

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَّ اٰلِ مُحَمَّدٍ وَّ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ



تولید قطعات فلزی به روش ریخته‌گری

رشته متالورژی

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه دهم دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



تولید قطعات فلزی به روش ریخته‌گری - ۲۱۰۵۳۳

نام کتاب:

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

پدیدآورنده:

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

میثم بهرپر، حسن جعفری، حسن حامد، غلامرضا خلج، ندی‌دیده‌ور، امیر ریاحی، حسن

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

طیب‌زاده، جمشید علیمحمدی و محمد معتمدی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

میثم بهرپر، غلامرضا خلج، امیر ریاحی، حسن طیب‌زاده، جمشید علیمحمدی، مهدی قربانی

جمال‌آبادی و رضا نظری (اعضای گروه تألیف) - ندی‌دیده‌ور (ویراستار)

مدیریت آماده‌سازی هنری:

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی:

مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - شهرزاد قنبری (صفحه‌آرا) - مریم کیوان (طراح جلد)

نشانی سازمان:

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

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

وبسایت: www.irtextbook.ir, www.chap.sch.ir

ناشر:

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

(دارو پخش) تلفن: ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰

صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه:

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

چاپ دوم ۱۴۰۵

سال انتشار و نوبت چاپ:

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



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 شاءالله صادرات هم داشته باشیم. شما برادرها الآن عبادت‌تان این است که کار بکنید. این عبادت است.

امام خمینی «قَدَّسَ سِرُّهُ»

پودمان ۱: آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری	۱
واحد یادگیری ۱: آماده‌سازی مخلوط ماسه تر	۲
واحد یادگیری ۲: تعیین خواص مخلوط ماسه قالب‌گیری	۲۲
پودمان ۲: قالب‌گیری ماسهٔ تر	۵۹
واحد یادگیری ۱: قالب‌گیری مدل‌های یک تکه و چند تکه	۶۰
واحد یادگیری ۲: طراحی اجزاء سیستم راهگاهی	۹۶
پودمان ۳: قالب‌گیری به روش CO_2	۱۱۷
واحد یادگیری ۱: آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری CO_2	۱۱۸
واحد یادگیری ۲: قالب‌گیری مدل‌های یک تکه و چند تکه با مخلوط ماسه CO_2	۱۲۹
پودمان ۴: ذوب فلزات	۱۴۷
واحد یادگیری ۱: آماده‌سازی مذاب	۱۴۸
واحد یادگیری ۲: عملیات کیفی مذاب	۱۷۱
پودمان ۵: ذوب‌ریزی	۱۹۵
واحد یادگیری ۱: ذوب‌گیری از کوره و شلاکه‌گیری ذوب پاتیل	۱۹۶
واحد یادگیری ۲: کنترل فرایند انجماد مذاب	۲۱۰
منابع و مآخذ	۲۳۴

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

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 آموزشی مبتنی بر شایستگی بازنگری و تألیف کنیم. مهم‌ترین ویژگی این 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 است:

- ۱ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی قالب‌گیری ماسه تر
 - ۲ شایستگی‌های غیر فنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده و کسب اعتبار کاری مانند دقت و تعهد
 - ۳ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم افزارها
 - ۴ شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر
- بر این اساس در دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش با استناد بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را ارزشیابی و اصلاح نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف و بازنگری کتاب‌های درسی هر رشته است.
- کتاب تولید قطعات فلزی به روش ریخته‌گری، دومین کتاب کارگاهی در رشته متالورژی 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 تولید قطعات فلزی به روش ریخته‌گری شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای دو واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله‌کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از فراگیری هر واحد یادگیری می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان، کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری پودمان است. در صورت احراز نشدن شایستگی در یک یا هر دو واحد یادگیری پس ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود دارد. کارنامه شما در این درس نیز شامل ۵ پودمان است. شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان احراز شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان خواهد بود. ارزشیابی هر واحد یادگیری نیز از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل شده است که کسب شایستگی در بخش شایستگی‌های غیر فنی شرط لازم برای محاسبه این دو بخش است. اگر در یکی از پودمان‌ها نمره کمتر از حد انتظار را کسب کردید، تنها در همان واحد یادگیری دوباره برای کسب شایستگی مورد ارزشیابی قرار می‌گیرید و در واحد یادگیری‌هایی که پیش‌تر به شایستگی رسیده‌اید نیاز به ارزشیابی دوباره نیست. این درس کارگاهی بوده و دارای ضریب ۸ است و در معدل کل شما بسیار تأثیرگذار است.
- همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزای بسته آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو می‌باشد که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید از آن استفاده نمایید. کتاب همراه خود را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید.

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه درسی رشته متالورژی طراحی و براساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می‌باشد که برای سال دهم تدوین و تألیف گردیده است این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از دو واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که برای کسب شایستگی در هر پودمان، احراز شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن ضروری است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت‌یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که در سال ۱۴۰۳ بازنگری شده است. لازم است از سایر اجزای بسته آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی و آموزش ایمنی و بهداشت به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید.

لازم به یادآوری است، کارنامه صادر شده در سال تحصیلی قبل بر اساس نمره ۵ پودمان بوده است و در هنگام آموزش و سنجش و ارزشیابی پودمان‌ها و شایستگی‌ها، باید به استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی منتشر شده توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی مراجعه گردد. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیر فنی و مراحل کلیدی براساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند. همچنین برای هنرجویان تبیین شود که این درس با ضریب ۸ در معدل کل محاسبه می‌شود و دارای تأثیر زیادی است.

این کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری؛

پودمان دوم: قالب‌گیری ماسه تر؛

پودمان سوم: قالب‌گیری به روش CO_2 ؛

پودمان چهارم: ذوب فلزات؛

پودمان پنجم: ذوب‌ریزی؛

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 کار دانش



نظر سنجی کتاب درسی



پودمان اول

آماده سازی مخلوط ماسه قالب گیری



برای تولید قطعات فلزی، روش های مختلفی وجود دارد. این روش ها شامل ماشین کاری، آهنگری، نوردکاری، فشارکاری، جوشکاری، متالورژی پودر، ورق کاری و ریخته گری است. به غیر از روش ریخته گری، بقیه روش های تولید قطعات فلزی در حالت جامد است. یعنی قطعه از فلز در حالت جامد ساخته می شود.

تنها در روش ریخته گری قطعه از مذاب فلز تولید می شود. در این روش، ابتدا فلز را به وسیله حرارت دادن در کوره ذوب می کنند. سپس مذاب فلز در قالبی به شکل قطعه نهایی ریخته می شود. پس از انجماد مذاب در قالب، قطعه از قالب خارج می شود. معمولاً قالب های ریخته گری از مواد با نقطه ذوب بسیار بالا مانند مواد دیرگداز یا بعضی فلزات با نقطه ذوب بالا ساخته می شوند.

یکی از متداول ترین مواد دیرگداز ماسه است که در ساخت قالب ریخته گری استفاده می شود. با استفاده از ماسه، چسب، مواد افزودنی و مخلوط کن ماسه، مخلوط ماسه قالب گیری تهیه می شود. سپس با استفاده از مخلوط ماسه قالب گیری، قالب ریخته گری ساخته می شود.

واحد یادگیری ۱: آماده سازی مخلوط ماسه تر

برای تهیه قالب با کیفیت مناسب، لازم است که کلیه تجهیزات و مواد اولیه ساخت مخلوط ماسه قالب گیری در دسترس و آماده به کار باشند. به همین منظور باید ابزار و تجهیزات قالب گیری سالم، تمیز و شرایط لازم جهت انجام کار را داشته باشند. در این واحد یادگیری ابتدا انواع مواد اولیه قالب گیری و تجهیزات توزین، معرفی و مشخصات و کاربرد آنها توضیح داده می شوند. سپس انواع ماسه و چسب و مواد افزودنی، روش مخلوط کردن ماسه و افزودنی ها و نگهداری مخلوط ماسه قالب گیری توضیح داده شده و به صورت عملی انجام داده خواهد شد.

استاندارد عملکرد

تهیه مخلوط ماسه با استفاده از ماسه، چسب، مواد افزودنی و مخلوط کن ماسه، مطابق با استانداردها و دستورالعمل های مرتبط

به تصاویر (شکل ۱) با دقت نگاه کنید و در مورد روش تولید این قطعات گفت و گو کنید.



شکل ۱

روش های ساخت و تولید قطعات فلزی

قطعات فلزی به روش های مختلفی ساخته می شوند که عبارت اند از ریخته گری، ماشین کاری، آهنگری، ورق کاری، نورد کاری، فشار کاری، جوشکاری و متالورژی پودر

ماشین کاری

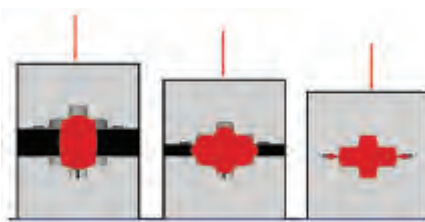
در این روش، قطعاتی از فلز به شکل های ساده ای مثل میلگرد یا صفحات فلزی با روش های متفاوتی براده برداری می شوند (شکل ۲) و به شکل دقیق قطعه در می آیند.



شکل ۲

آهنگری (پتک کاری)^۱

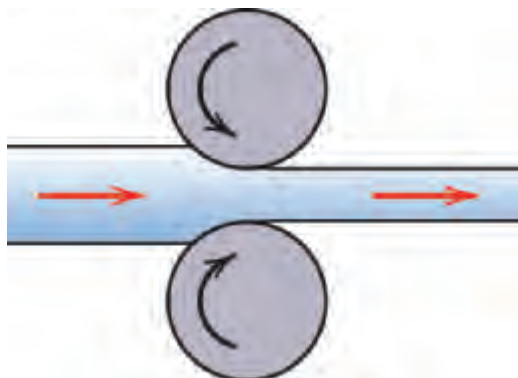
در این روش، معمولاً قطعات استوانه ای یا مکعب مستطیل از فلز به نام لقمه را تادمای بالایی گرم می کنند و سپس با قرار دادن قطعه گداخته شده بر روی قالب یا سندان و وارد کردن ضربات چکش یا پتک (شکل ۳)، آن را به شکل مورد نظر شکل می دهند.



شکل ۳

نوردکاری

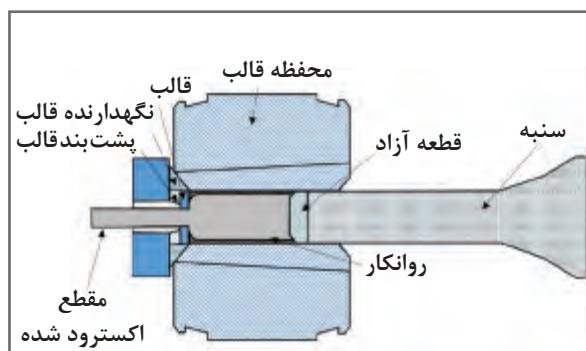
تغییر شکل فلزات بر اثر عبور از بین دو استوانه فلزی (غلتک) دوّار را نوردکاری گویند (شکل ۴). در این روش شمش‌های تولید شده بر اثر عبور از بین غلتک‌های نوردی مختلف بدون آنکه ذوب شوند به شکل مورد نظر تبدیل می‌شوند مانند ورق و میلگرد آج‌دار. عملیات نورد ممکن است به صورت گرم یا سرد انجام شود.



شکل ۴

فشارکاری (اکستروژن)

فرایندی است که به وسیله آن سطح مقطع بلوکی از فلز بر اثر اعمال فشار کاهش می‌یابد. این روش برای تولید پروفیل‌های فلزی، لوله‌ها و دیگر اجزاء صنعتی (شکل ۵) کاربرد دارد.



شکل ۵



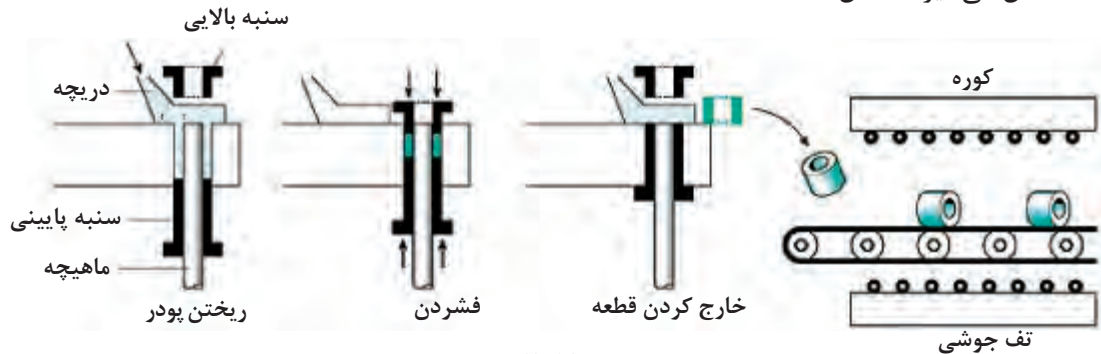
شکل ۶

جوشکاری

در روش جوشکاری با استفاده از جریان الکتریسیته یا حرارت، لبه‌های دو فلز اصلی و فلز پرکننده را، که معمولاً از همان جنس است، ذوب و به این طریق دو قطعه را به هم متصل می‌کنند (شکل ۶).

متالورژی پودر

در این روش، پودر فلزات و آلیاژها تهیه می گردد و با نسبت های مناسب مخلوط و در داخل قالبی ریخته می شوند، سپس با اعمال فشار، پودر در داخل قالب فشرده می شود و پس از خروج قطعه فشرده شده از قالب، آن را در کوره حرارت می دهند و بدون آنکه در قطعه ذوب صورت گیرد ذرات پودر به هم اتصال می یابند و قطعه شکل می گیرد (شکل ۷).



شکل ۷



شکل ۸

ورق کاری

به مجموعه عملیاتی مانند برش کاری، خم کاری، فرایندهای اتصال و مونتاژ ورق ها اطلاق می شود که به منظور فرم دادن آنها انجام می گیرد، مانند کابینت فلزی، کانال کولر، مخازن (شکل ۸).

ریخته گری

ریخته گری یکی از روش های تولید قطعات فلزی است که شامل تهیه مذاب از فلز مورد نظر و ریختن آن در محفظه ای به نام قالب است (شکل ۹)، به گونه ای که پس از انجماد مذاب، شکل، اندازه و خواص مورد نظر تأمین شود.



شکل ۹

کدام روش تولید به عنوان مرحله اولیه تولید در سایر روش ها مطرح است؟
در روش ریخته گری چه نوع محصولاتی تولید می شود؟

گفت و گو کنید



■ آیا همه قطعات به یک روش، ریخته‌گری می‌شوند؟

■ آیا نوع فلز، شکل، ابعاد و تعداد قطعه، هر کدام به تنهایی می‌تواند در انتخاب روش ریخته‌گری مؤثر باشد؟
روش‌های مختلف ریخته‌گری براساس نوع قالب مورد استفاده در تولید قطعه دسته‌بندی می‌شوند.

قالب ریخته‌گری

قالب ریخته‌گری محفظه‌ای است که درون موادی از قبیل ماسه، گچ و فلز تعبیه می‌شود، به گونه‌ای که مذاب پس از پر کردن این محفظه و انجماد در آن، شکل محفظه را به خود می‌گیرد. قالب در ریخته‌گری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است تا حدی که می‌توان گفت ساخت و تهیه قطعه ریختگی سالم با مشخصات مطلوب، با استفاده از قالب مناسب امکان‌پذیر است.

به طور کلی، از نظر متالورژیکی و جنبه‌های اقتصادی، قالب‌ها به دو دسته دائمی و موقت تقسیم می‌شوند.

۱ قالب‌های دائمی

قالب‌هایی که در ساخت قطعات ریختگی، به طور مکرر مورد استفاده قرار می‌گیرند، قالب‌های دائمی نامیده می‌شوند. جنس این قالب‌ها، فلزی است و معمولاً از چدن، فولاد و برنز ساخته می‌شود. انتخاب جنس قالب براساس مواردی همچون بالا بودن نقطه ذوب جنس قالب نسبت به فلز یا آلیاژ ریختگی، داشتن کمترین تغییرات ابعادی و مقاومت به سایش مطلوب صورت می‌گیرد. قالب‌های دائمی، ممکن است به روش ریخته‌گری ساخته شوند و سپس به منظور دستیابی به ابعاد نهایی آنها را ماشین‌کاری و پرداخت کاری کنند. این قالب‌ها معمولاً برای ساخت قطعاتی از جنس فلزات و آلیاژهای غیرآهنی از قبیل آلومینیوم، منیزیم، روی، سرب، مس و آلیاژهای آنها و نیز برای ساخت قطعاتی از جنس چدن مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مزایا: بالا بودن سرعت تولید، دقت ابعادی و نیز ایجاد مشخصات متالورژیکی مطلوب.

محدودیت‌ها: محدودیت‌های استفاده از قالب‌های دائمی عبارت‌اند از: هزینه‌های بالای ساخت قالب، مناسب نبودن برای ریخته‌گری فلزاتی با نقطه ذوب بالا (به عنوان مثال فولادها)، اقتصادی نبودن در تولید قطعات بزرگ و به تعداد کم و نیز قطعاتی با شکل‌های پیچیده.

قالب‌های دائمی از نظر پر شدن توسط مذاب به سه دسته قالب‌های ریژه، (ثقلی یا وزنی)، تحت فشار و گریز از مرکز تقسیم می‌شوند.

۲ قالب‌های موقت

قالب‌هایی که پس از هربار ریخته‌گری به هنگام خروج قطعه خراب می‌شوند، قالب‌های موقت نام دارند. این قالب‌ها که مواد سازنده آنها عموماً به صورت مخلوطی از ذرات یک ماده دیرگداز (ماسه)، چسب و مواد دیگر هستند به سه طریق ممکن است ساخته شوند:

- توسط کوبیدن و متراکم کردن مخلوطی به صورت تر در اطراف مدل؛

- با اعمال جریان آزاد مخلوطی به صورت خشک در اطراف مدل (قالب‌گیری پوسته‌ای)؛

- به وسیله جاری کردن آزاد مخلوطی به صورت دوغاب مایع در اطراف مدل (قالب‌گیری دقیق).

به طور کلی روش ساخت قالب و تجهیزاتی که برای این کار مورد نیاز است، با توجه به مواد قالب گیری تعیین می شود. برای مثال در قالب گیری ماسه ای به روش تر، که از قدیمی ترین روش های قالب گیری است، از مخلوط ماسه قالب گیری شامل ماسه، چسب، آب و مواد افزودنی، برای تهیه و ساخت قالب استفاده می شود. با توجه به طبیعت این مخلوط، بدیهی است که برای شکل دادن به مواد قالب، باید مخلوط مورد نظر در اطراف مدل کوبیده و متراکم شود. تجهیزات و ماشین آلات مورد نیاز برای ساخت این قالب ها نیز بر همین اساس ساخته می شوند و مورد استفاده قرار می گیرند. برای مثال در روش دستی عمل کوبیدن توسط ابزاری به نام کوبه صورت می گیرد، در صورتی که در روش های ماشینی این عمل به صورت سیستم های ضربه ای، فشاری و ارتعاشی یا ترکیبی از این روش ها انجام می شود.

■ مشخصات عمومی قالب های موقت

برای تهیه و ساخت قطعات ریختگی سالم و بدون عیب، مخلوط مواد قالب گیری باید دارای خواص عمومی زیر باشد:

– **قابلیت شکل پذیری:** هر چند در ساخت قالب، نحوه شکل دادن مخلوط قالب گیری با توجه به ماهیت این مواد متفاوت است، دارا بودن قابلیت شکل پذیری و حفظ نمودن آن، به عنوان مهم ترین ویژگی مواد قالب گیری در تمام روش ها مطرح است. در میان مواد قالب گیری مورد استفاده در ساخت قالب های موقت، ماسه قالب گیری به دلیل سهولت شکل پذیری، که قدیمی ترین روش قالب گیری است، بخش مهمی از فرایند ریخته گری را به خود اختصاص داده است.

– **دیرگدازی:** با توجه به اینکه مذاب فلز از درجه حرارت بارریزی تا انجماد در تماس مستقیم با قالب است دیرگدازی یا نسوز بودن مواد قالب جهت تولید قطعه ای سالم امری لازم و ضروری است. قابل ذکر است دیرگدازی علاوه بر ذرات ماسه مواد چسب را هم شامل می شود.

– **استحکام مکانیکی:** مخلوط مواد قالب گیری، پس از شکل گیری باید از استحکام کافی برخوردار باشد، به گونه ای که هنگام جابه جایی و انتقال به محل بارریزی، شکل ایجاد شده را حفظ نماید. همچنین هنگام بارریزی، در اثر تماس با مذاب داغ، مقاومت خوبی را در مقابل سایش از خود نشان دهد و در اثر فشار فلز مذاب (نیروی ارشمیدس) دچار تغییر شکل و ابعاد نگردد.

– **حداقل تغییرات ابعادی در درجه حرارت های بالا:** با توجه به اینکه دیواره های قالب در اثر مجاورت با مذاب داغ، به سرعت گرم می شوند، در صورتی که مواد قالب از ضریب انبساط مطلوبی برخوردار نباشند، سطح قالب در اثر انبساط سریع، دچار بادکردگی، ترک یا شکست می شود.

– **قابلیت نفوذ گاز:** علاوه بر هوای موجود در محفظه قالب، مخلوط مواد قالب گیری نیز حاوی ترکیباتی است که در تماس با مذاب تبخیر می شود و به صورت گاز بخشی از محفظه قالب را اشغال می کند. با توجه به این امر مواد قالب گیری باید دارای خاصیت نفوذپذیری مطلوب باشند.

– **داشتن انتقال حرارت مطلوب:** به طور کلی انجماد فلز مذاب در داخل قالب، مستلزم خروج حرارت مذاب از طریق مواد قالب است. با توجه به اینکه سرعت انتقال حرارت نقش بسیار مؤثری در مشخصات و خواص متالورژیکی و مکانیکی قطعه ریختگی بر عهده دارد، در انتخاب مواد قالب گیری باید به این نکته مهم توجه گردد.

– **قابلیت متلاشی شدن:** با توجه به اینکه قالب پس از بارریزی و جامد شدن قطعه، باید تخریب شود؛ مواد قالب گیری باید به هنگام خروج قطعه از قالب به راحتی از هم متلاشی شود.

– **اقتصادی بودن:** ارزش اقتصادی همواره به عنوان عاملی مهم در فرایند تولید به شمار می‌رود، به همین جهت در دسترس بودن مواد قالب در طبیعت و نیز قابلیت استفاده مجدد این مواد از مشخصات مهم قالب‌های موقت است.

فرایندهای ریخته‌گری متنوع است و متناسب با نحوه کاربرد، تقسیم‌بندی‌های مختلفی در آنها صورت می‌گیرد. به طور کلی می‌توان روش‌های ریخته‌گری را به دو گروه اصلی تقسیم نمود.

الف) ریخته‌گری در قالب‌های موقت

ب) ریخته‌گری در قالب‌های دائم

الف) ریخته‌گری در قالب‌های موقت

۱ ریخته‌گری در قالب‌های ماسه‌ای تر^۱

در میان روش‌های ریخته‌گری در قالب‌های موقت، ریخته‌گری در قالب‌های ماسه‌ای تر بیشترین کاربرد را دارد. اجزای تشکیل‌دهنده این قالب‌ها عبارت‌اند از: ماسه، چسب، آب و دیگر افزودنی‌های لازم. (اصطلاح ماسه‌تر به این مفهوم است که قالب دارای رطوبت است.) کلیه آلیاژهای آهنی و غیرآهنی را می‌توان توسط این روش تولید نمود.

۲ ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای خشک^۲

قالب‌های تهیه شده به روش ماسه‌تر را به منظور تولید قطعه‌های بزرگ و نیز بهبود بخشیدن، به برخی خاصیت‌های قطعه‌های ریختگی خشک می‌کنند. در صنعت، قالب‌ها را براساس میزان خشک کردن به دو صورت خشک‌شده سطحی و کاملاً خشک تقسیم می‌کنند.

– **قالب‌های خشک شده سطحی:** قالب‌های خشک شده سطحی قالب‌هایی هستند که فقط لایه‌ای از سطح قالب، به عمق کم، خشک شده باشد. در این روش، معمولاً قالب‌ها توسط مشعل و کوره‌های خشک‌کن، خشک می‌شوند و عمق لایه خشک‌شده کمتر از ۱۲ میلی‌متر است.

– **قالب‌های ماسه‌ای کاملاً خشک:** قالب‌های ماسه‌ای کاملاً خشک که به آنها اختصاراً «قالب‌های خشک» نیز گفته می‌شود، به قالبی اطلاق می‌گردد که حداقل عمق ماسه خشک‌شده آن از ۱۲ میلی‌متر بیشتر باشد و عموماً این قالب‌ها کاملاً خشک شده و عاری از رطوبت‌اند.

۳ ریخته‌گری در قالب‌های CO₂ (کربن دی اکسید)^۳

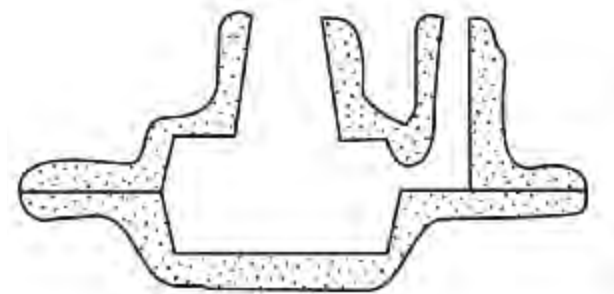
در فرایند کربن دی اکسید، به جای استفاده از بنتونیت به منظور چسب، از سدیم سیلیکات استفاده می‌شود. قالب و ماهیچه نیز توسط گاز CO₂ خشک و مستحکم می‌شود.

توسط این روش می‌توان قالب یا ماهیچه را با سرعت زیاد و در عرض چند دقیقه تولید نمود. قالب‌ها دارای استحکام بالایی هستند و نیازی به خشک کردن ندارند. بیشتر قطعه‌هایی که در روش‌های دیگر به تجهیزات و درجه‌های مخصوص نیاز دارند، به منظور حذف این تجهیزات به این روش تولید می‌شوند. استحکام نسبتاً بالای این روش، این امکان را به وجود می‌آورد تا در برخی موارد بتوان حتی قالب‌های بدون درجه قالب‌های خشتی تهیه و از آنها استفاده نمود.

روش کربن دی اکسید برای تمام آلیاژهای معمول ریختگی نظیر آلومینیوم، منیزیم و به طور وسیع فولادها، چدن‌ها و آلیاژهای مس مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین این روش جهت تولید قطعه‌ای با وزن کمتر از یک کیلوگرم تا چندین تن می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۴ ریخته گری در قالب های پوسته ای^۱

ریخته گری در قالب های پوسته ای به فرایندی اطلاق می شود که در آن قالب از مخلوط ماسه با یک چسب رزینی (گرماسخت) به روی مدل فلزی گرم شده شکل می گیرد. هنگامی که مخلوط ماسه در اثر تماس با مدل فلزی گرم شد، رزین ذوب می شود و اطراف ذرات ماسه را می گیرد و باعث چسبیدن ذرات ماسه به یکدیگر می شود. بدین طریق یک نیمه قالب کاملاً سخت و مستحکم، تهیه می شود (شکل ۱۰).

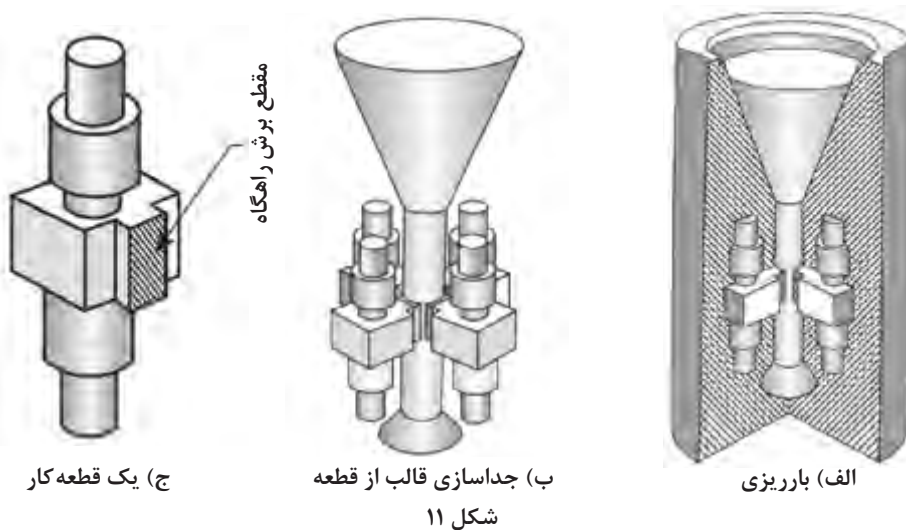


شکل ۱۰

روش قالب گیری پوسته ای به منظور تولید انبوه قطعات آهنی و غیر آهنی، از چند گرم تا ۲۰۰ کیلوگرم به کار می رود. حتی در برخی موارد محدود، قطعاتی تا وزن ۵۰۰ کیلوگرم نیز به این روش تولید شده است.

۵ روش ریخته گری دقیق^۲

ریخته گری دقیق به روشی اطلاق می شود که در آن ابتدا قالبی از موم به شکل قطعه موردنظر ساخته می شود. این قالب با لایه هایی از مواد سرامیک به شکل دوغاب پوشانده می شود. سپس با استفاده از حرارت، موم از داخل قالب خارج می شود. در فضای خالی باقی مانده (قالب)، فلز مذاب ریخته می شود تا قطعه نهایی با دقت بالا و جزئیاتی همانند قالب اولیه به دست آید (شکل ۱۱).



ج) یک قطعه کار

ب) جداسازی قالب از قطعه

الف) بارریزی

شکل ۱۱

ب) ریخته گری در قالب های دائمی^۳

۱ ریخته گری در قالب های ریژه (روش ثقلی)^۴

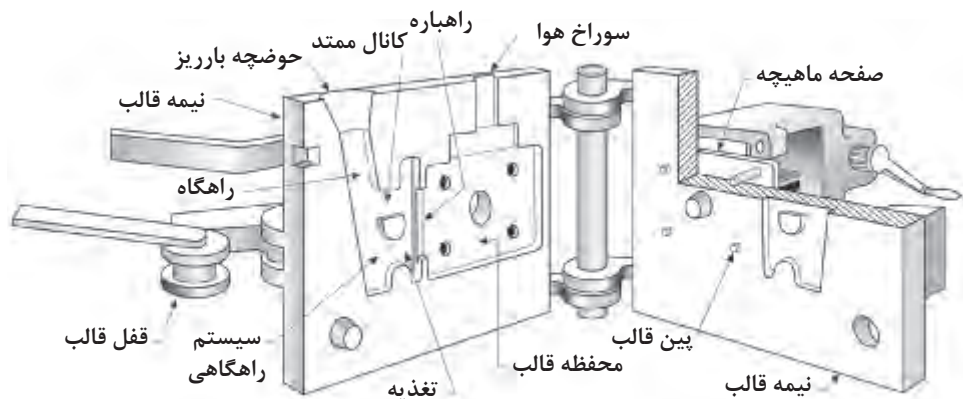
ریخته گری در قالب ریژه، روشی است که در آن مذاب براساس وزن (نیروی ثقل) قالب (شکل ۱۲) را پر نماید. فرایند ریخته گری در قالب های ریژه برای تولید قطعات در تعداد زیاد و ضخامت دیواره نسبتاً یکنواخت، مناسب است.

۱- Shell mold casting

۲- Invest ment casting

۳- Die molds casting

۴- Gravity casting

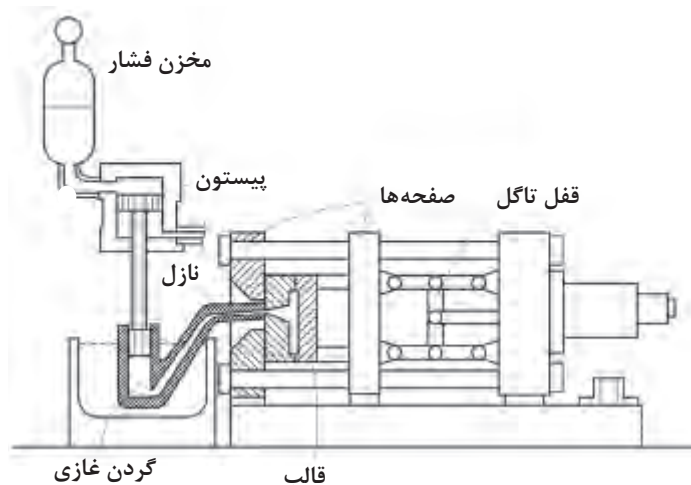


شکل ۱۲

۲ ریخته‌گری تحت فشار^۱

ریخته‌گری تحت فشار به روشی اطلاق می‌شود که در آن مذاب تحت فشار معین، محفظه قالب را پر کند. فشار در این روش متغیر است و به عوامل مختلف بستگی دارد. شکل ۱۳، تصویر شماتیک یک دستگاه ریخته‌گری تحت فشار را نشان می‌دهد.

در این روش از قالب‌های فلزی استفاده می‌شود. تفاوت اساسی روش‌های تحت فشار و ریژه در نحوه پر کردن قالب است. در روش ریژه پر شدن قالب براساس نیروی ثقلی مذاب (وزن مذاب) است، در حالی که در ریخته‌گری تحت فشار پر شدن قالب در اثر فشار وارد بر مذاب است و انجماد نیز تحت فشار انجام می‌گیرد. به همین دلیل در روش ریخته‌گری تحت فشار، تولید قطعات پیچیده نیز امکان‌پذیر است، ضمناً خواص مکانیکی بهتری نسبت به ریخته‌گری در قالب‌های ریژه دارد.



شکل ۱۳

۴ قطعه تولید شده به روش ریخته‌گری در قالب‌های موقت و قالب‌های دائمی را پیدا کرده و به هنرآموز مربوطه ارائه کنید. در خصوص جزئیات روش تولید آنها به صورت گروهی گفت‌وگو کنید.

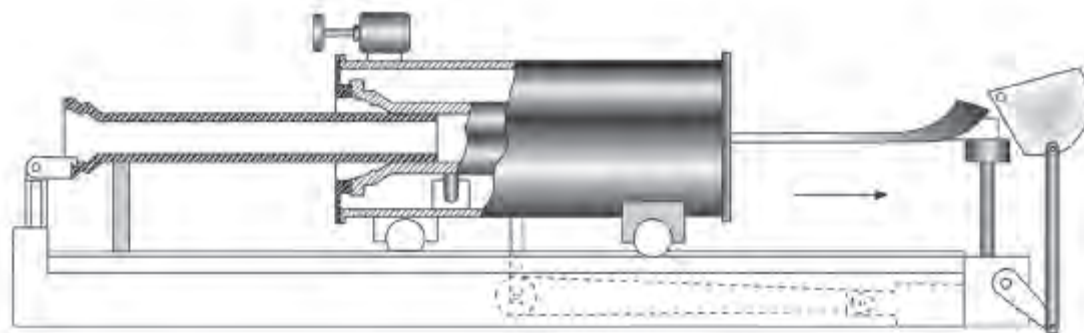
گفت‌وگو کنید



۳ ریخته گری گریز از مرکز

روش ریخته گری گریز از مرکز به روشی گفته می شود که در آن قالب تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز پر می شود. شکل ۱۴، تصویر شماتیک یک دستگاه ریخته گری گریز از مرکز را نشان می دهد. به طور کلی در فرایند ریخته گری گریز از مرکز دو روش وجود دارد که عبارتند از:

- روش ریخته گری گریز از مرکز افقی؛
- روش ریخته گری گریز از مرکز عمودی.



شکل ۱۴- دستگاه ریخته گری گریز از مرکز

مواد اولیه قالب گیری در ماسه

- ماده تشکیل دهنده قالب ماسه ای چه چیزی است؟
- آیا از هر ماسه ای می توان برای قالب گیری استفاده کرد؟
- آیا شکل ذرات ماسه می تواند در انتخاب آن مؤثر باشد؟ اندازه ذرات چطور؟

گفت و گو کنید



در مورد سؤالات زیر به صورت گروهی بحث کنید.
آیا به نظر شما ماسه به تنهایی استحکام کافی را برای ساخت قالب دارد؟ چرا؟
در ساخت قالب ریخته گری، اتصال ذرات ماسه چگونه انجام می شود؟

ماسه

یکی از اجزای اصلی در مخلوط ماسه قالب گیری، ذرات دیرگداز ماسه است. به طور کلی ماسه ذرات ریزی از مواد معدنی است که قطر آن در محدوده ۰/۰۵ - ۲ میلی متر است. ذراتی که قطر آنها کمتر از ۰/۰۰۲ میلی متر باشد، خاک نامیده می شود. ماسه قالب گیری که در ریخته گری مورد استفاده قرار می گیرد به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم می شوند:

الف) ماسه طبیعی: این ماسه ها که جزء دیرگداز آن سیلیس (SiO_2) است، در طبیعت به صورت مخلوط با خاک رس (چسب طبیعی) یافت می شود. علاوه بر خاک رس، معمولاً ترکیبات دیگری نیز در این ماسه ها وجود دارند که عبارتند از: آلومینیوم اکسید، آهن اکسید، تیتانیوم اکسید، کلسیم اکسید، منیزیم اکسید،

پتاسیم اکسید و سدیم اکسید. مخلوط ماسه طبیعی به صورت از پیش آماده در طبیعت وجود دارد و برای استفاده از آن تنها باید آب اضافه کرد. این نوع ماسه، به دلیل پایین بودن نقطه دیرگدازی، تنها در ریخته‌گری فلزات و آلیاژهای غیرآهنی با درجه حرارت‌های بارریزی پایین (از قبیل آلومینیوم، برنج و برنز) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ب) ماسه مصنوعی: این نوع ماسه‌ها معمولاً از شکستن، خرد کردن و غربال نمودن سنگ‌های سیلیسی، زیرکنی، کرومیتی و اولیوینی به دست می‌آید، که برای ایجاد قابلیت شکل‌پذیری، به آنها چسب افزوده می‌شود.

دلایل مهم استفاده از این ماسه‌ها به جای ماسه‌های طبیعی عبارت‌اند از: دستیابی به دیرگدازی بالاتر، کنترل مشخصات فیزیکی و مکانیکی مخلوط ماسه به منظور تأمین خواص مورد نیاز، قابلیت بازسازی و استفاده مجدد.

شکل، اندازه و چگونگی توزیع و پخش ذرات ماسه از جمله ویژگی‌های مهمی است که خواص ماسه از قبیل دیرگدازی، قابلیت نفوذ گاز، استحکام و صافی سطوح را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شکل ذرات ماسه، از لحاظ قابلیت نفوذ گاز و استحکام قالب دارای اهمیت بیشتری است. ذرات ماسه معمولاً به شکل کروی، گوشه‌دار یا حالتی بین این دو شکل است. ماسه‌های کروی با وجود داشتن قابلیت نفوذ عالی، از استحکام و قابلیت شکل‌پذیری مطلوبی برخوردار نیستند. در حالی که ماسه‌های گوشه‌دار از این نظر عکس ماسه‌های کروی هستند، هر چند ماسه‌های کروی عموماً به انواع دیگر ترجیح داده می‌شوند، ولی به دلیل فراهم نمودن مجموعه مناسبی از خواص ذکر شده از ماسه‌هایی با شکل‌های مختلف استفاده می‌شود.

اندازه و نحوه توزیع ذرات ماسه، بسیاری از خواص قالب، به ویژه قابلیت نفوذ، صافی سطوح، استحکام و دیرگدازی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. هر چند با استفاده از ذرات ریز ماسه استحکام و قابلیت ایجاد سطوح صاف افزایش می‌یابد ولی خواصی همچون قابلیت نفوذ گاز و دیرگدازی کاهش پیدا می‌کنند. با توجه به اینکه یک قالب ریخته‌گری مناسب باید تمامی خواص مذکور را در حد مطلوب دارا باشد، لذا در عمل معمولاً ماسه مصنوعی مورد استفاده شامل اندازه‌های مختلفی از ۰/۱ تا ۱ میلی‌متر است.

چسب

به منظور اتصال و چسبیدن ذرات مواد دیرگداز (ماسه) به یکدیگر به صورت تر یا خشک از موادی به نام چسب استفاده می‌گردد. از آنجایی که چسب‌ها، دیرگدازی بالایی ندارند، برای رسیدن به استحکام و خودگیری مخلوط ماسه باید از حداقل مقدار چسب استفاده گردد. علاوه بر این، حفظ خاصیت چسبندگی در حضور مذاب، نداشتن تولید گاز و نیز قابلیت استفاده مجدد از مشخصات مهم چسب است.

به طور کلی موادی که از آنها به منظور چسب در مخلوط قالب‌گیری استفاده می‌شود عبارت‌اند از خاک‌ها، انواع مختلفی از روغن‌ها و رزین‌ها (صمغ‌های آلی)، چسب ژلاتینی و سیلیکات‌ها.

مقدار چسب در مخلوط ماسه قالب‌گیری

چسب‌ها معمولاً به شکل مایع و نیز به صورت ذرات بسیار ریزی در مقایسه با ماسه مورد استفاده قرار می‌گیرند. میزان مطلوب چسب مقداری است که بتواند فیلم نازکی در اطراف ذرات ماسه تشکیل دهد. دستیابی به چنین پوشش یکنواختی از اهداف اولیه در عملیات آماده‌سازی ماسه قالب‌گیری است. افزایش ضخامت لایه چسب، خواص عمومی مخلوط ماسه، به ویژه قابلیت نفوذ گاز و استحکام را، کاهش می‌دهد.

چسب هایی از جنس خاک، نظیر کائولینیت، معمولاً در حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد و مونت موریلونیت، در حدود ۳ تا ۵ درصد به مخلوط ماسه قالب گیری اضافه می گردد.

خاک ها

در مخلوط ماسه قالب گیری از خاک به منظور چسب استفاده می شود. در ماسه های طبیعی خاک به همراه ماسه در طبیعت وجود دارد، در حالی که در ماسه های مصنوعی خاک های کنترل شده ای از نظر کیفیت و نیز مقدار، به طور جداگانه به ماسه اضافه می گردند. خاک ها پس از مخلوط شدن با ماسه، فیلم نازکی به ضخامت (۱-۱۰٪) میکرون تشکیل می دهند که با افزودن آب به آنها، خاصیت شکل پذیری و چسبندگی پیدا می کنند. در اثر خشک شدن مخلوط ماسه قالب گیری، آب جذب شده خارج می شود و موجب انقباض شبکه ساختمانی چسب می گردد و در پی آن اتصال محکمی در حالت خشک بین ذرات مخلوط ماسه قالب گیری حاصل می گردد.

اجزای معدنی اصلی تشکیل دهنده در خاک ها عبارت اند از:

کائولینیت (جزء اصلی و مهم خاک چینی و خاک های نسوز)، مونت موریلونیت (جزء اصلی معدنی بنتونیت ها) و ایلیت (این خاک ها از هوادهی میکا تولید می شوند و منبع اصلی چسبندگی در ماسه های طبیعی هستند). چسب های آلی، به دلیل ویژگی هایی که دارند، بیشتر در ماهیچه سازی مورد استفاده قرار می گیرند، که در قسمت مربوط به ماهیچه ها توضیح داده خواهد شد.

افزودنی ها

علاوه بر اجزای اصلی ماسه و چسب، معمولاً مواد دیگری جهت بهبود خواص مخلوط ماسه، به آن اضافه می گردد که عبارت اند از: آرد حبوبات، خاک اره، ملاس و پودر زغال چوب.

آماده سازی ماسه قالب گیری، چسب و مواد افزودنی

برای مخلوط کردن ماسه و یکنواخت کردن آن از چه وسیله ای استفاده می کنند؟
برای جدا کردن اشیاء و مواد ناخواسته از ماسه از چه وسیله ای استفاده می کنند؟

تجهیزات آماده سازی ماسه: بیل، سرنند دستی (غربال) و آب پاش

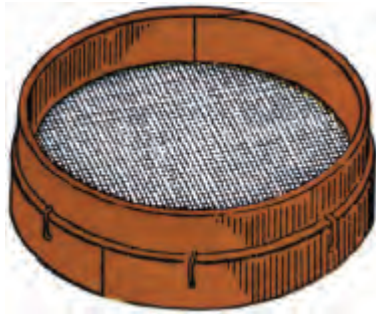
۱ بیل ریخته گری



شکل ۱۵- بیل ریخته گری

از این وسیله، برای آماده کردن ماسه و انتقال آن به داخل درجه استفاده می شود. بیل، از یک کفه تخت فلزی مستطیل شکل فولادی و یک دسته چوبی کوتاه تشکیل یافته است. در انتهای دسته، قبضه ای فلزی وجود دارد که مخصوص به دست گرفتن در هنگام کار است. در پایان کار، برای جلوگیری از زنگ زدگی، بیل را از ماسه خارج کرده و با استفاده از این قبضه، آن را در محلی آویزان می کنند (شکل ۱۵).

۲ غربال (سَرَنَد)



شکل ۱۶- غربال

برای مخلوط کردن ماسه و یک‌نواخت کردن آن و همچنین جدا کردن مواد و اشیای اضافی داخل ماسه، از غربال استفاده می‌شود. غربال، از یک کلاف چوبی تشکیل یافته است. به لبه پایینی این کلاف، توری فولادی متصل است. سوراخ‌های این توری، اندازه‌های مختلف دارد و براساس «مش» (تعداد سوراخ‌ها در یک اینچ طولی) دسته‌بندی شده است (شکل ۱۶).



شکل ۱۷

در بعضی از کارگاه‌ها برای جداسازی اشیای اضافی و ماسه‌های به هم چسبیده از سرند برقی استفاده می‌شود. این عمل بیشتر برای ماسه در حجم زیاد انجام می‌گیرد (شکل ۱۷).

۳ آب‌پاش

برای جبران رطوبت از دست رفته ماسه از آب‌پاش استفاده می‌شود.

تجهیزات وزن کردن ماسه

به نظر شما جهت وزن کردن اجزای مخلوط ماسه قالب‌گیری از چه تجهیزاتی استفاده می‌شود؟

۱ باسکول

جهت وزن کردن قطعات سنگین و مواد شارژ، نظیر شمش‌ها از یک کفه صاف (مسطح) و اهرم شاخص با دقت درحد ۱۰۰ گرم تشکیل شده است.

۲ ترازوی دو کفه‌ای

از آن جهت وزن کردن مواد افزودنی تا ۱۰ کیلوگرم استفاده می‌شود.

۳ ترازوی یک کفه‌ای

از آن جهت وزن کردن مواد تا ۵ کیلوگرم استفاده می‌شود.

نحوه وزن کردن اجزای مخلوط ماسه قالب‌گیری

ابتدا نوع ماسه و چسب مورد نیاز و مواد افزودنی مطابق با نوع قالب‌گیری انتخاب می‌شود. سپس با توجه به درصد اجزای مخلوط ماسه قالب‌گیری، مقدار ماسه، چسب و مواد افزودنی جداگانه محاسبه و با استفاده از ابزار توزین متناسب با وزن مواد، توزین می‌شود.

دقت شود در هنگام وزن کردن، با توجه به ظرفیت ابزار توزین، از آنها استفاده گردد تا از دقت ابزار توزین کاسته نشود.

نکته





آماده سازی مخلوط ماسه قالب گیری (محاسبه و وزن مخلوط مواد قالب گیری)

مواد و وسایل مورد نیاز:

- | | | |
|---------------|---------------|--------------|
| ۱ ماسه سیلیسی | ۲ چسب بنتونیت | ۳ چسب دکستری |
| ۴ آب پاش | ۵ بیل | ۶ ترازو |

مراحل انجام کار

- ۱ مقدار ۱۰۰ کیلوگرم ماسه سیلیسی را وزن کنید.
- ۲ مقدار ۷ درصد وزنی چسب بنتونیت محاسبه و وزن کنید.
- ۳ مقدار ۲ درصد وزنی چسب دکستری محاسبه و وزن کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.



نکات ایمنی و بهداشتی هنگام آماده سازی مخلوط ماسه

- استفاده از ماسک در کارگاه الزامی است.
- هنگام استفاده از بیل مراقب اطرافیان باشید.
- هیچ وقت بیل را روی زمین نیندازید و آن را به صورت عمودی در توده ماسه قرار دهید.
- برای ریختن ماسه به داخل غربال حتماً از بیل و بیلچه استفاده شود تا از آسیب دیدن دست در اثر اشیای برنده و نوک تیز احتمالی موجود در ماسه جلوگیری شود.
- افرادی که حساسیت پوستی دارند از دستکش استفاده کنند.

مراحل آماده سازی مخلوط ماسه قالب گیری

الف) افزودن چسب و رطوبت: مواد و اشیای ناخواسته از قبیل براده ها، تکه های چوب و... را از ماسه جدا کنید.
- با استفاده از آب پاش رطوبت مخلوط ماسه را به حد مطلوب برسانید.



این عمل باید چند ساعت قبل از غربال کردن ماسه انجام شود تا رطوبت به لایه های زیرین ماسه نفوذ کند.

- کلوخه های ماسه را با استفاده از غربال جدا و خرد کنید.
- مخلوط ماسه را با استفاده از بیل یکنواخت کنید.



در صورت استفاده از ماسه مصنوعی به مقدار لازم چسب اضافه کنید (شکل ۱۸).



شکل ۱۸



شکل ۱۹

ب) روش‌های آزمون تجربی مخلوط ماسه: مقدار کافی مخلوط ماسه قالب‌گیری را در دست قرار دهید (شکل ۱۹).



شکل ۲۰

- مخلوط ماسه قالب‌گیری را به وسیله نیروی دست متراکم کنید (شکل ۲۰).



شکل ۲۱

- دست خود را باز کنید (شکل ۲۱).
- با توجه به نحوه شکل گرفتن ماسه شکل‌پذیری آن مشخص می‌شود.



شکل ۲۲

- با توجه به نحوه اثر انگشتان دست روی مخلوط ماسه، ریزی و درشتی (دانه‌بندی) ماسه را مشخص کنید (شکل ۲۲).

نکته



در صورتی که مخلوط ماسه داخل دست متلاشی شود نشان‌دهنده کمبود رطوبت یا چسب است.

توجه

- ایجاد شدن اثر انگشتان به طور واضح روی مخلوط ماسه داخل دست نشان دهنده ریز بودن دانه بندی ماسه است.



- با توجه به میزان مرطوب شدن دست حدود درصد تقریبی رطوبت ماسه، مشخص می شود.

توجه

- خیس شدن دست در اثر تماس با مخلوط ماسه نشان دهنده درصد بالای رطوبت ماسه است.



- با پرتاب کردن مخلوط ماسه داخل دست روی توده ماسه، درصد استحکام مخلوط ماسه مشخص می شود.

توجه

متلاشی شدن مخلوط ماسه داخل دست در اثر پرتاب به توده ماسه نشان دهنده کم بودن استحکام ماسه است.



نکته

این روش تست تجربی و عملی است و نیاز به تمرین بیشتری دارد.



فعالیت
کارگاهی



آماده سازی مخلوط ماسه قالب گیری

مواد و وسایل مورد نیاز:

- | | | |
|---------------|---------------|------------------------|
| ۱ ماسه سیلیسی | ۲ چسب بنتونیت | ۳ چسب دکستری |
| ۴ آب پاش | ۵ بیل | ۶ سرند دستی درشت (الک) |

مراحل انجام کار

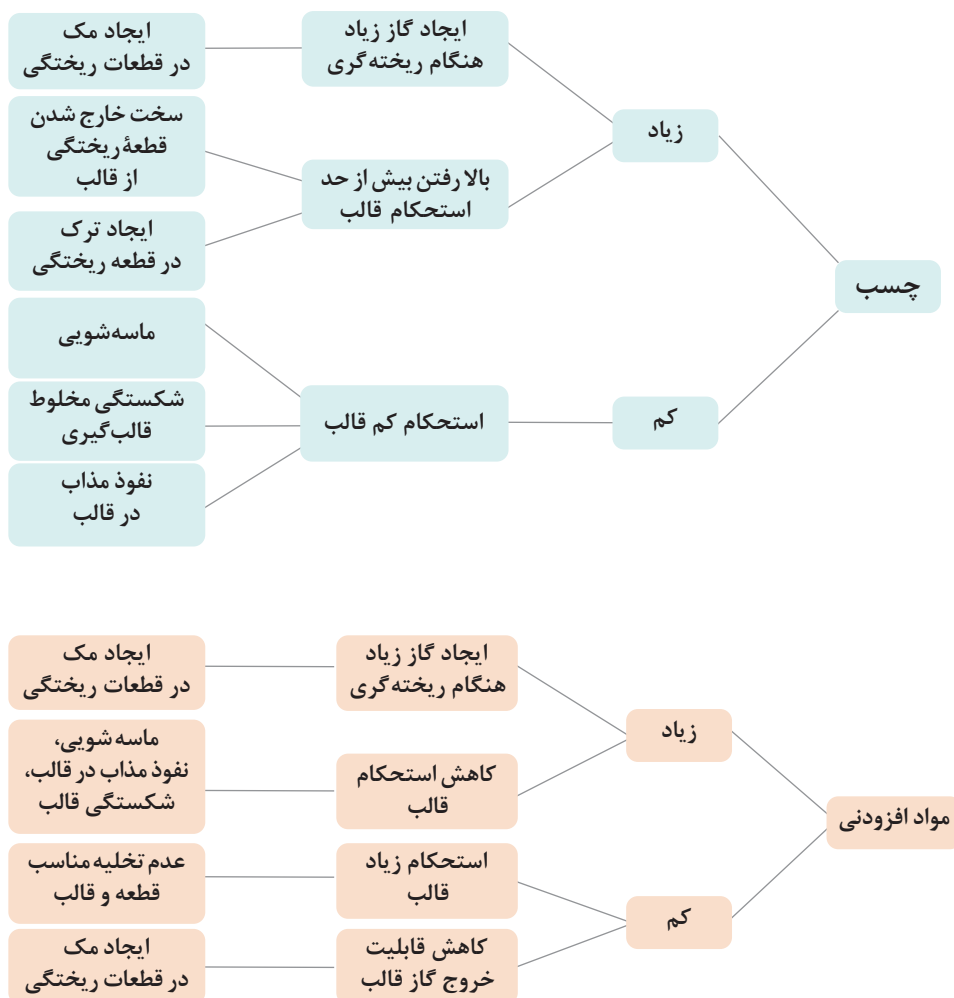
- ۱ مواد اولیه ترکیب ماسه قالب گیری آماده شده در فعالیت صفحه ۱۵ (که شامل ماسه سیلیسی و بنتونیت و دکستری است) را با یکدیگر مخلوط کنید.
- ۲ با افزودن آب به صورت مرحله به مرحله مخلوط ماسه قالب گیری را آب پاشی کرده و توسط بیل ماسه را زیر و رو کنید.
- ۳ در چند نوبت فرایند آب پاشی و زیر و رو کردن ماسه را ادامه دهید تا رطوبت ماسه به مقدار مطلوب برسد.
- ۴ مقداری ماسه برداشته و به صورت تجربی آزمایش کنید که مخلوط ماسه آماده شده شکل پذیری، چسبندگی و استحکام کافی را دارد.
- ۵ جهت ترکیب یکنواخت مخلوط مواد قالب گیری یا سرند دستی مخلوط آماده شده را سرند کنید.
- ۶ مقداری ماسه آماده شده را مشت کرده و به صورت تجربی تست کنید که شکل پذیری و استحکام کافی داشته باشد.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

نقش مواد افزودنی در مخلوط ماسه قالب‌گیری

آیا اجزای مخلوط ماسه قالب‌گیری را می‌توان به هر نسبتی با هم مخلوط کرد؟ به نظر شما چگونه می‌توان خواص ماسه قالب‌گیری را بهبود بخشید؟ با استفاده از مواد افزودنی از قبیل خاک اره، آرد حبوبات و ملاس و چغندر قند با مقدار مناسب می‌توان خواص عمومی قالب را از قبیل قابلیت خروج گاز و قابلیت فروپاشی، بهبود بخشید. گفتنی است در صورت استفاده بیش از حد از این مواد، خواص عمومی قالب کاهش می‌یابد. همچنین استفاده بیش از حد از چسب‌ها یا کاهش مقدار آنها در مخلوط ماسه قالب‌گیری، باعث کاهش کیفیت قالب و قطعه تولید شده می‌گردد. به این صورت که با افزایش چسب در مخلوط ماسه قالب‌گیری، خواص عمومی مخلوط، به ویژه قابلیت نفوذ گاز، کاهش و استحکام، افزایش پیدا می‌کنند. از طرفی با کاهش مقدار چسب در مخلوط ماسه قالب‌گیری، استحکام قالب کاهش می‌یابد و باعث ایجاد عیوبی در قطعات نظیر ماسه‌شویی، شکستگی قالب و نفوذ مذاب می‌شود.





استفاده از افزودنی ها به مخلوط ماسه قالب گیری

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ ماسه سیلیسی ۲ چسب بنتونیت ۳ چسب دکستین ۴ آب پاش
۵ بیل ۶ سرند دستی درشت (الک) ۷ خاک اره

مراحل انجام کار

- مقدار ۵ درصد وزنی خاک اره جهت مخلوط ماسه قالب گیری فعالیت کارگاهی قبل محاسبه و وزن کنید.
- خاک اره را با مخلوط ماسه قالب گیری آماده شده در فعالیت کارگاهی صفحه ۱۷ ترکیب کرده و با بیل مخلوط ماسه آماده شده را در چندین مرحله زیر و رو کنید.
- جهت ترکیب یکنواخت افزودنی ها مخلوط ماسه آماده شده را سرند کنید.
- مقداری مخلوط ماسه آماده شده را مشت کرده و به صورت تجربی تست کنید که شکل پذیری و قابلیت فروپاشی آن را آزمایش کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.



هدف از افزودن مواد زیر به مخلوط ماسه قالب گیری را به صورت بحث گروهی بررسی و جدول زیر را به هم ربط دهید.

نوع ماده	نقش (هدف از افزودن)
ملاس	افزایش استحکام تر و خشک
آرد حیوانات	بالا بردن استحکام در درجه حرارت بالا
آهن اکسید	بهبود کیفیت سطح تمام شده و مقاومت به نفوذ مذاب
پودر سیلیسی	جلوگیری از انجام واکنش های فلز - قالب
پودر زغال چوب	بهبود قابلیت از هم پاشیدگی و جلوگیری از عیوب ناشی از انبساط قالب
گوگرد	قابلیت نفوذ گاز
بوریک اسید	
خاک اره	



آماده سازی مخلوط ماسه قالب گیری با مقادیر متفاوت چسب

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ ماسه سیلیسی ۲ چسب بنتونیت ۳ بیل ۴ آب پاش ۵ سرند دستی درشت (الک)

مراحل انجام کار

- مقدار ۲۰۰ کیلوگرم ماسه سیلیسی را وزن کنید.

۲) مقادیر ۲٪ وزنی چسب بنتونیت جهت ۲۰۰ کیلو ماسه و مقدار ۵٪ وزنی چسب بنتونیت جهت ۱۰۰ کیلو ماسه محاسبه و وزن کنید.

۳) ابتدا مقدار ۲٪ چسب بنتونیت را به ماسه سیلیسی افزوده و مراحل آماده سازی را به ترتیبی که گفته شد انجام دهید و رطوبت به آن افزوده و مخلوط ماسه قالب گیری را آماده کنید.

۴) از مخلوط ماسه با چسب ۲٪ که آماده شده است مقدار ۱۰۰ کیلو مخلوط ماسه قالب گیری آماده شده را وزن کرده و به صورت جداگانه مقدار ۵٪ چسب بنتونیت وزن شده را با این مخلوط ماسه ترکیب کرده و در صورت نیاز رطوبت به مخلوط قالب گیری افزوده و این مخلوط ماسه را به ترتیبی که گفته شد آماده کنید.

۵) یک مشت ماسه از ترکیب شامل ۲٪ چسب برداشته و مشت کرده و قابلیت شکل پذیری و استحکام آن را آزمایش کنید.

۶) سپس یک مشت ماسه از ترکیب شامل ۵٪ چسب برداشته و مشت کرده و قابلیت شکل پذیری و استحکام آن را آزمایش کنید.

۷) قابلیت شکل پذیری و فروپاشی مخلوط ۲٪ و مخلوط ۵٪ را با یکدیگر مقایسه کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

میزان چسب در مخلوط ماسه قالب گیری چه تأثیری در خواص و کارکرد مخلوط قالب گیری دارد؟

فعالیت کلاسی



میزان چسب	قابلیت نفوذ گاز	استحکام	دلیل
کم			
زیاد			
مطلوب			

ریخته گری دو قالب ماسه ای، یکی با ماسه و چسب، دیگری با ماسه، چسب و خاک اره و آرد حبوبات؛ مقایسه قابلیت تخریب و قابلیت نفوذ گاز آنها با یکدیگر پس از ریخته گری.

فعالیت کلاسی



براساس مشاهدات خود جدول زیر را تکمیل کنید:

قالب	ماسه و چسب	ماسه، چسب و خاک اره و آرد حبوبات
قابلیت تخریب قالب	کم ☐ زیاد ☐	کم ☐ زیاد ☐
قابلیت نفوذ گاز	کم ☐ زیاد ☐	کم ☐ زیاد ☐

ارزشیابی واحد یادگیری ۱: آماده سازی مخلوط ماسه تر

شرح کار:

ابتدا مقدار مشخصی از ماسه سیلیسی مصنوعی را وزن کنید و سپس با افزودن چسب و رطوبت و سایر افزودنی ها مخلوط ماسه تر را آماده کنید.

استاندارد عملکرد: آماده سازی مخلوط ماسه قالب گیری

شاخص:

- ۱- کیفیت آماده سازی
- ۲- مقدار رطوبت
- ۳- مقدار چسب
- ۴- خواص مخلوط قالب گیری بر اساس استاندارد

شرایط انجام کار:

- ۱- محیط کارگاهی
 - ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
 - ۳- تهویه استاندارد و دمای $20^{\circ}\text{C} \pm 3$
 - ۴- اندازه ها براساس استاندارد
 - ۵- وسایل ایمنی استاندارد
 - ۶- ابزار و تجهیزات استاندارد
- مواد و تجهیزات مورد نیاز:** ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب بنتونیت، آب پاش، بیل ریخته گری، سرنده، سرنده برقی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنجار
۱	وزن ماسه سیلیسی	۱	
۲	محاسبه مقدار چسب و افزودنی ها	۱	
۳	آماده سازی مخلوط ماسه تر قالب گیری	۲	
۴	آزمون تجربی مخلوط ماسه آماده شده	۲	
شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: *			
۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار			
۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی			
۳- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه			
۴- رعایت دقت و نظم			
میانگین نمرات **			

* شایستگی های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و نمره مستمر است.
** حداقل میانگین نمرات هنجار برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.

واحد یادگیری ۲: تعیین خواص مخلوط ماسه قالب گیری

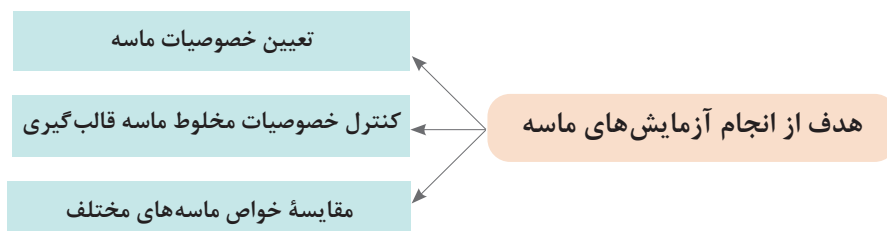
به طور کلی خصوصیات ماسه های ریخته گری را به کمک آزمایش های استاندارد ماسه تعیین می کنند. روش هر آزمایش و شرایط کار به صورت استاندارد معین شده است. آزمایش های ماسه راه مناسبی برای تعیین خصوصیات ماسه های مصرفی در صنایع ریخته گری هستند. در این واحد یادگیری روش انجام آزمایش های مختلف ماسه قالب گیری توضیح داده شده است و به صورت عملی انجام خواهند شد.

استاندارد عملکرد

انجام آزمایشات مربوط به ماسه با استفاده از ابزار و تجهیزات مربوطه بر اساس استانداردهای مرتبط

تعیین خواص و مشخصات ماسه ریخته‌گری (آزمایش‌های ماسه قالب‌گیری)

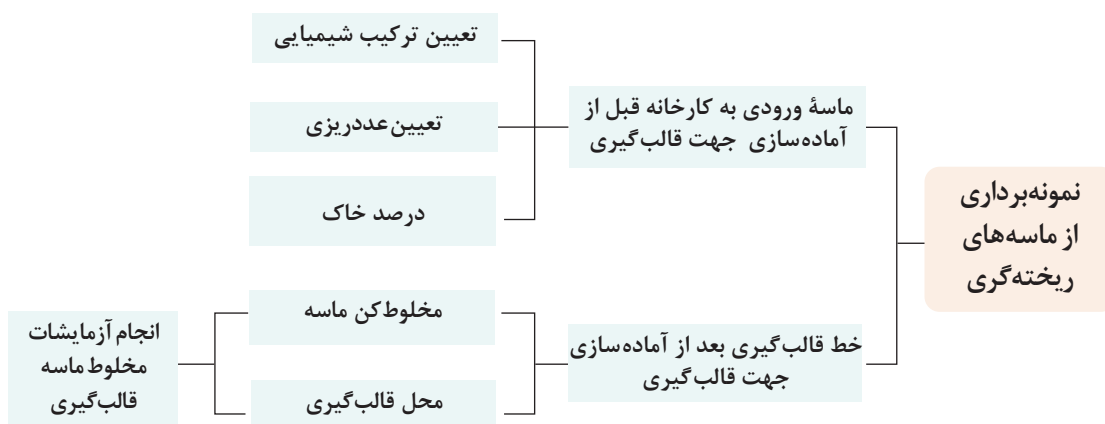
ماهیت و طبیعت ماسه قالب‌گیری را می‌توان به کمک نتایج آزمایش‌های استاندارد ماسه تشریح و توصیف کرد. جزئیات کامل آزمایش‌ها، روش و تجهیزات مورد نیاز برای هر آزمایش مشخص و تبیین شده است و هر آزمایش به صورت استاندارد و به شکل معین اجرا می‌شود.



کلیه آزمایش‌های ماسه باید بر روی نمونه‌هایی که از قبل آماده شده است، انجام گیرد. در حقیقت، چنین نمونه‌هایی شامل مقدار کمی از ماسه مورد نظر است که با شیوه‌ای مشخص از انبوه ماسه اصلی برداشته شده است. بسیاری از اوقات هم این گونه نمونه‌ها از طریق مخلوط کردن ماسه خشک با چسب خاک رس و آب و یا مواد دیگر و نیز از طریق روش‌های دیگری که در تهیه قالب به کار برده می‌شود، نظیر روش گاز CO_2 یا روش قالب‌گیری پوسته‌ای، تهیه و آماده می‌شوند و پس از فراهم شدن نمونه‌های لازم، آزمایش‌های مورد نظر انجام می‌شود.

نمونه‌برداری از ماسه‌های ریخته‌گری

قبل از انجام آزمایش‌ها، نمونه‌برداری و تهیه نمونه استاندارد از ماسه‌های ریخته‌گری صورت می‌پذیرد و برای این کار روش‌های ویژه‌ای به اجرا در می‌آید. منظور از تهیه نمونه، به دست آوردن مقدار قابل توجهی از ماسه مورد نظر است تا با استفاده از آن آزمایش‌های متداول برای کنترل وضعیت ماسه مصرفی، بررسی توده ماسه و ارزیابی ماسه‌ای که در آینده مورد استفاده قرار خواهد گرفت، انجام شود.



مقدار ماسه‌ای که به عنوان نمونه مورد استفاده قرار می‌گیرد باید به اندازه‌ای باشد که برای انجام کلیه آزمایش‌های مورد نظر کافی باشد.

نمونه‌های ماسه نباید در ظروف سرباز قرار داده شوند و جابه‌جا گردند. پاکت‌ها و ظروف پلاستیکی در بسته یا انواع دیگر ظروف ضدزنگ توصیه شده است تا از آلودگی ماسه به رطوبت و مرطوب شدن آن و نیز بالعکس از کاهش رطوبت ماسه نمونه جلوگیری به عمل آید.

نکته مهم دیگر اینکه نمونه‌های برداشته شده از توده ماسه باید به سرعت و در اولین فرصت تحت آزمایش قرار گیرند تا از ارتباط ما بین خواص نمونه‌ها و توده ماسه یا ماسه‌ای که در سیستم قالب‌گیری به کار می‌رود اطمینان حاصل شود. از آنجا که رطوبت بر روی خواص ماسه اثر قطعی دارد، این نکته اهمیت دارد که میزان رطوبت نمونه ماسه معادل میزان رطوبت توده ماسه اولیه باشد.

لازم به ذکر است که برای بررسی توده ماسه یا انباشته، نمونه‌برداری از ابتدا، وسط و انتهای توده انجام می‌شود.

نکته

نمونه‌برداری و آزمایش باید در حداقل زمان ممکن و پس از آماده کردن مخلوط ماسه قالب‌گیری انجام شود.



تهیه نمونه استاندارد

در کنترل کیفیت مخلوط ماسه قالب‌گیری آزمایش‌های استحکام فشاری تر و خشک، استحکام برشی تر و خشک، قابلیت عبور گاز و تعیین متلاشی شدن و خرد شونده‌گی ماسه نقش ویژه‌ای دارند. برای انجام کلیه آزمایش‌ها نمونه استوانه‌ای به قطر و ارتفاع ۲ اینچ (۵/۰۸ سانتی‌متر) از مخلوط ماسه قالب‌گیری تهیه می‌شود. به دلیل اهمیت این نمونه استاندارد ضروری است که تهیه آن با دقت کافی صورت گیرد.

نکات مهم در تهیه نمونه استاندارد

نمونه مخلوط ماسه قالب‌گیری: برای دستیابی به نتایج قابل قبول و تکرارپذیر در تهیه نمونه استاندارد باید در نمونه‌برداری از مخلوط ماسه موارد زیر مد نظر قرار گیرد:

- نمونه ماسه باید از خط قالب‌گیری تهیه شود و استفاده از ماسه‌ای که در معرض هوا قرار گرفته توصیه نمی‌شود.

- نمونه ماسه باید از الک $\frac{1}{4}$ اینچ عبور داده شود و سپس در یک ظرف در بسته محافظت گردد.

- برای انجام کلیه آزمایش‌های مذکور حداقل ۳ کیلوگرم ماسه از خط برداشته شود.

- برای اجتناب از کاهش رطوبت باید فاصله نمونه‌گیری و انجام آزمایش‌ها به حداقل زمان ممکن برسد.

برای آماده‌سازی نمونه استاندارد، دستگاه نمونه‌ساز (کوبه آزمایشگاهی) مطابق شکل ۱ به کار گرفته می‌شود. با استفاده از این دستگاه نمونه‌های استاندارد برای آزمایش‌های استحکام، قابلیت نفوذ گاز، تعیین ضریب فشردگی و تعیین متلاشی شدن و خرد شونده‌گی ماسه تهیه می‌شود. روش آماده کردن نمونه‌های استاندارد توسط سازنده دستگاه به همراه آن ارائه می‌شود. ولی در هر حال برای تهیه یک نمونه دقیق باید نکات زیر را رعایت کرد:

- دستگاه کوبه باید به یک پایه سفت و محکم پیچ شود.



شکل ۱- دستگاه کوبه آزمایشگاهی

- جهت تهیه نمونه های استاندارد معمولاً ۱۴۵ تا ۱۷۵ گرم ماسه در استوانه (لوله یا سیلندر) استاندارد ریخته شده و سپس به وسیله دستگاه کوبه آزمایشگاهی استاندارد سه ضربه، تا ارتفاع ۲ اینچ که در دستگاه نیز مشخص گردیده است تحت کوبش قرار می گیرد. توجه شود که فاصله بین سه ضربه متوالی باید استاندارد شود و تکرارپذیر باشد؛

- ماسه ترجیحاً توسط یک کیف به داخل لوله ریخته شود؛
- سطوح داخل لوله همیشه تمیز و صیقلی نگهداری شود؛
- هنگام جدا کردن نمونه از لوله باید از میله ای به قطر ۲ اینچ استفاده شود؛
- دستگاه کوبه باید به صورت مداوم تمیز و بخش های متحرک آن روغن کاری شوند.

تهیه نمونه استاندارد از مخلوط ماسه قالب گیری

مواد و وسایل مورد نیاز :

- ۱ ماسه سیلیسی
- ۲ چسب بنتونیت
- ۳ بیل
- ۴ آب پاش
- ۵ سرند دستی درشت (الک)
- ۶ باسکول
- ۷ ترازوی کفه ای
- ۸ کوبه استاندارد آزمایشگاهی

مراحل انجام کار

- ۱ مقدار ۱۰۰ کیلوگرم ماسه سیلیسی با ۵ درصد چسب و ۵ درصد بنتونیت به ترتیب مرحله ای که در فعالیت کارگاهی صفحه ۱۷ گفته شد آماده کنید.
- ۲ مقادیر ۱۵۰ گرم مخلوط ماسه آماده شده را توسط ترازوی کفه ای وزن کنید.
- ۳ قالب استوانه ای کوبه استاندارد را توسط ابزار خاص مربوطه تمیز کنید و در محل مشخص شده در کوبه استاندارد قرار دهید.
- ۴ وزنه کوبه را بالا برده و در محل قرار ثابت کنید.
- ۵ مخلوط ماسه وزن شده را درون قالب کوبه استاندارد بریزید.
- ۶ عمل کوبش را سه مرتبه تکرار کنید و سپس وزنه کوبه را به بالا و در محل خود ثابت کنید.
- ۷ نمونه آماده شده را با ابزار مخصوص از قالب خارج کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.



آزمایش های مخلوط ماسه قالب گیری

برای کنترل و تعیین خواص مخلوط ماسه قالب گیری آزمایش های مختلفی انجام می گیرد که آگاهی از آنها برای افرادی که در صنایع ریخته گری مشغول به کار هستند لازم و ضروری است که در ادامه بحث مهم ترین آنها مورد بررسی قرار می گیرند.

آزمایش تعیین اندازه و توزیع ذرات ماسه

هدف از این آزمایش تعیین عدد ریزی ماسه قالب گیری است، عدد ریزی ماسه ریخته گری توسط اندازه و توزیع ذرات آن تعیین می شود. به عبارت دیگر دو عامل اندازه دانه ها و نحوه توزیع دانه ها تعیین کننده عدد ریزی ماسه است. منظور از آزمایش ریزی تعیین درصد اندازه مختلف دانه های ماسه و مقدار خاک رسی است که در ماسه موجود است. ذراتی از ماسه که اندازه آنها از ۲ میکرون ($2/0 \times 10^{-6}$ میلی متر) کوچک تر باشند، خاک رس محسوب می شوند. مقدار خاک رس موجود در ماسه را می توان جداگانه و به روش خاص تعیین کرد و درصد اندازه مختلف دانه های ماسه نیز از طریق آزمایش ریزی قابل تعیین است.

اهمیت میزان عدد ریزی

عدد ریزی اثر قابل توجهی بر خواص ماسه ریخته گری دارد که مهم ترین آنها عبارتند از:

- استحکام
- نفوذ پذیری
- کار پذیری
- هزینه آماده سازی ماسه
- سطح نهایی قطعات ریختگی

آزمایش تعیین اندازه و پخش ذرات ماسه (عدد ریزی) جزء آزمایش های اولیه ماسه است و معمولاً این آزمایش بر روی ماسه ورودی به کارخانه انجام می شود و نتایج حاصل از آن می تواند کاربردهایی به صورت زیر داشته باشد:

راهنمایی برای نسبت صحیح مواد ریز
و توزیع صحیح اندازه دانه های ماسه

حفظ خواص یکنواخت در ماسه مورد مصرف

راهنمایی برای مقدار چسب مورد نیاز در ماسه جدید

مبنایی برای بیان مشخصات ماسه
به هنگام سفارش خرید

روش انجام کار: روش آزمایش عدد ریزی برای ماسه هایی که حاوی مواد چسبنده خاک رس هستند با ماسه هایی که دارای خاک رس نیستند متفاوت است. اما الک های اندازه گیری ریزی دانه ها برای هر دو نوع یکسان است. سری الک های مورد استفاده برای انجام آزمایش جدا کردن با الک در جدول ۱ مطابق استاندارد جامعه ریخته گران آمریکا^۱ (AFS) آمده است.

در این استاندارد، سیستم آزمایش از ۱۴ غربال (الک) تشکیل شده است که درشت ترین غربال آن با شماره ۴ (در هر اینچ طولی دارای ۴ سوراخ) و ریزترین غربال آن با شماره ۲۷۰ (در هر اینچ طولی دارای ۲۷۰ سوراخ) است. در آزمایشگاه های مختلف معمولاً از ۱۱ ردیف غربال یا الک بر حسب ریزی و درشتی ذرات ماسه استفاده می شود. واژه شبکه یا مش^۲ به معنی تعداد سوراخ ها در طول یک اینچ است. واژه مش به تنهایی بدون معنی است مگر

۱- American Foundry Society

۲- mesh

اینکه قطر یا ضخامت سیم نیز داده شود. به طوری که با استفاده از اندازه قطر سیم بتوان اندازه سوراخ را تعیین کرد. اندازه سوراخ در حقیقت اندازه ذرات عبور کرده را مشخص می کند و مش به همراه قطر سیم فقط برای تعیین اندازه سوراخ مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول ۱- مشخصات و ضریب الک ها استاندارد براساس AFS

شماره الک استاندارد	قطر سیم	تولرانس مجاز % +	اندازه طول دهانه (میلی متر)	ضریب الک a_i
۴	۱/۶۵۱	۳	۴/۶۹۹	۴
۶	۰/۹۱۴	۳	۳/۳۲۷	۶
۸	۰/۸۸۹	۳	۳/۳۶۲	۸
۱۰	۰/۸۱۳	۳	۱/۶۵۱	۱۰
۱۴	۰/۶۳۵	۳	۱/۱۶۷	۱۲
۲۰	۰/۴۳۷	۵	۰/۸۳۳	۱۶
۲۸	۰/۳۲۸	۵	۰/۵۸۹	۲۰
۳۵	۰/۳۰۹	۵	۰/۴۱۴	۳۰
۴۸	۰/۲۳۳	۵	۰/۲۹۵	۴۰
۶۵	۰/۱۸۳	۵	۰/۲۰۸	۵۰
۱۰۰	۰/۱۰۶	۶	۰/۱۴۷	۷۰
۱۵۰	۰/۰۷۶	۶	۰/۱۰۴	۱۰۰
۲۰۰	۰/۰۷۴	۷	۰/۰۷۴	۱۴۰
۲۷۰	۰/۰۴۰	۷	۰/۰۵۳	۲۰۰

در ترتیب الک ها یک نسبت ثابت بین اندازه های مختلف وجود دارد. این نسبت ثابت برابر ۱/۴۱۴ یا ریشه دوم عدد ۲ است. مثلاً در ترتیب سری الک های استاندارد آمریکایی، اندازه ضلع یا سوراخ یک الک معادل ۱/۴۱۴ برابر اندازه سوراخ الک پایینی است. به عبارت دیگر در این سری الک ها، اندازه مساحت و سوراخ یک الک معادل نصف مساحت سوراخ الک بالایی است. هریک از الک های موجود در یک سری از الک های استاندارد با یک شماره الک و یک ضریب الک (a_i) مشخص می شود. شماره الک عبارت است از تعداد سوراخ های موجود در طول یک اینچ از الک و ضریب الک عددی است که در محاسبه عدد ریزی از آن استفاده می شود. معمولاً یک درپوش بر روی بالاترین الک در سری الک ها قرار می گیرد و یک کفه در زیر پایین ترین الک (الک شماره ۲۷۰ در استاندارد آمریکا) قرار داده می شود تا موادی که از آخرین الک عبور می کند، در آن جمع شود.

وسایل مورد نیاز انجام آزمایش

۱ دستگاه تعیین دانه بندی ماسه

این دستگاه‌ها معمولاً برقی با عملکرد اتوماتیک است. دارای حداقل شش الک هر کدام با یک مش جداگانه و یک عدد درپوش و یک عدد کفه تحتانی است. در شکل ۲ دو نمونه از این دستگاه‌ها نشان داده شده است.



شکل ۲- دو نمونه از دستگاه‌های تعیین عدد ریزی ماسه

۲ ترازوی آزمایشگاهی

جهت وزن کردن نمونه‌های مورد آزمایش از ترازوهای آزمایشگاهی استفاده می‌شود که معمولاً در دو نوع مکانیکی و دیجیتالی هستند که در شکل ۳ نمونه‌هایی از این ترازوها نشان داده شده است.



ب) ترازوی مکانیکی

الف) ترازوی دیجیتالی

شکل ۳- ترازوی آزمایشگاهی

۳ برس مخصوص تمیز کردن الک‌های آزمایشگاهی

نگهداری صحیح از الک‌های آزمایشگاهی موجب می‌شود عمر الک بیشتر شده و همچنین در آزمایش‌های بعدی میزان خطای محاسبه کمتر شود. همیشه بعد از استفاده از الک‌ها بهتر است آنها را با برس‌های مخصوص و یا فشار باد تمیز کنیم تا روزه‌های آن تمیز و بدون گرفتگی باقی بماند. در صورت عدم رعایت این مسائل عمر الک بسیار کم می‌شود و از دقت و کارایی آن کاسته می‌شود. در شکل ۴ برس‌های مخصوص تمیز کردن الک‌های آزمایشگاهی نشان داده شده است.



شکل ۴- برس‌های مخصوص تمیز کردن الک‌های آزمایشگاهی

دستورکار انجام آزمایش: ابتدا یک نمونه از ماسه خشک شده یا یک نمونه از ماسه‌ای که قبلاً خاک رس آن جدا شده است را به وزن ۵۰ گرم توسط ترازوی دیجیتالی وزن کرده و سپس آزمایش را به صورت زیر ادامه دهید:

۱ نمونه تهیه شده را بر روی بالاترین الک ریخته و درپوش را روی آن قرار داده و دستگاه را ببندید.

نکته

قبل از شروع آزمایش، الک‌ها را به دقت بررسی کنید تا از نظر عدم افزایش قطر سوراخ‌ها یا پارگی سیم‌های شبکه اطمینان حاصل شود.



۲ تایمر دستگاه را تنظیم کنید تا به مدت ۱۵ دقیقه لرزش انجام گیرد.

۳ پس از پایان لرزش الک‌ها، درپوش را برداشته و هریک از الک‌ها را به نوبت از بالا به پایین باز کنید.

۴ توسط ترازوی دیجیتالی جرم ماسه‌های باقی‌مانده بر روی هر الک را تعیین کنید.

نکته

جهت انجام این کار بهتر است که ماسه‌های باقی‌مانده روی هر الک بر سطح کاغذی سخت برگردانده شده و سپس جرم آن تعیین شود. برای این کار نیز باید از برس‌های مخصوص برای تمیز کردن و خارج کردن ماسه از لابه‌لای شبکه هر الک استفاده شود.



۵ پس از تعیین جرم ماسه‌های باقی‌مانده بر روی کلیه الک‌ها، عدد ریزی ماسه با استفاده از روابط مربوطه محاسبه و تعیین می‌شود. لازم به ذکر است که پس از اتمام کار، مجموع جرم ماسه‌های باقی‌مانده بر روی همه الک‌ها به علاوه جرم ماسه باقی‌مانده بر کفه باید برابر جرم نمونه اولیه باشد.

۶ برای محاسبه و تعیین عدد ریزی یک ماسه لازم است که موارد زیر انجام گیرد:

الف) پس از انجام آزمایش و جدا کردن الک‌ها، درصد باقی‌مانده بر روی هر الک از رابطه زیر تعیین شود:

$$g_i = \frac{\text{جرم مواد باقی‌مانده در هر الک}}{\text{جرم نمونه اولیه}} \times 100 \quad (\text{درصد باقی‌مانده بر روی هر الک})$$

ب) مقدار درصد باقی‌مانده بر روی هر الک در ضریب آن الک ضرب شود.

ج) مجموع حاصل ضرب‌های به دست آمده در بند (ب) را به دست آورید.

د) عدد به دست آمده در بند (ج) یا مجموع حاصل ضرب‌ها بر مجموع درصد باقی‌مانده روی کلیه الک‌ها و کفه تقسیم شود.

مقدار عدد ریزی ماسه را می‌توان توسط رابطه زیر به دست آورد:

$$a = \frac{\text{مجموع حاصل ضرب درصد باقی‌مانده بر روی هر الک در ضریب آن الک}}{\text{مجموع درصد باقی‌مانده بر روی کلیه الک‌ها و کفه}} = \frac{\sum a_i g_i}{\sum g_i}$$

a_i : ضریب الک g_i : درصد جرم ماسه باقی‌مانده در هر الک a : عدد ریزی Σ : مجموع چند کمیت

مثال زیر نحوه محاسبه عدد ریزی دانه یک ماسه را نشان می‌دهد:
نمونه‌ای از یک ماسه ریخته‌گری تحت آزمایش جدا کردن با الک قرار گرفته است که نتایج آزمایش به قرار زیر می‌باشد:

مقدار نمونه: ۵۰ گرم
مقدار خاک رس: ۶/۳ گرم معادل ۱۲/۶ درصد
مقدار دانه‌های ماسه: ۴۳/۷ گرم معادل ۸۷/۴ درصد.
نتایج آزمایش انجام شده در جدول ۲ آمده است.

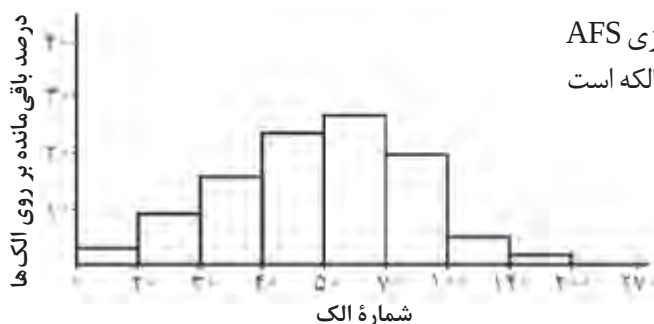
جدول ۲- نتایج آزمایش جدا کردن با الک برای نمونه بالا

شماره سری الک استاندارد آمریکا	جرم باقی‌مانده بر روی هر الک (گرم)	درصد باقی‌مانده بر روی هر الک g_i	ضریب الک a_i	حاصل ضرب a_i و g_i
۶	۰	۰/۰	۳	۰
۱۲	۰	۰/۰	۵	۰
۲۰	۰	۰/۰	۱۰	۰
۳۰	۰	۰/۰	۲۰	۰
۴۰	۰/۲	۰/۴	۳۰	۱۲
۵۰	۰/۶۵	۱/۳	۴۰	۵۲
۷۰	۱/۲	۲/۴	۵۰	۱۲۰
۱۰۰	۲/۲	۴/۴	۷۰	۳۰۸
۱۴۰	۸/۲	۱۶/۴	۱۰۰	۱۶۴۰
۲۰۰	۱۱/۰۵	۲۲/۱	۱۴۰	۳۰۹۴
۲۷۰	۱۰/۹	۲۱/۸	۲۰۰	۴۳۶۰
کفه	۹/۳	۱۸/۶	۳۰۰	۵۵۸۰
مجموع	۴۳/۷	۸۷/۴		۱۴۲۶۶

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول ۲ عدد ریزی ماسه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$a = \frac{\sum a_i g_i}{\sum g_i} = \frac{14266}{87/4} = 163/2$$

روش‌های مختلفی برای بیان نتایج و ارائه وضعیت عدد ریزی ماسه وجود دارد، که یکی از پر کاربردترین آنها رسم نمودار درصد باقی‌مانده به صورت ستونی است، بدین ترتیب که درصد باقی‌مانده بر روی هر الک محاسبه شده و ستونی متناسب با مقدار آن در نقطه شماره الک رسم می‌شود. از چنین نموداری که نمونه‌ای از آن در شکل ۵ آمده است، می‌توان چند الکه بودن ماسه را تعیین کرد. هر یک از الک‌ها که درصد باقی‌مانده ماسه بر روی آن بیش از ۱۰ درصد باشد یک الک محسوب می‌شود و مجموع تعداد این گونه الک‌ها مشخص کننده چند الکه بودن ماسه مورد آزمایش است. به شرط آنکه مطابق استاندارد AFS مجموع درصد باقی‌مانده بر روی همه الک‌های نام برده شده بیش از ۷۵ درصد باشد. به عنوان



نمونه مثال آورده شده در این آزمایش که عدد ریزی AFS آن حدوداً ۱۶۳/۲ محاسبه شد، یک ماسه چهار الک است (در حقیقت ۳ الک و یک کفه).

شکل ۵- نمودار ستونی درصد باقی مانده بر هر الک بر حسب شماره الک

نکته



لازم به ذکر است در مورد ماسه هایی که دارای خاک رس هستند، برای محاسبه و تعیین عدد ریزی ابتدا باید ماسه کاملاً شسته شود و خاک رس آن جدا شود و سپس ماسه بدون خاک رس در درجه حرارت و زمان معین و مناسب حرارت داده شود تا خشک گردد. بعد از این مرحله می توان آزمایش جدا کردن با الک یا غربال را انجام داد.

جدول ۳- درصد باقی مانده بر روی هر الک برای دو ماسه با عدد ریزی یکسان و توزیع اندازه متفاوت

شماره الک استاندارد	درصد باقی مانده (ماسه الف)	درصد باقی مانده (ماسه ب)
۶	۰/۰	۰/۰
۱۲	۰/۰	۰/۰
۲۰	۰/۰	۰/۰
۳۰	۱	۰/۰
۴۰	۲۴	۱
۵۰	۲۲	۲۴
۷۰	۱۶	۴۱
۱۰۰	۱۷	۲۴
۱۴۰	۱۴	۷
۲۰۰	۴	۲
۲۷۰	۱/۷	۰/۰
کفه	۰/۳	۱
مجموع	۱۰۰	۱۰۰
عدد ریزی AFS	۶۰	۶۰

به طور کلی عدد ریزی ماسه راهی سریع برای بیان متوسط اندازه دانه های یک ماسه است و مقدار آن می تواند برای مقایسه درجه ماسه با ماسه های دیگر به کار رود یا برای کنترل ماسه ذخیره یا ماسه در گردش یک کارگاه ریخته گری مورد استفاده قرار گیرد. عدد ریزی ماسه همچنین برای محاسبه دیگر اطلاعات مربوط به عملیات ماسه ریخته گری مفید است.

عدد ریزی، اطلاعات مربوط به توزیع اندازه دانه ها در ماسه را ارائه نمی کند. بنابراین احتمال دارد دو ماسه که دارای یک عدد ریزی هستند، توزیع دانه متفاوت داشته باشند و نفوذ پذیری و قابلیت عبور گاز آنها نیز متفاوت باشد. گذشته از آن، خواص دو ماسه که عدد ریزی یکسانی دارند می تواند به واسطه تفاوت در شکل دانه های آنها یکسان نباشد. نمونه ای از دو ماسه مختلف که عدد ریزی یکسان دارند ولی توزیع دانه های آنها متفاوت است در جدول شماره ۳ آمده است.

جدول شماره ۴ نیز نتایج آزمایش تفکیک با الک و عدد ریزی سه نوع ماسه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود ماسه دریاچه دارای عدد ریزی AFS معادل ۵۶ است و سه الک است. ماسه انباشته مورد آزمایش چهار الک و عدد ریزی AFS آن معادل ۸۸/۱ است، برای تهیه ماسه‌ای که از نظر وضعیت دانه‌بندی مابین دو ماسه نام برده قرار داشته باشد، ۴۰٪ ماسه انباشته و ۶۰٪ ماسه دریاچه مخلوط شده و ماسه‌ای چهار الک با عدد ریزی AFS معادل ۶۸/۷ حاصل شده است.

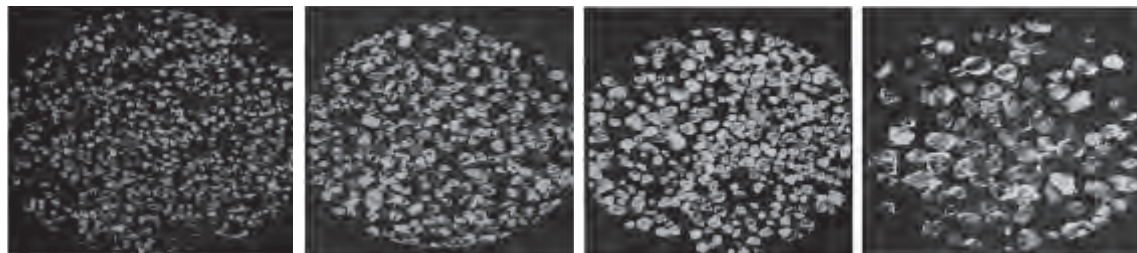
جدول ۴- نتایج آزمایش تفکیک با الک و عدد ریزی برای چند نوع ماسه

نوع ماسه شماره الک	ماسه دریاچه (درصد باقی مانده)	ماسه انباشته (درصد باقی مانده)	ماسه‌ای مرکب از ۶۰٪ ماسه دریاچه و ۴۰٪ ماسه انباشته
۲۰	۰/۱۳	۰	۰/۰۸
۳۰	۰/۶۷	۰/۰۳	۰/۴۱
۴۰	۲/۳۵	۰/۰۶	۱/۴۳
۵۰	۱۶/۰۲	۱/۴۸	۱۰/۲۰
۷۰	۴۵/۸۲	۱۳/۳۰	۳۲/۸۱
۱۰۰	۳۳/۲۸	۴۳/۲۷	۳۷/۲۸
۱۴۰	۱/۲۳	۲۷/۶۶	۱۱/۸۰
۲۰۰	۰/۱	۱۰/۹۰	۴/۴۲
۲۷۰	۰/۰۱	۱/۸۹	۰/۷۶
کفه	۰/۳۹	۱/۴۲	۰/۸
عدد ریزی AFS	۵۶	۸۸/۱	۶۸/۷

اندازه و پخش ذرات ماسه بسیاری از خواص مخلوط ماسه قالب‌گیری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ذرات ریز ماسه در حالی که سطوح صافی را در قالب به وجود می‌آورند باعث کاهش قابلیت نفوذ گاز می‌شوند. اما ذرات درشت از دیرگدازی و قابلیت نفوذ گاز بیشتری برخوردار هستند. از طرفی ذرات درشت از استحکام کمتری برخوردار می‌باشند. به همین دلیل اکثر ماسه‌های ریخته‌گری به منظور قابلیت نفوذ گاز و استحکام کافی و دیرگدازی مناسب از چند ماسه با اندازه دانه مختلف تشکیل می‌شوند.

لازم به توضیح است که شکل ذرات ماسه ممکن است کروی، گوشه‌دار و یا حالتی بین آن دو داشته باشند، معمولاً ماسه‌های کروی از قابلیت نفوذ عالی، استحکام و شکل‌پذیری کمتری برخوردارند در حالی که ماسه‌های گوشه‌دار استحکام و شکل‌پذیری خوبی داشته ولی قابلیت نفوذ نامطلوبی دارند. در عمل به دلیل فراهم کردن مجموعه مناسبی از خواص ذکر شده معمولاً از ماسه‌هایی با شکل‌های مختلف (نیمه گوشه‌دار) استفاده می‌شود. در شکل ۶ تصاویر میکروسکوپی نمونه‌هایی از ماسه‌های نیمه گوشه دار مورد استفاده در ریخته‌گری با عدد ریزی مختلف آورده شده است.

به‌طور کلی و با توجه به مباحث ذکر شده، چنین استنباط می‌شود که، اندازه و پخش ذرات ماسه و شکل آنها مجموعاً خواص عمومی ماسه از نظر دیرگدازی، شکل پذیری، قابلیت نفوذ گاز و صافی سطوح قالب را تحت تأثیر قرار می‌دهند و به همین دلیل آزمایش تعیین اندازه و پخش ذرات ماسه یکی از آزمایش‌های اولیه و مهم در تعیین خواص مواد قالب است.



عدد ریزی AFS: ۱۲۳

عدد ریزی AFS: ۹۱

عدد ریزی AFS: ۵۵

عدد ریزی AFS: ۴۶

شکل ۶- تصاویر میکروسکوپی چند نمونه ماسه نیمه گوشه دار

آزمایش تعیین عدد ریزی ماسه با دستگاه شیکر الک برقی

مواد و وسایل مورد نیاز:

۳] ترازوی کفه‌ای

۲] دستگاه شیکر الک برقی

۱] ماسه سیلیسی

۵] فرچه مویی نرم

۴] ترازوی دیجیتال

مراحل انجام کار

۱] مقدار ۱۵۰ گرم ماسه فاقد رطوبت را برداشته و توسط ترازوی کفه‌ای وزن کنید.

۲] قسمت فوقانی دستگاه شیکر را باز کرده و الک‌های استاندارد را با فرچه نرم تمیز کنید و به ترتیب آنها را روی یکدیگر چینش کنید.

۳] الک‌های چینش شده را در محل مشخص بر روی دستگاه قرار دهید.

۴] ماسه وزن شده را بر روی الک ریخته و درپوش دستگاه را بر روی آن قرار داده و درب آن را محکم کرده و دستگاه را روشن کنید.

۵] زمان دستگاه را بر روی ۱۰ دقیقه قرار داده و دستگاه را روشن کنید.

۶] پس از خاموش شدن دستگاه درپوش آن را باز کرده و ماسه باقی مانده بر روی هر الک را توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۲ وزن کنید.

۷] عدد ریزی ماسه را محاسبه کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.

- تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.



آزمایش تعیین مقدار خاک رس



شکل ۷- نمونه‌ای از خاک رس

خاک رس (بنتونیت) متداول‌ترین چسب مورد استفاده در مخلوط‌های ماسه قالب‌گیری است. خاک دارای ماسه که عامل چسبندگی ذرات ماسه است تأثیر زیادی روی خواص ماسه از جمله استحکام‌تر، استحکام خشک و قابلیت نفوذ گاز دارد. خاک رس اساساً آلومینیوم سیلیکات است اما از آنجا که این ماده محصول تجزیه شده از انواع سنگ‌های آذرین است، انواع مختلف آن از نظر ترکیب شیمیایی طیف وسیعی را در بر می‌گیرند. خاک رس سه خصوصیت عمده دارد:

الف) خاک رس می‌تواند پس از مخلوط شدن با ماسه و آب کافی، شکل‌پذیری و چسبندگی در مخلوط ایجاد کند.
ب) خاک رس می‌تواند خشک شود و سپس با اضافه کردن آب، مجدد خاصیت شکل‌پذیری را کسب کند. البته درجه حرارت خشک کردن نباید زیاد بالا باشد.

ج) اگر خاک رس به دمای خیلی بالا برده شود، کلسینه^۱ می‌شود و از بین می‌رود و در آن صورت با افزودن آب نمی‌توان آن را دوباره شکل‌پذیر ساخت. دمای کلسینه شدن برای انواع مختلف خاک رس متفاوت است. از نقطه نظر تهیه مخلوط ماسه قالب‌گیری، مهم‌ترین خاصیت خاک رس تشکیل ساختمان لایه‌ای نازک و توانایی جذب یون‌های فلزی و آب است. لایه‌های خاک رس بسیار نازک (در حدود ۱۵ تا ۳۰ آنگستروم) است و به سهولت یون‌های فلزی را جذب می‌کند و سپس آب بر روی این یون‌ها جذب می‌شود. آب جذب شده یک ذره خاک رس را به دیگری اتصال می‌دهد و لایه‌های خاک رس از طریق آب بر روی سطوح ماسه اصلی گسترده می‌شوند و به کمک نیروهای مولکولی اتصال لازم را فراهم می‌سازند. در حقیقت رطوبت کافی ماسه (آب فیزیکی) عامل یونیزه شدن آب تبلور (آب مولکولی) خاک رس می‌شود.

خاک رس خالص یا کائولن دارای ترکیب متبلور آلومینیوم سیلیکات $(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ است و ناخالصی‌هایی که مانند سدیم، پتاسیم، آهن و کلسیم به صورت سیلیکات در این خاک پدید می‌آیند رنگ آن را از صورتی روشن به قهوه‌ای تیره مبدل می‌سازد. خاک رس معمولی‌ترین ترکیب ناخالص کائولن است و در ریخته‌گری به کار می‌رود. از نقطه نظر قالب‌گیری مهم‌ترین خاصیت خاک‌ها جذب آب است که پس از یونیزاسیون تولید یون‌های H^+ و O^- می‌کند. این یون‌ها که دارای بارهای مثبت و منفی هستند و در لابه‌لای ذرات سیلیس قرار می‌گیرند، باید چسبندگی لازم را برای ماسه تأمین کنند زیرا این بارها مختلف هستند و یکدیگر را جذب می‌کنند. باید توجه داشت که عمل یونیزاسیون در داخل آب و رطوبت ماسه انجام می‌شود. بنابراین کنترل آن اهمیت زیادی دارد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که خاک رس در آب و رطوبت ماسه فعال می‌شود.

به طور کلی میزان خاک مخلوط ماسه قالب‌گیری به ذراتی اطلاق می‌گردد که قطر آنها کمتر از 0.075 میلی‌متر باشد. در مخلوط‌های ماسه قالب‌گیری که حاوی بنتونیت و پودر زغال غیرفعال است این ذرات نیز همراه با خاک واقعی مخلوط خارج می‌شوند، بنابراین برای اندازه‌گیری میزان واقعی خاک باید به این مسئله توجه کرد.

۱- Calcination



آزمایش تعیین مقدار خاک رس ماسه

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ مخلوط ماسه قالب‌گیری
- ۲ خشک‌کن ماسه (آون)
- ۳ همزن آزمایشگاهی
- ۴ ترازوی کفه‌ای و ترازوی دیجیتال
- ۵ بشر یک لیتری و سیفون و میله همزن شیشه‌ای
- ۶ قیف شیشه‌ای و کاغذ صافی
- ۷ محلول سدیم پیروفسفات
- ۸ آب مقطر

مراحل انجام کار

- ۱ مقدار ۵۰ گرم مخلوط ماسه قالب‌گیری را وزن کرده و در داخل خشک‌کن قرار دهید و مدت زمان یک ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس کاملاً خشک شود.
- ۲ پس از اطمینان از خشک شدن کامل با ترازوی دیجیتال ماسه خشک شده را وزن کنید و ماسه خشک شده را درون بشر شیشه‌ای ریخته و بر روی همزن برقی قرار دهید. مقدار ۴۷۵ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه کنید، سپس ۱/۵٪ سدیم پیروفسفات به محلول اضافه کنید و مدت یک ساعت بر روی همزن قرار داده و اجازه دهید تا مخلوط کاملاً هم زده شود.
- ۳ بعد از گذشت یک ساعت بشر را بر روی سطح صاف و تراز قرار دهید و آن قدر به آن آب مقطر اضافه کنید تا ارتفاع محلول به ۱۵ سانتی‌متر برسد و سپس ۱۰ دقیقه به محلول زمان استراحت دهید تا ماسه ته نشین شود (در این شرایط خاک رس به صورت معلق در محلول خواهد ماند).
- ۴ در این مرحله سیفون را در ارتفاع ۱۲/۵ سانتی‌متری تنظیم و به وسیله سیفون مابقی محلول مازاد را از بشر خارج کنید.
- ۵ دوباره آب مقطر به داخل بشر اضافه کنید تا ارتفاع آن به ۱۵ سانتی‌متر برسد و مرحله ۳ و ۴ را دوباره تکرار کنید.
- ۶ پس از تکمیل مراحل بالا کاغذ صافی را بر روی قیف شیشه‌ای قرار داده و محلول باقی مانده را از آن عبور دهید.
- ۷ کاغذ صافی که ماسه بر روی آن است را درون خشک‌کن قرار داده و مدت ۵ دقیقه در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس نگهداری کنید.
- ۸ ماسه خشک شده را با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن کنید و توسط رابطه مربوطه درصد خاک رس را محاسبه کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

نکته



افزودن محلول استاندارد ۱/۵ درصد سدیم پیروفسفات ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) به منظور جلوگیری از کلوخه شدن و یا لخته شدن و به هم چسبیدن ذرات ماسه و خاک رس صورت می‌گیرد. در برخی موارد از سدیم هیدروکسید یا سود سوزآور (NaOH) نیز برای جلوگیری از کلوخه شدن ذرات استفاده می‌شود ولی ترکیب تترا سدیم پیروفسفات بر سدیم هیدروکسید ارجحیت دارد زیرا سدیم هیدروکسید باعث ژلاتینی شدن ماسه شده و در نتیجه از رسوب صحیح و کامل ذرات ماسه جلوگیری می‌کند.

نکته



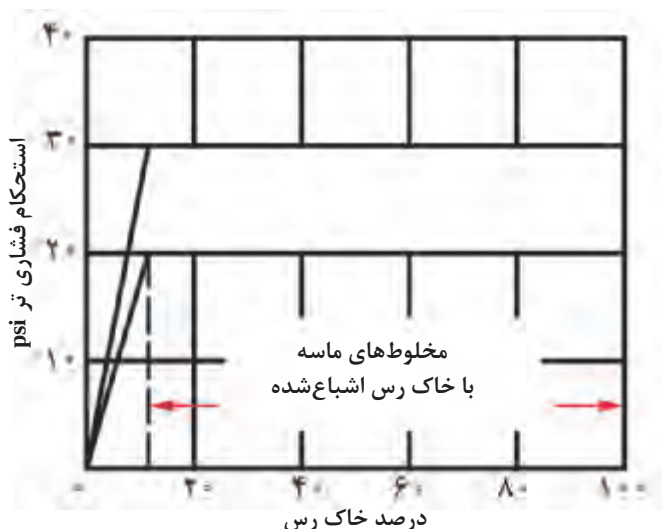
عملیات اضافه کردن آب، هم زدن و زمان دادن جهت رسوب ذرات و خارج کردن آب به کمک سیفون تا عمق ۱۲/۵ سانتی‌متری را آن قدر تکرار کنید تا آب اضافه شده، پس از ۵ دقیقه زمان دادن، در عمق ۱۲/۵ سانتی‌متری کاملاً شفاف به نظر برسد. با این روش موادی که با سرعت یک اینچ بر دقیقه به سمت پایین حرکت می‌کنند از دانه‌های دیگر جدا می‌شوند. این گونه ذرات دارای قطری معادل ۲ میکرون یا کوچک‌تر از آن هستند و خاک رس محسوب می‌شوند.

رابطه محاسبه درصد خاک رس : میزان خاک رس مخلوط ماسه قالب گیری با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{درصد خاک ماسه} = \frac{\text{جرم ماسه بعد از آزمایش} - \text{جرم اولیه ماسه}}{\text{جرم اولیه ماسه}} \times 100$$

میزان خاک رس موجود در مخلوط‌های ماسه قالب‌گیری با چسب خاک رس بر روی بسیاری از خواص فیزیکی ماسه ریخته‌گری تأثیر دارد. به‌طوری که مقدار خاک رس موجود در ماسه به شرط آنکه رطوبت کافی برای فعال شدن خاک رس وجود داشته باشد، تعیین‌کننده استحکام و نفوذپذیری ماسه ریخته‌گری است. همچنین اطلاع از میزان خاک رس می‌تواند امکان پیش‌بینی خصوصیات ماسه را فراهم سازد. به‌طور کلی ماسه‌های قالب‌گیری را می‌توان براساس میزان خاک رسی که به همراه دارند به دو صورت ماسه اشباع شده از خاک رس یا ماسه اشباع نشده از خاک رس دسته‌بندی کرد. ماسه اشباع شده از خاک رس، ماسه‌ای است که حاوی مقدار بسیار زیادی از خاک رس است به‌طوری که افزایش بیشتر خاک رس به آن باعث افزایش استحکام فشاری تر چنین ماسه‌ای نمی‌شود. این مطلب در شکل شماره ۸ به‌صورت یک نمودار نشان داده شده است، دراین نمودار حداکثر استحکام فشاری تر بر حسب درصد خاک رس ترسیم شده است.

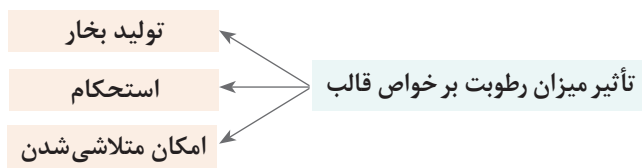
از بررسی نمودار شکل ۸ نتیجه می‌شود که وقتی مقدار خاک رس موجود به یک حد خاص افزایش یابد و ماسه به حالت اشباع از خاک رس برسد، ادامه افزایش خاک رس اثری بر استحکام نهایی نخواهد داشت. همچنین منطقه پهن شده نمودار، تغییرات حداکثر استحکام فشاری تر را که بر اثر خلوص خاک رس و نوع آن، وضعیت اندازه و توزیع دانه‌ها و دیگر عوامل مشابه پدید آمده است نشان می‌دهد.



شکل ۸- نمودار تأثیر میزان خاک رس بر روی استحکام فشاری تر نهایی مخلوط‌های ماسه - آب - خاک رس

آزمایش‌های تعیین رطوبت

رطوبت عبارت است از آب ظاهری موجود در ماسه به میزان $\frac{3}{5}$ تا ۸ درصد که با وجود خاک رس باعث بالا رفتن خاصیت شکل‌پذیری و استحکام تر ماسه می‌شود. خاک رس آب و رطوبت ماسه را جذب می‌کند و به حد اشباع می‌رسد، در نتیجه بر اثر فشرده شدن ماسه و نزدیک شدن ذرات به یکدیگر استحکام ماسه افزایش می‌یابد. به‌طور خلاصه می‌توان گفت که وجود مقدار معینی آب در ماسه قابلیت شکل‌پذیری ماسه را بالا می‌برد ولی اگر مقدار آن از حد مجاز بیشتر شود استحکام ماسه کاهش می‌یابد. از این رو کنترل و تنظیم میزان رطوبت ماسه خیلی مهم است و در فرایند قالب‌گیری تأثیر فراوانی دارد.



لازم به توضیح است که میزان آب مورد استفاده در ماسه قالب‌گیری باید در حداقل مقدار خود در نظر گرفته شود.

برای بررسی میزان آب مورد استفاده موارد زیر باید مد نظر قرار گیرد:

۱ اطمینان پیدا کردن از حصول خواص چسبندگی بالا

در صورت افزایش درصد آب، تمامی خواص استحکامی به شدت کاهش پیدا می‌کند. در صورت پایین بودن استحکام فشاری تر احتمال تخریب قالب در حین حمل و نقل بیشتر می‌شود.

۲ به‌دست آوردن قابلیت شکل‌پذیری مناسب در ماسه قالب‌گیری

با افزایش درصد آب، قابلیت شکل‌پذیری ماسه قالب‌گیری کاهش پیدا می‌کند. شکل‌پذیری بالاتر به معنی قالبی با پایداری بیشتر است که باعث برطرف شدن عیوبی مانند انقباض، مک، تخلخل و عیوب ابعادی

می‌شود. برای مقابله با انبساط حرارتی دانه‌های سیلیس به شکل‌پذیری بالاتری نیاز است که باعث برطرف شدن عیوب ناشی از آن می‌شود.

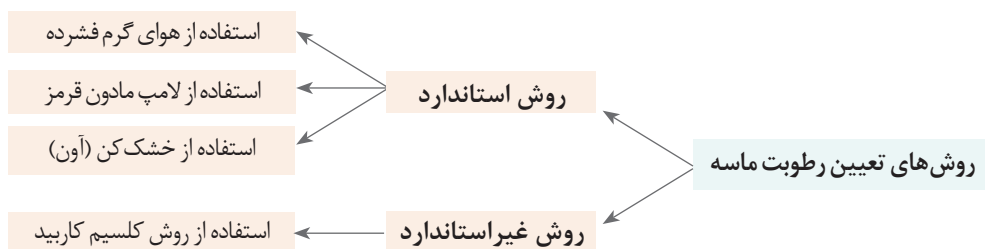
۳ جلوگیری از به‌وجود آمدن قالب‌هایی با فشردگی بسیار زیاد

با افزایش درصد آب، سرعت فشرده شدن ماسه قالب‌گیری افزایش پیدا می‌کند.

۴ اطمینان از به حداقل رساندن گاز تولید شده در هنگام ریخته‌گری

حجم گاز تولید شده از ماسه‌تر و بعد از ریخته‌گری با درصد آب موجود در ماسه قالب رابطه مستقیم دارد. به‌طوری‌که تعداد زیادی از عیوب به‌وجود آمده در قطعات ریختگی نتیجه تولید گاز حاصل از رطوبت است مانند حفره‌های گازی.

به‌طور کلی مقدار رطوبت ماسه، نباید از حد معینی بیشتر شود، از طرفی کاهش مقدار رطوبت نیز باعث از هم پاشیدگی و کاهش شکل‌پذیری قالب می‌گردد به همین دلیل تعیین مقدار مناسب رطوبت لازم است. معمولاً ریخته‌گران با تجربه به سهولت میزان این رطوبت را تخمین می‌زنند ولی در کارهای بزرگ و موارد مصرف زیاد، تعیین رطوبت ماسه از اهمیت زیادی برخوردار است و نمی‌توان تنها به تجربه متکی بود.



دستگاه هوای گرم فشرده



خشک‌کن (آون)



دستگاه تولید اشعه مادون قرمز



روش استاندارد

این روش برای تمامی مخلوط‌های ماسه قابل اجرا است، به‌جز مخلوط‌هایی که علاوه بر آب دارای مواد فرار و اکسید شدنی هستند. به‌طور کلی در این روش ماسه توسط تجهیزات مختلف خشک‌کن ماسه خشک می‌شود و اساس اندازه‌گیری میزان رطوبت ماسه بر مبنای کاهش وزن نمونه نسبت به وزن اولیه آن است و معمولاً برحسب درصد بیان می‌شود. در شکل ۹ تجهیزات اندازه‌گیری رطوبت ماسه به روش استاندارد نشان داده شده است.

شکل ۹- تجهیزات اندازه‌گیری رطوبت به روش استاندارد

لازم به ذکر است که با توجه به مدت زمان کم خشک شدن ماسه در روش مادون قرمز (حدوداً ۳ الی ۵ دقیقه) در صنایع و کارخانه‌های ریخته‌گری، به هنگام تعیین میزان رطوبت ماسه به روش استاندارد بیشتر از روش مادون قرمز استفاده می‌کنند.

تعیین میزان رطوبت ماسه

در این روش یک لامپ به‌عنوان منبع گرما برای تبخیر رطوبت از ماسه به کار می‌رود. به‌طوری که یک نمونه از ماسه مورد نظر وزن شده و بر روی کفه دستگاه قرار داده می‌شود (در برخی از دستگاه‌ها کفه مستقیم به سیستم ترازو متصل است و امکان وزن کردن ماسه به سهولت وجود دارد)، پس از تبخیر کامل رطوبت ماسه، توزین دوباره صورت می‌گیرد و اختلاف دو وزن نمایانگر میزان رطوبت است.

وسایل مورد نیاز

- ظرف نمونه‌گیر
- کوره الکتریکی کوچک (آون)
- ظرف فلزی
- ترازوی دقیق دیجیتالی
- دسیکاتور

بهرتر است دسیکاتور مجهز به یک فن تخلیه باشد تا بخار آب حاصل را از محیط خارج کند.

نکته



روش تعیین میزان رطوبت به روش استاندارد بهترین روش کاربردی برای کارهای تحقیقاتی است اما به دلیل طولانی بودن زمان انجام کار برای کنترل مخلوط ماسه در کارخانه‌های ریخته‌گری که به‌طور مداوم انجام می‌گیرد، قابل اجرا نیست.

نکته



نحوه محاسبه درصد رطوبت مخلوط ماسه قالب‌گیری

به‌طور کلی در هر دو روش خشک کردن چنانچه جرم‌های اندازه‌گیری شده، قبل و بعد از خشک کردن ماسه نمونه (برحسب گرم) به ترتیب برابر با m و m_1 باشد در این صورت درصد رطوبت ماسه ($\%W$) از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$\%W = \frac{m - m_1}{m} \times 100$$

از طرفی چون جرم ماسه مرطوب (m) ۵۰ گرم است بنابراین:

$$\%W = \frac{m - m_1}{m} \times 100 \quad \Rightarrow \quad \%W = 2 \times \text{کاهش جرم}$$



آزمایش تعیین درصد رطوبت

مواد و وسایل مورد نیاز :

- ۱] مخلوط ماسه قالب گیری
- ۲] دستگاه خشک کن (آون)
- ۳] ترازوی کفه ای
- ۴] ترازوی دیجیتال

مراحل انجام کار

- ۱] مقدار ۵۰ گرم ماسه آماده قالب گیری را برداشته و توسط ترازوی کفه ای وزن کنید.
- ۲] سپس ماسه وزن شده را درون خشک کن (آون) در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت نگهداری کنید.
- ۳] پس از سپری شدن زمان و سرد شدن ماسه آن را وزن کنید.
- ۴] با استفاده از رابطه گفته شده مقدار رطوبت را محاسبه کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

با توجه به اینکه مخلوط ماسه های قالب گیری دارای خاک رس و یا چسب های خاکی جهت چسبندگی ذرات ماسه به یکدیگر می باشند و از آن جایی که از نقطه نظر قالب گیری مهم ترین خاصیت خاک ها جذب رطوبت است که به دلیل جذب آب توسط خاک، ذرات آن و ذرات ماسه به هم اتصال می یابند، که این عمل در داخل آب و رطوبت ماسه انجام می شود بنابراین کنترل میزان رطوبت مخلوط ماسه قالب گیری جهت بالابردن قابلیت قالب گیری و تولید قطعات سالم و بدون عیب اهمیت فراوانی دارد.

به طور کلی میزان رطوبت مخلوط ماسه علاوه بر میزان چسب موجود در آن، با توجه به روش های قالب گیری هم می تواند متغیر باشد به طوری که در قالب گیری دستی میزان رطوبت ماسه معمولاً بین ۶ تا ۸ درصد است، در حالی که در قالب گیری های ماشینی و تحت فشار بالا میزان رطوبت بین ۳/۵ تا ۴/۵ درصد است.



اگر رطوبت مخلوط ماسه قالب گیری در حد بهینه نباشد ممکن است باعث بروز چه عیوبی در قطعات ریختگی شود؟

درباره پرسش بالا بحث و گفت و گو کنید و نتیجه را به صورت گزارش کار به هنرآموز خود تحویل دهید.

روش های تعیین استحکام مخلوط ماسه قالب گیری

استحکام مخلوط ماسه های قالب گیری را می توان در آزمایش های استحکام فشاری، برشی، کششی یا خمشی تعیین کرد. برای هر یک از خواص نام برده شده روش های آزمایش خاصی وجود دارد. اطلاع از استحکام مخلوط ماسه های قالب گیری و مبانی کنترل این خواص برای بهترین کاربرد و استفاده بهتر از ماسه های

ریخته‌گری ضروری است. برای اندازه‌گیری استحکام، ماسه‌های ریخته‌گری دستگاه‌های مختلفی به صورت تجاری ارائه می‌شود که در شکل ۱۰ چند نمونه از آنها نشان داده شده است.



شکل ۱۰- انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری استحکام ماسه

لازم به ذکر است که کلیه این دستگاه‌ها چندکاره بوده و تمامی آزمایشات مربوط به استحکام ماسه را انجام می‌دهند. کافی است که فک‌های مربوط به هر آزمایش روی دستگاه سوار شود.

تعیین استحکام فشاری تر

استحکام تر: پس از آنکه ماسه با آب و چسب مخلوط شد، ماسه تر حاصل می‌شود. ماسه تر باید استحکام کافی و شکل‌پذیری مناسب را برای ساخت و نگهداری قالب داشته باشد. همچنین استحکام لازم به هنگام خارج کردن مدل از قالب و پس از آن را از خود نشان دهد. داشتن استحکام کافی به منظور حفظ شکل قالب پس از قالب‌گیری و هنگام جابه‌جا کردن قالب ضروری است.

استحکام تر یک مخلوط قالب‌گیری به عوامل مختلفی چون میزان رطوبت، مقدار چسب، شکل و اندازه و عددبزی ماسه بستگی دارد.

استحکام فشاری تر عبارت است از بیشترین تنش فشاری بر حسب psi (پوند بر اینچ مربع) که یک نمونه ماسه تر با ابعاد استاندارد (۲ in × ۲ in) می‌تواند تحمل کند. چنین نمونه‌ای از مخلوط ماسه مورد نظر تهیه و به کمک کوبه استاندارد آزمایشگاهی پس از کوبش لازم آماده می‌شود. سپس نمونه مطابق روش استاندارد با استفاده از دستگاه تعیین استحکام فشاری ماسه تحت اعمال بار قرار می‌گیرد.



آزمایش تعیین استحکام فشاری تر

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ مخلوط ماسه قالب گیری
- ۲ کوبه استاندارد آزمایشگاهی
- ۳ ترازوی کفه‌ای
- ۴ ترازوی دیجیتال
- ۵ دستگاه استحکام فشاری ماسه

مراحل انجام کار

- ۱ نمونه استاندارد تهیه شده در فعالیت کارگاهی صفحه ۲۵ را آماده کنید.
- ۲ نمونه آماده شده را درون فک‌های دستگاه استحکام فشاری قرار دهید.
- ۳ دکمه شروع دستگاه را فشار دهید. پس از اعمال نیرو نمونه ماسه‌ای متلاشی می‌شود.
- ۴ مقدار نیروی اعمالی توسط دستگاه را بخوانید. باید به دستگاه توجه گردد که براساس کدام واحد مقدار را نمایش می‌دهد.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

عواملی چون میزان فشردگی، مقدار خاک رس، مقدار رطوبت و اندازه ذرات ماسه بر استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری اثر می‌گذارد. افزایش کوبش و در نتیجه بالا رفتن میزان فشردگی مخلوط ماسه، باعث افزایش استحکام فشاری می‌شود. اگر میزان فشردگی ثابت باشد، افزایش مقدار خاک رس باعث بالا رفتن استحکام خواهد شد.



آزمایش تأثیر میزان چسب بر تعیین استحکام فشاری تر مخلوط ماسه قالب‌گیری

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ مخلوط ماسه قالب گیری با درصد چسب متفاوت
- ۲ مخلوط ماسه قالب گیری
- ۳ کوبه استاندارد آزمایشگاهی
- ۴ ترازوی کفه‌ای
- ۵ ترازوی دیجیتال
- ۶ دستگاه استحکام فشاری ماسه

مراحل انجام کار

- ۱ نمونه استاندارد از مخلوط ماسه قالب گیری با ۸،۶،۴ و ۱۰ درصد چسب تهیه کنید.
- ۲ هر کدام از نمونه‌ها را در دستگاه استحکام فشاری قرار داده و مقدار استحکام به دست آمده برای هر کدام از نمونه‌ها را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.
- ۳ نتایج را بر روی نموداری که محور عمودی آن استحکام فشاری تر و محور افقی آن درصد چسب است پیاده کرده و نمودار را رسم کنید.
- ۴ نتایج به دست آمده و نمودارها را با یکدیگر مقایسه کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

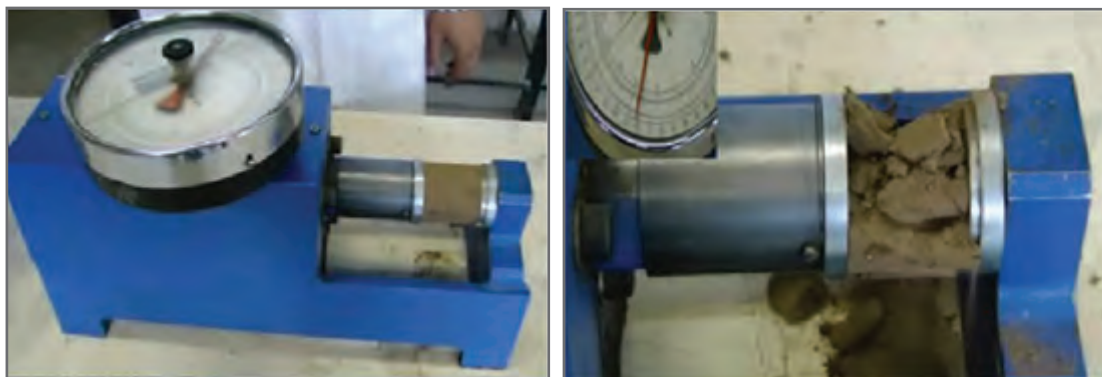
پرسش



- ۱ کم یا زیاد بودن میزان چسب چه تأثیری بر استحکام فشاری تر ماسه دارد؟
- ۲ بیشترین تنش فشاری مربوط به چند درصد چسب است؟ چرا؟

تعیین استحکام فشاری خشک

استحکام خشک: وقتی مذاب فلز به داخل قالب ریخته می شود ماسه با فلز داغ تماس حاصل می کند و رطوبت موجود در آن به سرعت تبخیر می شود و به صورت بخار خارج می شود. ماسه خشک باید استحکام کافی برای مقاومت در برابر فرسایش و نیز استحکام کافی در برابر فشار متالواستاتیکی^۱ مذاب داشته باشد در غیر این صورت احتمال دارد که قالب اندازه و ابعاد خود را از دست بدهد. عموماً استحکام فشاری خشک نیز همانند استحکام فشاری تر تحت تنش های فشاری بیشتر مورد توجه است و طبق تعریف استحکام فشاری خشک برابر است با حداکثر تنش فشاری بر حسب psi که یک نمونه استاندارد ماسه پس از خشک شدن و پخته شدن می تواند تحمل کند و گسیخته نشود. لازم به ذکر است که اصطلاح استحکام خشک هم در مورد ماسه قالب گیری که در فرایند قالب گیری خشک شده و هم به ماسه قالب که پس از ورود مذاب به داخل آن خشک شده، به کار می رود. دستگاه مورد استفاده جهت اندازه گیری استحکام در این آزمایش همانند آزمایش استحکام فشاری تر است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱

۱- فشار متالواستاتیکی به فشاری گفته می شود که در اثر ستون مذاب فلز در یک سیستم ریخته گری یا قالب ایجاد می شود. این فشار ناشی از وزن خود مذاب فلزی است و با ارتفاع ستون مذاب و چگالی فلز رابطه مستقیم دارد.



آزمایش تعیین استحکام فشاری خشک

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱] مخلوط ماسه قالب گیری
- ۲] کوبه استاندارد آزمایشگاهی
- ۳] ترازوی کفه ای
- ۴] ترازوی دیجیتال
- ۵] دستگاه استحکام فشاری ماسه
- ۶] دستگاه خشک کن (آون)

مراحل انجام کار

- ۱] نمونه استاندارد تهیه شده در فعالیت کارگاهی صفحه ۲۵ را آماده کنید.
- ۲] نمونه تهیه شده را در دستگاه خشک کن دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت نگهداری کنید تا نمونه‌ها کاملاً خشک شود.
- ۳] سپس نمونه‌های خشک شده را درون فک‌های دستگاه استحکام فشاری قرار دهید.
- ۴] دکمه شروع دستگاه را فشار دهید. پس از اعمال نیرو نمونه ماسه‌ای متلاشی می‌شود.
- ۵] مقدار نیروی اعمالی توسط دستگاه را بخوانید و ثبت کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

تعیین استحکام کششی تر

استحکام کششی تر برابر است با حداکثر تنش کششی که به یک نمونه ماسه (نمونه کششی تر ماسه‌ای استاندارد) در حالت مرطوب تا مرحله گسیختن وارد می‌شود. این استحکام بر حسب psi اندازه‌گیری می‌شود.

نکته

نمونه لازم برای استفاده در این آزمایش باید به شکل استوانه باشد. این نمونه با قرار گرفتن ماسه تر داخل یک لوله دو تکه و کوبش توسط کوبه استاندارد تهیه می‌شود.



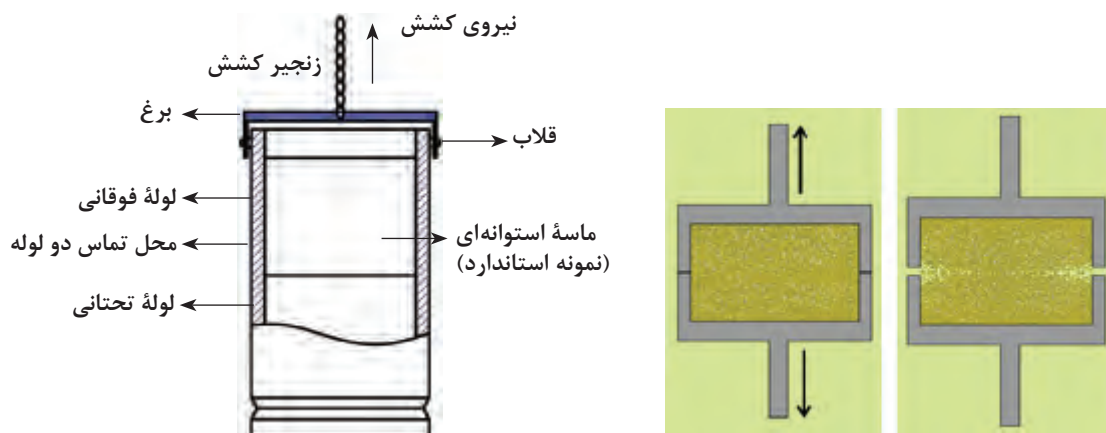
وسایل مورد نیاز

- ترازوی آزمایشگاهی
- استوانه استاندارد آماده‌سازی نمونه دو تکه
- دستگاه کوبه آزمایشگاهی
- دستگاه اندازه‌گیری استحکام ماسه

دستور کار انجام آزمایش

- ۱] ابتدا مقدار معینی ماسه داخل استوانه استاندارد دو تکه آزمایش استحکام کششی بریزید.
- ۲] استوانه استاندارد دو تکه را پایین کوبه استاندارد در محل خود قرار دهید و دستگیره کوبه را چرخانده و سه ضربه به ماسه وارد کنید.
- ۳] نمونه را همراه با استوانه استاندارد دو تکه مطابق شکل ۱۲ در دستگاه کشش قرار دهید، سپس با چرخاندن اهرم دستگاه یا فشردن کلید دستگاه از طریق دو فک دستگاه نمونه را تحت نیروی کششی قرار دهید تا نمونه از هم گسیخته شود و بشکند. (هنگام شکست و گسیخته شدن نمونه، دو استوانه مذکور در قسمت وسط از هم جدا می‌شوند).
- ۴] میزان تنش اندازه‌گیری شده توسط دستگاه نشان‌دهنده استحکام کششی تر است.

لازم به ذکر است در این آزمایش سرعت کشش بین ۵/۰ تا ۵ میلی‌متر بر دقیقه و معمولاً ۲ میلی‌متر بر دقیقه است.



شکل ۱۲- تعیین استحکام کششی تر ماسه

آزمایش تعیین استحکام کششی تر

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ مخلوط ماسه قالب‌گیری
- ۲ کوبه استاندارد آزمایشگاهی
- ۳ ترازوی کفه‌ای
- ۴ ترازوی دیجیتال
- ۵ دستگاه اندازه‌گیری استحکام ماسه
- ۶ استوانه استاندارد آماده‌سازی نمونه دو تکه

مراحل انجام کار

- ۱ مقدار ۱۰۰ گرم مخلوط ماسه آماده شده را مطابق فعالیت کارگاهی صفحه ۱۷ به وسیله ترازوی کفه‌ای وزن کرده و در داخل استوانه استاندارد دو تکه بریزید.
- ۲ قالب استاندارد استحکام کششی را در پایین کوبه استاندارد در محل مخصوص قرار دهید و با چرخاندن دسته کوبه ۳ ضربه به ماسه وارد کنید.
- ۳ سپس نمونه را به همراه استوانه استاندارد دو تکه در دستگاه کشش قرار دهید سپس دکمه شروع دستگاه را فشار داده و نمونه را تحت نیروی کششی قرار دهید تا نمونه از هم گسیخته و دچار شکست شود.
- ۴ میزان تنش اندازه‌گیری شده توسط دستگاه را بخوانید و ثبت کنید.

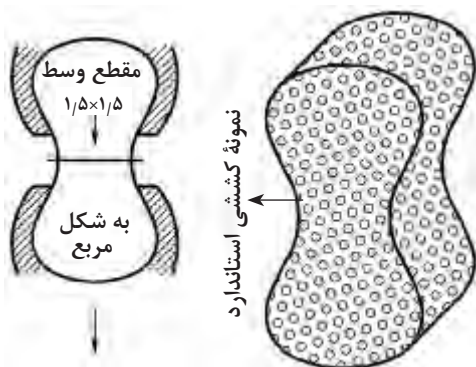
نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نشود.



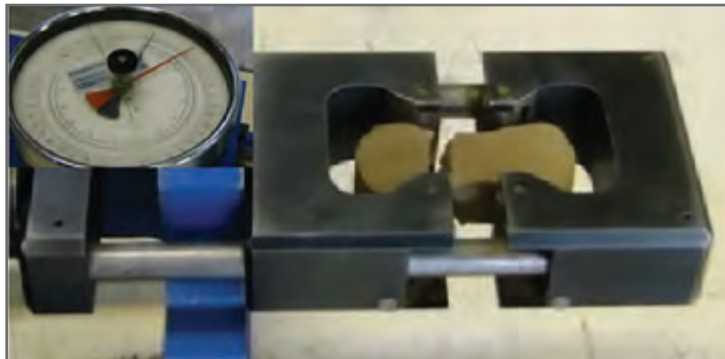
برای بررسی مقاومت به عیوب انبساطی، بررسی استحکام کششی تر بسیار مهم است. عیوب ناشی از انبساط در فصل مشترک فلز / ماسه و بلافاصله پس از ریخته‌گری به وجود می‌آید. استحکام قسمتی از ماسه که دارای غلظت آب بیشتر می‌باشد استحکام کششی تر نامیده می‌شود. وجود خاک فعال بیشتر به خصوص بنتونیت باعث به وجود آمدن استحکام بیشتر لایه‌تر و همچنین افزایش پلاستیسیته بیشتر لایه خشک خواهد شد. استحکام کششی تر همچنین اطلاعات خوبی در زمینه کیفیت بنتونیت مورد استفاده به ما می‌دهد. به طور کلی استحکام مخلوط ماسه‌تر برای کشش کم است. بنابراین برای تعیین استحکام کششی مخلوط‌های ماسه که استحکام زیادی دارند از روش تعیین استحکام ماهیچه‌های پخته شده استفاده می‌کنند. استحکام کششی ماسه‌های تر حدود ۱ تا ۶ پوند بر اینچ مربع یا ۶/۹ تا ۴۱/۵ کیلو پاسکال است که بستگی به ترکیب و نوع ماسه دارد.

تعیین استحکام کششی خشک



شکل ۱۳- نمونه استاندارد کششی و نیروهای وارد بر آن

استحکام کششی خشک برابر است با حداکثر تنش کششی که یک نمونه استاندارد ماسه خشک می‌تواند بدون گسیختگی تحمل کند. این استحکام بر حسب پوند بر اینچ مربع (psi) اندازه‌گیری می‌شود. چنین نمونه‌ای تحت کوبش لازم قرار می‌گیرد و به شکل استاندارد آماده شده و سپس در داخل کوره خشک‌کن تا دمای معینی خشک می‌شود. جهت تهیه نمونه استاندارد استحکام کششی خشک ماسه از یک جعبه ماهیچه فلزی استفاده می‌شود. در شکل ۱۳ ابعاد استاندارد و نیروهای وارد بر نمونه استحکام کششی خشک ماسه نشان داده شده است.



شکل ۱۴



آزمایش تعیین استحکام کششی خشک

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱. مخلوط ماسه قالب گیری
۲. کوبه استاندارد آزمایشگاهی
۳. ترازوی کفه ای
۴. ترازوی دیجیتالی
۵. دستگاه یونیورسال اندازه گیری استحکام ماسه به همراه فک های آزمایش کشش
۶. دستگاه خشک کن (آون)
۷. جعبه ماهیچه نمونه فلزی

مراحل انجام کار

۱. مقدار ۱۰۰ گرم مخلوط ماسه آماده شده مطابق فعالیت کارگاهی صفحه ۱۷ را به وسیله ترازوی کفه ای وزن کرده و داخل جعبه ماهیچه نمونه فلزی بریزید.
۲. جعبه ماهیچه نمونه فلزی را زیر کوبه استاندارد در محل مخصوص قرار دهید و سپس با استفاده از دستگاه کوبه استاندارد ۳ ضربه با چرخاندن دسته کوبه به ماسه تحت کوبش وارد کرده و سپس ماسه فشرده می شود.
۳. نمونه آماده شده از جعبه را خارج کرده و در داخل خشک کن قرار دهید و نمونه را به مدت زمان ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس حرارت دهید. پس از سپری شدن زمان نمونه ها را از خشک کن خارج کرده و صبر کنید تا نمونه ها سرد شوند.
۴. فک های مربوط به کشش را بر روی دستگاه قرار دهید، سپس نمونه را در بین فک ها گذاشته و دکمه شروع دستگاه را فشار داده تا عمل کشش انجام شود.
۵. نمونه تحت نیروی کششی قرار می گیرد تا جایی که دچار گسیختگی و شکست شود.
۶. میزان تنش اندازه گیری شده توسط دستگاه را خوانده و یادداشت کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

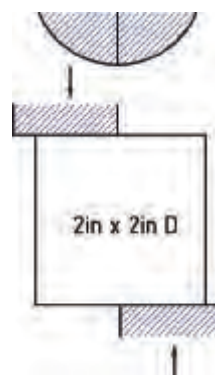
کلیه عوامل مؤثر بر استحکام مخلوط ماسه قالب گیری مخصوصاً میزان خاک رس، بر روی استحکام کششی خشک تأثیرگذار هستند. به طوری که با افزایش میزان درصد خاک رس از ۱۰٪ به ۱۶٪ استحکام کششی خشک آن حدود ۱۱۰٪ افزایش می یابد در حالی که استحکام کششی تر حدود ۱۶٪ افزایش خواهد داشت.



به نظر شما چه عواملی می تواند روی استحکام کششی خشک تأثیرگذار باشد؟ بحث و گفت و گو کنید.

تعیین استحکام برشی ماسه

استحکام برشی ماسه عبارت است از حداکثر تنش برشی که یک نمونه استاندارد می تواند تا مرحله برش و گسیختگی تحمل کند. آزمایش استحکام برشی به دو صورت تر و خشک انجام می شود. لازم به توضیح است که نمونه استاندارد با قطر و ارتفاع ۲ اینچ و فک های مورد استفاده در این آزمایش تخت و صاف نیست بلکه بر روی هر یک از فک ها یک پله وجود دارد همانند شکل (۱۵).



شکل ۱۵

تعیین استحکام برشی تر ماسه

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ استوانه استاندارد آماده‌سازی نمونه
- ۲ دستگاه کوبه آزمایشگاهی
- ۳ دستگاه یونیورسال اندازه‌گیری استحکام ماسه
- ۴ صفحه فلزی صاف
- ۵ ترازوی دیجیتال
- ۶ ترازوی کفه‌ای

مراحل انجام کار

- ۱ مقدار ۱۵۰ گرم مخلوط ماسه آماده شده را توسط ترازوی کفه‌ای وزن کنید و در داخل استوانه‌ای ریخته و ۳ ضربه توسط کوبه استاندارد را بر آن وارد کنید تا نمونه استوانه‌ای به دست آید.
- ۲ ابعاد نمونه استاندارد باید $2\text{in} \times 2\text{in}$ باشد، فک‌های استحکام برشی ماسه را بر روی دستگاه ببندید و نمونه آماده شده را در بین ۲ فک قرار دهید.
- ۳ دکمه شروع به کار را فشار داده و نمونه را تحت آزمایش استحکام برشی قرار دهید. پس از گسیختگی و شکست نمونه مقدار نیروی اعمالی توسط دستگاه را خوانده و ثبت کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

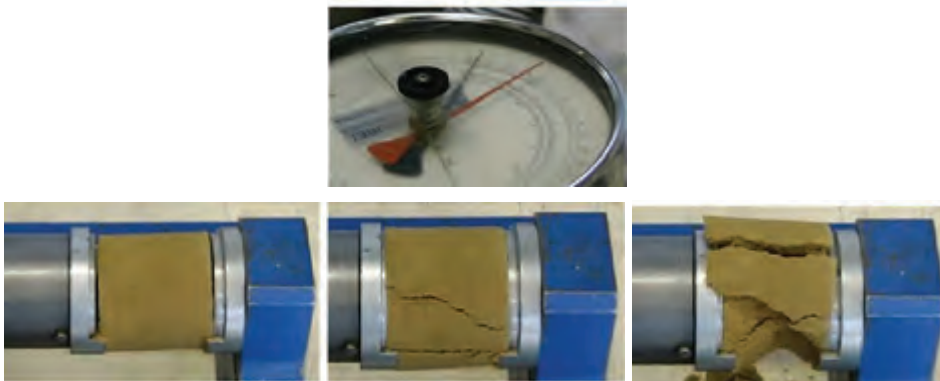
فعالیت
کارگاهی



نکته

توجه داشته باشید که سرعت عمل نیروی برش توسط دستگاه باید بین ۱۹ تا ۲۹ psi در دقیقه باشد.





شکل ۱۶

تعیین استحکام برشی خشک ماسه

مواد و وسایل مورد نیاز :

- ۱] مخلوط ماسه قالب‌گیری
- ۲] کوبه استاندارد آزمایشگاهی
- ۳] ترازوی کفه‌ای
- ۴] ترازوی دیجیتالی
- ۵] دستگاه یونیورسال اندازه‌گیری استحکام ماسه به همراه فک‌های آزمایش کشش
- ۶] دستگاه خشک کن (آون)

مراحل انجام کار

۱] ۱۵۰ گرم مخلوط ماسه آماده شده مطابق فعالیت کارگاهی صفحه ۱۷ را با استفاده از ترازوی کفه‌ای وزن کنید و در داخل استوانه‌ای ریخته و ۳ ضربه توسط کوبه استاندارد را بر آن وارد کنید تا نمونه استوانه‌ای به دست آید.

۲] ابعاد نمونه استاندارد باید $2\text{in} \times 2\text{in}$ باشد، فک‌های استحکام برشی ماسه را بر روی دستگاه ببندید.

۳] نمونه را به مدت زمان ۲ ساعت در دمای 105°C درجه سلسیوس در داخل خشک‌کن قرار دهید و پس از سپری شدن زمان، نمونه را از خشک‌کن خارج کرده و پس از سرد شدن بین دو فک قرار دهید.

۴] دکمه شروع به کار دستگاه را فشار دهید. پس از گسیختگی و شکست نمونه مقدار نیروی اعمالی توسط دستگاه را خوانده و ثبت کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

به‌طور کلی اکثر عوامل تأثیرگذار بر استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری مانند اندازه ذرات ماسه، میزان خاک رس و رطوبت بر استحکام برشی تر و خشک نیز تأثیر گذار هستند.

لازم به ذکر است که استحکام برشی تر ماسه در حدود $1/5$ تا 7 psi است. همچنین نسبت استحکام برشی خشک به استحکام فشاری خشک کمیتی است که در تهیه و آماده‌سازی ماسه ریخته‌گری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، به‌طوری که اگر این نسبت از حد معینی کمتر باشد نشان‌دهنده آماده نبودن و به‌عمل نیامدن ماسه است و اگر بیش از حد معین باشد، نشانگر بالا بودن درصد مواد افزودنی به ماسه است.





تعیین استحکام برشی تر و خشک

هرگروه با رعایت نکات ایمنی از مخلوط ماسه مورد استفاده در کارگاه ریخته‌گری نمونه‌برداری کرده و سپس آزمایش را مطابق دستور کار آن انجام داده و نتیجه را به‌صورت گزارش کار ارائه دهید.

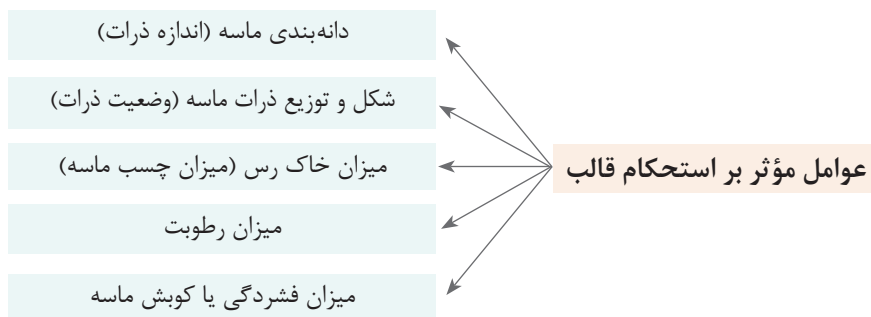
چه عواملی می‌تواند بر روی استحکام برشی تر و خشک ماسه تأثیرگذار باشد؟ بحث و گفت‌وگو کنید.

تعیین استحکام قالب



الف) دیجیتالی
ب) عقربه‌ای
شکل ۱۷- دو نوع استحکام‌سنج

استحکام قالب عبارت است از میزان فشاری که سطوح قالب بدون تخریب می‌تواند تحمل کند. یا به عبارتی میزان باری که سطح یک قالب به هنگام اعمال بار ناشی از یک نفوذ سنج فنری می‌تواند تحمل کند. وسیله‌ای که برای اندازه‌گیری استحکام قالب به کار می‌رود در شکل ۱۷ نشان داده شده است. واحد اندازه‌گیری استحکام در این وسیله برحسب PSI می‌باشد. به کمک این وسیله می‌توان یکنواختی، فشردگی و استحکام قالب را در نقاط، سطوح و دیواره‌های قالب کنترل کرد.



توجه داشته باشید که برای اطمینان از یکنواختی، استحکام و فشردگی قالب در نقاط، سطوح و دیواره‌های آن این آزمایش را بر روی قسمت‌های مختلف قالب انجام دهید. شکل ۱۸ نحوه اندازه‌گیری استحکام قالب، با استحکام‌سنج عقربه‌ای و دیجیتالی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸- نحوه اندازه‌گیری استحکام قالب با استحکام‌سنج عقربه‌ای و دیجیتالی



آزمایش تعیین استحکام قالب

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ مخلوط ماسه قالب گیری
- ۲ تجهیزات قالب گیری
- ۳ مدل یک تکه ساده
- ۴ درجه
- ۵ دستگاه استحکام سنج قالب ماسه ای

مراحل انجام کار

- ۱ ابتدا مدل یک تکه را با رعایت کلیه اصول قالب گیری کنید.
- ۲ دستگاه استحکام سنج قالب را در چند نقطه به صورت عمودی بر روی قالب آماده شده قرار دهید.
- ۳ پس از بررسی تماس صحیح فرو رونده با سطح قالب، مقداری بار به دستگاه استحکام سنج قالب ماسه ای وارد کنید و مقدار استحکام قالب را از روی صفحه مدرج دستگاه و یا نمایشگر دیجیتالی خوانده و ثبت کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

افزایش مقدار کوبش و در نتیجه بالا رفتن میزان فشردگی مخلوط ماسه، باعث افزایش استحکام می شود. اگر میزان فشردگی ثابت باشد، افزایش مقدار خاک رس باعث بالا رفتن استحکام خواهد شد. استحکام فشاری تر و خشک یک قالب بستگی به شرایط قالب گیری از جمله میزان کوبش و مقدار رطوبت دارد همچنین با افزایش میزان کوبش، استحکام فشاری تر و خشک قالب افزایش می یابد و با افزایش درصد رطوبت میزان استحکام فشاری خشک قالب بالا رفته ولی استحکام فشاری تر کاهش می یابد. به طور کلی نتایج حاصل از این آزمایش برای تعیین استحکام و یکنواختی سطوح قالب به کار می رود که نقش مهمی در سالم بودن قطعات ریختگی دارد.



تأثیر میزان چسب بنتونیت بر استحکام قالب

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ مخلوط ماسه قالب گیری
- ۲ ابزار آلات قالب گیری
- ۳ مدل یک تکه ساده
- ۴ درجه
- ۵ دستگاه استحکام سنج قالب ماسه ای

مراحل انجام کار

- ۱ ماسه قالب گیری با ۵/۲، ۵/۵ و ۷/۵ درصد چسب بنتونیت را آماده کنید.
- ۲ از هر کدام از مخلوط های ماسه یک درجه قالب گیری کنید.
- ۳ استحکام ۴ قالب را اندازه گیری کنید و مقدار به دست آمده را یادداشت کنید.
- ۴ نتایج به دست آمده را بر روی یک نمودار که محور عمودی آن استحکام قالب و محور افقی آن درصد چسب بنتونیت است یادداشت کنید.
- ۵ نتایج به دست آمده را بر روی نمودار رسم کرده و نتایج را با نمودار بررسی کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

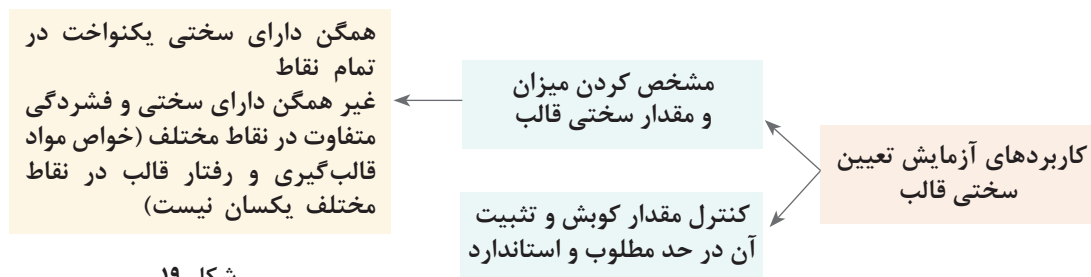
گفت‌وگو کنید



در مورد عوامل تأثیرگذار بر استحکام قالب بحث و گفت‌وگو کنید و پاسخ تحلیلی خود را به همراه گزارش کار به هنرآموز تحویل دهید.

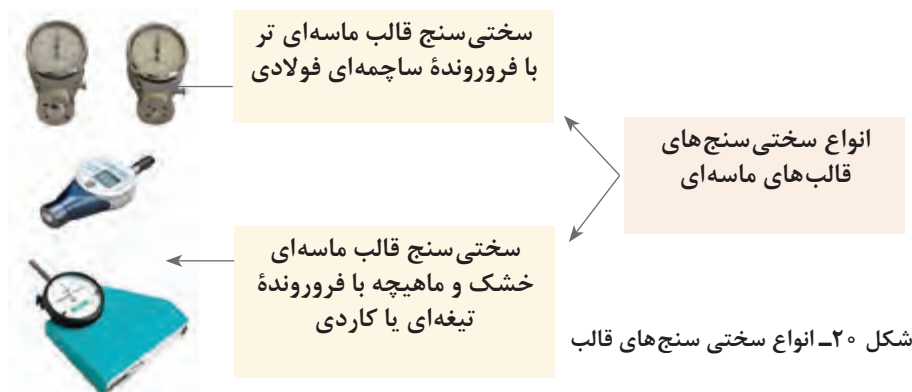
تعیین سختی قالب

سختی سطح قالب عبارت است از مقاومت سطح قالب در برابر نفوذ یک فرورونده فولادی (ساچمه یا تیغه کاردی) قابل تحرک و هر قدر مقاومت این سطح در برابر نفوذ قسمت فرورونده بیشتر باشد، سختی آن بالاتر است. در نمودار شکل ۱۹ زیر کاربردهای آزمایش تعیین سختی قالب نشان داده شده است.



شکل ۱۹

سختی سنجی قالب‌های ماسه‌ای بسته به نوع قالب، از سختی سنج‌های مختلفی استفاده می‌شود که در دو نوع عقربه‌ای و دیجیتالی هستند که در نمودار شکل ۲۰ انواع این سختی‌سنج‌ها نشان داده شده است.



شکل ۲۰- انواع سختی‌سنج‌های قالب

مقیاس سختی سنج‌های قالب به صورتی است که هر یک واحد آن معادل یک هزارم اینچ فرورفتگی و هر یک واحد یا یک هزارم اینچ فرورفتگی معادل یک واحد سختی قالب است. این مقیاس در محدوده صفر تا ۱۰۰ مدرج شده است که هر واحد معادل یک واحد سختی برای قالب است.

لازم به ذکر است که برای تعیین سختی سطح قالب های ماسه ای تر عموماً دو نوع وسیله سختی سنجی به کار می رود که مشخصات آنها به شرح زیر است:



سختی سنج مقیاس (B)

سختی سنجی براساس مقیاس (B)

- مقیاس مدرج (محدوده سختی) از صفر تا ۱۰۰
- فرورونده گلوله فولادی به قطر ۷/۱۲ میلی متر (۵/۰)
- حداکثر بار نهایی اعمال شده به فرورونده معادل ۹۸۰ گرم است.
- در این مقیاس سختی سنجی اگر قالب هیچگونه مقاومتی در برابر نفوذ نداشته باشد، عدد صفر بر روی مقیاس ظاهر می شود و در صورتی که قالب مقاومت کامل در برابر نفوذ داشته باشد، عدد ۱۰۰ از روی مقیاس مدرج خوانده می شود.



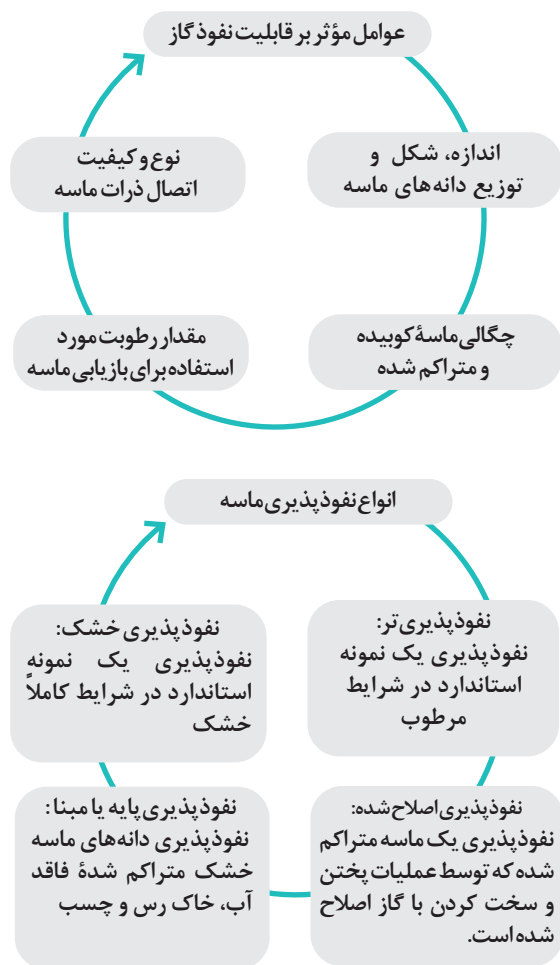
سختی سنج مقیاس (C)

سختی سنجی براساس مقیاس (C)

- مقیاس مدرج (محدوده سختی) از ۶۵ تا ۱۰۰
- فرورونده مخروطی شکل فولادی.
- حداکثر بار نهایی اعمال شده به فرورونده معادل ۱۵۰۰ گرم می باشد.
- این وسیله برای سختی سنجی دقیق قالب هایی که به روش قالب گیری تحت فشار بالا آماده شده اند به کار می رود. در حقیقت سختی سنجی با این مقیاس برای آزمایش قالب های ماسه ای تر که سختی بالای ۸۵ دارند مناسب است.

بسیاری از خصوصیات مخلوط های ماسه قالب گیری با یکدیگر ارتباط دارند. به عنوان مثال افزایش برخی از خواص باعث کاهش خاصیت دیگر می شود و یا افزایش برخی از خصوصیات باعث افزایش خاصیت دیگر می شود به عنوان مثال استحکام فشاری تر مخلوط قالب گیری با مقدار سختی آن رابطه مستقیم دارد. هر قدر سختی مخلوط ماسه قالب گیری بیشتر شود استحکام آن نیز افزایش می یابد و بالعکس.

اندازه گیری قابلیت نفوذ گاز



نفوذپذیری میزان عبور گازها از میان فضای متخلخل ماسه قالب گیری است. مقدار هواکشی و عبور گاز یک قالب ماسه ای به این کیفیت بستگی دارد. قابلیت نفوذپذیری از طریق تعیین سرعت جریان هوا تحت یک فشار استاندارد از میان یک نمونه استاندارد اندازه گیری می شود. یکی از عوامل مهم در تولید قطعات ریختگی سالم قابلیت نفوذ گاز ماسه یا نفوذپذیری ماسه است. بنابراین کنترل و تعیین قابلیت نفوذ گاز می تواند نتایج بسیار مفیدی برای کیفیت قطعات ریختگی داشته باشد.

به طور کلی برای تعیین قابلیت نفوذ گاز، معمولاً سرعت خروج هوا از یک نمونه ماسه ای را بر حسب سانتی متر مکعب در دقیقه در زمان معین و تحت فشار ثابت اندازه گیری می کنند. این سرعت در واقع می تواند مشخص کننده توانایی خروج گاز از ماسه باشد.

در روش آزمایش استاندارد، حجم هوایی (بر حسب CC) که در مدت یک دقیقه با فشار یک گرم نیرو بر سانتی متر مربع (۱۰ سی سی آب) از درون یک نمونه ماسه ای به ارتفاع یک سانتی متر و سطح مقطع یک سانتی متر مربع عبور می کند را اندازه گیری می کنند.

بنابراین اگر حجم هوای عبوری V ، ارتفاع نمونه ماسه ای (استوانه استاندارد) H ، سطح مقطع نمونه A ، فشار وارد بر هوای عبوری P و مدت زمان عبور هوا T (دقیقه) باشد، در این صورت قابلیت نفوذ گاز در این ماسه (K) ، با H و V نسبت مستقیم، ولی با A ، P و T نسبت معکوس دارد. به عبارت ریاضی می توان نوشت:

$$K = \frac{V.H}{P.A.T}$$

در استاندارد AFS با در نظر گرفتن مقادیر استاندارد، می توان رابطه اخیر را به صورت زیر ساده کرد:
چون قطر و ارتفاع استوانه استاندارد نمونه برابر ۲ اینچ است بنابراین خواهیم داشت:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \times (2 \times 2.54)^2}{4} = 20.68 \text{ cm}^2 \quad \text{سطح مقطع استوانه نمونه}$$

$$H = 2 \times 2.54 = 5.08 \text{ cm} \quad \text{ارتفاع استوانه نمونه}$$

از طرفی مطابق استاندارد مذکور، V برابر است با ۱۲۲ اینچ مکعب و فشار هوای عبوری نیز برابر:

$$P = 10 \text{ cmHgO}$$

و زمان عبور هوا بر حسب ثانیه است به این ترتیب می توان نوشت:

$$V = 122 \text{ in}^3 = 122 \times (2.54)^3 = 1999.22 \text{ cm}^3 = 2000 \text{ cm}^3 (2 \text{ lit}) \quad \text{حجم هوای عبوری از ماسه}$$

اگر T بر حسب دقیقه منظور شود مقدار K (قابلیت نفوذ گاز ماسه) چنین است:

$$K = \frac{V.H}{P.A.T} = \frac{2000 \times 5.08}{10 \times 20.68 \times T} = \frac{50.12}{T} \quad \text{حجم هوای عبوری از ماسه}$$

چنانچه T بر حسب ثانیه بیان شود رابطه K چنین است:

$$K = \frac{50.12}{T} \times 60 = K = \frac{3007.2}{T}$$

همان طور که ملاحظه می شود قابلیت نفوذ گاز تابعی است از زمان T ، بنابراین در دستگاه تعیین قابلیت نفوذ گاز صفحه اندازه گیری بر حسب معکوس زمان T در مقدار ثابت 3007.2 (مطابق استاندارد AFS) مدرج شده است. بنابراین پس از قرار دادن نمونه استاندارد در دستگاه قابلیت نفوذ گاز، زمان لازم و عدد قابلیت نفوذ گاز در ماسه به صورت خودکار روی دستگاه خوانده می شود.



شکل ۲۱- دستگاه تعیین نفوذ گاز ماسه

یادآوری می شود که هرچه زمان T کمتر باشد، به این مفهوم است که حجم گاز عبوری در شرایط استاندارد آزمایش بیشتر است، به عبارت دیگر قابلیت نفوذ گاز از ماسه بیشتر است.

در شکل ۲۱ نمونه ای از دستگاه تعیین قابلیت نفوذ گاز ماسه نشان داده شده است.



آزمایش تعیین قابلیت نفوذ گاز ماسه

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ مخلوط ماسه قالب گیری
- ۲ کوبه استاندارد آزمایشگاهی
- ۳ ترازوی کفه‌ای
- ۴ ترازوی دیجیتالی
- ۵ دستگاه تعیین قابلیت نفوذ گاز ماسه

مراحل انجام کار

۱ ۱۵۰ گرم مخلوط ماسه آماده شده مطابق فعالیت کارگاهی صفحه ۱۷ را توسط ترازوی کفه‌ای وزن کنید و داخل ظرف استوانه بریزید و ۳ ضربه توسط کوبه استاندارد به آن وارد کنید تا نمونه استاندارد استوانه‌ای ساخته شود.

۲ نمونه آماده شده را همراه با قالب استوانه‌ای فلزی روی دستگاه تعیین قابلیت نفوذ گاز قرار دهید.

۳ دستگاه را مطابق با دستورالعمل آن روشن کنید و پس از گذشت مدت زمان مشخص قابلیت نفوذ گاز را از روی دستگاه خوانده و ثبت کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

ماسه‌هایی که دانه‌های درشت‌تری دارند، فضای خالی مابین ذرات آنها بیشتر است و نفوذپذیری آنها از ماسه‌هایی با دانه‌های ریز بیشتر خواهد بود. علاوه بر اندازه متوسط دانه‌ها، توزیع اندازه دانه‌ها نیز اثر قطعی بر نفوذپذیری دارد. هر قدر اندازه دانه‌ها کمتر باشد و یا به عبارت دیگر عدد ریزی ماسه بیشتر باشد، فضای خالی مابین دانه‌ها کاهش پیدا می‌کند و نفوذپذیری و قابلیت عبور گاز کمتر می‌شود. نفوذپذیری قالب گذشته از عوامل دیگر به میزان تراکم سازی یا فشردگی بستگی دارد. اگرچه افزایش فشردگی قالب مقدار استحکام فشاری و سختی آن را بالا می‌برد ولی قابلیت عبور گاز و نفوذپذیری کاهش پیدا می‌کند.



- ۱ عوامل تأثیرگذار بر روی قابلیت نفوذ گاز را نام برده و در مورد هر کدام بحث و گفت‌وگو کنید.
- ۲ به نظر شما پایین بودن میزان قابلیت نفوذ گاز ماسه ممکن است باعث بروز چه عیوبی در قطعات ریختگی شود؟

ارزشیابی واحد یادگیری ۲: تعیین خواص مخلوط ماسه قالب گیری

شرح کار:

ابتدا مخلوط ماسه تر قالب گیری را آماده کنید، سپس پس از وزن مقدار استاندارد ماسه و ریختن ماسه آماده شده در کوبه استاندارد، نمونه استاندارد استحکام فشاری را آماده کنید، پس از انجام آزمون، استحکام فشاری تر ماسه را اندازه گیری کنید.

استاندارد عملکرد: اندازه گیری استحکام فشاری تر مخلوط ماسه تر

شاخص ها:

- ۱- آماده سازی ماسه
- ۲- تهیه نمونه استاندارد
- ۳- انجام استحکام فشاری تر

شرایط انجام کار:

- ۱- محیط کارگاهی
 - ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
 - ۳- تهویه استاندارد و دمای $20^{\circ}\text{C} \pm 3$
 - ۴- اندازه ها براساس استاندارد
 - ۵- وسایل ایمنی استاندارد
 - ۶- ابزار و تجهیزات استاندارد
- مواد و تجهیزات مورد نیاز:** ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب بنتونیت، آب پاش، بیل ریخته گری، سرنده، سرنده برقی، ترازوی کفه ای، دستگاه کوبه استاندارد، دستگاه استحکام فشاری تر

معیار شایستگی:

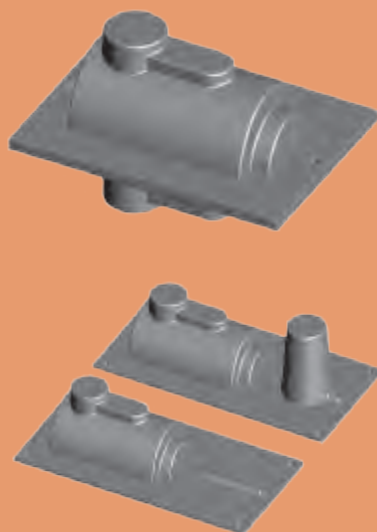
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی مخلوط ماسه تر	۱	
۲	تهیه نمونه استاندارد استحکام فشاری تر	۱	
۳	انجام آزمون استحکام فشاری تر	۲	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳- تمیز کردن محیط کارگاه و آزمایشگاه ۴- رعایت دقت و نظم		
	میانگین نمرات **		

* شایستگی های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و نمره مستمر است.
 ** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.



پودمان دوم

قالب‌گیری ماسه‌تر



پس از ساخت مخلوط ماسه قالب‌گیری، مرحله بعد ساخت قالب ماسه‌ای است. برای ساخت قالب ماسه‌ای از مدل، درجه و ابزار قالب‌گیری استفاده می‌شود. مدل، قطعه‌ای چوبی یا فلزی به شکل قطعه نهایی با ابعاد کمی بزرگ‌تر است. مدل درون درجه روی صفحه زیر درجه قرار داده می‌شود، سپس مخلوط ماسه قالب‌گیری روی آن ریخته شده و با استفاده از ابزار قالب‌گیری ماسه اطراف مدل متراکم می‌گردد. پس از ایجاد کانال عبور مذاب، جهت هدایت مذاب به داخل محفظه قالب، مدل از ماسه متراکم شده خارج و قالب ایجاد می‌گردد که پس از ریختن مذاب و انجماد آن قطعه نهایی حاصل می‌گردد.

واحد یادگیری ۱ : قالب گیری مدل های یک تکه و چندتکه

برای ریخته گری قطعه در قالب ماسه ای تر لازم است ابتدا قالب با استفاده از مخلوط ماسه تر، مدل، درجه و ابزار مربوطه ساخته شود. در این واحد یادگیری، ابتدا انواع مدل و ابزار و تجهیزات قالب گیری، معرفی و مشخصات و کاربرد آنها توضیح داده می شود. سپس روش های قالب گیری درجه های زیرین و رویی و اجزا و نحوه تعبیه سیستم راهگاهی و نحوه خارج کردن مدل و خشک و جفت کردن قالب توضیح داده شده و به صورت عملی انجام داده خواهد شد.

استاندارد عملکرد

تهیه قالب ماسه ای تر با استفاده از درجه، مخلوط ماسه، ابزار قالب گیری، مدل براساس استانداردها و دستورالعمل های مربوطه

به قطعات نام‌برده در جدول زیر توجه کنید:

دریچه آب	بست داربست	سیلندر خودرو	قابلمه چدنی	شیر آب آتش نشانی
پره رادیاتور	شیر آب معمولی	رینگ	دستگیره در	میل لنگ

- در بین قطعات ریختگی در جدول بالا، کدام یک در قالب ماسه‌ای تولید شده‌اند، آنها را نام ببرید؟

به صورت گروهی و با راهنمایی هنرآموز مزایا و محدودیت‌های قالب ماسه‌ای را در جدول زیر تکمیل کنید.

گفت‌وگو کنید



نوع قالب	قابلیت ریخته‌گری انواع فلز	قابلیت تولید قطعات بزرگ یا کوچک	قابلیت تولید تعداد قطعات زیاد یا کم	سهولت تولید	هزینه ساخت قالب	قابلیت تولید قطعات پیچیده	قابلیت انعطاف زیاد	نیاز به خشک کردن عمقی	دقت ابعادی خوب
ماسه‌ای تر	☐ دارد ☐ ندارد	☐ دارد ☐ ندارد	☐ دارد ☐ ندارد	☐ دارد ☐ ندارد	☐ پایین ☐ بالا	☐ دارد ☐ ندارد	☐ دارد ☐ ندارد	☐ دارد ☐ ندارد	☐ دارد ☐ ندارد

نوع قالب	عیوب سطحی قطعه‌های ریختگی	دقت ابعادی با افزایش وزن قطعه	استحکام قالب جهت تولید قطعه‌های بسیار بزرگ	شسته شدن برآمدگی‌های نازک و طویل توسط مذاب	صافی سطح	ترک خوردن قالب
ماسه‌ای تر	☐ کم ☐ زیاد	☐ کم ☐ زیاد	☐ دارد ☐ ندارد	☐ کم ☐ زیاد	☐ کم ☐ زیاد	☐ دارد ☐ ندارد

همان گونه که ملاحظه می‌شود بسیاری از قطعات ریختگی به روش ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای تر ساخته می‌شوند. همچنین کلیه آلیاژهای آهنی و غیرآهنی را می‌توان به این روش تولید نمود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ریخته‌گری در قالب‌های ماسه‌ای تر بیشترین کاربرد را در میان روش‌های ریخته‌گری در قالب‌های موقت دارد.

- چگونه می‌توان قالب ماسه‌ای تهیه کرد؟

- آیا می‌توان با استفاده از ابزار دستی، شکل قطعه را در ماسه ایجاد کرد؟

- اگر شکل قطعه پیچیده باشد چگونه؟

- آیا می‌توان به صورت ماشینی (اتوماتیک) شکل قطعه را در ماسه ایجاد کرد؟

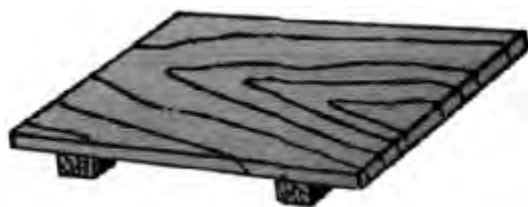
ابزار و تجهیزات قالب‌گیری

۱ درجه

کوبیدن ماسه و قالب‌گیری، در داخل درجه انجام می‌گیرد و وظیفه آن حفظ و نگهداری ماسه است. درجه به شکل قاب است و از جنس چوب، آلومینیوم و فولاد ساخته می‌شود و معمولاً از دو لنگه «تا» زیری و رویی تشکیل شده است. این لنگه‌ها، به وسیله دو یا چند میله به نام «پین» با یکدیگر جفت می‌شوند. درجه‌ها در اشکال و ابعاد گوناگون وجود دارند که چند نوع آن در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱



شکل ۲

۲ صفحه زیر درجه‌ای

از این صفحه، برای قراردادن درجه بر روی آن استفاده می‌شود و هنگام قالب‌گیری، سبب ایجاد سطح صاف در ماسه می‌شود. جنس آن چوبی و یا فلزی است و ابعاد آن کمی بزرگ‌تر از ابعاد درجه است (شکل ۲).



شکل ۳

۳ کوبه

از این ابزار، برای کوبیدن و فشرده کردن ماسه استفاده می‌شود. که دارای دو سر، تخت و گوه‌ای شکل است و از جنس چوب سخت، آلومینیوم یا فولاد ساخته می‌شود (شکل ۳).

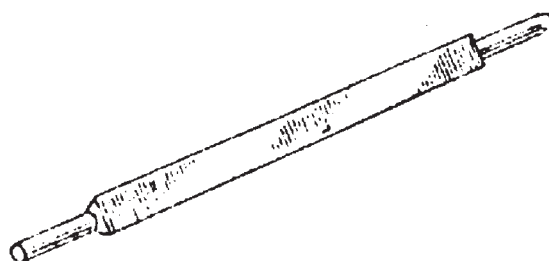
برای کوبیدن ماسه در حجم زیاد، از کوبه‌های بادی استفاده می‌شود. شکل ۴ چند نوع را نشان می‌دهد.

۴ کارد تسمه

از این وسیله، برای تراشیدن ماسه‌های اضافی پشت درجه و صاف کردن سطح ماسه، استفاده می‌شود. در برخی از کارگاه‌ها کارد تسمه، از یک منشور مثلث‌القاعده با دو دسته در طرفین آن ساخته شده است. طول منشور، کمی بزرگ‌تر از عرض درجه است (شکل ۵).



شکل ۴



شکل ۵

پودمان دوم: قالب‌گیری ماسه تر



شکل ۶



شکل ۷

۵ بُرس: وسیله‌ای برای زدودن و تمیز کردن ماسه‌های ریخته شده در اطراف درجه و میز کار است (شکل ۶).

۶ قلم آب: برای خارج کردن مدل، ماسه‌های اطراف آن را با قلم آب خیس می‌کنند. این عمل، از خرد شدن و فرو ریختن لبه‌های محفظه قالب جلوگیری می‌کند (شکل ۷).

– برای ریختن ماسه داخل درجه حتماً از بیل یا بیلچه استفاده شود.

نکات ایمنی



شکل ۸

مراحل کوبیدن ماسه

مرحله ۱: تای‌زیرین درجه را روی صفحه زیر درجه قرار دهید (شکل ۸).



شکل ۹

مرحله ۲: ماسه آماده شده را به وسیله بیلچه، داخل درجه بریزید به طوری که نیمی از درجه پر شود (شکل ۹).



شکل ۱۰



شکل ۱۱



شکل ۱۲

■ **مرحله ۳:** کوبه را از طرف گوه‌ای شکل طوری در دست بگیرید که با خط قائم زاویه‌ای حدود 15° بسازد. - عمل کوبیدن ماسه را از کنار دیواره درجه و در جهت حرکت عقربه‌های ساعت شروع کرده و تا وسط درجه ادامه دهید (شکل ۱۰).

دقت شود عمل کوبیدن در تمام سطح به طور یکنواخت انجام گیرد، به طوری که فشردگی ماسه در همه جا یکسان باشد.

توجه



■ **مرحله ۴:** پس از کوبیدن کامل، برای بار دوم مقداری ماسه به درجه اضافه کنید، به طوری که درجه کاملاً پر شود. - عمل کوبیدن را مانند مرحله قبل، با طرف گوه‌ای شکل ادامه دهید (شکل ۱۱).

■ **مرحله ۵:** برای بار سوم مقداری ماسه به درجه اضافه کنید، به طوری که مقدار ماسه اضافه شده حدوداً چند سانتی‌متر از لبه درجه بالاتر باشد. - کوبه را از طرف سرتخت به طور عمودی در دست بگیرید. - عمل کوبیدن را مانند مراحل قبل انجام دهید (کف کوبی) (شکل ۱۲).

پس از کوبیدن به وسیله سرتخت کوبه، نباید دوباره ماسه اضافه گردد، زیرا ماسه‌ها به هم نمی‌چسبند و عمل کوبیدن در اکثر درجه‌ها در ۳ مرحله انجام می‌شود.

توجه



■ **مرحله ۶:** پس از کوبیدن نهایی کف کوبی، ماسه‌های اضافه روی درجه را به وسیله کارد تسمه بتراشید تا سطح ماسه کاملاً صاف شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳

مرحله ۷: قالب (درجه همراه با ماسه) را برگردانید.

– مقدار فشردگی ماسه در نقاط مختلف را با استفاده از دستگاه سختی‌سنج ماسه اندازه‌گیری کنید (شکل ۱۴).

در صورت نبودن سختی‌سنج ماسه، مقدار فشردگی ماسه را به صورت تجربی با فشار دادن انگشت روی ماسه تست نمایید.
اگر میزان فرورفتگی اثر انگشت در تمام سطح به یک اندازه باشد، یکنواختی در کوبش را نشان می‌دهد.

توجه



شکل ۱۵



شکل ۱۴

تعیین مقدار فشردگی قالب

مواد و وسایل مورد نیاز:

- | | |
|-------------------------|------------------------------------|
| ۱] مخلوط ماسه قالب‌گیری | ۲] تجهیزات قالب‌گیری |
| ۳] درجه | ۴] صفحه زیر درجه |
| ۵] کوبه | ۶] دستگاه استحکام سنج قالب ماسه‌ای |

مراحل انجام کار

- ۱] ابتدا صفحه زیر درجه را تمیز کرده و لنگه زیرین درجه را تمیز کنید.
- ۲] سپس لنگه زیرین درجه را بر روی زیر درجه قرار دهید (دقت کنید قسمت مادگی محلی که پین‌های درجه داخل آن قرار می‌گیرد را بر روی صفحه زیر درجه قرار دهید).
- ۳] ماسه را داخل درجه ریخته و به ترتیبی که گفته شد عمل کوبش را انجام دهید.
- ۴] پس از کوبیدن درجه در ۲ مرحله، در مرحله سوم عمل کف کوبی را با انتهای کوبه انجام دهید.
- ۵] ماسه‌های اضافی را با کارد تسمه پشت درجه تمیز کنید، سپس درجه را برگردانید و بر روی صفحه زیر درجه قرار دهید.
- ۶] با دستگاه سنجش استحکام قالب، استحکام چندین نقطه قالب را اندازه‌گیری کنید.

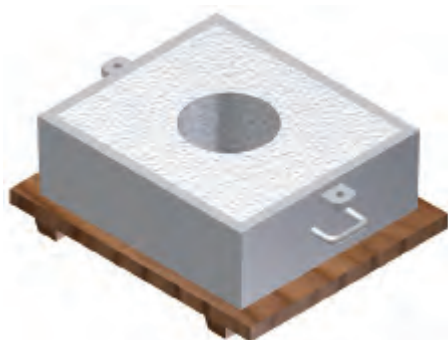
نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت
کارگاهی



ایجاد احجام هندسی با ابزارهای قالب گیری



شکل ۱۶

هدف از ساخت قالب ماسه‌ای ایجاد محفظه‌ای به شکل قطعه در ماسه فشرده شده است. معمولاً برای ایجاد محفظه در قالب ماسه‌ای از مدل قطعه استفاده می‌شود. با این وجود برای قطعات به شکل احجام هندسی می‌توان از ابزار قالب‌گیری نیز استفاده کرد. که این عمل موجب مهارت در به‌کارگیری از ابزار و پی‌بردن به اهمیت نقش مدل در قالب‌گیری می‌شود (شکل ۱۶). محفظه ایجاد شده استوانه‌ای شکل در داخل ماسه فشرده شده را نشان می‌دهد.

ابزار لازم

درجه، صفحه زیر درجه، کوبه، کارد تسمه، ابزار قاشقی، ابزار پاشنه، ابزار گوشه، کف کوب، فوتک، سوزن خط‌کش.



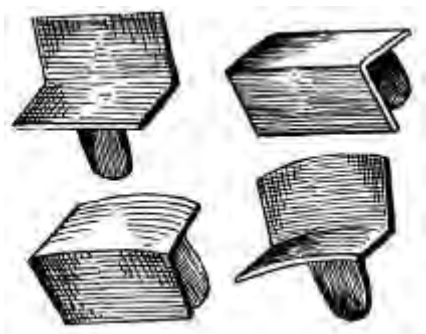
شکل ۱۷

■ ابزار قاشقی

برای ایجاد حوضچه بارریز، حوضچه پای راهگاه، راهبار، راهباره و همچنین تعمیر و ترمیم قالب، از ابزار قاشقی استفاده می‌شود که از یک دسته با دو سر پهن تشکیل یافته است. یک سر آن به شکل قاشق و سر دیگر آن، تخت است و در شکل‌های مستطیلی و برگ بیدی وجود دارد و جنس آن از فولاد است (شکل ۱۷).

■ ابزار گوشه

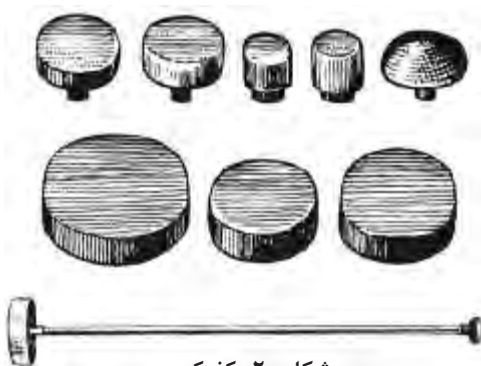
از این ابزار برای ترمیم گوشه‌های قالب، استفاده می‌شود. جنس آن فولادی است و به شکل‌های گوناگون (محدّب، مقعر و زاویه 90°) وجود دارد (شکل ۱۸).



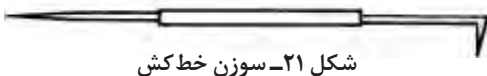
شکل ۱۸



شکل ۱۹- انواع ابزار پاشنه



شکل ۲۰- کف کوب



شکل ۲۱- سوزن خط‌کش



شکل ۲۲- فوتک

■ ابزار پاشنه

این ابزار، در خارج کردن ماسه‌های اضافی قالب و ترمیم آن به کار می‌رود و به شکل‌های تخت، قوس‌دار و گرد وجود دارد. جنس این ابزار از فولاد است و در قسمت‌های مختلف قالب، با توجه به شکل آنها، مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۱۹).

■ کف کوب

کاربرد این ابزار، در کوبیدن کف قالب است که از یک دسته و یک سر تخت تشکیل یافته است. سر تخت آن، قابل تعویض است و در اندازه‌های مختلف وجود دارد و معمولاً از جنس فولاد ساخته می‌شود (شکل ۲۰).

■ سوزن خط‌کش

میله فولادی نوک‌تیز است که برای خط‌کشی روی قالب استفاده می‌شود (شکل ۲۱).

■ فوتک

برای خارج کردن ماسه و مواد اضافی از داخل قالب و زدودن آنها از سطح درجه، از فوتک استفاده می‌شود. این ابزار از دو تخته چوبی - که به وسیله چرم به یکدیگر متصل شده‌اند - و یک سر قیفی شکل فلزی، تشکیل شده است. با دور کردن تخته‌ها از یکدیگر، هوا در داخل آن جمع و با نزدیک کردن آنها، هوا با فشار از سر قیفی شکل آن خارج می‌شود (شکل ۲۲).

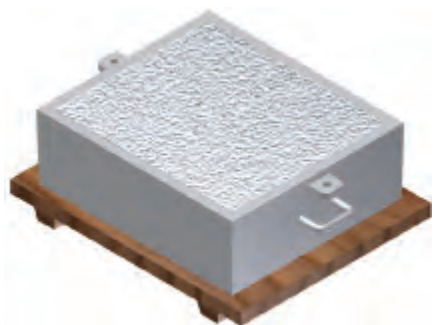
در کارخانجات، به جای فوتک از کمپرسور باد استفاده می‌شود.



- رعایت نکات ایمنی و بهداشتی جلسات قبل الزامی است.
- برای خارج کردن ذرات ماسه اضافی طوری از فوتک استفاده نمایید که به چشم خود و اطرافیان آسیبی نرسد.

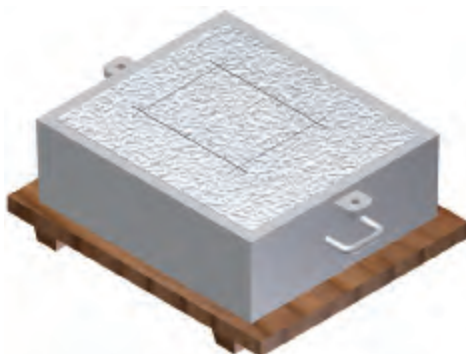
مراحل انجام کار

■ **مرحله ۱:** درجه را مانند جلسه قبل قالب گیری کنید و قالب را برگردانید (شکل ۲۳).



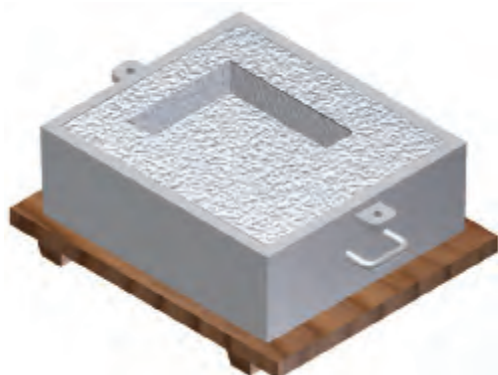
شکل ۲۳

■ **مرحله ۲:** با استفاده از خط کش فلزی و سوزن خط کش، شکل قاعده حجم موردنظر (مکعب مستطیل) را، روی درجه ترسیم کنید (شکل ۲۴).



شکل ۲۴

■ **مرحله ۳:** سطح ماسه را دقیقاً روی اضلاع قاعده، به وسیله ابزار قاشقی و به اندازه ارتفاع حجم موردنظر (ارتفاع مکعب مستطیل)، در عمق، برش دهید.
- ماسه های برش خورده داخل سطوح جانبی حجم موردنظر (مکعب مستطیل) را خارج کنید.
- سطوح جانبی ایجاد شده به وسیله ابزار قالب گیری را، کاملاً صاف کنید و پرداخت نمایید.
- کف قالب را به وسیله کف کوب، صاف نمایید.
- کلیه ماسه های باقی مانده را با فوتک از محفظه خارج نمایید (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- ایجاد محفظه در ماسه



ایجاد قالب مکعب مستطیل بدون مدل

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱] مخلوط ماسه قالب‌گیری
- ۲] تجهیزات قالب‌گیری، ابزار قاشقی و ابزار پاشنه‌ای
- ۳] صفحه زیر درجه، درجه و کوبه
- ۴] پودر جدایش
- ۵] گونیا و خط‌کش فلزی

مراحل انجام کار

- ۱] ابتدا صفحه زیر درجه را تمیز کرده و لنگه زیرین درجه را تمیز کنید.
- ۲] سپس لنگه زیرین درجه را بر روی زیر درجه قرار دهید (دقت کنید قسمت مادگی محلی که پین‌های درجه داخل آن قرار می‌گیرد را بر روی صفحه زیر درجه قرار دهید).
- ۳] ماسه را داخل درجه ریخته و به ترتیبی که گفته شد عمل کوبش را انجام دهید.
- ۴] پس از کوبیدن درجه در ۲ مرحله، در مرحله سوم عمل کف‌کوبی را با انتهای کوبه انجام دهید.
- ۵] ماسه‌های اضافی را با کارد تسمه پشت درجه تمیز کنید، سپس درجه را برگردانید و بر روی صفحه زیر درجه قرار دهید.
- ۶] یک مستطیل با ابعاد 7×14 سانتی‌متر بر روی ماسه کوبیده شده رسم کنید.
- ۷] با ابزارهای قالب‌گیری مکعب مستطیل به ابعاد $5 \times 7 \times 14$ سانتی‌متر را آماده کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

مدل

- آیا می‌توان با استفاده از خط قطعه، شکل محفظه قالب را در ماسه ایجاد کرد؟
- آیا می‌توان با استفاده از مواد با جنس دیگر و شکل مشابه قطعه، فضای خالی در قالب ماسه‌ای را ایجاد کرد؟
- تفاوت مدل، که برای به‌وجود آوردن محفظه قالب از آن استفاده می‌شود، با قطعه چیست؟

برای ایجاد فضای خالی در قالب ماسه‌ای به شکل قطعه مورد نظر، از وسیله‌ای به نام مدل استفاده می‌شود. «مدل» جسمی است که از چوب، فلز یا مواد مناسب دیگر از قبیل موم، پلی‌استیرن یا رزین اپوکسی ساخته می‌شود و با قراردادن آن در داخل مواد قالب‌گیری (ماسه)، محفظه قالب که تضمین‌کننده صحت شکل و اندازه قطعه ریختگی است، ایجاد می‌گردد. مدل ریختگی از لحاظ شکل شبیه قطعه است، با ابعاد کمی بزرگ‌تر از قطعه، جهت جبران انقباضات ناشی از مذاب در حین انجماد.



۱ انواع مدل از لحاظ جنس

مدل‌های چوبی: چوب به دلیل داشتن ویژگی‌هایی از قبیل سهولت در شکل‌پذیری، استحکام خوب و ارزان بودن، متداول‌ترین ماده در ساخت مدل است و از این ماده برای ساخت مدل‌های اولیه (مادر) و نیز برای تولید قطعات به تعداد محدود استفاده می‌شود. عیب اصلی چوب، انبساط و انقباض و تغییر شکل و ابعاد آن در اثر جذب رطوبت است. عیب دیگر، اینکه چوب دارای دوام کم و در نتیجه ناپایداری دقت اولیه است.



مدل چوبی

مدل‌های فلزی: معمولاً از جنس آلیاژهای آلومینیوم، چدن خاکستری، فولاد و مس ساخته می‌شوند و غالباً برای تولید قطعات به تعداد زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مدل‌ها یا به طور مستقیم از طریق ماشین‌کاری تهیه می‌شوند یا با استفاده از مدل‌های چوبی (مدل اولیه یا مادر) ریخته‌گری می‌شوند. مدل‌های فلزی در مقایسه با نوع چوبی، از دقت ابعادی بیشتر، استحکام و دوام بالاتر (در مقابل سایش) و نیز عدم جذب رطوبت محیط برخوردار هستند.



مدل فلزی

مدل‌های پلاستیکی: این مدل‌ها از انواع رزین‌ها ساخته می‌شوند و دارای استحکام فشاری بیشتری نسبت به مدل‌های چوبی هستند. در مقابل مواد شیمیایی مقاوم‌اند و چسبندگی آنها به مواد قالب‌گیری کم است. از ویژگی‌های مهم این مواد، پایداری ابعادی و نیاز کمتر داشتن به مهارت در مقایسه با ساخت مدل‌های فلزی است. برای ساخت مدل‌های پلاستیکی ابتدا یک قالب گچی مناسب از روی مدل اولیه چوبی تهیه می‌شود. پس از پوشش دادن سطح قالب با مواد مخصوص جهت جلوگیری از چسبیدن مواد به قالب، مواد پلاستیکی به داخل قالب ریخته می‌شود و مدت ۲ تا ۱۲ ساعت در درجه حرارت اتاق قرار می‌گیرد تا سخت شود.



مدل پلاستیکی

شکل ۲۶

۲ انواع مدل از لحاظ شکل ظاهری

مدل‌های ساده: این مدل‌ها از نظر شکل ظاهری کاملاً شبیه قطعه ریخته‌گری هستند و با استفاده از مدل قسمت‌های داخلی و خارجی قطعه قالب‌گیری می‌شوند (شکل ۲۷، الف).



الف) مدل ساده

مدل‌های ماهیچه‌دار: این نوع مدل‌ها شباهت چندانی به قطعه ریخته‌گری ندارند. یکی از علت‌های آن وجود زائده‌هایی به نام تکیه‌گاه یا ریشه ماهیچه است (شکل ۲۷، ب).



ب) مدل‌های ماهیچه‌دار

شکل ۲۷

۳ انواع مدل براساس سطح جدایش آن

مدل‌ها براساس سطح جدایش به شش دسته تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از:

■ مدل یک تکه ■ مدل دو تکه (چند تکه)

■ مدل با قطعه آزاد ■ مدل صفحه‌ای

■ مدل با سیستم راهگاهی ■ مدل‌های مخصوص



شکل ۲۸- مدل یک تکه

مدل یک تکه: این مدل به صورت یک پارچه یا یک تکه ساخته می‌شود. براساس شکل و چگونگی شیب آن، ممکن است در یک لنگه درجه یا در دو لنگه درجه قرارگیرد. در اغلب این مدل‌ها، سطح جدایش یا محل تغییر شیب مدل، در قسمت فوقانی آن تعبیه می‌شود، یعنی مدل دارای شیب یک طرفه است. سطح جدایش مدل که معمولاً قالب توسط آن به دو قسمت تقسیم می‌شود در این مدل‌ها به صورت یکنواخت یا غیریکنواخت است (شکل ۲۸).



شکل ۲۹- مدل دو یا چند تکه

مدل دو یا چند تکه: در صورتی که طرح و شکل قطعه پیچیده باشد به‌گونه‌ای که قالب‌گیری آن در یک لنگه درجه مشکل و غیرممکن باشد یا تعداد قطعات مورد نیاز، زیاد باشد مدل را دو یا چند تکه می‌سازند. در این نوع مدل‌ها، خط جدایش یا محل تغییر شیب در امتداد سطح جدایش دولنگه درجه است. به این صورت که یک تکه در درجه بالایی و تکه دیگر در درجه پایینی قرار می‌گیرد. مدل‌های دو یا چند تکه به وسیله پین‌های چوبی یا فلزی به هم متصل می‌شوند (شکل ۲۹).



شکل ۳۰- مدل با قطعه آزاد

مدل با قطعه آزاد: ساختمان بعضی از قطعات دارای زوایدی هستند که قالب‌گیری مدل آنها به صورت یک‌تکه امکان‌پذیر نیست. در این صورت این‌گونه قسمت‌ها به صورت قطعه آزاد روی مدل تعبیه می‌شود. به طوری که به هنگام خارج نمودن مدل از ماسه ابتدا قسمت اصلی مدل خارج می‌شود و سپس قطعه‌های آزاد را به وسیله ابزار مخصوص خارج می‌سازند (شکل ۳۰).

مدل صفحه‌ای: برای تولید انبوه قطعات ریختگی به روش دستی یا ماشینی در ماسه از مدل صفحه‌ای استفاده می‌شود. مدل صفحه‌ای به صورت یک رو، دو رو و دوصفحه‌ای ساخته می‌شود (شکل ۳۱). در نوع یک رو، مدل در یک طرف صفحه قرار می‌گیرد، در حالی که در نوع دو رو نصف مدل در یک طرف صفحه و نصف دیگر در طرف دیگر صفحه قرار دارد. در نوع دو صفحه‌ای دو قسمت مدل در دو صفحه جداگانه قرار می‌گیرند و هر یک از این صفحه‌ها در درجه جداگانه و به طور هم‌زمان قالب‌گیری می‌شوند. جنس این مدل‌ها ممکن است از چوب یا فلز باشد. این روش برای تولید انبوه و نیز قطعات نسبتاً بزرگ به کار می‌رود.



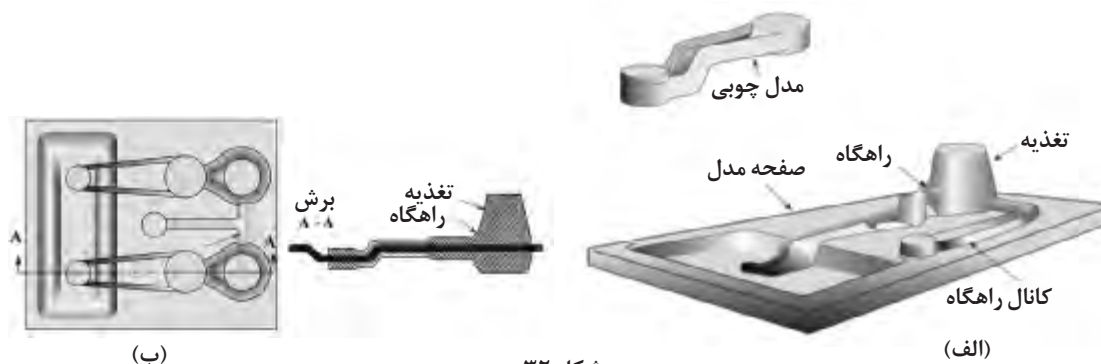
دو صفحه‌ای

دو رو

یک رو

شکل ۳۱

مدل با سیستم راهگاهی: اغلب مدل‌های صفحه‌ای دارای سیستم راهگاهی و تغذیه هستند. چنانچه مدل فاقد سیستم راهگاهی باشد، توسط قالب‌گیر به‌طور دستی در قالب ایجاد می‌گردد یا اینکه به صورت قطعه‌های آزاد و جداگانه‌ای ساخته می‌شود. مهم‌ترین مزیت همراه بودن سیستم راهگاهی و تغذیه با مدل، دستیابی به خواص مطلوب و در نتیجه تولید قطعه‌های سالم است. (شکل ۳۲، الف و ب)



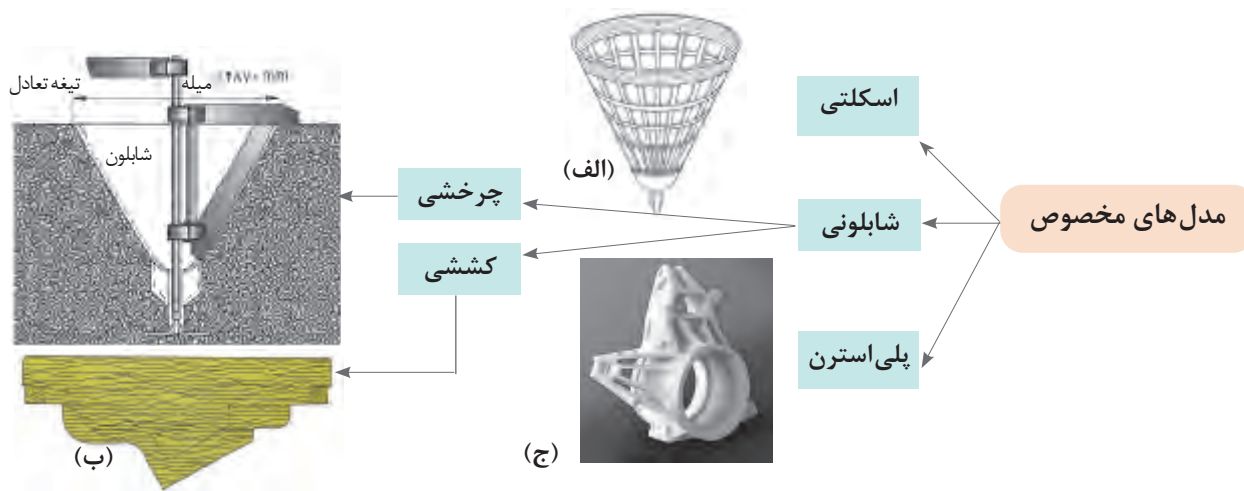
شکل ۳۲

مدل مخصوص: در مواردی که مدل‌های ذکر شده در قسمت‌های قبل برای قالب‌گیری مناسب نباشند یا اینکه قطعه مورد نظر به اندازه‌ای بزرگ باشد که تهیه و ساخت مدل آن مشکل و پرهزینه باشد از مدل مخصوص مانند: مدل اسکلتی، شابلونی و پلی استیرن استفاده می‌شود (شکل ۳۳).

مدل اسکلتی: این مدل بیشتر برای تهیه قطعات بسیار بزرگی به کار می‌رود که به جای ساختن مدل کامل، از اسکلت آن استفاده شود، مانند مدلی که برای ریخته‌گری یک زنگ بزرگ (ناقوس کلیسا) به کار می‌رود (شکل ۳۳ - الف).

مدل شابلونی: استفاده از این مدل در تهیه قطعه‌ها بیشتر به عنوان یک فرایند قالب‌گیری مطرح است تا اینکه

در مدل‌ها مورد بررسی قرار گیرد. در هر حال این نوع مدل شامل دو نوع چرخشی و کششی است. نوع چرخشی برای تهیه قطعه‌های استوانه‌ای شکل یا قطعه‌های متقارن مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۳۳-ب). از شابلون کششی به منظور قالب‌گیری قطعه‌های با مقطع‌های قائم یا انحنا دار و با جداره یکنواخت استفاده می‌شود. **مدل پلی‌استیرن یا فومی:** مدل قطعه مورد نظر همراه با اجزای سیستم راهگاهی و تغذیه از مواد اسفنجی پلی‌استیرن تهیه می‌گردد (شکل ۳۳-ج) و تمام این مدل در ماسه، قالب‌گیری می‌شود. به هنگام تماس مذاب با مواد پلی‌استیرن، این مواد تبخیر می‌شود و می‌سوزد که به این وسیله محفظه قالب برای پر شدن مذاب ایجاد می‌گردد. از ویژگی‌های این مدل، حذف مهارت در قالب‌گیری و محدودیت‌های مربوط به طراحی قطعه است.



شکل ۳۳

به قطعات ریختگی جدول زیر توجه کنید و براساس نوع مدل به کار رفته در تولید این قطعات، جدول را کامل کنید.

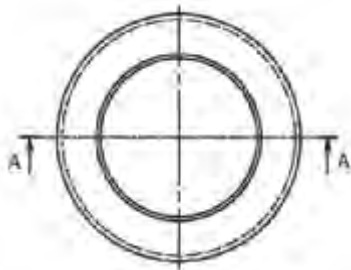
فعالیت کلاسی



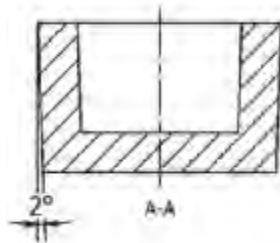
نوع مدل	قطعه ریختگی
	شیرآب
	کوبه
	شعله پخش‌کن
	پنجره گاز
	سیلندر ماشین
	ناقوس کلیسا
	دیسک ترمز اتومبیل
	سه راهی
	زانویی
	درپوش فاضلاب
	پولی

نحوه رسم و نمایش نقشه مدل سازی

مشخصات مهم هر مدل، «سطح جدایش» و «شیب» آن است. هر مدل، برای آنکه به راحتی از قالب (ماسه‌ای و گچی) خارج شود، باید دارای شیب باشد. اختلاف اندازه سطح فوقانی و سطح تحتانی هر مدل را شیب مدل می‌گویند که آن را برحسب درجه و میلی‌متر اندازه‌گیری می‌کنند (شکل ۳۵).



شکل ۳۵



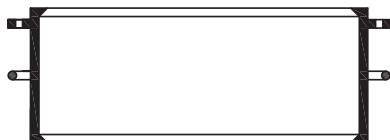
شکل ۳۴

علائم استاندارد در رسم مدل و قالب

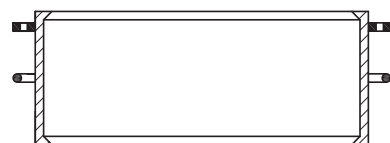


شکل ۳۶

۱ سطح جدایش مدل با حروف O^1 و U^2 به صورت $\frac{O}{U}$ نشان داده می‌شود (شکل ۳۶).

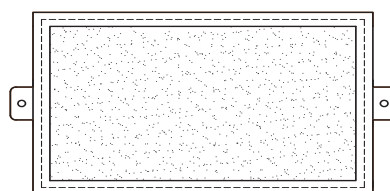


نحوه رسم کردن درجه در برش با ضخامت کم

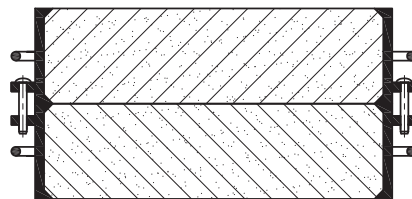


نحوه رسم کردن درجه در برش با ضخامت زیاد

شکل ۳۷



شکل ۳۸ - نحوه رسم کردن درجه و ماسه قالب‌گیری در نما



شکل ۳۹ - نحوه رسم کردن درجه و ماسه قالب‌گیری در برش

۲ درجه در برش با ضخامت کم دیواره‌ها، با رنگ سیاه و در ضخامت زیاد با هاشور نشان داده می‌شود (شکل ۳۷).

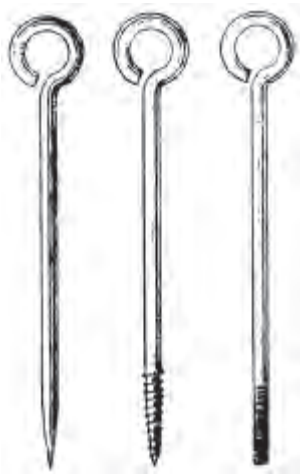
- نحوه ترسیم درجه با ماسه در نما از بالا (شکل ۳۸).
- رسم کردن دو لنگه درجه با ماسه قالب‌گیری در برش با هاشور ۴۵ درجه و نقطه نشان داده می‌شود (شکل ۳۹).

قالب‌گیری مدل ساده



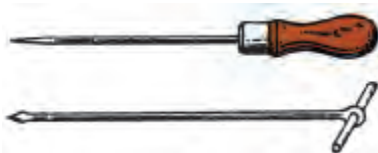
شکل ۴۰- مدل لق‌کن

ابزار لازم: مدل، درجه، صفحه زیردرجه، کوبه، کارد تسمه، قلم آب، پیچ مدل درآور، سیخ هواکش و مدل لق‌کن.
مدل لق‌کن: ابزاری است که جهت لق‌کردن مدل به منظور سهولت در خارج کردن مدل از قالب به کار می‌رود (شکل ۴۰).



شکل ۴۱- میله و پیچ مدل درآور

میله و پیچ مدل درآور: ابزاری است، برای خارج کردن مدل از ماسه، که از یک میله نسبتاً بلند با یک سر تیز یا پیچ مانند، تشکیل شده است. سر دیگر این میله، حلقه‌ای شکل است. سر پیچی شکل آن، در مهره‌ای که بر روی مدل جاسازی شده، قرار می‌گیرد (شکل ۴۱).



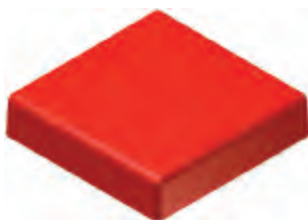
شکل ۴۲- سیخ هواکش

سیخ هواکش: از این ابزار، برای ایجاد سوراخ و منافذ در قالب استفاده می‌شود تا گازهای حاصل از ریختن مذاب در قالب، به آسانی خارج شوند. سیخ هواکش از یک میله فولادی یا برنجی نازک با دسته چوبی یا پلاستیکی ساخته شده است (شکل ۴۲).

نکات ایمنی



- رعایت نکات ایمنی و بهداشتی ذکر شده در جلسات قبل الزامی است.
- هنگام استفاده از سیخ هواکش مراقب باشید به اطرافیان برخورد نکنند.



شکل ۴۳

مراحل انجام کار

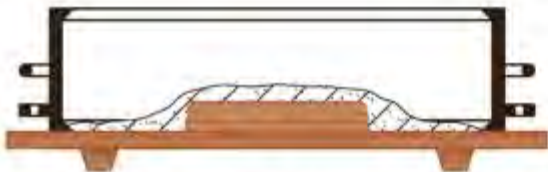
■ مرحله ۱: مدل مطابق شکل ۴۳ را انتخاب کنید.

■ **مرحله ۲:** مدل را با در نظر گرفتن جهت شیب (سطح بزرگ‌تر) روی صفحه زیر درجه قرار دهید (شکل ۴۴).



شکل ۴۴

■ **مرحله ۳:** درجه زیرین را روی صفحه زیر درجه قرار دهید.
- روی مدل را با ماسه الک شده به اندازه ۲ سانتی‌متر بپوشانید (شکل ۴۵).



شکل ۴۵

■ **مرحله ۴:** ماسه قالب‌گیری را به درجه اضافه کنید.
- ماسه داخل درجه را بکوبید، دقت کنید هنگام کوبیدن ماسه ضربه‌ای به مدل وارد نشود.
- سطح قالب را با کارد تسمه صاف کنید (شکل ۴۶).



شکل ۴۶

■ **مرحله ۵:** با استفاده از سیخ هواکش، منافذ خروج گاز در اطراف مدل ایجاد کنید این منافذ، خروج گازهای به‌وجود آمده را در هنگام مذاب‌ریزی آسان‌تر می‌کنند. هنگام ایجاد منافذ باید توجه داشت که سیخ هواکش به مدل اصابت نکند (شکل ۴۷).



شکل ۴۷- ایجاد کانال خروج گاز

■ **مرحله ۶:** درجه را به همراه صفحه زیر درجه، برگردانید. سطح آن را با «پودر جدایش» پوشش دهید. این عمل از چسبیدن ماسه درجه‌ها به یکدیگر (ماسه‌های درجه زیرین و درجه رویی) جلوگیری می‌کند (شکل ۴۸).



شکل ۴۸

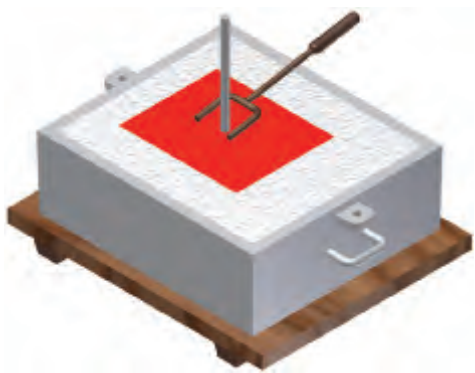
■ **مرحله ۷:** درجه رویی را روی قالب زیرین قرار دهید.
- درجه رویی را قالب‌گیری کنید.
- سطح قالب را صاف کنید.
- با استفاده از سیخ هواکش، کانال خروج گاز ایجاد نمایید (شکل ۴۹).



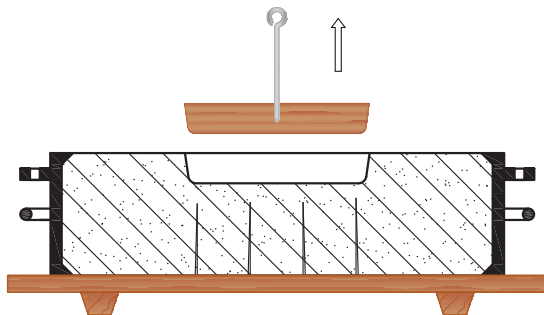
شکل ۴۹



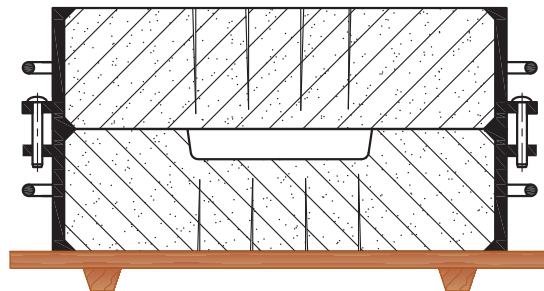
شکل ۵۰



شکل ۵۱



شکل ۵۲- خارج کردن مدل از ماسه



شکل ۵۳- جفت کردن درجه‌ها

■ **مرحله ۸:** قالب رویی را بلند کنید و در محل مناسب قرار دهید.

- اطراف مدل را با قلم آب مرطوب نمایید (شکل ۵۰).

این عمل موجب چسبیدن ماسه اطراف مدل به ماسه قالب می‌شود و از چسبیدن ماسه به مدل جلوگیری می‌شود.

■ **مرحله ۹:** با استفاده از مدل لق‌کن، مدل را در قالب ماسه لق کنید (شکل ۵۱).

■ **مرحله ۱۰:** با مدل درآور مدل را از ماسه خارج کنید (شکل ۵۲).

نکته: در هنگام خارج کردن مدل از ماسه، دقت کنید ابزار و وسایل را متناسب با جنس، ابعاد و اندازه مدل انتخاب کنید. مدل درآور را در مرکز ثقل مدل قرار دهید تا هنگام خارج کردن مدل، تعادل آن کاملاً حفظ گردد.

■ **مرحله ۱۱:** پس از خارج کردن مدل از قالب، محفظه قالب را با فوتک کاملاً تمیز کنید و چنانچه قسمتی از قالب، نیاز به بازسازی داشته باشد، آن قسمت را نیز ترمیم کنید.

- تالی رویی قالب را روی تالی زیرین قرار دهید (شکل ۵۳).



قالب‌گیری مدل یک تکه با سطح جدایش یکنواخت بدون سیستم راهگاهی

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ مخلوط ماسه قالب‌گیری
- ۲ تجهیزات قالب‌گیری، ابزار قاشقی و ابزار پاشنه‌ای
- ۳ صفحه زیر درجه، درجه و کوبه
- ۴ پودر جدایش
- ۵ مدل یک تکه سطح جدایش یکنواخت

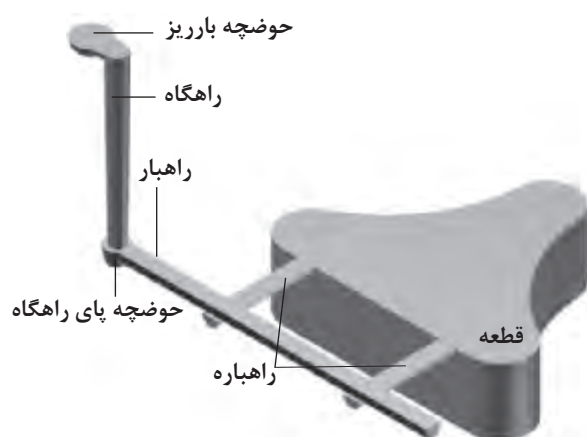
مراحل انجام کار

- ۱ ابتدا صفحه زیر درجه را تمیز کرده و لنگه زیرین درجه را تمیز کنید.
- ۲ سپس لنگه زیرین درجه را بر روی زیر درجه قرار دهید (دقت کنید قسمت مادگی محلی که پین‌های درجه داخل آن قرار می‌گیرد را بر روی صفحه زیر درجه قرار دهید).
- ۳ مدل را بر اساس شیب بر روی صفحه زیر درجه در داخل درجه قرار داده و پودر جدایش به آن بزنید.
- ۴ ماسه را داخل درجه ریخته و به ترتیبی که گفته شد عمل کوبش را انجام دهید.
- ۵ پس از کوبیدن درجه در ۲ مرحله، در مرحله سوم عمل کف کوبی را با انتهای کوبه انجام دهید.
- ۶ ماسه‌های اضافی را با کارد تسمه پشت درجه تمیز کنید، سپس درجه را برگردانید و بر روی صفحه زیر درجه قرار دهید.
- ۷ لنگه رویی درجه را بر روی قسمت زیرین قرار داده و پودر جدایش داخل درجه بزنید.
- ۸ لنگه رویی درجه را مانند قسمت زیرین قالب‌گیری کنید. پس از اتمام کار لنگه رویی را برداشته و مطابق با دستورالعمل توضیح داده شده مدل را لق کرده و از داخل قالب خارج کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

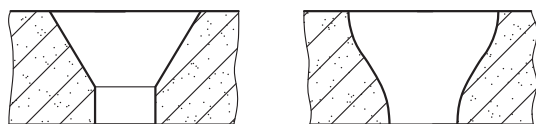
- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

قالب‌گیری مدل با سیستم راهگاهی



شکل ۵۴- اجزای یک سیستم راهگاهی با قطعه

مجموعه کانال‌ها و مجراهایی که مذاب را از حوضچه بارریز به محفظه قالب هدایت می‌کند سیستم راهگاهی می‌نامند. این مجموعه از مراحل مهم قالب‌گیری است که وظیفه آن انتقال صحیح مذاب به قالب است. اجزای یک سیستم راهگاهی عبارت‌اند از: حوضچه بارریز، راهگاه، حوضچه پای راهگاه، راهبار و راهبار. شکل ۵۴ یک سیستم راهگاهی با قطعه را نشان می‌دهد.

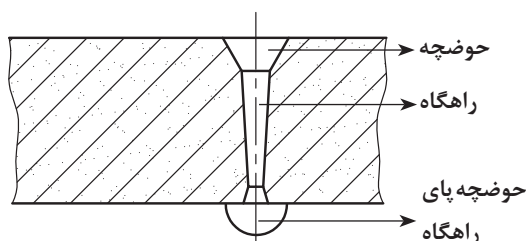


الف) حوضچه بارریز قیفی

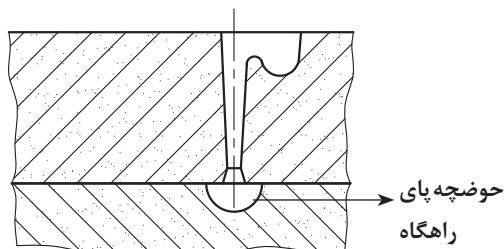


ب) حوضچه بارریز گلابی

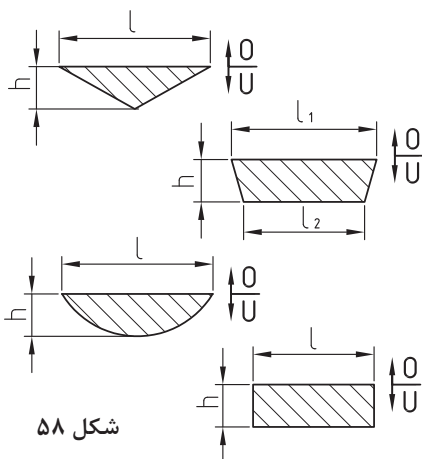
شکل ۵۵



شکل ۵۶- نحوه ترسیم راهگاه و حوضچه بارریز قیفی



شکل ۵۷



شکل ۵۸

حوضچه بارریز

این جزء در ابتدای سیستم راهگاهی قرار دارد و کار آن جلوگیری از ریختن مذاب به اطراف، کاهش فشار مذاب و ممانعت از ورود سرباره به داخل محفظه قالب است و به اشکال مختلف ایجاد می‌شود که دونوع قیفی و گلابی شکل آن متداول تر هستند. برای ایجاد این حوضچه، قبل از خارج کردن لوله راهگاه به وسیله ابزار قاشقی در پشت تای درجه رویی، شکل مورد نظر تعبیه می‌گردد (شکل ۵۵).

راهگاه

فضایی را که در اثر خارج کردن لوله راهگاه از ماسه قالب به وجود می‌آید راهگاه می‌نامند. به عبارت دیگر، راهگاه مسیر حرکت عمودی مذاب از حوضچه بارریز به سایر اجزای سیستم راهگاهی است (شکل ۵۶).

حوضچه پای راهگاه

حوضچه‌ای است که در پایین راهگاه و در سطح درجه زیرین ایجاد می‌شود و وظیفه آن کاهش فشار نسبی مذاب و جلوگیری از ورود مواد اضافی به درون قالب است (شکل ۵۷).

راهبار (کانال اصلی)

کانالی است معمولاً افقی که روی سطح جدایش در تای رویی یا در تای زیرین درجه ایجاد می‌شود. شکل مقطع آن معمولاً مثلثی، دوزنقه‌ای، مستطیلی و نیم‌دایره‌ای است (شکل ۵۸).

راهبارة (کانال فرعی)

کانال‌هایی است که از راهبار منشعب می‌شود و مذاب را به محفظه قالب هدایت می‌کند و تعداد آنها معمولاً بیش از یکی است و طول آنها نیز کوتاه است. شکل مقطع آنها، به اشکال مختلف (مانند راهبار) است. شکل ۵۹ چند نوع سیستم راهگاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۵۹- انواع سیستم راهگاهی



شکل ۶۰- جعبه ابزار

جعبه ابزار: جعبه‌ای شامل مجموعه ابزارهایی است که هنگام قالب‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد. این جعبه شامل کوبه، کارد تسمه، ابزارهای قاشقی و پاشنه، میله مدل درآور، سیخ هواکش، بُرس، قلم آب، لوله راهگاه و کیسه پودر جدایش است (شکل ۶۰).



شکل ۶۱- لوله راهگاه

لوله راهگاه: معمولاً به شکل مخروط ناقص است و از جنس فلز و چوب ساخته می‌شود که اندازه قطر و ارتفاع آن متناسب با مدل و درجه می‌باشد (شکل ۶۱).

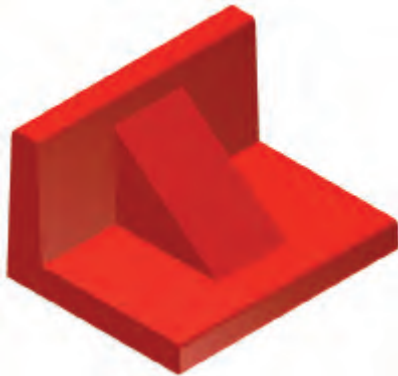
- رعایت نکات ایمنی هنگام آماده‌سازی مخلوط ماسه و قالب‌گیری الزامی است.

نکات ایمنی



قالب‌گیری مدل با سطح جدایش یکنواخت

- مدل بعضی از قطعات ساده صنعتی به صورت سطح جدایش صاف و یکنواخت می‌باشد.
- مدل‌های با سطح جدایش یکنواخت ساده‌ترین نوع از مدل‌ها جهت قالب‌گیری می‌باشد. برای آشنایی با این روش مراحل قالب‌گیری آن شرح دهد می‌شود.



شکل ۶۲ - پرسپکتیو مدل

- ابزار و تجهیزات مورد نیاز :** مدل، درجه، صفحه زیر درجه، جعبه ابزار قالب‌گیری

مراحل انجام کار

- **مرحله ۱:** مدلی مطابق (شکل ۶۲) را انتخاب کنید.



شکل ۶۳ - مرحله قالب‌گیری تای زیرین

- **مرحله ۲:** مدل را روی صفحه زیر درجه قرار دهید.
- درجه زیرین را روی صفحه قرار دهید.
- درجه را قالب‌گیری نمائید (شکل ۶۳).



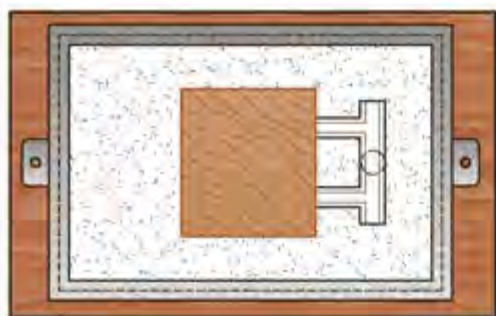
شکل ۶۴

- **مرحله ۳:** قالب زیرین را همراه با صفحه زیر درجه برگردانید.
- سطح قالب را پودر جدایش بپاشید (شکل ۶۴).



شکل ۶۵ - مرحله قالب‌گیری تای رویی

- **مرحله ۴:** درجه رویی را روی قالب زیرین قرار دهید.
- لوله راهگاه را در محل مناسب قرار دهید.
- درجه رویی را قالب‌گیری کنید.
- کانال خروج هوا و حوضچه بارریز را ایجاد کنید (شکل ۶۵).

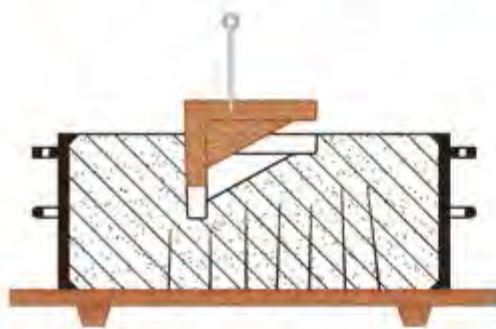


شکل ۶۶- ایجاد سیستم راهگاهی

■ مرحله ۵: لوله راهگاه را خارج کنید.

- قالب رویی را بلند کنید و در محل مناسب، قرار دهید.
- به وسیله ابزار حوضچه پای راهگاه، راهبار و راهباره را روی قالب زیرین ایجاد نمایید.

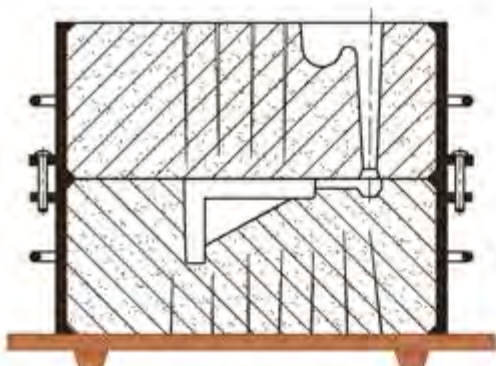
شکل ۶۶ نمای قالب زیرین را با مدل نشان می دهد.



شکل ۶۷

■ مرحله ۶: اطراف مدل را به وسیله قلم آب مرطوب کنید.

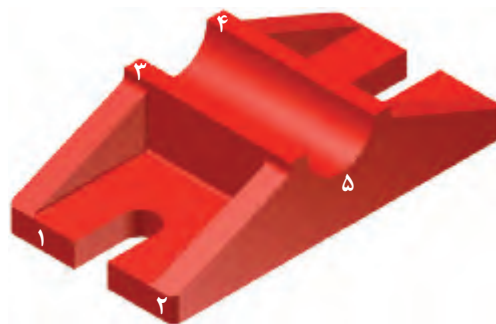
- مدل را لقی کنید.
- مدل را با مدل درآور خارج نمایید (شکل ۶۷).



شکل ۶۸- جفت کردن دوتای درجه

■ مرحله ۷: سطح قالب را، تمیز کنید (با فوتک).

- قالب رویی را روی قالب زیرین قرار دهید (شکل ۶۸).
- مراحل قالب گیری مدل را با صبر و شکیبایی انجام دهید تا امکان بروز خطا در کار به حداقل برسد.



شکل ۶۹



قالب‌گیری مدل یک تکه با سطح جدایش یکنواخت با سیستم راهگاهی

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱. مخلوط ماسه قالب‌گیری
۲. تجهیزات قالب‌گیری، ابزار قاشقی و ابزار پاشنه‌ای
۳. صفحه زیر درجه، درجه و کوبه
۴. پودر جدایش
۵. مدل یک تکه سطح جدایش یکنواخت

مراحل انجام کار

۱. مدل قالب‌گیری فعالیت کارگاهی صفحه ۷۸ را در نظر بگیرید.
۲. مطابق مراحل توضیح داده شده، لنگه زیرین درجه را با مدل قالب‌گیری کنید.
۳. پس از برگرداندن درجه زیرین و قرار دادن درجه رویی، لوله راهگاه مناسب با ابعاد مدل را در فاصله حدود ۱/۵ سانتی‌متری از قالب قرار دهید و پودر جدایش به داخل درجه ریخته و سپس ماسه را ریخته و بکوبید. (دقت کنید که محل لوله راهگاه در قسمت ضخیم قطعه و در سطح صاف و قابل‌اره‌کاری باشد)
۴. پس از کوبیدن درجه رویی و صاف کردن آن با کارد تسمه، حوضچه قیفی را توسط ابزار قاشقی (قسمت ماله مانند) در اطراف لوله راهگاه ایجاد کنید و سپس لوله راهگاه را خارج کنید.
۵. لنگه رویی درجه را برداشته و حوضچه پای راهگاه را با ابزار قاشقی (قسمت قاشق مانند) ایجاد کنید.
۶. کانال‌های اصلی (راهبار) و کانال‌های فرعی (راهبار) را توسط ابزار قاشقی ایجاد کنید و به قالب متصل کنید.
۷. مطابق دستورالعمل گفته شده مدل را لق کرده و از داخل قالب خارج کنید.
۸. لنگه رویی درجه را بر روی قسمت زیرین جفت کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

قالب‌گیری مدل با سطح جدایش غیریکنواخت

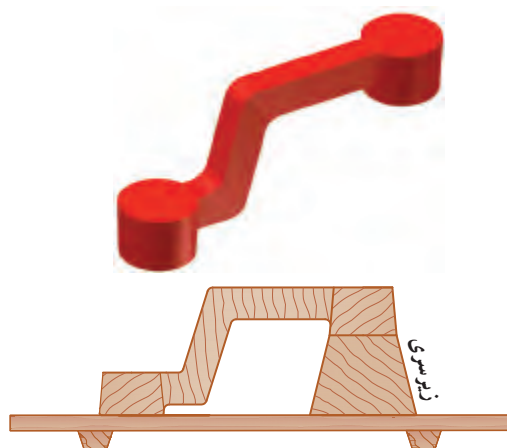
- مدل بعضی از قطعات، سطح جدایش صاف و یکنواخت ندارند، مانند شکل (۷۰).

هنگام قالب‌گیری این مدل‌ها نمی‌توان آنها را روی سطح صاف مانند صفحه زیر درجه یا سطح میز قالب‌گیری قرار داد. برای قالب‌گیری این نوع مدل‌ها می‌توان از قطعه کمکی از جنس چوب، فلز یا ماسه استفاده کرد. این قطعه کمکی را زیر سری گویند.

- اکثر مدل‌ها با سطح جدایش غیریکنواخت یک تکه هستند و هنگام قالب‌گیری برای ایجاد سطح جدایش، عملیاتی روی سطح قالب با ابزار قالب‌گیری انجام می‌گیرد که اصطلاحاً این عملیات را ساده کردن (شیب دادن) می‌نامند.



شکل ۷۰- نمونه مدل با سطح جدایش غیریکنواخت



شکل ۷۱- مدل با زیر سری

ابزار و تجهیزات مورد نیاز: مدل، قطعه کمکی، درجه، صفحه زیر درجه، جعبه ابزار قالب گیری

قطعه کمکی: مدل ساز هنگام ساخت مدل قطعه ای از چوب متناسب با مدل می سازد که اصطلاحاً به آن زیرسری هم گفته می شود (شکل ۷۱). در صورت نبودن زیرسری هنگام قالب گیری، از ماسه نیز می توان استفاده نمود.

نکات ایمنی



رعایت نکات ایمنی هنگام قالب گیری و مذاب ریزی الزامی است.

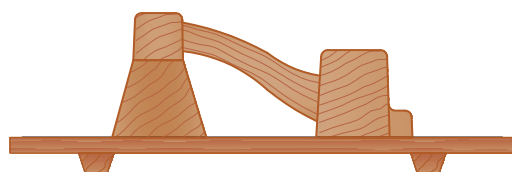
مراحل انجام کار

■ مرحله ۱: مدلی مطابق شکل ۷۲ انتخاب کنید.



شکل ۷۲- مدل

■ مرحله ۲: مدل را با استفاده از (زیرسری) روی صفحه زیر درجه قرار دهید (شکل ۷۳).



شکل ۷۳

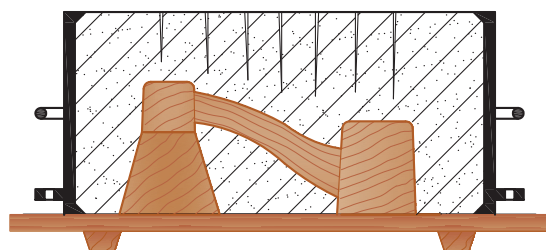
در صورت وجود نداشتن قطعه کمکی (زیرسری) از ماسه به عنوان زیرسری استفاده شود.

نکته



■ مرحله ۳: تای زیرین درجه را روی صفحه زیر درجه قرار دهید.

- درجه را قالب گیری کنید (شکل ۷۴).

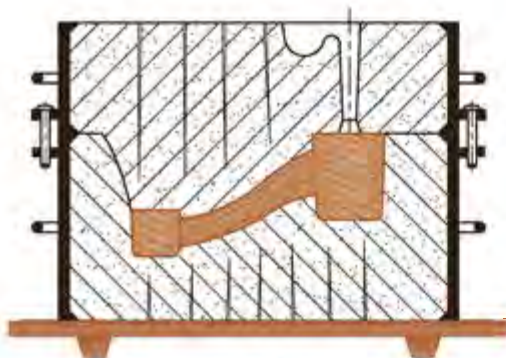


شکل ۷۴



شکل ۷۵

■ **مرحله ۴:** تای زیرین قالب را همراه با صفحه زیر درجه برگردانید.
- ماسه‌های اضافه را به کمک ابزار قاشقی جهت ایجاد سطح جدایش ساده کنید (شیب دهید) (شکل ۷۵).



شکل ۷۶

■ **مرحله ۵:** به سطح قالب‌زیری پودر جدایش بپاشید.
- تای رویی درجه را روی قالب زیرین قرار دهید.
- لوله راهگاه را در محل مناسب قرار دهید.
- درجه رویی را قالب‌گیری کنید.
- سطح درجه رویی را صاف کنید و سیخ هواکش بزنید.
- حوضچه بارریز را ایجاد کنید.
- لوله راهگاه را خارج نمایید (شکل ۷۶).



شکل ۷۷

■ **مرحله ۶:** تای رویی قالب را بلند کرده و آن را ۱۸۰ درجه بچرخانید و روی سطح صاف قرار دهید.
- مدل را از ماسه خارج کنید (شکل ۷۷).



شکل ۷۸

■ **مرحله ۷:** قالب رویی را روی قالب زیرین قرار دهید.
- قالب آماده را بارریزی کنید (شکل ۷۸).

هنگام قرار دادن (جفت کردن) قالب رویی از پین‌های بلند به‌منزله راهنما استفاده کنید.

توجه





قالب گیری مدل یک تکه با سطح جدایش غیر یکنواخت با سیستم راهگاهی

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱] مخلوط ماسه قالب گیری
- ۲] تجهیزات قالب گیری، ابزار قاشقی و ابزار پاشنه ای
- ۳] صفحه زیر درجه، درجه و کوبه
- ۴] پودر جدایش
- ۵] مدل یک تکه سطح جدایش غیر یکنواخت

مراحل انجام کار

- ۱] صفحه زیر درجه و درجه لنگه زیرین را تمیز کنید و مدل با سطح جدایش غیر یکنواخت را با توجه به شیب بر روی صفحه درجه زیرین قرار دهید و پودر جدایش را بر روی آن بزنید.
- ۲] مقداری ماسه زیر سری بر زیر مدل قرار دهید تا مدل صاف و یکنواخت قرار بگیرد
- ۳] مطابق مراحل توضیح داده شده لنگه زیرین درجه را با مدل قالب گیری کنید.
- ۴] پس از برگرداندن مدل سطح جدایش غیر یکنواخت مدل را با توجه روشی که گفته شد ایجاد کنید و سطح درجه زیرین را از ماسه تمیز کنید.
- ۵] بر روی سطح زیرین پودر جدایش زده شود و لوله راهگاه را در محل مناسب قرار داده و عمل کوبیدن درجه دوم را انجام دهید.
- ۶] با توجه به مراحل گفته شده در فعالیت قبل سیستم راهگاهی را ایجاد نموده و مدل را از قالب خارج کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

ساخت پس قالب گچی

- قالب گیری قطعه با سطح جدایش غیر یکنواخت به علت ساده کردن سطح قالب، در مقایسه با قطعه با سطح جدایش یکنواخت، زمان بیشتری لازم دارد. از این رو، برای تولید قطعه در تعداد زیاد و صرفه جویی در وقت و اقتصادی بودن، از یک وسیله کمکی به نام پس قالب گچی استفاده می شود.

ابزار و مواد لازم: مدل، درجه یا (قالب چوبی)، صفحه زیر درجه، جعبه ابزار قالب گیری، گچ فرنگی، ظرف برای دوغاب گچ، دستکش لاستیکی و روغن یا گریس.

هنگام تهیه دوغاب گچ از دستکش استفاده شود.

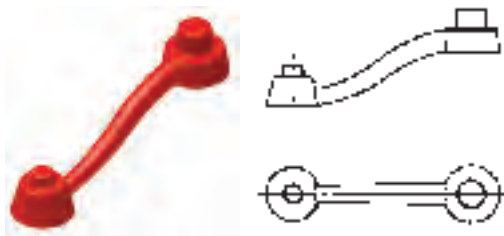
توجه



نکات ایمنی



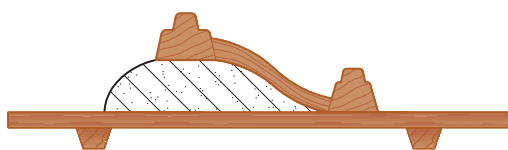
رعایت نکات ایمنی هنگام قالب گیری الزامی است.



شکل ۷۹

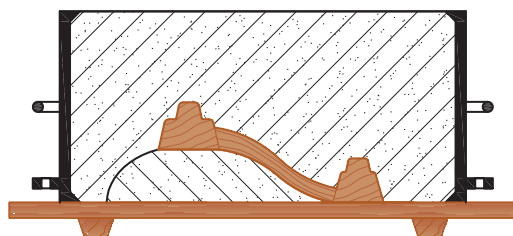
مراحل انجام کار

■ مرحله ۱: مدل را مطابق شکل ۷۹ انتخاب کنید.



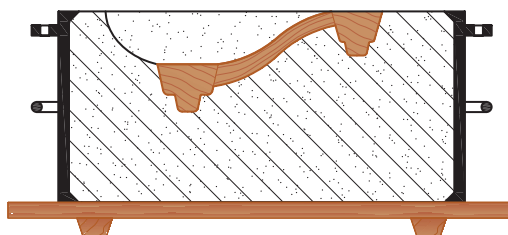
شکل ۸۰

■ مرحله ۲: مدل را روی صفحه زیر درجه قرار دهید. برای استقرار کامل مدل از ماسه به عنوان زیرسری استفاده کنید (شکل ۸۰).



شکل ۸۱

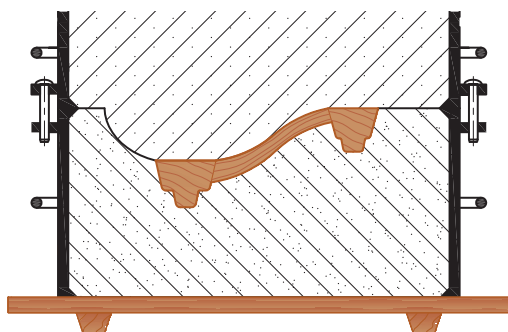
■ مرحله ۳: لنگه رویی درجه را روی صفحه زیر درجه قرار دهید. - به سطح ماسه کمکی (زیرسری) را پودر جدایش بپاشید. - درجه رویی را قالب‌گیری کنید (شکل ۸۱).



شکل ۸۲

■ مرحله ۴: قالب را با صفحه زیر درجه ۱۸۰ درجه بچرخانید و روی صفحه زیر درجه قرار دهید. - ماسه کمکی (زیرسری) را بردارید و سطح کار را با ابزار ساده کنید (شکل ۸۲).

■ مرحله ۵: لنگه رویی درجه را روی قالب زیرین قرار دهید.



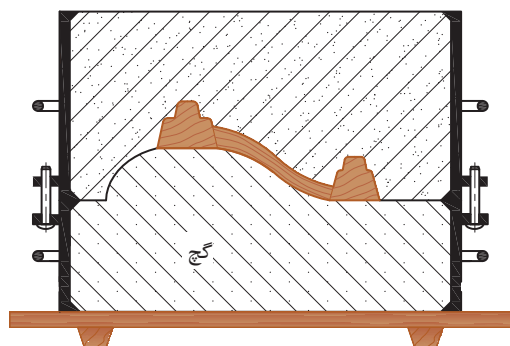
شکل ۸۳

در این مرحله به جای لنگه رویی درجه می‌توان از یک قاب چوبی به اندازه ابعاد درجه استفاده کرد.

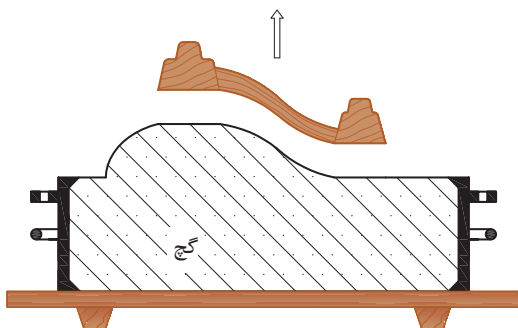
نکته



- سطح مدل را با روغن یا گریس چرب کنید (این عمل موجب می‌شود تا گچ به مدل نچسبد).
- دوغاب گچ را آماده کنید.
- اطراف دو درجه را با ماسه‌تر بپوشانید (جهت جلوگیری از خروج دوغاب گچ).
- دوغاب گچ را داخل درجه بریزید و صبر کنید تا گچ کاملاً سفت شود (شکل ۸۳).



شکل ۸۴



شکل ۸۵

مرحله ۶: پس از اطمینان یافتن از سفت شدن گچ، دو لنگه قالب را ۱۸۰ درجه بچرخانید (شکل ۸۴).

مرحله ۷: قالب رویی را بردارید و ماسه آن را تخلیه کنید. مدل را به آرامی از روی گچ بردارید. بدین ترتیب پس قالب گچی آماده می شود (شکل ۸۵).

پس قالب گچی زمانی مورد استفاده قرار می گیرد که کاملاً خشک شده باشد. بنابراین پس قالب های ساخته شده را برای قالب گیری های بعدی نگهداری کنید.

نکته



ساخت پس قالب گچی برای مدل یک تکه با سطح جدایش غیر یکنواخت

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱] مخلوط ماسه قالب گیری
- ۲] تجهیزات قالب گیری، ابزار فاشقی و ابزار پاشنه ای
- ۳] صفحه زیر درجه، درجه و کوبه
- ۴] گچ ساختمانی
- ۵] مدل یک تکه با سطح جدایش غیر یکنواخت

مراحل انجام کار

- ۱] صفحه زیر درجه و درجه لنگه زیرین را تمیز کنید و مدل با سطح جدایش غیر یکنواخت را با توجه به شیب بر روی صفحه درجه زیرین قرار دهید و پودر جدایش بر روی آن بزنید.
- ۲] مقداری ماسه زیر سری بر زیر مدل قرار دهید تا مدل صاف و یکنواخت قرار بگیرد.
- ۳] مطابق مراحل توضیح داده شده، لنگه زیرین درجه را با مدل قالب گیری کنید.
- ۴] پس از برگرداندن مدل سطح جدایش غیر یکنواخت مدل را با توجه به روشی که گفته شد ایجاد کنید و سطح درجه زیرین را از ماسه تمیز کنید.
- ۵] لنگه رویی درجه را بر روی لنگه زیرین قرار دهید و مقداری گچ ساختمانی آماده کنید (دقت کنید که گچ باید به صورت دوغابی باشد که به سمت سفتی می رود).
- ۶] پس از سخت شدن گچ لنگه رویی برداشته شده حال پس قالب گچی آماده است.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت
کارگاهی



قالب‌گیری با استفاده از پس قالب گچی

پس قالب گچی، برای چندین بار قالب‌گیری از یک مدل، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش عمل ساده‌کردن از مراحل قالب‌گیری حذف می‌شود. در نتیجه عملیات قالب‌گیری سریع‌تر انجام می‌گیرد.

ابزار لازم: پس قالب (ساده گچی)، مدل مربوط به پس قالب یک جفت درجه مناسب، جعبه ابزار قالب‌گیری، صفحه زیر درجه.

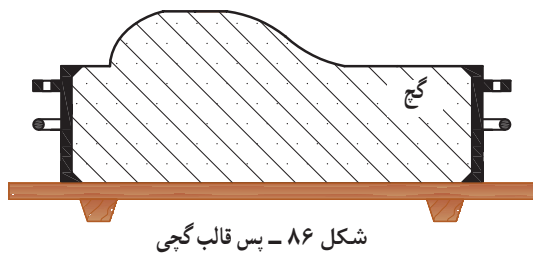
رعایت نکات ایمنی هنگام قالب‌گیری و بارریزی الزامی است.

نکات ایمنی

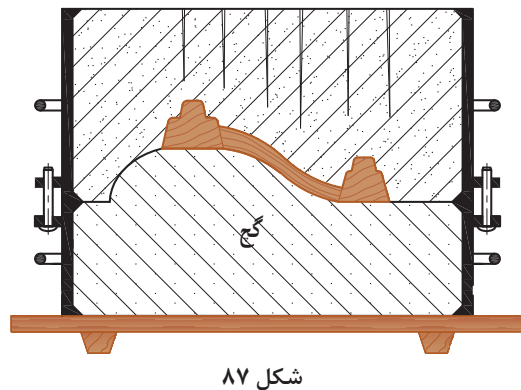


مراحل انجام کار

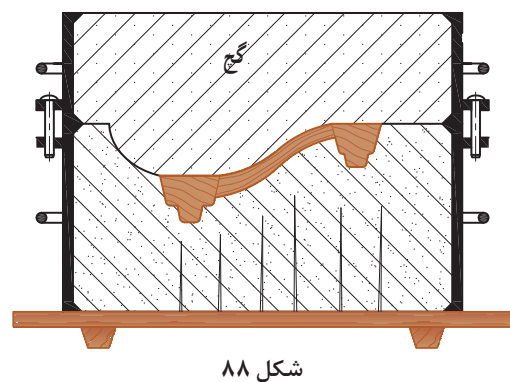
■ **مرحله ۱:** مدل و پس قالب گچی ساخته شده در جلسه قبل را انتخاب کنید (شکل ۸۶).

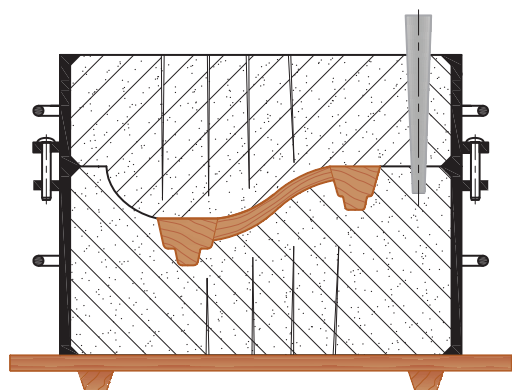


■ **مرحله ۲:** مدل را روی پس قالب قرار دهید. - درجه زیرین متناسب با پس قالب را روی آن قرار دهید و قالب‌گیری کنید (شکل ۸۷).



■ **مرحله ۳:** دو لنگه قالب را باهم به اندازه ۱۸۰ درجه برگردانید (شکل ۸۸).





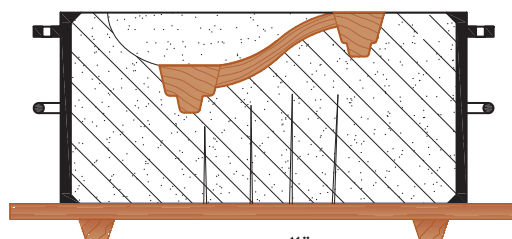
شکل ۸۹

■ مرحله ۴: پس قالب را بلند کنید و در محل مناسب قرار دهید.

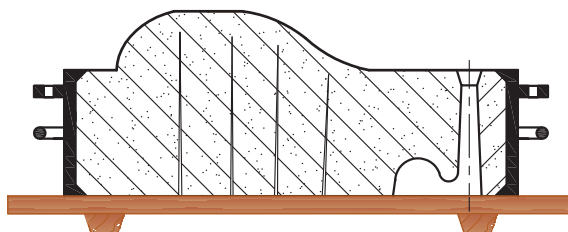
- به سطح قالب زیرین پودر جدایش بپاشید.
- تای رویی درجه را روی قالب زیرین قرار دهید.
- لوله راهگاه را در محل مناسب قرار دهید.
- تای رویی را قالب گیری کنید (شکل ۸۹).

■ مرحله ۵: حوضچه بارریز را ایجاد کنید.

- سیخ هواکش را بزنید.
- لوله راهگاه را خارج کنید.
- قالب رویی را بردارید و در محل مناسب قرار دهید (شکل ۹۰).

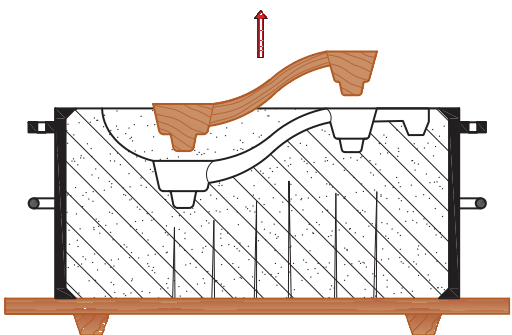


قالب زیری



قالب رویی

شکل ۹۰



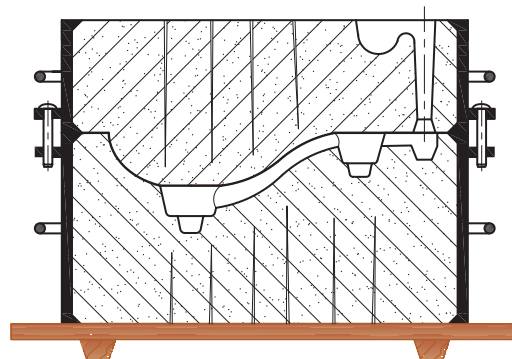
شکل ۹۱

■ مرحله ۶: حوضچه پای راهگاه و راهبار را ایجاد کنید.

- مدل را از قالب خارج کنید (شکل ۹۱).

■ مرحله ۷: قالب رویی را روی قالب زیرین قرار دهید.

- قالب را بارریزی کنید (شکل ۹۲).
- شکل ۹۳ قطعه ریخته شده، همراه با سیستم راهگاهی را نشان می دهد.



شکل ۹۲



شکل ۹۳



قالب‌گیری مدل یک تکه با سطح جدایش غیر یکنواخت با استفاده از پس قالب گچی

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱. مخلوط ماسه قالب‌گیری
۲. تجهیزات قالب‌گیری، ابزار قاشقی و ابزار پاشنه‌ای
۳. صفحه زیر درجه، درجه و کوبه
۴. پودر جدایش
۵. مدل یک تکه سطح جدایش غیر یکنواخت

مراحل انجام کار

۱. پس قالب آماده شده در فعالیت کارگاهی صفحه ۸۸ را برداشته و بر روی صفحه زیر درجه قرار دهید.
۲. مدل را بر روی پس قالب قرار داده و بر روی آن پودر جدایش زده شود.
۳. لنگه دیگر درجه را جفت کرده و عمل قالب‌گیری لنگه را انجام دهید و پشت درجه را با کارد تسمه صاف کنید.
۴. دو لنگه درجه را گرفته و با یکدیگر بچرخانید به‌طوری که پس قالب گچی به بالا بیفتد، سپس پس قالب گچی را از روی لنگه زیرین بردارید.
۵. لنگه رویی درجه را بر روی لنگه زیرین قرار دهید و فرایند قالب‌گیری با سیستم راهگاهی را مطابق مراحل توضیح داده شده انجام دهید.
۶. پس از اتمام قالب‌گیری و ایجاد سیستم راهگاهی با حوضچه قیفی شکل مدل را از قالب خارج کرده و درجه را جفت کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

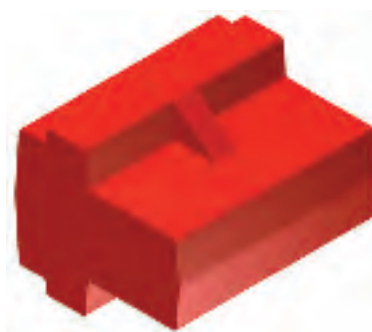
- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

قالب‌گیری و ریخته‌گری مدل‌های دو تکه

مدل‌هایی که قالب‌گیری آنها به صورت یک تکه به آسانی انجام نمی‌گیرد و حتی در بعضی موارد غیرممکن است، دو تکه ساخته می‌شوند و اجزای (تکه‌ها) آن را با استفاده از اتصالات جداشدنی (مانند پین) به یکدیگر متصل می‌کنند و بدین ترتیب امکان قالب‌گیری به‌وجود می‌آید و عمل قالب‌گیری نیز آسان‌تر انجام می‌شود. شکل ۹۴ تصویر مجسم مدل را به‌صورت به‌هم چسبیده (جفت شده) و شکل ۹۵ دو نیمه از هم جدا شده آن را نشان می‌دهد.



شکل ۹۵- مدل دو تکه



شکل ۹۴



ابزار لازم:

- مدل دو تکه متقارن، یک جفت درجه متناسب با مدل، جعبه ابزار قالب گیری، صفحه زیر درجه.
- در هنگام کار با مدل دو تکه، اتصالات جداشدنی آن را از لحاظ سالم بودن، کنترل کنید.

رعایت نکات ایمنی هنگام قالب گیری و بارریزی الزامی است.

مراحل انجام کار

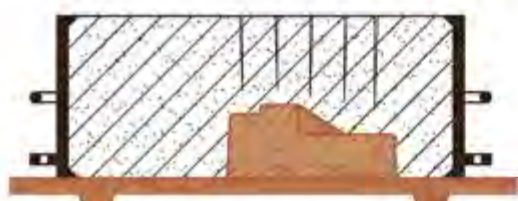
■ **مرحله ۱:** مدل مطابق شکل ۹۵ را انتخاب کنید.

■ **مرحله ۲:** نیمه زیرین مدل را با توجه به شیب آن روی صفحه زیر درجه قرار دهید.

- تای زیرین درجه را روی صفحه زیر درجه قرار دهید.

- ماسه آماده را روی مدل به اندازه ۲ سانتی متر الک کنید.

- درجه را قالب گیری کنید (شکل ۹۶).



شکل ۹۶- قالب گیری یک نیمه از مدل

■ **مرحله ۳:** قالب زیرین را همراه با صفحه زیر درجه برگردانید.

- به سطح قالب پودر جدایش بپاشید (شکل ۹۷).



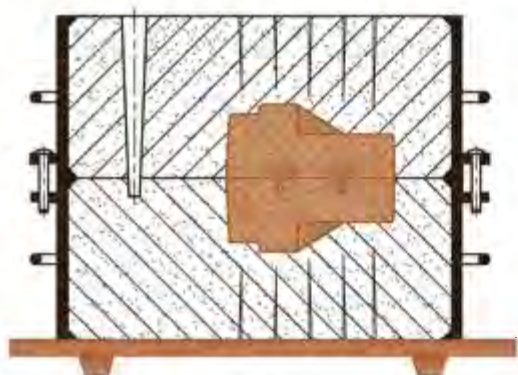
شکل ۹۷

■ **مرحله ۴:** نیمه رویی مدل را با توجه به پین ها، روی نیمه زیرین قرار دهید.

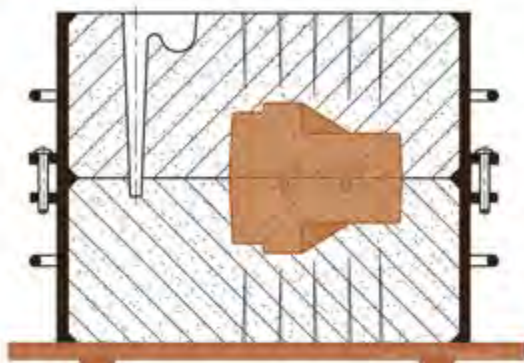
- لوله راهگاه را در محل مناسب قرار دهید.

- درجه رویی را روی قالب زیرین قرار دهید.

- درجه رویی را قالب گیری کنید (شکل ۹۸).



شکل ۹۸



شکل ۹۹- قالب‌گیری نیمه دوم از مدل

■ مرحله ۵: سیخ هواکش و حوضچه بارریز را ایجاد کنید.
- لوله راهگاه را خارج کنید (شکل ۹۹).



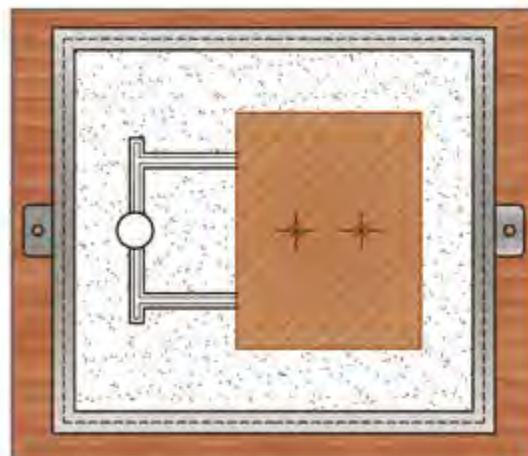
شکل ۱۰۰- برداشتن درجه رویی

■ مرحله ۶: نیمه رویی قالب را بلند کنید و برگردانید و آن را روی صفحه زیر درجه قرار دهید (شکل ۱۰۰).



شکل ۱۰۱

■ مرحله ۷: روی قالب زیرین، حوضچه پای راهگاه، راهبار و راهبار ایجاد کنید.
(شکل ۱۰۱) قالب زیرین را در برش و (شکل ۱۰۲) قالب زیرین را در نما نشان می‌دهد.



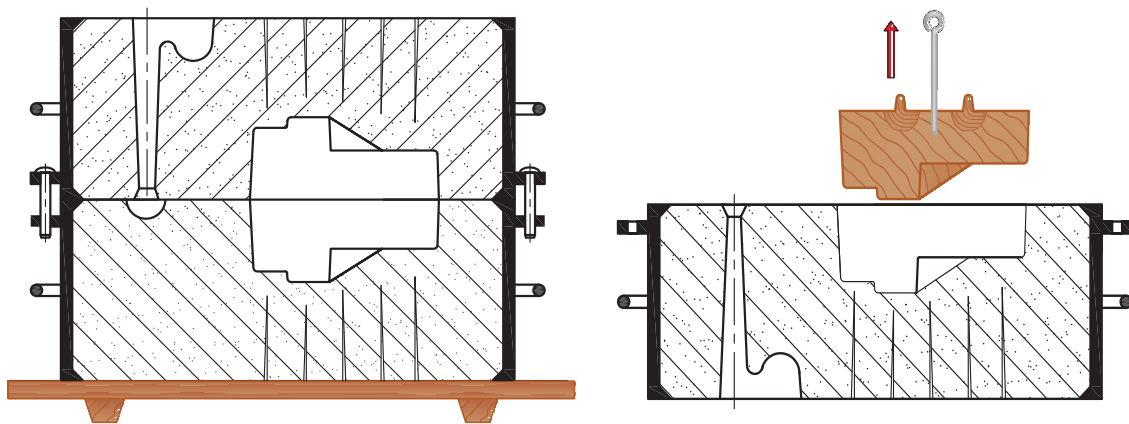
شکل ۱۰۲- ایجاد سیستم راهگاهی

■ **مرحله ۸:** اطراف مدل را مرطوب کنید.

- با استفاده از مدل درآور، دو نیمه مدل را از دو لنگه قالب خارج کنید (شکل ۱۰۳).

■ **مرحله ۹:** قالب رویی را روی قالب زیرین قرار دهید.

- قالب، آماده بارریزی ست (شکل ۱۰۴).



شکل ۱۰۴- جفت کردن دو تای درجه

شکل ۱۰۳- خارج کردن مدل از ماسه

قالب‌گیری مدل دو تکه با سطح جدایش یکنواخت با سیستم راهگاهی

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ مخلوط ماسه قالب‌گیری
- ۲ تجهیزات قالب‌گیری، ابزار قاشقی و ابزار پاشنه‌ای
- ۳ صفحه زیر درجه، درجه و کوبه
- ۴ پودر جدایش
- ۵ مدل دو تکه با سطح جدایش یکنواخت

مراحل انجام کار

- ۱ قسمت زیرین مدل را در درجه زیرین مطابق مراحل گفته شده قالب‌گیری کرده و درجه را برگردانید.
- ۲ قسمت دوم مدل را بر روی قسمت زیرین قرار داده و پودر جدایش زده و لنگه دوم قالب را با سیستم راهگاهی قالب‌گیری کنید.
- ۳ پس از کوبیدن درجه رویی و صاف کردن آن با کارد تسمه، حوضچه قیفی را توسط ابزار قاشقی (قسمت ماله مانند) در اطراف لوله راهگاه ایجاد کنید و کانال‌های اصلی (راهبار) و کانال‌های فرعی (راهباره) را توسط ابزار قاشقی ایجاد کنید و به قالب متصل کنید.
- ۴ مطابق دستورالعمل توضیح داده شده مدل‌ها را لایق کرده و از داخل قالب خارج کنید.
- ۵ لنگه رویی درجه را بر روی قسمت زیرین جفت کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت
کارگاهی



ارزشیابی واحد یادگیری ۱: قالب‌گیری ماسه‌تر

شرح کار: پس از آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری، مدل سندان کفشی را قالب‌گیری کنید			
استاندارد عملکرد: قالب‌گیری مدل چند تکه توسط مخلوط ماسه‌تر			
شاخص‌ها: ۱- آماده‌سازی مخلوط ماسه‌تر ۲- کنترل میزان رطوبت مجاز به صورت تجربی ۳- قالب‌گیری مدل چند تکه			
شرایط انجام کار: ۱- محیط کارگاهی ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس ۳- تهویه استاندارد و دمای $20^{\circ}\text{C} \pm 3$ ۴- اندازه‌ها براساس استاندارد ۵- وسایل ایمنی استاندارد ۶- ابزار و تجهیزات استاندارد			
مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب بنتونیت، آب پاش، بیل ریخته‌گری، سرنده، سرنده برقی، مدل سندان کفشی، پودر جدایش، درجه، زیر درجه، کوبه و سایر وسایل و تجهیزات قالب‌گیری و ریخته‌گری			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنجار
۱	آماده‌سازی مخلوط ماسه‌تر	۱	
۲	قالب‌گیری مدل چند تکه	۱	
۳	کنترل میزان کوبش درجه زیرین و رویی	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: ۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه ۴- رعایت دقت و نظم	۲	
میانگین نمرات**			
* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و نمره مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنجار برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			

واحد یادگیری ۲: طراحی اجزاء سیستم راهگاهی

برای دستیابی به قطعه سالم، سیستم راهگاهی باید به گونه‌ای طراحی شود که مذاب فلز به صورت کنترل شده و بدون تلاطم به داخل قالب هدایت شود تا از تشکیل حباب هوا جلوگیری کند و ناخالصی‌ها را به دام اندازد. همچنین باید تعادل مناسب بین سرعت جریان مذاب و انجماد قطعه برقرار شود تا از عیوبی مانند مک‌های انقباضی یا تخلخل جلوگیری کند. طراحی بهینه سیستم راهگاهی تأثیر مستقیمی بر کیفیت نهایی قطعه ریخته‌گری دارد.

استاندارد عملکرد

طراحی سیستم راهگاهی با استفاده از ابزارآلات و تجهیزات مناسب براساس استانداردها و دستورالعمل‌های مربوطه

سیستم راهگاهی

■ مذاب چگونه وارد محفظه قالب می‌شود؟

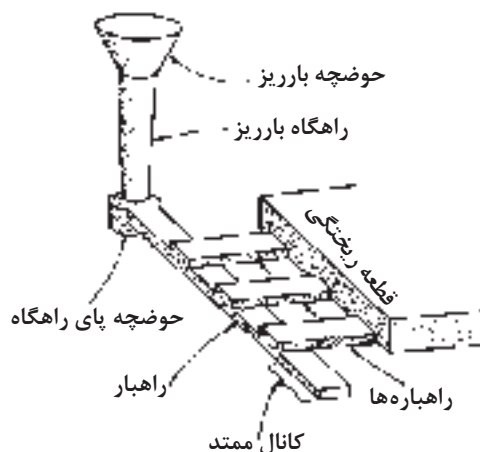
■ آیا نحوه و مسیر ورود مذاب، در سلامت قطعه ریختگی تأثیر دارد؟

چگونگی ورود مذاب به محفظه قالب و جریان آن در مجراهایی که به محفظه قالب منتهی می‌شوند، در ریخته‌گری، از اهمیت زیادی برخوردار هستند. چرا که می‌تواند در رسیدن مذاب به محفظه قالب، ورود ناخالصی‌ها و نوع انجماد تأثیر بگذارد. انتخاب صحیح مسیر و نحوه ورود می‌تواند سلامت قطعه را تضمین نماید. به‌طور کلی، مجموعه راههایی که مذاب برای ورود به محفظه قالب، از آنها عبور می‌کند به سیستم راهگاهی^۱ موسومند. با توجه به نکات یاد شده، وظایف یک سیستم راهگاهی صحیح را به‌طور کلی، می‌توان بدین شرح ذکر نمود:

- ۱ تنظیم سرعت و جهت جریان مذاب به گونه‌ای که پُر شدن کامل قالب قبل از انجماد تضمین گردد.
 - ۲ ایجاد جریانی آرام و یکنواخت با حداقل آشفته‌گی و تلاطم در قالب، به منظور جلوگیری از جذب هوا، اکسید شدن فلز مذاب و شستن جداره قالب.
 - ۳ ایجاد شیب دمایی مناسب از قطعه به تغذیه و در مواردی که از تغذیه استفاده نمی‌شود، از قطعه به طرف مجرای ورود مذاب به قالب.
 - ۴ جلوگیری از ورود آخال‌ها، اکسیدهای سرباره‌ای، ذرات و مواد قالب از طریق کنترل تلاطم و آشفته‌گی مذاب و یا با استفاده از مواد و روش‌های تکنیکی از قبیل استفاده از صافی‌ها، سرباره‌گیری و فشارگیری‌ها.
 - ۵ اقتصادی بودن از نظر راندمان ریختگی و نیز هزینه‌های تمیزکاری.
- با توجه به نقش مؤثر سیستم راهگاهی در تولید قطعاتی با کیفیت بالا و درعین حال اقتصادی، ابتدا اجزای سیستم راهگاهی انواع و روش‌های مختلف در تعبیه آن به‌اختصار تشریح می‌گردد. سپس اصول و مبانی کلی در طراحی و محاسبات این سیستم‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

اجزای یک سیستم راهگاهی

یک سیستم راهگاهی به‌طور کلی می‌تواند دارای اجزایی مطابق شکل ۱ باشد.



شکل ۱- اجزای اصلی یک سیستم راهگاهی

حوضچه^۱ بارریز

حوضچه بارریز به صورت یک کاسه باریک شونده است که در بالای لوله راهگاه بارریز، روی سطح درجه بالایی تعبیه می گردد. نقش اساسی حوضچه، سهولت ریختن مذاب از وسایل انتقال مذاب مانند بوته و یا پاتیل، به داخل راهگاه بارریز می باشد. در شکل ۲ نمونه هایی از حوضچه های قیفی شکل پیش ساخته که بیشتر برای ریخته گری قطعات چدنی و فولادی مورد استفاده قرار می گیرند، نشان داده شده اند.



شکل ۲- نمونه هایی از حوضچه (قیف) های پیش ساخته بالای راهگاه بارریز

از نکات اساسی در ارتباط با حوضچه های بالای راهگاه بارریز آن است که این حوضچه ها باید در طول عمل بارریزی، همواره پُر نگه داشته شوند؛ زیرا این امر موجب می شود تا اولاً، شلاکه و مواد ناخالصی که معمولاً سبک تر از مذاب هستند بر روی سطح مذاب موجود در حوضچه جمع شوند و در نتیجه به داخل محفظه قالب راه پیدا نکنند. ثانیاً، پرنه داشتن حوضچه از مذاب، ضمن ایجاد جریان مناسبی از مذاب با فشار استاتیکی^۲ معین در داخل سیستم راهگاهی، از جذب شدن هوا و ورود آن به قالب نیز جلوگیری می کند. در بعضی موارد، به ویژه در مورد فلزات و آلیاژهای غیر آهنی از حوضچه های موسوم به حوضچه گلابی یا لگنی استفاده می شود مزایای این نوع حوضچه به قرار زیر است.

- تنظیم سرعت جریان مذاب

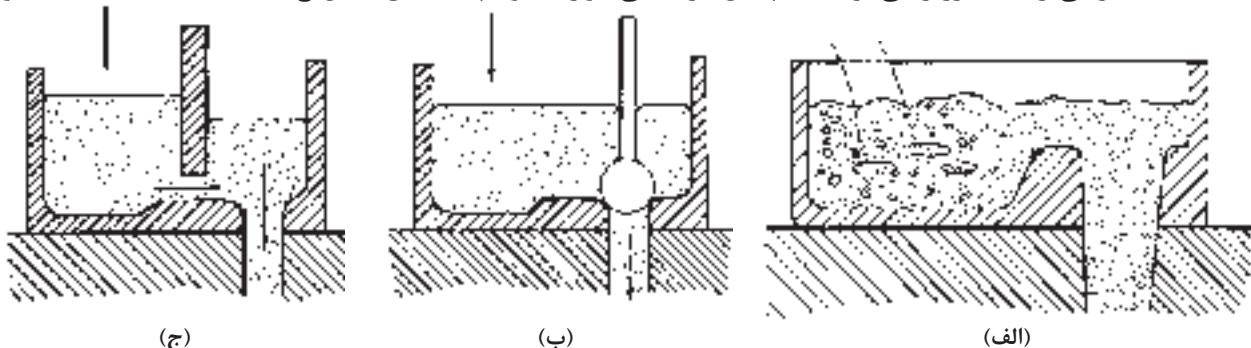
- جلوگیری از ورود شلاکه^۳ و مواد ناخواسته به داخل قالب

- ایجاد جریان آرام با حداقل تلاطم به منظور جلوگیری از ورود هوا به داخل قالب

- حفظ نمودن قالب از آسیب ریزش مستقیم مذاب

نمونه هایی از این حوضچه ها در شکل ۳ نشان داده شده اند.

همان طور که در شکل ب دیده می شود، در بعضی مواقع برای پر شدن آرام و یکنواخت قالب، دهانه راهگاه بارریز در داخل حوضچه با گلوله ای بسته می شود. این گلوله پس از پر شدن حوضچه از مذاب برداشته می شود و مذاب، راهی راهگاه بارریز می گردد. همچنین در بعضی موارد، حوضچه مطابق شکل ج با یک تیغه سد مانند به دو



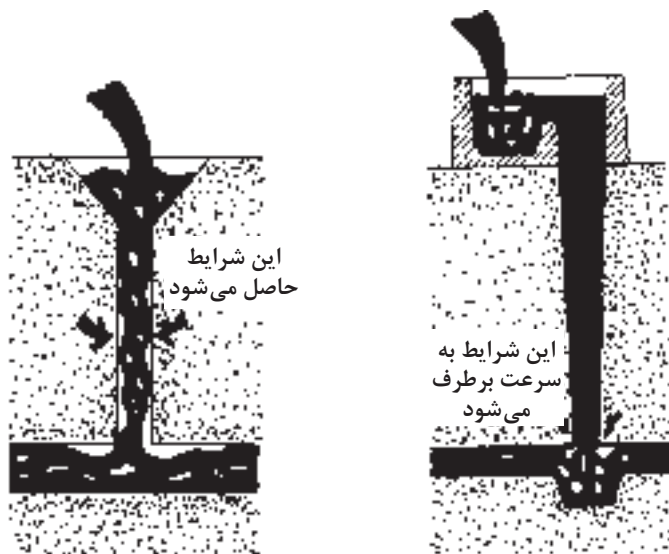
شکل ۳- نمونه هایی از حوضچه های گلابی (لگنی)

قسمت تقسیم می‌شود که این امر به شخص بارریز این اجازه را می‌دهد که بتواند مذاب را با سرعتی مناسب به داخل حوضچه بریزد به گونه‌ای که فلز مذاب با حالتی آرام و یکنواخت و بدون سرباره و ناخالصی وارد راهگاه بارریز شود. طبیعی است که در دو حالت ذکر شده، به علت ایجاد جریان یکنواخت و مداوم از مذاب در راهگاه بارریز، تلاطم و آشفتگی مذاب، به هنگام حرکت، به حداقل می‌رسد و در نتیجه از محبوس شدن هوا در مذاب جلوگیری به عمل می‌آید.

قابل ذکر است که در صورت استفاده از حوضچه‌های بزرگ، به علت صعود بهتر و آسان‌تر مواد ناخواسته و سرباره به سطح مذاب داخل حوضچه، عمل جلوگیری از ورود آنها به داخل سیستم راهگاهی و محفظه قالب به طور مطلوب‌تری صورت می‌گیرد. علاوه بر این، سرعت بارریزی در این نوع حوضچه‌ها می‌تواند بدون سرریز کردن مذاب افزایش پیدا کند. طبیعی است که یک حوضچه بزرگ پس از اتمام بارریزی می‌تواند به عنوان تغذیه نیز عمل کند.

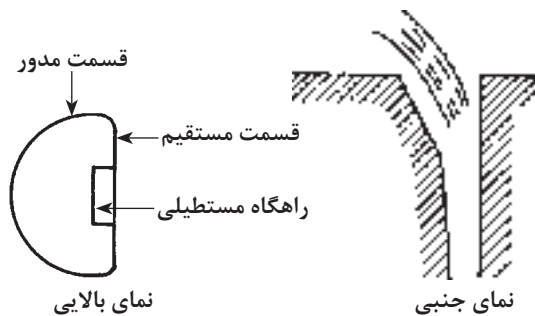
راهگاه بارریز^۱ (لوله راهگاه)

راهگاه بارریز مجرای عمودی است که سطح مقطع آن از بالا به طرف پایین کاهش می‌یابد. این راهگاه از طرف سطح بزرگ‌تر به حوضچه بالای راهگاه بارریز و از طرف سطح کوچک‌تر از طریق حوضچه دیگری به نام حوضچه پای راهگاه بارریز به کانال اصلی یا راهبار متصل می‌شود. دلیل مخروطی شکل بودن کانال راهگاه با مشاهده جریان آب از یک شیر باز، به خوبی روشن می‌گردد. بدین ترتیب که با دور شدن آب از محل اتصال به شیر، به دلیل افزایش سرعت جریان، سطح مقطع آب نیز کاهش پیدا می‌کند. بنابراین، با توجه به اینکه مذاب در داخل راهگاه بارریز نیز با چنین حالتی جریان دارد، از این رو به منظور پُرنگه داشتن این راهگاه و در نتیجه جلوگیری از ورود هوا به داخل آن، لازم است تا راهگاه بارریز به صورت مخروطی شکل در نظر گرفته شود. بدیهی است در صورت انتخاب اشکال استوانه‌ای برای راهگاه بارریز، حباب‌های هوا می‌تواند در طول راهگاه حبس شود و باعث ایجاد آشفتگی در مذاب و جذب هوا در آن گردد. این موضوع در شکل ۴ به خوبی مشاهده می‌شود.



کانال مخروطی از جذب هوا جلوگیری می‌کند. کانال استوانه‌ای هوا را جذب می‌کند.

شکل ۴- نحوه جریان مذاب در انواع راهگاه‌های استوانه‌ای و مخروطی



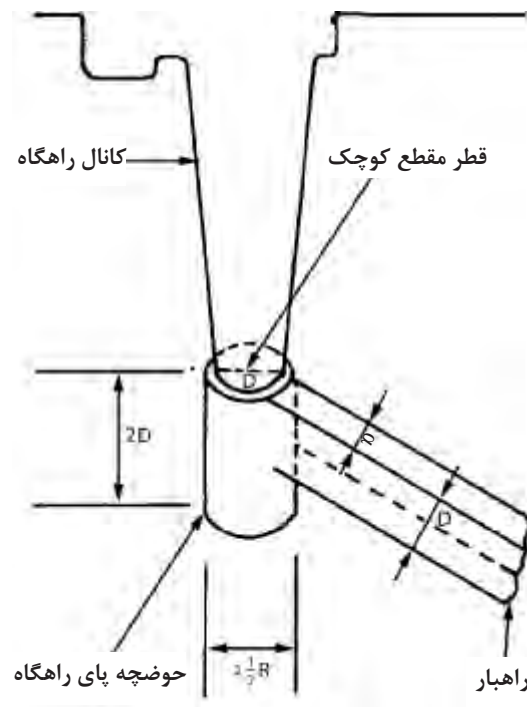
شکل ۵- نوعی حوضچه ایده آل بر روی راهگاه بارریز

توصیه شده است سطح مقطع راهگاه بارریز حتماً باید تا قطر ۲۰ میلی‌متر به شکل دایره باشد. برای راهگاه‌های بزرگ‌تر، از سطح مقطع مستطیلی نیز استفاده می‌شود. هنگام استفاده از راهگاه بارریز با سطح مقطع مستطیل شکل، برای جلوگیری از ایجاد تلاطم و آشفتگی در گوشه‌های تیز، این راهگاه باید به گونه‌ای مناسب طراحی شود تا از ورود هوا به داخل راهگاه بارریز جلوگیری به عمل آید. نمونه‌ای از این طراحی در شکل ۵ نشان داده شده است.

قابل ذکر است که راهگاه بارریز با سطح مقطع دایره‌ای شکل، به دلیل اینکه دیرتر از نوع مستطیلی شکل سرد می‌گردد، عمل مذاب‌رسانی به قطعه ریخته شده را به هنگام سرد شدن، به‌طور مطلوب‌تری انجام می‌دهد. این درحالی‌است که از نظر کاهش تلاطم جریان مذاب و در نتیجه جلوگیری از ایجاد هوای حبس شده در مذاب، راهگاه بارریز مستطیلی بهتر از نوع دایره‌ای عمل می‌کند.

حوضچه پای راهگاه بارریز^۱

از آن‌جا که سرعت مذاب در قسمت پایین راهگاه بارریز به بیشترین مقدار خود می‌رسد و این امر ممکن است تلاطم و آشفتگی جریان مذاب را در راهبار و در نتیجه آن، تخریب قالب و جذب هوا به دنبال داشته باشد، از این‌رو، برای جلوگیری از این امر، حوضچه‌ای در انتهای راهگاه بارریز تعبیه می‌گردد که به آن حوضچه پای راهگاه گفته می‌شود. بنابراین، با ایجاد حوضچه پای راهگاه، از تلاطم مذاب جلوگیری می‌شود و مذاب با سرعتی مناسب و از طریق راهبار وارد قالب می‌گردد. در شکل ۶ ابعاد مناسب برای حوضچه پای راهگاه نشان داده شده است.



شکل ۶- ابعاد مناسب برای یک حوضچه پای راهگاه

کانال‌های اصلی^۲ (راهبار) و فرعی^۳ (راهباره)

همان‌طور که قبلاً بیان گردید، مذاب در انتهای راهگاه بارریز دارای سرعت زیادی است که انتقال مستقیم چنین مذابی به درون قالب، تلاطم و آشفتگی جریان و در نتیجه جذب هوا و تخریب سطوح قالب را به دنبال خواهد داشت، به همین دلیل برای جلوگیری از ایجاد

چنین شرایط نامطلوبی، مذاب، قبل از ورود به قالب از یک کانال اصلی جریان داده می‌شود. این کانال مستقیم که از حوضچه پای راهگاه بارریز جدا می‌شود، راهبار نام دارد. عموماً مذاب، پس از جاری شدن در راهبار از طریق کانال‌هایی که از آن منشعب می‌شوند وارد محفظه قالب می‌گردد. این کانال‌های انشعابی به کانال‌های فرعی یا راهبار موسومند. قابل ذکر است که معمولاً، راهبار، بعد از آخرین راهبار انشعابی از آن، کمی امتداد پیدا می‌کند تا بدین وسیله مواد ناخواسته موجود در مذاب و سایر آشفته‌گی‌ها، به این قسمت انتهایی کشیده شود و از ورود آن‌ها به داخل محفظه قالب جلوگیری گردد. این قسمت انتهایی راهبار، کانال ممتد نامیده می‌شود.

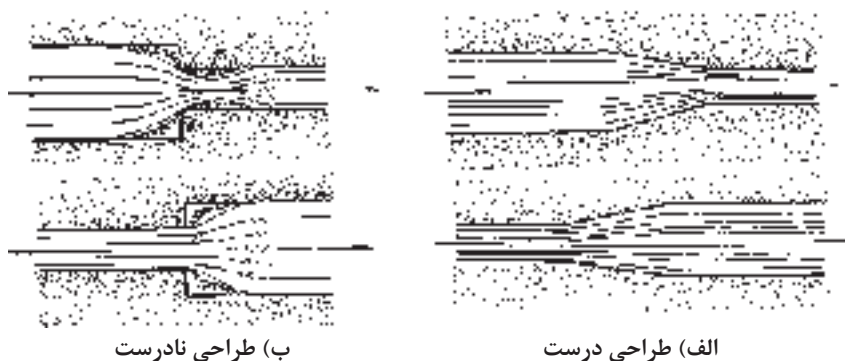
طرح مناسب برای اتصال اجزای سیستم راهگاهی

بنابر مطالب گذشته، یکی از وظایف مهم یک سیستم راهگاهی، ایجاد جریانی آرام و یکنواخت و با حداقل تلاطم و آشفته‌گی می‌باشد. با توجه به این موضوع، بدیهی است در صورتی که اجزای مختلف سیستم راهگاهی با گوشه‌هایی تیز به یکدیگر مرتبط گردند، به دلیل ایجاد تلاطم و آشفته‌گی در جریان مذاب در اثر تغییر مسیر ناگهانی در محل گوشه‌ها، جذب هوا و سایر گازهای ایجاد شده در قالب تسهیل می‌گردد. در شکل ۷ این شرایط، برای محل اتصال راهگاه بارریز و راهبار نشان داده شده است.



شکل ۷- تأثیر گوشه‌های تیز در تلاطم مذاب

همان گونه که در شکل مشاهده می‌شود تغییر مسیر جریان در محل گوشه‌ها منجر به ایجاد مناطقی با فشار کمتر از فشار اتمسفر می‌گردد (الف). که در نتیجه این امر، هوا و گازهای موجود در قالب وارد مذاب می‌شوند (ب). برای رفع این مشکل باید محل اتصال، مطابق شکل (ج) به صورت مدور در نظر گرفته شود. همچنین محل اتصال راهبار به راهبارها نیز باید به گونه‌ای طراحی گردد که از تغییر ناگهانی سرعت مذاب و در نتیجه جذب هوا و ایجاد جریانی متلاطم جلوگیری به عمل آید. در شکل ۸ این موضوع نشان داده شده است.



شکل ۸- طراحی محل اتصال اجزای سیستم راهگاهی

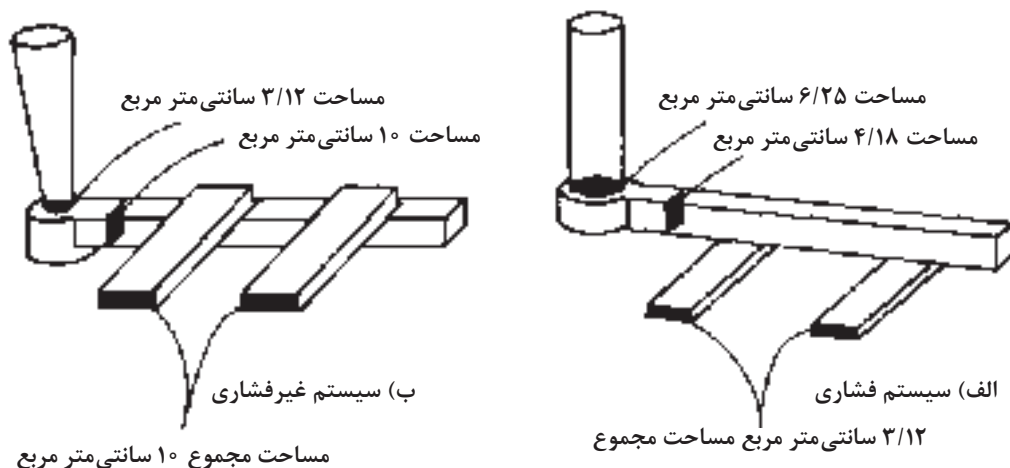
انواع سیستم‌های راهگاهی

یکی از شرایط لازم برای عملکرد درست یک سیستم راهگاهی، این است که سطوح مقاطع مربوط به راهگاه بارریز، راهبار و راهباره‌ها، دارای نسبت مناسبی باشند. این نسبت که نسبت راهگاهی نام دارد، در حقیقت نشان‌دهنده نسبت سطح مقطع راهگاه بارریز به سطح مقطع راهبار به مجموع سطوح مقاطع راهباره‌ها می‌باشد و به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$A_S : A_R : A_G$$

که در آن: A_S سطح مقطع راهگاه بارریز، A_R سطح مقطع راهبار و A_G مجموع سطوح مقاطع راهباره‌ها می‌باشند.

هرچند در ریخته‌گری فلزات و آلیاژها، نسبت‌های راهگاهی مختلفی ممکن است مورد استفاده قرار گیرند ولی از جهت نوع رابطه میان سطوح مقاطع اجزای سیستم راهگاهی، این نسبت‌ها به دو گروه اصلی فشاری^۱ و غیرفشاری^۲ تقسیم می‌گردند. هرگاه در یک سیستم راهگاهی، مجموع سطوح مقاطع راهباره‌ها از سطح مقطع راهگاه بارریز کمتر باشد، سیستم از نوع فشاری و چنانچه عکس حالت یاد شده وجود داشته باشد، سیستم از نوع غیرفشاری است. با توجه به این تعریف، بدیهی است که در سیستم راهگاهی فشاری، همواره، فشاری در پشت مذاب وجود دارد. و حال آنکه در نوع غیرفشاری، فشار مذاب در راهگاه بارریز گرفته می‌شود و فشار قابل توجهی بر روی مذاب موجود در سیستم راهگاهی اعمال نمی‌گردد. در شکل ۹ این دو نوع سیستم راهگاهی به طور شماتیک نشان داده شده‌اند.



شکل ۹- انواع سیستم‌های راهگاهی

در جدول ۱ مزیت‌ها و محدودیت‌های سیستم‌های راهگاهی فشاری و غیرفشاری درج شده است. با توجه به موارد مندرج در جدول مذکور می‌توان چنین گفت که سیستم‌های راهگاهی فشاری برای فلزات آهنی، به‌ویژه چدن‌ها، مناسب می‌باشد، درحالی‌که در ریخته‌گری فلزات و آلیاژهای غیرآهنی مانند آلومینیم و منیزیم که تمایل زیاد به واکنش با هوا و گازها دارند، استفاده از سیستم‌های راهگاهی غیرفشاری مناسب می‌باشد. در مورد برنج‌ها و برنزها، براساس روش ریخته‌گری، نوع قطعه و تجربه ریخته‌گر، می‌توان از هر دو نوع سیستم‌های راهگاهی فشاری و غیرفشاری استفاده نمود.

جدول ۱- مزیت‌ها و محدودیت‌های سیستم‌های راهگاهی فشاری و غیرفشاری

سیستم راهگاهی غیرفشاری		سیستم راهگاهی فشاری	
محدودیت‌ها	مزیت‌ها	محدودیت‌ها	مزیت‌ها
۱] پرنبودن سیستم راهگاهی و در نتیجه امکان ورود هوا ۲] یکسان نبودن مقدار جریان مذاب از راهبره‌ها به داخل محفظه قالب ۳] کاهش راندمان ریختگی به دلیل مصرف حجم زیاد مذاب در سیستم راهگاهی	۱] ایجاد جریان آرام و با حداقل آشفتگی و تلاطم و در نتیجه کاهش عیب‌هایی مانند جذب گاز و هوا و شسته شدن قالب ۲] فرصت کافی برای جدا شدن (بالا آمدن) آخال و مواد ناخواسته	۱] ایجاد تلاطم و آشفتگی در مذاب به دلیل افزایش سرعت خطی مذاب و در نتیجه امکان شسته شدن قالب و جذب گاز ۲] عدم فرصت جدا شدن (بالا آمدن) آخال و مواد ناخواسته موجود در مذاب	۱] پرشدن سریع سیستم از مذاب و در نتیجه کاهش زمان تماس مذاب با هوای داخل سیستم ۲] جریان مذاب به یک اندازه از راهبره‌ها وارد محفظه قالب می‌شود. ۳] سهولت در جداسازی اجزای سیستم راهگاهی از قطعه ۴] افزایش راندمان تولید به دلیل حجم کم مذاب مصرفی در سیستم راهگاهی

در جدول ۲ نسبت‌های راهگاهی مربوط به برخی از فلزات و آلیاژهای صنعتی درج شده است.

جدول ۲- نسبت‌های راهگاهی مربوط به فلزات و آلیاژهای صنعتی

نسبت راهگاهی متداول $A_S:A_R:A_G$	نوع سیستم	فلز یا آلیاژ
۱:۲:۱/۵ ۱:۳:۳ ۱:۱:۰/۷ ۱:۲:۲ ۱:۲:۲	غیرفشاری غیرفشاری فشاری غیرفشاری -	فولاد
۱:۴:۴ ۱:۱/۳:۱/۱	غیرفشاری فشاری	چدن خاکستری
۱۰:۹:۸ ۱:۲:۲ ۴:۸:۳ ۱/۲:۱:۲	فشاری غیرفشاری فشاری غیرفشاری	(ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای خشک) چدن نشکن (ریخته‌گری در قالب پوسته‌ای به‌طور عمودی)
۱:۲:۴ ۱:۲:۱ ۱:۳:۳	غیرفشاری فشاری غیرفشاری	آلومینیم
۱:۱:۱ ۱:۱:۳	- غیرفشاری	برنج (آلیاژ مس - روی)



قالب‌گیری مدل دو تکه با سیستم راهگاهی فشاری

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱) مخلوط ماسه قالب‌گیری
- ۲) تجهیزات قالب‌گیری، ابزار قاشقی و ابزار پاشنه‌ای
- ۳) صفحه زیر درجه، درجه و کوبه
- ۴) پودر جدایش
- ۵) مدل دو تکه با سطح جدایش یکنواخت

مراحل انجام کار

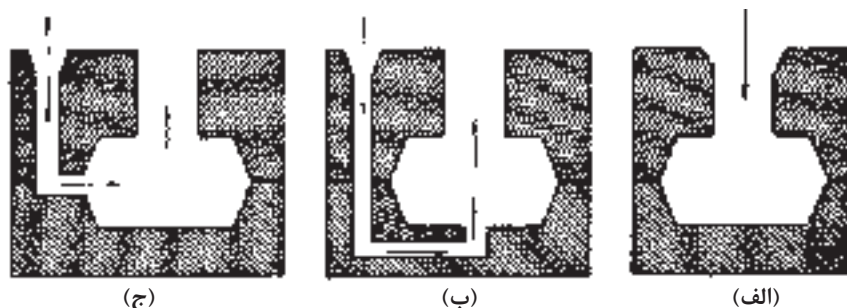
- ۱) مدل ۲ تکه را با توجه به فعالیت صفحه ۹۴ قالب‌گیری کنید.
- ۲) پس از قالب‌گیری ۲ لنگه سیستم راهگاهی از نوع فشاری ایجاد کنید.
- ۳) درجه‌ها را جفت کرده و آماده ذوب‌ریزی کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

روش‌های راهگاه‌گذاری (روش‌های تعبیه سیستم‌های راهگاهی)

براساس نوع فلز یا آلیاژ، شکل، ابعاد و وزن قطعه ریخته‌ریختگی و نیز مواد قالب، تعبیه سیستم راهگاهی ممکن است به سه طریق کلی نشان داده شده در شکل ۱۰ صورت گیرد.



شکل ۱۰- روش‌های راهگاه‌گذاری



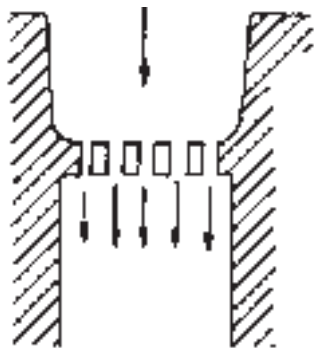
شکل ۱۱- روش راهگاه‌گذاری از بالا

روش راهگاه‌گذاری از بالا^۱

در این روش که انواع مختلف آن به‌طور شماتیک در شکل ۱۱ نشان داده شده است، مذاب از قسمت فوقانی، مستقیماً وارد محفظه قالب می‌شود.

با توجه به نحوه انتقال مذاب به داخل قالب، هنگام استفاده از چنین روشی، همواره باید به دو نکته اساسی توجه شود:

الف) به دلیل ریزش مستقیم مذاب و امکان تخریب قالب (کف)، قالب باید از استحکام کافی برخوردار باشد.
ب) به دلیل ایجاد جریانی آشفته و متلاطم، عیوبی همچون جذب هوا و گاز و نیز اکسید شدن فلز تشدید می‌گردد.



شکل ۱۲- راهبارة مدادی

قابل ذکر است که به منظور محافظت از سطوح قالب (شسته شدن ماسه) و نیز جلوگیری از ورود شلاکه مذاب به داخل آن، از طرح اصلاحی نشان داده شده در شکل ۱۲ استفاده می‌شود. همان گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، با قراردادن یک ماهیچه صافی (راهبارة مدادی)^۱ هم عمل شلاکه‌گیری صورت می‌گیرد و هم جداره‌های قالب به مقدار قابل توجهی از تخریب و شسته شدن حفظ می‌شوند. به هر حال برخلاف نکات مثبت یاد شده، به این نکته نیز باید توجه کرد که تحت چنین شرایطی، به دلیل تعدد جریان مذاب، جذب گاز و اکسایش مذاب نیز، تشدید می‌گردد.

با توجه به مطالب یاد شده، مزیت‌ها و محدودیت‌ها و نیز کاربرد روش راهگاه از بالا را می‌توان به صورت جدول ۳ خلاصه کرد:

جدول ۳- مزیت‌ها و محدودیت‌های روش راهگاه از بالا

مزیت‌ها	محدودیت‌ها	کاربرد
- سادگی سیستم راهگاهی - راندمان ریختگی بالا - ایجاد انجماد جهت‌دار از قطعه به سوی راهگاه و در نتیجه آن، تجمع حفره‌های انقباضی و آخال‌ها در راهگاه	- تخریب کف قالب در اثر ریزش مستقیم مذاب (مناسب نبودن برای ریخته‌گری آلیاژهای سنگین مانند چدن، فولاد و مس) - ایجاد ذرات اکسیدی در اثر برخورد مذاب با کف قالب و پرتاب شدن آن (نامناسب بودن برای ریخته‌گری فلزات و آلیاژهایی که تمایل زیادی به اکسایش دارند) - جذب گاز و هوا در اثر تلاطم زیاد مذاب	- ریخته‌گری در قالب‌های کوچک با ارتفاع کم ریزش مذاب - ریخته‌گری در قالب‌های با استحکام بالا مانند قالب‌های فلزی و قالب‌های ماسه‌ای سخت (قالب‌های تهیه شده با چسب‌های سدیم سیلیکات و سیمان) - ریخته‌گری قطعات چدنی با شکل ساده - ریخته‌گری استوانه‌های توخالی به طریق عمودی به صورت راهبارة مدادی - ریخته‌گری قطعاتی که دارای قسمت بزرگ و سنگینی در وسط خود هستند (مانند چرخ واگن‌های راه‌آهن)

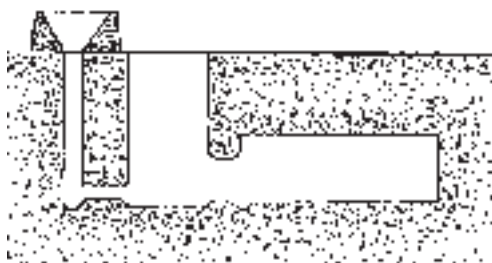
روش راهگاه‌گذاری از پایین در این روش، مذاب از پایین‌ترین نقطه قالب وارد آن می‌شود. به همین دلیل، مهم‌ترین ویژگی آن، ایجاد جریانی آرام و با حداقل تلاطم و آشفته‌گی از مذاب می‌باشد. در شکل ۱۳ انواع مختلف روش راهگاه از پایین به صورت ساده‌ای نشان داده شده است. برخلاف ویژگی یاد شده در این روش، به دلیل قرارگرفتن اولین مذاب (مذاب سردتر) در قسمت فوقانی (محل استقرار تغذیه)، انجماد مذاب، در شیب دمایی مناسب صورت نمی‌گیرد. از این رو تشکیل حفره‌های انقباضی در قطعات ریخته شده، اجتناب‌ناپذیر است. برای رفع این مشکل از راهگاه پله‌ای مطابق شکل ۱۴ استفاده می‌گردد. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود با ایجاد اتصالات بیشتر از راهگاه به قطعه، گرم‌ترین مذاب وارد تغذیه می‌شود و در نتیجه، انجماد قطعه به صورت جهت‌دار صورت می‌گیرد. قابل ذکر است که هنگام استفاده از تغذیه جانبی، کاربرد راهگاه از پایین، نتایج بسیار مطلوبی را به همراه خواهد داشت (شکل ۱۵).



شکل ۱۴- راهگاه پله‌ای



شکل ۱۳- دو نمونه از روش راهگاه‌گذاری از پایین (راهگاه شاخی)



شکل ۱۵- راهگاه زیرین در اتصال به تغذیه جانبی

قالب‌گیری مدل یک تکه پروانه با سطح جدایش غیر یکنواخت و سیستم راهگاهی از کف

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ مخلوط ماسه قالب‌گیری
- ۲ تجهیزات قالب‌گیری، ابزار قاشقی و ابزار پاشنه‌ای
- ۳ صفحه زیر درجه، درجه و کوبه
- ۴ پودر جدایش
- ۵ مدل یک تکه با سطح جدایش غیر یکنواخت

مراحل انجام کار

- ۱ مدل را به همراه راهگاه شاخ گاوی بر درجه زیرین قرار داده و قالب‌گیری کنید.
- ۲ پس از قالب‌گیری درجه زیرین و برگرداندن آن و قرار دادن درجه رویی و زدن پودر جدایش، لوله راهگاه را در محل مشخص قرار دهید.

فعالیت
کارگاهی



۳ درجه رویین را به ترتیبی که گفته شد قالب‌گیری کنید.

۴ پس از اتمام کار و خارج کردن مدل و لوله راهگاه شاخ گاوی، درجه‌ها را با همدیگر جفت کرده و آماده ذوب‌ریزی کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

به‌طوری که در شکل مشاهده می‌شود، به‌دلیل عبور مداوم مذاب از تغذیه، این قسمت در پایان بارریزی، گرم‌ترین قسمت قالب خواهد بود. بدیهی است در چنین شرایطی به دلیل ایجاد شیب دمایی مطلوب، انجماد قطعه به‌صورت جهت‌دار صورت می‌گیرد. با توجه به نکات یاد شده، مزیت‌ها و محدودیت‌های روش راهگاه از پایین را می‌توان به‌صورت جدول ۴ خلاصه کرد.

جدول ۴- مزیت‌ها، محدودیت‌ها و کاربرد روش راهگاه از پایین

مزیت‌ها	محدودیت‌ها	کاربرد
- کاهش اکسایش فلز و تخریب قالب - کاهش جذب هوا و گاز هنگام بارریزی - به دلیل ایجاد جریان آرام و با حداقل تلاطم از مذاب - صافی سطوح قطعات ریختگی - ایجاد انجماد جهت‌دار در صورت استفاده از راهگاه پله‌ای و یا استفاده از مواد عایق در تغذیه	- احتمال قطع شدن جریان و ناقص ماندن قسمت‌های فوقانی در صورت وقوع انجماد از پایین به طرف بالا. - ایجاد شیب دمایی نامناسب و فراهم‌نشدن شرایط برای ایجاد یک انجماد جهت‌دار (تشکیل حفره‌های انقباضی در قطعه)	- عموماً در ریخته‌گری قطعات فولادی - غالباً در ریخته‌گری قطعات بزرگ - در ریخته‌گری قطعات با استفاده از تغذیه جانبی



شکل ۱۶- روش راهگاه گذاری در سطح جدایش

روش راهگاه‌گذاری در سطح جدایش^۱

در این روش، مذاب مطابق شکل ۱۶ از ارتفاع کمتری (از سطح جدایش قالب) وارد محفظه قالب می‌شود و بنابراین، مشکلات مربوط به روش راهگاه‌گذاری از بالا کاهش می‌یابد.

مزیت‌ها و محدودیت‌های این روش از راهگاه‌گذاری را می‌توان به‌صورت جدول ۵ خلاصه کرد:

جدول ۵- مزیت‌ها، محدودیت‌ها و کاربرد روش راهگاه‌گذاری در سطح جدایش

مزیت‌ها	محدودیت‌ها	کاربرد
- سهولت تعبیه سیستم راهگاهی به دلیل قرارگرفتن آن در سطح جدایش - مفید بودن این روش، به هنگامی که ارتفاع قسمت‌زیری قالب زیاد نباشد - سهولت اتصال راهگاه به تغذیه و در نتیجه انجماد جهت‌دار و تهیه قطعه‌ای با کیفیت مطلوب - صرفه‌جویی در فلز مصرفی در سیستم راهگاهی در اثر اتصال راهگاه به قطعه توسط تغذیه	- ایجاد جریان مذابی با تلاطم و آشفتگی زیاد در صورتی که ارتفاع قسمت‌زیری قالب زیاد باشد. (تخریب قالب و جذب هوا و گاز)	- به دلیل ایجاد تلاطم در قسمت‌زیری قالب و در نتیجه باقی ماندن ذرات اکسیدی و ناخالصی‌های دیگر در مذاب، این روش برای ریخته‌گری آلیاژهای غیرآهنی مناسب نیست. - در ریخته‌گری قطعات چدنی و به‌ویژه در مواردی که ارتفاع قسمت‌زیری قالب کم باشد، این روش مناسب است.

سیستم‌های راهگاهی مرکب^۱ (چندتایی)

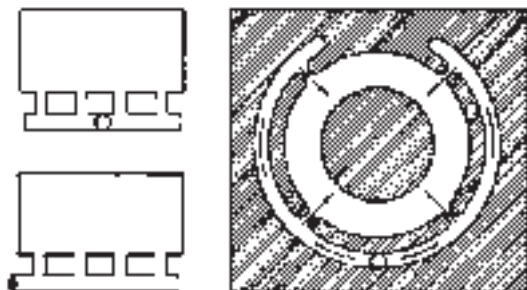
هرچند استفاده از روش‌های راهگاه‌گذاری بیان شده در قسمت‌های گذشته (استفاده از یک مجرا برای انتقال مذاب به داخل قالب) در ریخته‌گری قطعات کوچک بسیار متداول است ولی در تهیه قطعات ریخته‌گری بزرگ، استفاده از این روش‌ها مشکلاتی را به‌دنبال دارد که تولید قطعات سالم و با کیفیت مطلوب را محدود می‌سازد.

علت این موضوع را می‌توان چنین بیان کرد

۱ حرارت زیاد جداره راهباره در محل اتصال آن به قطعه، موجب تخریب قالب در این محل گردیده، در نتیجه مسأله مذاب‌رسانی قطعه مختل می‌شود.

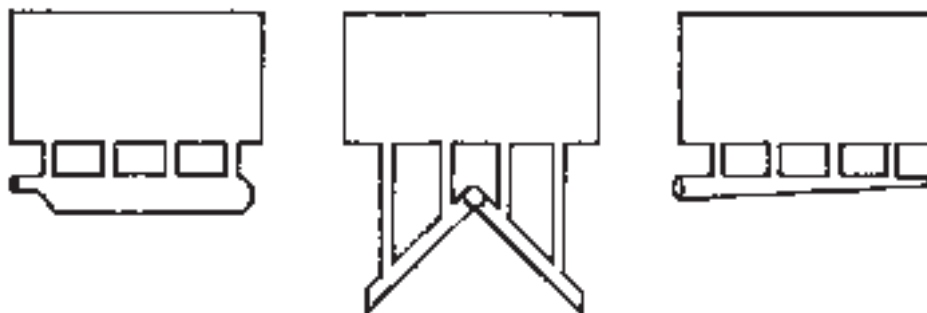
۲ به دلیل طولانی بودن مسیر جریان مذاب در محفظه قالب، پر شدن آن به‌طور مطلوبی صورت نمی‌گیرد. مشکلات یاد شده با استفاده از یک سیستم راهگاهی پیچیده‌تر که در آن، مذاب از طریق چند راهباره مجزا

به قسمت‌های مختلف قالب هدایت می‌شود، به‌خوبی حل می‌گردد. این راهگاه‌ها که در ساخت و ایجاد آنها ممکن است یکی از انواع راهگاه‌های ساده (راهگاه از بالا، راهگاه از پایین و راهگاه در سطح جدایش) مورد استفاده قرار گیرد، راهگاه‌های مرکب نامیده می‌شوند و به دو صورت به کار می‌روند. در شکل ۱۷ انواع مختلف از راهگاه‌های مرکب افقی، به‌طور شماتیک نشان داده شده است.

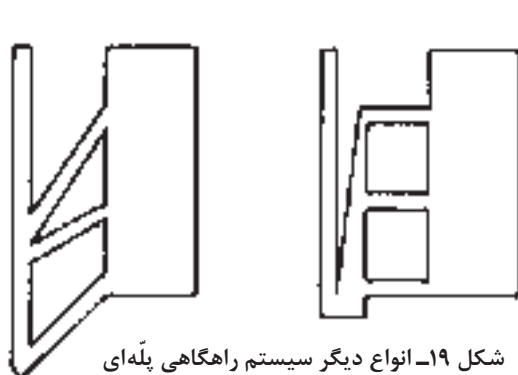


شکل ۱۷- انواع راهگاه‌های مرکب

از مسائل مهم در طراحی این راهگاه‌ها، آگاهی از مقدار مذاب ورودی از هریک از راهبارها به داخل محفظه قالب است. با توجه به اهمیت ورود یکنواخت مذاب از راهبارها به داخل محفظه قالب، طراحی این سیستم‌ها باید مطابق شکل ۱۸ اصلاح گردد.



شکل ۱۸- طرح‌های اصلاحی برای ورود یکنواخت مذاب به محفظه قالب در راهگاه‌های مرکب



شکل ۱۹- انواع دیگر سیستم راهگاهی پله‌ای

همان‌گونه که اشاره گردید نوع دیگر راهگاه‌های مرکب، نوع عمودی آن است که به سیستم راهگاهی پله‌ای^۱ موسوم می‌باشد. در شکل‌های ۱۴ و ۱۹ انواع مختلف این نوع از سیستم راهگاهی نشان داده شده است. مزیت‌ها و محدودیت‌های این نوع سیستم در قسمت‌های گذشته توضیح داده شد. به‌طور کلی مشخصات سیستم‌های راهگاهی مرکب را می‌توان به‌صورت جدول ۶ خلاصه کرد.

جدول ۶- مزیت‌ها، محدودیت‌ها و کاربرد سیستم‌های راهگاهی مرکب

مزیت‌ها	محدودیت‌ها	کاربرد
- با توجه به این که در یک سیستم راهگاهی مرکب، از کدام یک از انواع راهگاه‌های فرعی (راهگاه از بالا، راهگاه از پایین و راهگاه در سطح جدایش) استفاده شده باشد، از مزیت‌های مربوط به آن راهگاه برخوردار خواهد بود. - سیستم‌های مرکب با طرح‌های مختلف می‌توانند کلیه محدودیت‌ها و نارسایی‌های سیستم ساده را نیز برطرف نمایند. - امکان ایجاد انجمادی یکنواخت	- مشکل بودن ساخت و ایجاد این سیستم‌ها (مشکل تکنولوژیکی)	- برای ریخته‌گری قطعات بزرگ و پیچیده - با توجه به شکل و اندازه قطعه می‌توان از سیستم راهگاهی پله‌ای یا افقی استفاده کرد.



قالب‌گیری مدل یک تکه با سیستم راهگاهی غیر فشاری برای مدل‌های مدور

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱) مخلوط ماسه قالب‌گیری
- ۲) تجهیزات قالب‌گیری، ابزار قاشقی و ابزار پاشنه‌ای
- ۳) صفحه زیر درجه، درجه و کوبه
- ۴) پودر جدایش
- ۵) مدل یک تکه با سطح جدایش یکنواخت

مراحل انجام کار

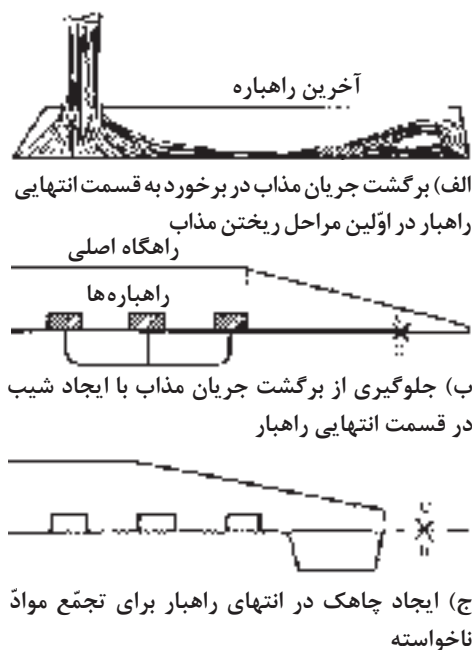
- ۱) مدل یک تکه مدور را قالب‌گیری کنید.
- ۲) پس از قالب‌گیری ۲ لنگه سیستم راهگاهی از نوع مرکب و غیر فشاری ایجاد کنید.
- ۳) درجه‌ها را جفت کرده و آماده ذوب‌ریزی کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

روش‌های آخال‌گیری در سیستم‌های راهگاهی

همان‌طور که قبلاً بیان شد، یکی از وظایف و نقش‌های بسیار مهم سیستم‌های راهگاهی، قابلیت آخال‌گیری آنهاست. با وجود این، حتی با انتخاب بهترین سیستم‌های راهگاهی، ورود شلاکه و مواد ناخواسته دیگر به محفظه قالب اجتناب‌ناپذیر است. این مواد ناخواسته ممکن است از کوره‌های ذوب، پاتیل‌ها، دراثر ریخته‌گری نادرست و نیز طراحی نامناسب سیستم راهگاهی ناشی گردند. اصولاً جداسازی مواد ناخواسته از مذاب، یا براساس اختلاف وزن مخصوص میان این مواد و فلز مذاب صورت می‌گیرد و یا این که برای این کار از صافی (فیلتر) استفاده به عمل می‌آید.

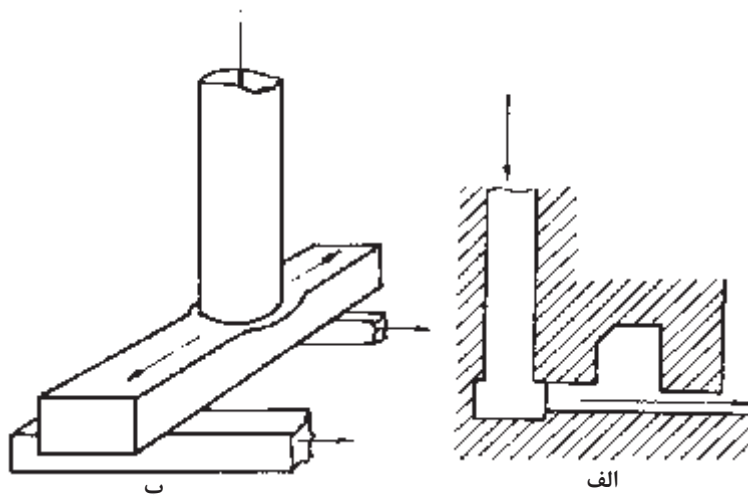


شکل ۲۰

روش‌های جداسازی مواد ناخواسته براساس اختلاف در وزن مخصوص

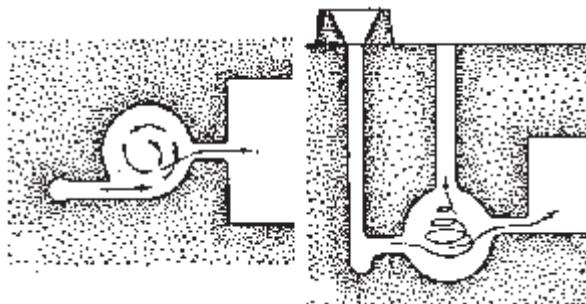
الف) استفاده از کانال ممتد: به طوری که اشاره گردید، راهگاه اصلی (راهبار) معمولاً بعد از محل آخرین راهبارها از دو طرف کمی امتداد داده می‌شود. با ایجاد چنین کانالی، اولین مذاب که معمولاً مواد ناخواسته بیشتری را با خود حمل می‌کند، بنابر تمایل طبیعی جریان مذاب به ادامه حرکت در مسیری مستقیم، در این محل قرار می‌گیرد که در صورت تداوم عمل بارریزی و نیز استفاده از طرحی مناسب در این قسمت، این مذاب فرصت برگشت و ورود به داخل محفظه قالب را نخواهد داشت. این موضوع در شکل ۲۰ به خوبی مشاهده می‌شود.

ب) استفاده از موانع و گلوبی در سیستم راهگاهی: همان‌گونه که در شکل ۲۱ مشاهده می‌شود با اعمال روش‌هایی مانند ایجاد محفظه‌هایی به نام تله^۱ در راهبار (الف)، تعبیه راهبار در قسمت بالای قالب و راهبارها در قسمت پایین آن (ب) و نیز قراردادن مانع یا سد و توپی در حوضچه می‌باشد. در این جا یادآوری این نکته ضروری است که استفاده از حالت (ب) هنگامی مفید است که مواد ناخواسته، نسبت به مذاب سبک‌تر بوده، درعین حال، سیستم راهگاهی نیز از نوع فشاری باشد. به‌همین دلیل، این روش‌ها را می‌توان تنها برای فلزات آهنی و بعضی از آلیاژهای مس که دارای شرایط یاد شده هستند، به‌خوبی به‌کار برد.



شکل ۲۱- روش‌های دیگر برای جلوگیری از ورود آخال‌ها و مواد ناخواسته به‌داخل محفظه قالب

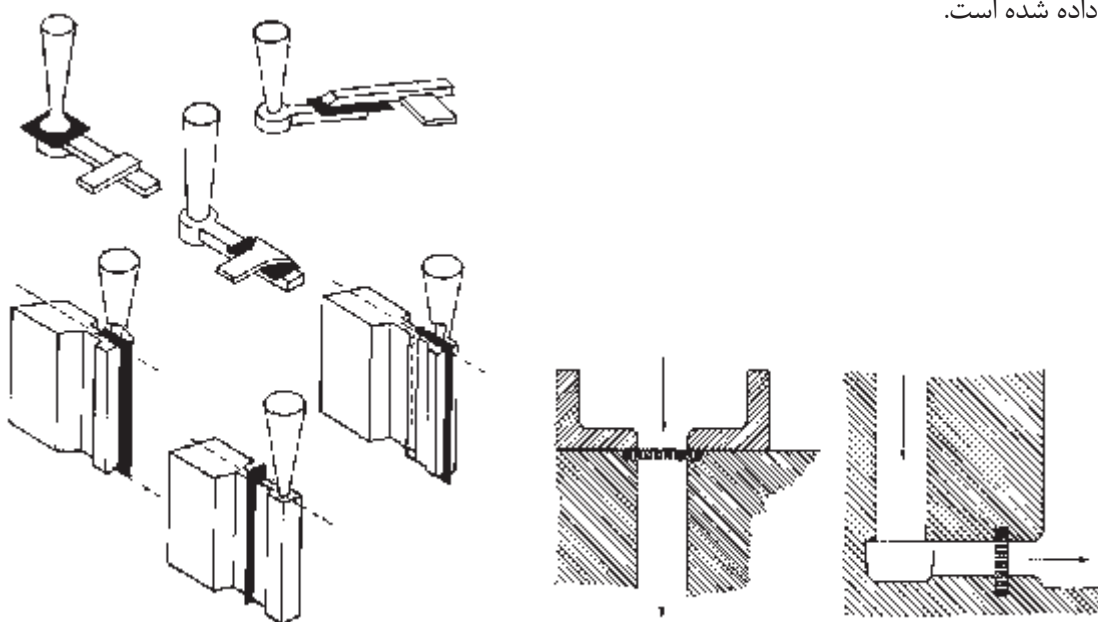
ج) استفاده از راهگاه‌های گردابی: با استفاده از این نوع راهگاه‌ها که نمونه‌ای از آن به‌طور شماتیک در شکل ۲۲ نشان داده شده است، می‌توان به‌طور مؤثری مواد ناخواسته موجود در مذاب را از آن جدا نمود. در این روش، مواد ناخواسته، در اثر ایجاد نیروی جانب به مرکز در سطح مذاب جمع شده، به‌داخل کانالی که در بالای محفظه گردابی تعبیه شده است رانده می‌شوند.



شکل ۲۲- راهگاه گردابی

استفاده از صافی (فیلتر)

جداسازی مواد ناخواسته با استفاده از روش‌هایی که تاکنون بیان گردید، مستلزم سبک‌تر بودن این مواد در مقایسه با مذاب و در نتیجه، قابلیت شناور شدن آنها در مذاب بوده است. بنابراین، طبیعی است که این گونه روش‌ها در ریخته‌گری آلیاژهای سبک که در آنها مواد ناخواسته معمولاً دارای شرایط یاد شده نیستند، از کارایی مطلوبی برخوردار نخواهند بود. از این‌رو در ریخته‌گری این آلیاژها، علاوه بر رعایت اصول کلی بیان شده، از فیلترهای تصفیه و توری‌های سیمی در قسمت‌های مختلف سیستم راهگاهی استفاده می‌شود. در شکل ۲۳ نمونه‌هایی از کاربرد ماهیچه صافی (الف) و توری‌های سیمی (ب) در قسمت‌های مختلف سیستم راهگاهی نشان داده شده است.



ب) استفاده از توری‌های سیمی

الف) استفاده از ماهیچه صافی

شکل ۲۳- استفاده از صافی (فیلتر) در قسمت‌های مختلف از سیستم راهگاهی

قالب‌گیری مدل یک تکه با سیستم راهگاهی غیر فشاری و استفاده از صافی و فیلتر در سیستم راهگاهی

مواد و وسایل مورد نیاز :

- ۱ مخلوط ماسه قالبگیری
- ۲ تجهیزات قالب‌گیری، ابزار قاشقی و ابزار پاشنه‌ای
- ۳ صفحه زیر درجه، درجه و کوبه
- ۴ پودر جدایش
- ۵ مدل یک تکه با سطح جدایش یکنواخت

مراحل انجام کار

- ۱ مدل یک تکه فعالیت کارگاهی صفحه ۱۱۰ را قالب‌گیری کنید.
- ۲ پس از قالب‌گیری ۲ لنگه و قبل از جفت نمودن ۲ لنگه در سیستم راهگاهی از فیلتر و صافی استفاده کنید.
- ۳ درجه‌ها را جفت کرده و آماده ذوب ریزی کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

خشک کردن و جفت کردن دو نیمه قالب

قالب‌های تهیه شده به روش ماسه‌تر را به منظور تولید قطعه‌های بزرگ و نیز بهبود بخشیدن به برخی خاصیت‌های قطعه‌های ریختگی خشک می‌کنند. در صنعت، قالب‌ها را براساس میزان خشک کردن به دو صورت خشک کردن سطحی و کاملاً خشک، تقسیم می‌کنند.

■ **قالب‌های خشک شده سطحی:** قالب‌هایی هستند که فقط لایه‌ای از سطح آنها به عمق کم خشک شده باشند. قالب‌های بزرگ و قالب‌های یک تا زمین معمولاً به صورت سطحی خشک می‌شوند و بلافاصله بارریزی صورت می‌گیرد تا از نفوذ رطوبت جلوگیری به عمل آید. در این روش معمولاً قالب‌ها توسط مشعل خشک می‌شوند و عمق لایه خشک شده کمتر از ۱۲ میلی‌متر است.

■ **قالب‌های ماسه‌ای کاملاً خشک:** به قالب‌هایی اطلاق می‌گردد که حداقل عمق ماسه خشک شده آنها از ۱۲ میلی‌متر بیشتر باشد و عموماً عاری از رطوبت‌اند. در این روش اصولاً قالب‌ها با همان شرایط روش ماسه‌تر تهیه می‌شوند و سپس در کوره‌های مخصوص در درجه حرارت ۱۵۰ تا ۳۷۰ سلسیوس به مدت ۸ تا ۴۸ ساعت خشک می‌شوند. زمان و درجه حرارت خشک کردن بستگی به چسب، رطوبت قالب و نیز عمق لایه خشک شده دارد. با کمک این روش می‌توان قطعه‌های ریختگی متوسط تا بزرگ نظیر غلتک‌های بزرگ، چرخ‌دنده‌ها و پوسته‌های قطعات ماشینی را تولید نمود.

روش خشک کردن سطح قالب ماسه‌ای تر

برای خشک کردن سطح قالب ماسه‌ای معمولاً از مشعل گازی استفاده می‌شود. به طوری که شعله مشعل به صورت ملایم به سمت سطح قالب قرار داده می‌شود و این عمل در زمان مناسب جهت خشک کردن لایه سطحی قالب انجام می‌شود. چنانچه به اعمال پوشان در روی سطح قالب نیاز نباشد، دو نیمه قالب بلافاصله پس از خشک کردن جفت می‌شوند و بارریزی انجام می‌گیرد. در غیر این صورت مجدداً رطوبت هوا جذب قالب می‌گردد.

تذکر: چنانچه قالب، خشک نشده باشد، هنگام بارریزی رطوبت موجود در ماسه به طور سریع تبخیر می‌شود و به پاشیدن مذاب به اطراف و در نتیجه آسیب رساندن به اطرافیان و معیوب شدن قطعه منجر می‌گردد.

پوشش قالب ماسه‌ای

مشخصات فلز مذاب، به ویژه هنگامی که از درجه حرارت بالا وارد قالب می‌شود، به گونه‌ای است که ممکن است فعل و انفعالات فیزیکی و شیمیایی میان مذاب و مواد قالب یا ماهیچه را به دنبال داشته باشد و از تولید قطعه سالم و بدون عیب جلوگیری نماید. بنابراین بدیهی است که برای جلوگیری از ایجاد عیوب سطحی در قطعه ریختگی باید به طریقی از انجام فعل و انفعال میان فلز مذاب و قالب یا ماهیچه ممانعت به عمل آورد. مناسب‌ترین روش برای جلوگیری از عیوب سطحی، پوشش دادن سطوح قالب و ماهیچه با مواد دیرگداز معینی است که ضمن اقتصادی بودن، از تماس فلز مذاب با قالب و ماهیچه و در نتیجه انجام دادن فعل و انفعالات فیزیکی شیمیایی میان آنها جلوگیری می‌نماید.

مواد پوشش در قالب‌های ماسه‌ای تر

به طور کلی مواد پوشش قالب و ماهیچه را می‌توان به دو گروه جامد و مخلوط مایع تقسیم نمود. مواد پوششی جامد، که بیشتر در قالب ماسه‌ای تر به کار می‌روند، شامل مواد دیرگدازی همچون مواد سیلیکاتی، مواد کربنی و مواد اکسیدی است. این مواد با استفاده از غربال‌های بسیار ریز یا کیسه پودر به سطح قالب پاشیده می‌شود، یا با ابزار و وسایل مخصوص به سطح قالب پوشش داده می‌شود و پودر اضافی توسط فوتک یا هوای فشرده از محفظه قالب خارج می‌گردد. یادآوری می‌شود، پس از پوشش دادن قالب با این روش، لازم است مدل مجدداً درون محفظه قالب قرار داده شود تا قسمت‌های ظریف و پستی و بلندی‌های مدل در داخل قالب از بین نرود.

مواد پوششی مخلوط مایع اصولاً در قالب‌های ماسه‌ای خشک و نیز ماهیچه‌ها به کار می‌رود. روش‌های پوشش دادن قالب توسط مواد پوششی مخلوط مایع را می‌توان به سه دسته اصلی تقسیم نمود، که عبارت‌اند از پوشش با استفاده از قلم مو و اسفنج، روش پاشیدن و روش غوطه‌وری. روش غوطه‌وری برای پوشش دادن ماهیچه‌ها به کار می‌رود.

استفاده از صافی یا فیلتر

جداسازی مواد ناخواسته با استفاده از کانال ممتد، موانع و گلولی در سیستم راهگاهی و راهگاه‌های گردابی مستلزم سبک‌تر بودن این مواد در مقایسه با مذاب و در نتیجه قابلیت شناور شدن آنها در مذاب است. بنابراین طبیعی است که این‌گونه روش‌ها در ریخته‌گری آلیاژهای سبک، که در آنها مواد ناخواسته معمولاً شرایط یاد شده را ندارند، از کارایی مطلوبی برخوردار نخواهند بود. از این رو در ریخته‌گری این آلیاژها، علاوه بر رعایت اصول کلی بیان شده، از فیلترهای تصفیه و توری‌های سیمی در قسمت‌های مختلف سیستم راهگاهی استفاده می‌شود تا صرفاً مذاب عاری از مواد ناخواسته وارد محفظه قالب گردد.

جفت کردن و محکم کردن دو نیمه قالب

پس از قرار دادن ماهیچه در قالب (در صورت وجود)، نیمه رویی قالب کنترل می‌شود تا از باز بودن مسیر راهگاه اطمینان حاصل گردد. سپس نیمه رویی قالب به طور صحیح روی نیمه زیرین قالب قرار داده می‌شود، آن چنان که بین‌های دو درجه دقیقاً در محل خود قرار گیرند تا از آسیب رسیدن به قالب و ماهیچه و در نهایت به قطعه ریختگی جلوگیری شود. پس از قرار دادن دو نیمه قالب روی هم باید از جفت شدن دو نیمه قالب بر روی هم اطمینان حاصل شود. در غیر این صورت مذاب از بین دو نیمه قالب به بیرون خارج می‌شود و در نتیجه قطعه ریختگی معیوب خواهد شد. پس از جفت شدن صحیح دو نیمه قالب، آنها به وسیله چفت و بست یا وزنه گذاری دو نیمه قالب محکم می‌شوند تا از بلند شدن نیمه رویی قالب در هنگام بارریزی به علت فشار ناشی از مذاب و گازهای حاصل جلوگیری به عمل آید. در غیر این صورت مذاب از فصل مشترک دو نیمه قالب خارج می‌شود و قطعه ریختگی معیوب و ناقص خواهد شد. از طرف دیگر ممکن است به علت خروج ناگهانی مذاب از قالب، افراد دچار آسیب شوند.

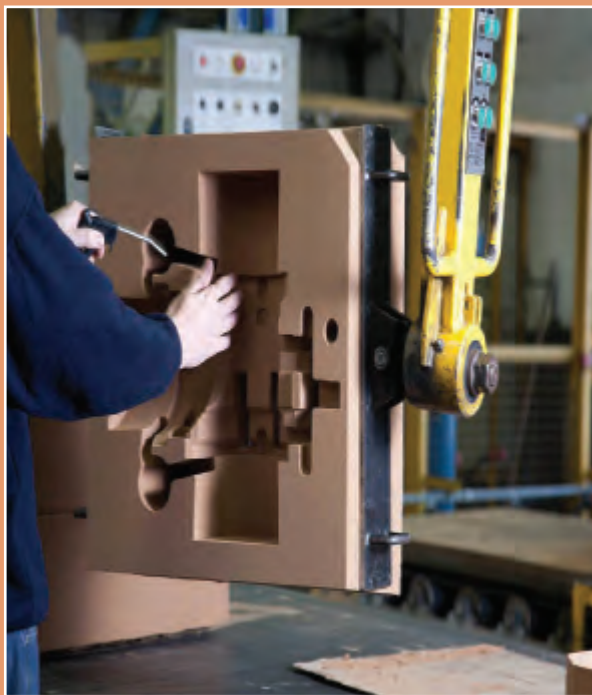
ارزشیابی واحد یادگیری ۲: طراحی اجزاء سیستم راهگاهی

شرح کار: پس از قالب‌گیری مدل دو تکه ساده در دو مرحله ابتدا سیستم راهگاهی فشاری و سپس سیستم راهگاهی غیر فشاری را بر روی قالب اجرا کنید.			
استاندارد عملکرد: اجرای سیستم راهگاهی فشاری و غیر فشاری بر روی قالب شاخص‌ها: ۱- آماده‌سازی مخلوط ماسه‌تر ۲- کنترل میزان رطوبت مجاز به صورت تجربی ۳- قالب‌گیری مدل چند تکه			
شرایط انجام کار: ۱- محیط کارگاهی ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس ۳- تهویه استاندارد و دمای $20^{\circ}\text{C} \pm 3$ ۴- اندازه‌ها براساس استاندارد ۵- وسایل ایمنی استاندارد ۶- ابزار و تجهیزات استاندارد مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب بنتونیت، آب پاش، بیل ریخته‌گری، سرنده، سرنده برقی، مدل‌سندان کفشی، پودر جدایش، درجه، زیر درجه، کوبه و سایر وسایل و تجهیزات قالب‌گیری و ریخته‌گری			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی مخلوط ماسه‌تر	۱	
۲	قالب‌گیری مدل چند تکه	۱	
۳	کنترل میزان کوبش درجه زیرین و رویی	۲	
۴	اجرای سیستم راهگاهی فشاری بر قالب	۲	
۵	اجرای سیستم راهگاهی غیر فشاری بر قالب	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: ۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه ۴- رعایت دقت و نظم		۲	
میانگین نمرات**			
* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و نمره مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			



پودمان سوم

قالب‌گیری به روش CO_2



یکی از روش‌های ساخت قالب‌های ماسه‌ای استفاده از روش CO_2 است. در این روش مخلوط ماسه قالب‌گیری با افزودن چسب سدیم سیلیکات و مخلوط کردن آن در میکسرهای ماسه آماده شده و سپس مخلوط آماده شده به عنوان ماسه قالب‌گیری استفاده می‌گردد. پس از قالب‌گیری با دمش گاز CO_2 به مدت زمان محدود، سبب خودگیری و سخت شدن مخلوط ماسه قالب‌گیری می‌شود. از مزایای این روش عدم وجود رطوبت در مخلوط ماسه قالب‌گیری است که مشکلات وجود رطوبت در قالب به طور کامل حذف می‌شود و همچنین سرعت تولید در این روش بالا است.

واحد یادگیری ۱: آماده سازی مخلوط ماسه قالب گیری CO₂

قالب گیری به روش CO₂ یکی از روش های سنتی و پرکاربرد در صنعت ریخته گری است که از ماسه های سیلیسی همراه با چسب سدیم سیلیکات استفاده می شود. از این روش به ویژه برای تولید قطعات با تیراژ متوسط و در کارگاه های کوچک و متوسط استفاده می شود. در این واحد یادگیری شناخت چسب سدیم سیلیکات و نحوه سخت شدن چسب با گاز CO₂ و روش مخلوط کردن چسب با ماسه توسط مخلوط کن و انواع دستگاه مخلوط کن توضیح داده می شود.

استاندارد عملکرد

تهیه مخلوط قالب گیری چسب سدیم سیلیکات و گاز CO₂ با استفاده از مخلوط ماسه، چسب و گاز CO₂ براساس استانداردها و دستورالعمل های مربوطه

عملیات ذوب و ریخته‌گری

فعالیت کلاسی



به شکل قطعات زیر توجه کنید:

شماره	۱	۲	۳	۴	۵
شکل					

- آیا قطعات با کیفیت سطحی بالا و دقت ابعادی و پیچیدگی زیاد را می‌توان به روش ماسه‌تر تولید کرد؟
- برای ایجاد فضاهای خالی درون قطعه ریختگی چه روشی وجود دارد؟

هنگامی که در ریخته‌گری قطعات، قالب‌هایی با استحکام بالا و باکیفیت سطحی مناسب مورد نیاز باشد از فرایند قالب‌گیری CO_2 (کربن دی‌اکسید) استفاده می‌شود. در فرایند قالب‌گیری به روش CO_2 به جای استفاده از خاک رس از سدیم سیلیکات به‌عنوان چسب استفاده می‌شود و قالب را توسط گاز CO_2 خشک و استحکام‌دهی می‌کنند.

در حالت ماشینی قالب با سرعت زیاد و در مدت چند دقیقه تولید می‌شود.

قالب‌گیری CO_2 به‌صورت دستی و ماشینی قابل انجام است.

در صورتی که خط جدایش قالب افقی باشد با بهره‌گیری از وزنه روی قالب و در صورتی که خط جدایش عمودی (قالب کتابی) باشد با استفاده از گیره پیچ دستی، دو نیمه قالب را به هم محکم می‌کنند و عملیات بارریزی را انجام می‌دهند.

روش CO_2 برای تمام آلیاژهای معمول ریختگی نظیر مس، آلومینیوم، منیزیم و به‌طور وسیع فولادها و چدن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین این روش قابلیت تولید قطعاتی با وزن کمتر از یک کیلوگرم تا چندین تن را دارا می‌باشد (شکل ۱).



ج) محصول نهایی

ب) دمش گاز CO_2 جهت استحکام بخشی قالب

الف) قالب‌گیری

شکل ۱- روش قالب‌گیری CO_2 - دستی و قطعه ریختگی چدنی پوسته پمپ حلزونی ۲۰ تنی



مزایا و معایب روش قالب‌گیری CO₂ نسبت به ماسه^۱ تر را بررسی کنید.

■ ماسه‌های قالب‌گیری CO₂ (با چسب سدیم سیلیکات)

سدیم سیلیکات هیدراته (با نام متداول «آب شیشه» از اواسط قرن گذشته به‌عنوان چسب ماسه‌های قالب‌گیری مورد استفاده قرار گرفته است. ماسه‌های قالب‌گیری با آب شیشه جزء گروه ماسه‌های قالب‌گیری سازگار با محیط‌زیست هستند. آب شیشه در بسیاری از موارد جایگزین چسب‌های بر پایه روغن بزرک یا محصولات نفتی شده است. این امر به‌دلیل کاهش انتشار آلاینده‌ها، به‌طور قابل‌توجهی به بهبود محیط کار کمک کرده است.

برای سال‌های متمادی، در عمل، از دو فناوری ماسه قالب‌گیری با استفاده از آب شیشه به‌عنوان چسب استفاده می‌شد: ماسه‌های سخت شده توسط سخت‌کننده مایع (فناوری خودگیر) و ماسه‌های سخت شده توسط CO₂ (فناوری جعبه سرد^۱). مزایای مسلم ماسه‌های با سدیم سیلیکات به‌عنوان چسب عبارت‌اند از: عدم وجود بوی نامطبوع، انتشار کم دود در هنگام ریختن مذاب، عدم انتشار مواد مضر و قابلیت ماهیچه‌سازی خوب. علاوه بر این، قیمت ماسه‌های قالب‌گیری با سدیم سیلیکات کمتر از ماسه‌های قالب‌گیری با چسب‌های شیمیایی است.

ماسه‌های با سدیم سیلیکات قابلیت تخریب کمتری نسبت به ماسه‌های با چسب‌های شیمیایی دارند، بازیابی ضعیف‌تری دارند، حساسیت قابل‌توجهی به رطوبت دارند، عمر مفید کوتاهی دارند و استحکام چسبندگی دانه‌های ماسه کمتر است. اخیراً، به‌دلیل الزامات سختگیرانه‌تر حفاظت از محیط‌زیست، سدیم سیلیکات به‌عنوان چسب، دوران تجدید حیات را تجربه می‌کند. به منظور حذف یا محدود کردن خواص نامطلوب ماسه‌های با سدیم سیلیکات، آنها با ترکیبات آلی یا معدنی اصلاح می‌شوند یا از سخت شدن به‌وسیله عوامل فیزیکی استفاده می‌شود. پارامترهای فیزیکی - شیمیایی سدیم سیلیکات، به‌ویژه ماسه سیلیسی با خلوص بالا، مانند ترشوندگی و استحکام چسبندگی، به‌طور قابل‌توجهی بر استحکام ماسه قالب‌گیری تأثیر می‌گذارند و هم‌زمان به بهبود تخریب کمک می‌کنند. در نتیجه این عملیات، می‌توان میزان افزودن سدیم سیلیکات را کاهش داد.

سخت شدن چسب‌ها در ماسه‌های قالب‌گیری با سدیم سیلیکات به‌طور سنتی یا توسط مخلوطی از سخت‌کننده‌های شیمیایی مایع یا با دمیدن CO₂ انجام می‌شود. فناوری‌های ماسه با سدیم سیلیکات سخت شده توسط عوامل فیزیکی (مانند گرمایش) که تاکنون کمتر مورد استفاده قرار می‌گرفتند، در حال حاضر کاربردهای بیشتری پیدا کرده‌اند. این روش سخت شدن، در مقایسه با روش‌های کلاسیک، مزایای متعددی دارد، به‌عنوان مثال اقتصادی بودن که نتیجه کاهش مصرف انرژی (حتی تا ۱۰۰ برابر)، کاهش افزودن چسب (۱/۵-۲/۵٪) و کوتاه شدن فرایند سخت شدن (حتی ۱۰۰ برابر) است. علاوه بر این، کاهش افزودن چسب باعث کاهش استحکام فشاری نهایی و بهبود بازیابی ماسه‌های قالب‌گیری و ماهیچه‌سازی می‌شود. استفاده از گرمایش میکروویو باعث کاهش استحکام فشاری نهایی ماسه‌ها در حدود یک سوم در مقایسه با ماسه سدیم سیلیکات سخت شده توسط مخلوطی از سخت‌کننده‌ها می‌شود. مقررات سختگیرانه‌تر در مورد حفاظت از محیط‌زیست، کارخانه‌های ریخته‌گری را مجبور به کاهش کسر ماسه‌های قالب‌گیری با چسب‌های

۱- Cold box

شیمیایی می‌کند. به دلیل پارامترهای استحکام بالای ماسه‌های قالب‌گیری با سدیم سیلیکات سخت شده حرارتی و آسیب کم آنها به محیط زیست، آنها می‌توانند رقیب ماسه‌های با چسب‌های شیمیایی شوند. در مورد ماهیچه‌های با چسب‌های معدنی بر پایه سدیم سیلیکات، مقاومت کم آنها در برابر رطوبت مشکل ساز است. واکنش سخت شدن سدیم سیلیکات (به عنوان مثال، ناشی از افزایش دما) تا حد زیادی برگشت پذیر است. بسته به شرایط جوی موجود در کارخانه‌های ریخته‌گری یا در انبارهای ماسه‌های قالب‌گیری و ماهیچه‌ها، معکوس شدن فرایند پیوند متقابل سیلیکات می‌تواند رخ دهد و در نتیجه، ماهیچه‌ها یا قالب‌ها استحکام خود را از دست می‌دهند و سریع‌تر آسیب می‌بینند (به عنوان مثال، ترک خوردن). از این امر می‌توان با نگهداری ماهیچه در مکان‌های خشک جلوگیری کرد، اما این امر همیشه در شرایط کارخانه ریخته‌گری امکان پذیر نیست. بنابراین در حال حاضر، در ماسه‌های با چسب‌های معدنی بر پایه سدیم سیلیکات، از افزودنی‌های خاصی (به اصطلاح فعال کننده‌ها) استفاده می‌شود که به طور قابل توجهی واکنش معکوس پیوند متقابل سیلیکات را به تأخیر می‌اندازند و باعث مقاومت بیشتر این ماسه‌ها در برابر رطوبت می‌شوند. سدیم سیلیکات می‌تواند به صورت جامد یا به صورت محلول در آب، که به «آب شیشه» معروف است، وجود داشته باشد. ترکیب شیمیایی عمومی سدیم سیلیکات هیدراته، به صورت زیر قابل نمایش است:



■ سخت شدن ماسه‌های قالب‌گیری با سدیم سیلیکات

– برگشت‌ناپذیر (سخت شدن شیمیایی): سخت شدن تحت تأثیر CO₂ یا مخلوطی از استرها.
 – برگشت‌پذیر (سخت شدن فیزیکی): سخت شدن از طریق از دست دادن رطوبت ساختاری مانند خشک شدن با هوای گرم (جعبه گرم، جعبه داغ) و سخت شدن با امواج مایکروویو.

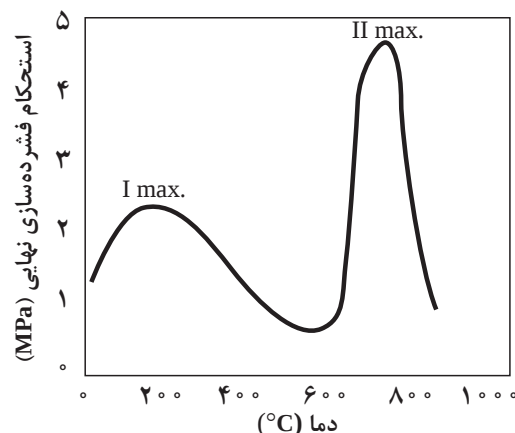
■ ماسه‌های قالب‌گیری و ماهیچه‌گیری سخت شده توسط عوامل شیمیایی

سیستم سدیم سیلیکات / CO₂: این فرایند مزایای متعددی دارد: ارزان، کاربرد آسان، طبیعی و سازگار با محیط زیست. با این حال، معایبی نیز دارد: تراکم‌پذیری ضعیف، خواص مکانیکی ضعیف، مقاومت کم در برابر رطوبت و قابلیت بازیابی ضعیف. این ویژگی‌های نامطلوب باعث افزایش هزینه‌های ریخته‌گری و کاهش علاقه به این فناوری می‌شود. قالب‌ها تنها پس از خشک شدن به استحکام کامل خود می‌رسند. قالب‌های تولید شده با استفاده از سدیم سیلیکات سخت شده توسط CO₂ به حداکثر استحکام تئوری دست نمی‌یابند، زیرا آب به طور کامل از چسب جدا نمی‌شود. این امر امکان استفاده از این فناوری در خطوط اتوماتیک را کاهش می‌دهد. بنابراین، این روش عمدتاً در ریخته‌گری‌های کوچک در تولیدات تکی و دسته‌ای قطعات ریخته‌گری با ابعاد متوسط و بزرگ، صرف‌نظر از پیچیدگی آنها، و همچنین در تولید ماهیچه کاربرد دارد. در این فرایند از محلول‌های آبی سدیم سیلیکات (آب شیشه) با مدول ۲/۰ تا ۲/۸ استفاده می‌شود. آب شیشه به میزان ۲ تا ۴ درصد با ماسه مخلوط شده و کربن‌دی‌اکسید، که خاصیت اسیدی ضعیفی دارد، از آن عبور داده می‌شود. کسر CO₂ نباید از ۱ تا ۲ درصد جرمی ماسه تجاوز کند و زمان دمیدن باید از ۱۰ تا ۶۰ دقیقه باشد. ماهیچه‌ها معمولاً در ماشین‌های قالب‌گیری دستی ساخته می‌شوند. تحت تأثیر CO₂، ماسه در مدت زمان کوتاهی سخت می‌شود. واکنش سخت شدن سطح توسط CO₂ در سایر روش‌های سخت شدن نیز ضروری است. واکنش چسب سدیم سیلیکات با کربن‌دی‌اکسید (CO₂) به صورت زیر نشان داده شده است.



سخت شدن نهایی سدیم سیلیکات در لحظه ریختن فلز مذاب به داخل قالب اتفاق می‌افتد. گرمای اعمال شده باعث حذف سریع آب پیوند یافته فیزیکی می‌شود که در نتیجه آن ناحیه‌ای با استحکام کمتر ایجاد می‌شود. در نواحی قالب که در فاصله‌ای از قطعه ریخته‌گری در حال خنک شدن قرار دارند، استحکام ماسه دوباره افزایش می‌یابد و باعث افزایش استحکام فشاری نهایی می‌شود که جداسازی قطعه ریخته‌گری از قالب را دشوار می‌کند.

علاوه بر این، ماسه‌های قالب‌گیری با سدیم سیلیکات پس از سخت شدن، استحکام چسبندگی و پیوستگی خود را از دست می‌دهند و شکننده و جاذب رطوبت می‌شوند. این امر به‌طور قابل توجهی بر دوام قالب‌ها و ماهیچه‌ها تأثیر می‌گذارد و امکان ذخیره‌سازی آنها را محدود می‌کند. یکی از معایب بزرگ این ماسه‌ها، دشواری بازیابی مکانیکی آنهاست. با توجه به موارد فوق، هدایت فرایند سخت شدن چسب تا «پایان» مهم است، به‌عنوان مثال، با سخت شدن CO_2 افزودنی‌های اصلاح‌کننده (مانند ساخارین) مقاومت این ماسه‌ها را در برابر خشک شدن بیش از حد کاهش می‌دهند. در نتیجه فرایندهایی که در لایه‌های قالب در تماس مستقیم با سطح قطعه ریخته‌گری (چدن یا فولاد ریخته‌گری) رخ می‌دهد، ماسه قالب‌گیری به شدت گرم می‌شود (معمولاً بیش از ۸۰۰ تا ۹۰۰ درجه سلسیوس). به همین دلیل، چسب سیلیکات - در حین خنک شدن - به ماسه شیشه‌ای با استحکام بسیار بالا تبدیل می‌شود و باعث ایجاد مشکل در جداسازی قطعه (به دلیل چسبیدن به سطح قطعه) می‌شود. در فاصله معینی از سطح قطعه ریخته‌گری، جایی که ماسه قالب‌گیری به دلیل گرم شدن قالب توسط فلز مذاب به‌طور کامل سخت نشده است، فعال‌سازی فرایند سخت شدن دوباره رخ می‌دهد. این امر باعث افزایش استحکام و در نتیجه بدتر شدن خاصیت جداسازی می‌شود. تغییرات استحکام فشاری نهایی، که مشخصه‌های ماسه‌های دارای سدیم سیلیکات است، در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- تغییرات استحکام فشرده‌سازی نهایی با افزایش دما: قالب‌گیری ماسه با سدیم سیلیکات سخت شده CO_2

استفاده از افزودنی‌های مختلف به سدیم سیلیکات (مانند آلومینوسیلیکات‌ها) قابلیت فروپاشی ماسه‌ها را بهبود بخشیده و حساسیت آنها را به رطوبت کاهش می‌دهد.

سیستم ماسه قالب‌گیری سدیم سیلیکات/سخت‌کننده شیمیایی

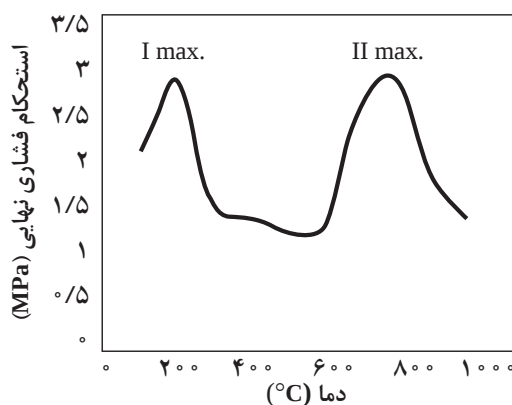
ماسه‌های قالب‌گیری با سدیم سیلیکات که توسط مخلوطی از سخت‌کننده‌ها در دمای اتاق سخت می‌شوند

(به اصطلاح ماسه‌های خودگیر)، در حال حاضر بیشترین کاربرد را در بین تمام ماسه‌های قالب‌گیری با چسب‌های معدنی (البته به غیر از ماسه‌های بنتونیتی) برای تولید قالب‌ها و ماهیچه‌های ریخته‌گری دارند. به عنوان سخت‌کننده این ماسه‌ها، معمولاً مخلوطی از استرها مانند استرهای گلیسرین و اتیلن و در درجه اول مونو، دی و تری استات گلیسرین و دی استات گلیکول، که مقدار افزودن آنها معمولاً ۱۰٪ است، استفاده می‌شود.

مزیت اصلی استفاده از استرها به عنوان سخت‌کننده‌های سدیم سیلیکات، امکان کاهش مقدار سدیم سیلیکات اضافه شده به ماسه‌ها تا حدود ۵۰٪ (فقط ۲ تا ۳٪ سدیم سیلیکات اضافه می‌شود) در مقایسه با سایر ماسه‌های پایه سدیم سیلیکات است. این امر به طور مطلوب بر کاهش استحکام نهایی ماسه‌های ساخته شده با این فناوری تأثیر می‌گذارد. با استفاده از سخت‌کننده‌هایی با سرعت ژل شدن مختلف، می‌توان به طور مستقیم عمر مفید ماسه‌ها را کنترل کرد. ماسه‌های قالب‌گیری ساخته شده با این فناوری عمدتاً در ریخته‌گری‌های فولاد برای ساخت قطعات بزرگ و متوسط در تولید با تیراژ کم و متوسط استفاده می‌شوند.

ترکیب شیمیایی حاصل (استات سدیم هیدراته) که در فرایند سخت شدن سدیم سیلیکات با استفاده از مخلوط استرها تشکیل می‌شود، بر فرایندهای بازیافت مرطوب و خشک ماسه‌های قالب‌گیری (پلاستیسیته قالب‌ها و ماهیچه‌ها) تأثیر منفی می‌گذارد.

استحکام ماسه‌های قالب‌گیری با سدیم سیلیکات به طور مستقیم به استحکام اولیه ژل سیلیکات بستگی دارد. پارامترهای خارجی مانند رطوبت و دمای فاز گازی بر رطوبت‌گیری سدیم سیلیکات تأثیر می‌گذارند. این فرایند پیچیده است و به پارامترهای داخلی سیستم نیز بستگی دارد: مدول، ویسکوزیته و چگالی چسب. مراحل توصیف شده رطوبت‌گیری چسب در قالب‌ها و ماهیچه‌ها پس از ریختن مذاب در آنها رخ می‌دهد. آنها مسئول مکانیسم فروپاشی ماسه‌ها با سدیم سیلیکات هستند، زیرا حداکثر استحکام فشاری نهایی مشخصه تقریباً در نزدیکی ۲۰۰ درجه سلسیوس و ۸۰۰ درجه سلسیوس رخ می‌دهد (شکل ۳).



شکل ۳- تغییرات استحکام فشاری نهایی با افزایش دما: قالب‌گیری ماسه با سدیم سیلیکات سخت شده توسط استرها

محققین، وقوع پیک اول استحکام فشاری نهایی را به فرایند رطوبت‌گیری چسب نسبت می‌دهند که در آن رطوبت‌گیری سدیم سیلیکات غیرمتصل از اهمیت بیشتری برخوردار است. پیک دوم استحکام که در دمای حدود ۸۰۰ درجه سلسیوس رخ می‌دهد، احتمالاً ناشی از ذوب سدیم سیلیکات رطوبت‌گیری شده است.

ماسه‌های قالب‌گیری سخت شده توسط عوامل فیزیکی

پیاده‌سازی فرایند با استفاده از سدیم سیلیکات سخت شده توسط CO_2 نقطه عطفی در بازده فرایند تولید قالب ماهیچه بود. مرحله بعدی، که ناشی از الزامات بالاتر و بیشتر در مورد کیفیت و پیچیدگی ماهیچه‌ها بود، پیاده‌سازی چسب‌های آلی سخت شده توسط گرما یا گازها بود. این فناوری‌ها با استحکام بهتر ماهیچه‌ها، پایداری ذخیره‌سازی آنها و بازده تولید نسبت به ماهیچه‌های تولید شده با سدیم سیلیکات سخت شده توسط CO_2 مشخص می‌شدند. محلول قلیایی سدیم سیلیکات با چسب‌های تشکیل شده بر پایه آن (سدیم سیلیکات اصلاح شده) که توسط عوامل حرارتی سخت می‌شوند، موادی هستند که الزامات زیست‌محیطی را برآورده می‌کنند. در این روش‌ها، در طول رطوبت‌گیری سدیم سیلیکات به فیلم سیلیکات شیشه‌ای بی‌آب تبدیل می‌شود که دانه‌های زمینه را به هم متصل می‌کند. فرایند سخت شدن را می‌توان با واکنش زیر نشان داد:



استحکام مخلوط قالب‌گیری آماده شده با ماسه سیلیسی به روش CO_2 را با سایر ماسه‌ها (زیرکونی و الوینی) مقایسه کنید.

فعالیت گروهی



جنبه‌های اقتصادی مخلوط ماسه قالب‌گیری CO_2 را با مخلوط ماسه قالب‌گیری تر مقایسه کنید.

فعالیت گروهی



نحوه کار با مخلوط کن ماسه قالب‌گیری

به نظر شما چه روشی برای مخلوط کردن ماسه CO_2 ، چسب و افزودنی‌ها مناسب است؟ به صورت دستی؟ یا با استفاده از مخلوط‌کن؟

آیا ترتیب افزودن اجزای ماسه قالب‌گیری CO_2 و زمان مخلوط کردن، در تولید مخلوط ماسه قالب‌گیری با کیفیت نقش دارد؟

آیا مخلوط ماسه قالب‌گیری CO_2 هم از این قاعده پیروی می‌کند؟ چرا؟

دستگاه مخلوط‌کن ماسه دارای ظرفیت‌های مختلف با قابلیت مخلوط کردن کامل مواد و قیف افزودن چسب‌های مایع، در محافظت مجهز به میکروسوئیچ حفاظتی و دریچه تخلیه مواد مخلوط شده است. همچنین دارای موتور گیربکس سه فاز با توان‌های مختلف و تابلوی برق مجهز به تایمر تنظیم اتوماتیک زمان کار است که در دو نوع مختلف موجود است:

۱. مخلوط‌کن با دو غلتک دَوَرانی همراه با قیف برای مخلوط کردن ماسه CO_2 و کلد باکس (شکل ۴-الف).

۲. مخلوط‌کن با یک تیغه S شکل برای مخلوط کردن ماسه تر.

باید در تهیه مخلوط ماسه قالب‌گیری ترتیب افزودن مواد رعایت گردد (ماسه، مواد افزودنی، چسب). چنانچه این

ترتیب رعایت نگردد یعنی جای چسب با مواد افزودنی عوض شود در این حالت مخلوط ماسه به صورت گلوله‌ای نمی‌تواند با مواد افزودنی به‌طور یکنواخت مخلوط گردد. همچنین در روش کلد باکس پس از افزودن ماسه و مواد افزودنی ابتدا اسید اضافه می‌گردد و در نهایت چسب اضافه می‌شود، زیرا اگر اسید بعد از چسب اضافه شود باعث خشک شدن سریع مخلوط و غیریکنواخت شدن ماسه مخلوط قالب‌گیری می‌شود (شکل ۴-ب).



(ب)



(الف)

شکل ۴

براساس نوع ماسه چسب و زمان مخلوط کردن متفاوت است و مستقیماً در کیفیت مخلوط ماسه، تأثیر می‌گذارد. برای درک بهتر لازم است با روش تولید انواع مخلوط ماسه قالب‌گیری، بیشتر آشنا شویم.

۱ مخلوط ماسه تر

در ماسه‌های طبیعی به علت دارا بودن خاک رس نیازی به افزودن چسب نیست، بنابراین پس از روشن کردن مخلوط‌کن، ماسه وزن شده در داخل آن ریخته می‌شود، سپس مواد افزودنی به میزان ۱ درصد به آن اضافه می‌گردد و پس از مخلوط شدن کامل، آب به میزان ۴ تا ۶ درصد به آرامی به مخلوط ماسه افزوده می‌شود و عمل مخلوط کردن تا یکنواخت شدن مخلوط ماسه ادامه می‌یابد.

در ماسه‌های مصنوعی، پس از ریختن ماسه داخل مخلوط‌کن، بنتونیت در حدود ۳ تا ۵ درصد و مواد افزودنی به میزان ۱ درصد اضافه می‌گردد و پس از مخلوط شدن کامل، حدود ۴ تا ۶ درصد آب به آن افزوده می‌شود و عمل مخلوط کردن تا یکنواخت شدن مخلوط ماسه ادامه می‌یابد.

۲ مخلوط ماسه CO_2

در روش CO_2 پس از روشن کردن مخلوط‌کن، ماسه وزن شده در داخل آن ریخته می‌شود، سپس چسب سدیم سیلیکات به مقدار ۳ تا ۶ درصد وزنی ماسه، بسته به شکل و اندازه ماسه، از طریق قیف مخصوص به آرامی به ماسه داخل میکسر افزوده می‌گردد. زمان مخلوط کردن چسب با ماسه محدود و حداکثر ۶ دقیقه است.

۳ مخلوط ماسه کلد باکس

در این روش از چسب فوران به علاوه اسید (کاتالیزور) دی فنیل متان دی ایزوسیانات رها در حلال آبی به نسبت تقریبی ۲ به ۱ استفاده می‌شود. این نسبت، بسته به استحکام مورد نیاز در قالب و نوع مذاب، متفاوت است. در این روش پس از روشن کردن مخلوط‌کن، ماسه وزن شده را در داخل آن می‌ریزیم و اسید را به مخلوط‌کن اضافه می‌کنیم. سپس چسب را به مقدار لازم به ماسه اضافه می‌کنیم. زمان مخلوط کردن محدود است و باید مخلوط ماسه قالب‌گیری بلافاصله مورد استفاده قرار گیرد.



در هنگام ورود به کارگاه استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، کلاه ایمنی، ماسک و عینک ایمنی الزامی است.



آماده سازی مخلوط ماسه CO_2 توسط مخلوط کن

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ ماسه قالب گیری سیلیسی
- ۲ چسب سدیم سیلیکات
- ۳ ترازو
- ۴ میکسر ماسه
- ۵ رطوبت

مراحل انجام کار

- ۱ مقدار ۱۰ کیلوگرم ماسه سیلیسی وزن کنید.
- ۲ مقدار ۵٪ وزنی چسب سدیم سیلیکات محاسبه و وزن کنید.
- ۳ مقدار ۵/۵٪ وزنی آب محاسبه و وزن کنید.
- ۴ میکسر ماسه را تمیز نموده و ماسه را داخل آن ریخته و آب را به آن تدریجی اضافه کنید و میکسر را روشن کنید. پس از افزودن رطوبت به ماسه چسب سدیم سیلیکات را مرحله به مرحله به ماسه اضافه کنید.
- ۵ پس از افزودن چسب سدیم سیلیکات، میکسر ماسه را روشن کنید و مدت ۳ دقیقه به میکسر زمان دهید تا مخلوط ماسه را هم بزند.
- ۶ سپس میکسر را خاموش کنید و مخلوط آماده شده را درون سطل درب بسته و یا نایلون جمع کرده و درب آن را ببندید تا در معرض سخت شدن در هوا نباشد.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.



با استفاده از ماسه، چسب و مواد افزودنی تفکیک و توزین شده و با استفاده از مخلوط کن ماسه، مقدار ۱ کیلوگرم مخلوط ماسه قالب گیری تر، CO_2 ، و کلد باکس آماده کنید.

ماسه قالب گیری تر (۵ درصد بنتونیت و ۸ درصد رطوبت و ۱ درصد خاک اره)، ماسه قالب گیری CO_2 (۶ درصد چسب) و ۱ درصد افزودنی و ماسه قالب گیری کلد باکس (۲ درصد چسب و ۱ درصد اسید)

آیا مخلوط ماسه قالب گیری آماده شده کیفیت لازم را دارد؟ در غیر این صورت چه مسائلی باعث افت کیفیت مخلوط ماسه قالب گیری شده است؟

نوع عیب	بلی	خیر	علت
گلوله ای شدن مخلوط ماسه			
خشک شدن مخلوط ماسه			
غیر یکنواخت بودن مخلوط ماسه			



آماده‌سازی مخلوط ماسه CO₂ توسط مخلوط کن با مواد افزودنی

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ ماسه قالب‌گیری سیلیسی
- ۲ چسب سدیم سیلیکات
- ۳ ترازو
- ۴ میکسر ماسه
- ۵ رطوبت

مراحل انجام کار

- ۱ مقدار ۵ کیلوگرم ماسه سیلیسی وزن کنید.
- ۲ مقدار ۵٪ وزنی چسب سدیم سیلیکات محاسبه و وزن کنید.
- ۳ ۳٪ وزنی خاک اره وزن و مخلوط کنید.
- ۴ مقدار ۵/۰٪ وزنی آب محاسبه و وزن کنید.
- ۵ میکسر ماسه را تمیز نموده و ماسه را داخل آن ریخته و آب را به آن تدریجی اضافه کنید و میکسر را روشن کنید. پس از افزودن رطوبت به ماسه چسب سدیم سیلیکات را مرحله به مرحله به ماسه اضافه کنید.
- ۶ مدت ۳ دقیقه به میکسر زمان دهید سپس خاک‌اره را به مخلوط اضافه کنید و ۲ دقیقه میکسر روشن باشد.
- ۷ سپس میکسر را خاموش کنید و مخلوط آماده شده را درون سطل درب‌دار و یا نایلون جمع و درب سطل را بسته و یا نایلون را ببندید تا در معرض سخت شدن در هوا نباشد.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

ماسه مورد استفاده در فرایند (روش تولید) سدیم سیلیکات معمولاً با عدد ریزی (اندازه دانه) ۵۵ تا AFS۸۵ است. برای ماسه با عدد ریزی AFS ۵۵، سه درصد چسب و برای ماسه با عدد ریزی AFS ۸۵، چهار و نیم درصد چسب سدیم سیلیکات نیاز است. البته ماسه‌های دیگری مانند: ماسه زیرکنی، کرومیتی و اولوینی نیز ممکن است استفاده شوند که انتخاب آنها به نوع آلیاژ، دمای مذاب، حجم قطعه و روش قالب‌گیری بستگی دارد. معمولاً ماسه‌های استفاده شده در فرایند CO₂ قابلیت بازیافت را ندارند. ترکیب اصلی سدیم سیلیکات که به عنوان چسب در روش CO₂ استفاده می‌شود، در رابطه زیر آمده است:

۷ تا ۲۸ درصد سدیم اکسید (Na₂O) + ۲۶ تا ۶۴ درصد سیلیس (SiO₂) + ۱۷ تا ۶۷ درصد آب (H₂O) مشخصه سدیم سیلیکات به‌وسیله نسبت وزنی سیلیس به سدیم اکسید نشان داده می‌شود. پرمصرف‌ترین

$$\text{سدیم سیلیکات در محدوده نسبت‌های وزنی بین } \frac{1}{2} \frac{\text{Na}_2\text{O}}{\text{SiO}_2} \text{ و } \frac{1}{2} \frac{\text{SiO}_2}{\text{Na}_2\text{O}} \text{ است.}$$

ارزشیابی واحد یادگیری ۱: آماده سازی مخلوط ماسه قالب گیری CO₂

شرح کار: ابتدا ماسه سیلیسی مصنوعی را وزن کرده و با محاسبه مقدار چسب سدیم سیلیکات و وزن آن، مخلوط ماسه قالب گیری را آماده کنید.

استاندارد عملکرد: آماده سازی مخلوط ماسه قالب گیری CO₂

شاخص: ۱- کیفیت آماده سازی

۲- مقدار رطوبت

۳- مقدار چسب

۴- مخلوط شدن چسب و ماسه سیلیسی

شرایط انجام کار:

۱- محیط کارگاهی

۳- تهویه استاندارد و دمای $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$

۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس

۴- اندازه ها بر اساس استاندارد

۶- ابزار و تجهیزات استاندارد

۵- وسایل ایمنی استاندارد

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب سدیم سیلیکات، آب پاش، بیل ریخته گری، میکسر ماسه، سرنده، سرنده برقی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره دریافتی از ۳	نمره هنجار
۱	وزن ماسه سیلیسی	۱	
۲	محاسبه مقدار چسب و افزودنی ها	۱	
۳	آماده سازی مخلوط ماسه قالب گیری CO ₂	۲	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه ۴- رعایت دقت و نظم	۲	
	میانگین نمرات **		

* شایستگی های غیر فنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و نمره مستمر است.

** حداقل میانگین نمرات هنجار برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.

واحد یادگیری ۲: قالب‌گیری مدل‌های یک تکه و چند تکه با مخلوط ماسه CO_2

در این واحد یادگیری، نحوه قالب‌گیری مدل در درجه زیری، قالب‌گیری مدل در درجه رویی، تعبیه سیستم راهگاهی و تغذیه، دمش گاز CO_2 ، جفت‌کردن دو نیمه قالب و اعمال پوشان توضیح داده می‌شود.

استاندارد عملکرد

تهیه و ساخت قالب CO_2 با استفاده از درجه، مخلوط ماسه، ابزار قالب‌گیری، مدل، گاز CO_2 براساس استانداردها و دستورالعمل‌های مربوطه

امروزه در بسیاری از کارگاه‌های ریخته‌گری با تجهیزات محدود از روش CO_2 برای تولید بخش زیادی از قطعات ریخته‌گری استفاده می‌شود. در این روش قطعات با دقت ابعادی بالا، کیفیت سطحی مناسب به همراه سرعت تولید بالا و مقرون به صرفه تولید می‌شوند. روش CO_2 قابلیت ریخته‌گری انواع فلزات و قطعات پیچیده را داشته و دقت ابعادی و کیفیت سطح و استحکام قالب آن نسبت به قالب ماسه تر بسیار بالاتر است. قالب‌های ساخته شده با این روش قابلیت استفاده دوباره را نداشته زیرا یک لایه میکرونی (نازک) چسب سدیم سیلیکات دانه‌های ریز ماسه را احاطه کرده و مانع از چسبیدن مجدد دوباره ذرات ماسه به هم می‌شود. روش قالب‌گیری CO_2 قابلیت تولید قطعاتی از قبیل پوسته‌های دیفرانسیل، گیربکس، پمپ‌های آب و پمپ‌های هیدرولیک، اتصالات آب، شیر آتش‌نشانی، شعله پخش‌کن گاز و بسیاری دیگر از قطعات صنعتی را دارد (شکل‌های ۱ و ۲).



شکل ۲- قالب درجه زیرین یک پوسته دمنده هوا

شکل ۱- قالب درجه زیرین یک قطعه صنعتی

قالب‌گیری مدل یک تکه با مخلوط ماسه CO_2 و ماسه تر به صورت قالب مرکب

مواد و وسایل مورد نیاز:

- | | |
|--------------------------|--|
| ۱] مخلوط ماسه قالب‌گیری | ۲] ماسه قالب‌گیری سیلیسی |
| ۳] چسب سدیم سیلیکات | ۴] میکسر ماسه، ترازو |
| ۵] گاز CO_2 | ۶] تجهیزات قالب‌گیری، ابزار قاشقی و ابزار پاشنه‌ای |
| ۷] درجه، زیر درجه و کوبه | ۸] مدل یک تکه با سطح جدایش یکنواخت |

مراحل انجام کار

- ۱] ابتدا ماسه CO_2 به مقدار موردنیاز آماده کرده و درون ظرف درب بسته نگهداری کنید.
- ۲] مدل را بر روی صفحه زیر درجه قرار داده و پودر جدایش بر روی آن زده سپس ماسه CO_2 را بر روی آن بریزید به گونه‌ای که ۲ سانتی‌متر از روی مدل را ماسه CO_2 بپوشاند و مابقی آن را ماسه تر الک شده بریزید و شروع به کوبش کنید.
- ۳] پس از کوبش و صاف نمودن پشت درجه با کارد تسمه توسط سیخ هوا به فاصله 2×2 سانتی‌متر سیخ هوا بزنید باید دقت کنید که سیخ هواها به مدل برخورد نکند.
- ۴] پس از آن، شروع به دمش گاز به مدت ۳ ثانیه در هر محل سیخ هوا کنید تا کاملاً قالب سخت گردد (گاهی اوقات که پس از دمش گاز خروج مدل از قالب سخت باشد، ابتدا قبل از دمش گاز مدل را در قالب لق کرده و سپس دمش گاز انجام می‌گیرد).



- ۵] پس از آن درجه زیرین را برگردانید و درجه رویی را جفت کنید و به سطح قالب پودر جدایش بزنید و پس از آنکه لوله راهگاه در محل مناسب قرار گرفت، ماسه تر را بر روی قالب زیرین ریخته و بکوبید، سپس حوضچه بالا و پایین و سائز اجزای سیستم راهگاهی را ایجاد کنید.
- ۶] پس از خارج کردن مدل درجه را جفت کرده و آماده ذوب‌ریزی کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

قالب‌گیری درجه زیرین و دمش گاز CO₂

مدل را قبل از قرار دادن روی صفحه زیر درجه کنترل کرده و از سالم بودن آن اطمینان حاصل می‌کنند، آنگاه نیمه پایینی مدل را روی صفحه مدل قرار می‌دهند. سپس مخلوط ماسه آماده شده را به داخل درجه ریخته به گونه‌ای که حداقل نصفی از درجه پر شود و با کوبه‌ای مناسب عملیات کوبش را انجام می‌دهند. قبل از اینکه دوباره مخلوط ماسه را به درجه اضافه کنند باید سطح ماسه مضرس (دندانه دندانه و غیر یکنواخت) باشد تا مخلوط ماسه جدید به ماسه قبلی متصل شود. کوبش زیاد باعث تراکم بسیار بالای ماسه شده بنابراین هنگام دمش گاز CO₂ به داخل قالب، باعث سختی و تردی قالب شده و در هنگام مذاب‌ریزی در اثر انبساط، قالب ترک‌خورده و در نتیجه قطعه معیوب می‌شود. جهت یکنواختی استحکام در قالب، کوبش را از دور درجه به سمت مرکز با دقت انجام می‌دهند و سپس ماسه‌های اضافی روی درجه را توسط کاردک از روی سطح درجه برمی‌دارند. جهت دمش گاز CO₂ توسط سیخ هواکش در سطح قالب سوراخ‌هایی متعدد و به فاصله مشخص حدوداً هر ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر ایجاد می‌کنند. پس از آن با تجهیزات دمش گاز، گاز CO₂ را به داخل قالب هدایت می‌کنند. دبی گاز باید تنظیم باشد (۳ تا ۶ کیلوگرم بر ساعت و فشار ۲۰ تا ۴۰ Psi)، زیرا اثرات دبی و فشار کم و زیاد باعث غیر یکنواختی استحکام قالب می‌شود. مدت زمان دمش گاز، فعالیت کاملاً تجربی است و به دمای محیط و مواد افزودنی به قالب و حجم مخلوط ماسه در قالب بستگی دارد. به صورت تجربی مشخص شده است که هر کیلوگرم گاز CO₂ برای ۵۰ تا ۷۰ کیلوگرم مخلوط ماسه کافی است. پس از اطمینان نسبت به استحکام قالب، درجه و صفحه درجه را با هم برگردانده و درجه را روی یک سطح هموار و صاف قرار می‌دهند و به آرامی صفحه زیر درجه را از روی قالب برمی‌دارند. به منظور یکنواختی در استحکام قالب روی سطح ماسه درجه را دوباره مقدار کمی گاز CO₂ می‌دمند.

نکته

مدل‌هایی که روی صفحه نصب شده‌اند به نام مدل‌های صفحه‌ای معروف هستند و نیازی به چپینش مدل بر روی صفحه زیر درجه ندارند و در نتیجه از دقت و سرعت بیشتری در تولید قالب برخوردارند.

نکته

قالب‌گیری CO₂ درجه زیرین با استفاده از تجهیزات و ابزار قالب‌گیری براساس استانداردهای DIN ۱۵۱۱، DIN ۴۷۶۶ و دستورالعمل‌های مربوط به سفارش دهنده قطعه اجرا می‌شود.

در هنگام قالب گیری استفاده از ماسک تنفسی، عینک، لباس کار، دستکش و کفش کار الزامی است.

نکات ایمنی



در مورد بازیافت ماسه های مصرفی بعد از قالب گیری به روش CO₂ تحقیق کنید.

تحقیق کنید



استنشاق ذرات معلق مخلوط ماسه و پودر جداکننده در هنگام قالب گیری باعث بیماری های مزمن ریوی می شوند.

هشدار



هنگام استفاده از چسب سدیم سیلیکات از دستکش استفاده کنید و در صورت آغشته شدن پوست دست با چسب بلافاصله با آب بشویید.

نکات ایمنی



چسب سدیم سیلیکات باعث حساسیت های پوستی می شود.

هشدار



قالب گیری درجه رویی

بعد از قالب گیری درجه زیرین موارد زیر باید انجام شود:

- ۱ کیفیت سطح، شیب و سلامت نیمه مدل بالایی کنترل شود.
- ۲ از صحت پین ها و انطباق کامل دو نیمه مدل اطمینان حاصل شود.
- ۳ نیمه رویی مدل با دقت کنترل و روی نیمه پایینی قرار گیرد.
- ۴ با توجه به طراحی انجام شده اجزای سیستم راهگاهی (راهبار و کانال بارریز) نصب شود.
- ۵ پین های درجه رویی را از لحاظ ترک و آسیب دیدگی به طور چشمی و از لحاظ ابعادی با کولیس کنترل کرده و سپس روی درجه زیرین قرار گیرد.

قالب گیری مدل دو تکه با مخلوط ماسه CO₂ و ماسه تر به صورت قالب مرکب

مواد و وسایل مورد نیاز:

- | | |
|-------------------------|---|
| ۱ مخلوط ماسه قالب گیری | ۲ ماسه قالب گیری سیلیسی |
| ۳ چسب سدیم سیلیکات | ۴ میکسر ماسه، ترازو |
| ۵ گاز CO ₂ | ۶ تجهیزات قالب گیری، ابزار قاشقی و ابزار پاشنه ای |
| ۷ درجه، زیر درجه و کوبه | ۸ مدل دو تکه با سطح جدایش یکنواخت |

فعالیت کارگاهی



مراحل انجام کار

- ۱] ابتدا ماسه CO₂ به مقدار مورد نیاز آماده کرده و درون ظرف درب بسته نگهداری کنید.
- ۲] مدل را بر روی صفحه زیر درجه قرار داده و پودر جدایش بر روی آن زده سپس ماسه CO₂ را بر روی آن بریزید به گونه‌ای که ۲ سانتی‌متر از روی مدل را ماسه CO₂ بپوشاند و باقی‌مانده آن را ماسه تر الک شده بریزید و شروع به کوبش کنید.
- ۳] پس از کوبش و صاف نمودن پشت درجه با کارد تسمه توسط سیخ هوا به فاصله ۲ سانتی‌متر سیخ هوا بزنید باید دقت کنید که سیخ هواها به مدل برخورد نکند.
- ۴] پس از آن، شروع به دمش گاز به مدت ۳ ثانیه بر هر محل سیخ هوا کنید تا کاملاً قالب سخت گردد (گاهی اوقات که پس از دمش گاز خروج مدل از قالب سخت باشد، ابتدا قبل از دمش گاز مدل را در قالب لق کرده و سپس دمش گاز انجام می‌گیرد).
- ۵] پس از آن درجه زیرین را برگردانید و لنگه دوم مدل و درجه رویی را جفت کنید، سپس کاملاً به سطح قالب پودر جدایش فراوان بزنید و پس از آن که لوله راهگاه در محل مناسب قرار گرفت ماسه به مقدار ضخامت ۲ سانتی‌متر سطح مدل رویی را پوشانده و پشت بند آن را ماسه تر ریخته و کوبیده می‌شود و مانند درجه اول با دمش گاز درجه رویی را نیز سخت کنید و سپس حوضچه بالا و پایین و سائز اجزای سیستم راهگاهی را ایجاد کنید.
- ۶] پس از خارج کردن مدل‌ها درجه را جفت کرده و آماده ذوب‌ریزی کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

نکته

از انطباق دو درجه بر روی هم اطمینان حاصل شود.



اطمینان از سلامت مدل نیاز به کنترل ابعادی با کولیس، خط کش و دیگر لوازم اندازه‌گیری دارد، همچنین نیاز به کنترل کیفی سطح مدل به صورت چشمی از لحاظ زبری، آسیب دیدگی، لقی پین‌ها و انطباق کامل دو نیمه مدل روی هم دارد که در مجموع می‌توان از سلامت مدل اطمینان حاصل کرد. نقش پین‌ها در مدل ایجاد انطباق است و چنانچه پین‌های مدل شکستگی و یا لقی داشته باشند باعث جابه‌جایی دو نیمه مدل روی هم و در نتیجه ایجاد همین عیب در قطعه ریختگی خواهد شد. علاوه بر پین، موقعیت استقرار مدل، تغذیه، راهگاه و راهبار در صفحه مدل و هماهنگی آن در قالب اهمیت دارد زیرا قرار نگرفتن صحیح هر یک از آنها منجر به پدید آمدن عیوب مختلف متالورژیکی و فیزیکی (ابعادی و شکل هندسی) در قطعه خواهد شد.

سیستم راهگاهی: دستیابی به یک قطعه ریختگی سالم، نیاز به کنترل و هدایت مناسب جریان مذاب در قالب تا کامل شدن انجماد آن دارد. به طور کلی مجموعه راههایی که مذاب برای ورود به محفظه قالب از آن عبور می کند را سیستم راهگاهی می نامند. یک سیستم راهگاهی بر اساس شکل و ابعاد قطعه ریختگی، جنس مذاب و نوع انجماد، مواد قالب و درجه حرارت مذاب طراحی و اجرا می شود (شکل های ۳ و ۴).



شکل ۴- سیستم راهگاهی



شکل ۳- طراحی سیستم راهگاهی برای قطعه هوزینگ

اجزای یک سیستم راهگاهی: سیستم راهگاهی یکی از بخش های مهم قالب گیری است که چگونگی نحوه هدایت مذاب به محفظه قالب را تعیین می کند. سیستم راهگاهی می تواند به صورت اجزای پیش ساخته از چوب یا فلز آماده شود و بر روی صفحه مدل نصب یا روی آن قرار داده شود. البته هنگامی که قالب گیری ماشینی و یا تعداد زیادی از قطعه موردنظر باشد از سیستم های راهگاهی نصب شده بر روی مدل صفحه ای استفاده می شود. همچنین در دیگر موارد برای کاهش تلاطم و افزایش کیفیت مجرای ورودی مذاب از اجزای پیش ساخته سیستم راهگاهی که بر روی مدل صفحه ای قرار می گیرد، استفاده می کنند (شکل های ۵ و ۶).

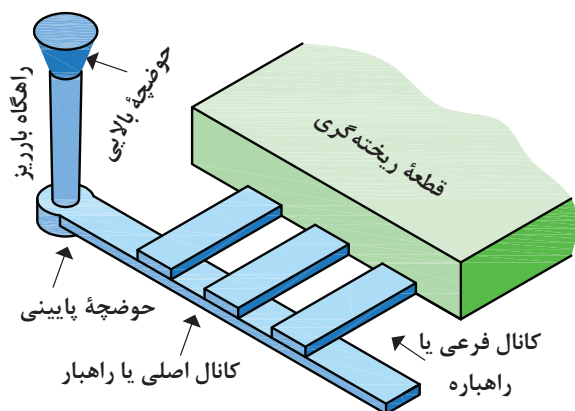


شکل ۶- قطعات ریخته شده با سیستم راهبار و راهبار



شکل ۵- راهبار و راهبارها روی مدل صفحه ای

یکی از شرایط لازم در تولید قطعات ریختگی سالم، محاسبه و طراحی صحیح سیستم راهگاهی و تغذیه گذاری است زیرا هنگام بارریزی و توقف مذاب در قالب، نیروهای وارد بر مذاب مرتب در حال تغییر هستند. به همین دلیل سیستم راهگاه و تغذیه باید محاسبه و طراحی شوند.



شکل ۷- اجزای یک سیستم راهگاهی

اجزای یک سیستم راهگاهی

اجزای یک سیستم راهگاهی در این روش مشابه روش قالب‌گیری تر است که عبارتند از (شکل ۷).

- ۱ حوضچه بارریز
- ۲ راهگاه
- ۳ حوضچه پای راهگاه
- ۴ راهبار (کانال اصلی)
- ۵ کانال ممتد
- ۶ راهباره (کانال فرعی)

۱ حوضچه بارریز (حوضچه بالای راهگاه)

حوضچه بارریز به شکل کاسه‌ای - قیفی یا گلابی - لگنی تعبیه می‌شود. حوضچه بارریز در روش CO_2 عمیق تر و با دیواره‌های شیب‌دارتر از قالب‌گیری ماسه تر است. حوضچه‌های کاسه‌ای - قیفی زمانی کاربرد دارند که مذاب سیالیت کمی داشته یا اینکه ضخامت قالب کم و از بخش‌های نازکی برخوردار است. بنابراین باید مذاب بتواند در زمان کمتری قالب را پر کند. البته زمان پر شدن قالب به پارامترهای دیگری از قبیل جنس و مواد قالب نیز مرتبط است. حوضچه‌های گلابی - لگنی زمانی کاربرد دارند که نیاز به تنظیم سرعت جریان مذاب بوده و مذاب نیز از سیالیت خوبی برخوردار است. علاوه بر این برای مذاب فلزاتی که به تلاطم و اکسیداسیون حساس‌اند، از این نوع حوضچه‌ها استفاده می‌شود. با وجود حوضچه گلابی - لگنی، در زمان بارریزی نسبت به ریزش مستقیم مذاب در حوضچه کاسه‌ای - قیفی کمترین آسیب به قالب وارد می‌شود.

۲ راهگاه بارریز (لوله راهگاه)

راهگاه بارریز مجرای عمودی است که هدف آن هدایت مذاب به کانال اصلی است و به شکل مخروط ناقص از جنس چوب یا فلز ساخته می‌شود. دلیل مخروطی بودن راهگاه، جلوگیری از ورود هوا به قالب در حین مذاب‌ریزی است و ابعاد آن (قطر و ارتفاع) متناسب با ابعاد مدل و درجه محاسبه می‌گردد. شیب مخروط در روش CO_2 تندتر است چرا که استحکام قالب بیشتر و سرعت جریان مذاب بالاتری را می‌تواند تحمل کند.

۳ حوضچه پای راهگاه

سرعت مذاب در قسمت پایین راهگاه بارریز به بیشترین مقدار خود می‌رسد در نتیجه تلاطم و آشفته‌گی جریان مذاب، تخریب قالب و جذب هوا را به دنبال خواهد داشت. بنابراین ایجاد حوضچه پای راهگاه سبب می‌شود تا حدود زیادی این عیب کاهش یابد. اندازه این حوضچه در روش CO_2 نسبت به قالب‌گیری تر، کوچک‌تر است.

نکته



جهت دستیابی به قطعه‌ای سالم باید از ورود هرگونه سرباره و مواد غیر فلزی که در مذاب معلق هستند، به داخل قالب جلوگیری کرد. این کار به وسیله فیلترهای مخصوص انجام می‌شود که اغلب از جنس سرامیک تهیه شده و در محل تعبیه شده نصب می‌شود.

۴ راهبار (کانال اصلی)

مذاب از حوضچه پای راهگاه وارد راهبار می‌شود. در این مجرا مذاب مسیری افقی را طی می‌کند و به‌طور متناسبی بین راهبارها توزیع می‌شود. راهبار معمولاً در سطح جدایش تعبیه می‌شود و برحسب مورد در درجه رویی و یا درجه زیرین بر اساس سیستم‌های فشاری و یا غیرفشاری قرار می‌گیرد. مقطع راهبار می‌تواند به شکل‌های دوزنقه، مستطیل، نیم دایره و مثلث طراحی و اجرا شود. تعداد راهبارها در روش CO_2 بیشتر و سطح مقطع دقیق‌تر است و برای بهبود کنترل جریان مقطع آنها مستطیل یا دوزنقه‌ای دقیق طراحی می‌شود.

۵ کانال ممتد

معمولاً راهبار بعد از انشعاب آخرین راهبار، کمی امتداد می‌یابد تا مواد ناخواسته در جلوی مذاب قبل از ورود به قالب در کانال ممتد جمع شود.

۶ راهبار (کانال فرعی)

آخرین بخش از سیستم راهگاهی، راهبار است که مذاب از این قسمت وارد قالب می‌شود. سطح مقطع این قسمت می‌تواند به شکل‌های مستطیل، نیم دایره و مثلث طراحی شود.

ویژگی‌های سیستم راهگاهی صحیح و مناسب

سیستم راهگاهی صحیح و مناسب باید قابلیت اجرای موارد زیر را داشته باشد:

- (الف) مذاب را به سهولت به محفظه قالب انتقال دهد.
- (ب) مذاب را به آرامی وارد محفظه قالب کند تا از جذب گاز در مذاب و شسته شدن دیواره‌های قالب جلوگیری شود.
- (ج) مذاب به گونه‌ای وارد قالب شود که گرم‌ترین مذاب در سیستم راهگاهی باشد.
- (د) سیستم راهگاهی به گونه‌ای طراحی شود که مذاب مورد نیاز قالب را تأمین کرده و کمترین دورریز را در قطعه داشته باشد.

قالب‌گیری مدل یک تکه با سطح جدایش غیر یکنواخت با مخلوط ماسه CO_2 و ماسه تر

به صورت قالب مرکب

مواد و وسایل مورد نیاز:

- | | | | |
|---|-----------------------|---|---|
| ۱ | مخلوط ماسه قالب‌گیری | ۲ | ماسه قالب‌گیری سیلیسی |
| ۳ | چسب سدیم سیلیکات | ۴ | میکسر ماسه، ترازو |
| ۵ | گاز CO_2 | ۶ | تجهیزات قالب‌گیری، ابزار قاشقی و ابزار پاشنه‌ای |
| ۷ | درجه، زیر درجه و کوبه | ۸ | مدل دو تکه با سطح جدایش غیر یکنواخت |

مراحل انجام کار

- ۱ ابتدا ماسه CO_2 به مقدار موردنیاز آماده کرده و داخل ظرف درب بسته نگهداری کنید.
- ۲ مدل با سطح جدایش غیریکنواخت را بر روی صفحه زیر درجه قرار داده و پودر جدایش زده، سپس از ماسه تر زیر سری (پس قالب) ایجاد کنید و ماسه CO_2 را بر روی مدل ریخته به گونه‌ای که ۲ سانتی‌متر از روی مدل را ماسه CO_2 بپوشاند و باقی‌مانده آن را ماسه تر الک شده بریزید و شروع به کوبش کنید.



۳ پس از کوبش و صاف کردن پشت درجه با کارد تسمه توسط سیخ هوا به فاصله ۲×۲ سانتی متر سیخ هوا بزنید، باید دقت کنید که سیخ هواها به مدل برخورد نکند.

۴ پس از آن، شروع به دمش گاز به مدت ۳ ثانیه بر هر محل سیخ هوا کنید تا کاملاً قالب سخت گردد. (گاهی اوقات که پس از دمش گاز خروج مدل از قالب سخت باشد، ابتدا قبل از دمش گاز مدل را در قالب لق کرده و سپس دمش گاز انجام می‌گیرد).

۵ پس از آن درجه زیرین را برگردانید و سطح جدایش قالب را ایجاد کرده و شیب دهید و ماسه تر زیرسری را حذف کنید و سطح قالب را تمیز کنید، سپس درجه رویی را جفت کنید و به سطح قالب به مقدار زیاد پودر جدایش بزنید و پس از آنکه لوله راهگاه در محل مناسب قرار گرفت ماسه CO₂ را بر روی سطح زیرین قالب ریخته و پشت بند آن را ماسه تر ریخته و کوبیده می‌شود و به ترتیبی که گفته شد عمل قالب‌گیری انجام می‌شود.

۶ پس از خارج کردن مدل درجه را جفت کرده و آماده ذوب‌ریزی کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

پر کردن درجه رویی و خارج کردن مدل از قالب

پس از قرار دادن درجه رویی و لوله راهگاه:

- ۱ مخلوط ماسه آماده شده را تا نصف فضای داخل درجه پر می‌کنند و با کوبه مناسب از اطراف قالب به سمت مرکز، کوبش را انجام می‌دهند.

به هیچ عنوان نباید به مدل ضربه وارد شود.

نکته



- ۲ اطراف مدل و گوشه‌های قالب را با دقت می‌کوبند. این عمل باعث یکنواختی فشردگی در قالب خواهد شد.

- ۳ دوباره مخلوط ماسه را به داخل درجه ریخته تا کاملاً پر شود سپس عمل کوبش را دوباره انجام می‌دهند.

- ۴ مخلوط ماسه را روی درجه اضافه کرده تا پر شود سپس با کف کوبه عمل کوبش را ادامه می‌دهند.

- ۵ ماسه اضافه روی قالب را با کارد تسمه می‌تراشند.

قبل از اضافه کردن دوباره مخلوط ماسه باید سطح داخلی ماسه مضرس باشد. در غیر این صورت بین ماسه اضافه شده با ماسه زیرین اتصال کافی ایجاد نشده و استحکام قالب در هنگام مذاب‌ریزی کاهش می‌یابد.

نکته





۶ مانند قالب گیری درجه زیرین، با سیخ هواکش سوراخ‌هایی به فاصله مناسب برای عبور گاز CO_2 ایجاد می‌کنند (شکل ۸).

شکل ۸- دمش گاز CO_2 درجه رویی

برای عبور هوا و گاز قالب و ماهیچه، سوراخ‌هایی را روی تکیه‌گاه ماهیچه و روی قسمت‌های انتهایی محفظه قالب ایجاد می‌کنند. ایجاد کانال‌های خروج هوا در قالب سبب می‌شوند که گازهای ایجاد شده از ماهیچه و هوای محبوس شده درون قالب به راحتی خارج شده در غیر این صورت گازها و هوای محبوس شده درون قالب مانع از رسیدن مذاب به تمامی قسمت‌های قالب می‌شود (شکل ۹).

نکته



ب) تعبیه کانال‌های خروج گاز ماهیچه در پره دمنده

الف) تعبیه کانال‌های خروج هوا در درجه رویی

شکل ۹

در رابطه با دلایل استفاده و عدم استفاده از سیستم راهگامی و تغذیه پیش ساخته در قالب‌گیری با یکدیگر گفت‌وگو کنید.

گفت‌وگو کنید



۷ پس از ایجاد کانال‌های خروج گاز، لوله راهگام را به آرامی از ماسه خارج می‌کنند.

۸ به وسیله سیستم دمش، مانند درجه زیرین گاز CO_2 را با فشار مشخص وارد قالب می‌کنند.

۹ پس از دمش گاز CO_2 درجه رویی را به آرامی بلند کرده و روی صفحه زیر درجه قرار می‌دهند.

۱۰ مدل را با استفاده از ابزار مدل درآور به طور صحیح از قالب خارج می‌کنند.

۱۱ چنانچه راهبار اصلی پیش ساخته نیز در درجه رویی قرار دارد آن را از قالب خارج می‌کنند.

نکته



چنانچه سیستم راهگاهی و تغذیه پیش ساخته در مدل صفحه‌ای به کار نرفته باشد باید اجزای سیستم راهگاهی مانند حوضچه پای راهگاه، راهبار و راهباره را به صورت دستی با استفاده از ابزار در درجه زیرین ایجاد کرد.

نکات ایمنی



در هنگام ورود به کارگاه استفاده از لباس کار، کفش ایمنی و کلاه ایمنی الزامی است و هنگام قالب‌گیری باید حتماً از ماسک تنفسی و عینک ایمنی استفاده شود.

نکات زیست‌محیطی



- پس از استفاده از چسب سدیم سیلیکات و یا مخلوط ماسه از ظرف مخصوص، در آن را کاملاً ببندید.
- پس از استفاده از گاز CO₂ از بسته بودن شیر کپسول گاز اطمینان حاصل کنید.

فعالیت کارگاهی



قالب‌گیری با مدل صفحه‌ای ماسه CO₂ و ساخت قالب خشتی CO₂

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ ماسه قالب‌گیری سیلیسی
- ۲ میکسر ماسه، ترازو
- ۳ چسب سدیم سیلیکات
- ۴ تجهیزات قالب‌گیری، ابزار قاشقی و ابزار پاشنه‌ای
- ۵ گاز CO₂
- ۶ فریم قالب خشتی
- ۷ مدل صفحه‌ای (۲ صفحه‌ای)

مراحل انجام کار

- ۱ ابتدا ماسه CO₂ به مقدار مورد نیاز آماده کرده و داخل ظرف درب بسته نگهداری کنید.
- ۲ مدل صفحه‌ای را کاملاً تمیز کرده و پودر جدایش بزنید، فریم قالب خشتی را بر روی صفحه مدل قرار داده و پودر جدایش بزنید و سپس ماسه CO₂ درون فریم و صفحه ریخته تا کاملاً پر شده و با فشردن ماسه با دست یا کوبه تراکم دهید سپس با دمش گاز CO₂ لنگه زیرین قالب خشتی را سخت کنید.
- ۳ فرایند بالا را برای لنگه دوم مدل صفحه‌ای با قالب خشتی انجام دهید با این تفاوت که در لنگه دوم لوله راهگاه نیز وجود دارد.
- ۴ پس از لقی نمودن و خارج کردن صفحه مدل‌ها و فریم قالب خشتی‌ها آنها را با یکدیگر جفت کرده و آماده ذوب‌ریزی کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

اعمال پوشان وجفت کردن قالب

۱ هدف از اعمال پوشان بر روی سطوح قالب و ماهیچه چیست؟

۲ چرا نمی توان برای کلیه قالب ها از یک نوع پوشان استفاده کرد؟

پس از آنکه مدل از قالب خارج شد، برای محافظت دیواره های قالب و جلوگیری از نفوذپذیری مذاب درون آن و سایر عیوبی که در کتاب ذکر شده است و همچنین برای دستیابی به سطوح صاف ریختگی و کاهش هزینه های تمیزکاری از مواد پوششی استفاده می کنند.

برای قالب های خشک از پوشش های مخلوط مایع استفاده می کنند. مواد دیرگداز پودر شده را همراه با بنتونیت یا خاک نسوز و چسب های آلی نظیر ملاس، دکستین، روغن ماهیچه (بزرک) و مقدار لازم آب مخلوط می کنند. وزن مخصوص مایع و مقدار آب موجود در آن از نکات مهمی است که باید رعایت شود. برای قالب های خشک بر اساس نوع آلیاژ از مواد پوششی متفاوتی استفاده می شود، زیرا مواد پوششی باید علاوه بر محافظت سطوح قالب و ماهیچه در برابر دمای بالای مذاب، ترکیبات مضر ایجاد نکند و کمترین بخار و گاز را در قالب ایجاد کند.

در مواردی که پوشش ضخیمی با هدف عایق بندی مورد نیاز باشد مخلوط را به شکل خمیری می سازند و با انواع ابزارهای قالب گیری، سطح قالب را پوشش می دهند. در صورتی که از افشانه (اسپری) جهت پوشش دادن سطح قالب استفاده شود، غلظت پوشش مایع باید کم باشد تا به راحتی از افشانه خارج شود. ذکر این نکته دارای اهمیت است که در صورت غیر یکنواختی ضخامت مواد پوشش، نوع و جهت انجماد تغییر خواهد کرد و امکان ایجاد عیوب در قطعه فراهم می شود. در برخی موارد به دلیل عایق کردن و تغییرات در مدل انجماد، ضخامت مواد پوشش را در قسمت های مختلف قالب، متفاوت در نظر می گیرند. مشخصات مواد پوششی مخلوط مایع برای قالب های خشک بر اساس نوع آلیاژ (جدول ۱).

جدول ۱

درصد آب یا الکل	مواد پوششی (درصد)	نوع آلیاژ
۶۷	۲۰ تالک، ۶/۵ پودر زغال، ۶/۵ ملاس	آلیاژهای مس
۵۷	۱۱/۵ خاک چینی، ۲۳ مواد کربنی، ۸/۵ ملاس	برنز سرب یا فسفر
۵۶	۲۲ تالک، ۱۱ پودر گچ، ۱۱ ملاس	آلیاژهای آلومینیوم
۷۰	۲۲ پودر زغال، ۴ بنتونیت، ۴ دکستین	چدن پوشش سطحی (نازک) پوشش سطحی پوشش ضخیم
۶۶	۲۱ پودر زغال، ۶/۵ خاک نسوز، ۶/۵ گرافیت	
۶۷	۲۰ شاموت، ۶/۵ خاک نسوز، ۶/۵ گرافیت	
۶۳	۲۵ پودر سیلیس، ۶ بنتونیت، ۳ دکستین، ۳ روغن بزرک	
۶۴	۳۰ پودر سیلیس یا پودر زیرکن، ۱/۵ بنتونیت	فولاد پوشش نازک فولاد منگن‌دار
۵۰	۴/۵ روغن ماهیچه ۴۲/۵ نیتريت، ۵ بنتونیت، ۲/۵ دکستین	
	برای ریخته‌گری آلیاژهای منبزم معمولاً ماسه را با ۱ درصد بوریک اسید و ۱ درصد سولفوریک اسید مخلوط می‌کنند و در بعضی موارد قالب را در معرض گاز CO _۲ قرار می‌دهند.	
	منبزم	

تمامی مواد پوششی ذکر شده در بالا به وسیله یک مخلوط کن برقی کاملاً هم زده شده تا یکنواخت شود. سپس توسط قلم مو یا افشانک عمل پوشش کاری قالب انجام می گیرد. ضخامت پوشش قالب اهمیت زیادی داشته و با توجه به درجه حرارت مذاب، اندازه و ابعاد قطعه و مقدار انتقال حرارت قالب انتخاب می شود.



ایجاد پوشش گرافیتی بر روی قالب CO₂

مواد و وسایل مورد نیاز:

- | | |
|---|------------------------|
| ۱ | گرافیت |
| ۲ | بنتونیت |
| ۳ | دکستین |
| ۴ | الکل |
| ۵ | میکسر ماسه |
| ۶ | ترازو |
| ۷ | قلم مو یا اسپری پیسوله |

مراحل انجام کار

- ۱ محلول مربوطه را به ترتیبی که آورده می‌شود آماده‌سازی کنید و بر روی سطح قالب فعالیت صفحه ۱۳۹ پوشانده شود.
- ۲ ۷۰٪ وزنی الکل را به علاوه ۲۲٪ وزنی گرافیت و ۴٪ وزنی بنتونیت و ۴٪ وزنی دکستین را به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط کنید تا گلوله مانند نداشته باشد و کاملاً یکنواخت مخلوط شود.
- ۳ توسط قلم‌مو یک پوشش ظریف بر روی سطوح داخلی قالب خشتی پوشانده می‌شود.
- ۴ قالب‌ها جفت و آماده بارریزی می‌شود.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.



- ۱ از ریختن مواد پوشان در محیط زیست اجتناب شود این مواد باید در محل مشخص انبار شود.
- ۲ عملیات پوشان‌دهی را زیر هواکش انجام دهید.



در هنگام اعمال پوشش به قالب از لباس ایمنی، ماسک تنفسی، عینک و دستکش مناسب استفاده کنید.



استنشاق مواد پوشان قالب‌ها، باعث بیماری می‌شود.

شرایط و روش های نگهداری مخلوط ماسه قالب گیری

هنگام ساخت قالب با استفاده از مخلوط ماسه قالب گیری، باید به طریقی استحکام لازم را جهت حفظ شکل مورد نظر به دست آورد که بتوان فضای خالی درون قطعات ریختگی را ایجاد کرد. برای این منظور روش های متفاوتی، بسته به نوع و جنس مخلوط ماسه قالب گیری، وجود دارد که در جدول ۲ آمده است:

جدول ۲

نوع مخلوط ماسه قالب گیری	تجهیزات	عامل سخت کننده	روش استحکام بخشی
مخلوط ماسه قالب گیری تر	تجهیزات حرارت دهی مانند مشعل	حرارت	برای استحکام بخشی مخلوط ماسه از تجهیزات حرارت دهی مانند مشعل گاز استفاده می شود. زمان حرارت دهی، بسته به حجم و ابعاد قالب، متفاوت است. در صورت حرارت دهی بیش از حد قالب پوک می شود.
مخلوط ماسه قالب گیری CO _۲ (ماسه سیلیسی + چسب سدیم سیلیکات)	مخزن گاز CO _۲ ، مانومتر، المنت های گرم کننده و شلنگ رابط با کلاهک های دوشی شکل برای سطوح بزرگ با عمق کم و لوله ای شکل برای عمق زیاد	گاز CO _۲	برای استحکام بخشی این مخلوط ماسه از گاز CO _۲ استفاده می شود. مدت زمان دمیدن گاز به درون مخلوط ماسه بسته به مقدار چسب و ابعاد قالب، محدود بوده (حداکثر ۶ دقیقه) چنانچه زمان گاز دهی کم باشد استحکام کافی به دست نمی آید و چنانچه زمان زیاد باشد باعث پوک شدن و پودر شدن مخلوط ماسه قالب می گردد.
مخلوط ماسه قالب گیری کلدباکس	-	اسید به عنوان کاتالیزور	برای استحکام بخشی مخلوط ماسه آن را در فضای آزاد قرار می دهیم یا می توانیم هوادهی کنیم. در این روش عامل سخت کننده ماسه قالب گیری یک اسید به عنوان کاتالیزور است. با توجه به نسبت چسب و اسید، زمان خودگیری مخلوط ماسه قالب گیری متفاوت است. در صورت اضافه کردن بیش از حد اسید یا کافی نبودن مقدار چسب، قالب ساخته شده استحکام کافی را نخواهد داشت و بالعکس در صورت کم بودن اسید یا زیاد بودن چسب، زمان خودگیری بالا می رود و هنگام ریخته گری گاز زیادی از قالب متصاعد می شود که می تواند عیوبی نظیر مک های گازی را در قطعات ایجاد کند.
مخلوط ماسه قالب گیری هات باکس	تجهیزات حرارت دهی مانند مشعل گاز یا المنت	حرارت	برای استحکام بخشی مخلوط ماسه، از تجهیزات حرارت دهی مانند مشعل گاز استفاده می شود. زمان حرارت دهی، بسته به حجم و ابعاد قالب، متفاوت است. در صورت حرارت دهی بیش از حد قالب پوک می شود.

نگهداری مخلوط ماسه قالب‌گیری

مخلوط ماسه قالب‌گیری باید به مقدار مورد نیاز جهت ساخت قالب آماده گردد، اما گاهی ممکن است نیاز باشد مخلوط ماسه قالب‌گیری برای استفاده‌های بعدی نگهداری شود. روش‌های نگهداری مخلوط ماسه قالب‌گیری در جدول ۳ آورده شده است:

جدول ۳

روش نگهداری	نوع مخلوط ماسه قالب‌گیری
مخلوط ماسه تر نیاز به نگهداری خاصی ندارد و فقط میزان رطوبت آن باید کنترل شود.	مخلوط ماسه تر قالب‌گیری
مخلوط ماسه قالب‌گیری CO ₂ با پارچه مرطوب یا نایلون پوشانده می‌شود تا از تأثیر گاز CO ₂ موجود در هوا بر مخلوط ماسه جلوگیری شود و یا آن را در مخازن مخصوص درب‌دار برای زمان محدود نگهداری می‌کنند.	مخلوط ماسه قالب‌گیری CO ₂
مخلوط ماسه قالب‌گیری کلد باکس را به دلیل اینکه در هوا خودگیر می‌شود، نمی‌توان نگهداری کرد.	مخلوط ماسه قالب‌گیری کلدباکس
مخلوط ماسه قالب‌گیری هات باکس، به دلیل اینکه بر اثر حرارت خودگیر می‌شود، را باید دور از حرارت نگاه داشت.	مخلوط ماسه قالب‌گیری هات باکس

نگهداری مخلوط ماسه

در هنگام ورود به کارگاه استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش، کلاه ایمنی، ماسک و عینک ایمنی الزامی است.

نکات ایمنی



نگهداری مخلوط ماسه با توجه به نوع مخلوط و شرایط لازم روش ماسه تر

- ۱ مقدار مخلوط ماسه تر را در یک محفظه مکعبی چوبی یا فلزی کوچک بریزید.
- ۲ با کوبه ماسه را متراکم کنید.
- ۳ پس از صاف کردن سطح ماسه توسط کارد تسمه، به وسیله سیخ هوا کانال‌های عبور گاز را به‌طور یکنواخت در سطح ماسه ایجاد کنید.
- ۴ با استفاده از مشعل، سطح قالب را به‌طور کامل خشک کنید (دقت کنید حرارت دادن زیاد مخلوط ماسه تر سبب پوک شدن قالب می‌گردد).

روش CO₂

- ۱ مقداری مخلوط ماسه CO₂ را در یک محفظه مکعبی چوبی یا فلزی کوچک بریزید.
- ۲ با کوبه ماسه را متراکم کنید.

فعالیت
کارگاهی



- ۳ پس از صاف کردن سطح ماسه توسط کارد تسمه، به وسیلهٔ سیخ هوا کانال‌های عبور گاز CO_2 را به‌طور یکنواخت در سطح ماسه ایجاد کنید.
- ۴ با استفاده از سیستم گازدهی عمل دمش گاز CO_2 را با تجهیزات مناسب انجام دهید.
- ۵ ماسهٔ اضافه را در مخزن دردار یا درون پارچهٔ مرطوب یا نایلون نگهداری کنید.

روش کلد باکس

- ۱ مخلوط ماسه را در یک محفظهٔ مکعبی چوبی یا فلزی کوچک بریزید.
- ۲ با کوبه ماسه را متراکم کنید.
- ۳ با کارد تسمه سطح ماسه را صاف کنید.
- ۴ با گذشت زمانی اندک و خودگیری اولیه، آن را از روی صفحهٔ زیر درجه خارج کنید.
- ۵ مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری خارج شده را در معرض هوا جهت خودگیری کامل قرار دهید (در این روش نگهداری ممکن نیست).

در تمام مراحل، استفاده از دستکش و ماسک تنفسی، به ویژه هنگام کار با اسید الزامی است.

نکات ایمنی



در کلیهٔ مراحل کار، از آمیخته شدن مخلوط ماسهٔ ماهیچه با محیط زیست جلوگیری کنید و از ریختن مخلوط ماسهٔ اضافی در محیط کار و اطراف آن خودداری کنید.

نکات

زیست‌محیطی



مخلوط ماسهٔ تر، مخلوط ماسه قالب‌گیری CO_2 و مخلوط ماسه قالب‌گیری کلد باکس ساخته شده را درون سه محفظهٔ استوانه‌ای بریزید و با تجهیزات مناسب، به آنها استحکام دهید سپس نتایج حاصل از هر کدام را در جدولی مانند جدول زیر وارد کنید.

فعالیت کلاسی



نوع عیب	بلی	خیر	علت
پوک شدن مخلوط قالب‌گیری			
تخلخل در سطوح مخلوط قالب‌گیری			
استحکام غیر یکنواخت			

ارزشیابی واحد یادگیری ۲: قالب‌گیری مدل‌های یک تکه و چند تکه با مخلوط ماسه CO₂

شرح کار:

پس از آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری CO₂، مدل‌سندان کفاشی را قالب‌گیری کنید و سپس با دمش گاز آن را سخت کنید.

استاندارد عملکرد: قالب‌گیری مدل چند تکه توسط مخلوط ماسه قالب‌گیری CO₂ شاخص‌ها:

- ۱- آماده‌سازی مخلوط ماسه تر
- ۲- کنترل میزان چسب سدیم سیلیکات
- ۳- قالب‌گیری مدل چند تکه

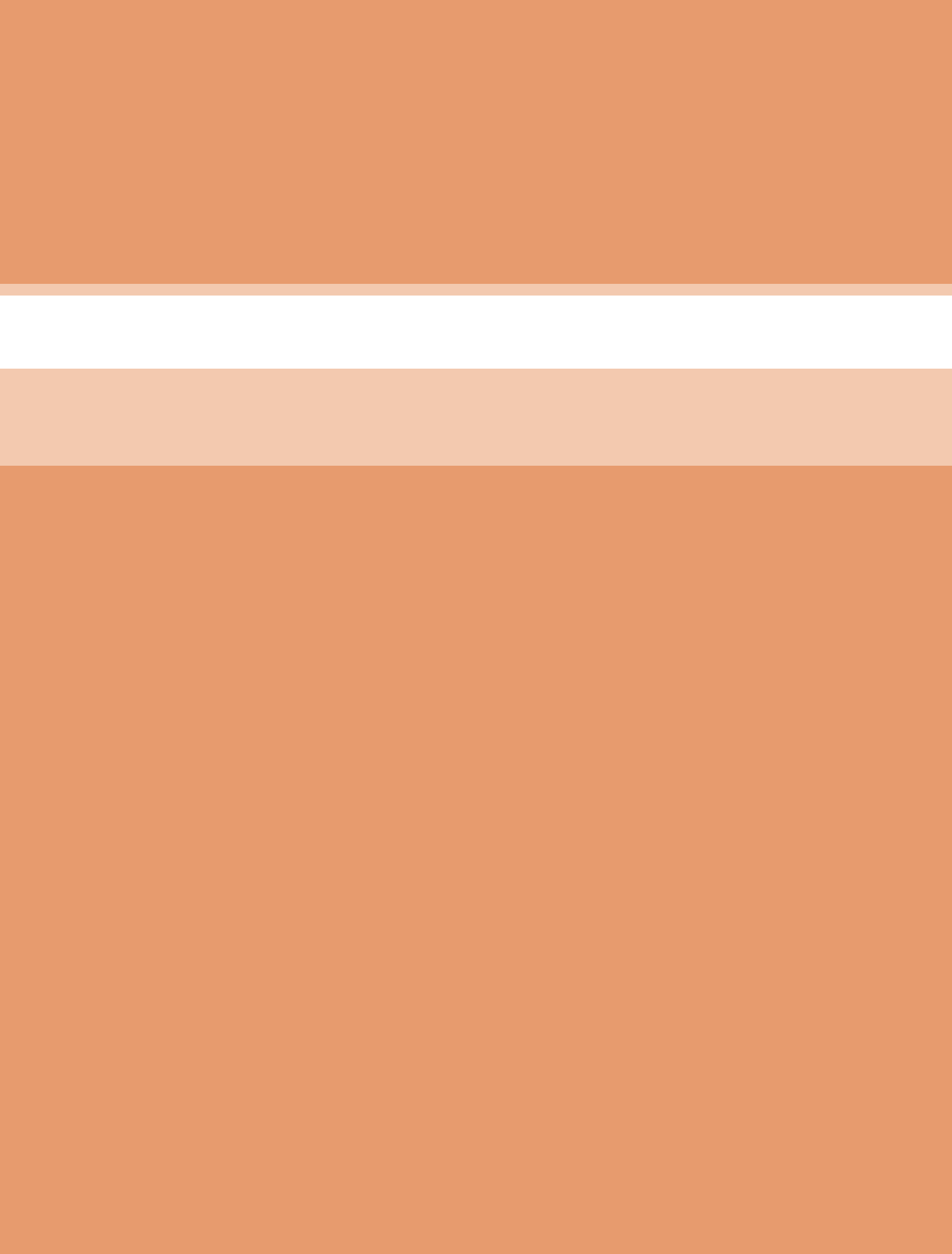
شرایط انجام کار:

- ۱- محیط کارگاهی
 - ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
 - ۳- تهویه استاندارد و دمای $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$
 - ۴- اندازه‌ها بر اساس استاندارد
 - ۵- وسایل ایمنی استاندارد
 - ۶- ابزار و تجهیزات استاندارد
- مواد و تجهیزات مورد نیاز:** ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب سدیم سیلیکات، آب‌پاش، بیل ریخته‌گری، میکسر ماسه، کپسول گاز CO₂، گرمکن گاز، مانومتر، سرنده برقی، مدل‌سندان کفاشی، پودر جدایش، درجه، زیر درجه، کوبه و سایر وسایل و تجهیزات قالب‌گیری و ریخته‌گری

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره دریافتی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری CO ₂	۱	
۲	قالب‌گیری مدل چند تکه	۱	
۳	دمش گاز جهت سخت شدن قالب	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: ۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳- تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه ۴- رعایت دقت و نظم	۲	
میانگین نمرات ***			

* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و نمره مستمر است.
** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.





پودمان چهارم

ذوب فلزات



برای تولید قطعه به روش ریخته‌گری، علاوه بر ساخت قالب، تهیه مذاب ضروری است. ذوب فلزات در کوره‌های مختلف (براساس دما، ظرفیت و روش کار) انجام می‌شود. معمولاً از شمش فلز، برگشتی، قراضه و مواد کمک ذوب برای این فرایند استفاده می‌شود. تماس مذاب با محیط (اتمسفر کوره) باعث واکنش شیمیایی و تشکیل ناخالصی می‌شود که در صورت انتقال به قالب، کیفیت قطعه را کاهش می‌دهند. برای حل این مشکل سرباره‌گیری (جدا کردن ناخالصی‌ها از مذاب) انجام می‌شود که اولین مرحله آن معمولاً درون کوره است.

واحد یادگیری ۱: آماده‌سازی مذاب

برای راه‌اندازی و آماده‌سازی کوره مذاب لازم است که کلیه ملزومات و مواد اولیه در دسترس و آماده به کار باشد به همین منظور باید ابزار و تجهیزات راه‌اندازی و آماده‌سازی سالم، تمیز و دارای شرایط لازم جهت کار باشد. در این واحد یادگیری ابتدا مواد اولیه شامل فروآلیاژها، مواد سرباره‌گیر، گاززداها، ابزار شامل ترموکوپل، شلاکه‌گیر، قالب نمونه‌گیر و تجهیزات شامل پیش‌گرم‌کن و پاتیل، معرفی و مشخصات و کاربرد آنها توضیح داده می‌شود. سپس روش‌های آماده‌سازی هرکدام شامل تمیزکاری، کنترل کیفیت ظاهری، اطمینان از کارکرد و سلامت آنها توضیح داده خواهد شد. سپس انواع کوره‌ها و روش راه‌اندازی آنها و همچنین نحوه شارژ کوره‌ها و اندازه‌گیری دمای مذاب توضیح داده شده و به‌صورت عملی انجام داده خواهد شد.

استاندارد عملکرد

با استفاده از دستورالعمل و مواد اولیه شارژ براساس استانداردهای مرتبط، کوره راه‌اندازی و آماده ذوب‌دهی می‌شود.

راه اندازی کوره

- برای ذوب کردن فلزات از چه وسیله‌ای می‌توان استفاده کرد؟
- یک کوره ذوب فلزات چه ویژگی‌هایی دارد؟
- چه نوع قطعات فلزی در اطرافتان وجود دارند؟ آیا همه این قطعات از یک نوع فلز ساخته شده‌اند؟ این قطعات از چه نوع فلزی ساخته شده‌اند؟ چگونه می‌توان فلزات را دسته‌بندی کرد؟

فعالیت کلاسی



قطعات ذکر شده در جدول از چه نوع فلزی ساخته شده‌اند.

نام قطعه	درب و پنجره	میلگرد	شعله پخش کن گاز	کتری	سیم برق	قوطی نوشابه	قابلمه	قیچی
جنس قطعه								

جدول زیر را کامل کنید.

فلز	آلومینیوم	مس	سرب	آهن	چدن	قلع	روی	منیزیم
دمای ذوب (درجه سلسیوس)								

ذوب: تغییر حالت از جامد به مایع را ذوب می‌گویند، دمایی را که در آن این تغییر حالت ایجاد می‌شود، نقطه ذوب می‌نامند.

تغییر حالت کلی در درجه حرارت ذوب، مستلزم صرف انرژی حرارتی اضافی است. این انرژی باید توانایی جدا کردن اتم‌ها از یکدیگر را به فاصله کافی برای تبدیل ساختار جامد به مایع دارا باشد. چنین انرژی حرارتی را گرمای نهان گداز یا گرمای نهان ذوب می‌نامند. گرمای نهان گداز، مقدار حرارتی است که واحد جرم ماده خالص لازم دارد تا پس از رسیدن به درجه حرارت ذوب بدون تغییر دما به مایع تبدیل گردد.

انواع فلزات

به جز جیوه که مایع است، بقیه فلزات در دمای محیط جامدند و دمای ذوب نسبتاً بالایی دارند. فلزات به دو گروه تقسیم می‌شوند:

الف) فلزات آهنی

پرکاربردترین مواد صنعتی، آلیاژهای آهنی هستند. آهن خالص، به تنهایی استحکام و سختی بالایی ندارد، در نتیجه کاربرد آهن خالص به تنهایی بسیار محدود است. بنابراین آنچه ما در اطراف خود از وسایل آهنی می‌بینیم (مانند میز، صندلی، در و پنجره، دوچرخه، موتور سیکلت، ماشین) در حقیقت از آلیاژهای آهن

ساخته شده‌اند. آلیاژهای آهن در صنعت به دو صورت فولادها و چدن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. عنصر اصلی تشکیل آلیاژهای آهنی، آهن و مهم‌ترین عنصر آلیاژی آن کربن است. مقدار کربن در فولادها، معمولاً بین ۰/۰۲۵ تا حدود ۲ درصد و در چدن‌ها معمولاً از حدود ۲ تا ۶ درصد است، فولادها و چدن‌ها می‌توانند عناصر آلیاژی دیگری از جمله سیلیسیم و منگنز داشته باشند، که با توجه به کاربرد آنها در صنعت، به آنها افزوده می‌شود.

ب) فلزات غیر آهنی

فلزات غیر آهنی عبارت‌اند از تمام فلزات و آلیاژهایی که بخش اصلی تشکیل‌دهنده ترکیب آنها عنصری غیر از آهن باشد، که کاربرد متنوعی در صنعت دارند. این فلزات عبارت‌اند از: مس، قلع، سرب، برنج و فلزات سبک، مانند آلومینیوم، منیزیم، تیتانیوم.

جهت تولید قطعات به روش ریخته‌گری لازم است ابتدا فلز مورد نظر ذوب شود. با توجه به اینکه نقطه ذوب فلزات نسبتاً بالاست، عملیات ذوب آنها در تجهیزاتی به نام کوره انجام می‌شود، فلزات با توجه به نقطه ذوبی که دارند، در کوره‌های متناسب با آن فلز ذوب می‌شوند.

ابزار و تجهیزات ذوب

جهت راه‌اندازی کوره و اجرای عملیات ذوب فلز به ابزار و تجهیزات خاصی نیاز است که عبارت‌اند از:

ابزار ذوب

۱ ملاقه

وسیله‌ای است برای حمل مذاب در حجم کم از کوره و ریختن آن به درون قالب. جنس ملاقه از فولاد است و نوع چدنی آن برای نمونه‌گیری فلزات آهنی به کار می‌رود.

۲ شلاکه‌گیر

برای سرباره‌گیری فلزات غیر آهنی از کفگیر استفاده می‌شود. جنس آن فولادی است و از یک صفحه سوراخ‌دار و دسته بلند تشکیل شده است. برای سرباره‌گیری فلزات آهنی از وسیله‌ای به نام سرباره‌گیر استفاده می‌شود، جنس آن فولادی است و نوع دسته بلند آن در کوره دوار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳ کلاhek خوراک‌دهنده

وسیله‌ای است برای وارد کردن مواد گاززدا و سرباره‌زا به درون مذاب. از یک دسته بلند و یک کلاhek مشبک تشکیل شده است. از نوع فولادی آن برای فلزات و آلیاژهای غیر آهنی و از نوع چدنی آن برای آلیاژهای آهنی استفاده می‌شود.

۴ شارژکن

برای افزودن مواد شارژ به بوته یا کوره، جابه‌جایی قطعات ریخته‌شده و جدا کردن آنها از ماسه، از انبر یا مگنت دستی، استفاده می‌شود.

۵ ابزار اعمال پوشان

— قلم‌مو و اسفنج: از قلم‌مو و اسفنج برای پوشش دادن ابزار تهیه مذاب مانند شلاکه‌گیر و نمونه‌گیر استفاده می‌شود.

همچنین می‌توان برای پوشش دادن ابزار تهیه مذاب از روش غوطه‌ورسازی استفاده کرد، به این صورت که ابزار را در درون ظرفی پر از پوشان فرو می‌برند و سپس آن را خشک می‌کنند.

۶ دستگاه توزین

– **باسکول:** از باسکول جهت توزین قطعات سنگین و مواد شارژ، نظیر شمش‌ها استفاده می‌شود و تشکیل شده از یک کفه مستوی و اهرم شاخص با دقت در حد ۱۰۰ گرم.

– **ترازوی دو کفه‌ای:** از ترازوی دو کفه‌ای برای وزن کردن مواد افزودنی تا ۱۰ کیلوگرم استفاده می‌شود.

– **ترازوی یک کفه‌ای:** از ترازوی یک کفه‌ای برای وزن کردن مواد تا ۵ کیلوگرم استفاده می‌شود.

۷ ابزار خشک کردن پوشان

برای خشک کردن سطوح قالب و ابزار تهیه مذاب، از کپسول گاز به همراه مشعل استفاده می‌شود.

تجهیزات ذوب‌سازی و ذوب‌ریزی

۱ جرثقیل

برای حمل و جابه‌جایی پاتیل یا بوته یا تجهیزات دیگر به کار می‌رود و در دو نوع سقفی و دروازه‌ای کاربرد دارد.

۲ پیشگرم‌کن

کپسول گاز با مشعل یا دستگاه پیشگرم‌کن برای گرم کردن پاتیل، بوته، ابزار و مواد شارژ (قبل از استفاده) و تجهیزات حرارتی برای خشک کردن مواد مصرفی (در صورت نیاز) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳ شارژکن

برای افزودن مواد شارژ به بوته یا کوره، جابه‌جایی قطعات ریخته‌شده و جدا کردن آنها از ماسه، از انبر یا مگنت دستی، استفاده می‌شود.

۴ پاتیل

از پاتیل جهت حمل و نقل مذاب از کوره به محل بارریزی استفاده می‌شود. پاتیل به صورت ظرف استوانه‌ای شکل است و داخل آن با مواد نسوز پوشیده شده است.

۵ بوته

بوته برای ذوب فلزات به کار می‌رود و از جنس گرافیت یا سیلیسیم کاربرد است و در ابعاد و اندازه‌های مختلف و بر حسب مقدار ذوب داخل آن، نام‌گذاری می‌شود.

مواد اولیه جهت ذوب فلز

۱ شمش

اصلی‌ترین ماده اولیه ذوب است که معمولاً به صورت فلز خالص یا آلیاژی و به شکل‌های مشخصی مانند مکعب مستطیل یا گرد ساخته می‌شوند.

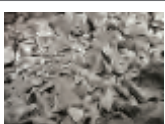
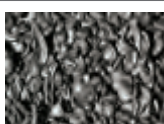
۲ قراضه

به ضایعات فلزی حاصل از منابع خانگی، عمومی و صنعتی از جنس آهن، فولاد، آلومینیوم و مس که در تهیه مذاب و آلیاژهای مربوطه به کار می‌رود، قراضه می‌گویند.

۳ برگشتی: به اضافات ذوب، سرریزها، قطعات معیوب ریختگی، راهگاه و تغذیه، که مجدداً ذوب می‌گردد، برگشتی می‌گویند.

افزودنی‌ها

به‌طور کلی فلزات در حالت خالص درجه سختی و استحکام کمتری دارند. بنابراین یکی از راهکارهای متداول و معمول برای افزایش خواص مکانیکی فلزات اضافه کردن عناصر دیگر (عناصر آلیاژی) و افزودنی‌های دیگر مانند گاززداها به مذاب آنها است. برای مثال با افزایش حدود ۴۰ درصد نیکل به مذاب مس، سختی آن دو برابر و استحکام آن نیز بیش از ۵۰ درصد افزایش پیدا می‌کند. مثال دیگر، افزودن قرص دگازر به مذاب آلومینیوم، جهت خارج کردن گاز هیدروژن از مذاب آلومینیوم است. برخی از فروآلیاژها که در تولید آلیاژهای آهنی مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارت‌اند از:

	فرومنگنز		فروسیلیس
	فروکروم		فروسیلیکو منیزیم
	فرومولیبدن		فرو نیکل

شکل ۱

آمیژان (هاردنر): آلیاژ با ترکیب ۵۰ - ۵۰ از فلز با نقطه ذوب پایین با فلز با نقطه ذوب بالا است، برای اضافه کردن به مذاب برای آلیاژسازی. مانند اضافه کردن مس به مذاب آلومینیوم یا اضافه کردن آلومینیوم به مذاب مس.

روش‌های خشک کردن مواد اولیه

در صورتی که ابزار و مواد اولیه مورد استفاده در مذاب مرطوب باشد چه اتفاقی می‌افتد؟ به نظر شما برای از بین بردن رطوبت ابزار و مواد اولیه مورد استفاده در مذاب چه باید کرد؟ از چه روش‌ها و ابزاری می‌توان استفاده کرد؟

خطرات ناشی از مرطوب بودن ابزار و مواد

خشک بودن ابزار و مواد اولیه در تهیه مذاب با کیفیت و جلوگیری از ایجاد حوادث احتمالی بسیار مهم است. وجود رطوبت در مواد اولیه و ابزار سبب می‌شود که در هنگام تماس با مذاب، رطوبت تبخیر و باعث پاشش مذاب می‌گردد. در این صورت ممکن است، علاوه بر ایجاد عیوب در قطعه ریخته‌شده صدمات جانی نیز ایجاد کند.

به طور مثال در کارخانه‌های ریخته‌گری، وجود رطوبت در مواد اولیه و ابزار ذوب باعث پاشش مذاب در حجم زیاد و صدمات جانی جبران‌ناپذیری خواهد شد.

■ روش‌های خشک کردن ابزار و مواد اولیه

معمولاً با استفاده از مشعل و کوره پیشگرم می‌توان ابزار و مواد اولیه ذوب سازی را در صورت لزوم خشک کرد. باید دقت شود حرارت به حدی نباشد که در سطح مواد اولیه اکسیداسیون ایجاد شود.

آماده کردن مواد اولیه و تجهیزات ذوب

آماده‌سازی کوره زمینی ذوب

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱] کوره زمینی
- ۲] بوته سایز ۳۵
- ۳] شمش آلومینیوم
- ۴] لباس ایمنی و نسوز و کفش ایمنی
- ۵] لوازم و تجهیزات ذوب ریزی

مراحل انجام کار

- ۱] ابتدا بوته را تمیز کنید.
- ۲] سپس تمام قسمت‌های بوته را بازرسی چشمی کنید که بوته دچار ترک و شکستگی نشده باشد.
- ۳] کوره را بازرسی کنید و از عملکرد صحیح مشعل مطمئن شوید.
- ۴] با ابزارهای ذوب ریزی یک‌بار بوته خالی را با انبر طوق گرفته، داخل کوره قرار دهید و انبر طوق را باز کنید، سپس انبر طوق را بسته و با میله انبر طوق و بوته را از کوره خارج کنید و در داخل کمچه قرار دهید.
- ۵] کمچه که بوته داخل آن قرار دارد را با دقت برداشته و فرایند ذوب ریزی را تحت نظارت هنر آموز خود شبیه سازی کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت
کارگاهی



محاسبه و شارژ بوته کوره زمینی

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱] بوته سایز ۳۵
- ۲] باسکول
- ۳] شمش آلومینیوم
- ۴] قراضه برگشتی آلومینیوم
- ۵] لباس ایمنی
- ۶] کفش ایمنی
- ۷] لوازم و تجهیزات ذوب‌ریزی

فعالیت
کارگاهی



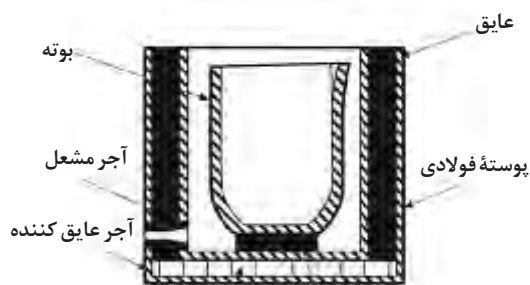
مراحل انجام کار

۱. بوته تمیز شده از فعالیت صفحه ۱۵۳ در نظر گرفته شود و سپس مراحل زیر انجام گیرد.
۲. مقدار ۲۰ کیلوگرم شمش آلومینیوم خالص را وزن کنید، سپس ۳۵٪ مقدار شمش را محاسبه کرده و قراضه آلومینیوم برگشتی را وزن کنید.
۳. شارژ کوره به این ترتیب انجام گیرد؛ ابتدا ضایعات ریز در کف بوته ریخته شود، سپس شمش آلومینیوم را به صورت عمودی در کناره بوته قرار دهید و ضایعات در وسط بوته قرار داده شود.
۴. دقت کنید که شارژ بوته در اثر جابه‌جایی بوته ریخته نشود.
۵. با استفاده از انبر طوق بوته درون کوره بر روی زیر بوته قرار گیرد.

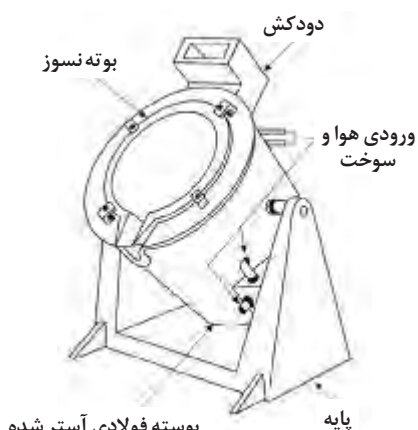
نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

کوره‌های مورد استفاده در صنعت ذوب و ریخته‌گری



زیر بوته‌ای مواد نسوز با کیفیت بالا
(الف)

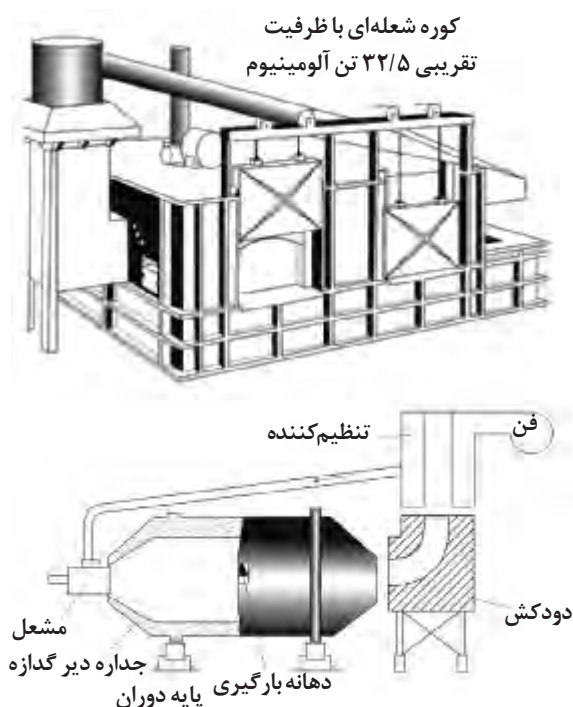


(ب)
شکل ۲

کوره‌های بوته‌ای

این کوره‌ها، ساده‌ترین و قدیمی‌ترین نوع از کوره‌های ذوب فلزات‌اند. کوره‌های بوته‌ای معمولاً به دو صورت ثابت و گردان مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۲، الف و ب).

سوخت مناسب برای کوره‌های بوته‌ای، سوخت‌های فسیلی (مایع و گاز) است. در میان سوخت‌های مایع، گازوئیل و مازوت و در میان سوخت‌های گازی، گاز شهری به طور وسیع‌تری مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر چند مازوت یا نفت کوره از گازوئیل ارزان‌تر است و از ارزش حرارتی بیشتری نیز نسبت به آن برخوردار است، ولی به دلیل گرانبه‌ی وایسکوزیتهٔ بیشتر، به هنگام استفاده باید پیشگرم گردد (وایسکوزیته مقدار مقاومتی است که یک سیال نسبت به جاری شدن از خود نشان می‌دهد).



شکل ۳

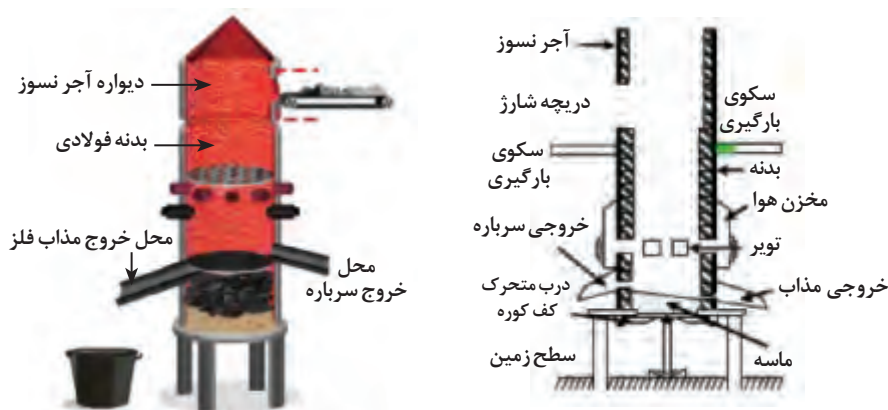
■ کوره‌های تشعشعی

در این نوع کوره‌ها، شعله به صورت جریانی از روی سطح شارژ عبور می‌کند و در اثر تشعشع شعله، شارژ ذوب می‌گردد. کوره‌های تشعشعی (انعکاسی) معمولاً در دو نوع ثابت و دوار (کوره در هنگام عملیات ذوب، دوار و چرخش دارد) مورد استفاده قرار می‌گیرند. کوره تشعشعی ثابت برای ذوب فلزات و آلیاژهای غیرآهنی به کار می‌رود. کوره تشعشعی نوع دوار به طور گسترده برای ذوب چدن، با ظرفیت‌های ۳۰۰ کیلوگرم به بالا به کار می‌رود. (شکل ۳)

■ کوره کوپل

در این کوره، ذوب به صورت مداوم و به شکلی تهیه می‌گردد که مواد اولیه از قسمت بالا به داخل کوره شارژ می‌شود و پس از ذوب شدن، از قسمت پایین خارج می‌گردد. کوره کوپل به طور وسیعی برای ذوب چدن‌ها در صنعت ریخته‌گری به کار می‌رود. شارژ این کوره‌ها شامل برگشتی انواع چدن‌ها، به همراه قراضه آهن و شمش چدن به دست آمده از کوره بلند است. (شکل ۴)

سوخت این کوره‌ها، بیشتر از کک و در برخی از موارد سوخت‌های گازی است. گفتنی است هرچند در این کوره‌ها، به دلیل تماس مستقیم مواد شارژ، راندمان حرارتی آن در مقایسه با کوره‌های با سوخت فسیلی، بالا است، ولی کنترل ترکیب شیمیایی آن دشوارتر است.



شکل ۴- ساختار کوره کوپل



شکل ۵

■ کوره بوت‌های (زمینی)

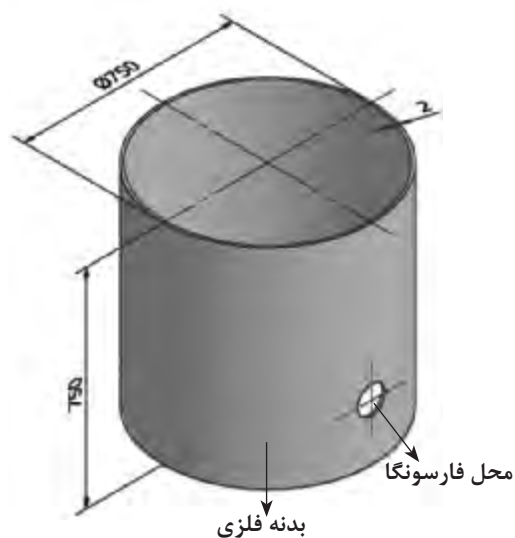
کوره‌های بوت‌های در دو نوع متحرک و ثابت ساخته می‌شوند.

■ **کوره بوت‌های متحرک:** در این کوره‌ها، بوت‌های ثابت است و برای تخلیه مذاب مجموعه کوره قابل خم شدن است. به عبارت دیگر، می‌توان با چرخاندن کوره، مذاب داخل بوت‌ها را در ظرف دیگری (بوت‌ها یا پاتیل) تخلیه کرد (شکل ۵).

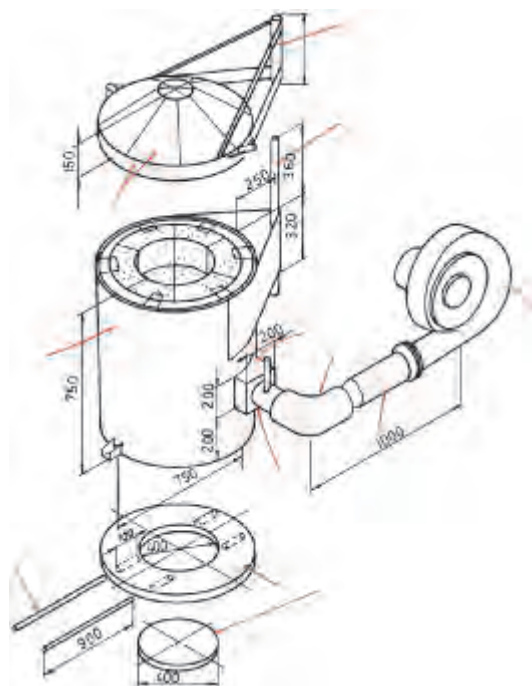
■ **کوره بوت‌های ثابت:** در این نوع کوره، پس از ذوب شدن فلز، می‌توان بوت‌ها را از کوره خارج کرد و پس از انتقال آن به قسمت قالب‌گیری، عمل بارریزی را به وسیله بوت‌ها انجام داد (شکل ۶).

اجزای تشکیل‌دهنده کوره‌های بوت‌های عبارت‌اند از:

– **بدنه فلزی:** استوانه‌ای است که از یک ورق فولادی به ضخامت ۵ تا ۱۰ میلی‌متر ساخته شده است. ارتفاع و قطر این استوانه، برای یک کوره متوسط ۷۵۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر است. در قسمت پایین این استوانه و به فاصله ۲۰۰ میلی‌متر از لبه پایینی آن، سوراخی به قطر تقریبی ۱۰۰ میلی‌متر وجود دارد که از آن مشعل یا فارسونگا عبور می‌کند (شکل ۷).

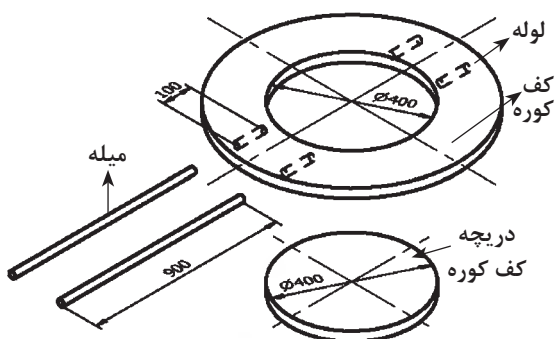


شکل ۷

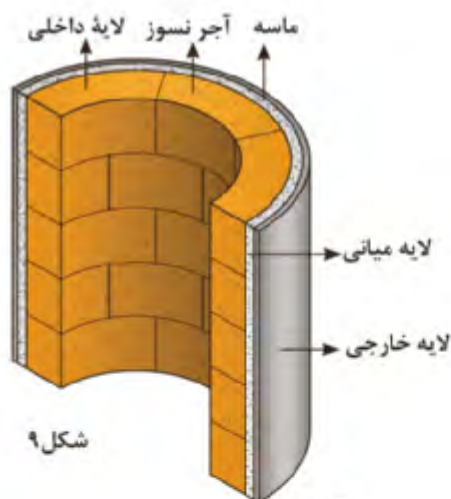


شکل ۶

– **صفحه فلزی کف کوره:** ورقی است فولادی، هم‌قطر یا کمی بزرگ‌تر از قطر بدنه فلزی و به ضخامت حداقل ۱۰ میلی‌متر که به بدنه فلزی جوش داده می‌شود. در وسط این صفحه، سوراخی وجود دارد که قطر آن مساوی قطر داخلی کوره است و در زیر این صفحه، چهار تکه لوله، مطابق شکل نیز جوش داده شده است (شکل ۸).



شکل ۸



شکل ۹

– **دریچه زیر کوره:** صفحه‌ای است فولادی به ضخامت ۱۰ میلی‌متر و به شکل دایره است. قطر آن مساوی قطر سوراخ وسط صفحه فلزی کف کوره است و به وسیله لولا به آن متصل شده است. پس از چرخیدن حول محور لولا، کاملاً در وسط صفحه زیر کوره‌ای قرار می‌گیرد و با عبور دادن چند میل از داخل لوله‌های زیر صفحه فلزی کف کوره، این دریچه در محل خود مستقر می‌گردد و با خارج کردن این میل، دریچه باز می‌شود (شکل ۸).

– **دیواره نسوز:** برای دیرگداز بودن و جلوگیری از انتقال حرارت (تلفات حرارتی) در داخل بدنه فلزی کوره، دیواره‌ای از مواد نسوز ساخته می‌شود. این دیواره از دو لایه تشکیل شده است: لایه آجری و لایه ماسه‌ای. لایه ماسه‌ای بین بدنه فلزی و لایه آجری قرار دارد (شکل ۹).



شکل ۱۰

– **درب کوره:** از یک حلقه فولادی که آجرهای نسوز فرم‌دار در داخل آن چیده شده‌اند، تشکیل شده است. قطر این حلقه، تقریباً به اندازه قطر خارجی کوره است و برای جلوگیری از اتلاف حرارت، بر روی دهانه کوره قرار می‌گیرد. به دلیل وزن زیاد آن، سیستم‌های گوناگونی برای قرار دادن آن بر روی دهانه کوره یا برداشتن آن از روی کوره پیش‌بینی می‌شود. شکل ۱۰ نوع چرخشی را نشان می‌دهد.

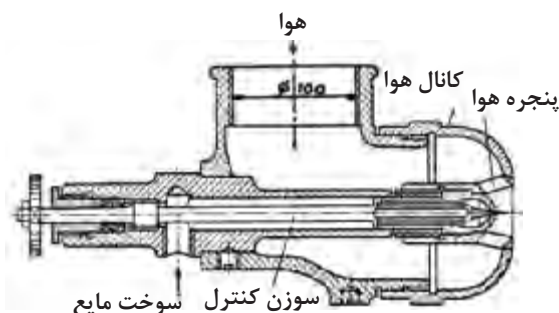


شکل ۱۱- دستگاه دمنده

– دستگاه دمنده هوا (ونتیلاتور): برای ایجاد حرارت در این کوره‌ها، باید سوخت با نسبت معینی هوا مخلوط شود و بسوزد. هوای مورد نیاز، به وسیله «ونتیلاتور» تأمین می‌شود (شکل ۱۱).

سوخت‌های مصرفی این کوره‌ها، شامل سوخت‌های مایع، نظیر مازوت، نفت سیاه، گازوئیل، نفت سفید و حتی روغن سوخته موتورهای احتراقی و سوخت‌های گاز طبیعی و مصنوعی است. در قدیم از سوخت‌های جامد نیز در این کوره‌ها استفاده می‌شد. فشار هوای ایجاد شده به وسیله دستگاه دمنده، موجب می‌شود که سوخت به صورت پودر درآید. هر چه ذرات سوخت، بیشتر پودر شوند، احتراق، کامل‌تر انجام می‌شود. به همین دلیل، سوخت‌های گازی که تا مرحله مولکولی خرد شده‌اند، نسبت به سایر سوخت‌ها برتری دارند.

– **فارسونگا (مشعل):** از یک لوله فولادی به قطر تقریبی ۸۰-۱۰۰ میلی‌متر، با یک سر مخروطی تشکیل یافته است. انتهای لوله سوخت در داخل آن قرار گرفته و یک سر آن به ونتیلاتور متصل است و سر دیگر آن (سر مخروطی شکل) درون کوره است. عمل مخلوط شدن سوخت با هوا و پودر شدن سوخت، در داخل آن انجام می‌گیرد و به وسیله مشعل، مخلوط سوخت و هوا، به درون کوره پاشیده می‌شود و به همین دلیل به آن «سوخت پاش» نیز می‌گویند (شکل ۱۲).

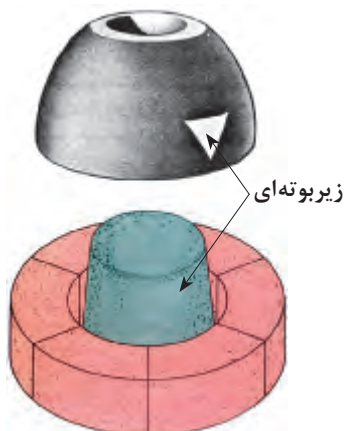


شکل ۱۲- فارسونگا



شکل ۱۳- مشعل دوگانه سوز سرعت متوسط

– امروزه در بیشتر کارگاه‌ها از مشعل‌های دوگانه‌سوز استفاده می‌شود (شکل ۱۳).

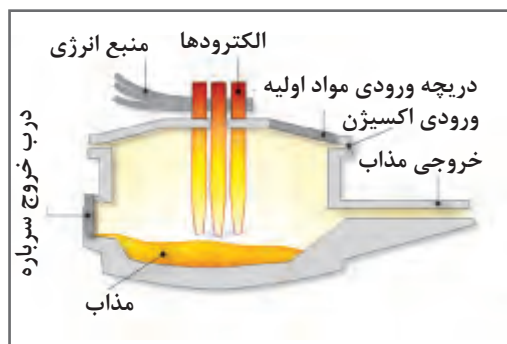


شکل ۱۴

زیر بوتنه‌ای: زیر بوتنه‌ای در مرکز کف کوره قرار می‌گیرد و ارتفاع آن باید با لبه فارسونگا مساوی باشد. جنس زیر بوتنه‌ای گرافیتی است و به شکل‌های مختلف ساخته می‌شوند. زیر بوتنه‌ای محل قرار گرفتن بوتنه داخل کوره است (شکل ۱۴).



شکل ۱۵



شکل ۱۶

کوره‌های الکتریکی

الف) کوره‌های مقاومتی (مقاومت فلزی یا گرافیتی)

از این کوره‌ها در صنعت ذوب فلزات غیر آهنی و همچنین در عملیات حرارتی فلزات آهنی و غیر آهنی استفاده می‌شود (شکل ۱۵).

ب) کوره‌های قوس الکتریک

این کوره‌ها بیشتر در صنعت ذوب فولاد به کار می‌رود، به گونه‌ای که ۸۰ درصد از فولادهای تولیدی در دنیا و کمتر از پنج درصد از چدن‌ها در این کوره‌ها ذوب می‌شوند. مزیت استفاده از این کوره‌ها در ذوب فولاد امکان تصفیه مذاب (گاززدایی، آخال‌زدایی و حذف عناصر ناخواسته) و ایجاد سرباره مناسب است. زیرا در این کوره‌ها، نسبت سطح مذاب به حجم آن بیشتر است و در نتیجه عمل تصفیه به طور بسیار وسیعی صورت می‌گیرد. ظرفیت کوره‌های قوسی بین ۱ تا ۱۰۰ تن متغیر است (شکل ۱۶).

نحوه کار کوره‌های قوس الکتریک: اختلاف پتانسیل بالا بین الکترودها هوا را یونیزه می‌کند و این هوای یونیزه شده هادی جریان می‌گردد و با انتقال جریان بین الکترودها، تخلیه الکتریکی ایجاد می‌شود، که نتیجه آن قوس است و سبب ذوب شارژ می‌گردد. الکترود گرافیتی به دلیل دمای ذوب بالا (۳۶۰۰ درجه سلسیوس) ذوب نمی‌شود. در کوره‌های قوس، معمولاً ۳ الکترود وجود دارد که ۲ عدد از آنها قوس می‌زند و دیگری خنک می‌شود. الکترودهای کوره‌های قوس مادام‌العمر نیستند و عواملی همچون اکسیداسیون، برخورد الکترود با شارژ یا سرباره غیر سیال و نصب غیر صحیح می‌توانند در کاهش عمر آنها تأثیرگذار باشند.

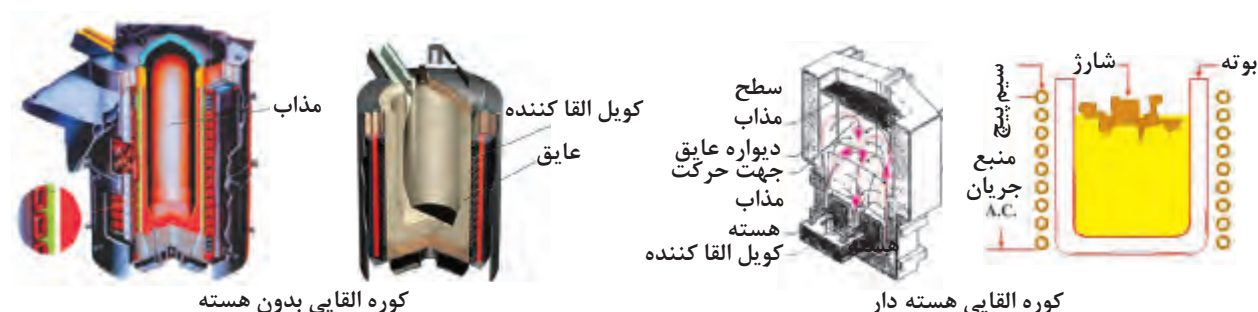
■ کوره‌های القایی

در این کوره‌ها، حرارت لازم برای ذوب فلز، از طریق ایجاد جریان القایی حاصل از میدان الکترومغناطیسی تأمین می‌شود.

کوره‌های القایی بر حسب نوع کاربرد به سه دسته تقسیم می‌شوند:

الف) کوره‌های ذوب القایی

در کوره‌های ذوب القایی کوئل القاکننده جریان الکتریکی که به شکل لوله‌های آبگرد مسی است، در اطراف بوتۀ ذوب قرار گرفته است. نحوه کار کوره‌های القایی بسیار شبیه به ترانسفورماتوری است که شامل سیم‌پیچ اولیه و ثانویه است. سیم‌پیچ اولیه همان کوئل مسی و سیم‌پیچ ثانویه همان شارژ داخل کوره است (شکل ۱۷).



شکل ۱۷

۱ کوره‌های ذوب القایی با فرکانس شبکه (پایین)

فرکانس برق این کوره‌ها حدود ۵۰ هرتز است و به دلیل نیاز نداشتن به مولد یا ژنراتور برای تولید برق با فرکانس بالا، هزینه سرمایه‌گذاری پایینی دارد و از آن در گذشته به طور وسیعی در صنایع ریخته‌گری استفاده می‌شد. سرعت تولید آنها یک چهارم کوره‌های فرکانس متوسط است و به همین دلیل ساخت آنها در دو دهه اخیر بسیار کم شده است (هنوز در صنعت از تعداد زیادی از این کوره‌ها استفاده می‌شود).

در این کوره‌ها به دلیل افزایش قابلیت به هم خوردن و تلاطم مذاب، در مقایسه با کوره‌های با فرکانس بالا افزودن شارژ به طور مطلوب‌تری، صورت می‌گیرد.

جهت ذوب‌سازی در این کوره‌ها لازم است مقداری ذوب در بوتۀ وجود داشته باشد.

۲ کوره‌های ذوب القایی با فرکانس متوسط

فرکانس برق القا شده در این کوره‌ها بین ۱۵۰ الی ۵۰۰ هرتز است. این کوره‌ها نسبت به کوره‌های با فرکانس شبکه نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بیشتری دارند. کار با این کوره‌ها ساده و سرعت ذوب‌سازی آنها بالا است. این کوره‌ها را بدون نیاز به وجود مذاب اولیه می‌توان در بوتۀ از حالت سرد به کار انداخت که از مزیت‌های این کوره‌ها به شمار می‌آید. این کوره‌ها بیشتر جهت تهیه چدن‌ها (با فرکانس برق ۲۰۰ الی ۲۵۰ هرتز) و فولادهای مخصوص (با فرکانس برق ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ هرتز) به کار می‌روند.

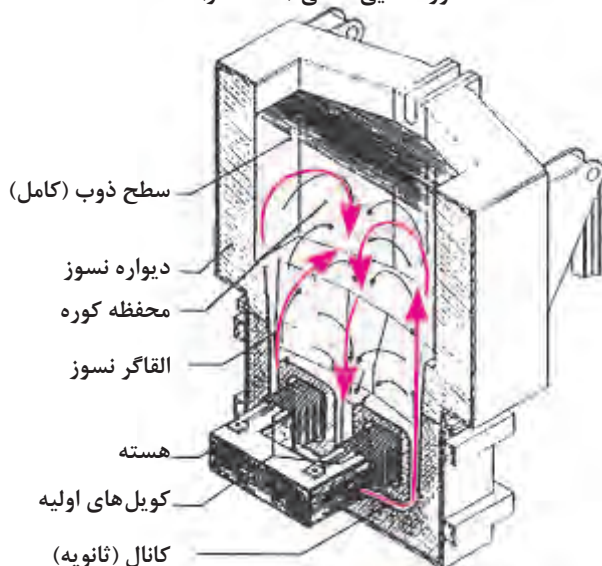
۳ کوره‌های ذوب القایی با فرکانس بالا

فرکانس در این کوره‌ها بیش از ۵۰۰۰ هرتز است. از این کوره‌ها برای ذوب سریع نمونه‌های آزمایشگاهی استفاده می‌شود.

ب) کوره‌های نگهدارنده

این کوره‌ها فقط برای نگهداری ذوب و افزایش فوق ذوب به کار می‌روند و برای تولید ذوب کاربردی ندارند. این کوره‌ها تا ظرفیت‌های ۱۰۰ تن نیز ساخته شده‌اند (شکل ۱۸).

کوره القایی کانالی (هسته‌دار)



شکل ۱۸

۱) کوره‌های نگهدارنده فرکانس شبکه

از کوره‌های نگهدارنده فرکانس شبکه جهت نگهداری مذاب چدن‌ها استفاده می‌گردد و آنها به دو دسته کوره‌های هسته‌دار یا کانالی و کوره‌های بدون هسته با کویل کوتاه تقسیم می‌شوند.

۲) کوره‌های نگهدارنده فرکانس بالا

از این کوره‌ها، که معمولاً فرکانس ۵۰۰ الی ۶۰۰ هرتز دارند، جهت ذوب براده‌ها و پلیسه‌ها استفاده می‌شود. در صورت استفاده از براده و پلیسه در کوره‌های دیگر، حجم سرباره بالا می‌رود و در مذاب، آخال تولید می‌کند.

ج) کوره‌های ذوب‌ریز

از این کوره‌ها که دارای فرکانس شبکه‌اند، اغلب برای ریخته‌گری چدن‌ها استفاده می‌گردد و به دو دسته هسته‌دار یا کانالی و بدون هسته تقسیم می‌شوند.

راه‌اندازی کوره‌ها

کوره‌های الکتریکی مانند القایی و قوس الکتریک به وسیله دکمه استارت روشن می‌شوند. لازم است قبل از شروع، با توجه به دستورالعمل راه‌اندازی کوره، قسمت‌های مختلف آن مانند فشار آب کوئل و دیواره نسوز کنترل شوند. همچنین پس از فشردن دکمه استارت در توان پایین نسبت به شارژ کردن کوره اقدام گردد. در کوره‌های دوار و زمینی نیز باید ابتدا با توجه به دستورالعمل راه‌اندازی، نسبت به کنترل قسمت‌های مختلف کوره (وضعیت نسوز، بوته و سوخت مورد نیاز) اقدام کرد، سپس کوره را روشن کرد.



روشن کردن کوره زمینی و ذوب گیری آلومینیوم

مواد و وسایل مورد نیاز:

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| ۱] کوره زمینی | ۲] بوته سایز ۳۵ |
| ۳] شمش آلومینیوم | ۴] قراضه برگشتی آلومینیوم |
| ۵] لباس ایمنی و نسوز | ۶] کفش ایمنی |
| ۷] لوازم و تجهیزات ذوب ریزی | |

مراحل انجام کار

۱] پس از اینکه بوته شارژ شد و در داخل کوره قرار گرفت، حتما دقت کنید که بوته در وسط کوره قرار داشته باشد و همچنین با چرخاندن بوته در محل خود مطمئن شوید که بوته به طور کامل بر روی زیر بوته‌ای قرار گرفته است.

۲] اگر کوره دارای مشعل گاز سوز است، ابتدا شیر گاز مشعل را باز کنید و سپس کلید برق مشعل را وصل کنید تا روشن شود.

۳] در صورتی که کوره از نوع فارسونگهی و دمنده باشد، ابتدا برای چند ثانیه دمنده را روشن و خاموش کنید، سپس یک دستمال پارچه‌ای را آتش زده داخل کوره در جلوی محل فارسونگا قرار دهید و سپس شیر گاز را کمی باز کنید و سریع کوره را روشن و خاموش کنید تا گاز در کوره جمع نشود و انفجار به وجود نیاید.

۴] عمل روشن و خاموش کردن کوره را چند بار انجام داده و تدریجی گاز را کامل باز کنید و در نهایت دمنده کوره را خاموش نکنید و اجازه دهید کوره روشن بماند.

۵] در صورتی که کوره خاموش شد، به سرعت شیر گاز را بسته و به مدت حدود ۱ دقیقه به دمنده کوره اجازه دهید تا گاز را از کوره تخلیه کند تا انفجار به وجود نیاید.

۶] پس از روشن شدن کوره، منتظر بمانید تا مذاب آماده گردد.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

نحوه شارژ کوره

به کلیه موادی را که جهت رسیدن به آنالیز با کیفیت مشخص به کوره یا پاتیل افزوده می‌شود، شارژ کوره گویند و همچنین به قرار دادن مواد ذوب (فلزات و آلیاژها) در داخل بوته یا کوره شارژ کردن گفته می‌شود.

انواع مواد شارژ

در تهیه مذاب فلزات از شمش‌های اولیه، شمش‌های ثانویه، آلیاژسازها، قراضه‌ها، برگشتی‌ها و مواد افزودنی استفاده می‌شود.

— شمش‌های اولیه: قطعاتی هستند که، بر حسب نوع فلز در جرم معین، از مواد اولیه (سنگ معدن) تهیه

می شوند. این شمش ها معمولاً درجه خلوص زیادی دارند ولی عناصر ناخواسته و ناخالصی های آن تقریباً به حدود ۱ درصد یا بیشتر می رسد. این شمش ها مستقیماً از روش استخراجی تهیه می شوند.

– **شمش های ثانویه:** این شمش ها دارای ترکیب مشخص و معین اند و از ذوب و تصفیه قراضه ها یا از ذوب مجدد و تصفیه و اضافه کردن مواد ترکیبی معین تولید می شوند.

– **آلیاژسازها:** در تهیه آلیاژهای مختلف، اغلب لازم است که فلزی را به فلز دیگر افزود. افزایش یک فلز به فلز دیگر را آلیاژسازی می گویند.

– **قراضه ها:** استفاده از قراضه ها همواره به منظور کاهش قیمت اولیه توصیه شده است که به دو دسته برگشتی ها و قراضه های تجاری تقسیم می شوند.

الف) برگشتی ها

در هر کارگاه ریخته گری قطعاتی برگشتی وجود دارد، از جمله اضافات ذوب و سرریزها، قطعات معیوبی که پس از ریختن قابل استفاده نیستند، راهگاه ها، منابع تغذیه، ضایعات، براده، سواره و پلیسه ها.

ب) قراضه های تجاری

عبارت اند از: قطعات فلزی که قبلاً قسمتی از ماشین آلات یا دستگاه های تولیدی بودند و به علت شکستن و خرد شدن ارزش تعمیراتی ندارند و به منظور ذوب مجدد فروخته می شوند.

– **مواد افزودنی:** مانند فلاکس ها، گاززداها، جوانه زها و اصلاح کننده های دانه.

لازم است یادآوری شود که اتلافات حرارت در جداره نسوز کوره ها، بوته، محفظه کوره و خروج حرارت توسط منافذ متعدد کوره سبب پایین آمدن راندمان حرارتی کوره ها می گردد و می توان با گرم کردن مقدماتی مواد شارژ (پیش گرم کردن مواد شارژ)، راندمان حرارتی کوره ها را افزایش و درصد سوخت مصرفی آنها را کاهش داد.

■ شارژ کردن کوره

شارژ کردن کوره به عواملی همچون نوع کوره، نوع آلیاژ، نوع مواد آلیاژی بستگی دارد.

■ شارژ کوره زمینی

در کوره زمینی مواد شارژ در درون بوته قرار داده می شود، به طوری که قطعات برگشتی و قراضه در ته بوته و شمش ها به طور عمودی روی آنها قرار می گیرد.

براده ها و پلیسه ها به صورت پرس شده شارژ می گردند و در صورتی که مقدار براده ها کم باشد آنها را به تدریج به مذاب آماده شده، اضافه می کنند. ذکر این نکته لازم است که قبل از شارژ، بوته پیشگرم می شود.

■ شارژ کوره دوار

پس از پیشگرم کردن کوره، آن را خاموش می کنند. مواد شارژ شامل شمش چدن، قراضه و برگشتی متناسب با ظرفیت کوره داخل کوره قرار داده می شود، به طوری که به جداره داخلی کوره آسیبی وارد نکند و شارژ به طور یکنواخت در تمام سطح داخلی کوره قرار داده شود. پیشگرم کردن شارژ در حالت سکون کوره انجام می شود و هنگامی که کوره شارژ شد، بالا بردن درجه حرارت مذاب همراه با دوران کوره انجام می گردد.

■ شارژ کوره القایی

شارژ کوره القایی در حالت خاموش انجام می شود. مواد شارژ (قراضه، برگشتی و شمش ها) طوری در داخل کوره قرار داده می شود که شمش ها و قطعات سنگین در بالای شارژ قرار گیرد. شمش ها به صورت عمودی در داخل کوره قرار داده می شود. سپس کوره روشن می شود و به آرامی توان آن افزایش داده می شود.

نحوه اندازه‌گیری دمای مذاب

برای اندازه‌گیری درجه حرارت اجسام گداخته، مانند کوره‌ها، مذاب فلزات و شعله حاصل از احتراق سوخت‌ها از بعضی از پدیده‌های فیزیکی که تابع پیوسته‌ای از تغییرات درجه حرارت باشند، استفاده می‌کنند. این پدیده‌ها عبارت‌اند از: تغییر مقاومت الکتریکی، تغییر اختلاف سطح الکتریکی در یک مدار و تغییر وضع تشعشع و رنگ جسم گداخته.

■ وسایل اندازه‌گیری درجه حرارت در ریخته‌گری

لازم به ذکر است که هر فلز یا آلیاژ در درجه حرارت معینی ذوب می‌شود. مثلاً آلومینیوم در دمای ۶۵۹ درجه سلسیوس از حالت جامد به حالت مذاب تبدیل می‌شود ولی این دما برای ذوب‌ریزی و ریخته‌گری آلومینیوم کافی نیست. لازم است پس از ذوب شدن بازهم حرارت دادن ادامه یابد تا دمای مذاب به میزان حدود ۱۰ درصد بالاتر از نقطه ذوب برسد. به این دما، دمای فوق ذوب گفته می‌شود. برای مثال برای ذوب‌ریزی آلومینیوم خالص، دمای ذوب‌ریزی حدود ۷۲۵ درجه سلسیوس است.

ترموتر مقاومتی: در این نوع ترمومتر از تغییر مقاومت سیم پلاتین در یک مدار الکتریکی که در اثر حرارت ایجاد می‌گردد، استفاده می‌شود. به وسیله این ترمومتر که بسیار حساس و دقیق است، می‌توان تا ۶۶۰ درجه سلسیوس را اندازه‌گیری کرد (شکل ۱۹).

ترموکوپل: این ترمومترها براساس تغییر فشار الکتریکی (نیروی الکتروموتوری) بین دو منبع گرم و سرد در مدار شامل دو سیم فلزی غیرهمجنس و یک میکرو ولت‌متر کار می‌کند. هر چه اختلاف درجه حرارت موجود بین دو منبع زیادتر شود، اختلاف فشار الکتریکی به‌دست آمده، شدت بیشتری خواهد داشت. با مدرج کردن صفحه میکرو ولت‌متر برحسب درجه سلسیوس و با تماس دادن نقطه گرم به یک جسم گداخته یا فرو بردن آن در داخل مذاب، می‌توان درجه حرارت آنها را اندازه‌گیری کرد. ترموکوپل‌های مورد استفاده در ریخته‌گری شامل غلافی از جنس دو فلز غیرهمجنس مقاوم در برابر حرارت و دستگاه نشان‌دهنده دیجیتال با دقت یک درجه است. غلافی قطعه‌ای مصرفی و قابل تعویض است (شکل ۲۰).

ترموکوپل‌ها برای سنجش درجه حرارت‌های بین ۵۰۰ تا ۱۴۰۰ درجه سلسیوس به کار می‌رود. جنس ترموکوپل‌ها برای اندازه‌گیری درجه حرارت تا ۵۰۰ درجه، آهن کنستانت، تا ۱۰۰۰ درجه کروم نیکل-نیکل، از ۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰ از پلاتین-پلاتین رودیوم است.

پیرومتر: برای اندازه‌گیری درجه حرارت‌های بالا معمولاً بیشتر از ۱۱۰۰ درجه سلسیوس، از پیرومتر استفاده می‌کنند. این دستگاه بر مبنای تشعشع اجسام گداخته ساخته شده است. وقتی جسمی گرم و گداخته شود از خود نور مرئی منتشر می‌کند که رنگ این نور (طول موج آن) با درجه حرارت جسم تغییر می‌کند و هر چه درجه حرارت بیشتر باشد نور جسم به نور سفید نزدیک‌تر خواهد شد (شکل ۲۱).



شکل ۱۹



شکل ۲۰



شکل ۲۱

خاموش کردن کوره‌های ذوب

خاموش کردن کوره بوته‌ای

پس از اینکه مذاب فلز آماده شد برای خاموش کردن کوره بوته‌ای ابتدا سوخت مایع را قطع و سپس دمنده (ونتیلاتور) را خاموش می‌کنند. در صورتی که ابتدا دمنده قطع شود، در این صورت سوخت از حالت پودری خارج می‌گردد و به صورت حجمی وارد محفظه گرم کوره می‌شود و باعث شعله‌ور شدن کوره همراه با دود می‌گردد، که علاوه بر خطرات احتمالی، آلودگی زیست محیطی را نیز به دنبال دارد. در مورد کوره‌های گازی نیز عمل خاموش کردن کوره با بستن شیر گاز و قطع کلید برق انجام می‌شود.

خاموش کردن کوره دوار

پس از اینکه مذاب فلز آماده شد برای خاموش کردن کوره دوار، ابتدا حرکت دَوَرانی کوره را متوقف و در ادامه، سوخت مایع را قطع و سپس دمنده (ونتیلاتور) را خاموش می‌کنند. در صورتی که ابتدا دمنده قطع شود، در این صورت سوخت از حالت پودری خارج و به صورت حجمی وارد محفظه گرم کوره می‌شود و باعث شعله‌ور شدن کوره و اطراف آن، همراه با دود می‌گردد، که علاوه بر خطرات احتمالی آلودگی زیست محیطی را نیز به دنبال دارد. در مورد کوره‌های گازی نیز عمل خاموش کردن کوره با بستن شیر گاز و قطع کلید برق انجام می‌شود.

خاموش کردن کوره القایی

پس از اینکه مذاب فلز آماده شد برای خاموش کردن کوره القایی، ابتدا توان کوره را باید به صفر رساند و سپس کلید برق آن را قطع کرد. در صورتی که توان به صفر رسانده نشود و کلید برق قطع شود، باعث صدمه دیدن قسمت‌های الکترونیکی کوره می‌گردد. باید توجه نمود که سیستم آبگرد کوره قطع نشود، زیرا در غیر این صورت باعث بالا رفتن دمای آب کویل و دفرمه شدن یا سوراخ شدن آن می‌شود که به از کار افتادن کوره منجر می‌گردد.

فعالیت
کارگاهی



اندازه‌گیری دمای ذوب آلومینیوم با استفاده از ترموکوپل

مواد و وسایل مورد نیاز:

- | | | |
|--------------|----------------------------|---------------------|
| ۱ کوره زمینی | ۲ بوته سایز ۳۵ | ۳ لباس ایمنی و نسوز |
| ۴ کفش ایمنی | ۵ لوازم و تجهیزات ذوب ریزی | ۶ ترموکوپل |

مراحل انجام کار

- ۱ فعالیت صفحه ۱۶۲ را در نظر بگیرید، پس از ذوب شدن آلومینیوم و آماده شدن مذاب، مراحل زیر را انجام دهید.
- ۲ ابتدا کوره را خاموش کنید و با استفاده از انبر طوق بوته را از داخل کوره خارج کنید.
- ۳ با استفاده از سرباره گیر، سرباره مذاب را جمع کنید.
- ۴ با استفاده از ترموکوپل دمای مذاب را اندازه گیری کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

مواد سرباره گیر و روش اضافه کردن آنها

معمولاً در مذاب، مواد و ناخالصی‌های جامد وجود دارد که منشأ آن می‌تواند داخل مذاب یا خارج از مذاب باشد. این مواد و ناخالصی‌های جامد می‌تواند به صورت معلق (آخال) یا به صورت سرباره روی سطح مذاب وجود داشته باشند. وجود این مواد و ناخالصی‌ها در قطعه ریختگی سبب کاهش استحکام و خواص مکانیکی قطعه می‌گردد. برای جلوگیری از ورود این مواد و ناخالصی‌های جامد هنگام ریختن مذاب به داخل قالب، باید به گونه‌ای این مواد از مذاب خارج شود. برای این منظور از مواد سرباره گیر برای خارج کردن مواد و ناخالصی‌های شناور روی مذاب استفاده می‌شود. افزودن مواد سرباره گیر به مذاب سبب می‌شود مواد و ناخالصی‌های جامد، روی سطح شناور شود.

مواد سرباره گیر برای فلزات و آلیاژهای مختلف متفاوت است. از جمله برای چدن از سلاکس یا از فروژن به منظور سرباره گیر استفاده می‌شود. برای آلومینیم از فلاکس پوششی کاورال و برای مذاب مس از کوپرکس برای سرباره گیری استفاده می‌شود.

پس از ذوب شدن کامل فلز در کوره، بسته به نوع فلز، مواد سرباره گیر مناسب به صورت پاششی به مذاب اضافه می‌شود. سپس با استفاده از کف گیر سرباره گیر، مذاب هم زده می‌شود تا سرباره کاملاً از مذاب جدا شود و به صورت شناور روی سطح مذاب قرار گیرد.

برای مثال در خصوص مذاب آلومینیم، پودر کاورال به عنوان مواد سرباره گیر روی سطح مذاب پاشیده می‌شود. سپس با استفاده از کف گیر سرباره گیر، سطح مذاب هم زده می‌شود تا مواد ناخالصی از مذاب آلومینیوم جدا شود و به صورت شناور بر روی سطح مذاب قرار گیرد.

برای مذاب چدن در کوره‌های بوته‌ای مواد سرباره گیر فروژن به صورت قرص توسط کلاhek خوراک‌دهنده وارد مذاب می‌شود. اما در کوره‌های دوار، قرص فروژن به مذاب داخل کوره اضافه می‌شود و با حرکت دورانی کوره، سرباره از مذاب جدا می‌شود و به صورت شناور روی سطح مذاب قرار می‌گیرد. در صورتی که از سلاکس استفاده شود پودر بر روی سطح مذاب پاشیده می‌شود تا سرباره منعقد گردد.

نکات ایمنی



ریختن سرباره گیر روی شلاکه‌ها به اندازه کافی

نکات ایمنی

- با توجه به دمای بالای مذاب در بخش ذوب و ریخته‌گری، بی‌توجهی نسبت به نکات ایمنی خطرات جانی و ضررهای مالی فراوانی به دنبال دارد و گاه این خطرات جبران ناپذیرند. بنابراین در هنگام ورود به کارگاه، استفاده از لباس کار نسوز، کفش ایمنی، دستکش نسوز، کلاه ایمنی، ماسک و عینک ایمنی الزامی است.
- قبل از استفاده از ابزاری که وارد مذاب می‌شوند (مانند ملاقه، کفگیر، سرباره گیر و کلاhek خوراک‌دهنده)، باید از خشک بودن آنها اطمینان حاصل کرد.
- در هنگام کار با مذاب، از بی‌نظمی و شوخی با دیگران جداً پرهیز کنید.
- از انداختن قطعات مرطوب به داخل بوته حاوی مذاب خودداری کنید.

روش‌های اعمال پوشان به سرباره گیر

فلز مذاب هنگامی که از درجه حرارت‌های بالا بارریزی می‌شود ممکن است با ابزار سرباره‌گیری فعل و انفعالات فیزیکی و شیمیایی انجام دهد. بدیهی است اجرای این واکنش‌ها می‌تواند به خواص متالورژیکی و مکانیکی قطعه ریختگی آسیب رساند.

بنابراین برای جلوگیری از واکنش مذاب با ابزار سرباره‌گیری باید به طریقی از اجرای واکنش میان فلز مذاب و سرباره‌گیر ممانعت به عمل آورد. مناسب‌ترین روش برای جلوگیری از واکنش، پوشش دادن سطح سرباره‌گیر با مواد دیرگداز معینی است که ضمن اقتصادی بودن از تماس فلز مذاب با سرباره‌گیر جلوگیری کند. استفاده از ابزارهای تمیز و پوشش داده شده در کاهش مقدار آخال مؤثر است. برای مثال در ذوب آلومینیوم استفاده از وسایل آهنی بدون پوشش، موجب خورده شدن آهن توسط آلومینیوم می‌شود و آخال‌های میکروسکوپی ایجاد می‌کند. همچنین تلف شدن مذاب در اثر واکنش شیمیایی آن با مواد اکسیدی را می‌توان نام برد.

به طور کلی مواد پوشش به دو گروه جامد و مایع تقسیم می‌شود:

الف) مواد پوششی جامد: این مواد بیشتر در قالب‌های ماسه‌ای تر به کار می‌روند، که شامل مواد دیرگدازی مانند مواد سیلیکاتی، مواد کربنی و مواد اکسیدی هستند. این مواد با استفاده از غربال‌های بسیار ریز یا کیسه پودر به سطح قالب پاشیده می‌شوند و از این مواد به علت جامد بودن و نداشتن چسبندگی خوب به سطح، برای پوشش دادن سرباره‌گیر و ابزار بارریزی استفاده نمی‌شود. بنابراین از مواد پوششی مخلوط مایع برای پوشش دادن ابزار استفاده می‌گردد (شکل ۲۲).



شکل ۲۲



شکل ۲۳

ب) مواد پوششی مخلوط مایع: براساس نوع فلز، ممکن است از مواد دیرگداز مختلف همراه با یک چسب و عامل غوطه‌وری و ماده حامل یا واسطه (آب، الکل، روغن) مناسب استفاده شود. این مواد عبارت‌اند از: پودر سیلیس، زیرکن، کرومیت، آلومین، شاموت، الیوین، منیزیت و کروم - منیزیت (شکل ۲۳). نقش عامل چسبی در مخلوط مواد پوششی این است که باعث چسبیدن ذرات مواد دیرگداز به یکدیگر و نیز اتصال آنها به ابزار سرباره‌گیری و بارریزی می‌شود. لازم به ذکر است که مواد پوششی باید غیر سمی و فاقد بوی بد و نامطبوع باشد. همچنین از خاصیت چسبندگی کافی به سطح ابزار برخوردار باشد. مواد پوششی، ضمن خنثی بودن، باید در درجه حرارت‌های بالا از خواص مناسب و مطلوب برخوردار باشد و تولید گاز مضر نکنند.

روش‌های اعمال پوشش

پوشش ابزار سرباره‌گیری و بارریزی را می‌توان توسط روش اسپری، قلم‌مو یا غوطه‌ور کردن ابزار در مواد پوششی انجام داد، به طوری که پوشش با ضخامت مناسب، سطح ابزار سرباره‌گیری و بارریزی را به طور کامل بپوشاند و فاقد حباب‌های حبس شده هوا باشد.

■ خشک کردن پوشش

هنگامی که از پوشش مخلوط مایع استفاده می‌شود به علت مرطوب بودن پوشش باید قبل از استفاده از ابزار، آنها را خشک کرد، زیرا رطوبت در اثر حرارت مذاب به سرعت تبخیر می‌شود و حجم آن به سرعت افزایش می‌یابد، که نتیجه آن پاشش مذاب به اطراف و در بعضی موارد، انفجار مذاب است. از طرف دیگر رطوبت سبب جذب گاز توسط مذاب می‌شود.

■ جمع آوری سرباره از روی مذاب

چنانچه سرباره روی مذاب جمع آوری نشود، به مشکلاتی نظیر بسته شدن مسیر راهگاه، پر نشدن قالب، نیامد کردن مذاب، ایجاد آخال و مک و حفره در قطعه ریختگی منجر می‌شود. به همین دلیل باید تا جایی که ممکن است سرباره‌ها از روی مذاب جمع آوری گردد و از ورود سرباره به داخل قالب جلوگیری شود. به همین منظور برای سرباره‌گیری فلزات غیرآهنی از کف‌گیر دسته بلند فولادی سوراخ‌دار استفاده می‌شود. برای سرباره‌گیری فلزات آهنی از وسیله‌ای به نام سرباره‌گیر از جنس فولاد با دسته بلند استفاده می‌گردد (شکل ۲۴).



شکل ۲۴

لازم است یادآوری شود در کوره‌های بوته‌ای، به دلیل حجم کم مذاب و انتقال حرارت بالای چدن، معمولاً سرباره منعقد شده را جمع آوری نمی‌کنند و با ایجاد سوراخی در محل خروجی بوته به بارریزی چدن می‌پردازند.



استفاده از فلاکس‌های سرباره گیر در ذوب آلومینیوم

مواد و وسایل مورد نیاز:

- | | |
|----------------------------|----------------|
| ۱ کوره زمینی | ۲ بوته سایز ۳۵ |
| ۳ لباس ایمنی و نسوز | ۴ کفش ایمنی |
| ۵ لوازم و تجهیزات ذوب ریزی | ۶ ترموکوپل |
| ۷ کاورال | |

مراحل انجام کار

۱ فعالیت کارگاهی صفحه ۱۶۵ را در نظر بگیرید، پس از خارج کردن بوته ذوب از کوره، مراحل زیر را انجام دهید.

۲ مقداری کاورال را بر روی مذاب آلومینیوم ریخته شود.

۳ با استفاده از سرباره گیر کاورال با مذاب ترکیب و هم زده می شود تا آخال‌ها را به خود جذب کند و به سطح مذاب آلومینیوم صعود کند. این سرباره به صورت پودری شکل و مشکی رنگ است.

۴ با استفاده از سرباره گیر، سرباره‌ها را جمع کنید و در گوشه ای تخلیه کنید. ذوب آماده بارریزی است.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.

- تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.

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

ارزشیابی واحد یادگیری ۱: آماده سازی مذاب

شرح کار:

مقدار معینی آلومینیوم را وزن کرده و در داخل کوره قرار دهید و جهت ذوب شدن آلومینیوم کوره را روشن کنید

استاندارد عملکرد: تهیه و آماده سازی مذاب آلومینیوم

شاخص ها:

- ۱- کیفیت شارژ افزودنی ۲- بررسی کوره ذوب ۳- ذوب آلیاژ

شرایط انجام کار:

۱- محیط کارگاهی ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس

۳- تهویه استاندارد و دمای $20^{\circ}\text{C} \pm 3$ ۴- اندازه ها براساس استاندارد

۵- وسایل ایمنی استاندارد ۶- ابزار و تجهیزات استاندارد

مواد و تجهیزات: شمش آلومینیوم، بوته، کمچه، انبر طوق، کوره زمینی، کاورال، سرباره گیر

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنجار
۱	بررسی اولیه کوره ذوب	۱	
۲	شارژ بوته و روشن نمودن کوره	۱	
۳	خارج کردن بوته حاوی مذاب از کوره و سرباره گیری	۲	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳- تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کار ۴- رعایت دقت و نظم	۲	
میانگین نمرات**			

* شایستگی های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و نمره مستمر است.

** حداقل میانگین نمرات هنجار برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.

واحد یادگیری ۲: عملیات کیفی مذاب

جهت تهیه مذاب با کیفیت مناسب و دستیابی به خواص متالورژیکی و مکانیکی قطعات ریختگی، مجموعه عملیاتی تحت عنوان عملیات کیفی مذاب انجام می‌شود. این عملیات شامل گاززدایی، آخال‌زدایی و جوانه‌زنی است. در این واحد یادگیری ابتدا منابع تولید گاز در مذاب و واکنش آنها، روش‌های اندازه‌گیری و حذف گاز از مذاب توضیح داده می‌شود. سپس انواع آخال و روش‌های کنترل آخال بررسی می‌شود. در نهایت عملیات تلقیح جوانه‌زا به‌صورت عملی انجام خواهد شد.

استاندارد عملکرد

استفاده از ابزار و مواد گاززدا، آخال‌زدا و جوانه‌زا براساس استانداردهای مرتبط.

عملیات کیفی مذاب

عملیات کیفی به مجموعه عملیاتی گفته می‌شود که در خلال ذوب و ریخته‌گری به منظور بهبود بخشیدن به خواص متالورژیکی، مکانیکی، فیزیکی و ریخته‌گری قطعات انجام می‌گیرد. اهم این عملیات عبارت‌اند از:

الف) عملیات گاززدایی

ب) عملیات آخال‌زدایی

ج) عملیات تلقیح (جوانه‌زایی)

در این پودمان، عملیات فوق، به طور جداگانه مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

گاز و عملیات گاززدایی

بی‌شک، وجود مک‌های گازی، یکی از مهم‌ترین عیب‌ها در قطعات ریختگی آلیاژهای مختلف محسوب می‌گردد. عموماً مک‌ها در نتیجه محبوس شدن گاز هنگام عملیات ریخته‌گری و انجماد به وجود می‌آید.

واکنش گاز در مذاب

گازها با مذاب واکنش‌های متفاوتی دارند که با توجه به تأثیرشان در فلز مذاب، آنها را به سه گروه تقسیم نموده‌اند.

الف) اثر شیمیایی: برخی از گازها، بر اثر تماس با فلز مذاب، با آن واکنش شیمیایی انجام می‌دهند. این واکنش‌ها منجر به تشکیل ترکیبات شیمیایی مانند اکسیدها، نیتروها، سولفیدها، کربورها و غیره می‌شوند. این ترکیبات در فلز مذاب معمولاً به صورت ذرات ریز جامد و یا در بعضی موارد به صورت مذاب ظاهر می‌شوند. در این رابطه می‌توان به ترکیب جامد آلومینیوم اکسید (Al_2O_3) در مذاب آلومینیوم اشاره کرد.

ب) اثر فیزیکی (انحلال): تعدادی از گازها ممکن است در مذاب حل شوند. این گونه گازها معمولاً میل به ترکیب شیمیایی با مذاب ندارند و در مذاب به صورت اتمی انحلال می‌یابند. به عنوان مثال، می‌توان انحلال گاز هیدروژن در مذاب آلومینیوم را ذکر کرد^۱.

ج) خنثی: بعضی از گازها با مذاب نه میل به ترکیب شیمیایی و نه اثر شیمی دارند. به این گروه از گازها، گازهای خنثی یا بی‌اثر می‌گویند. مانند گازهای هلیوم و یا نیتروژن در مذاب آلومینیوم که خنثی می‌باشند. از این نوع گازها، همان گونه که بعداً ملاحظه خواهید کرد، به منظور گاززدایی مذاب استفاده می‌شود.

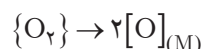
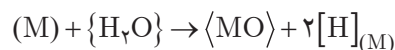
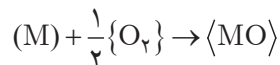
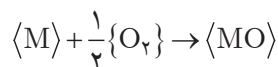
منابع تولید گاز در مذاب

منابع تولید گاز در مذاب عبارت‌اند از:

الف) هوای محیط	ب) سوخت و محصولات احتراق
ج) مواد نسوز	د) وسایل و ابزارهای ذوب
هـ) مواد شارژ	و) مواد قالب و ماهیچه

۱- باید توجه داشت که برخی از گازهای مرکب، هم اثر شیمیایی و هم اثر فیزیکی بر مذاب دارند. مانند بخار آب که منجر به تشکیل اکسید و نیز انحلال گاز هیدروژن در مذاب می‌شود.

الف) هوای محیط: وجود گازهایی مانند هیدروژن، اکسیژن، ازت و بخار آب در هوای محیط ذوب، با انجام واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی موجب تلفات عناصر آلیاژی و تشکیل مواد و ترکیبات ناخواسته و حضور آنها در مذاب می‌گردد. شکل کلی این واکنش‌ها به صورت زیر است:

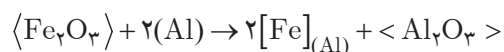


علامت‌های $\langle \rangle$ و $\{ \}$ به ترتیب نشانگر حالت‌های جامد، مایع و گاز از عناصر و مواد می‌باشند. M ، علامت عمومی برای فلز است و علامت $[]_{(M)}$ نیز نشان‌دهنده حضور عنصر مربوط، به شکل محلول در مذاب است.

ب) سوخت و محصولات احتراق: انواع و اقسام مواد آلی حاوی کربن و هیدروژن، نوعی سوخت به شمار می‌آیند. سوخت‌های معمولی، عموماً حاوی ترکیبات هیدروکربوره به فرمول عمومی $C_m H_n$ همراه با رطوبت، مقادیر کمی گوگرد، خاکستر (در مورد سوخت‌های مایع و گازی ناچیز است) و نیز ترکیبات هیدروژن سولفور هستند. محصولات احتراق انواع سوخت‌ها، ترکیباتی نظیر CO_2 ، CO ، H_2O ، SO_2 را شامل می‌شود که ممکن است نسبت به مذاب بی‌اثر نباشند و موجب تلفات ذوب و یا افزودن مواد اضافی در مذاب گردند.

ج) نسوزها: برای ذوب و نگه‌داری مذاب فلزات و آلیاژها، از مواد دیرگداز یا نسوز استفاده می‌شود. از ویژگی‌های مهم این مواد که معمولاً در کوره‌ها، نگه‌دارنده‌ها، پاتیل‌ها و بوت‌ها به کار گرفته می‌شوند، دیرگدازی بالا، عایق حرارتی خوب و بی‌اثر بودن نسبت به مذاب و سرباره را می‌توان نام برد. وجود مواد ناخالصی در نسوزها، ضمن کاهش دادن نقطه دیرگدازی، موجب واکنش شیمیایی و نیز داخل شدن مکانیکی آنها در مذاب می‌گردد. همچنین خستگی پاتیل، حرکت و برخورد مذاب با جداره کوره و بالاخره سایش و برخوردهای ضربه‌ای مواد شارژ، از عوامل دیگری هستند که وارد شدن مکانیکی مواد نسوز به درون مذاب و در نتیجه آلودگی آن را به دنبال دارند.

د) وسایل و ابزارهای ذوب: یکی دیگر از منابع آلودگی مذاب، به هنگام ذوب فلزات و آلیاژها، وسایل و ابزارهایی هستند که به منظور افزودن عناصر و مواد مورد نیاز به مذاب، به هم‌زدن و یکنواخت کردن مذاب و نمونه‌برداری و ... به کار می‌روند. به عنوان مثال، جذب شدن آهن از وسایل آهنی توسط مذاب آلومینیوم و نیز تلف شدن مذاب در اثر واکنش شیمیایی آن با مواد اکسیدی را می‌توان نام برد:



ه) مواد بار (شارژ): مواد اصلی برای بار یا شارژ یک کوره، با توجه به جنبه‌های متالورژیکی و اقتصادی، معمولاً شامل شمش‌های اولیه و ثانویه، برگشتی‌ها و قراضه‌ها می‌باشد. شمش‌های اولیه موادی هستند که مستقیماً از کوره‌های ذوب مادر و یا الکترولیز اولیه، تهیه می‌گردند. این شمش‌ها ممکن است با درجه خلوصی برابر ۹۹ تا ۹۹/۹ درصد (در مورد اکثر فلزات غیرآهنی) و یا به صورت ناخالص به همراه چند عنصر (در مورد چدن‌ها) تولید شوند. در هر حال، وجود ناخالصی در این شمش‌ها می‌تواند محدودیت‌هایی را از نظر ترکیب شیمیایی نهایی

آلیاژ مذاب به وجود آورد. به عنوان مثال، شمش های محصول کوره ی بلند که به آهن خام موسوم هستند، علاوه بر داشتن عناصری مانند کربن، سیلیسیم و منگنز دارای مقادیری فسفر و گوگرد نیز می باشند. با توجه به اثرات نامطلوب فسفر و گوگرد در خواص و مشخصات قطعه ریختگی، حذف آنها قبل از مذاب ریزی امری ضروری است.

شمش های ثانویه یا آلیاژی، موادی هستند که با اهداف خاص و از پیش مشخص شده تهیه می گردند. این شمش ها ممکن است با عملیات الکترولیز مجدد و یا تصفیه، به صورت موادی با درجه خلوص بالاتر تهیه شوند و یا آن که براساس ترکیب شیمیایی آلیاژهای متداول در مصارف صنعتی تهیه گردند و بدون نیاز به آلیاژ سازی کامل مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین، کاربرد این شمش ها باید براساس ترکیب شیمیایی موردنظر صورت گیرد؛ قراضه ها، معمولاً شامل زایده ها و اضافات (دورریز) و قطعات فرسوده می باشند که بنابر دلایل اقتصادی در ریخته گری به مصرف می رسند. با توجه به این که این مواد، عموماً از بقایای وسایل و تجهیزات متنوع هستند و شناخت دقیقی نسبت به ماهیت آنها وجود ندارد، از این رو کنترل ترکیب شیمیایی آنها بسیار دشوار است و استفاده صحیح و مطلوب از آنها، مستلزم اطلاع کامل بر عناصر آلیاژی و نیز نمونه برداری از مذاب می باشد. علاوه بر این، معمولاً این مواد با ترکیبات و مواد ناخواسته ای از قبیل مواد اکسیدی (قطعات آهنی زنگ زده)، رطوبت، مواد روغنی و غیره همراه هستند که برای جلوگیری از آلودگی مذاب، برطرف کردن آنها ضروری است. زایده های قطعات ریختگی از قبیل راهگاه، تغذیه و قطعات معیوب در یک واحد تولیدی به برگشتی موسوم می باشد. تفاوت اساسی این مواد با قراضه ها، مشخص بودن ترکیب شیمیایی و نحوه تولید آنها در واحد مربوط می باشد. چنانچه این مواد در اندازه و شکل های مناسب وجود داشته باشد، می تواند همانند شمش های آلیاژی مورد استفاده قرار گیرد. در هر حال، برگشتی ها برای واحد تولیدی دیگر و در صورت عدم شناخت ترکیب شیمیایی و شرایط تولید آنها، قراضه محسوب می شوند و می توانند کنترل ترکیب شیمیایی مذاب را دچار اشکال کنند. برگشتی ها، در صورت همراه بودن با ماسه و مواد و ترکیبات ناخواسته، سبب آلودگی مذاب می گردند.

سوفاره یا براده نیز از انواع قراضه ها می باشد که در اثر تراشکاری قطعات ریختگی یا نوردی به دست می آید. در این ماده، که به عنوان یک ماده اولیه ارزان در صنایع ریخته گری به مصرف می رسد، نسبت سطح به حجم بسیار بالاست. از این رو این مواد به هنگام ذوب به شدت واکنش پذیر هستند و با تولید مواد ناخواسته اکسیدی، مذاب را آلوده می سازند.

معمولاً به منظور استفاده ی مطلوب از براده ها، بایستی آنها را پس از شست و شو با محلول رقیق سود و خشک کردن به صورت خسته (بریکت) های فشرده ای درآورد. در هر حال استفاده از براده ها به عنوان بار جامد اولیه هیچگاه توصیه نمی گردد؛ بلکه روش درست و مناسب، غوطه ورنمودن آنها در زیر لایه های مذاب می باشد.

بدین ترتیب مشخص می گردد کنترل ترکیب شیمیایی مذاب، با توجه به مجموعه واکنش های ذکر شده از اهمیت زیادی برخوردار است. به همین دلیل با کنترل فرآیند ذوب و نیز مراقبت های لازم در زمینه های انتخاب مواد، وسایل و تجهیزات و تکنولوژی ذوب، ترکیب شیمیایی مذاب را باید به نحو مطلوبی کنترل نمود. مواد بار (شارژ) در حین ذوب در کوره، اکسید شده و به عنوان تلفات بار نامیده می شود. این تلفات در قراضه ها مخصوصاً قراضه های با سطح زیاد مانند سوفاره (براده) بیشتر است. به همین دلیل لازم است میزان تلفات در ذوب و ریخته گری قطعات لحاظ شود.

در جدول ۱، درصد تلفات عناصر مختلف تحت شرایط نوع شارژ و کوره، درج شده است.

جدول ۱- درصد تلفات عناصر مختلف تحت شرایط نوع شارژ و کوره

عنصر	شمش های اولیه			برگشتی ها و قراضه		
	کوره الکتریکی	کوره شعله ای	کوره بوته ای	کوره الکتریکی	کوره شعله ای	کوره بوته ای
آلومینیوم	۱-۱/۲	۱-۲	۱-۱/۵	۱-۲	۲/۵-۳	۱/۵-۲
منیزیم	۲-۳	۳-۵	۲/۵-۳/۵	۳-۵	۳-۱۰	۳-۶
برلیوم	۲-۳	۳-۵	۲/۵-۳/۵	۳-۵	۵-۱۰	۳-۶
سدیم	۲-۳	۳-۵	۲/۵-۳/۵	۳-۵	۵-۱۰	۴-۷
روی	۱-۳	۲-۴	۱-۳	۲-۳	۳-۵	۲-۴
منگنز	۰/۵	۱-۲	۰/۵-۱	۱-۲	۲-۳	۱-۲
قلع	۰/۵	۱-۱/۵	۰/۵-۱	۱-۱/۵	۱/۵-۲	۱/۵-۲
آهن	۰/۵	۰/۵-۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵-۱	۰/۵
نیکل	۰/۵	۰/۵-۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵-۱	۰/۵
سیلیسیم	۰/۵	۱-۱/۵	۰/۵-۱	۱-۱/۵	۱/۵-۲	۱-۲
مس	۰/۵	۱-۲	۰/۵-۱	۱-۲	۲-۳	۱-۲
سرب	۰/۵-۲	۱-۲	۱-۲	۱-۲	۱/۵-۲/۵	۱-۲

و) قالب: مواد قالب علاوه بر ورود ناخواسته به داخل مذاب، ممکن است با انجام واکنش های شیمیایی و شیمی- فیزیکی با مذاب موجب آلوده شدن آن و در نتیجه ایجاد مواد و ترکیبات ناخواسته در قطعه ریختگی گردد. به عنوان مثال رطوبت در مواد قالب می تواند به دو صورت شیمیایی و شیمی- فیزیکی با مذاب واکنش کرده و ضایعاتی سطحی یا درونی در قطعه به وجود آورد.

این واکنش در مورد مذاب منیزیم، به صورت روبه رو است:

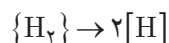
$$\{H_2O\} + (Mg) \rightarrow \langle MgO \rangle + 2[H]_{(Mg)}$$

دراثر انجماد، هیدروژن محلول از انحلال خارج می شود و در نتیجه حفره هایی در لایه های سطحی و یا درون قطعه تشکیل می گردد. علاوه بر رطوبت، هرگونه مواد قابل تبخیر در قالب نیز ممکن است بدین صورت عمل نماید. واکنش میان آهن اکسید موجود در مذاب فولاد (چدن) و سیلیس قالب یکی دیگر از این نمونه ها است که مهم ترین عامل ماسه جوشی^۱ و هم جوش شدن ماسه به سطح قطعه ریختگی فولادی است.

انحلال گازها در مذاب

مهم ترین گازهای محلول در مذاب عبارت اند از: N_2 ، O_2 ، H_2 ، CO ، H_2O ، SO_2 و CO که در این میان هیدروژن به دلیل داشتن قطر اتمی کوچک، در اکثر فلزات و آلیاژها بیشترین انحلال را دارد. به همین دلیل همواره مورد بحث و بررسی محققین قرار گرفته است.

به طور کلی گازها برای انحلال در مذاب باید از حالت مولکولی خارج شوند و به حالت اتمی در آیند. یعنی:



اتمی $\rightarrow$ مولکولی

۱- Burn in

انحلال گازها در فلزات به عوامل مختلفی بستگی دارد که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:
الف) درجه حرارت: انحلال گازها در فلزات معمولاً با بالا رفتن درجه حرارت افزایش می‌یابد. جدول ۲ رابطه انحلال گاز هیدروژن با درجه حرارت را در فلز آلومینیوم نشان می‌دهد.

جدول ۲- اثر درجه حرارت بر انحلال هیدروژن در آلومینیوم

حالت	درجه حرارت بر حسب سلسیوس	مقدار هیدروژن حل شده CC/۱۰۰gr
جامد	۰	1×10^{-7}
جامد	۳۰۰	1×10^{-3}
جامد	۴۰۰	5×10^{-3}
جامد	۵۰۰	12×10^{-3}
جامد	۶۰۰	26×10^{-3}
جامد	۶۶۰	36×10^{-3}
مذاب	۶۶۰	69×10^{-2}
مذاب	۷۰۰	92×10^{-2}
مذاب	۷۲۵	۱/۰۷
مذاب	۷۵۰	۱/۲۳
مذاب	۸۰۰	۱/۶۷
مذاب	۸۵۰	۲/۱۵

ب) فشار: با افزایش فشار، انحلال گاز در مذاب غالباً بیشتر می‌شود.
ج) عناصر آلیاژی: عناصر آلیاژی اثر متفاوتی بر انحلال گاز در فلزات (حالت جامد و مذاب) دارند. برخی عناصر آلیاژی انحلال گاز را افزایش و گروهی دیگر کاهش می‌دهند. جدول ۳ تأثیر عناصر آلیاژی را بر انحلال هیدروژن در آلومینیوم نشان می‌دهد.

جدول ۳- قابلیت انحلال هیدروژن در آلومینیوم و چند آلیاژ آن

آلیاژ	قابلیت انحلال PPM ^۱
آلومینیوم خالص	۱/۲
آلیاژ آلومینیوم با ۷ درصد سیلیسیم و ۳ درصد منیزیم	۰/۸۱
آلیاژ آلومینیوم با ۴/۵ درصد مس	۰/۸۸
آلیاژ آلومینیوم با ۱۶ درصد سیلیسیم و ۳/۵ درصد مس	۰/۶۷
آلیاژ آلومینیوم با ۴ درصد منیزیم و ۲ درصد سیلیسیم	۱/۱۵

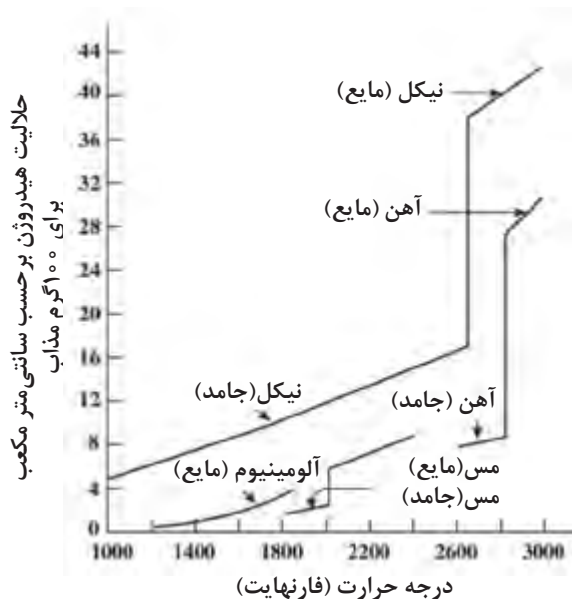
۱- قسمت بر میلیون Part Per Million

■ چگونگی ایجاد مک های گازی

همان گونه که در جدول ۲ مشاهده می شود؛ گازها در حالت مذاب مذاب نسبت به حالت جامد انحلال بیشتری در فلزات دارند. با کاهش درجه حرارت، گازهای حل شده در مذاب (به صورت اتمی) به تدریج از حالت اتمی در مذاب خارج می شوند و به صورت مولکولی (حباب) درمی آیند. در این صورت گازهای مولکولی آرام آرام از سطح مذاب خارج می شوند. سرعت خروج حباب های گازی ایجاد شده به عوامل مختلفی بستگی دارد که از آن جمله گرانی مذاب، اندازه حباب و شکل و عمق پاتیل را می توان نام برد. بدیهی است با کاهش درجه حرارت، گرانی مذاب افزایش می یابد. در نتیجه سرعت خروج حباب های گازی به تدریج کاهش می یابد. با شروع انجماد مذاب دو پدیده مهم در تشکیل حباب های گازی مؤثرند؛ که به دلیل اهمیت موضوع به طور جداگانه مورد بحث و بررسی قرار می گیرند:

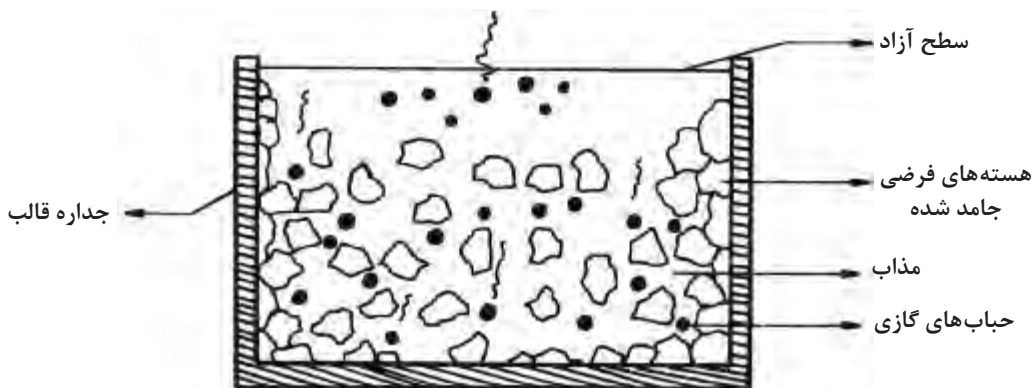
الف) خروج گازها از حلالیت: در بسیاری از فلزات و آلیاژها اختلاف حلالیت گاز در حالت جامد و مذاب بسیار زیاد است (شکل ۱).

بدیهی است در هنگام انجماد، گازهای زیادی از حالت اتمی (انحلال) به حالت مولکولی تبدیل می گردند به گونه ای که ناگهان مقدار حاصل از این واکنش به چندین برابر افزایش می یابد. به عبارت ساده تر در یک فاصله ی زمانی کوتاه، مقادیر زیادی از گازهای حل شده به حباب های گازی تبدیل می شوند.



شکل ۱- تأثیر درجه حرارت در حلالیت هیدروژن

ب) محبوس شدن حباب ها: اگر فرض شود که حباب های گازی ایجاد شده در هنگام انجماد (دامنه انجماد) بتوانند به گونه ای از مذاب خارج گردند؛ در این صورت مشکلی به نام مک و تخلخل گازی در قطعات ریختگی وجود نخواهد داشت. اما در عمل به دلیل افزایش گرانی مذاب و نیز وجود هسته های جامد، حرکت حباب های گازی به طور جدی با مشکل مواجه می شوند. به عبارت دیگر حباب های گازی در لابه لای ذرات جامد محبوس می شوند. شکل ۲ به طور شماتیک این موضوع را نشان می دهد.



شکل ۲- نمای شماتیک از محبوس شدن حباب‌های گازی در لایه ذرات جامد ایجاد شده

بدیهی است که اولاً حجم زیاد حباب‌های گازی ایجاد شده در یک فاصله زمانی کم و ثانیاً موانع ایجاد شده در مسیر خروج این حباب‌ها به عنوان علت اصلی ایجاد مک‌های گازی در قطعات ریختگی تلقی می‌گردد. شکل ۳ چگونگی مک‌های گازی ناشی از محبوس شدن حباب‌های گازی را نشان می‌دهد.



شکل ۳- آلیاژ آلومینیوم، قالب ماسه‌ای تر

■ عوامل مؤثر در میزان مک‌های گازی

میزان مک‌های ایجاد شده در قطعه‌های ریختگی به عوامل زیادی بستگی دارد که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:
(الف) مقدار اختلاف حلالیت گاز در حالت جامد و مذاب: کاملاً واضح است هرچه این اختلاف بیشتر باشد، مک‌های گازی بیشتری در قطعه‌ها ایجاد می‌شود. به عنوان مثال مقدار مک‌های گازی ناشی از هیدروژن در آلیاژهای آلومینیوم به مراتب بیشتر از آلیاژهای مس است.

(ب) نوع انجماد: مشکل محبوس شدن حباب‌های گازی در آلیاژهای با انجماد خمیری نسبت به آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای بحرانی‌تر است. در نتیجه مک‌های گازی بیشتری در قطعه‌های ریختگی ایجاد می‌شود.

(ج) سرعت سرد کردن مذاب: تأثیر سرعت سرد کردن مذاب بر مقدار مک‌های گازی بدین شرح است:
 - در سرعت‌های بسیار کم به دلیل اینکه حباب‌های گازی ایجاد شده امکان خروج از مذاب را می‌یابند، مک‌های گازی کاهش می‌یابد.

البته این میزان سرعت سرد کردن معمولاً غیر عملی است و در شرایط معمول ریخته‌گری حاصل نمی‌شود.
 - در سرعت‌های بالا (مانند روش‌های ریژه و آبگرد) گازها به صورت محلول فوق اشباع در مذاب باقی می‌مانند و از خروج آنها ممانعت می‌شود. در نتیجه باعث کاهش مک‌های گازی در قطعه‌های ریختگی می‌شود.

(د) **آخال ها (ناخالصی ها):** وجود اکسیدها و دیگر ناخالصی ها (آخال ها) در مذاب باعث افزایش مک های گازی در قطعه های ریختگی می شود. معمولاً در اطراف آخال ها، ریز مک های گازی زیادی مشاهده می شود. در تشکیل حباب های گازی حضور مقدار کمی آخال و سرباره در مذاب، بسیار مؤثر می باشد. به طور کلی تولید قطعات سالم عاری از مک منوط به حذف آخال ها می باشد.

(ه) **عناصر آلیاژی:** عناصر آلیاژی علاوه بر اینکه در میزان حلالیت گاز در مذاب تأثیر دارد، می تواند در مقدار مک های گازی نیز اثر بگذارد. از طرف دیگر میزان تخلخل با افزایش دامنه انجماد افزایش می یابد.

(و) **سیستم راهگاهی:** سیستم راهگاهی صحیح در کاهش مقدار مک های گازی نقش مهمی ایفا می کند. به عبارت دیگر طراحی غلط سیستم راهگاهی باعث حبس هوا و در نتیجه ایجاد مک های درشت می شود.

(ز) **شکل، اندازه و وزن قطعه:** مقدار مک و تخلخل در قطعه های بزرگ و پیچیده نسبت به قطعه های ساده و کوچک بیشتر است.

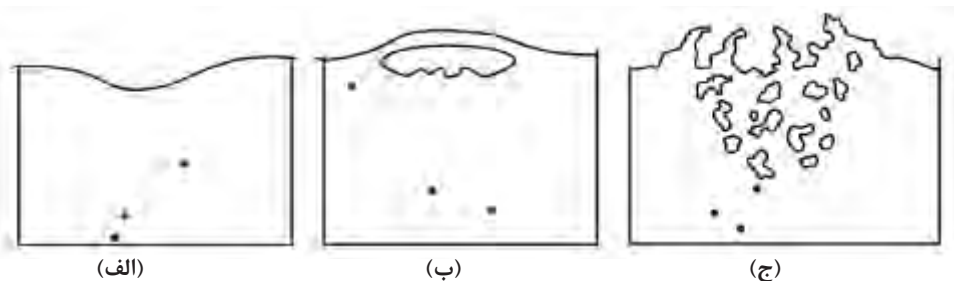
■ روش های اندازه گیری گاز در مذاب

امروزه به دلیل تأثیر زیادی که وجود مک های گازی در کیفیت قطعه های ریختگی دارند، روش های مختلفی برای اندازه گیری گاز در مذاب وجود دارد. بعضی از این روش ها به این قرار است:

– **رادیوگرافی قطعات ریخته گری شده با اشعه ایکس^۱:** این روش به طور گسترده در صنایع برای کنترل کیفی غیر مخرب قطعه های ریختگی به کار می رود. در این روش مک های ریز که ناشی از گاز یا انقباض پراکنده می باشد، در روی فیلم عکاسی به وسیله اشعه X به صورت نقاط تیره دیده می شود.

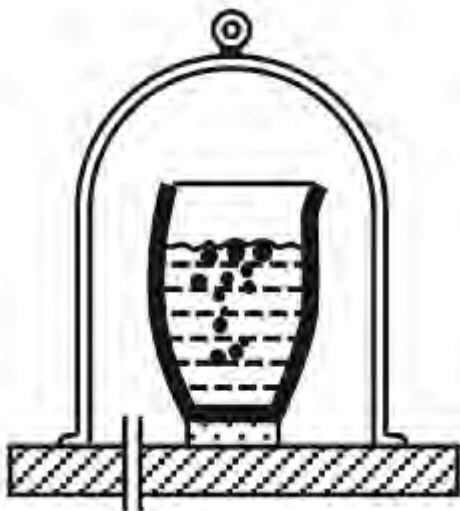
– **مشاهده سطح نمونه قطعه ریخته شده:** این روش که بسیار عملی و کاربردی می باشد در کارخانجات ریخته گری به ویژه ریخته گری آلومینیوم مورد استفاده زیادی دارد. برای این آزمایش قالب های استوانه ای از ماسه خشک به قطر ۷/۵ تا ۹ سانتی متر و ارتفاع ۷/۵ تا ۹ سانتی متر تهیه می شود.

هنگامی که مذاب آماده بارریزی می شود به منظور مشخص شدن وجود یا عدم وجود گاز در مذاب، مقداری از آن، در قالب های استوانه ای تهیه شده، ریخته می شود. با مشاهده سطح نمونه منجمد شده، می توان به وجود گاز در مذاب پی برد. شکل ۴ به طور شماتیک سطح نمونه را در این آزمایش نشان می دهد. در صورتی که سطح نمونه مانند شکل ۴ (الف) فرو رفته و نیز صاف و براق باشد نشانگر عدم وجود گاز در مذاب است. اگر سطح نمونه مانند شکل ۴ (ب) بدون فرو رفتگی باشد در این حالت مقداری گاز در مذاب موجود است. بالاخره چنانچه سطح نمونه مانند شکل ۴ (ج) برآمده (پف کرده) و خشن باشد، در این حالت مقدار زیادی گاز در مذاب وجود دارد.



شکل ۴ – شماتیک نمونه های استوانه ای برای آزمایش وجود گاز

– **انجماد نمونه تحت شرایط خلأ:** در این روش مقادیر کمی مذاب (معمولاً چند صد گرم) تحت شرایط خلأ نسبی منجمد می شود. حباب های شکسته شده در سطح نمونه و تعداد و اندازه مک ها در نمونه منجمد شده، مشخص کننده مقدار تقریبی گاز موجود در مذاب می باشد. شکل ۵ دستگاه اندازه گیری گاز تحت شرایط خلأ را نشان می دهد.



شکل ۵ – اندازه گیری گاز تحت شرایط خلأ

– **آزمایش وزن مخصوص:** با یک آزمایش ساده به کمک وزن مخصوص می توان به طور کیفی به وجود گاز در فلز پی برد. در این روش وزن مخصوص نمونه با وزن مخصوص واقعی آلیاژ مقایسه می شود. در عین حال می توان با کمک رابطه تقریبی ساده مقدار تخلخل را محاسبه کرد.

$$\%V = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho} \times 100 \quad (1)$$

که در این رابطه:

ρ_0 : وزن مخصوص قطعه بدون عیب (وزن مخصوص تئوری)

ρ : وزن مخصوص نمونه

V : درصد تخلخل

– **روش آلتراسونیک^۱:** استفاده از امواج صوت برای تعیین عیوب داخلی فلزات یک روش بسیار قدیمی می باشد بدین صورت که اگر به یک قطعه فلز با چکش ضربه وارد شود امواج صوتی مشخصی در فلز ایجاد می گردد که شدت آن در اثر وجود عیوب داخلی تحت تأثیر قرار می گیرد با این روش عیوب بزرگ را می توان مشخص نمود. روش جدیدتر استفاده از امواج ماوراء صوت با فرکانس ۱ تا ۵ میلیون هرتز است که آلتراسونیک نام دارد. آلتراسونیک یک روش تست غیر مخرب سریع و قابل اعتماد است که برای شناسایی و تعیین اندازه عیوب داخلی فلزات به کار می رود که این روش بیشتر در صنعت مورد استفاده است.

■ روش‌های جلوگیری از مک‌های گازی

کاملاً واضح است که تولید قطعات عاری از مک، در درجه اول مستلزم پیشگیری از ورود گاز به داخل مذاب و همچنین جلوگیری از ایجاد مک‌های گازی در قطعات می‌باشد، برای پیشگیری روش‌های مختلفی وجود دارد که این روش‌ها عبارت‌اند از:

- ۱ استفاده از مواد شارژ و کمک ذوب تمیز و عاری از رطوبت
- ۲ کنترل احتراق به جهت ممانعت از احتراق ناقص و افزایش گازهایی نظیر H_2 ، CO_2 ، H_2O ، SO_2 و CO در اتمسفر کوره ذوب.
- ۳ ممانعت از طولانی شدن زمان ذوب و نگه‌داری مذاب برای جلوگیری از تماس زیاد گاز با مذاب.
- ۴ کاهش سطح مذاب: میزان حل شدن گاز رابطه مستقیم با سطح مذاب دارد یعنی هرچه سطح تماس مذاب با اتمسفر کمتر باشد، مقدار حل شدن گازها کمتر خواهد شد.
- ۵ استفاده از مواد پوششی در سرباره به منظور جلوگیری از تماس مذاب با محیط اطراف.
- ۶ کنترل درجه حرارت مذاب به منظور جلوگیری از افزایش حلالیت گاز در مذاب.
- ۷ جلوگیری از تلاطم مذاب برای ممانعت از محبوس شدن گاز در حین بارریزی.
- ۸ طراحی سیستم‌های راهگامی مطلوب برای هدایت گازهای موجود در مذاب به محل مناسب.

■ روش‌های گاززدایی

– روش‌های گاززدایی با استفاده از کاهش فشار خارجی: با توجه به رابطه فشار خارجی با قابلیت انحلال گاز در مذاب (قانون سیورت)، با کاهش فشار خارجی امکان تشکیل حباب‌های گازی در فشارهای کم‌تر به وجود می‌آید. به عبارت دیگر با کاهش فشار خارجی سرعت خارج شدن گازها از حلالیت و تبدیل به حباب‌های گازی (تبدیل از حالت اتمی به مولکولی) افزایش می‌یابد.

مکانیزم روش گاززدایی تحت شرایط خلأ براساس موارد فوق می‌باشد. اگر مذاب تحت شرایط خلأ قرار گیرد هیدروژن به شکل مولکولی آزاد می‌گردد. در این صورت گاز به شکل حباب‌های فرار درمی‌آید و به سطح مذاب صعود می‌کند. سرعت خروج هیدروژن به درجه خلأ بستگی دارد.

در حال حاضر روش گاززدایی در خلأ برای تولید قطعه‌هایی با کیفیت بالا و با تکنولوژی‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به‌طور کلی این روش برای گاززدایی آلیاژهای با نقطه ذوب پایین کاربرد بیشتری دارد. (برای آلیاژهای با نقطه ذوب بالا این تجهیزات بسیار گران می‌باشد) همچنین در مورد آلیاژهایی که فشار بخار آنها بالاست به دلیل تلفات زیاد مذاب، این روش به کار نمی‌رود. محدودیت‌های دیگر این روش، طولانی شدن زمان گاززدایی و کاهش درجه حرارت مذاب است.

– روش‌های گاززدایی با استفاده از افزایش فشار داخلی در مذاب: تأثیر افزایش فشار درونی مذاب به قرار زیر است:

(الف) تسهیل در خارج شدن گاز از حالت انحلال (اتمی به مولکولی)

(ب) جذب حباب‌های گازی ایجاد شده به وسیله گازهای تزریق شده به داخل مذاب.

(ج) افزایش سرعت خارج شدن گازها از مذاب.

روش افزایش فشار درونی مذاب از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین روش‌های گاززدایی است که خود به چندین روش مختلف اصلی تقسیم می‌گردد:

الف) استفاده از گازهای بی اثر: در این روش گازهای بی اثر به شکل حباب‌های هوا از پایین بوتله یا پاتیل به داخل مذاب تزریق می‌شوند. در ابتدا فشار جزئی گازهای محلول (مانند H) در داخل حباب گاز بی اثر صفر است ولی در مسیر حرکت مقداری گاز را به داخل خود جذب می‌کند.

این فرایند با تولید حباب‌های زیاد ادامه پیدا می‌کند و به تدریج مقدار گاز محلول در مذاب کم می‌شود. باید توجه نمود که از نظر عملی غیرممکن است به‌توان تمام گازها را از مذاب خارج نمود. گازهای بی اثر نسبت به مذاب عموماً گازهایی نظیر آرگن و هلیوم هستند که برای تمامی فلزات و آلیاژها بی اثر می‌باشند. به دلیل گرانی این گازها معمولاً می‌توان از گازهای ارزان تر که نسبت به مذاب خاصی بی اثر هستند استفاده کرد. به عنوان مثال گاز نیتروژن در شرایط کلی برای آلومینیوم و اکثر آلیاژهای آن بی اثر محسوب می‌شود. درحالی که این گاز برای چدن نه تنها بی اثر نیست بلکه به عنوان یک گاز محلول در مذاب می‌باشد که باید آن را از مذاب خارج نمود. جدول ۴ مهم‌ترین گاززداها را برای آلیاژهای مختلف نشان می‌دهد.

به‌طور خلاصه ازت برای آلومینیوم و آلیاژهای آن، گاز بی اثر است. اگرچه برای برخی آلیاژهای آلومینیوم بی اثر محسوب نمی‌شود.

برای مس و آلیاژهای آن، گازهای ازت و گاز کربنیک به کار می‌رود. برای فولادها گاز کربنیک و اکسید کربن به کار می‌رود.

مهم‌ترین عواملی که در افزایش راندمان گاززدایی با استفاده از گازها مؤثر است، عبارت‌اند از:

۱ حباب‌های گازی دمیده شده به داخل مذاب باید حتی الامکان کوچک باشند؛ زیرا حباب‌های درشت با سرعت بیشتری به طرف سطح مذاب حرکت می‌کنند. در نتیجه زمان تماس با مذاب و گازهای محلول در آن به حداقل می‌رسد و برعکس. هرچه حباب‌ها ریزتر باشند با سرعت کمتری به سطح مذاب می‌رسند و تماس بیشتری با گازهای محلول در مذاب داشته و امکان جذب و خارج کردن گازهای بیشتری را از مذاب دارند.

۲ پخش یکنواخت؛ با پخش یکنواخت حباب‌ها در درون مذاب، امکان تماس حباب‌ها با گازها از نزدیک وجود دارد و در نتیجه راندمان و سرعت گاززدایی بهبود می‌یابد.

۳ عمق حمام مذاب؛ یکی دیگر از فاکتورهای مؤثر بر بازدهی گاززدایی، عمق حمام مذاب است. گاز باید در پایین‌ترین قسمت ظرف (بوتله یا پاتیل) وارد شود. هرچه عمق ظرف بیشتر باشد مدت زمان تماس حباب با مذاب بیشتر است و بازدهی افزایش می‌یابد.

۴ عدم رطوبت در گاز؛ گاز بی اثر باید حاوی حداقل رطوبت باشد.

جدول ۴- چگونگی گاززدایی و تصفیه مذاب از گازها و آخال‌ها

نوع فلز اصلی	گاز	نوع واکنش	نام عملیات	مواد مؤثر بر عملیات کیفی
آلومینیوم	H _۲	انحلالی [H] _(Al)	گاززدایی	ازت، کالر، مخلوط ۷۰-۳۰ و یا ۹۰-۱۰ ازت و کالر مواد قابل تبخیر نظیر C _۲ Cl _۶ ، CCl _۴ انواع کلورها و فلوئورهای چندگانه
	O _۲	ترکیبی <Al _۲ O _۳ >	آخال‌زدایی	کلورها و فلوئورهای سدیم، پتاسیم و گاه کلسیم
فولاد	H _۲	انحلالی [H] _(Fe)	گاززدایی فلاکس‌زنی	گاز CO درضمن تصفیه مقدار هیدروژن را کاهش می‌دهد.
	O _۲	انحلالی [O] _(Fe) ترکیبی انواع اکسیدها	اکسیژن‌زدایی فلاکس‌زنی	منیزیم، آلومینیوم، تیتانیوم، سیلیسیم و آلیاژهای آنها استفاده از فلاکس‌های حاوی کلسیم و سدیم عموماً براساس ترکیبات کربناتی و کاربیدی
	S	انحلالی [S] _(Fe)	گوگردزدایی	مواد حاوی منیزیم، منگنز، کلسیم، کلسیم کاربید
	N _۲	انحلالی [N] _(Fe) ترکیبی نیترورها	گاززدایی	نظیر هیدروژن در آهن Ti، Al نیز می‌توانند نیترورها را خارج سازند، فلاکس‌های کلسیم و منیزیم
	H _۲	انحلالی [H] _(Cu)	گاززدایی	ازت، گازکربنیک و مواد قابل تبخیر، و در بسیاری موارد اکسیژن‌زدایی کافی است
مس	O _۲	انحلالی [O] _(Cu) ترکیبی Cu _۲ O	اکسیژن‌زدایی فلاکس‌زنی	فسفر، کربن، لیتیم، کلسیم فلاکس‌های حاوی سیلیس و براکس
	S	انحلالی [S] _(Cu) ترکیبی Cu _۲ S	فلاکس‌زنی فلاکس‌زنی	کنترل در مواد شارژ فلاکس‌های حاوی سیلیس، براکس و بُر
	H _۲	انحلالی [H] _(Mg)	گاززدایی	مانند آلومینیوم ازت بیشتر و کالر کمتر استفاده می‌شود.
منیزیم	O _۲	ترکیبی <MgO> ترکیبی (Mg _۲ N _۲)	آخال‌زدایی آخال‌زدایی	مواد کلروره، کلور منیزیم، بوریک‌اسید، فلوبرات آمونیم، ترکیبات حاوی گوگرد



ب) استفاده از گازهای فعال: در برخی موارد ممکن است برای گاززدایی، به جای گازهای خنثی، از گازهای فعال استفاده نمود. این گازها معمولاً هنگامی که وارد مذاب می‌شوند با آن ترکیب می‌گردند. حاصل این واکنش، به وجود آمدن یک گاز جدید است. این گاز نسبت به مذاب خنثی است و همانند گازهای خنثی عمل می‌کند. به عنوان مثال، کُلر یکی از گازهای فعال در ارتباط با آلومینیوم می‌باشد. این گاز هنگامی که وارد مذاب می‌شود واکنش ۲ را با آلومینیوم مذاب ایجاد می‌کند.



آلومینیوم کلرید ($AlCl_3$) در درجه حرارت محیط، به صورت جامد است ولی در درجه حرارت مذاب آلومینیوم، شکل گازی دارد.

گاز آلومینیوم کلرید، همانند گازهای خنثی و با همان مکانیزم گاززدایی عمل می‌کند. در بسیاری از موارد ممکن است به جای استفاده مستقیم از گازهای فعال ترکیبات آنها را به کار برد. این ترکیبات، معمولاً به صورت جامد یا مایع می‌باشند و هنگامی که وارد مذاب می‌شوند، تجزیه می‌گردند و گازهای لازم را برای گاززدایی فراهم می‌آورند. مانند هگزا کلرور اتان، تتراکلرور کربن و نمک‌های کلر.

عملیات گاز زدایی از مذاب آلومینیوم

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱ کوره زمینی
- ۲ بوته سایز ۳۵
- ۳ لباس ایمنی و نسوز و کفش ایمنی
- ۴ لوازم و تجهیزات ذوب ریزی و سرباره‌گیری
- ۵ قرص دگازور آلومینیوم
- ۶ فلانچر جهت مواد افزودنی به مذاب

مراحل انجام کار

- ۱ مذاب آلومینیوم را آماده و سرباره‌گیری کنید.
- ۲ مقدار ۱/۴ قرص دگازور را درون فلانچر قرار داده و کمی پیش گرم کنید و سپس به درون مذاب برده و در انتهای بوته نگهداری کنید.
- ۳ حداقل ۵ دقیقه زمان دهید تا فعل و انفعالات درون مذاب انجام شده و گازها از ذوب خارج گردد.
- ۴ در هنگام گاز زدایی حتماً از ماسک تنفسی استفاده کنید به دلیل اینکه بخار سمی تولید می‌شود. حتماً هواکش‌های کارگاه روشن باشد.
- ۵ یک نمونه استوانه‌ای بدون انجام گاز زدایی و یک نمونه گاززدایی شده را ریخته‌گری کنید و پس از انجماد و سرد شدن به صورت عرضی از مقطع برش دهید و دو مقطع را با یکدیگر مقایسه کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

■ آخال^۱ و آخال زدایی

آخال به کلیه ناخالصی‌های ترکیبی فلزی و غیرفلزی گفته می‌شود که در فلز مذاب به وجود می‌آیند. آخال‌ها، شامل مجموعه اکسیدهای ساده، سولفیدها، نیتrideها و کلرورها یا ترکیبات مختلف آنها هستند. آخال، روی خواص مکانیکی، متالورژیکی، فیزیکی و ریخته‌گری فلزات تأثیر مهمی دارد.

■ انواع آخال‌ها

در یک تقسیم‌بندی، اصولاً دو گروه آخال وجود دارد:

الف) آخال‌هایی که در نتیجه عوامل خارجی موجود به وجود آمده و وارد مذاب می‌شوند. مانند: سرباره‌ها، ذرات مواد قالب و مواد نسوز در بیشتر حالات، این آخال‌ها ماکروسکوپی هستند و با چشم غیرمسلح قابل رؤیت هستند (شکل ۶). این نوع آخال، هم در سطح و هم در مقطع شکست قطعه‌ها

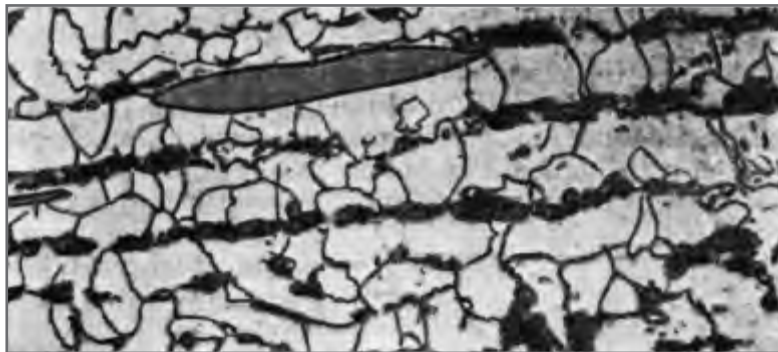
مشاهده شده است.

ب) آخال‌هایی که در اثر واکنش‌های شیمیایی در داخل مذاب به وجود می‌آیند: این آخال‌ها شامل سولفیدها، نیتrideها، یا اکسیدها، کلرورها و غیره هستند.

این نوع آخال‌ها عموماً بسیار کوچک هستند و با میکروسکوپ قابل مشاهده و بررسی می‌باشند. آنها معمولاً به طور یکنواخت در ساختار میکروسکوپی قطعه‌ها پراکنده می‌باشند. شکل ۷ پخش آخال‌ها را در مرز دانه‌های میکروسکوپی نشان می‌دهد.



شکل ۶- نمونه از قطعه با عیوب آخال و مک‌های میکروسکوپی



شکل ۷- آخال‌های سولفیدی در فولاد ۰/۲۵٪ کربن اچ شده در محلول نیتال ۲٪ بزرگنمایی ۵۰۰

■ اکسیداسیون و اکسیدها

به طور کلی، هیچ فلز یا آلیاژ صنعتی در برابر گازهای اکسیدکننده، به ویژه اکسیژن، مقاوم نیست. از این رو، از اکسیدها عموماً به عنوان مهم‌ترین آخال در کلیه آلیاژهای صنعتی نام برده می‌شود. واکنش پذیری عناصر مختلف با اکسیژن متفاوت است.

از عوامل مهم دیگر در اکسیداسیون، سرعت اکسید شدن می‌باشد که بستگی به نحوه تشکیل قشر اکسید دارد. در یک مقایسه ساده بین آهن و آلومینیوم، می‌توان ملاحظه کرد که آلومینیوم اگرچه میل ترکیب شدیدتری

با اکسیژن دارد اما به دلیل ایجاد قشر اکسید غیرمتخلخل در سطح، از نفوذ اکسیژن به قسمت‌های داخلی جلوگیری می‌کند و در نتیجه اکسیداسیون متوقف یا کاهش می‌یابد. درحالی که در مورد آهن، علی‌رغم اینکه میل ترکیب کمتری با اکسیژن دارد به دلیل تخلخل زیاد در قشر اکسید شده، به سرعت قسمت‌های داخلی نیز اکسید می‌شوند.

اکسیدهای حاصل از اکسیداسیون، معمولاً ساده یا ترکیبی از چند اکسید می‌باشند. اکسیدها به صورت ذرات جامد و غیرمحلول در مذاب می‌باشند. احتمال محلول شدن اکسیژن یا اکسید فلز در مذاب بسیار کم است. معمولاً ترکیب حاصل از اکسید فلز به صورت ذرات جامد شناور در مذاب می‌باشد که در صورت خارج نشدن از مذاب، به صورت آخال در قطعه باقی می‌ماند.

■ منابع ایجاد آخال و پیشگیری از آن

– **مواد شارژ (بار):** یکی از مهم‌ترین منابع ایجاد آخال‌های مختلف مواد شارژ است. وجود مواد اکسید شده و رطوبت در مواد شارژ از موارد مهم در ایجاد آخال است.

– **اندازهٔ مواد شارژ (بار):** مواد بارریز و سطح اکسایش زیاد در افزایش آخال‌ها مؤثر است. براده‌های برگشتی از عملیات ماشین‌کاری موجب افزایش اکسیدها در قطعه‌ها می‌شوند.

– **ترتیب باردهی:** نحوه و ترتیب افزودن مواد مختلف به کوره در مقدار آخال مؤثر است. معمولاً موادی که میزان اکسیداسیون زیادتری دارند، در صورت امکان از همان ابتدا شارژ نمی‌شوند.

– **هم‌زدن و آشفته ساختن مذاب:** در برخی موارد هم‌زدن مذاب به منظور دستیابی به آلیاژهای همگن و مناسب ضروری است. در مورد آلیاژهایی مانند آلیاژهای آلومینیوم به هم‌زدن مذاب، باعث به هم خوردن قشر اکسید سطح می‌شود و مقدار آخال در مذاب را افزایش می‌دهد.

– **محیط اطراف کوره:** محیط اطراف کوره می‌تواند اکسیدی، خنثی یا احیایی باشد که انتخاب هر کدام از آنها در مقدار آخال تأثیر می‌گذارد.

– **درجه حرارت ذوب:** با افزایش درجهٔ حرارت فوق ذوب، مقدار آخال‌ها عموماً افزایش می‌یابد.

– **زمان نگهداری مذاب:** زمان نگهداری مذاب نیز تأثیری همانند درجه حرارت دارد.

– **نوع کوره:** کوره‌هایی که سوخت و یا محصول احتراق در آنها با مذاب در تماس هستند، مقدار آخال بیشتری در مذاب ایجاد می‌کنند. از طرف دیگر، جلوگیری از خراب شدن کوره و وارد شدن ذرات بوته و آجرنسوز به داخل مذاب ضروری است.

– **وسایل و تجهیزات در ذوب:** استفاده از ابزارهای تمیز و پوشش داده شده در کاهش مقدار آخال مؤثر است. به عنوان مثال، در ذوب آلومینیوم استفاده از وسایل آهنی بدون پوشش موجب خوردن شدن آهن توسط آلومینیوم می‌شود و آخال‌های میکروسکوپی ایجاد می‌کند.

– **بارریزی:** نحوهٔ بارریزی به جهت تماس با محیط اطراف، در مقدار آخال تأثیر دارد.

– **قالب:** استفاده از مواد قالب و پوشش مناسب و نیز خشک کردن آن، در کاهش مقدار آخال تأثیر زیادی دارد. از طرف دیگر افزایش استحکام قالب و نیز تمیز کردن آن، از ورود ذرات ماسه به داخل قالب جلوگیری می‌کند.

– **سیستم راهگاهی:** اجتناب از ایجاد گوشه‌های تیز برای کاهش آخال ضروری است.

از طرف دیگر، سیستم راهگاهی باید به گونه‌ای طراحی شود تا ذرات با منشأ خارجی در داخل حوضچه پای راهگاه و یا کانال مُمتد گیر کرده، وارد محفظهٔ قالب نشود. درحقیقت یکی از وظایف مهم سیستم راهگاهی، جلوگیری

از ورود آخال‌ها به داخل مذاب است.

– **درجه حرارت بارریزی:** افزایش درجه حرارت بارریزی، امکان انجام واکنش مذاب را با مواد نسوز و مواد قالب، بیشتر فراهم می‌آورد.

آخال‌زدایی

بنا به تعریف، آخال‌زدایی به مجموعه عملیاتی گفته می‌شود که به منظور جلوگیری و حذف یا کاهش اثرات نامطلوب آخال‌ها (ذرات اکسیدی، نیتروژن و کربورها) به کار می‌رود.

برای آخال‌زدایی از فلاکس^۱ استفاده می‌شود. فلاکس‌ها ترکیبات متنوع و متعددی هستند که برای جلوگیری از اکسیدشدن، یا برای احیا کردن و یا به منظور جدا کردن آخال‌ها از مذاب استفاده می‌شوند. فلاکس‌های مهم که معمولاً برای آخال‌زدایی مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارت‌اند از:

۱ فلاکس‌های پوششی^۲: این فلاکس‌ها به منظور به وجود آوردن سدی در برابر نفوذ اکسیژن به داخل مذاب طراحی شده‌اند. این فلاکس‌ها عموماً ممکن است به صورت جامد و خشک و یا به صورت مذاب در سطح فلز مذاب ظاهر گردند. بعضی از فلاکس‌های پوششی می‌تواند در ایجاد سرباره مناسب مؤثر باشد. عموماً سرباره به دلیل آغشتگی که به مذاب دارد، به راحتی از مذاب جدا نمی‌شود و در هنگام سرباره‌گیری، مقدار زیادی مواد مذاب را همراه خود خارج می‌کند. با استفاده از نوعی فلاکس، قابلیت آغشتگی سرباره با مذاب کاهش می‌یابد و به راحتی از آن جدا می‌شود و بدین ترتیب از تلفات مذاب کاسته می‌شود. (شکل ۸ – الف) نوعی سرباره قبل از عملکرد فلاکس و (شکل ۸ – ب) بعد از عملکرد فلاکس را نشان می‌دهد. آزمایشات مختلف نشان می‌دهد که استفاده از فلاکس‌های پوششی، مقدار تلفات مذاب را تا ۵۰٪ کاهش می‌دهد و به همین نسبت از میزان آخال‌های موجود در مذاب می‌کاهد. فلاکس‌های پوششی برای تمیز کردن مذاب کاربرد زیادی ندارند.



ب) بعد از فلاکس‌زنی

الف) قبل از فلاکس‌زنی

شکل ۸ – سرباره آلومینیوم

۲ فلاکس‌های تمیزکننده^۳: فلاکس‌های تمیزکننده به منظور جداسازی ذرات آخال معلق و خارج کردن آنها از مذاب به کار می‌روند و مهم‌ترین وظایف آنها عبارت‌اند از:

الف) کاهش وزن مخصوص: به منظور سرعت بخشیدن به خروج آخال‌ها، استفاده از فلاکس‌هایی که بتواند وزن مخصوص آخال را کاهش دهد می‌تواند بسیار مؤثر باشد.

آخال در مذاب به سه حالت می تواند وجود داشته باشد:

- به سرباره بیاید.
 - در مذاب، به صورت شناور باقی بماند.
 - به صورت لجن در کف بوته (کوره) ته نشین شود.
- در جدول ۵، وزن مخصوص چند ترکیب در مقایسه با فلز مذاب آمده است.

جدول ۵ - وزن مخصوص چند ترکیب در مقایسه با فلز مذاب

فلزات	وزن مخصوص در حالت مایع g/cm^3	ترکیبات	وزن مخصوص ترکیبات g/cm^3
Cu	۸/۲۲	CuCl _۲ CuO	۳/۰۵ ۵/۶
Al	۲/۳	Al _۲ O _۳ AlCl _۳ سرباره های اسیدی	۴ ۱/۵۲ ۱/۸
Fe	۶/۹	FeO Fe _۲ O _۳ Fe _۳ O _۴ FeCl _۲ FeCl _۳ سرباره آهنی	۵/۱ ۲/۵۲ ۲/۸۰ ۳-۴/۲
Mg	۱/۵	MgO MgCl _۲	۳/۶ ۲/۳
Zn	۶/۵	ZnS ZnCl _۲ ZnO	۳/۹ ۲/۷۵ ۵/۶
		خاک نسوز و SiO _۲	۲

ب) کاهش آغشتگی به مذاب: آغشتگی آخال به مذاب، موجب کاهش سرعت خروج آخال از مذاب می شود. بنابراین استفاده از فلاکس هایی که بتوانند این آغشتگی را کاهش دهد، موجب تسهیل در خروج آخال از مذاب می شود. بعضی از فلاکس ها می توانند در فصل مشترک مذاب و آخال لایه ای از فیلم نازک ایجاد کنند و در نتیجه آغشتگی آخال به مذاب را کاهش دهند. استفاده از برخی گازها (مانند آنچه در مورد گاززدایی گفته شد) می تواند یک لایه نازک هوا بین آخال و مذاب ایجاد کند که علاوه بر کاهش وزن مخصوص، آغشتگی به مذاب را نیز، کاهش می دهد.

ج) افزایش نقطه گداز: برخی از آخال ها در شرایط ذوب به صورت مذاب هستند لذا جدا کردن آنها از مذاب با تلف شدن مذاب همراه است. در این حالت از موادی که بتوانند با افزایش نقطه ذوب، آخال سرباره گیری را آسان کند استفاده می شود.

■ روش‌های ترکیبی آخال زدایی

در این روش حذف آخال با عناصری صورت می‌گیرد که نسبت به فلز مذاب، میل ترکیبی بیشتری با اکسیژن و نیتروژن دارند. از اکسیژن زدایی، می‌توان به عنوان مهم‌ترین فرآیند در این روش نام برد.

مثال: $3[\text{FeO}]_{(\text{Fe})} + 2\text{Al} \rightarrow <\text{Al}_2\text{O}_3> + 3(\text{Fe})$

که در آن مذاب آهن با آلومینیوم اکسیژن زدایی می‌شود.

$<\text{Al}_2\text{O}_3>_{(\text{Al})} + 3\text{Be} \rightarrow 3<\text{BeO}> + 2(\text{Al})$

که در آن مذاب آلومینیوم با برلیم اکسیژن زدایی می‌شود.

$5<\text{CuO}>_{(\text{Cu})} + 2\text{P} \rightarrow \{\text{P}_2\text{O}_5\} + 5(\text{Cu})$

که در آن مذاب مس با فسفر اکسیژن زدایی می‌شود.

مهم‌ترین شرایط برای اکسیژن زدایی عبارت‌اند از:

- ۱ عنصر اضافه شده برای اکسیژن زدایی باید میل ترکیب زیادتری با اکسیژن نسبت به مذاب داشته باشد.
- ۲ عنصر اضافه شده، نباید خود باعث به هم خوردن ترکیب شیمیایی مذاب شود و از طرف دیگر نباید ایجاد آخال در مذاب نماید.
- ۳ چگالی اکسید جدید باید کمتر از اکسید اصلی باشد تا بتواند به راحتی به سطح مذاب بیاید.
- ۴ قابلیت آغشتگی به مذاب نداشته باشد تا بتواند به راحتی از مذاب خارج شود.
- ۵ از جهت عملی اضافه نمودن آن به مذاب مشکل نباشد.

استفاده از فلاکس‌های تمیز کننده ذوب آلومینیوم

مواد و وسایل مورد نیاز

- ۱ کوره زمینی
- ۲ بوته سایز ۳۵
- ۳ لباس ایمنی و نسوز و کفش ایمنی
- ۴ لوازم و تجهیزات ذوب ریزی
- ۵ کاورال

مراحل انجام کار

- ۱ مذاب آلومینیوم را آماده و سرباره‌گیری کنید.
- ۲ مقداری فلاکس تمیزکننده مذاب (کاورال) را بر روی مذاب آلومینیوم ریخته شود.
- ۳ با استفاده از سرباره‌گیر فلاکس را با مذاب ترکیب و هم زده می‌شود تا آخال‌ها را به خود جذب کند و به سطح مذاب آلومینیوم صعود کند. این سرباره به صورت پودری شکل و مشکی رنگ است.
- ۴ با استفاده از سرباره‌گیر سرباره‌ها را جمع کنید و در گوشه‌ای تخلیه کنید. ذوب آماده بارریزی است.

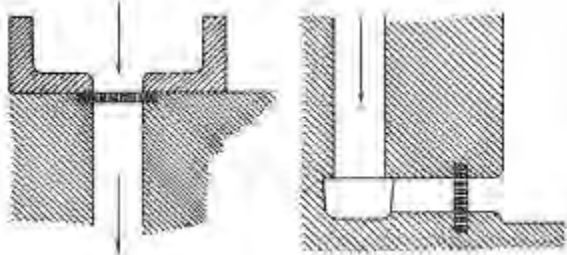
نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.



■ عملیات فیلتر کردن مذاب

حذف کامل آخال‌ها، به وسیله عملیات آخال‌زدایی مشکل می‌باشد. لذا برای آلیاژهایی که وجود حتی مقدار جزئی آخال‌های ریز میکروسکوپی باعث کاهش خواص قطعه‌ها می‌شود و به منظور تولید قطعه‌ها با کیفیت بالا از عملیات فیلتر کردن مذاب استفاده می‌شود. عملیات فیلتر کردن می‌تواند در پاتیل و یا حتی سیستم راهگهی انجام شود. در این عملیات مذاب از داخل فیلترهای خاصی عبور می‌کند و در نتیجه آخال‌های ریز و درشت در لابه‌لای ذرات فیلترگیر می‌کنند و مذاب صاف و بدون آخال به دست می‌آید. شکل ۹ روش‌های فیلتر کردن را برای آلومینیوم نشان می‌دهد.



شکل ۹- شماتیک روش‌های فیلتر کردن برای آلومینیوم در

سیستم راهگهی

■ تلقیح (جوانه‌زایی)

اضافه کردن بعضی از عناصر به مذاب در مقادیر جزئی می‌تواند موجب بهبود خواص ریخته‌گری، مکانیکی و فیزیکی قطعات ریخته‌گری گردد. این عناصر در آخرین لحظات تهیه مذاب و معمولاً قبل از ریختن فلز مذاب به داخل قالب اضافه می‌شوند.

اضافه کردن این عناصر به مقدار جزئی به آلیاژهای آلومینیوم - منیزیم موجب ریزش دانه‌ها شده و همچنین در چدن‌های خاکستری باعث کمک به ایجاد گرافیت آزاد می‌گردد.

برای مثال اضافه کردن کمتر از ۰/۲ درصد تیتانیوم یا ۰/۰۲ درصد بُر به آلومینیوم می‌تواند اندازه دانه‌های آلومینیوم و آلیاژهای آن را از ۲/۵ میلی‌متر به ۰/۱ میلی‌متر تقلیل دهد. همچنین اضافه کردن حدود ۰/۰۲ درصد سدیم و یا ۰/۰۳ درصد استرانسیم در آلیاژهای آلومینیوم - سیلیسیم می‌تواند اندازه را صدها بار ریزتر نماید.

در مورد چدن‌ها اضافه کردن مقدار کمی سیلیسیم به مذاب می‌تواند به ایجاد گرافیت آزاد در چدن کمک کرده و به خصوص در قطعات با جداره‌های نازک مانع از سفید شدن چدن در این ضخامت‌ها گردد.

هم‌چنین اضافه کردن مقدار جزئی منیزیم (حدود ۰/۰۵ درصد) به مذابی با ترکیب شیمیایی چدن خاکستری می‌توان گرافیت‌های ورقه‌ای را به صورت کروی درآورده و از این طریق مشخصات مکانیکی به مقدار شگفت‌آوری اصلاح گردد. عمل جوانه‌زایی هم یکی از موارد تلقیح می‌باشد، در این عملیات معمولاً مواد تلقیح (جوانه‌زا) متناسب با نوع آلیاژ از ترکیبات مختلف انتخاب می‌شوند. مواد جوانه‌زا باید دارای شرایطی به شرح ذیل باشند:

— **دیرگدازی:** نقطه‌ی ذوب جوانه‌زا باید بالاتر از درجه‌ی حرارت مذاب باشد تا در شرایط معمولی در فلز مذاب ذوب نشود.

— **قابلیت آغشتگی به مذاب:** مواد جوانه‌زا باید قابلیت آغشتگی به مذاب را داشته باشد تا بتواند به‌عنوان هسته عمل نماید.

— **ساختار کریستالی:** ساختار کریستالی مواد جوانه‌زا باید به ساختار فلز مذاب نزدیک باشد.

جدول ۶ مواد جوانه‌زای اصلی را برای آلیاژهای مختلف نشان می‌دهد.

پس از مشخص شدن شرایط مواد جوانه‌زا، در اینجا لازم است به نکاتی که باید در مورد عملیات جوانه‌زایی به آن توجه نمود، اشاره شود.

۱ **زمان جوانه‌زایی:** از نکات عملی مهم در جوانه‌زایی، انتخاب زمان مناسب برای جوانه‌زایی است. به عنوان مثال، در صورتی که جوانه‌زایی قبل از عملیات گاززدایی و آخال‌زدایی انجام شود، در این صورت، عملیات فوق

باعث حذف جوانه‌زاهای می‌شود. معمولاً جوانه‌زاهای را در آخرین مرحله به مذاب اضافه می‌کنند و حتی در برخی موارد در سیستم راهگاهی به مذاب اضافه می‌شوند.

۲ درجه حرارت و زمان (میرایی): درجه حرارت و زمان، عوامل اساسی در بازدهی جوانه‌زایی محسوب می‌گردد. در صورتی که درجه حرارت، بالا و یا زمان نگهداری مذاب پس از جوانه‌زایی طولانی باشد راندمان جوانه‌زایی به شدت کاهش می‌یابد؛ چرا که در این حالت تعدادی از مواد جوانه‌زا در مذاب حل می‌شود.

جدول ۶ - مشخصات اصلی مواد جوانه‌زا

ترکیب احتمالی حاصل	تأثیر بر ریزساختار	درصد وزنی	ریزکننده (جوانه‌زا)	آلیاژ (ترکیب شیمیایی)
ZrAl ₃ , ZrMn ₂	ریزدانه کردن و جلوگیری از رشد دانه‌های درشت	Zr % ۰/۷-۰/۲	زیرکونیوم (Zr)	Mg-۹Al-۱Zn
Mg ₂ C ₃ , CaC ₂	جوانه‌زایی غیرمستقیم از طریق تشکیل کاربیدها	% ۰/۱۵-۰/۰۵ + C % ۰/۳-۰/۱ Ca	کربن (C) + کلسیم (Ca)	Mg-۶Al-۰/۳Mn
CuZr, Cu ₅ Zr	ریز کردن دانه‌ها	Zr % ۰/۷-۰/۵	زیرکونیوم (Zr)	Mg-۴/۵Zn-۰/۷Zr
TiB ₂ , TiAl ₃	تشکیل ذرات TiB ₂ و TiAl ₃ ریزدانه کروم	-۰/۰۰۵ + Ti % ۰/۱-۰/۰۱ B % ۰/۰۲	تیتانیوم (Ti) + بور (B)	Al-۷Si-۰/۳Mg
Al ₄ Sr, Al ₂ Si ₂ Sr	اصلاح ساختار یوتکتیک سیلیسیم	Sr % ۰/۰۵-۰/۰۱	استرانسیوم (Sr)	Al-۱Mg-۰/۶Si
TiB ₂ , TiAl ₃	ریزدانه کردن در آلیاژهای پر استحکام	-۰/۰۱ + Ti % ۰/۱-۰/۰۲ B % ۰/۰۳	تیتانیوم (Ti) + بور (B)	Al-۵/۵Zn-۲/۵Mg-۱/۵Cu
فازهای غنی از Cr و FeAl ₃	ریز کردن دانه‌ها	% ۰/۳-۰/۱ + Fe % ۰/۵-۰/۲ Cr	آهن (Fe) + کروم (Cr)	Cu-۳۰Zn
CuZr, Cu ₅ Zr	ریز کردن دانه‌ها	Zr % ۰/۲۵-۰/۱	زیرکونیوم (Zr)	Cu-۱۰Sn
CaSi ₂ , FeSi	جوانه‌زایی گرافیت ورقه‌ای	CaSi % ۰/۳-۰/۱۵ (Ca % ۰/۱-۰/۰۵ معادل)	سیلیسیم کلسیم (CaSi)	چدن خاکستری (Fe-۳/۵C-۲/۵Si)
FeSi, MnS	افزایش جوانه‌های گرافیت	FeSi % ۰/۵-۰/۳ (معادل) Si % ۰/۳-۰/۲ (اضافی)	فروسیلیسیم (FeSi)	چدن خاکستری (Fe-۳/۵C-۱/۸Si-۰/۸Mn)
Fe ₃ C, Fe ₂ B	تشکیل گرافیت کروی در هنگام عملیات حرارتی	+ Bi % ۰/۰۱۵-۰/۰۰۸ B % ۰/۰۰۳-۰/۰۰۱	بیسموت (Bi) + بور (B)	چدن چکش‌خوار (Fe-۲/۵C-۱/۵Si)
MgO, Ce ₂ O ₃	تشکیل گرافیت کروی	-۰/۰۱ + Mg % ۰/۰۶-۰/۰۳ Ce % ۰/۰۳	منیزیم (Mg) + سربیم (Ce)	چدن داکتیل (Fe-۳C-۲Si-۰/۰۵Mg)
Cr ₇ C ₃ , Mo ₂ C	جلوگیری از تشکیل گرافیت و تشکیل سمنتیت	Mo % ۰/۶-۰/۳ + Cr % ۱/۵-۱	کروم (Cr) + مولیبدن (Mo)	چدن سفید (Fe-۲C-۰/۵Si-۱Cr)
TiN, TiC	ریزدانه کردن	-۰/۰۰۵ + Ti % ۰/۰۸-۰/۰۲ N % ۰/۰۱	تیتانیوم (Ti) + نیتروژن (N)	فولاد (Fe-۰/۲C)
Al ₂ O ₃ , AlN	کنترل رشد دانه	Al % ۰/۰۸-۰/۰۳	آلومینیوم (Al)	فولاد (Fe-۱۸Cr-۸Ni)

۲ اندازه جوانه‌زها: اندازه جوانه‌زها باید مناسب انتخاب شود. چنانچه اندازه ذرات جوانه‌زا خیلی بزرگ باشد، باعث غیریکنواختی در قطعات ریختگی می‌شود و خواص قطعه ریختگی را کاهش می‌دهد و برعکس، در صورتی که جوانه‌زها خیلی ریز باشند ممکن است در مذاب حل شده، راندمان جوانه‌زایی کاهش یابد. براساس تجربه اندازه جوانه‌زای مناسب برای آلیاژهای مختلف به‌دست می‌آید.

۴ پخش یکنواخت: پخش یکنواخت جوانه‌زها در مذاب، اهمیت زیادی در بهبود کیفیت قطعات ریختگی دارد.

۵ مقدار جوانه‌زا: مقدار جوانه‌زا باید حد معینی داشته باشد. چنانچه مقدار جوانه‌زا کم باشد ریزدانی به‌دست نمی‌آید. همچنین در صورتی که تعداد جوانه‌زها خیلی زیاد باشد، به دلیل حذف اثرات یکدیگر امکان درشت‌دانی وجود دارد.

مزایا و عيوب جوانه‌زایی

الف) مزیت‌ها

- ۱ **خواص مکانیکی:** خواص مکانیکی سختی، استحکام، مقاومت به ضربه بهبود می‌یابد.
- ۲ **مک‌های گازی و انقباض:** مک‌های گازی و انقباضی کوچک‌تر شده، در برخی موارد حذف می‌شوند.
- ۳ یکنواختی خواص در جهات مختلف بهبود می‌یابد.
- ۴ حساسیت به ایجاد ترک‌های هنگام انجماد در ریخته‌گری کاهش می‌یابد.
- ۵ خاصیت قابلیت ماشین‌کاری را بهبود می‌بخشند.
- ۶ عملیات تمام‌کاری مانند (پولیش‌کاری، آبکاری) در مورد قطعات جوانه‌زایی شده، نتایج مطلوب‌تری دارد.
- ۷ قابلیت پذیرش عملیات حرارتی در مورد آن افزایش می‌یابد.

ب) عیب‌ها

- ۱ سیالیت ریخته‌گری را کاهش می‌دهد.
- ۲ ناخالصی را در مذاب و قطعه افزایش می‌دهد.

عملیات تلقیح جوانه‌زا آلومینیوم

مواد و وسایل مورد نیاز:

- | | | |
|--|--------------------------|---------------------------------|
| ۱ کوره زمینی | ۲ بوتله سایز ۳۵ | ۳ لباس ایمنی و نسوز و کفش ایمنی |
| ۴ لوازم و تجهیزات ذوب‌ریزی و سرباره گیری | ۵ قرص جوانه‌زا آلومینیوم | |
| ۶ فلانچر جهت مواد افزودنی به مذاب | | |

مراحل انجام کار

- ۱ مذاب آلومینیوم را آماده و سرباره‌گیری کنید.
- ۲ مقدار ۱/۴ قرص جوانه‌زا را درون فلانچر قرار داده و کمی پیش‌گرم کنید و سپس به درون مذاب برده و در انتهای بوتله نگهداری کنید.
- ۳ برای مدت زمان حداقل ۲ الی ۳ دقیقه فلانچر را در انتهای بوتله نگهداری کنید، تا فعل و انفعالات درون مذاب انجام شود.
- ۴ یک نمونه استوانه‌ای بدون انجام عملیات جوانه‌زایی و یک نمونه جوانه‌زایی شده ریخته‌گری شود و پس از انجماد و سرد شدن به‌صورت عرضی از مقطع بریده شود و دو نمونه از نظر برشکاری با یکدیگر مقایسه گردد.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت
کارگاهی



ارزشیابی واحد یادگیری ۲: عملیات کیفی مذاب

شرح کار: ابتدا مقدار معینی آلومینیوم را ذوب کنید و سپس بعد از خارج کردن از کوره عملیات گاززدایی و سرباره‌گیری را انجام دهید و سپس عملیات جوانه‌زایی توسط قرص جوانه‌زا را بر روی مذاب انجام دهید.			
استاندارد عملکرد: تهیه و آماده‌سازی مذاب آلومینیوم و جوانه‌زایی مذاب شاخص‌ها: ۱- کیفیت شارژ افزودنی ۲- بررسی کوره ذوب ۳- ذوب آلیاژ			
شرایط انجام کار: ۱- محیط کارگاهی ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس ۳- تهویه استاندارد و دمای $20^{\circ}\text{C} \pm 3$ ۴- اندازه‌ها براساس استاندارد ۵- وسایل ایمنی استاندارد ۶- ابزار و تجهیزات استاندارد ابزار و تجهیزات: شمش آلومینیوم، بوت، کمچه، انبر طوق، کوره زمینی، کاورال، سرباره‌گیر، فلانچر، قرص جوانه‌زا، قرص گاززدا			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی اولیه کوره ذوب و شارژ بوت و روشن نمودن کوره	۱	
۲	خارج کردن بوت حاوی مذاب از کوره و سرباره‌گیری و گاززدایی	۲	
۳	انجام عملیات جوانه‌زایی مذاب و سپس ریخته‌گری مذاب	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: ۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳- تمیز کردن محیط کوره‌دان و محیط کارگاه ۴- رعایت دقت و نظم	۲	
میانگین نمرات**			
* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و نمره مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			



پودمان پنجم

ذوب ریزی



پس از تهیه مذاب در کوره، برای انتقال مذاب از کوره به محل ریختن مذاب به قالب از پاتیل استفاده می‌شود. پاتیل، ظرف استوانه‌ای شکل از جنس فولاد است که جهت جلوگیری از تماس مذاب با بدنه پاتیل، سطح داخلی آن با مواد نسوز پوشانده شده است. مذاب از کوره به داخل پاتیل ریخته می‌شود و سپس پاتیل با استفاده از تجهیزات انتقال‌دهنده مانند جرثقیل به محل بارریزی، منتقل می‌شود. در حین انتقال سطح مذاب با محیط اطراف در تماس است. بنابراین در اثر واکنش مذاب با هوا ناخالصی‌های اکسیدی روی سطح مذاب پاتیل تشکیل می‌شود. برای جلوگیری از ورود ناخالصی‌های مذاب به داخل قالب باید مذاب پاتیل سرپاره‌گیری شود.

واحد یادگیری ۱: ذوب‌گیری از کوره و شلاکه‌گیری ذوب پاتیل

جهت ذوب‌گیری از کوره و شلاکه‌گیری ذوب پاتیل لازم است که کلیه ابزارآلات و تجهیزات ذوب‌گیری و شلاکه‌گیری در دسترس و آماده به کار باشد به همین منظور باید ابزار و تجهیزات سالم، تمیز و دارای شرایط لازم جهت کار باشد. در این واحد یادگیری، ابتدا انواع ابزارآلات و تجهیزات انتقال مذاب، ابزارآلات و تجهیزات پیشگرم و ابزار شلاکه‌گیری توضیح داده شده سپس نحوه انتقال پاتیل مذاب، افزودن مواد واسطه و شلاکه‌گیری از مذاب توضیح داده می‌شوند و به صورت عملی انجام داده خواهد شد.

استاندارد عملکرد

ذوب‌گیری از کوره و شلاکه‌گیری ذوب پاتیل با استفاده از ابزارآلات و تجهیزات مناسب براساس استانداردهای مرتبط

روش‌های انتقال مذاب

- مذاب آماده شده در کوره به چه طریقی به خط تولید انتقال داده می‌شود؟
- ظرف مورد نیاز برای انتقال مذاب باید چه خصوصیتی داشته باشد؟
- جابه‌جایی بوته با پاتیل حاوی مذاب جهت ذوب‌ریزی چگونه انجام می‌شود؟

■ تجهیزات انتقال مذاب

بوته‌ها: بوته‌ها ظرف‌هایی هستند (شکل ۱) که از گرافیت یا کاربیدسیلیسیم ساخته می‌شوند از بوته برای عملیات ذوب و ذوب‌ریزی استفاده می‌شود. بوته‌های ذوب را داخل کوره زمینی قرار می‌دهند و مواد اولیه ذوب در داخل آن شارژ می‌شوند و عمل ذوب در آن صورت می‌گیرد. بوته در اثر گرمای حاصل از کوره، گرم می‌شود و حرارت از طریق بوته به مواد درون آن هدایت می‌گردد. از مزایای بوته‌های گرافیتی می‌توان دیرگدازی، هدایت حرارتی خوب، سبک بودن و نجسیدن مذاب به آن را نام برد. به علاوه، گرافیت در فشار هوای یک اتمسفر (فشارجو) هرگز ذوب نمی‌شود بلکه به تدریج تصعید می‌گردد (شکل ۱).



شکل ۱

بوته‌های ذوب و ذوب‌ریزی ابعاد و اندازه‌های مختلفی دارند. اندازه بوته بر حسب مقدار چدنی که داخل آن می‌توان ذوب نمود سنجیده می‌شود. برای مثال با بوته نمره ۶۰ می‌توان ۶۰ کیلوگرم چدن را ذوب نمود. بوته‌هایی که بیشترین کاربرد را دارند، بوته‌های نمره ۱۰ الی نمره ۴۰۰ هستند.

پاتیل‌ها: به‌طور کلی هدف از حمل مذاب، رساندن فلز تمیز به قالب در دمای مورد نظر است. به این منظور از ظروفی به نام پاتیل استفاده می‌شود. پاتیل‌ها از یک جداره فولادی پوشش داده شده با مواد نسوز تشکیل شده‌اند.

به‌طور کلی سه نوع از پاتیل‌ها نسبت به بقیه آنها کاربرد بیشتری دارند، که عبارت‌اند از پاتیل سرریز، پاتیل قوری شکل و پاتیل کفریز.

۱ پاتیل سرریز

در این دسته از پاتیل‌ها (شکل ۲) فلز مذاب از قسمت لبه بالایی پاتیل تخلیه می‌شود و جریان و حجم مذاب خروجی با استفاده از اهرم (فرمان) متصل به پاتیل کنترل می‌شود. از آنجایی که محل تجمع سرباره‌ها در سطح فلز مذاب است، لذا به منظور جلوگیری از ورود سرباره‌ها (شلاکه) به محفظه قالب، از یک شلاکه‌گیر دستی استفاده می‌شود. مزیت پاتیل‌های سرریز در این است که در آنها مجرای باریکی وجود ندارد تا در اثر انجماد فلز مذاب، مسدود گردد. تنها محدودیت آنها احتمال ورود شلاکه به محفظه قالب است.



شکل ۲

۲ پاتیل قوری شکل: در این نوع پاتیل (شکل ۳) با تعبیه یک دیواره نسوز داخل آن از ورود مذاب و شلاکه سطحی به محفظه قالب جلوگیری می‌شود و فقط از مذاب موجود در ته پاتیل جهت پر کردن قالب استفاده می‌شود. مزیت این روش جلوگیری از ورود شلاکه به محفظه قالب است و محدودیت آن احتمال انجماد فلز مذاب در مجرای خروج مذاب آن است. در مواقعی که دمای مذاب موجود در پاتیل از محدوده معین پایین‌تر باشد یا ذوب در پاتیل اضافه بیاید، برای برگرداندن مذاب آن به کوره می‌توان از لبه دیگر پاتیل برای تسریع در تخلیه مذاب استفاده نمود.



شکل ۳



شکل ۴

همچنین این پاتیل‌ها در صورتی قابلیت استفاده مجدد دارند که دریچه و پوشش نسوز میله بند آورنده جریان مذاب در هر بار استفاده تعویض شود. در نتیجه برای ادامه کار، هزینه‌ها افزایش می‌یابد و نیاز به پاتیل‌ها بیشتر می‌شود.

■ پوشش پاتیل‌ها



شکل ۵

پوشش‌هایی که برای پاتیل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید دیرگدازی بالا، مقاومت در برابر نفوذ مذاب و فرسایش در برابر مذاب به همراه مقاومت در برابر شوک حرارتی داشته باشند. همچنین این مواد نباید با مذاب واکنش دهند و موجب آلودگی مذاب شوند. با استفاده از خاک نسوز به فرم آجر می‌توان داخل پاتیل‌ها را به صورت بدون درز آجر چینی نمود تا از نفوذ مذاب به جداره بین آجرها جلوگیری شود. در صورتی که از خاک نسوز به صورت ملات استفاده شود می‌توان جداره داخلی پاتیل را به صورت یکپارچه پوشش‌دهی نمود. در این موارد می‌توان از شابلون‌هایی که به فرم داخلی پاتیل ساخته شده‌اند، استفاده نمود (شکل ۵).

از آنجایی که در اثر حرارت و انبساط پوشش نسوز، ترک‌های ریزی در دیواره نسوز پاتیل ایجاد می‌شود، لازم است از ترکیباتی شامل گرافیت و خاک نسوز بر روی مواد نسوز دیواره پاتیل استفاده شود. در ریخته‌گری آلیاژهای آهنی، مخصوصاً چدن ریزی، از آجرهای نسوز سیلیسی یا مخلوط ماسه سیلیسی و چسب سدیم سیلیکات استفاده می‌شود. این ترکیبات در اطراف یک شابلون در داخل پاتیل کوبیده می‌شوند، سپس با دمیدن گاز CO_2 پوشش را استحکام می‌دهند. از آنجایی که در این مورد رطوبت ترکیب کم است، قبل از استفاده به خشک کردن کمتری نیاز است. ضخامت پوشش‌های نسوز، با توجه به حجم پاتیل‌ها، برای هر ماده نسوز تعیین می‌شود.

■ ابزار آلات و تجهیزات انتقال

۱ جرثقیل سقفی

برای حمل و جابه‌جایی بوته یا پاتیل مذاب، جرثقیل سقفی در ظرفیت‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. این جرثقیل بر روی ریل‌هایی تعبیه می‌شود و در دو طرف سالن تولید به وسیله موتورهایی به صورت طولی حرکت می‌کند (شکل ۶).

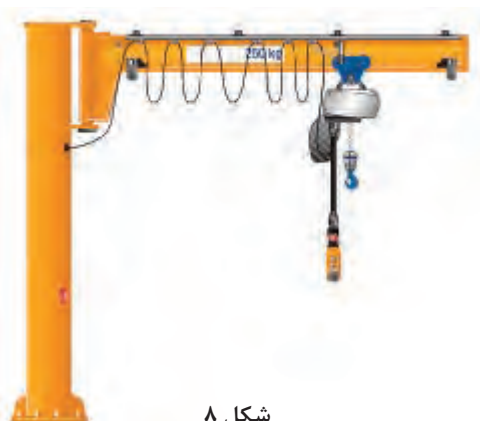
۲ جرثقیل دروازه‌ای

برای جابه‌جایی بوته یا پاتیل مذاب یا تجهیزات دیگر، این جرثقیل در ظرفیت‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد و از دو پایه نگهدارنده و تیرک عمود بر دو پایه تشکیل شده و بر روی تیرک در حرکت است (شکل ۷).

۳ جرثقیل ستونی: برای جابه‌جایی بوته یا پاتیل مذاب یا تجهیزات دیگر از این جرثقیل استفاده می‌شود و از یک ستون نگهدارنده و یک تیرک (جهت حرکت جرثقیل بر روی آن) تشکیل شده است (شکل ۸).



شکل ۶



شکل ۸

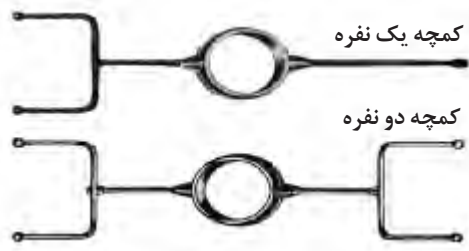
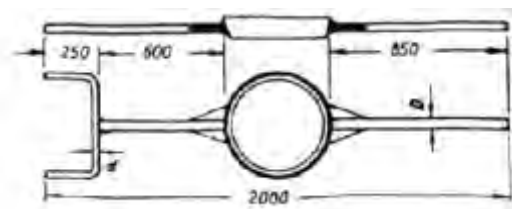


شکل ۷



شکل ۹

۴ گاری: جهت حمل بوته یا پاتیل مذاب از قسمت‌های مختلف کارگاه ذوب به قسمت ریخته‌گری از گاری استفاده می‌شود. ابعاد و ظرفیت گاری، بسته به ابعاد بوته یا پاتیل و مقدار ذوب، متفاوت است (شکل ۹).



شکل ۱۰



شکل ۱۱



شکل ۱۲- دو نوع ملاقه



شکل ۱۳- انبر

۵ کمچه: برای حمل بوته و پاتیل‌های کوچک از کمچه استفاده می‌شود. همچنین برای پاتیل‌های بزرگ از کمچه، به منزله «فرمان»، می‌توان استفاده کرد. کمچه در اندازه‌های مختلف وجود دارد و جنس آن فولادی است (شکل ۱۰).

۶ انبر طوق: از این وسیله برای قرار دادن بوته در داخل کوره و خارج کردن آن استفاده می‌شود. انبر طوق از فولاد فورج شده (آهن‌گری شده) ساخته می‌شود و در انواع و اندازه‌های مختلف وجود دارد (شکل ۱۱).

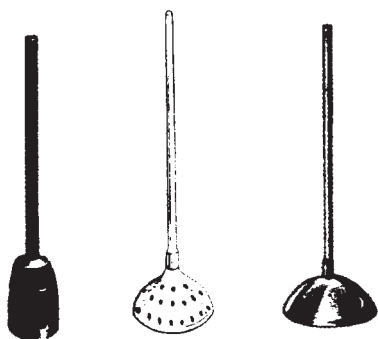
ملاقه: وسیله‌ای برای حمل مذاب در حجم کم، از کوره و ریختن آن به درون قالب است. معمولاً از ملاقه برای فلزات و آلیاژهای غیرآهنی، که دمای ذوب آنها پایین است، استفاده می‌شود. جنس ملاقه از فولاد است و نوع گرافیتی آن برای نمونه‌گیری فلزات آهنی به کار می‌رود (شکل ۱۲).

انبر: از انبر برای افزودن مواد شارژ به بوته یا کوره، جابه‌جایی قطعات ریخته شده و جدا کردن آنها از ماسه، استفاده می‌شود و جنس آن از فولاد فورج شده است (شکل ۱۳).



شکل ۱۴- کف گیر و سرباره گیر

کف گیر و سرباره گیر: برای سرباره گیری فلزات غیر آهنی از کف گیر استفاده می شود. جنس آن فولادی است و از یک صفحه سوراخ دار و دسته بلند تشکیل شده است. برای سرباره گیری فلزات آهنی از وسیله ای به نام سرباره گیر استفاده می شود جنس آن نیز فولادی است و نوع دسته بلند آن در کوره دوار کاربرد دارد (شکل ۱۴).



شکل ۱۵- کلاهک خوراک دهنده

کلاهک خوراک دهنده: وسیله ای برای وارد کردن مواد گازدار، سرباره ها و تلقیحی به درون مذاب است. از یک دسته بلند و یک کلاهک مشبک تشکیل شده است (شکل ۱۵). از نوع فولادی آن برای فلزات و آلیاژهای غیر آهنی و از نوع گرافیتی آن برای آلیاژهای آهنی استفاده می شود.

■ مراحل انجام شارژ و ذوب ریزی

مرحله ۱: شارژ کردن (بار آرای)

مواد لازم جهت ذوب را انتخاب کنید.

- قطعات برگشتی را در ته بوته و شمش ها را به طور عمودی روی آنها قرار دهید (شکل ۱۶).

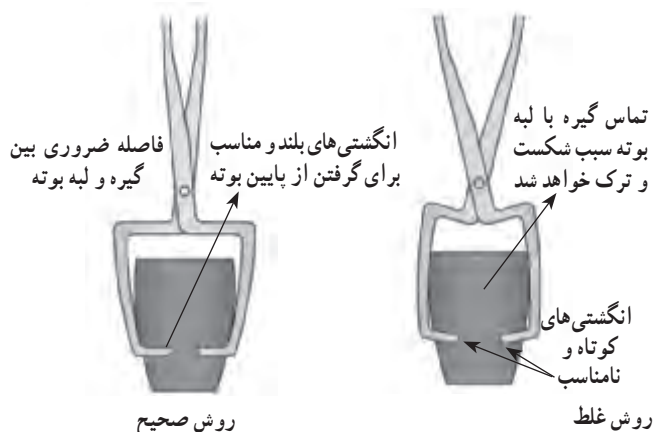
- بوته را با انبر طوق بگیرید و در داخل کوره قرار دهید. دقت کنید در صورت استفاده نادرست از انبر طوق، به بوته آسیب وارد می شود (شکل ۱۷).



شکل ۱۶

از انداختن قطعات سنگین در بوته خودداری شود و قبل از شارژ، بوته را پیش گرم کنید.

تذکر



روش صحیح

روش غلط



شکل ۱۷- نحوه گرفتن بوته با انبر طوق

■ مرحله ۲: روشن کردن کوره

- شیر سوخت را باز کنید.
- پس از رسیدن سوخت به درون کوره آن را مشتعل کنید.
- دستگاه ونتیلاتور را روشن کنید. در این حالت دریچه هوای دستگاه باید کم باز باشد تا هوای کمتری وارد کوره شود.
- با گرم شدن تدریجی کوره، مقدار سوخت و هوا را اضافه کنید تا شعله تنظیم شود (شکل ۱۸).

در کوره‌های گازی عمل روشن کردن کوره با باز نمودن شیر گاز و زدن کلید برق انجام می‌شود.

توجه



■ مرحله ۳: اضافه کردن مواد شارژ

- پس از ذوب مواد شارژ اولیه، در صورت نیاز مواد شارژ را اضافه کنید (شکل ۱۹).

موادی که به مذاب اضافه می‌کنید باید عاری از رطوبت باشد.

توجه



شکل ۱۹



شکل ۱۸

■ مرحله ۴: خاموش کردن کوره

- پس از رسیدن به دمای فوق ذوب شیر سوخت را ببندید تا شعله کم شود.
- دستگاه ونتیلاتور را خاموش کنید.

در کوره‌های گازی عمل خاموش کردن کوره با قطع کلید برق و بستن شیر گاز انجام می‌شود.

توجه





شکل ۲۰

مرحله ۵: گاززدایی

- کلاهک خوراک‌دهنده را پیشگرم کنید.
- مواد گاززدا را در داخل کلاهک خوراک‌دهنده قرار دهید.
- کلاهک خوراک‌دهنده را وارد مذاب کنید تا گازهای موجود در مذاب از آن خارج شوند (شکل ۲۰).

توجه



در هنگام گاززدایی از کلاه ایمنی نقاب‌دار و ماسک استفاده شود.

مرحله ۶: سرباره‌گیری

- کلاهک خوراک‌دهنده را پیشگرم کنید.
- مواد سرباره‌گیر را داخل کلاهک خوراک‌دهنده قرار دهید.
- کلاهک خوراک‌دهنده را وارد مذاب کنید.
- پس از جمع شدن ناخالصی‌ها در سطح مذاب به کمک کف‌گیر یا سرباره‌گیر ناخالصی‌ها را از مذاب خارج کنید (شکل ۲۱).

مرحله ۷: افزودن مواد افزودنی لازم به مذاب

- پس از گاززدایی و سرباره‌گیری قبل از بارریزی، در صورت نیاز، مواد افزودنی جهت اصلاح ساختار به مذاب اضافه کنید.

مرحله ۸: حمل و بارریزی

- پس از آماده شدن مذاب، آن را به وسیله بوته و کمچه یا ملاقه بارریزی کنید (شکل ۲۲).



شکل ۲۲



شکل ۲۱



تذکر



در مراحل ذوب و بارریزی باید کلیه سیستم‌های تهویه روشن باشند.

خشک کردن پاتیل‌ها (پیشگرم)

- خشک کردن پاتیل‌ها قبل از مصرف آنها برای خارج کردن رطوبت موجود در آنها امری لازم و ضروری است، زیرا وجود رطوبت علاوه بر تخریب پوشش هنگام تماس با مذاب و خطر پاشیدن مذاب به بیرون، واکنش‌هایی ایجاد می‌کند که به جذب هیدروژن نیز منجر می‌شود.

نحوه خشک کردن پاتیل‌ها، بعد از خشک کردن مقدماتی در هوا، به این صورت است که ابتدا با شعله کمتر و رفته رفته با زیاد کردن شعله به میزان حرارت اعمالی افزوده می‌گردد (در انتهای این مرحله دمای پوشش به ۶۰۰ تا ۸۰۰ درجه سلسیوس می‌رسد) تا رطوبت موجود در پوشش آهسته از آن خارج شود و از ایجاد ترک در پوشش جلوگیری گردد. وقتی پاتیل کاملاً خشک شد در مرحله بعد، قبل از انتقال مذاب به پاتیل، باید دمای پاتیل به محدوده ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سلسیوس برسد تا بر اثر انتقال مذاب از کوره به پاتیل افت دما، خیلی زیاد نباشد. هر چه درجه حرارت پاتیل زیادتر شود، افت درجه حرارت فلز مذاب در موقع تخلیه کمتر خواهد شد. در این مرحله با استفاده از مشعل‌های پیشگرم، قبل از ذوب‌ریزی درون پاتیل، آن را تا دمای فوق می‌رسانند تا دمای پاتیل به دمای مذاب نزدیک‌تر گردد و از افت دمای مذاب در پاتیل و انجماد مذاب درون آن جلوگیری شود. حتی می‌توان یک بار پاتیل گرم شده تا دمای ۶۰۰ تا ۸۰۰ درجه سلسیوس را از مذاب پر کرد و سپس مذاب موجود را به کوره تخلیه کرد تا دمای پاتیل سریع‌تر به دمای مذاب نزدیک شود. علت دیگر پیش‌گرم کردن پاتیل‌های خشک شده قبل از ذوب‌ریزی در داخل آنها، جلوگیری از شوک حرارتی به نسوز پاتیل است که در افزایش طول عمر نسوز پاتیل بسیار مؤثر است.

ابزار آلات و تجهیزات پیش‌گرم

- ۱ **کپسول گاز به همراه مشعل:** از این کپسول، در اندازه و حجم‌های مختلف، جهت پیش‌گرم پاتیل و خشک کردن پوشان وسطوح قالب استفاده می‌شود (شکل ۲۳).
- ۲ **دستگاه پیش‌گرم:** این دستگاه جهت پیش‌گرم پاتیل در ابعاد و ظرفیت‌های بالا در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد و از یک در فلزی پر شده از مواد نسوز، که مشعل در مرکز آن تعبیه شده، به همراه یک فن جهت دمش هوا در پشت مشعل، تشکیل شده است (شکل ۲۴).



شکل ۲۴



شکل ۲۳



به دلیل اینکه در بخش ذوب و ریخته‌گری، افراد با حرارت، آن‌هم با دمای بالا سروکار دارند، بی‌توجهی نسبت به نکات ایمنی، خطرات جانی و ضررهای مالی فراوانی را دربر دارد و گاه این خطرات جبران‌ناپذیر هستند. در نتیجه رعایت نکات ایمنی الزامی است، در اینجا به تعدادی از آنها اشاره می‌شود:

- استفاده از لباس ایمنی (پیش‌بند، ساق‌بند، کفش ایمنی، دستکش، ماسک، عینک و کلاه ایمنی) ضروری است (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- لباس نسوز و لوازم ایمنی



شکل ۲۶- کپسول دیواری

- عدم استقرار مواد سوختی (گازوئیل، بنزین و کپسول گاز) در این بخش.

- تجهیز قسمت ذوب به کپسول‌های آتش‌نشانی و سیستم اطفای حریق به گونه‌ای که دسترسی به آنها آسان باشد و به‌طور مستمر از سالم بودن آنها اطمینان حاصل شود (شکل ۲۶).

- قبل از استفاده از بوته، آن را مورد بازرسی و کنترل قرار دهید و مطمئن شوید که تَرک خوردگی ندارد.

- هنگام شارژ مجدد، مواد شارژ پیشگرم شود تا رطوبت، چربی و رنگ احتمالی موجود در آنها نیز برطرف گردد.

- هنگام شارژ اشیای در بسته و توخالی، درب آنها باز شود تا در موقع ذوب کردن، از انفجار جلوگیری به عمل آید.

- در موقع حمل و نقل بوته یا پاتیل، از وسایل و ابزارهای متناسب با آنها استفاده شود تا از افتادن بوته، پاتیل و یا ریخته شدن مذاب بر روی زمین ممانعت گردد (شکل ۲۷).



شکل ۲۷

- قبل از استفاده از وسایلی که باید وارد مذاب شوند، مانند ملاقه، کف‌گیر، کلاhek خوراک‌دهنده، سرباره‌گیر و هم‌زن باید آنها را کاملاً پیش‌گرم کرد.
- از دست زدن و لمس کردن قطعات ریختگی پیش از اطمینان کامل از سرد بودن آنها، جداً خودداری شود، زیرا گرم و داغ بودن این قطعات قابل مشاهده نیست و اغلب موجب سوختگی‌های سطحی و گاه عمقی می‌شود.
- قبل از حمل مذاب، مسیر حرکت مشخص و بررسی شود که مانعی در مسیر حرکت وجود نداشته باشد.
- در حمل درجه‌ها به محل بارریزی یا محل تخلیه درجه‌ها از نیروی ماهیچه‌های دست و پا استفاده شود تا به مهره‌های کمر فشار وارد نشود.



شکل ۲۸

- از انداختن قطعات مرطوب به داخل بوته حاوی مذاب خودداری شود.
- مذاب باقی‌مانده در ته بوته یا پاتیل، باید کاملاً تخلیه شود. زیرا مذاب باقی‌مانده در بوته منجمد شده و در ذوب مجدد به علت انبساط از حالت جامد به مایع موجب ترک خوردن بوته می‌گردد (شکل ۲۸).

شارژ بوته و آماده‌سازی کوره ذوب

مواد و وسایل مورد نیاز:

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| ۱] کوره زمینی | ۲] بوته سایز ۳۵ |
| ۳] شمش آلومینیوم | ۴] قراضه برگشتی آلومینیوم |
| ۵] لباس ایمنی و نسوز | ۶] کفش ایمنی |
| ۷] لوازم و تجهیزات ذوب‌ریزی | |

مراحل انجام کار

- ۱] ابتدا بوته را تمیز کنید.
- ۲] سپس تمام قسمت‌های بوته را بازرسی چشمی کنید که بوته دچار ترک و شکستگی نشده باشد.
- ۳] کوره را بازرسی کنید، از عملکرد صحیح مشعل مطمئن شوید.
- ۴] پس از آماده شدن مذاب، با ابزارهای ذوب‌ریزی بوته را از کوره خارج کنید و در داخل کمچه قرار دهید.
- ۵] زنجیرهای مخصوص نگهداری بوته را به بوته و کمچه ببندید و آماده ذوب‌ریزی شوید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن محیط کوره‌دان و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.





شارژ بوته و آماده‌سازی کوره ذوب

مواد و وسایل مورد نیاز:

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| ۱] کوره زمینی | ۲] بوته سائز ۳۵ |
| ۳] شمش آلومینیوم | ۴] قراضه برگشتی آلومینیوم |
| ۵] لباس ایمنی و نسوز | ۶] کفش ایمنی |
| ۷] لوازم و تجهیزات ذوب‌ریزی | |

مراحل انجام کار

- ۱] بوته مذاب آماده شده در فعالیت صفحه ۲۰۷ را در نظر بگیرید.
- ۲] با دقت و مطابق راهنمایی‌های هنرآموز خود درون قالب‌های ماسه‌ای ذوب‌ریزی کنید، دقت کنید که مذاب فقط در حوضچه قیفی ریخته شود.
- ۳] در مدت زمان ذوب‌ریزی از قطع و وصل کردن ذوب‌ریزی خودداری کنید و تا حصول اطمینان مذاب را پیوسته داخل حوضچه قیفی بریزید.
- ۴] مذاب باقی‌مانده اضافی درون قالب شمش که از قبل پیشگرم شده است ریخته شود.
- ۵] در انتها پس از تخلیه کامل مذاب بوته از کمچه خارج شود.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن محیط کوره‌دان محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

ارزشیابی واحد یادگیری ۱: ذوب گیری از کوره و شلاکه گیری ذوب پاتیل

شرح کار:

پس از آماده سازی مخلوط ماسه قالب گیری، مدل سندان کفشی را قالب گیری کنید و سپس ذوب آلومینیوم را آماده کرده و در قالب ریخته گری کنید.

استاندارد عملکرد: قالب گیری مدل چند تکه توسط مخلوط ماسه تر

شاخص ها:

- ۱- آماده سازی مخلوط ماسه تر
- ۲- قالب گیری مدل چند تکه
- ۳- آماده سازی مذاب
- ۳- ریخته گری قالب

شرایط انجام کار:

- ۱- محیط کارگاهی
- ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
- ۳- تهویه استاندارد و دمای $20^{\circ}\text{C} \pm 3$
- ۴- اندازه ها براساس استاندارد
- ۵- وسایل ایمنی استاندارد
- ۶- ابزار و تجهیزات استاندارد

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب بنتونیت، آب پاش، بیل ریخته گری، سرنده، سرنده برقی، مدل سندان کفشی، پودر جدایش، درجه، زیر درجه، کوبه و سایر وسایل و تجهیزات قالب گیری و ریخته گری، شمش آلومینیوم، بوته، کمچه، انبر طوق، کوره زمینی، کاورال، سرباره گیر

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنجار
۱	بررسی اولیه کوره ذوب	۱	
۲	شارژ بوته و روشن کردن کوره	۱	
۳	خارج کردن مذاب از کوره و سرباره گیری	۲	
۴	ریخته گری در قالب ماسه ای	۱	
شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:			
۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار			
۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی			
۳- تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کارگاه			
۴- رعایت دقت و نظم			
میانگین نمرات**			

* شایستگی های غیر فنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و نمره مستمر است.
 ** حداقل میانگین نمرات هنجار برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.

واحد یادگیری ۲: کنترل فرایند انجماد مذاب

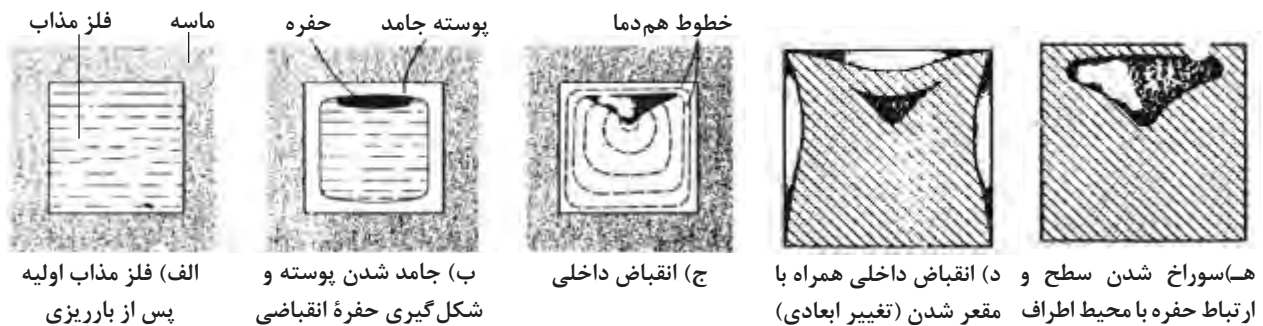
در ریخته‌گری، کنترل فرایند انجماد و تغذیه نقش حیاتی در تعیین کیفیت نهایی قطعه دارند. انجماد کنترل شده به جلوگیری از عیوبی مانند مک‌های انقباضی، تخلخل گازی و جدایش اجزای آلیاژ کمک می‌کند. طراحی سیستم تغذیه یک مرحله کلیدی برای تولید قطعات سالم و بدون عیب انقباضی است. در این واحد یادگیری اصول انجماد، طراحی تغذیه و مبرد و افزایش راندمان با کمک مواد عایق یا گرمازا توضیح داده می‌شود و کنترل شرایط انجماد مذاب قطعه به صورت عملی انجام خواهد شد.

استاندارد عملکرد

طراحی تغذیه و کنترل انجماد مذاب با استفاده از ابزارآلات و تجهیزات مناسب براساس استانداردهای مرتبط

انقباض فلزات و لزوم استفاده از تغذیه

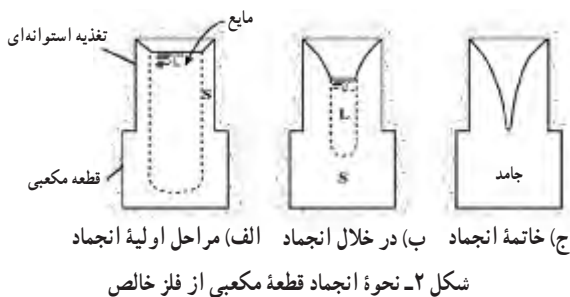
- آیا صرف ریختن فلز مذاب به داخل محفظه قالب، می توان از تولید قطعه سالم ریختگی مطمئن بود؟
- چه راهکارهایی برای جبران انقباض حین انجماد و تولید قطعه سالم وجود دارد.
- تغذیه گذاری در ریخته گری عملی است برای جبران تغییرات حجمی فلز در حالت مایع و ضمن انجماد به منظور تولید قطعات ریختگی عاری از عیب های انقباضی
- همان گونه که قبلاً در بحث انجماد گفته شد مذاب پس از آن که درون قالب ریخته می شود در خلال سرد شدن در سه حالت مذاب، حین انجماد و جامد منقبض می گردد. انقباض در حالت جامد در مدل سازی جبران می گردد و انقباض در دو حالت مذاب و هنگام انجماد باید به وسیله مذاب اضافی جبران شود. در صورتی که این دو انقباض به وسیله مذاب جبران نشود باعث به وجود آمدن حفره هایی در قطعه ریختگی می گردد شکل ۱ چگونه مراحل انجماد و به وجود آمدن حفره در قطعه ریختگی را نشان می دهد.



عیوب انقباضی ممکن است به صورت عیوب انقباضی داخلی (حفره)، انقباض داخلی (حفره) همراه با مقعر شدن و یا سوراخ شدن سطح در قطعات به وجود آید. به وجود آمدن این عیوب، بستگی به نوع آلیاژ دارد. به عنوان مثال، در آلیاژهای با لایه پوسته منجمد شده ضخیم، عیوب انقباضی (حفره) داخلی به وجود می آید و تغییر فرم در سطح وجود ندارد.

تغذیه در قطعه های ریختگی

به منظور محدود کردن و رفع عیوب ناشی از انقباض در قطعه های ریختگی از تغذیه استفاده می شود. وظیفه اصلی تغذیه، متمرکز کردن انقباض مذاب و فراهم آوردن امکان مذاب رسانی به قسمت های در حال انجماد در داخل قالب (قطعه ریخته شده) می باشد. در شکل ۲ به طور ساده، رفتار یک تغذیه استوانه ای که به روی



یک قطعه مکعبی قرار گرفته نشان داده شده است. در این مثال تغذیه و قطعه کلاً در درون قالب ماسه ای قرار گرفته اند. همان گونه که در شکل ۲ ملاحظه می گردد، انقباض در تغذیه، متمرکز می شود و بعداً از قطعه تمام شده جدا می گردد.

قبل از پرداختن به جزئیات تغذیه، در این قسمت لازم است به منظور آشنایی بیشتر دانش آموزان، انواع انجماد فلزات که یقیناً تأثیر مهمی در مذاب‌رسانی تغذیه دارند، مورد بحث و بررسی قرار گیرد. فلزات و آلیاژها دارای انواع مختلف انجماد می‌باشند. اما خوشبختانه از جهت بحث تغذیه می‌توان آنها را به سه گروه اصلی تقسیم نمود که عبارت‌اند از:

- آلیاژهای با دامنهٔ انجماد کوتاه (کمتر از 5°C) یا انجماد پوسته‌ای
 - آلیاژهای با دامنهٔ انجماد متوسط (بین 5°C تا 110°C) یا انجماد پوسته‌ای - خمیری (میانی).
 - آلیاژهای با دامنه انجماد طولانی (بیشتر از 110°C) یا انجماد خمیری.
- ارزش این نوع تقسیم‌بندی از آنجا ناشی می‌شود که روش انجماد در نحوهٔ مذاب‌رسانی به وسیله تغذیه و جبران انقباض مذاب بسیار اهمیت دارد، به گونه‌ای که عامل اصلی در تعیین محل تغذیه، تعداد منابع تغذیه، اندازهٔ تغذیه، نوع تغذیه و غیره محسوب می‌گردد. تقسیم‌بندی فلزات و آلیاژها برحسب نحوه انجماد در جدول ۱ به‌طور خلاصه فهرست شده است.

جدول ۱- تقسیم‌بندی فلزات و آلیاژها برحسب طریقهٔ انجماد

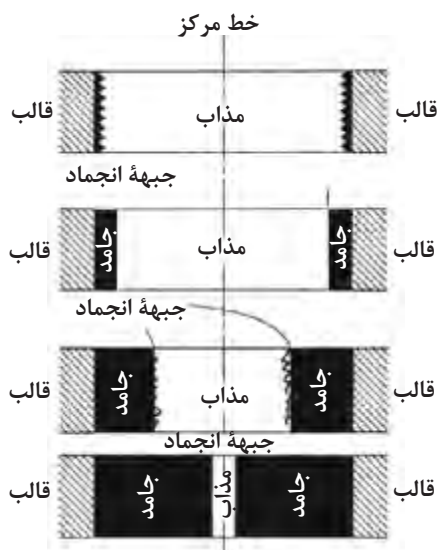
انجماد پوسته‌ای ^۱	انجماد میانی (پوسته‌ای - خمیری)	انجماد خمیری
فلزات خالص	مس - برلیوم	آلیاژهای آلومینیوم
فولادهای کم کربن	برنز - سیلیسیم	(به جز آلومینیوم - سیلیسیم)
مس‌های تجاری	مس - نیکل ($50-5^{\circ}$)	آلیاژهای منیزیم
آلومینیوم تجاری	فولادهای کم آلیاژ و کم کربن	برنزهای قلع
برنز - آلومینیوم	مس - قلع با ۱ تا ۲ درصد	برنج قرمز
آلومینیوم - سیلیسیم	قلع	آلیاژهای توپ
برنج‌های زرد (تعدادی)		برنزهای سرب‌دار
روی تجاری		نقره نیکل
قلع تجاری		برنج‌های زرد (تعدادی)
برنج سیلیسیم‌دار		فولادهای پرکربن
مس - نیکل		برخی از فولادهای آلیاژی
برنز - منگنز		

■ فلزات و آلیاژهای با دامنهٔ انجماد کوتاه (انجماد پوسته‌ای)

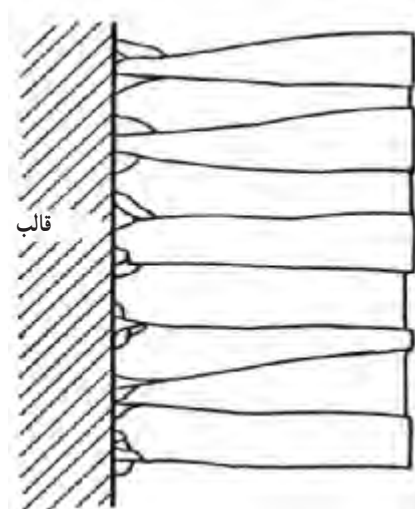
این گروه که شامل فلزات خالص و برخی آلیاژها هستند، در جدول ۱ به‌طور خلاصه نشان داده شده‌اند. در این آلیاژها، بلافاصله پس از رسیدن درجهٔ حرارت مذاب به نقطهٔ انجماد، انجماد در جداریهٔ قالب آغاز

می‌شود. در این حالت، در فصل مشترک قالب و مذاب هسته‌های انجماد شکل گرفته و به طرف مرکز قالب ادامه می‌یابد (شکل ۳).

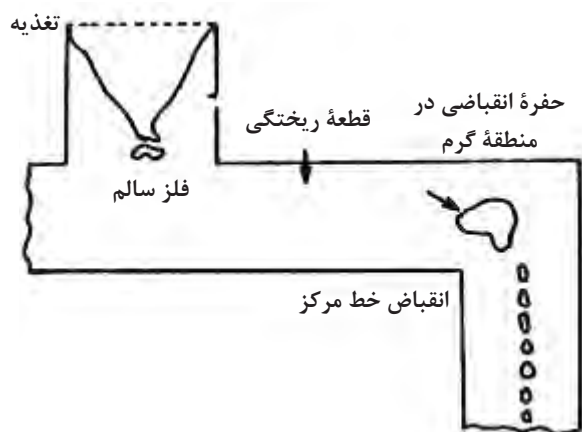
از ویژگی‌های مهم انجماد فلز خالص، این است که معمولاً جبهه انجماد در آنها به صورت تقریباً هموار و صاف است، همان گونه که در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- شماتیک مراحل انجماد یک فلز خالص (با دامنه انجماد صفر) انجماد از جداره قالب آغاز شده و به طرف مرکز ادامه یافته و جبهه انجماد به شکل صاف و هموار است.



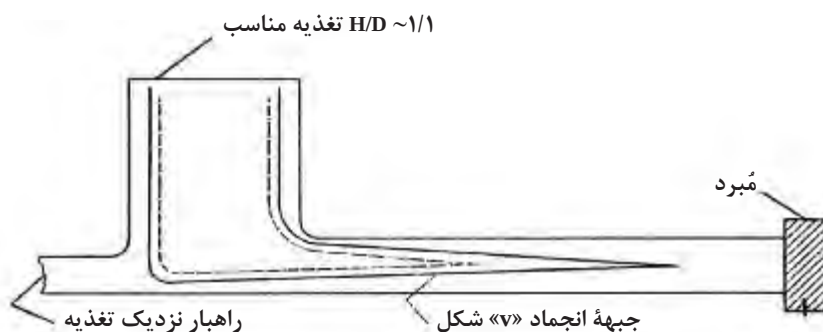
شکل ۳- رشد کریستال‌ها در انجماد یک فلز خالص از دیواره قالب



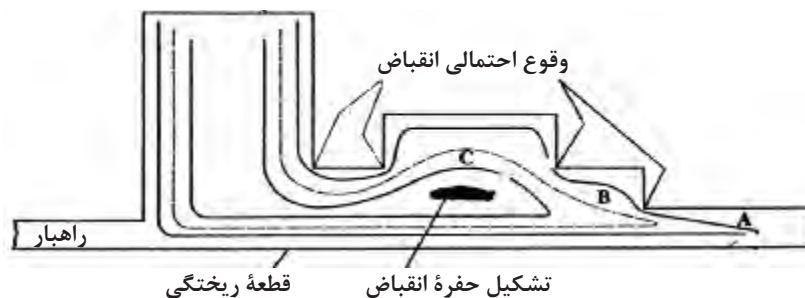
شکل ۵- شکل‌های مختلف انقباضی در آلیاژهای با دامنه انجماد کم

در آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای، ناحیه خارجی قطعه به طور یکنواخت منجمد می‌گردد. انقباض در نواحی با ضخامت زیادتر که زمان انجماد طولانی‌تری دارد، ظاهر می‌شود. در منبع تغذیه، کشیدگی حالت قیفی و عمیق دارد. در فلزات خالص (با دامنه انجماد صفر) سطح حفره انقباضی صاف است و شکل هندسی دارد. اما در مواد با خلوص کمتر (با دامنه انجماد کوتاه) حفره انقباضی، کمتر شکل منظم هندسی دارد. تصویر حفره‌های انقباضی در شکل ۵ نشان داده شده است.

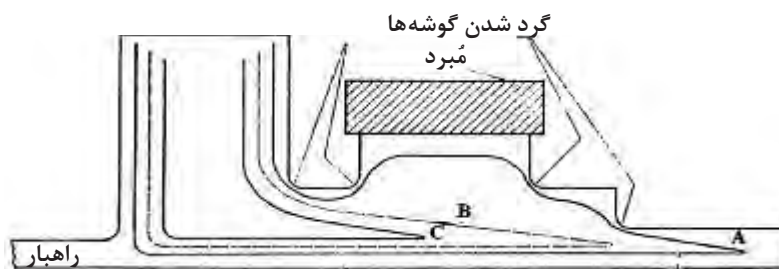
تغذیه‌گذاری در آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای بر این اصل استوار است که همواره مقداری مذاب کافی در مراکز نقاط گرم قطعه به عنوان ذخیره وجود داشته باشد. در این آلیاژها در صورت لزوم از موادی برای افزایش سرعت انجماد در نقاط دور از تغذیه استفاده می‌شود که این مواد را مبرد گویند (شکل ۶). در شکل ۷ در قسمت (C) منطقه گرم را داریم که باعث تشکیل حفره انقباضی می‌شود و در شکل ۸ با استفاده از مبرد این عیب برطرف شده است.



شکل ۶- انجماد جهت دار در آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای



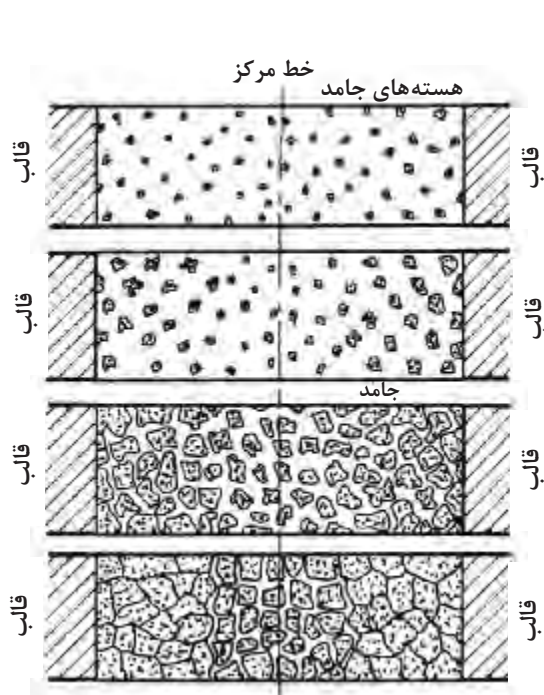
شکل ۷- اثر مراکز گرمایی منطقه‌ای در انقباض آلیاژهای پوسته‌ای



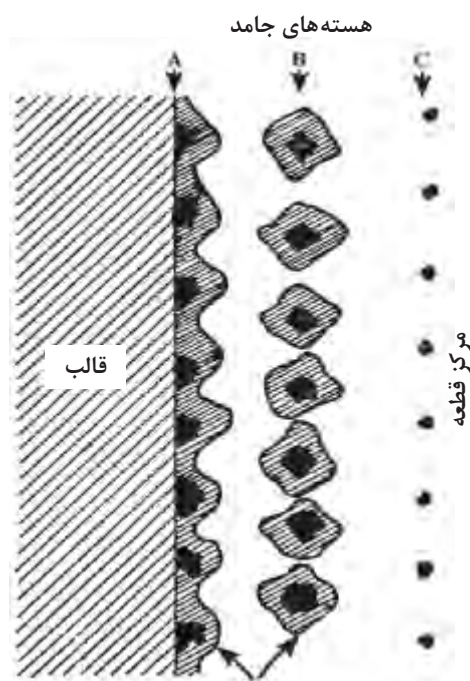
شکل ۸- استفاده از مبرد به منظور محدود کردن مراکز گرمایی منطقه‌ای

■ فلزات و آلیاژهای با دامنه انجماد طولانی (انجماد خمیری)

تعداد زیادی از آلیاژهای تجارتي مهم، دارای انجماد خمیری می‌باشند. جدول ۱ نشان می‌دهد که تقریباً بیشتر آلیاژهای سبک و تعدادی از آلیاژهای مس و آهن در این گروه قرار دارند. هنگامی که این آلیاژها تحت شرایط معمول ریخته‌گری می‌شوند، ابتدا (همانند آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای) انجماد در اطراف جداره قالب به محض رسیدن درجه حرارت مذاب به نقطه انجماد آغاز می‌گردد. از این مرحله به بعد، نحوه انجماد آلیاژهای با انجماد خمیری و پوسته‌ای کاملاً متفاوت است. هنگامی که اولین هسته‌های جامد در مرز مشترک قالب و مذاب به وجود آمد، رشد این هسته‌ها به طرف مرکز قالب متوقف می‌شود در این حالت، انجماد جهت‌دار به طرف مرکز صورت نمی‌گیرد. شکل ۹ نشان می‌دهد که در جداره قالب، یک لایه نازک منجمد شده به وجود آمده است. اما این انجماد به طرف مرکز قالب ادامه نیافته بلکه هسته‌های دیگر در قسمت‌های مختلف قالب شروع به شکل‌گیری نموده است. با گذشت زمان و سرد شدن مذاب، هسته‌های زیادی در کل محفظه قالب به وجود می‌آید (شکل ۱۰). این هسته‌ها به تدریج در جهات مختلف رشد می‌کنند. زمانی که هسته‌ها به یکدیگر می‌رسند، رشد آنها متوقف می‌گردد.



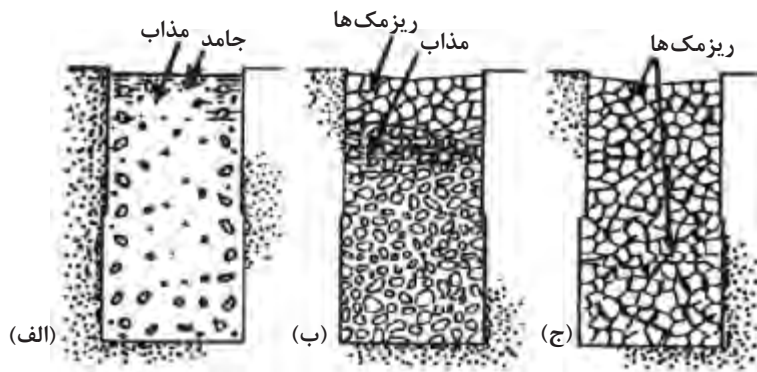
شکل ۱۰- شماتیک مراحل انجماد آلیاژهای با انجماد خمیری



شکل ۹- تأخیر در رشد کریستال‌ها در آلیاژهای با دامنه انجماد طولانی (خمیری)

نکته مهم و اساسی در آلیاژهای با انجماد خمیری، مذاب‌رسانی در لایه‌های دانه‌های منجمد شده است. مشکل مذاب‌رسانی به‌ویژه با توجه به کاهش درجه حرارت و در نتیجه کاهش سیالیت مذاب، پیچیده‌تر می‌شود. جبران نشدن انقباض مذاب در بین دانه‌های منجمد شده، سبب ایجاد مک‌های انقباضی ریز و پراکنده زیاد خصوصاً در مناطق گرم‌تر قطعات می‌شود.

به طور کلی، مذاب رسانی در آلیاژهای با انجماد خمیری در سه مرحله انجام می شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ - مراحل انجماد و انقباض در آلیاژهای با دامنه انجماد طولانی

■ مرحله اول

در این مرحله ذرات جامد شده، در داخل مذاب شناور هستند و در نتیجه انقباض ناشی از انجماد به دلیل حرکت آزاد مذاب به راحتی جبران می شود.

■ مرحله دوم

در این مرحله ذرات جامد شده بزرگ می شود و در نتیجه، حرکت آزاد مایع محدود می گردد و فقط از کانال های خاص مذاب رسانی به منظور جبران انقباض انجام می شود.

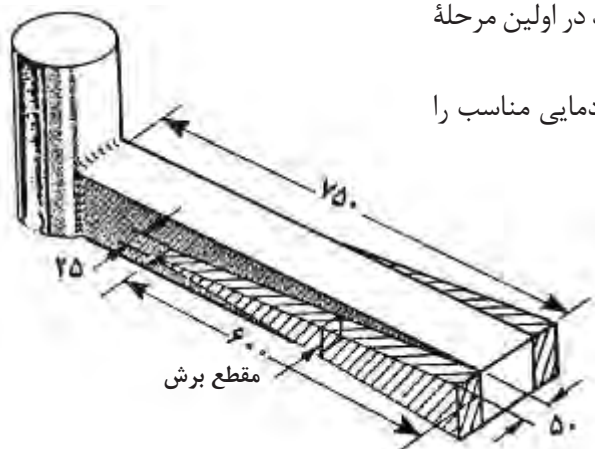
■ مرحله سوم

در این مرحله ذرات جامد شده کاملاً به هم رسیده، ارتباط مذاب آزاد با قسمت های جامد شده قطع می شود که در نتیجه، قسمتهایی از مذاب در بین ذرات جامد شده محصور می گردند. مذاب های محبوس شده، پس از انجماد، امکان جبران انقباض را (به دلیل قطع ارتباط با تغذیه و مذاب) از دست می دهند و بنابراین انقباضات پراکنده، در سراسر قطعه پخش می شود.

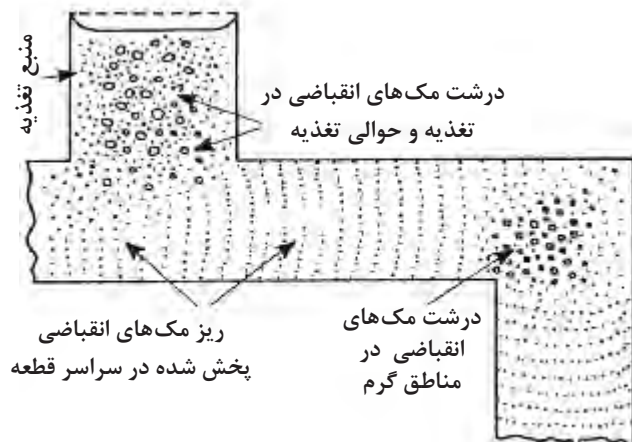
برای اطمینان از سلامت قطعه در این گونه آلیاژها، فقط انجماد جهت دار به طرف تغذیه نمی تواند کافی باشد؛ بلکه باید از انجماد جهت دار مرحله ای استفاده نمود. به عبارت دیگر، هنگامی که دورترین نقطه قطعه ریختگی

به تغذیه منجمد شود مذاب نزدیک تغذیه باید در اولین مرحله انجمادی باشد.

شکل ۱۲ با استفاده از مبرد گوه شکل شیب دمایی مناسب را فراهم می سازد.



شکل ۱۲ - استفاده از مبردهای گوه ای در آلیاژهای با دامنه انجماد طولانی



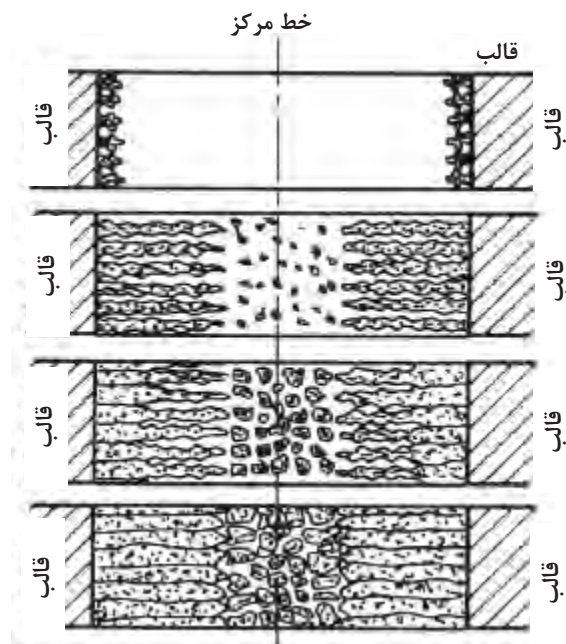
انقباض و مک‌های انقباضی در آلیاژهای با دامنه انجماد طولانی، نوعاً مانند شکل ۱۳ است. معمولاً مک‌های انقباضی درشت‌تر، در گرم‌ترین قسمت قطعه به وجود می‌آیند، در حالی که در مناطق دیگر ریزمک‌های انقباضی به صورت پراکنده ملاحظه می‌شود.

شکل ۱۳ - شکل‌های مختلف مک‌های انقباضی در آلیاژهای با دامنه انجماد طولانی

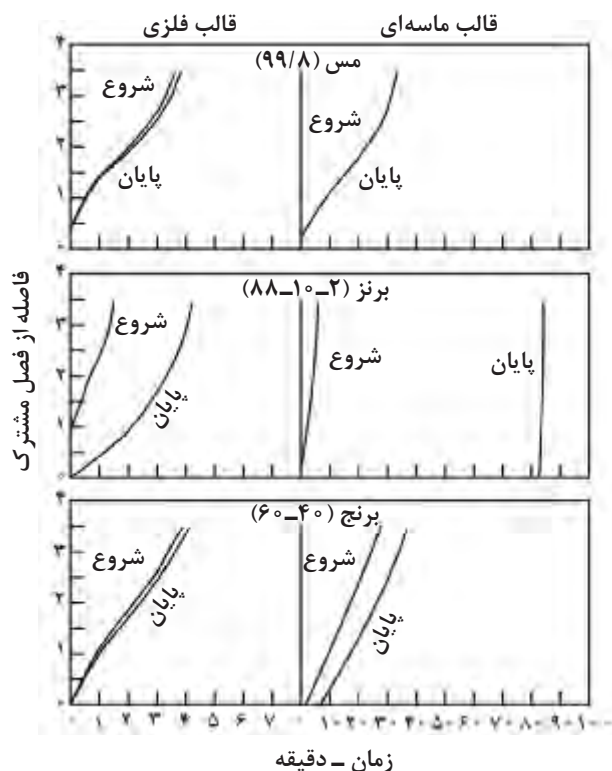
فلزات و آلیاژهای با دامنه انجماد متوسط (انجماد میانی)

در این آلیاژها، طریقه انجماد ترکیبی از انجماد پوسته‌ای و خمیری می‌باشد. شکل ۱۴ مراحل انجماد در آلیاژهای میانی را نشان می‌دهد.

نکته قابل توجه این است که حتی در آلیاژهای با دامنه انجماد کوتاه ممکن است در قطعات ضخیم، به این نوع انجماد متمایل شوند و برعکس، در آلیاژهای با دامنه انجماد طولانی در قسمت‌های نازک تمایل به، انجماد میانی وجود دارد. از طرف دیگر، معمولاً در این گونه آلیاژها، انجماد، در جداره قالب (فصل مشترک قالب و مذاب) به پوسته‌ای شدن تمایل دارد و در مرکز قالب حالت خمیری می‌یابد.

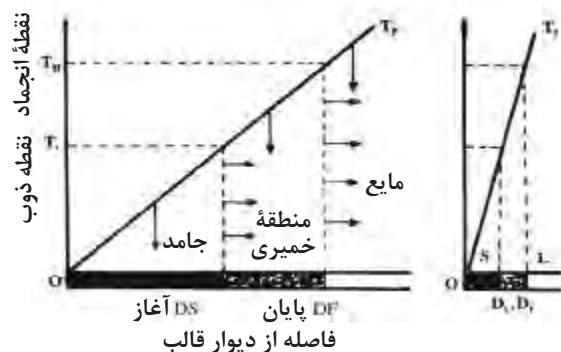


شکل ۱۴ - مراحل انجماد در آلیاژهای با دامنه انجماد متوسط

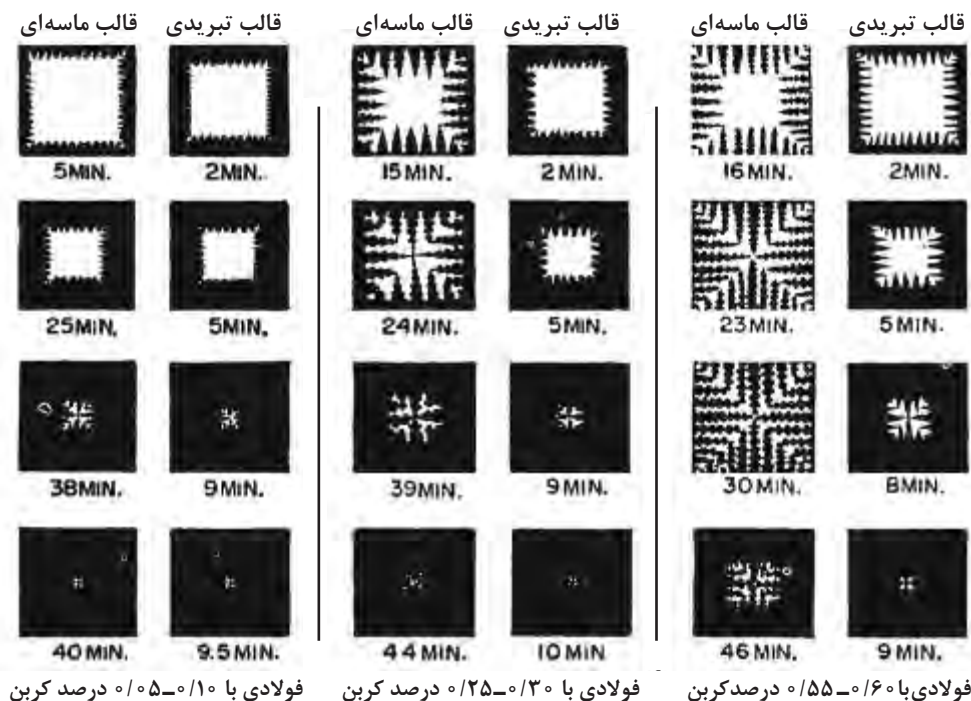


شکل ۱۵- انجماد چند نوع آلیاژ غیر آهنی

به طور کلی در این شکل، دو نوع منحنی ملاحظه می شود، منحنی های «شروع انجماد» و «پایان انجماد» که در دو حالت ریخته گری در قالب ماسه و ریژه مورد بررسی قرار گرفته است. برای فلزات خالص نقطه شروع و پایان انجماد، بر هم منطبق می باشد. در آلیاژهای با دامنه انجماد طولانی، نقطه شروع و پایان انجماد نه تنها بر هم منطبق نیستند بلکه کاملاً از هم مجزا می باشند و هر چه دامنه انجماد طولانی تر باشد، فاصله زمانی بین دو منحنی شروع و پایان انجماد زیادتر می شود. در این منحنی ها، اثر قالب (سرعت سرد کردن) نشان داده شده است. همان گونه که قبلاً اشاره شد سرعت سرد کردن یکی از عوامل مؤثر در تبدیل انجماد خمیری به میانی و پوسته ای است. با افزایش سرعت سرد کردن ضخامت منطقه خمیری کاهش و منطقه پوسته ای افزایش می یابد. شکل ۱۶ این موضوع را به صورت نمودار، به خوبی نشان داده است. شکل ۱۷ نقش سرعت سرد کردن در منطقه خمیری را نشان می دهد.



شکل ۱۶ - تأثیر سرعت سرد کردن در ضخامت منطقه خمیری و پوسته ای



شکل ۱۷ - نقش وسعت منطقه خمیری تحت تأثیر سرعت سرد شدن بر روی ساختار قطعه ریختگی

محل تغذیه و انجماد جهت دار

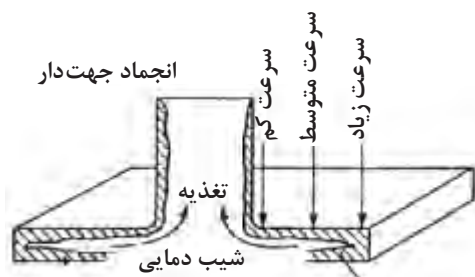
با توجه به وظیفه تغذیه در رساندن مذاب کافی به نواحی در حال انجماد، محل و موقعیت قرار گرفتن تغذیه، از اهمیت به سزایی برخوردار است. از طرف دیگر، برای تعیین محل صحیح تغذیه، شرط اصلی مشخص کردن جهت انجماد مذاب در قالب است؛ چرا که براساس تعریف، انجماد باید از دورترین قسمت قطعه نسبت به تغذیه آغاز شود و به صورت جهت دار ادامه یابد و در تغذیه ختم گردد. در این صورت، تغذیه می تواند وظیفه خود را به خوبی ایفا کند و انقباض در هر مرحله انجماد به وسیله مذاب موجود در تغذیه جبران گردد.

جهت انجماد

با توجه به اهمیت انجماد جهت دار، یکی از موارد مهم در طراحی تغذیه، مشخص کردن جهت انجماد به وسیله طراح به عنوان اولین گام در انتخاب سیستم تغذیه گذاری مناسب می باشد. امروزه کمک گرفتن از نرم افزارهای مناسب و عمل شبیه سازی انجماد مذاب داخل قالب، امری ضروری به نظر می رسد. عوامل زیادی در جهت انجماد تأثیر می گذارند که مهم ترین آنها عبارتند از:

– نوع آلیاژ و مدل انجماد آن: انجماد در آلیاژهای با دامنه انجماد کوتاه (پوسته ای) نسبت به آلیاژهای دامنه انجماد طولانی (خمیری) جهت دارتر است.

– ابعاد محفظه قالب: ابعاد و اندازه محفظه قالب نیز عامل مهمی در تعیین جهت انجماد قطعات می باشد. اصولاً قطعات با ضخامت غیریکنواخت، دارای جهت های انجماد مختلفی هستند و پیدا کردن یک جهت انجماد در آنها مشکل است.



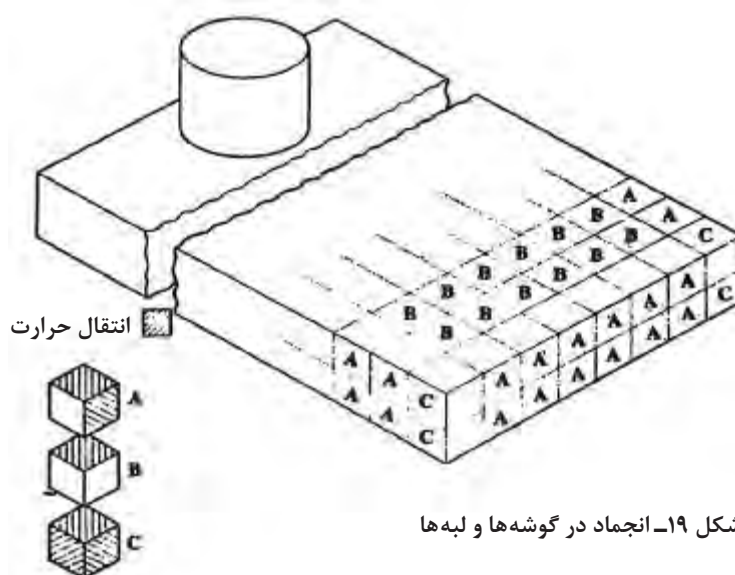
شکل ۱۸- انجماد پیش‌رونده و جهت‌دار در یک قطعه همراه با منبع تغذیه

– طراحی قطعه ریختگی: در همین فصل، مشاهده خواهد شد که طراحی غلط مدل قطعه ریختگی در افزایش عیوب قطعات، به دلیل عدم دستیابی به انجماد جهت‌دار و تغذیه‌رسانی صحیح تا چه حد مؤثر است.

شکل ۱۸ به‌طور شماتیک یک انجماد پیش‌رونده و جهت‌دار را به نمایش گذارده است. هنگامی که قالب از مذاب پر شد، انجماد با تشکیل یک پوسته منجمد شده در فصل مشترک قالب و مذاب آغاز می‌شود. به تدریج که حرارت از قالب به خارج هدایت می‌شود، پوسته منجمد شده به طرف داخل

پیش می‌رود. در دو ناحیه، سرعت رشد لایه منجمد شده تغییر می‌کند: اول در لبه کناری قطعه که سطح تماس بیشتری وجود دارد و سرعت انجماد سریع‌تر است. دوم در نزدیک منبع تغذیه که تمرکز حرارت وجود دارد و سطح کمتری برای خارج شدن حرارت از قالب موجود است، سرعت انجماد کند است. در بین این دو ناحیه، سرعت متوسطی وجود دارد. این مجموعه، انجماد جهت‌دار را به وجود می‌آورد.

لازم به ذکر است که انجماد در لبه‌ها و گوشه‌ها نسبت به سطوح تخت، بیشتر است. این موضوع را می‌توان با کمک شکل ۱۹ مورد بررسی قرار داد. در این شکل، تصور شده که قطعه به مکعب‌های کوچک تقسیم شده است. مکعب‌هایی که با علامت A نشان داده شده در لبه قطعه قرار دارند که انتقال حرارت در آنها از دو صفحه انجام می‌شود. بنابراین، مکعب‌های A زود منجمد می‌شوند.



شکل ۱۹- انجماد در گوشه‌ها و لبه‌ها

به‌طور مشابه مکعب‌های C که در گوشه‌ها واقع شده‌اند، انتقال حرارت از سه صفحه انجام می‌شود. لذا نسبت به مکعب‌های A سریع‌تر منجمد می‌گردند. در حالی که مکعب‌های B فقط از یک سطح، انتقال حرارت دارند و نتیجه این که نسبت به مکعب‌های A و C دیرتر منجمد می‌شوند. قسمت‌های گوشه و لبه که نسبت به تغذیه دورتر هستند، سریع‌تر منجمد می‌شوند و لذا جهت انجماد را به وجود می‌آورند.

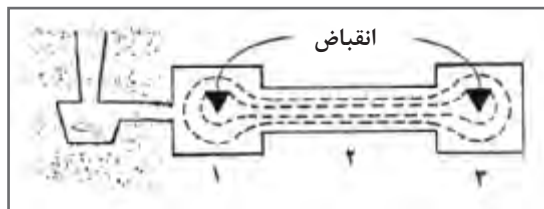
■ محل تغذیه در قطعات ریختگی با سطوح مقطع غیریکنواخت

اگرچه تصمیم‌گیری در این مورد که تغذیه در چه نقطه‌ای از قطعه ریختگی قرار می‌گیرد مشکل است اما راهنمایی ساده آن است که تغذیه را در مجاورت نقاطی از قطعه ریختگی قرار دهید که از نقاط دیگر گرم‌تر باشد. نقاط گرم محل‌هایی هستند که در مراحل سرد شدن مذاب و انجماد فلز از نقاط دیگر قطعه گرم‌تر بوده و مذاب در این نقاط دیرتر از قسمت‌های دیگر قطعه جامد می‌شود. در عمل می‌توان ضخیم‌ترین قسمت یک قطعه ریختگی را به عنوان گرم‌ترین نقطه قطعه در نظر گرفت. در بیشتر مواقع می‌توان نقاط گرم قطعه ریختگی را با مطالعه طرح و شکل آن پیش‌بینی کرد. این شناخت براساس مسائلی نظیر چگونگی انتقال حرارت و انجماد قطعه که در قسمت‌های پیشین به آنها اشاره شد، صورت می‌پذیرد.

نقاط گرم در یک قطعه ریختگی به دو دلیل به وجود می‌آیند:

۱ در این نقاط حجم مذاب از نقاط دیگر قطعه بیشتر است.

۲ گوشه‌هایی که در مجاورت این نقاط هستند از نوع گوشه‌های داخلی بوده و انتقال حرارت در این نوع گوشه‌ها به کندی انجام می‌شود.



شکل ۲۰

در قطعه ریختگی مطابق شکل ۲۰ محل‌های گرم نقاط (۱) و (۳) هستند. در شرایطی معمولی، قطعه در قسمت (۲) زودتر از قسمت‌های دیگر جامد می‌گردد، در حالی که قسمت (۱) که در مجاورت راهگاه ورود مذاب قرار دارد از قسمت‌های دیگر دیرتر جامد می‌شود.

در شکل ۲۰ قسمت‌های (۱) و (۳) به عنوان تغذیه برای قسمت (۲) عمل کرده یعنی حفره‌های انقباضی قسمت (۲) را پر می‌کنند. در چنین حالتی حفره‌های انقباضی در قسمت‌های (۱) و (۳) به وجود می‌آیند. برای آن که از ایجاد این حفره‌ها در قسمت‌های (۱) و (۳) جلوگیری شود لازم است ابتدا قسمت (۳) و سپس قسمت (۲) و در آخرین مرحله قسمت (۱) جامد گردد. در این حالت حفره‌های انقباض ایجاد شده در قسمت (۱) از طریق مذاب موجود در راهگاه جبران می‌شود. یعنی برای تهیه این قطعه به روش صحیح بایستی جامد شدن مذاب تحت یک انجماد جهت‌دار انجام گیرد. همچنین ممکن است با قرار دادن دو تغذیه در قسمت‌های (۱) و (۳) حفره‌های انقباضی به وجود آمده در این دو قسمت را پر کرده به هر حال این روش به جز در موارد اجباری توصیه نمی‌شود زیرا به علت مصرف بیش از حد تغذیه بهره‌دهی قطعه ریختگی کاهش می‌یابد.

به هر حال لازم به یادآوری است که در قطعه نشان داده شده در شکل ۲۰ در صورتی که ابتدا قسمت (۲) قطعه جامد شود راه رساندن مذاب از قسمت (۱) به (۳) قطعه شده که در آن صورت ایجاد حفره‌های انقباضی در قسمت (۳) حتمی است.

در شکل ۲۱ روش‌های مختلفی را که می‌توان جهت تغذیه‌گذاری قطعه فوق به کار برد نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل الف - ۲۱ دیده می‌شود حفره انقباضی در قسمت ضخیم قطعه به وجود آمده و در بیشتر موارد بزرگ‌تر نمودن تغذیه نیز نمی‌تواند برای از بین بردن این گونه حفره‌های انقباضی مؤثر باشد. در شکل ب - ۲۱ از دو تغذیه که در قسمت‌های ضخیم قطعه قرار گرفته‌اند استفاده شده است. در چنین

حالتی انجماد جهت دار از قسمت مرکزی قطعه به طرف این دو تغذیه انجام می گیرد. بدیهی است این روش تغذیه گذاری به دلیل بهره دهی پایین قطعه نمی تواند مورد استقبال ریخته گران قرار گیرد. بهترین راه برای جلوگیری از ایجاد حفره انقباضی در قسمت های ضخیم قطعه حذف منطقه های گرم و حرارتی در قطعات از طریق به کار بردن مبرد است که در شکل ج - ۲۱ نشان داده شده است. در این حالت انجماد به طور جهت دار از طرف قطعه ریختگی در تماس با مبرد به طرف تغذیه انجام می شود. همچنین این امکان وجود دارد که توسط عایق کردن جداره های نازک در قطعات ریختگی به ایجاد انجماد جهت دار کمک کرد (شکل ۲۱).



شکل ۲۱ - عمل تغذیه گذاری در یک قطعه با سطح مقطع غیر یکنواخت

اجزای تغذیه

همان گونه که قبلاً نیز اشاره شد، تغذیه از دو قسمت اصلی، منبع تغذیه و گلوئی تغذیه، تشکیل می شود.

منبع تغذیه

تعریف: منبع تغذیه به محلی اطلاق می شود که مذاب لازم را برای جبران انقباضات حجمی مذاب و ضمن انجماد، فراهم آورد.

با توجه به تعریف فوق، مهم ترین وظیفه منبع تغذیه آن است که فلز را تا زمانی که قطعه ریختگی کاملاً منجمد نشده، در خود به صورت مذاب گرم نگهداری نماید. منبع تغذیه مناسب باید سه شرط اصلی داشته باشد:

الف) به مقدار مناسب باشد.

ب) در محل مناسب قرار گیرد.

ج) در زمان مناسب منجمد شود.

علاوه بر موارد فوق، به چند نکته دیگر باید اشاره نمود:

- تعداد و اندازه منابع تغذیه باید حداقل باشد تا بازده ریختگی افزایش و قیمت تمام شده کاهش یابد.

- محل منبع تغذیه باید به گونه ای انتخاب گردد تا باعث به وجود آمدن عیوب دیگر در قطعه ریختگی نشود.

- اتصال منبع تغذیه به قطعه ریختگی باید به گونه ای باشد که پس از ریخته گری به راحتی از قطعه جدا شود و هزینه تمام کاری را افزایش ندهد.

گلوئی تغذیه

تعریف: به محل اتصال قطعه به تغذیه، گلوئی تغذیه گفته می شود. مذاب رسانی صحیح و انجماد جهت دار از قطعه به تغذیه، هنگامی امکان پذیر می شود که زمان انجماد گلوئی بین زمان انجماد قطعه و تغذیه قرار گیرد.

$$t_r > t_n > t_c$$

$$t_r = 1/44 t_c$$

رابطه ۱

یعنی:

چنانچه گلولی زودتر از زمان لازم منجمد شود، بدون توجه به حجم تغذیه، رابطه تغذیه و قطعه قطع می شود. بنابراین اندازه گلولی تغذیه باید به گونه ای باشد که مدول گلولی (M_n) بین مدول قطعه (M_c) و مدول تغذیه (M_r) قرار گیرد. به عبارتی:

$$M_r > M_n > M_c$$

رابطه عمومی که معمولاً برای مدول گلولی ارائه می گردد، عبارت است از:

$$M_n = 1/2 M_c \quad \text{رابطه (۲)}$$

در مورد آلیاژهای با انجماد پوسته ای، رابطه ۲ می تواند به حداقل خود، یعنی به رابطه ۳- $M_n = 1/1 M_c$ باشد.

محاسبه زمان انجماد با تغذیه گذاری

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱) لوازم و تجهیزات قالب گیری
- ۲) درجه، زیر درجه، مدل مکعب چوبی با ابعاد ۱۰ سانتی متر
- ۳) شمش آلومینیوم، بوته، کوره زمینی
- ۴) مدل استوانه ای چوبی تغذیه
- ۵) لباس ایمنی و نسوز، کفش ایمنی
- ۶) لوازم و تجهیزات ذوب ریزی

مراحل انجام کار

- ۱) با استفاده از روابط آورده شده مدول قطعه را محاسبه کنید.
- ۲) از رابطه گفته شده زمان انجماد تغذیه را محاسبه کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن محیط کوره دان، محیط کارگاه و تفکیک زباله ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت
کارگاهی



محاسبه ابعاد تغذیه جهت مدل مکعب

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱) لوازم و تجهیزات قالب گیری
- ۲) درجه، زیر درجه، مدل مکعب چوبی با ابعاد ۱۰ سانتی متر
- ۳) شمش آلومینیوم، بوته، کوره زمینی
- ۴) مدل استوانه ای چوبی تغذیه
- ۵) لباس ایمنی و نسوز، کفش ایمنی
- ۶) لوازم و تجهیزات ذوب ریزی

مراحل انجام کار

با به کارگیری فعالیت کارگاهی بالا

- ۱) پس از محاسبه مدول قطعه، مدول تغذیه را محاسبه کنید.
- ۲) پس از محاسبه مدول تغذیه، ابعاد تغذیه را محاسبه کنید.
- ۳) دقت شود که نسبت قطر به ارتفاع تغذیه برابر باشد.

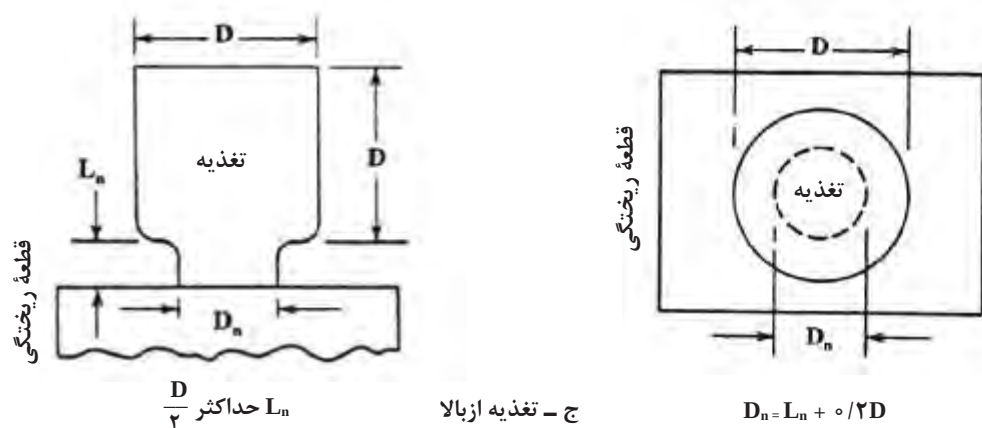
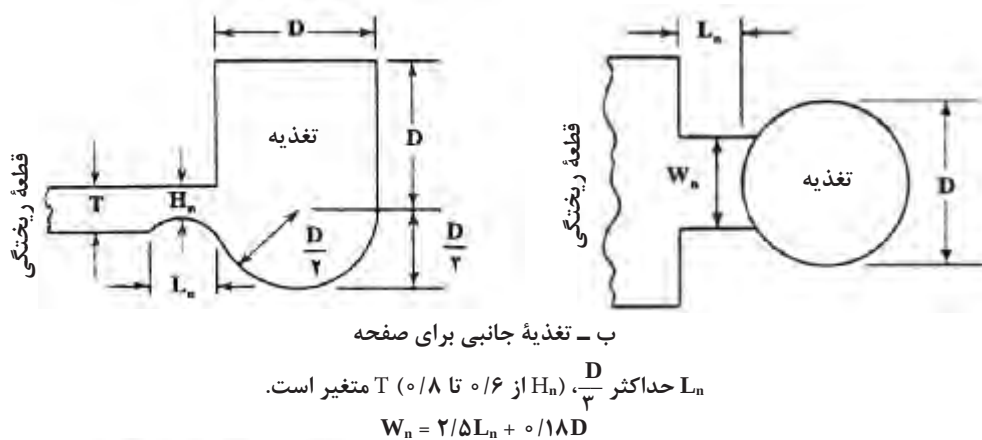
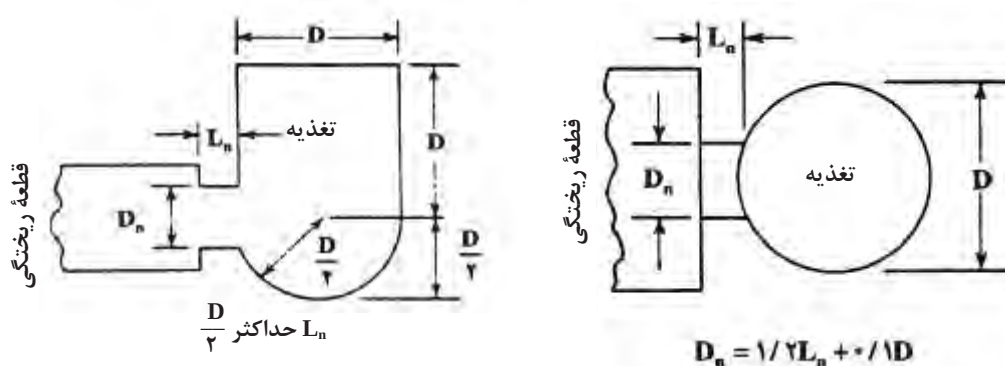
نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن محیط کوره دان، محیط کارگاه و تفکیک زباله ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

فعالیت
کارگاهی

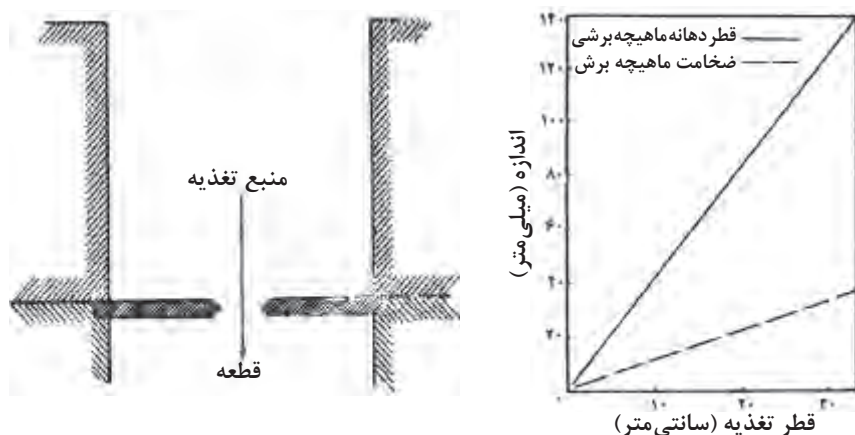


شکل ۲۲ روابط کلی در طراحی گلوبی را برای آلیاژهای آهنی نشان می‌دهد.



شکل ۲۲- رابطه عمومی گلوبی - تغذیه مورد استفاده در آلیاژهای آهنی (نمای روبرو و بالا)

ماهیچه برشی: به منظور کاهش هزینه جدا کردن تغذیه از قطعه، از ماهیچه‌های برشی استفاده می‌شود. این ماهیچه‌ها همان گونه که در شکل ۲۳ نشان داده شده، بین تغذیه و قطعه قرار می‌گیرد. ماهیچه‌های برشی، معمولاً از ماسه ماهیچه و یا مواد سرامیکی ساخته می‌شوند.



شکل ۲۳- شکل ماهیچه برشی و نسبت اندازه‌های آن به قطر تغذیه

■ تعیین ابعاد گلولی تغذیه

در محاسبه اندازه گلولی تغذیه، رعایت نکات زیر ضروری است.

الف) جریان انجماد باید از قطعه به طرف تغذیه باشد.

ب) رابطه $M_r > M_n > M_c$ همواره باید برقرار باشد.

ج) در محاسبات تعیین مدول گلولی تغذیه، از دو سطح متصل به قطعه و تغذیه باید صرف نظر شود. در محاسبات، معمولاً مدول عملی را (پس از حذف سطوح مشترک) که با M_n نمایش می‌دهند، حدود $1/4$ تا $1/7$ برابر مدول هندسی M'_n (گلولی تغذیه بدون حذف سطوح مشترک) منظور می‌کنند. در محاسبات دقیق‌تر، باید به حذف سطوح مشترک اقدام گردد. بنابراین:

$$M_n / M'_n = 1/4 - 1/7 \quad \text{و} \quad M'_n / M_n = 0/6 - 0/7$$

قالب‌گیری یک مدل بدون تغذیه و قالب دیگر با تغذیه‌گذاری

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱) لوازم و تجهیزات قالب‌گیری
- ۲) درجه، زیر درجه، مدل مکعب چوبی با ابعاد ۱۰ سانتی‌متر
- ۳) شمش آلومینیوم، بوته، کوره زمینی
- ۴) مدل استوانه‌ای چوبی تغذیه
- ۵) لباس ایمنی و نسوز، کفش ایمنی
- ۶) لوازم و تجهیزات ذوب‌ریزی

مراحل انجام کار

- ۱) پس از محاسبه ابعاد تغذیه در فعالیت کارگاهی صفحه ۲۲۳
- ۲) یک قالب بدون تغذیه‌گذاری آماده ذوب‌ریزی شود و یک قالب نیز با تغذیه‌گذاری و ذوب‌ریزی در آن انجام گیرد.
- ۳) پس از سرد شدن قالب و تخریب قالب و سرد شدن به صورت مقطع طولی یک برش از نمونه با تغذیه و یک برش نیز از نمونه بدون تغذیه انجام گیرد.
- ۴) سطح برشکاری ۲ قالب را با یکدیگر از نظر مک انقباضی مقایسه کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن محیط کوره‌دان، محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.



روش‌های افزایش راندمان تغذیه (کمک تغذیه)

افزایش راندمان تغذیه، به منظور استفاده بهتر از تغذیه و کاهش عیوب، همیشه مورد توجه صنعتگران بوده است. کمک تغذیه اصطلاحاً به روشی گفته می‌شود که به منظور بهبود کیفیت قطعه ریختگی و بالا بردن راندمان ریخته‌گری و در نتیجه، کاهش قیمت تمام شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. کمک تغذیه‌ها، شیب دمایی از تغذیه به قطعه را افزایش می‌دهند.

مهم‌ترین روش‌های کمک تغذیه، عبارت‌اند از:

- استفاده از مواد عایق و گرمازا
- تغییر در طراحی سیستم راهگامی و بارریزی
- کنترل درجه حرارت بارریزی
- استفاده از مبرد
- تغییر در طراحی قطعات و مدل

استفاده از مبرد^۱

مبردها موادی هستند که هدایت حرارتی بالایی دارند و به منظور افزایش شیب دمایی از تغذیه به قالب، مورد استفاده قرار می‌گیرند. مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از مس، آلومینیوم، چدن و گرافیت لازم به ذکر است که براساس تعریف، مبرد به منظور افزایش موضعی سرعت انجماد یک قسمت قطعه در حال انجماد نسبت به سایر قسمت‌های آن به کار می‌رود بنابراین قالب ریژه به عنوان مبرد محسوب نمی‌گردد. البته در این گونه قالب‌ها (ریژه) می‌توان از مواد با هدایت حرارتی بالاتر (نظیر مس) و یا عبور موضعی آب (آبگرد) و ضخیم کردن قسمتی از قالب نسبت به سایر قسمت‌ها، به عنوان نوعی مبرد استفاده کرد.

به‌طور کلی دو نوع مبرد وجود دارد که عبارت‌اند از:

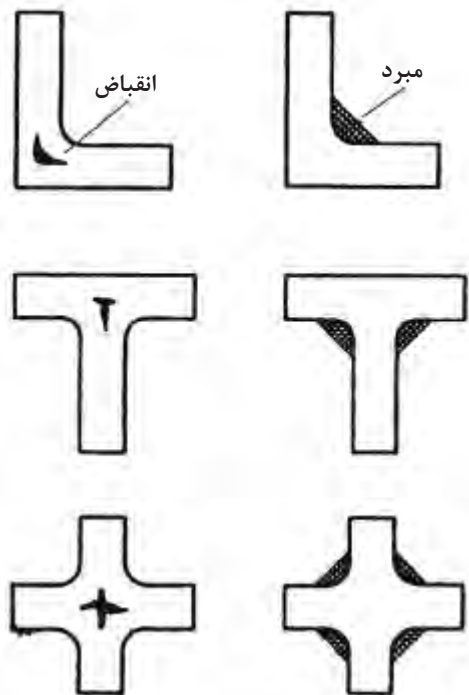
۱ مبردهای خارجی

۲ مبردهای داخلی

مبردهای خارجی، در دیواره قالب در فصل مشترک قالب-فلز قرار می‌گیرند. در حالی که مبردهای داخلی در داخل محفظه قالب جاگذاری می‌شوند.

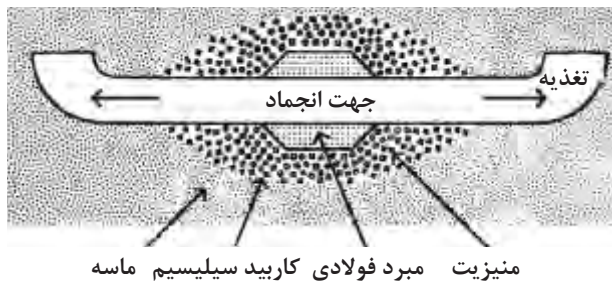
مبردهای خارجی: مبردهای خارجی، معمولاً قطعات فلزی از جنس فولاد، چدن یا مس می‌باشند که در قسمت‌های مورد نظر در قالب قرار می‌گیرند تا سرعت انجماد مذاب را در آن نقطه‌ها افزایش دهند. این نوع مبردها شکل‌های استاندارد دارند و یا در حالت‌های خاص ممکن است متناسب با قطعه تعبیه شوند. ابعاد مبرد، براساس سرعت سرد شدن مورد نیاز، تعیین می‌گردد.

شکل ۲۴ چند مثال ساده استفاده از مبردهای خارجی را نشان می‌دهد.



شکل ۲۴- مبردهای خارجی با اندازه‌های مناسب به منظور حذف مک‌های انقباضی

۱- Chill



شکل ۲۵- انجماد جهت دار با استفاده از مواد مختلف به همراه مبرد

در برخی موارد، به منظور تقویت اثر مبرد، ممکن است از مواد مختلفی همراه مبرد استفاده شود. مثال ساده در این مورد، در شکل ۲۵ نشان داده شده است.

در این مثال، برای هر چه بهتر شدن انجماد، از مبرد همراه با ذرات خرد شده منیزیت و کاربید سیلیسیم استفاده شده است.

اثر مبردهای خارجی را می توان به صورت زیر خلاصه نمود:

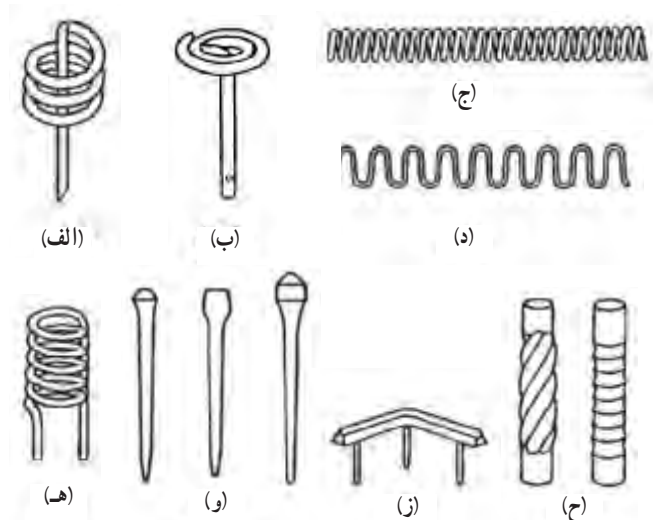
- ۱ شیب دمایی را اصلاح می کنند.
- ۲ باعث ایجاد انجماد جهت دار می شوند.
- ۳ مک های میکروسکوپی و ماکروسکوپی را کاهش می دهند.
- ۴ حجم و تعداد تغذیه را کاهش می دهند.
- ۵ میزان عیوب و دورریز قطعات را کاهش می دهند.
- ۶ قیمت تمام شده قطعه را به طور قابل توجهی کاهش می دهند.

نکاتی در مورد چگونگی استفاده از مبرد

- ۱ مبردها باید کاملاً خشک شده باشند. در غیر این صورت، رطوبت باعث ایجاد مک های زیادی می شود.
- ۲ مبردها معمولاً با یک ماده نسوز مانند سیلیسیم یا دیگر مواد پوشش داده می شوند. این لایه نسوز باید قبل از استفاده مبرد کاملاً خشک شده باشد.
- ۳ در هنگامی که از مبرد در قالب های ماسه تر استفاده می شود، اگر فاصله زمانی بین قالب گیری و بارریزی طولانی باشد، رطوبت موجود در ماسه جذب سطح مبرد می شود. برای جلوگیری از این مسأله، باید مبرد را قبل از جاگذاری در قالب، پیش گرم نمود و یا فاصله زمانی بین ساخت قالب و بارریزی را کوتاه کرد. همچنین می توان در مبردها قبل از جای گذاری چندین سوراخ ایجاد نمود.
- ۴ از مصرف مبردهایی که دارای ترک مویی در سطح هستند باید خودداری شود.
- ۵ در صورتی که ضخامت مبرد خیلی کم باشد اثر تبریدی کافی نخواهد داشت. از طرف دیگر، استفاده از مبردهای ضخیم نیز مشکلاتی را در قالب گیری ایجاد می کند و برای برخی آلیاژها مانند چدن های خاکستری و نشکن، باعث می شود ساختمان قطعه به صورت موضعی، سخت و خشن شود. به طور تجربی ضخامت مبرد باید بین $\frac{1}{2}$ تا $\frac{2}{3}$ ضخامت قطعه ریختگی باشد.

مبردهای داخلی: مبردهای داخلی در داخل محفظه قالب، (در داخل قطعه ریختگی) در مکانی که امکان استفاده از مبردهای خارجی نباشد، مورد استفاده قرار می گیرد.

همچنین، این گونه مبردها بیشتر در قسمت هایی که بعداً ماشین کاری یا سوراخ می شوند، به کار می روند. جنس این مبردها معمولاً از جنس خود قطعه ریختگی انتخاب می گردند تا اولاً، یکنواختی ترکیب در قطعه ریختگی حفظ شود. ثانیاً؛ با ذوب مقداری از سطح مبرد اتصال خوبی بین مبرد و قطعه به وجود آید. شکل ۲۶ چند نوع مبرد داخلی را نشان می دهد.



الف) مبرد میخی مارپیچ
ب) مبرد میخی مارپیچ سرتخت
ج) مبرد فنری
د) مبرد شبکه‌ای
هـ) مبرد توپی
و) مبردهای میخی
ز) مبرد چندشاخه‌ای
ح) مبرد میله‌ای
شکل ۲۶- مثال‌هایی از مبردهای داخلی

استفاده از مبردهای داخلی نسبت به مبردهای خارجی، بحرانی‌تر می‌باشد؛ بنابراین علاوه بر نکاتی که در مورد مبردهای خارجی گفته شد باید به موارد زیر نیز توجه کرد.

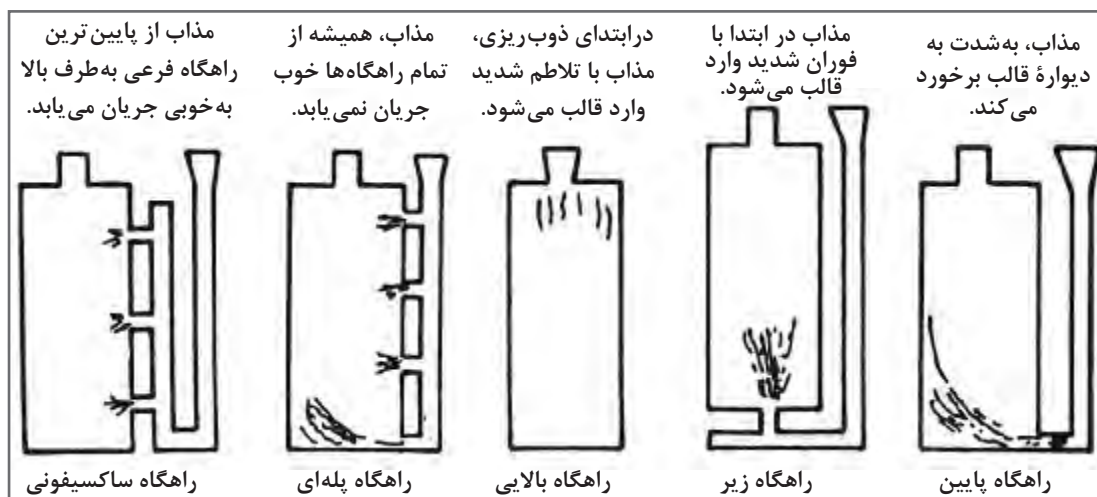
- ۱ مبردها در داخل قطعه نباید ذوب شوند زیرا باعث ایجاد نقاط ضعف و کاهش خواص قطعه می‌شوند.
- ۲ مبردها در داخل قطعه باید به گونه‌ای جاسازی شوند که جریان مذاب نتواند آنها را جابه‌جا نماید.
- ۳ تمیزی مبرد بسیار مهم است، چون کاملاً با فلز مذاب احاطه می‌شود و کمترین گاز تولید شده، نمی‌تواند به بیرون راه یابد. بنابراین مبرد باید کاملاً زنگ‌زدایی شده و اکسیدها تمیز شده باشند. پیشگرم کردن مبرد، در این مورد بسیار مؤثر است. در این صورت سطح مبرد کاملاً خشک شده و از آلودگی‌هایی نظیر روغن پاک می‌شود.
- ۴ مبرد، ممکن است خواص مکانیکی قسمتی از قطعه را که در آن نقطه جاگذاری شده، تغییر دهد.
- ۵ ترکیب شیمیایی مبرد باید تقریباً معادل قطعه ریخته‌گی باشد. مثلاً برای ریخته‌گری فولاد یا فلزات غیر آهنی نمی‌توان از مبردهای داخلی چدنی استفاده کرد.
- ۶ در مورد فلزات با نقطه ذوب پایین، استفاده از مبردهای داخلی محدود می‌باشد زیرا این گونه فلزات قادر به ذوب سطحی مبردها نیستند و در نتیجه، پس از انجماد مذاب و سرد شدن قطعه، اتصال مناسب و محکمی بین مبرد و قطعه ریخته‌گی، به وجود نمی‌آید.

طراحی سیستم راهگاهی و بارریزی

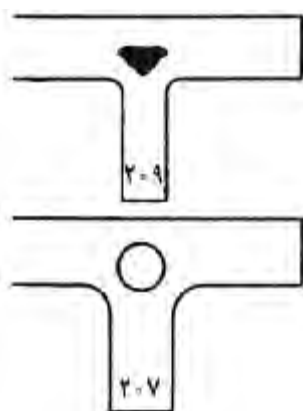
اصلاح سیستم راهگاهی و بارریزی می‌تواند در کاهش مک‌های انقباضی و بهبود کیفیت قطعه ریخته‌گی مؤثر واقع گردد. مهم‌ترین روش‌های اصلاح سیستم راهگاهی عبارت‌اند از:

- ۱ استفاده از راهگاه‌های پله‌ای و یا ارتباط تغذیه به راهگاه از آنجا که مذاب باید از طریق تغذیه وارد محفظه قالب شود، لذا گرم‌ترین مذاب در تغذیه قرار می‌گیرد.
- ۲ بارریزی و انجماد مذاب در قالب‌هایی که به صورت شیب‌دار نسبت به خط افق قرار می‌گیرند.
- ۳ بارریزی مذاب به داخل قالب از بالا و یا در مواردی که چنین روشی منجر به ایجاد حرکت اغتشاشی در محفظه قالب گردد می‌توان در مراحل اولیه مذاب را از سیستم راهگاهی پایین به داخل قالب هدایت نمود و

پس از آن که محفظه قالب به اندازه کافی از مذاب پر شد بقیه فلز مذاب از بالا به داخل محفظه قالب ریخته شود (شکل ۲۷).



شکل ۲۷- چند نوع سیستم راهگاهی در ارتباط با تغذیه



شکل ۲۸- تأثیر طراحی صحیح در سلامت قطعه

۴ تغییر در طراحی قطعات و مدل: با تغییر در طراحی قطعه، بدون این که در کاربرد آن مشکلی ایجاد شود، می توان تا حدودی به مذاب رسانی کمک کرد تا در نتیجه، قطعات سالم تولید گردد. شکل ۲۸ مثالی برای تغییر در طراحی قطعه است.

باید توجه کرد که تغییرات در طراحی، همیشه قادر به حذف کامل انقباضات نیست و حذف کامل آنها مستلزم استفاده از مبرد است.

۵ درجه حرارت بارریزی، اگر درجه حرارت بارریزی مذاب پایین باشد، اثر تغذیه کاهش پیدا خواهد کرد. برعکس، چنانچه درجه حرارت خیلی بالا باشد، حفره های انقباضی بروز خواهد کرد، بنابراین انتخاب درجه حرارت مناسب در بهبود کیفیت قطعه بسیار مؤثر است.

مواد عایق و گرمازا

هرگاه دو جسم با درجه حرارت های مختلف در مجاورت هم قرار گیرند، به سه طریق انرژی حرارتی جسم گرم به جسم سرد منتقل می شود، که عبارت اند از هدایت (رسانایی)، جابه جایی و تشعشع. - در انتقال حرارت به طریق هدایت انرژی حرارتی از هر مولکول (یا اتم) به مولکول مجاور خود طوری منتقل می شود که هیچ مولکولی از جای خود حرکت انتقالی نکند به عبارت دیگر در این انتقال، محل مولکول ها ثابت است و فقط انرژی ارتعاشی از مولکولی به مولکول دیگر منتقل می گردد، مانند میله ای که یک طرف آن گرم شود و این حرارت به طرف دیگر انتقال یابد.

- در انتقال حرارت به طریق جابه‌جایی مولکول‌های قسمت گرم و قسمت سرد، جای خود را تعویض می‌کنند. این عمل تا زمانی که تمامی قسمت‌های جسم به یک درجه حرارت نرسد ادامه دارد. به این ترتیب واضح است که انتقال حرارت به طریق جابه‌جایی فقط برای مایعات و گازها امکان پذیر است. انتقال حرارت در مذاب آلومینیوم به صورت جابه‌جایی است. در ریخته‌گری مهم‌ترین موضوع انتقال حرارت به طریق جابه‌جایی در کوره‌هاست که در دهانه کوره با گرم شدن هوای محیط، حرارت به خارج انتقال می‌یابد و باعث می‌گردد که راندمان و بازده حرارتی کوره کاهش پیدا کند.

- در انتقال حرارت به طریق تشعشع، انرژی حرارتی به صورت امواج با ماهیتی نظیر امواج نورانی منتقل می‌شود. بنابراین انرژی حرارتی مانند انرژی نورانی برای انتشار احتیاجی به محیط مادی ندارد و در خلأ بهتر و سریع‌تر منتشر می‌شود (مانند نور خورشید).

در بعضی از کوره‌های ذوب، عمل ذوب بیشتر توسط انرژی تشعشعی حاصل از احتراق سوخت انجام می‌گیرد. مثلاً در کوره‌های شعله‌ای مقداری از انرژی تشعشعی مستقیماً و مقداری پس از انعکاس توسط سقف و دیواره‌های کوره به سطح فلز تابش می‌کند و باعث ذوب آن می‌گردد.

موادی که برای حفظ درجه حرارت مذاب به کار می‌روند به طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱ مواد حرارت‌زا؛

۲ مواد عایق؛

۳ مواد عایق حرارت‌زا.

در بیشتر مواقع در ریخته‌گری قطعات از مواد حرارت‌زا به منظور گرم نگه‌داشتن مذاب استفاده می‌شود. این مواد با انجام فعل و انفعال در هنگام برخورد با مذاب، از انجماد زود هنگام آن جلوگیری می‌کنند. مواد حرارت‌زا در تماس با مذاب، در ابتدا مقداری از حرارت مذاب را می‌گیرند و پس از انجام فعل و انفعال با ایجاد حرارت، گرمای گرفته شده را جبران می‌کنند و درجه حرارت مذاب را به دمای اولیه و در برخی موارد کمی بالاتر می‌برند.

عموماً مواد حرارت‌زا بعد از واکنش به صورت یک ماده عایق موجب حفظ حرارت مذاب می‌شوند. میزان کاهش درجه حرارت مذاب در این مرحله به قابلیت انتقال حرارت این مواد بستگی دارد. در حقیقت نقش اصلی مواد حرارت‌زا، عایق بودن آنهاست و مزیت عمده آنها نسبت به موادی که فقط خاصیت عایق بودن دارند، این است که در صورت استفاده از مواد عایق به جای مواد حرارت‌زا، این مواد قادر به جبران حرارت گرفته شده از مذاب نیستند لیکن فقط نقش عایق بودن را بر عهده دارند. مواد حرارت‌زا را پس از پر شدن پاتیل از مذاب و بعد از افزودن مواد واسطه روی مذاب پاتیل می‌پاشند.

ترکیب این مواد شامل بعضی از فلزات خالص است که به سرعت مشتعل می‌شوند، مانند آلومینیوم، منیزیم و کلسیم و اکسیدهای بعضی از فلزات، مانند اکسید آهن، منیزیم، سیلیسیم و مس به عنوان عامل اکسیژن دهنده. در اثر واکنش بین اکسید فلزات و فلزات خالص در جهت اکسیداسیون فلزات خالص، حرارت ایجاد می‌شود که موجب افزایش درجه حرارت مذاب می‌گردد.



نکته دیگر در مورد ترکیبات مواد حرارت‌زا، توجه به نداشتن واکنش شیمیایی مضر این مواد با مذاب است (واکنشی که موجب تولید گاز و آخال شود).

افزودن مواد عایق و گرمازا

فعالیت
کارگاهی



ریختن عایق یا گرمازا روی ذوب به اندازه کافی
نکات ایمنی: در هنگام ورود به کارگاه، استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش نسوز، پیش بند و پابند و روکفشی نسوز، کلاه، ماسک و عینک ایمنی الزامی است.
 با استفاده از ابزار مناسب، نسبت به پاشش مواد عایق یا حرارت‌زا به روی مذاب اقدام کنید. به طوری که کاملاً سطح مذاب را بپوشاند.
توجه: از خشک بودن مواد عایق یا حرارت‌زا اطمینان حاصل شود.
نکات ایمنی: هنگام افزودن مواد عایق یا حرارت‌زا، از ماسک تنفسی مناسب استفاده شود.

با رعایت تمام نکات ایمنی افزودن مواد عایق و گرمازا روی مذاب را انجام دهید.

فعالیت
کارگاهی



روش‌های انتقال پاتیل یا بوته مذاب به محل ذوب‌ریزی

پس از پرشدن بوته یا پاتیل مذاب و افزودن مواد واسطه و پاشیدن مواد عایق روی سطح مذاب، با استفاده از ابزارآلات و تجهیزات انتقال (مانند جرثقیل، گاری، کمچه و انبر طوق، که قبلاً به طور مفصل در مورد آن توضیح داده شده است)، پاتیل مذاب به قسمت ریخته‌گری جهت ذوب‌ریزی در داخل قالب انتقال داده می‌شود.

فعالیت
کارگاهی



انتقال پاتیل به محل بارریزی و افزودن مواد عایق و گرمازا

مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱] لوازم و تجهیزات قالب‌گیری
- ۲] درجه، زیر درجه، مدل مکعب چوبی با ابعاد ۱۰ سانتی‌متر
- ۳] شمش آلومینیوم، بوته، کوره زمینی
- ۴] مدل استوانه‌ای چوبی تغذیه
- ۵] لباس ایمنی و نسوز، کفش ایمنی
- ۶] لوازم و تجهیزات ذوب‌ریزی

مراحل انجام کار

- ۱] پس از تهیه قالب با تغذیه‌گذاری مطابق فعالیت کارگاهی صفحه ۲۲۵، مذاب آلومینیوم را آماده کنید.
- ۲] بوته یا پاتیل مذاب را با استفاده از ابزار مناسب (جرثقیل، گاری، کمچه) به محل ذوب‌ریزی منتقل کنید.
- ۳] با استفاده از ابزار مناسب نسبت به پاشش مواد عایق یا حرارت‌زا روی مذاب اقدام نمایید، به طوری که کاملاً سطح مذاب را بپوشاند.
- ۴] قالب آماده شده را از مذاب پر کنید.
- ۵] با استفاده از ابزارآلات مناسب، مذاب باقیمانده را به محل تعریف شده انتقال دهید.

نکات ایمنی و حفاظتی

- از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
- تمیز کردن محیط کوره‌دان، محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
- در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.



منتقل کردن بوته مذاب به محل ذوب ریزی

نکات ایمنی: در هنگام ورود به کارگاه، استفاده از لباس کار، کفش ایمنی، دستکش نسوز، پیش‌بند و پابند و روکشی نسوز، کلاه ایمنی، ماسک و عینک ایمنی الزامی است.

۱] بوته یا پاتیل کوچک را با استفاده از ابزار مربوطه مانند کمچه به محل ذوب‌ریزی منتقل کنید.

نکات ایمنی: در هنگام کار با جرثقیل و حمل اجسام بزرگ، نکات ایمنی مربوطه را رعایت کنید.

۳] قالب آماده شده را از مذاب پر کنید.

۴] با استفاده از ابزارآلات انتقال، مذاب باقی مانده را به محل تعریف شده انتقال دهید.

ارزشیابی واحد یادگیری ۲ (کنترل فرایند انجماد مذاب)

شرح کار:

پس از آماده سازی مخلوط ماسه قالب گیری، مدل مکعب ساده با طراحی و تغذیه گذاری را قالب گیری کنید و سپس ذوب آلومینیوم را آماده کرده و در قالب ریخته گری شود و همان قالب را بدون تغذیه قالب گیری و ذوب ریزی شود.

استاندارد عملکرد: قالب گیری مدل با تغذیه و بدون تغذیه توسط مخلوط ماسه تر
شاخص ها:

- ۱- آماده سازی مخلوط ماسه تر
- ۲- قالب گیری و تغذیه گذاری مدل
- ۳- آماده سازی مذاب
- ۴- ریخته گری قالب ها

شرایط انجام کار:

- ۱- محیط کارگاهی
 - ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
 - ۳- تهویه استاندارد و دمای $20^{\circ}\text{C} \pm 3$
 - ۴- اندازه ها براساس استاندارد
 - ۵- وسایل ایمنی استاندارد
 - ۶- ابزار و تجهیزات استاندارد
- مواد و تجهیزات مورد نیاز:** ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب بنتونیت، آب پاش، بیل ریخته گری، سرنده، سرنده برقی، مدل، پودر جدایش، درجه، زیر درجه، کوبه و سایر وسایل و تجهیزات قالب گیری و ریخته گری، شمش آلومینیوم، بوته، کمچه، انبر طوق، کوره زمینی، کاورال، سرباره گیر

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی ماسه و طراحی مدل با تغذیه و بدون تغذیه و قالب گیری	۲	
۲	شارژ بوته و تهیه مذاب	۱	
۳	ریخته گری در قالب های ماسه ای	۱	
۴	مقایسه قالب با تغذیه و بدون تغذیه	۱	
شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:*			
۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار			
۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی			
۳- تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کارگاه			
۴- رعایت دقت و نظم			
میانگین نمرات**			

* شایستگی های غیر فنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و نمره مستمر است.
** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.

منابع و مآخذ

- ۱ برنامه‌درسی درس تولید قطعات فلزی به‌روش ریخته‌گری رشته متالورژی، ۱۴۰۳، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.
- ۲ دوامی، پرویز، ۱۳۶۱، مبانی سیستم‌های راهگامی و تغذیه‌گذاری در چدن‌ها، جامعه ریخته‌گران ایران.
- ۳ پرورش، رئوف، ۱۳۶۹، تغذیه‌گذاری در ریخته‌گری قطعات فولادی، جامعه ریخته‌گران ایران.
- ۴ خسروی، رحمان، ۱۳۶۸، اصول سیستم راهگامی و تغذیه‌گذاری در چدن‌ها، جامعه ریخته‌گران ایران.
- ۵ دوامی، پرویز، حجازی، جلال، ۱۳۸۴، اطلس عیوب ریخته‌گری، جامعه ریخته‌گران ایران.
- ۶ حجازی، جلال، انجماد و اصول متالورژیکی ریخته‌گری، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.
- ۷ فتحی، محمد حسین، ۱۳۸۶، مواد قالب‌گیری برای ریخته‌گری فلزات، نشر ارکان.
- ۸ حیدرزاده آرانی، رضا؛ ریاحی، امیر؛ طبیب‌زاده، حسن، ۱۳۹۴، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.

۹ Metals Handbook, 9th Edition, Vol 15 /ASM 1988.

۱۰ Foundry Technology/ P.R.Beeley/Butter Worth Heinemann, 2nd Revised Edition London Feb 2001.

۱۱ "The Foseco Foundry Man's Handbook" John R.B kawn (Eleventh Edition) 2001, Batter worth, Heinemann.

