابزار نصب و دمنده هوا (فن)

نکات ایمنی و حفاظتی: استفاده از لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش کار، ماسک فیلتردار و عینک ایمنی برای حفاظت فردی در برابر گردوغبار، مواد شیمیایی و خطرات احتمالی الزامی است.

مراحل انجام کار:

۱] بدنه فلزی آماده شده در فعالیت کارگاهی ۴ را در نظر بگیرید. محل نصب مشعل و یا فارسونگا کوره را روی بدنه کوره مشخص کنید و آن را به گونه ای نصب کنید که محور شعله ورودی، نسبت به جداره داخلی کوره جهت مناسب داشته باشد.

۲] دمنده هوا (فن) را به انتهای فارسونگا متصل کنید.

نکته:

- تمیز کردن محیط کارگاه و ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده الزامی است.
- هنگام کار با ابزار و تجهیزات تمام نکات ایمنی را رعایت کنید تا از بروز آسیب های فردی جلوگیری شود.

ارزشیابی شایستگی ساخت و آماده‌سازی کوره زمینی

نام و نام خانوادگی:		شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۰۷۱۵۲۰	حرفه	متصدیان قالب‌گیری و ریخته‌گری	کد پیمانۀ/پودمان	۸۱۳۱۱۲۰۳۱
کد وظیفه شغل	۸۱۳۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	راه‌اندازی و بهره‌برداری از کوره‌های ذوب (زمینی و القایی)	سطح صلاحیت	۳
کد کار	۸۱۳۱۱۲۰۳۵۱	کار	ساخت و آماده‌سازی کوره زمینی	سطح شایستگی	مهارت / تسلط

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد(د) (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب‌شده
۱	محاسبه ابعاد کوره و ظرفیت آن	ابزار: ماشین حساب، نرم‌افزارهای مهندسی (در صورت استفاده) مواد: اطلاعات فنی مربوط به مواد فلزی، دمای ذوب، راندمان حرارتی، حجم تولید روزانه، استانداردهای طراحی کوره تجهیزات: میز کار، رایانه، دسترسی به منابع اطلاعاتی فنی. زمان: ۶۰ تا ۱۲۰ دقیقه مکان: واحد طراحی	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	محاسبه دقیق ابعاد و ظرفیت کوره با در نظر گرفتن شرایط حرارتی و انتخاب صحیح نوع کوره متناسب با نیاز فرایند اصلی و انتخاب مناسب نوع کوره محاسبه نادرست یا ناقص ابعاد و ظرفیت کوره همراه با انتخاب نامناسب نوع کوره	۳ ۲ ۱	
۲	آجرچینی کوره زمینی	ابزار: کمچه، تراز، متر، ریسمان کار، چکش لاستیکی، دستگاه برش آجر (در صورت نیاز) مواد: آجر نسوز (الومینایی یا شاموتی)، ملات نسوز، آب، خاک نسوز تجهیزات: بشکه یا ظرف مخلوط‌کردن ملات، میز کار، دستکش کار، عینک ایمنی، کفش ایمنی. زمان: ۱۲۰ تا ۲۴۰ دقیقه (بسته به ابعاد کوره) مکان: کارگاه ریخته‌گری / محل استقرار کوره	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	انتخاب و اجرای دقیق آجرچینی نسوز با رعایت کامل اصول فنی، ایعدا استاندارد و استحکام کامل ساختار کوره اجرای قابل قبول آجرچینی با رعایت اصول کلی و استحکام مناسب برای بهره‌برداری از کوره اجرای نامناسب آجرچینی با استفاده از مصالح نامناسب و عدم استحکام و ایمنی کافی کوره	۳ ۲ ۱	
۳	کوبیدن کف کوره و قراردادن زیربوته	ابزار: کوبه دستی یا برقی، ماله نسوز، تراز، متر، قلم‌مو (برای تمیزکاری) مواد: مواد نسوز برای کف کوره (مانند خاک نسوز، ماسه سلیسی، یا آجرهای مخصوص کف)، مواد نسوز برای زیربوته (در صورت نیاز)، زیربوته تجهیزات: کوره زمینی یا کوره قابل حمل زمان: ۶۰ تا ۹۰ دقیقه مکان: کارگاه ذوب و ریخته‌گری / داخل کوره	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	کوبش یکنواخت و متراکم کف کوره با ایجاد سطح صاف و تراز و نصب دقیق و پایدار زیربوته در مرکز کوره کوبش قابل قبول کف کوره با سطح نسبتاً تراز و قرارگیری مناسب زیربوته با پایداری کافی کوبش نامناسب کف کوره همراه با ناهمواری و نصب نادرست یا ناپایدار زیربوته و کاهش ایمنی کوره	۳ ۲ ۱	
۴	روشن کردن کوره و ذوب‌ریزی	ابزار: مشعل یا جرقه‌زن، میله همزن نسوز، کف‌گیر یا ملاقه سرپاره‌گیری، دماسنج مذاب، بوته مواد: شارژ فلزی (شمش، قراضه مجاز و خشک)، سوخت یا تجهیزات برق کوره، فلاکس و سرباره‌گیر (در صورت نیاز) تجهیزات: کوره (گازی، برقی یا القایی)، پاتیل و انبر پاتیل زمان: ۶۰ تا ۱۸۰ دقیقه مکان: کارگاه ذوب و ریخته‌گری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	اجرای دقیق روشن‌سازی و پیش‌گرمایش کوره، کنترل کامل دما و ترکیب، ذوب و سرباره‌گیری اصولی و آماده‌سازی مذاب استاندارد برای ریخته‌گری اجرای صحیح اصول کلی روشن کردن و ذوب، رسیدن به دمای مناسب و آماده‌سازی قابل قبول مذاب برای ریخته‌گری عدم رعایت اصول ایمنی و فنی در روشن کردن و ذوب، کنترل نامناسب دما و آماده‌سازی نامطلوب مذاب	۳ ۲ ۱	
		شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: شایستگی‌های غیرفنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ایمنی: کفش ایمنی، کلاه ایمنی، لباس کار توجهات زیست‌محیطی: استفاده از سیستم‌های تهویه، جداسازی و تفکیک زباله‌ها، رعایت نظافت محیط کار نگرش: علاقه به کار، دقت بالا، نظم		رعایت بندهای ۱ الی ۴	۲	
				عدم رعایت موارد ۱ الی ۴	۱	

☐ بلی	ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)
☐ خیر	

توضیحات:

معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۲ و ۳ (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

تسلط (سطح چهار): خبری در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲: راه‌اندازی و بهره‌برداری از کوره القایی

مقدمه

کوره‌های القایی از پرکاربردترین تجهیزات ذوب در صنعت ریخته‌گری هستند که با استفاده از انرژی الکتریکی و پدیده القای الکترومغناطیسی، فلزات و آلیاژها را ذوب می‌کنند. این کوره‌ها به دلیل سرعت ذوب بالا، کنترل دقیق دما، کاهش آلودگی و تولید مذاب با کیفیت جایگاه ویژه‌ای در صنایع امروزی دارند. آشنایی با ساختمان، اجزاء، اصول عملکرد و نحوه بهره‌برداری از کوره‌های القایی برای فعالان حوزه ریخته‌گری الزامی است. در این واحد یادگیری، هنرجویان با انواع کوره‌های القایی، اجزای اصلی سیستم‌های تغذیه جریان الکتریکی و خنک‌کاری همچنین مراحل راه‌اندازی، ذوب، کنترل کیفیت مذاب و نگهداری کوره آشنا می‌شوند.

استاندارد عملکرد

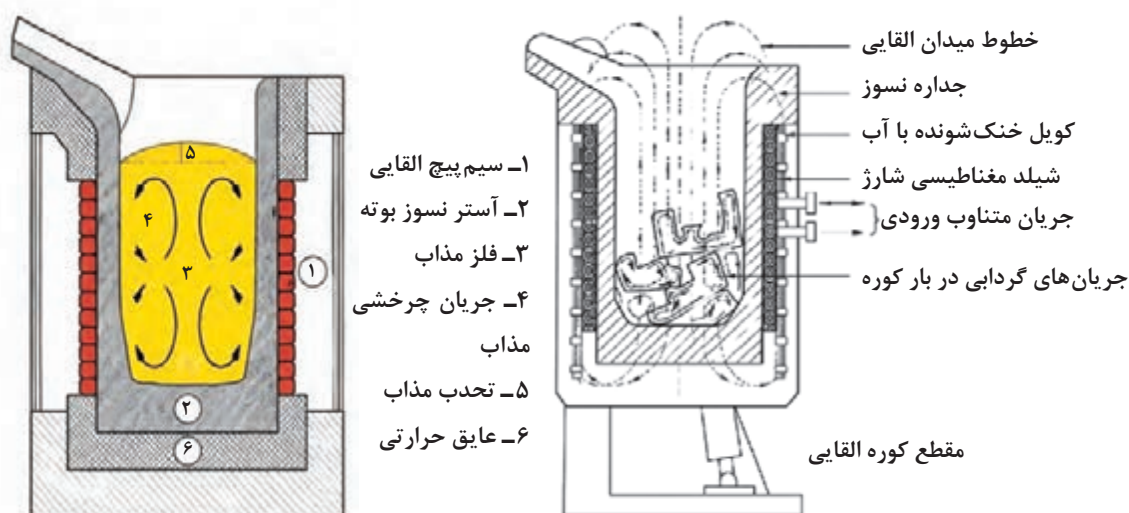
راه‌اندازی، بهره‌برداری و نگهداری کوره القایی مطابق استاندارد

کوره القایی

در کوره‌های القایی، فلز بدون تماس مستقیم با شعله یا المنت گرم می‌شود. در این روش، جریان متناوب از سیم‌پیچ مسی اطراف بوته عبور می‌کند و میدان مغناطیسی متناوب به وجود می‌آورد. این میدان مغناطیسی در قطعات فلزی شارژ، جریان‌هایی به نام جریان‌های گردابی ایجاد می‌کند. عبور این جریان‌ها از فلز باعث تولید گرما شده و در نهایت فلز ذوب می‌شود.

در گرمایش القایی، ابتدا سطح فلز سریع‌تر از قسمت‌های داخلی آن گرم می‌شود. به این پدیده «اثر پوسته‌ای» گفته می‌شود. سپس گرما از سطح به مرکز فلز منتقل شده و تمام قطعه به تدریج گرم می‌شود.

کوره القایی از یک بوته نسوز و یک سیم‌پیچ مسی آب‌خنک تشکیل شده است. سیم‌پیچ با ایجاد میدان مغناطیسی، انرژی لازم برای ذوب فلز را تأمین می‌کند. هنگام ذوب، نیروهای الکترومغناطیسی باعث حرکت و هم‌زدن مذاب می‌شوند. این هم‌زدن الکترومغناطیسی موجب یکنواخت‌تر شدن دما و ترکیب شیمیایی مذاب شده و در نتیجه بهبود کیفیت آن می‌شود.



- عمدتاً برای ذوب فلزات استفاده می‌شود
- بازده متوسط تا بالا
- فرکانس کاری: ۵۰ تا ۱۰۰۰ هرتز

شکل ۲۷- نحوه ایجاد میدان مغناطیسی و جریان‌های گردابی در کوره القایی

همان‌طور که در شکل ۲۷ نشان داده شده است، عبور جریان متناوب از سیم‌پیچ میدان مغناطیسی متناوبی ایجاد می‌کند که جهت آن براساس جهت جریان سیم‌پیچ تعیین می‌شود. در قطعات فلزی شارژ، جریان‌های گردابی القا می‌شود که چگالی آنها، بسته به فرکانس و عمق نفوذ، معمولاً در نواحی سطحی بیشتر است. کوره القایی باید دارای محفظه ذوبی باشد که بتواند چرخه‌های مکرر گرم شدن و سرد شدن و دمای بالای فرایند ذوب را تحمل کند. این محفظه باید به اندازه کافی مقاوم باشد تا بتواند فلز مذاب را با اطمینان در خود نگه دارد تا زمانی که فلز در قالب ریخته شود و قطعه ریختگی تولید گردد. این محفظه «بوته» نام دارد و پوشش داخلی آن از مواد نسوز ساخته شده است تا در برابر دمای بسیار بالای مذاب و واکنش‌های شیمیایی مقاومت کند. هنگامی که فلز در یک کوره القایی ذوب می‌شود، بخش خالص فلز به کف بوته فرو می‌رود؛

در حالی که بیشتر ناخالصی ها به سطح مذاب می آیند. این ناخالصی ها را می توان به راحتی با استفاده از ابزار مناسب از روی سطح مذاب برداشت یا جمع آوری کرد.

مزایای کوره های القایی

از جمله مزایای کوره های القایی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سرعت بالای ذوب
 - عملکرد نسبتاً کم صدا
 - قابلیت کنترل دقیق دمای فلز مذاب
 - تولید مذاب تمیز
 - یکنواختی دما و ترکیب شیمیایی مذاب
 - دقت بالای ترکیب شیمیایی مذاب
- یکنواختی و دقت ترکیب شیمیایی مذاب به دلیل عمل هم زدن قوی و مداومی است که به طور طبیعی در کوره القایی وجود دارد.

از آنجا که در کوره القایی، احتراق مستقیم صورت نمی گیرد، آلودگی ناشی از محصولات احتراق کمتر است و کنترل دمای ذوب با دقت بیشتری انجام می شود. گرما بر اثر جریان القایی در حجم فلز تولید می شود. فلز بدون تماس مستقیم با شعله گرم می شود و دمای آن متناسب با نیاز فرایند قابل کنترل است. نبود احتراق مستقیم، تولید محصولات احتراق را کاهش می دهد، با این حال، استفاده از سامانه تهویه و جمع آوری دود و غبار همچنان ضروری است. این ویژگی باعث کاهش اکسید شدن فلز مذاب و افزایش بازده کوره می شود. طراحی کوره های القایی و استفاده از انرژی الکتریکی باعث شده است که کار با آنها ساده باشد و آموزش کارکنان نیز سریع و آسان انجام شود.

کوره های القایی برای ذوب و آلیاژسازی طیف گسترده ای از فلزات بسیار مناسب هستند و در عین حال میزان اتلاف فلز در آنها حداقل است؛ با این وجود، امکان تصفیه فلز در آنها محدود است. اندازه کوره های القایی بسیار متنوع است و از کوره های آزمایشگاهی با ظرفیت چند کیلوگرم، کوره های صنعتی با ظرفیت چندین تن در هر نوبت را شامل می شود. ظرفیت کوره باید متناسب با مقدار تولید، نوع آلیاژ و برنامه ذوب انتخاب شود تا ضمن تأمین ظرفیت مورد نیاز، هم زدن و یکنواختی مناسب مذاب فراهم شود.

انواع کوره های القایی عبارت اند از:

۱ کوره القایی بدون هسته^۱

۲ کوره القایی کانالی^۲

کوره های القایی بدون هسته: کوره القایی بدون هسته، رایج ترین نوع کوره القایی مورد استفاده در صنعت امروز است. بخش اصلی این کوره، یک سیم پیچ مارپیچی از لوله مس توخالی با رسانای الکتریکی و حرارتی بالا است که آب خنک کننده از داخل آن عبور می کند. شکل ۲۸ یک کوره القایی بدون هسته کوچک را نشان می دهد. سیم پیچ درون یک پوسته فولادی قرار می گیرد و برای جلوگیری از گرم شدن این پوسته فولادی، از حفاظ مغناطیسی استفاده می شود. سیم پیچ همراه با لایه های عایق و اجزای محافظ، در مجموعه بدنه کوره

نصب می‌شود. از آنجا که سیم‌پیچ باید نسبتاً خنک نگه داشته شود، آب خنک‌کننده در درون آن گردش می‌کند و پس از جذب حرارت، در برج‌های خنک‌کننده^۱ سرد می‌شود. مجموعه سیم‌پیچ و بدنه کوره روی تکیه‌گاه‌های محوری^۲ نصب می‌شود تا امکان کج کردن کوره و تخلیه مذاب فراهم شود. برخی از کوره‌های القایی دارای بوته‌هایی با درپوش‌های کاملاً آب‌بندی شده هستند که ورود هوای محیط به محفظه ذوب را محدود می‌کنند. این ویژگی باعث افزایش خلوص فلز مذاب داخل بوته می‌شود و هرگونه سرباره یا ناخالصی را می‌توان هنگام باز کردن درپوش، درست پیش از ریخته‌گری، از سطح مذاب جدا کرد. پوشش نسوز محفظه ذوب در کوره‌های القایی به دلیل سرعت زیاد گرم شدن و تنش‌های حرارتی و مکانیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ زیرا سرعت گرم شدن در این کوره‌ها بسیار زیاد است. این پوشش شامل دو بخش است:

- پوشش داخلی (بوته) که مذاب را در خود نگه می‌دارد.
 - پوشش خارجی که بین بوته و سیم‌پیچ القایی قرار گرفته است.
- ضخامت پوشش نسوز بسیار مهم است و باید با دقت تعیین شود تا کوره بتواند فلز را با بیشترین بازده ممکن ذوب کند. برای محاسبه ضخامت پوشش نسوز عوامل مختلفی از جمله ایمنی، ویژگی‌های الکتریکی سیم‌پیچ، خواص فلز شارژ، ویژگی‌های مواد نسوز، ظرفیت تولید و شرایط عملیاتی در نظر گرفته می‌شوند.



شکل ۲۹- سیم‌پیچ یک کوره القایی بدون هسته



شکل ۲۸- کوره القایی بدون هسته با ظرفیت ۲۰۰ پوند

برای جلوگیری از نشت فلز مذاب از کوره و نیز محافظت از سیم‌پیچ مسی در برابر آسیب، در تمامی کوره‌های القایی در میان لایه‌های نسوز میله‌های رسانا قرار داده می‌شود که اصطلاحاً به آن «آنتن کوره» گفته می‌شود. مجهز هستند. اگر فلز مذاب با آنتن کوره تماس پیدا کند، کوره به‌طور خودکار خاموش می‌شود. کوره‌های القایی کانالی: یکی از قدیمی‌ترین نوع کوره القایی، کوره القایی کانالی است (شکل ۳۰). این کوره از یک پوشش نسوز در داخل یک پوسته فولادی تشکیل شده است و فلز مذاب در آن نگهداری می‌شود. معمولاً در زیر پوسته فولادی و متصل به آن از طریق مجرای به نام گلوگاه^۳ (کانال)، یک واحد القایی قرار دارد که وظیفه تأمین انرژی و ذوب یا گرم نگه‌داشتن فلز مذاب را برعهده دارد. این واحد القایی شامل یک هسته آهنی حلقه‌ای شکل که سیم‌پیچ القایی به دور آن پیچیده شده است، واحد القایی را تشکیل می‌دهد و

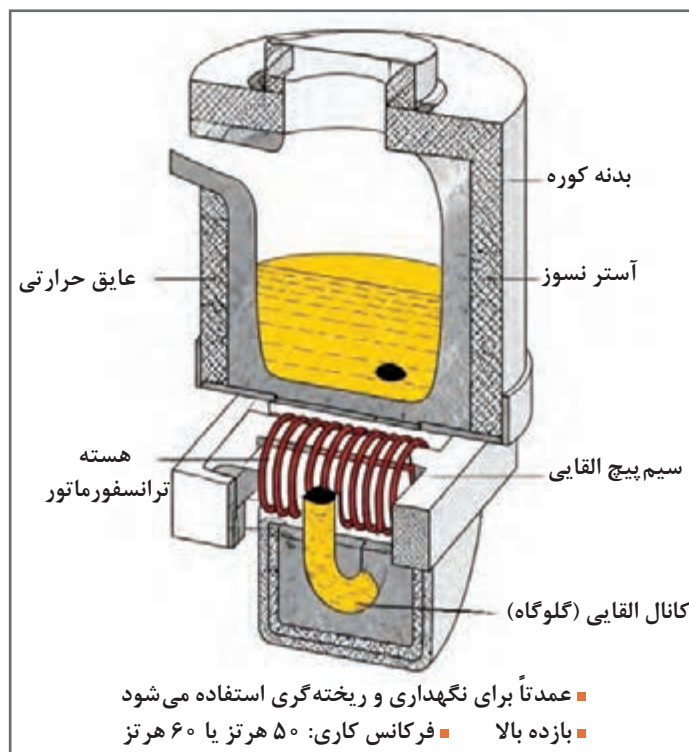
۱- Cooling tower

۲- Trunnions

۳- Throat

پودمان پنجم: راه اندازی و بهره برداری از کوره های ذوب (زمینی و القایی)

نقش سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور را دارد. فلز مذابی که در کانال (گلوگاه) جریان دارد، به عنوان سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور عمل می کند. در اثر تولید گرما در ناحیه گلوگاه، فلز مذاب به سمت بالا و داخل بوته به گردش درمی آید و در نتیجه، هم زدن طبیعی مذاب ایجاد می شود. با تولید گرما در ناحیه گلوگاه، دمای مذاب بالا رفته و با گردش این مذاب داغ به داخل بوته کوره باعث هم زدن مذاب و ذوب شارژ افزودنی به کوره می شود. در شکل ۳۰ کوره القایی بدون هسته مشاهده می شود.



شکل ۳۰- کوره القایی کانالی

پس از راه اندازی، کوره القایی کانالی، معمولاً به طور پیوسته در مدار بهره برداری باقی می ماند و به طور کامل خاموش یا تخلیه نمی شود مگر آنکه انجام تعمیرات اساسی یا تعویض پوشش نسوز ضرورت داشته باشد (پوشش نسوز تعویض گردد). طراحی این کوره ها به گونه ای است که برای راه اندازی باید از قبل با فلز مذاب پر شده باشند. از آنجا که این کوره ها به صورت پیوسته کار می کنند، تنها تغییرات جزئی در نوع آلیاژ ذوب شده را می توان در آنها انجام داد.

کوره های القایی کانالی اغلب برای ذوب آلیاژهای غیر آهنی، با نقطه ذوب پایین تر؛ مانند آلیاژهای آلومینیوم و برنج استفاده می شوند. یکی از کاربردهای مهم این کوره ها، نگهداری مذاب در یک دمای مشخص و حفظ مقدار فوق گرمایش^۱ مناسب است. فوق گرمایش به مقدار دمای اضافی گفته می شود که به فلز مذاب داده می شود تا هنگام پر کردن قالب، پیش از موعد منجمد نشود. این کوره ها همچنین برای نگهداری مذاب در ساعات کم باری شبکه برق تولید شده اند تا زمان مصرف در ریخته گری استفاده شوند و به کاهش هزینه های مصرف انرژی کمک کنند.

۱- Superheat



با استفاده از منابع معتبر علمی و کتابخانه‌ای، درباره کاربرد کوره‌های القایی کانالی در ذوب و نگهداری آلیاژهای غیرآهنی تحقیق کنید و موارد زیر را بررسی نمایید:

چرا در ذوب و نگهداری آلیاژهای غیرآهنی از کوره‌های القایی کانالی استفاده می‌شود؟

در پژوهش خود، موارد زیر را بررسی کنید:

- ۱ کوره‌های القایی کانالی چه ویژگی‌هایی دارند و چگونه کار می‌کنند؟
 - ۲ استفاده از این نوع کوره‌ها در ذوب و نگهداری آلیاژهای غیرآهنی چه مزایا و محدودیت‌هایی دارد؟
 - ۳ کوره‌های القایی کانالی را با سایر کوره‌های مورد استفاده در صنعت ریخته‌گری از نظر عملکرد، مصرف انرژی و کاربرد مقایسه کنید.
 - ۴ مهم‌ترین کاربردهای صنعتی این کوره‌ها را بیان کنید.
- نتایج تحقیق خود را در قالب یک گزارش کوتاه تهیه کرده و در کلاس برای هم‌کلاسی‌های خود ارائه دهید.

جدول ۲- تقسیم‌بندی کوره‌های القایی براساس فرکانس جریان الکتریکی

نوع کوره القایی	فرکانس	ویژگی‌های اصلی	کاربردها
فرکانس شبکه	۵۰ یا ۶۰ هرتز	تغذیه مستقیم از برق شبکه، راندمان مناسب، مصرف انرژی بهینه	نگهداری مذاب، ذوب چدن و فلزات غیرآهنی
فرکانس متوسط	حدود ۱۵۰ تا ۱۰/۰۰۰ هرتز	رایج‌ترین نوع کوره القایی در ریخته‌گری، سرعت ذوب بالا، هم‌زدن مناسب مذاب، قابلیت ساخت در ظرفیت متنوع	ذوب چدن، فولاد، فولادهای آلیاژی و فلزات غیرآهنی
فرکانس بالا	بیش از ۱۰ کیلوهرتز	عمق نفوذ کم، کنترل دقیق دما و ترکیب شیمیایی	ذوب فلزات گران‌بها، آلیاژهای ویژه و عملیات حرارتی القایی



با توجه به پدیده اثر پوستی^۱ توضیح دهید افزایش فرکانس جریان چه تأثیری بر عمق نفوذ جریان‌های القایی در فلزات دارد و این تغییر چگونه بر عملکرد کوره‌های القایی و فرایند ذوب فلزات اثر می‌گذارد.

هرچه فرکانس جریان الکتریکی کوره بیشتر باشد، عمق نفوذ جریان‌های القایی در فلز شارژ کمتر خواهد بود. در مقابل، در فرکانس‌های پایین، جریان‌های القایی در عمق بیشتری نفوذ می‌کنند. اگر هنگام راه‌اندازی یک کوره سرد، از قطعات فلزی بسیار نازک برای شارژ استفاده شود، میدان مغناطیسی نمی‌تواند به‌طور مؤثر در آنها نفوذ کند. استفاده از قطعات ضخیم‌تر هنگام راه‌اندازی کوره سرد باعث می‌شود فلز سریع‌تر گرم شود؛ زیرا میدان مغناطیسی بیش از حد در آن نفوذ نمی‌کند.

اگر عمق نفوذ جریان‌های القایی با ضخامت قطعات فلز شارژ برابر باشد، ممکن است اثر خنثی‌کنندگی رخ دهد؛ زیرا میدان از همه طرف در قطعه نفوذ می‌کند. در این حالت تنها گرمای تولیدشده ناشی از تغییر مداوم جهت میدان مغناطیسی خواهد بود. در نتیجه برای رساندن فلز شارژ به دمایی بالاتر از حدود ۷۰۰ درجه سلسیوس، لازم است توان کوره به مقدار قابل توجهی افزایش یابد.



جدول زیر تکمیل کنید:

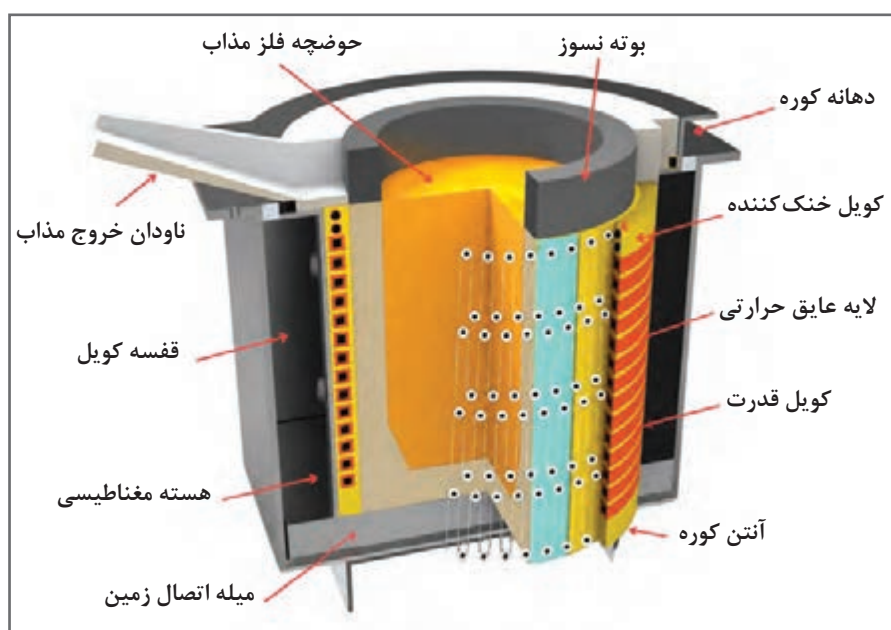
مقایسه کوره‌های ذوب

معیار	کوره دوار	کوره زمینی	کوره قوس الکتریکی	کوره القایی
مصرف انرژی				
آلودگی				
دقت ترکیب شیمیایی				
هزینه سرمایه‌گذاری				
میزان اکسیداسیون				
سروصدا				

اجزای کوره القایی

۱ بوتله

بوتله در کوره القایی تنها یک محفظه نسوز ساده نیست، بلکه یکی از اجزای اصلی ساختمان داخلی کوره محسوب می‌شود و وظیفه نگهداری مذاب و محافظت از سیم پیچ القایی را بر عهده دارد. در کوره‌های القایی، بوتله از چند لایه مختلف تشکیل شده است که هر کدام وظیفه مشخصی دارند. در مرکز بوتله، فلز یا آلیاژ قرار دارد که در اثر جریان‌های القایی ذوب می‌شود. این بخش داغ‌ترین قسمت کوره است و دمای آن ممکن است به بیش از ۱۶۰۰ درجه سانتی‌گراد برسد (شکل ۳۱).



شکل ۳۱- اجزای کوره القایی

الف) سیم پیچ القایی (کویل): سیم پیچ القایی از لوله‌های مسی توخالی ساخته می‌شود که آب خنک‌کننده، برای جلوگیری از افزایش دمای سیم پیچ در درون آنها جریان دارد.

وظایف:

- ایجاد میدان مغناطیسی متناوب
 - ایجاد جریان‌های گردابی القایی در فلز شارژ
 - تأمین انرژی لازم برای ذوب
 - سیم پیچ به طور مستقیم با مذاب تماس ندارد و توسط جداره نسوز از آن جدا می‌شود.
- ب) جداره نسوز:** این لایه مستقیماً با مذاب در تماس است و معمولاً از مواد نسوزی مانند سیلیس، آلومینا یا منیزیت ساخته می‌شود.

وظایف:

- نگهداری مذاب
 - جلوگیری از نشت فلز مذاب به بخش‌های داخلی کوره
 - مقاومت در برابر حرارت و خوردگی شیمیایی
 - محافظت از قسمت‌های دیگر کوره
 - ضخامت این لایه معمولاً بین ۷۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر است و به ظرفیت کوره و شرایط کاری آن بستگی دارد.
- ج) لایه عایق حرارتی (پشتیبان):** میان جداره نسوز و سیم پیچ القایی یک لایه عایق قرار می‌گیرد که از انتقال بیش از حد حرارت به سیم پیچ و دیگر اجزای کوره جلوگیری می‌کند.

وظایف:

- کاهش انتقال حرارت به سیم پیچ
 - محدود کردن افزایش دمای اجزای پیرامونی کوره
 - محافظت از سیم پیچ و افزایش عمر مفید
 - این لایه معمولاً از الیاف سرامیکی یا مواد عایق نسوز ساخته می‌شود.
- د) عایق الکتریکی:** بین سیم پیچ و بدنه فلزی کوره از عایق‌های الکتریکی استفاده می‌شود.

وظایف:

- جلوگیری از اتصال کوتاه و نشت جریان الکتریکی
 - افزایش ایمنی کار
 - محافظت از سیم پیچ
- هـ) بدنه فلزی کوره:** خارجی‌ترین بخش کوره، پوسته یا بدنه فولادی است که معمولاً از فولاد ساخته می‌شود.

وظایف:

- نگهداری اجزای داخلی کوره
- تأمین استحکام مکانیکی
- تحمل وزن جداره نسوز، فلز شارژ و مذاب

۲ منابع تغذیه کوره‌های القایی

کوره‌های القایی، در ظرفیت‌های مختلف برای ذوب فلزات به مقدار انرژی الکتریکی قابل توجهی نیاز دارند. میزان توان الکتریکی مورد نیاز متناسب با ظرفیت ذوب کوره تعیین می‌شود. در برخی از واحدهای ریخته‌گری، ذوب در ساعات کم‌باری برق شبکه انجام می‌شود تا هزینه‌های مصرف انرژی کاهش یابد.

پودمان پنجم: راه‌اندازی و بهره‌برداری از کوره‌های ذوب (زمینی و القایی)

کوره‌های کوچک معمولاً با ولتاژ ورودی ۳۸۰-۴۰۰ ولت سه‌فاز ولت کار می‌کنند. این ولتاژ در بسیاری از کارگاه‌ها، آزمایشگاه‌ها و مراکز آموزشی مجهز به تأسیسات برق صنعتی قابل تأمین است. منابع تغذیه کوره‌های القایی امکان راه‌اندازی نرم کوره را فراهم می‌کنند (شکل ۳۲). در این روش، هنگام راه‌اندازی کوره، جریان ورودی به سیم‌پیچ به تدریج افزایش می‌یابد. این فرایند، تنش‌های الکتریکی و حرارتی وارد بر منبع تغذیه و سیم‌پیچ را کاهش داده و موجب افزایش عمر مفید آنها می‌شود.



شکل ۳۲- منبع تغذیه ۷۵ کیلوواتی کوره القایی

در مقایسه با کوره قوس الکتریکی، بار الکتریکی کوره القایی معمولاً یکنواخت‌تر و پایدارتر است و نوسانات کمتری به شبکه برق وارد می‌کند. با این حال، منابع تغذیه کوره‌های القایی معمولاً شامل یکسوکننده، مدار میانی و اینورتر قدرت هستند. در منبع تغذیه کوره القایی، ابتدا یکسوکننده، جریان متناوب ورودی را به جریان مستقیم تبدیل می‌کند؛ سپس مدار اینورتر، جریان مستقیم را به جریان متناوب با فرکانس موردنیاز کوره تبدیل می‌کند تا فرایند ذوب با سرعت بیشتری انجام گیرد.

۳ سامانه خنک‌کاری آبی کوره القایی

سامانه آب خنک‌کن یکی از بخش‌های مهمی از سیستم کوره القایی است؛ زیرا آب برای خنک کردن منبع تغذیه و سیم‌پیچ‌های کوره استفاده می‌شود. هرچه کیفیت آب مناسب‌تر باشد: قابلیت اطمینان سامانه خنک‌کاری بیشتر شده و عمر مفید تجهیزات افزایش می‌یابد. آب مورد استفاده باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

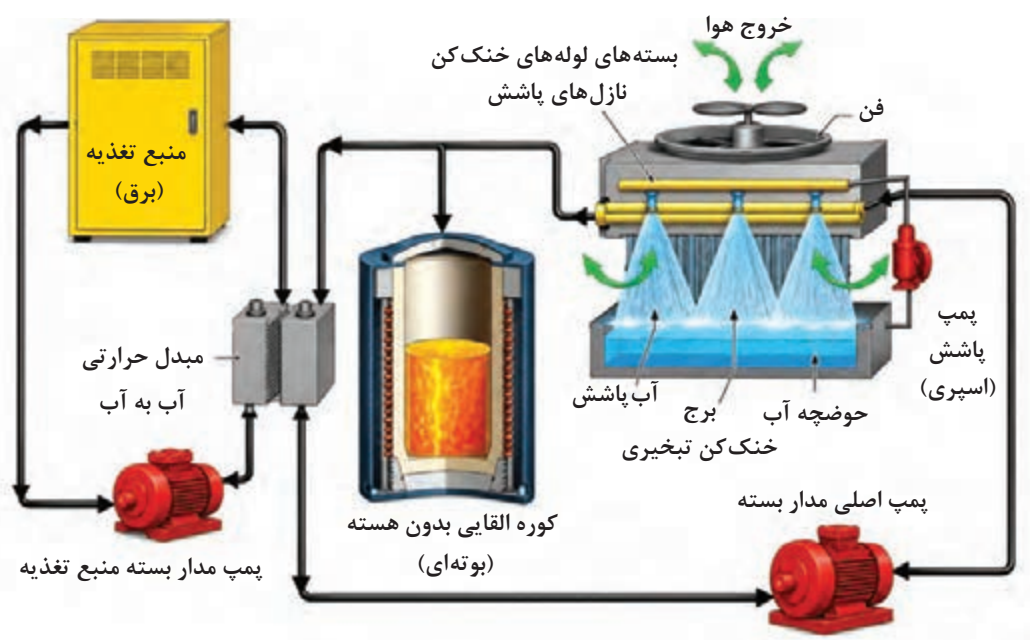
- عاری از ذرات معلق، رسوبات و آلودگی‌ها باشد.
- با فشار مناسب تأمین شود.
- دارای دبی (نرخ جریان) مناسب باشد.
- دمای مناسب داشته باشد.
- میزان املاح محلول، سختی و هدایت الکتریکی آن در محدوده مجاز باشد.

حفظ دمای مناسب کوره و اجزای الکتریکی منبع تغذیه، نقش مهمی در عملکرد صحیح کوره و افزایش عمر تجهیزات دارد. در کوره‌های القایی دو نوع اصلی سیستم خنک کاری آبی استفاده می‌شود:

۱ سیستم آبگرد تبخیری

۲ سیستم آبگرد با گردش هوای خشک

بیشتر کوره‌های القایی بدون هسته امروزی از نوع اول استفاده می‌کنند (شکل ۳۳). این سیستم از دو مدار مجزای گردش آب تشکیل شده است. در شکل ۳۳ مدار اولیه سیم‌پیچ‌های کوره را خنک می‌کند و مدار ثانویه، منبع تغذیه را خنک می‌کند. آب دو مدار با یکدیگر مخلوط نمی‌شود و در تماس با هوای محیط نیز قرار نمی‌گیرد. مزیت استفاده از دو مدار مستقل این است که فقط مدار ثانویه که منبع تغذیه را خنک می‌کند به آب با کیفیت بالا نیاز دارد. بنابراین سایر بخش‌های سیستم می‌توانند از آب با کیفیت معمولی‌تر استفاده کنند و در نتیجه هزینه‌های بهره‌برداری کاهش می‌یابد.



شکل ۳۳- نمودار سیستم آبگرد تبخیری

بیشتر کوره‌های القایی تجاری از برج خنک‌کننده تبخیری مدار بسته مشابه شکل ۳۳ استفاده می‌کنند. در این سیستم، آب در حال گردش بر اثر تبخیر بخشی از آب در برج خنک‌کننده، سرد می‌شود. آب از طریق نازل‌ها روی لوله‌های حامل آب پاشیده می‌شود. بخشی از آب پاشیده‌شده تبخیر می‌شود و بخش دیگر در سینی پایین برج جمع می‌گردد. برای جبران آب تبخیرشده، به‌طور مداوم آب تازه از شبکه آب شهری به سیستم اضافه می‌شود. بسته به کیفیت آب، ممکن است برای کنترل سختی، حذف مواد معدنی، ذرات معلق و سایر آلاینده‌ها از تجهیزات تصفیه آب استفاده شود.

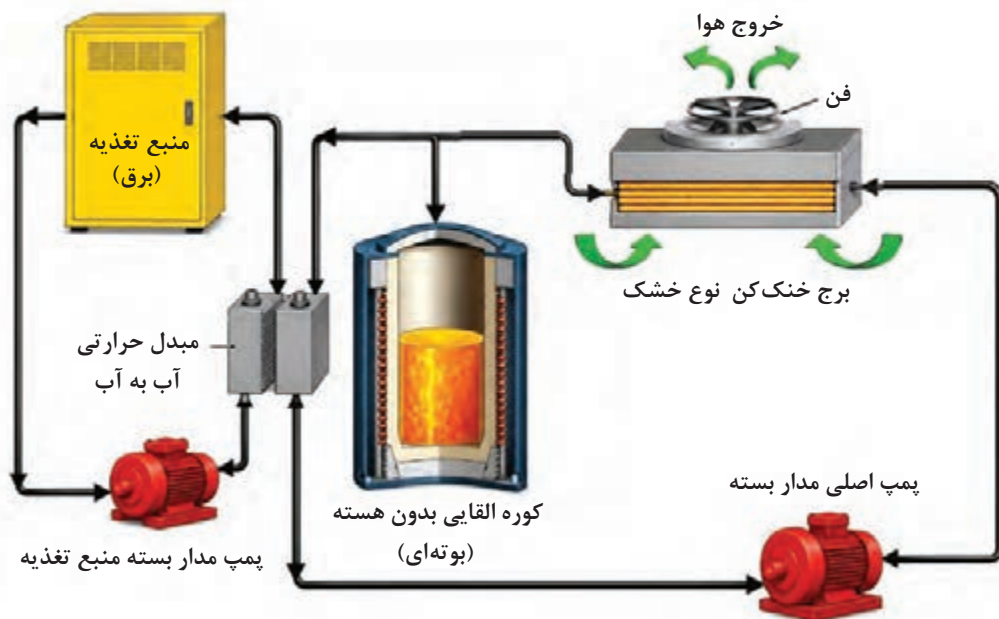


شکل ۳۴- برج خنک‌کننده تبخیری معمولی

نوع دیگر سیستم خنک‌کاری، سیستم آب‌گرد با گردش هوای خشک است که بیشتر در واحدهای ریخته‌گری واقع در مناطق با آب و هوای خنک به کار می‌رود (شکل‌های ۳۵ و ۳۶). این سیستم‌ها به دلیل نداشتن سامانه پاشش آب تبخیری، ظرفیت خنک‌کاری کمتری دارند. مزیت این سیستم آن است که نیازی به تعمیر و نگهداری تجهیزات پاشش آب وجود ندارد. در این سیستم، آب خنک‌کننده از داخل لوله‌هایی عبور می‌کند که با عبور جریان هوای ایجاد شده توسط فن‌ها از روی لوله‌ها، گرمای خود را به محیط منتقل می‌کنند. در نتیجه دمای آب معمولاً نمی‌تواند از دمای خشک هوای محیط کمتر شود. انتخاب سامانه خنک‌کاری مناسب باید با توجه به شرایط اقلیمی محل نصب، کیفیت آب ظرفیت کوره و با نظر سازنده یا تأمین‌کننده تجهیزات انجام شود.



شکل ۳۵- سیستم آب‌گرد با هوای خشک



شکل ۳۶- نمودار کلی سیستم آبگرد با گردش هوای خشک

به نظر شما کیفیت آب چه تأثیری بر عملکرد تجهیزات ذوب و ریخته‌گری دارد؟ توضیح دهید چرا هدایت الکتریکی آب یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت آب در سامانه‌های خنک‌کاری صنعتی است؟

پرسش کلاسی



دستورالعمل کار با کوره القایی

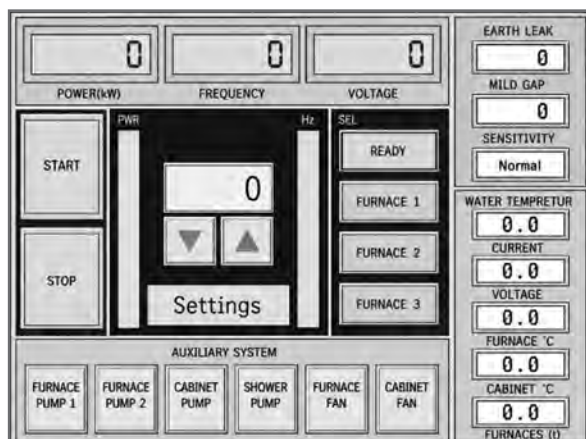
۱ بازرسی قبل از شروع

- بررسی جداره کوره: جداره نسوز بوته را از نظر وجود ترک، فرسایش، پوسته شدن و باقی ماندن فلز بررسی کنید.
- بررسی سیستم برق: کابل‌های قدرت و اتصالات را از نظر آثار گرم‌شدگی چک کنید.
- بررسی سیستم خنک‌کننده: پیش از روشن کردن کوره، سیستم خنک‌کننده آبگرد چک شده و فعال می‌گردد.
- تخلیه: اطمینان حاصل کنید که ناودان یا مسیر تخلیه مذاب تمیز، خشک و آماده استفاده هستند.

۲ عملیات باردهی

- از شارژ فلزات مرطوب، روغنی، آلوده یا دارای زنگ‌زدگی شدید خودداری کنید.
- باردهی را با قطعات کوچک و مناسب آغاز کنید تا از ایجاد پدیده پل زدن شارژ جلوگیری شود.
- اکنون کوره آماده روشن شدن است که با فشردن دکمه شروع (Start) از طریق سیستم کنترلی کوره این کار انجام می‌گیرد (شکل ۳۷).

پودمان پنجم: راه اندازی و بهره برداری از کوره های ذوب (زمینی و آلفایی)



شکل ۳۷- پنل کنترل کوره آلفایی

۳ فرایند ذوب

- افزایش تدریجی توان: توان کوره را به تدریج افزایش دهید تا از وارد شدن شوک حرارتی به پوشش نسوز بوته جلوگیری شود.

- کنترل جریان: اگر نوسان شدت جریان مشاهده شد، احتمال تشکیل پل شارژ وجود دارد؛ در این حالت پس از کاهش توان یا خاموش کردن کوره و با استفاده از ابزار مخصوص و خشک پل شارژ را برطرف کنید.

- پس از ذوب کامل شارژ، از مذاب نمونه برداری شده و نمونه برای اندازه گیری ترکیب شیمیایی به آزمایشگاه ارسال می شود.

- سپس در صورت نیاز با افزودن عناصر آلیاژی و آمیزان ها ترکیب شیمیایی مذاب اصلاح می شود.

- سرباره گیری: پس از ذوب کامل، سرباره و سایر ناخالصی های شناور با استفاده از ابزار سرباره گیر از سطح مذاب خارج می شوند.

۴ عملیات کیفی مذاب

- در این مرحله عملیات کیفی روی مذاب انجام می شود، با کنترل دمای مذاب در این مرحله با گاززدایی و افزودن مواد جوانه زا یا اصلاح کننده، کیفیت مذاب بهبود می یابد.

۵ تخلیه مذاب

- پیش از تخلیه، پاتیل باید تا دمای مناسب پیش گرم شود تا از افت شدید دمای مذاب و شوک حرارتی جلوگیری شود.

- عملیات تخلیه باید با دقت کامل و هماهنگی با گروه ذوب ریزی انجام شود.

- مذاب موجود در پاتیل، توسط گروه ریخته گری در داخل قالب های آماده شده ریخته می شود.

۶ نگهداری کوره در پایان کار

- کوره را پس از تخلیه کامل، تمیز کنید. اگر مذابی باقی مانده، مراقب انجماد آن در کف باشید.

- کوره را مطابق دستورالعمل سازنده و از طریق سامانه کنترل خاموش کنید.

- سیستم خنک کاری را برای مدتی پس از خاموش کردن کوره فعال نگه دارید تا حرارت باقی مانده خارج شود.

ارزشیابی شایستگی راه‌اندازی و بهره‌برداری از کوره القایی

نام و نام خانوادگی:		شماره ملی:	تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۰۷۱۵۲۰	حرفه	متصدیان قالب‌گیری و ریخته‌گری
کد وظیفه شغل	۸۱۲۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	راه‌اندازی و بهره‌برداری از کوره‌های ذوب (زمینی و القایی)
کد کار	۸۱۲۱۱۲۰۳۵۲	کار	راه‌اندازی و بهره‌برداری از کوره القایی
		کد پیمانانه/پودمان	۸۱۲۱۱۲۰۳۵
		سطح صلاحیت	۳
		سطح شایستگی	مهارت / تسلط
		استاندارد عملکرد کار: انجام فرایند ذوب با کوره القایی مطابق اصول فنی و ایمنی	

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب‌شده
۱	آماده‌سازی و راه‌اندازی کوره	ابزار: چراغ قوه یا لامپ بازرسی، دماسنج یا پیرومتر مواد: شارژ اولیه فلزی (در صورت نیاز) تجهیزات: کوره القایی، سیستم خنک‌کننده، تابلو برق، تجهیزات حفاظت فردی زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه مکان: کارگاه ذوب و ریخته‌گری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	بررسی کامل تجهیزات، سیستم خنک‌کننده و تابلو برق و راه‌اندازی صحیح کوره مطابق اصول ایمنی و دستورالعمل. بررسی و راه‌اندازی کوره با رعایت الزامات اصلی و آمادگی مناسب برای شروع ذوب بررسی ناقص تجهیزات یا راه‌اندازی نادرست کوره که موجب کاهش ایمنی یا اختلال در عملکرد می‌شود.	۳	
					۲	
					۱	
۲	شارژ کوره	ابزار: انبر، ابزار یا سید شارژ مواد: قراضه یا شارژ فلزی، مواد آلیاژی (در صورت نیاز) تجهیزات: کوره القایی، تجهیزات حفاظت فردی زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه مکان: کارگاه ذوب و ریخته‌گری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	انتخاب و شارژ صحیح مواد فلزی با رعایت ظرفیت کوره، ترتیب شارژ و اصول ایمنی. شارژ مناسب مواد فلزی با رعایت الزامات اصلی و آماده‌سازی کوره برای ذوب. انتخاب یا شارژ نادرست مواد که موجب کاهش راندمان، آسیب به کوره یا ایجاد خطر می‌شود.	۳	
					۲	
					۱	
۳	ذوب و کنترل مذاب	ابزار: پیرومتر، کفگیر یا ابزار سرباره‌گیری مواد: مواد آلیاژی، مواد جوانه‌زا یا اصلاح‌کننده، مواد سرباره‌گیر (در صورت نیاز) تجهیزات: کوره القایی، تجهیزات حفاظت فردی زمان: ۳۰ تا ۹۰ دقیقه مکان: کارگاه ذوب و ریخته‌گری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	کنترل دقیق فرایند ذوب، دمای مذاب، سرباره‌گیری و افزودن مواد آلیاژی مطابق مشخصات فنی. کنترل مناسب فرایند ذوب و انجام عملیات لازم برای دستیابی به مذاب قابل استفاده. کنترل نامناسب فرایند ذوب یا انجام نادرست عملیات که باعث افت کیفیت مذاب می‌شود.	۳	
					۲	
					۱	
۴	تخلیه مذاب و خاموش کردن کوره	ابزار: پاتیل، انبر و ابزار تخلیه مذاب مواد: فاز مذاب تجهیزات: کوره القایی، جرثقیل یا بازوی حمل پاتیل (در صورت وجود)، تجهیزات حفاظت فردی زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه مکان: کارگاه ذوب و ریخته‌گری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی	تخلیه ایمن و صحیح مذاب، خاموش کردن اصولی کوره و آماده‌سازی تجهیزات برای استفاده بعدی. تخلیه مذاب و خاموش کردن کوره با رعایت الزامات اصلی و حفظ ایمنی. تخلیه یا خاموش کردن نادرست کوره که موجب بروز خطر، آسیب به تجهیزات یا اختلال در بهره‌برداری بعدی می‌شود.	۳	
					۲	
					۱	
		شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: شایستگی‌های غیرفنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ایمنی: کفش ایمنی، کلاه ایمنی، لباس کار توجهات زیست‌محیطی: استفاده از سیستم‌های تهویه، جداسازی و تفکیک زباله‌ها، رعایت نظافت محیط کار نگرش: علاقه به کار، دقت بالا، نظم	رعایت بندهای ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه‌ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست‌محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها، و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در تمام مراحل کار عدم رعایت اصول ایمنی و استفاده ناقص از تجهیزات فردی، ضعف در نگرش حرفه‌ای شامل بی‌دقتی و بی‌نظمی، بی‌توجهی به الزامات زیست‌محیطی مانند تهویه و نظافت، و عدم پایبندی به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در انجام فعالیت‌ها	۲	
					۱	

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)	بلی ☐
	خیر ☐

توضیحات:
معیار شایستگی انجام کار:
- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۲ و ۳ (مراحل بحرانی)
- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش
- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار
تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.
مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها
تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

منابع

- ۱ برنامه درسی رشته متالورژی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۴۰۳.
- ۲ دستنامه انجمن مواد و متالورژی آمریکا. جلد پانزدهم، ریخته‌گری، ۲۰۰۸.
- ۳ ریخته‌گری پیشرفته جلد یک و دو، جان کمبل، مترجم: صابر بالی، محمدعلی بوتربی، سال چهارم، ۱۳۹۰.
- ۴ شمش‌ریزی، جلال حجازی، انتشارات آزاده، ۱۳۸۴.
- ۵ مبانی ریخته‌گری فلزات، رامانا رائو، انتشارات New Age International، ۲۰۰۷.
- ۶ کارگاه ریخته‌گری ۲، رضا حیدرزاده آرانی، حسن طبیب‌زاده، امیر ریاحی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۲.
- ۷ عملیات ذوب و ریخته‌گری، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۷.
- ۸ تکنولوژی و کارگاه ریخته‌گری، جمشید علی محمدی و امیر ریاحی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۱.



هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظر اصلاحی خود را درباره مطالب کتاب‌های درسی از طریق سامانه «نظرسنجی از محتوای کتاب درسی» به نشانی «nazar.roshd.ir» یا نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴-۱۵۸۷۵ ارسال کنند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

