کتاب تولید قطعات فلزی به روش ریخته‌گری

ایران استخدام

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

خواننده گرامی؛ در جهت بهبود کیفیت این فایل؛ لطفاً هرگونه انتقاد و پیشنهاد خود در مورد مطالب آن
و یا گزارش مشکل را به آدرس ایمیل و یا با شماره تلفن زیر مطرح نمایید:

شماره تلفن تماس:آره ۰۲۱-۹۱۳۰۰۰۱۳ آدرس ایمیل: soal@iranestekhdam.ir

Www.IranEstekhdam.Ir

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز متالورژی

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز متالورژی

خرید و دانلود

بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

تولید قطعات فلزی به روش ریخته‌گری

رشتهٔ متالورژی

گروه مواد و فراوری

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ دهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: تولید قطعات فلزی به روش ریخته‌گری ـ۲۱۰۵۳۳
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: میثم بهربر، حسن جعفری، حسن حامد، غلامرضا خلج، ندیٰ دیده‌ور، امیر ریاحی، حسن طبیب‌زاده، جمشید علیمحمدی و محمد معتمدی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
میثم بهربر، غلامرضا خلج، امیر ریاحی، حسن طبیب‌زاده، جمشید علیمحمدی، مهدی قربانی جمال‌آبادی و رضا نظری (اعضای گروه تألیف) ـ ندیٰ دیده‌ور (ویراستار)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) ـ شهرزاد قنبری (صفحه‌آرا) ـ مریم کیوان (طراح جلد)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، **دورنگار:** ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، **کد پستی:** ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌سایت: www.irtextbook.ir، www.chap.sch.ir
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش) **تلفن:** ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، **دورنگار:** ۴۴۹۸۵۱۶۰،
صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ ونشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ دوم ۱۴۰۵

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

شابک ۴- ۳۷۰۸ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 –3708– 4**



اگر یک ملتی نخواهد آسیب ببیند باید این ملت اوّلاً 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 ان‌شاءالله صادرات هم داشته باشیم. شما برادرها الآن عبادت‌تان این است که کار بکنید. این عبادت است.

امام‌خمینی «قُدِّسَ سِرُّهُ»

فهرست

پودمان ۱ : آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری **۱**

واحد یادگیری ۱: آماده‌سازی مخلوط ماسه تر ۲

واحد یادگیری۲: تعیین خواص مخلوط ماسه قالب‌گیری ۲۲

پودمان ۲ : قالب‌گیری ماسهٔ تر **۵۹**

واحد یادگیری۱: قالب‌گیری مدل‌های یک تکه و چند تکه ۶۰

واحد یادگیری۲: طراحی اجزاء سیستم راهگاهی ۹۶

پودمان۳ : قالب‌گیری به روش CO_2 ..... **۱۱۷**

واحد یادگیری۱: آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری CO_2 ..... ۱۱۸

واحد یادگیری۲: 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 یادگیری۲ : عملیات کیفی مذاب ۱۷۱

پودمان ۵ : ذوب‌ریزی **۱۹۵**

واحد یادگیری ۱ : ذوب‌گیری از کوره و شلاکه‌گیری ذوب پاتیل ۱۹۶

واحد یادگیری۲ : 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 فنی‌وحرفه‌ای، هنرجویان پایه دوازدهم و فارغ‌التحصیلان شاغل) مورد ارزشیابی کشوری قرار گرفت و نتایج آن در محتوا اعمال گردید.

سخنی با هنرجویان عزیز

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام 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 ـ 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 فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش با استناد بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی‌وحرفه‌ای و خبرگان دنیای کار برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی‌وحرفه‌ای را ارزشیابی و اصلاح نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف و بازنگری کتاب‌های درسی هر رشته است.

کتاب تولید قطعات فلزی به روش ریخته گری، دومین کتاب کارگاهی در رشته متالورژی است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و حرفه ای شما بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده دراین کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی 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 هردو 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 غیرفنی 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.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرآموزان گرامی

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 بستهٔ آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته‌یادگیری، 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 می شود و دارای تأثیر زیادی است.

این کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اوّل: آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری؛

پودمان دوّم: 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 وحرفه‌ای و کاردانش

نظرسنجی کتاب درسی

پودمان اول

آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری





برای تولید قطعات فلزی، روش‌هـای مختلفی وجود دارد. این روش‌هـا شامل ماشین‌کـاری، آهنگـری، نوردکاری، فشارکـاری، جوشکـاری، متالورژی‌پودر، ورق‌کاری و ریخته‌گری است. به غیر از روش ریخته‌گری، بقیه روش‌های تولید قطعات فلزی در حالت جامد است. یعنی قطعه از فلز در حالت جامد ساخته می‌شود.

تنها در روش ریخته‌گری قطعه از مذاب فلز تولید می‌شود. در این روش، ابتدا فلز را به وسیله حرارت دادن در کوره ذوب می‌کنند. سپس مذاب فلز در قالبی به شکل قطعه نهایی ریخته می‌شود. پس از انجماد مذاب در قالب، قطعه از قالب خارج می‌شود. معمولاً قالب‌های ریخته‌گری از مواد با نقطه ذوب بسیار بالا مانند مواد دیرگداز یا بعضی فلزات با نقطه ذوب بالا ساخته می‌شوند.

یکی از متداول‌ترین مواد دیرگداز ماسه است که در ساخت قالب ریخته‌گری استفاده می‌شود. با استفاده از ماسه، چسب، مواد افزودنی و مخلوط‌کن ماسه، مخلوط ماسه قالب‌گیری تهیه می‌شود. سپس با استفاده از مخلوط ماسه قالب‌گیری، قالب ریخته‌گری ساخته می‌شود.

واحد یادگیری ۱: آماده‌سازی مخلوط ماسه تر

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

استاندارد عملکرد

تهیهٔ مخلوط ماسه با استفاده از ماسه، چسب، مواد افزودنی و مخلوط‌کن ماسه، مطابق با استانداردها و دستورالعمل‌های مرتبط

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



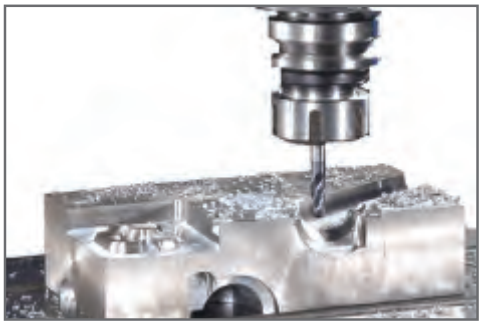
شکل ۱

روش‌های ساخت و تولید قطعات فلزی

قطعات فلزی به روش‌های مختلفی ساخته می‌شوند که عبارت‌اند از ریخته‌گری، ماشین‌کاری، آهنگری، ورق‌کاری، نوردکاری، فشارکاری، جوشکاری و متالورژی پودر

ماشین‌کاری

در این روش، قطعاتی از فلز به شکل‌های ساده‌ای مثل میلگرد یا صفحات فلزی با روش‌های متفاوتی براده‌برداری می‌شوند (شکل ۲) و به شکل دقیق قطعه در می‌آیند.

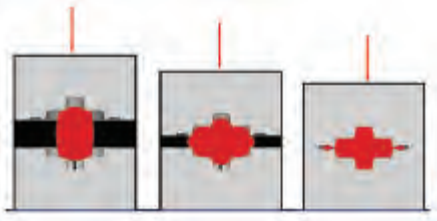


شکل ۲

آهنگری (پتک‌کاری)[1]

در این روش، معمولاً قطعات استوانه‌ای یا مکعب مستطیل از فلز به نام لقمه را تا دمای بالایی گرم می‌کنند و سپس با قرار دادن قطعهٔ گداخته‌شده بر روی قالب یا سندان و وارد کردن ضربات چکش یا پتک (شکل ۳)، آن را به شکل مورد نظر شکل می‌دهند.





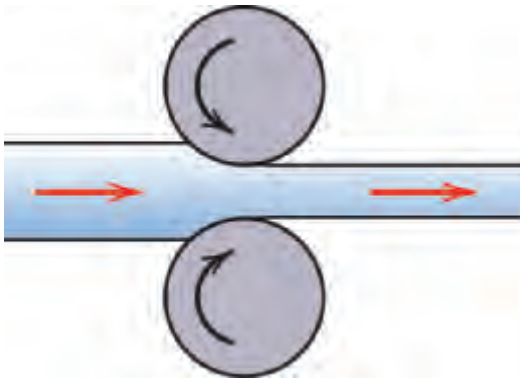
شکل ۳

۱ـ Forging

نوردکاری

تغییر شکل فلزات بر اثر عبور از بین دو استوانه فلزی (غلتک) دوّار را نوردکاری گویند (شکل۴). 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.

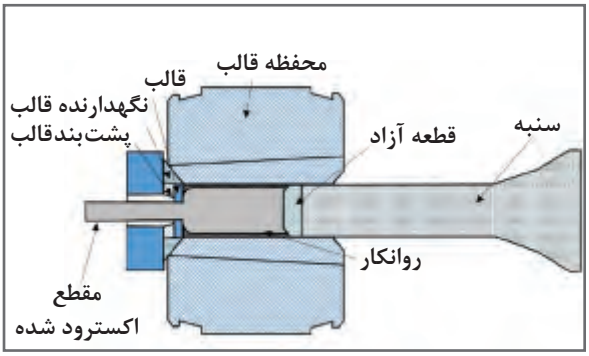




شکل ۴

فشارکاری (اکستروژن)

فرایندی است که به وسیلهٔ آن سطح مقطع بلوکی از فلز بر اثر اعمال فشار کاهش می‌یابد. این روش برای تولید پروفیل‌های فلزی، لوله‌ها و دیگر اجزاء صنعتی (شکل۵) کاربرد دارد.





شکل ۵

جوشکاری

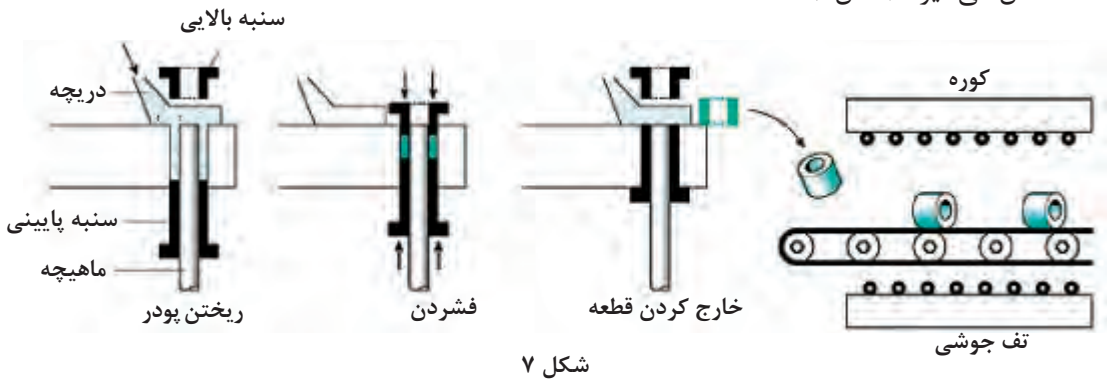
در روش جوشکاری با استفاده از جریان الکتریسیته یا حرارت، لبه‌های دو فلز اصلی و فلز پرکننده را، که معمولاً از همان جنس است، ذوب و به این طریق دو قطعه را به هم متصل می‌کنند (شکل۶).



شکل ۶

متالورژی پودر

در این روش، پودر فلزات و آلیاژها تهیه می‌گردد و با نسبت‌های مناسب مخلوط و در داخل قالبی ریخته می‌شوند، سپس با اعمال فشار، پودر در داخل قالب فشرده می‌شود و پس از خروج قطعهٔ فشرده شده از قالب، آن را در کوره حرارت می‌دهند و بدون آنکه در قطعه ذوب صورت گیرد ذرات پودر به هم اتصال می‌یابند و قطعه شکل می‌گیرد (شکل۷).



شکل ۷

ورق‌کاری

به مجموعه عملیاتی مانند برش‌کاری، خم‌کاری، فرایندهای اتصال و مونتاژ ورق‌ها اطلاق می‌شود که به منظور فرم دادن آنها انجام می‌گیرد، مانند کابینت فلزی، کانال کولر، مخازن (شکل۸).



شکل ۸

ریخته‌گری

ریخته‌گری یکی از روش‌های تولید قطعات فلزی است که شامل تهیهٔ مذاب از فلز مورد نظر و ریختن آن در محفظه‌ای به نام قالب است (شکل۹)، به‌گونه‌ای که پس از انجماد مذاب، شکل، اندازه و خواص مورد نظر تأمین شود.



شکل ۹

گفت‌وگو کنید

کدام روش تولید به عنوان مرحلهٔ اولیه تولید در سایر روش‌ها مطرح است؟
در روش ریخته‌گری چه نوع محصولاتی تولیدمی‌شود؟

روش‌های ریخته‌گری

- آیا همهٔ 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 تهیهٔ قطعهٔ ریختگی سالم با مشخصات مطلوب، با استفاده از قالب مناسب امکان‌پذیر است.

به طور کلی، از نظر متالورژیکی و جنبه‌های اقتصادی، قالب‌ها به دو دستهٔ 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 نقطهٔ 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 پرداخت‌کاری 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 نقطهٔ 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 سازندهٔ 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 قالب‌گیری تعیین می‌شود. برای مثال در قالب‌گیری ماسه‌ای به روش تر، که از قدیمی‌ترین روش‌های قالب‌گیری است، از مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری شامل ماسه، چسب، آب و مواد افزودنی، برای تهیه و ساخت قالب استفاده می‌شود. 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 ماشین‌آلات مورد نیاز برای ساخت این قالب‌ها نیز بر همین اساس ساخته می‌شوند و مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای مثال در روش دستی عمل کوبیدن توسط ابزاری به نام کوبه صورت می‌گیرد، در صورتی که در روش‌های ماشینی این عمل به صورت سیستم‌های ضربه‌ای، فشاری و ارتعاشی یا ترکیبی از این روش‌ها انجام می‌شود.

مشخصات عمومی قالب‌های موقت

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

ـ **قابلیت شکل‌پذیری:** هر چند در ساخت قالب، نحوهٔ شکل دادن مخلوط قالب‌گیری با توجه به ماهیت این مواد متفاوت است، دارا بودن قابلیت شکل‌پذیری و حفظ نمودن آن، به عنوان مهم‌ترین ویژگی مواد قالب‌گیری در تمام روش‌ها مطرح است. در میان مواد قالب‌گیری مورد استفاده در ساخت قالب‌های موقت، ماسهٔ قالب‌گیری به دلیل سهولت شکل‌پذیری، که قدیمی‌ترین روش قالب‌گیری است، بخش مهمی از فرایند ریخته‌گری را به خود اختصاص داده است.

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

ـ **استحکام مکانیکی:** مخلوط مواد قالب‌گیری، پس از شکل‌گیری باید از استحکام کافی برخوردار باشد، به گونه‌ای که هنگام جابه‌جایی 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.

ـ **حداقل تغییرات ابعادی در درجه حرارت‌های بالا:** با توجه به اینکه دیواره‌های قالب در اثر مجاورت با مذاب داغ، به سرعت گرم می‌شوند، در صورتی که مواد قالب از ضریب انبساط مطلوبی برخوردار نباشند، سطح قالب در اثر انبساط سریع، دچار بادکردگی، ترک یا شکست می‌شود.

ـ **قابلیت نفوذ گاز:** علاوه بر هوای موجود در محفظهٔ قالب، مخلوط مواد قالب‌گیری نیز حاوی ترکیباتی است که در تماس با مذاب تبخیر می‌شود و به صورت گاز بخشی از محفظهٔ قالب را اشغال می‌کند. با توجه به این امر مواد قالب‌گیری باید دارای خاصیت نفوذپذیری مطلوب باشند.

ـ **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 قطعهٔ ریختگی بر عهده دارد، در انتخاب مواد قالب‌گیری باید به این نکته مهم توجه گردد.

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

ـ **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 استفادهٔ مجدد این مواد از مشخصات مهم قالب‌های موقت است.

فرایندهای ریخته‌گری متنوع است و متناسب با نحوهٔ کاربرد، تقسیم بندی‌های 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 ماسه‌ای‌تر بیشترین کاربرد را دارد. اجزای تشکیل‌دهندهٔ این قالب‌ها عبارت‌اند از: ماسه، چسب، آب و دیگر افزودنی‌های لازم. (اصطلاح ماسهٔ تر 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 ماسهٔ تر 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.

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

ـ **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 خشک‌شدهٔ آن از ۱۲میلی‌متر بیشتر باشد و عموماً این قالب‌ها کاملاً خشک شده و عاری از رطوبت‌اند.

۳ ریخته‌گری در قالب‌های CO_2 (کربن دی اکسید)[۳]

در فرایند کربن دی اکسید، به جای استفاده از بنتونیت به‌منظور چسب، از سدیم سیلیکات استفاده می‌شود. قالب و ماهیچه نیز توسط گاز CO_2 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.

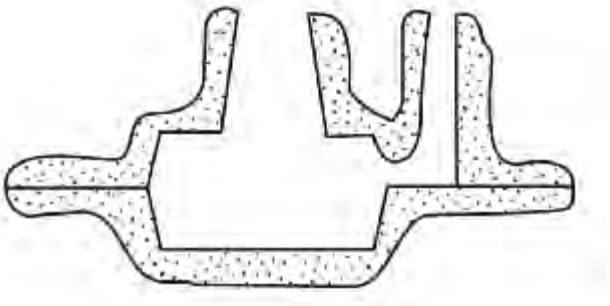
روش کربن دی اکسید برای تمام آلیاژهای معمول ریختگی نظیر آلومینیوم، منیزیم و به طور وسیع فولادها، چدن‌ها و آلیاژهای مس مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین این روش جهت تولید قطعه‌ای با وزن کمتر از یک کیلوگرم تا چندین تن می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۱ـ Wet Sand Casting ۲ـ Dry Sand Casting ۳ـ CO_2 Casting

۴ ریخته‌گری در قالب‌های پوسته‌ای[۱]

ریخته‌گری در قالب‌های پوسته‌ای به فرایندی اطلاق می‌شود که در آن قالب از مخلوط ماسه با یک چسب رزینی (گرماسخت) به روی مدل فلزی گرم شده شکل می‌گیرد. هنگامی‌که مخلوط ماسه در اثر تماس با مدل فلزی گرم شد، رزین ذوب می‌شود و اطراف ذرات ماسه را می‌گیرد و باعث چسبیدن ذرات ماسه به یکدیگر می‌شود. بدین طریق یک نیمه قالب کاملاً سخت و مستحکم، تهیه می‌شود (شکل ۱۰).

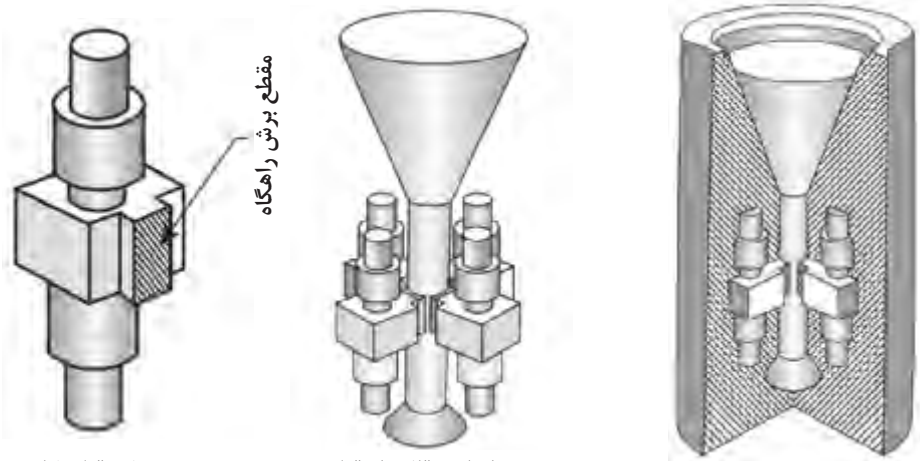
روش قالب‌گیری پوسته‌ای به منظور تولید انبوه قطعات آهنی و غیرآهنی، از چند گرم تا ۲۰۰ کیلوگرم به کار می‌رود. حتی در برخی موارد محدود، قطعاتی تا وزن ۵۰۰ کیلوگرم نیز به این روش تولید شده است.



شکل ۱۰

۵ روش ریخته‌گری دقیق[۲]

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



الف) بارریزی　　ب) جداسازی قالب از قطعه　　ج) یک قطعه‌کار

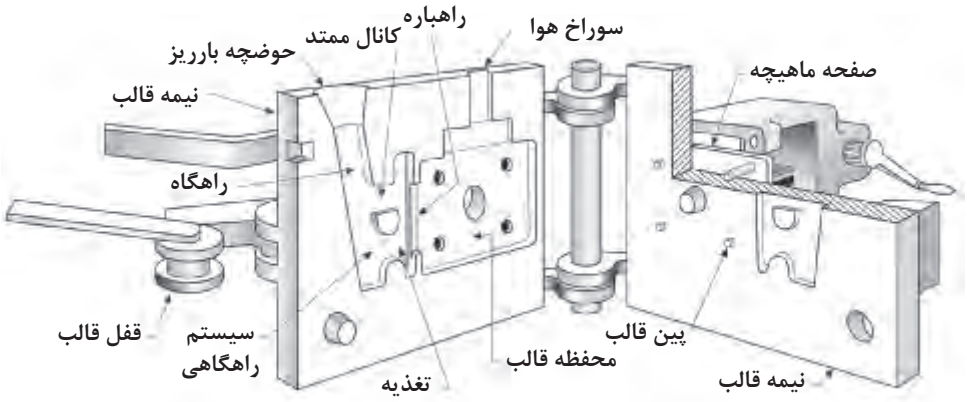
شکل ۱۱

ب) ریخته‌گری در قالب‌های دائمی[۳]

۱ ریخته‌گری در قالب‌های ریژه (روش ثقلی[۴])

ریخته‌گری در قالب ریژه، روشی است که در آن مذاب براساس وزن (نیروی ثقل) قالب (شکل۱۲) را پر نماید. فرایند ریخته‌گری در قالب‌های ریژه برای تولید قطعات در تعداد زیاد و ضخامت دیوارهٔ نسبتاً یکنواخت، مناسب است.

۱ـ Shell mold casting　　۲ـ Invest ment casting　　۳ـ Die molds casting　　۴ـ Gravity casting

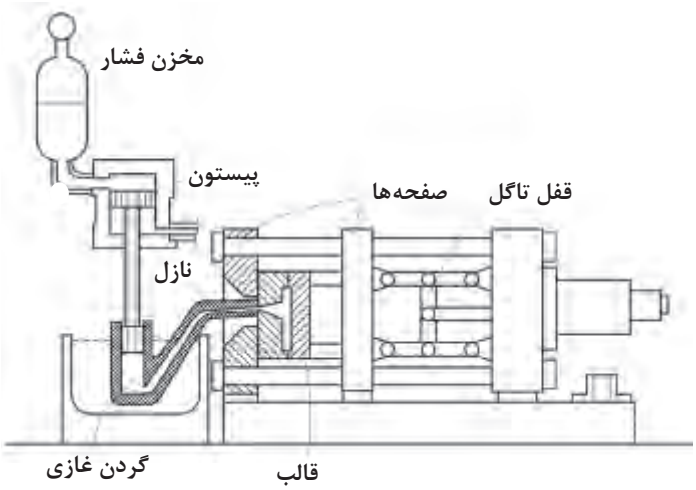


شکل ۱۲

۲ ریخته‌گری تحت فشار[۱]

ریخته‌گری تحت فشار به روشی اطلاق می‌شود که در آن مذاب تحت فشار معین، محفظهٔ 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 نحوهٔ 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. به‌همین دلیل در روش ریخته‌گریِ تحت فشار، تولید قطعات پیچیده نیز امکان‌پذیر است، ضمناً خواص مکانیکی بهتری نسبت به ریخته‌گری در قالب‌های ریژه دارد.



شکل ۱۳

گفت‌وگو کنید

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 به‌صورت گروهی گفت‌وگو کنید.

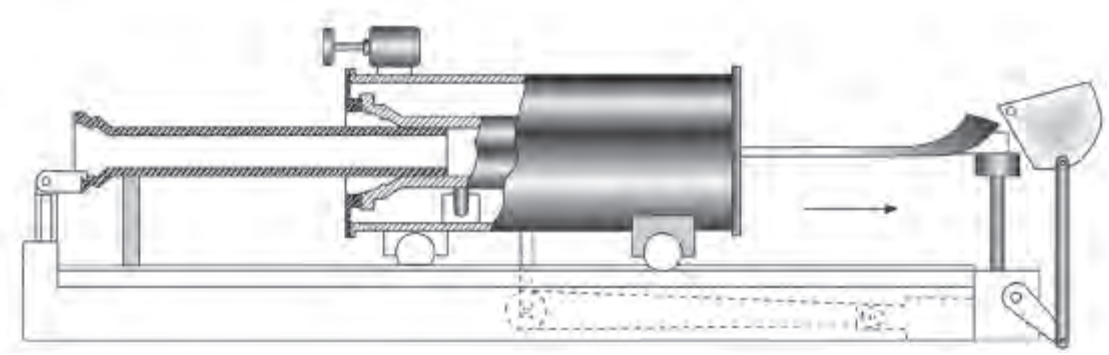
۱ـ Diecasting

۳ ریخته‌گری گریز از مرکز

روش ریخته‌گری گریز از مرکز به روشی گفته می‌شود که در آن قالب تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز پر می‌شود. شکل ۱۴، تصویر شماتیک یک دستگاه ریخته‌گری گریز از مرکز را نشان می‌دهد.

به طور کلی در فرایند ریخته‌گریِ گریز از مرکز دو روش وجود دارد که عبارت‌اند از:

- روش ریخته‌گری گریز از مرکز افقی؛
- روش ریخته‌گری گریز از مرکز عمودی.



شکل ۱۴ــ دستگاه ریخته‌گری گریز از مرکز

مواد اولیه قالب‌گیری در ماسه

- مادهٔ تشکیل‌دهنده قالب ماسه‌ای چه چیزی است؟
- آیا از هر ماسه‌ای می‌توان برای قالب‌گیری استفاده کرد؟
- آیا شکل ذرات ماسه می‌تواند در انتخاب آن مؤثر باشد؟ اندازهٔ ذرات چطور؟

گفت‌وگو 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 ریخته‌گری، اتصال ذرات ماسه چگونه انجام می‌شود؟

ماسه

یکی از اجزای اصلی در مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری، ذرات دیرگداز ماسه است. به طور کلی ماسه ذرات ریزی از مواد معدنی است که قطر آن در محدودهٔ ۲ ـ ۰/۰۵ میلی‌متر است. ذراتی که قطر آنها کمتر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر باشد، خاک نامیده می‌شود. ماسهٔ قالب‌گیری که در ریخته‌گری مورد استفاده قرار می‌گیرد به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند:

الف) ماسهٔ طبیعی : این ماسه‌ها که جزء دیرگداز آن سیلیس (SiO_2) است، در طبیعت به صورت مخلوط با خاک رس (چسب طبیعی) یافت می‌شود. علاوه بر خاک رس، معمولاً ترکیبات دیگری نیز در این ماسه‌ها وجود دارند کـه عبارت‌انـد از: آلـومینیوم اکسید، آهن اکسید، تیتانیم اکسید،کلسیم اکسید، منیزیم اکسید،

پتاسیم اکسید و سدیم اکسید. مخلوط ماسهٔ 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 نقطهٔ دیرگدازی، تنها در ریخته‌گری فلزات و آلیاژهای غیرآهنی با درجهٔ حرارت‌های بارریزی پایین (از قبیل آلومینیوم، برنج و برنز) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ب) ماسهٔ 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 استفادهٔ 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 مجموعهٔ مناسبی از خواص ذکر شده از ماسه‌هایی با شکل‌های مختلف استفاده می‌شود.

اندازه و نحوهٔ 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 ریخته‌گریِ 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 استفادهٔ 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 ماسهٔ 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 لایهٔ چسب، خواص عمومی مخلوط ماسه، به ویژه قابلیت نفوذ گاز و استحکام را، کاهش می‌دهد.

چسب‌هایی از جنس خاک، نظیر کائولینیت، معمولاً در حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد و مونت موریلونیت، در حدود ۳ تا ۵ درصد به مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری اضافه می‌گردد.

خاک‌ها

در مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری از خاک به منظور چسب استفاده می‌شود. در ماسه‌های طبیعی خاک به همراه ماسه در طبیعت وجود دارد، در حالی که در ماسه‌های مصنوعی خاک‌های کنترل شده‌ای از نظر کیفیت و نیز مقدار، به طور جداگانه به ماسه اضافه می‌گردند. خاک‌ها پس از مخلوط شدن با ماسه، فیلم نازکی به ضخامت (۱ـ۰/۰۱) میکرون تشکیل می‌دهند که با افزودن آب به آنها، خاصیت شکل‌پذیری و چسبندگی پیدا می‌کنند. در اثر خشک شدن مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری، آب جذب شده خارج می‌شود و موجب انقباض شبکهٔ ساختمانی چسب می‌گردد و در پی آن اتصال محکمی در حالت خشک بین ذرات مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری حاصل می‌گردد.

اجزای معدنی اصلی تشکیل دهنده در خاک‌ها عبارت‌اند از:

کائولینیت (جزء اصلی و مهم خاک چینی و خاک‌های نسوز)، مونت موریلونیت (جزء اصلی معدنی بنتونیت‌ها) و ایلیت (این خاک‌ها از هوادهی میکا تولید می‌شوند و منبع اصلی چسبندگی در ماسه‌های طبیعی هستند).

چسب‌های آلی، به دلیل ویژگی‌هایی که دارند، بیشتر در ماهیچه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند، که در قسمت مربوط به ماهیچه‌ها توضیح داده خواهد شد.

افزودنی‌ها

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

آماده‌سازی ماسه قالب‌گیری، چسب و مواد افزودنی

برای مخلوط کردن ماسه و یکنواخت کردن آن از چه وسیله‌ای استفاده می‌کنند؟
برای جدا کردن اشیا و مواد ناخواسته از ماسه از چه وسیله‌ای استفاده می‌کنند؟

تجهیزات آماده‌سازی ماسه: بیل، سرند دستی (غربال) و آب‌پاش

۱ بیل ریخته‌گری

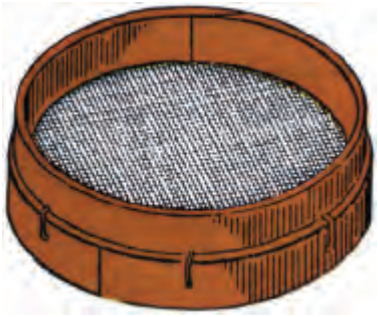
از این وسیله، برای آماده‌کردن ماسه و انتقال آن به داخل درجه استفاده می‌شود. بیل، از یک کفّهٔ تخت فلزّی مستطیل شکل فولادی و یک دستهٔ چوبی کوتاه تشکیل یافته است. در انتهای دسته، قبضه‌ای فلزّی وجود دارد که مخصوص به دست گرفتن در هنگام کار است. در پایان کار، برای جلوگیری از زنگ‌زدگی، بیل را از ماسه خارج کرده و با استفاده از این قبضه، آن را در محلّی آویزان می‌کنند (شکل۱۵).



شکل ۱۵ـ بیل ریخته‌گری

۲ غربال (سَرَنْد)

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 لبهٔ پایینی این کلاف، توری فولادی متصل است. سوراخ های این توری، اندازه‌های مختلف دارد و براساس «مش» (تعداد سوراخ‌ها در یک اینچ طولی) دسته‌بندی شده است (شکل ۱۶).



شکل ۱۶ــ غربال

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 رفتهٔ ماسه از آب‌پاش استفاده می‌شود.



شکل ۱۷

تجهیزات وزن‌کردن ماسه

به نظر شما جهت وزن‌کردن اجزای مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری از چه تجهیزاتی استفاده می‌شود؟

۱ باسکول

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

۲ ترازوی دو کفه‌ای

از آن جهت وزن‌کردن مواد افزودنی تا ۱۰ کیلوگرم استفاده می‌شود.

۳ ترازوی یک کفه‌ای

از آن جهت وزن‌کردن مواد تا ۵ کیلوگرم استفاده می‌شود.

نحوه وزن‌کردن 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 ماسهٔ قالب‌گیری، مقدار ماسه، چسب و مواد افزودنی جداگانه محاسبه و با استفاده از ابزار توزین متناسب با وزن مواد، توزین می‌شود.

نکته

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

فعالیت کارگاهی

آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری (محاسبه و وزن مخلوط مواد قالب‌گیری)

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱ ماسه سیلیسی ۲ چسب بنتونیت ۳ چسب دکسترین
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 دکسترین محاسبه و وزن کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

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

نکات ایمنی

نکات ایمنی و بهداشتی هنگام آماده‌سازی مخلوط ماسه

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

مراحل آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری

الف) افزودن چسب و رطوبت: مواد و اشیای ناخواسته از قبیل براده‌ها، تکه‌های چوب و... را از ماسه جدا کنید.
ـ با استفاده از آب‌پاش رطوبت مخلوط ماسه را به حد مطلوب برسانید.

نکته

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

ـ کلوخه‌های ماسه را با استفاده از غربال جدا و خرد کنید.
ـ مخلوط ماسه را با استفاده از بیل یکنواخت کنید.

نکته

در صورت استفاده از ماسهٔ 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

ـ مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری را به‌وسیلهٔ نیروی دست متراکم کنید (شکل ۲۰).



شکل ۲۱

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

نکته

در صورتی که مخلوط ماسهٔ داخل دست متلاشی شود نشان‌دهندهٔ کمبود رطوبت یا چسب است.



شکل ۲۲

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

توجه

ـ ایجاد شدن اثر انگشتان به طور واضح روی مخلوط ماسهٔ داخل دست نشان‌دهندهٔ ریز بودن دانه‌بندی ماسه است.

ـ با توجه به میزان مرطوب شدن دست حدود درصد تقریبی رطوبت ماسه، مشخص می‌شود.

توجه

ـ خیس شدن دست در اثر تماس با مخلوط ماسه نشان‌دهندهٔ درصد بالای رطوبت ماسه است.

ـ با پرتاب کردن مخلوط ماسهٔ داخل دست روی تودهٔ ماسه، درصد استحکام مخلوط ماسه مشخص می‌شود.

توجه

متلاشی شدن مخلوط ماسهٔ داخل دست در اثر پرتاب به توده ماسه نشان‌دهندهٔ 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 قالب‌گیری

مواد و وسایل مورد نیاز:

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

مراحل انجام کار

۱ مواد اولیه ترکیب ماسه قالب‌گیری آماده شده در فعالیت صفحه۱۵ (که شامل ماسه سیلیسی و بنتونیت و دکسترین است) را با یکدیگر مخلوط کنید.

۲ با افزودن آب به‌صورت مرحله به مرحله مخلوط ماسه قالب‌گیری را آب پاشی کرده و توسط بیل ماسه را زیر و رو کنید.

۳ در چند نوبت فرایند آب‌پاشی و زیر و رو کردن ماسه را ادامه دهید تا رطوبت ماسه به مقدار مطلوب برسد.

۴ مقداری ماسه برداشته و به‌صورت تجربی آزمایش کنید که مخلوط ماسه آماده شده شکل‌پذیری،چسبندگی و استحکام کافی را دارد.

۵ جهت ترکیب یکنواخت مخلوط مواد قالب‌گیری یا سرند دستی مخلوط آماده شده را سرند کنید.

۶ مقداری ماسه آماده شده را مشت کرده و به‌صورت تجربی تست کنید که شکل پذیری و استحکام کافی داشته باشد.

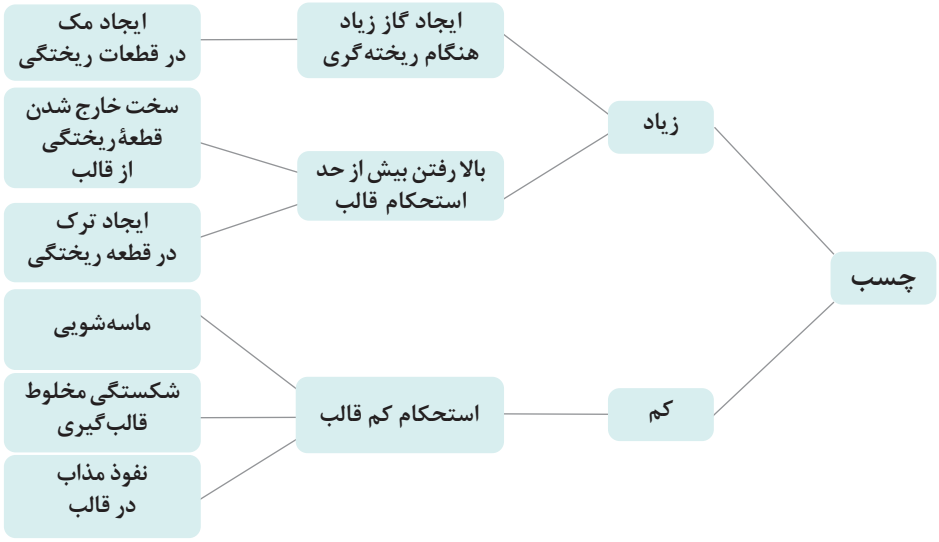
نکات ایمنی و حفاظتی

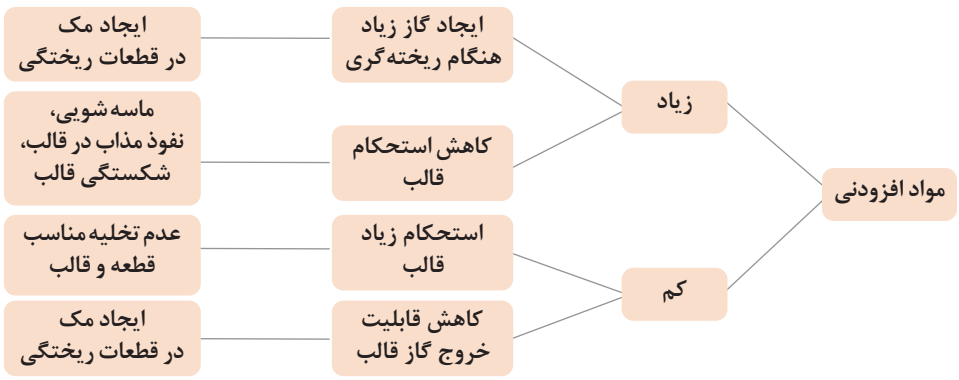
ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.

ـ 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 ماسهٔ قالب‌گیری را بهبود بخشید؟
با استفاده از مواد افزودنی از قبیل خاک اره، آرد حبوبات و ملاس و چغندرقند 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 استفادهٔ بیش از حد از چسب‌ها یا کاهش مقدار آنها در مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری، باعث کاهش کیفیت قالب و قطعهٔ تولید شده می‌گردد. به این صورت که با افزایش چسب در مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری، خواص عمومی مخلوط، به ویژه قابلیت نفوذ گاز، کاهش و استحکام، افزایش پیدا می‌کنند. از طرفی با کاهش مقدارِ چسب در مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری، استحکام قالب کاهش می‌یابد و باعث ایجاد عیوبی در قطعات نظیر ماسه‌شویی، شکستگی قالب و نفوذ مذاب می‌شود.





فعالیت کارگاهی

استفاده از افزودنی‌ها به مخلوط ماسه قالب‌گیری

مواد و وسایل مورد نیاز:

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

مراحل انجام کار

۱ مقدار ۵ درصد وزنی خاک اره جهت مخلوط ماسه قالب‌گیری فعالیت کارگاهی قبل محاسبه و وزن کنید.
۲ خاک اره را با مخلوط ماسه قالب‌گیری آماده شده در فعالیت کارگاهی صفحه ۱۷ ترکیب کرده و با بیل مخلوط ماسه آماده شده را در چندین مرحله زیر و رو کنید.
۳ جهت ترکیب یکنواخت افزودنی‌ها مخلوط ماسه آماده شده را سرند کنید.
۴ مقداری مخلوط ماسه آماده شده را مشت کرده و به‌صورت تجربی تست کنید که شکل‌پذیری و قابلیت فروپاشی آن را آزمایش کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

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

فعالیت کلاسی

هدف از افزودن مواد زیر به مخلوط ماسه قالب‌گیری 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 حبوبات	بالا بردن استحکام در درجه حرارت بالا
آهن اکسید	بهبود کیفیت سطح تمام شده و مقاومت به نفوذ مذاب
پودر سیلیس	جلوگیری از انجام واکنش‌های فلز ـ 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	

فعالیت کارگاهی

آماده سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری 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

۱ 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 قالب‌گیری را آماده کنید.
۴ از مخلوط ماسه با چسب ۲٪ که آماده شده است مقدار ۱۰۰ کیلو مخلوط ماسه قالب‌گیری آماده شده را وزن کرده و به‌صورت جداگانه مقدار ۵٪ چسب بنتونیت وزن شده را با این مخلوط ماسه ترکیب کرده و در صورت نیاز رطوبت به مخلوط قالب‌گیری 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 شکل‌پذیری و استحکام آن را آزمایش کنید.
۶ سپس یک مشت ماسه از ترکیب شامل ۵٪ چسب برداشته و مشت کرده و قابلیت شکل‌پذیری و استحکام آن را آزمایش کنید.
۷ قابلیت شکل‌پذیری و فروپاشی مخلوط ۲٪ و مخلوط ۵٪ را با یکدیگر مقایسه کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

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

فعالیت کلاسی

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

میزان چسب	قابلیت نفوذ گاز	استحکام	دلیل
کم			
زیاد			
مطلوب			

فعالیت کلاسی

ریخته‌گریِ دو قالب ماسه‌ای، 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 ریخته‌گری.

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 : آماده‌سازی مخلوط ماسه‌تر

شرح کار:

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

استاندارد عملکرد: آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری

شاخص:

۱ـ کیفیت آماده‌سازی ۲ـ مقدار رطوبت

۳ـ مقدار چسب ۴ـ خواص مخلوط قالب‌گیری بر اساس استاندارد

شرایط انجام کار:

۱ـ محیط کارگاهی ۲ـ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس

۳ـ تهویه استاندارد و دمای $۲۰^{\circ}C \pm ۳$ ۴ـ اندازه‌ها براساس استاندارد

۵ـ وسایل ایمنی استاندارد ۶ـ ابزار و تجهیزات استاندارد

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب بنتونیت، آب پاش، بیل ریخته‌گری، سرند، سرند برقی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	وزن ماسه سیلیسی	۱	
۲	محاسبه مقدار چسب و افزودنی‌ها	۱	
۳	آماده‌سازی مخلوط ماسه تر قالب‌گیری	۲	
۴	آزمون‌تجربی مخلوط ماسه آماده شده	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:* ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳ـ تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه ۴ـ 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.

واحد یادگیری ۲: تعیین خواص مخلوط ماسه قالب‌گیری

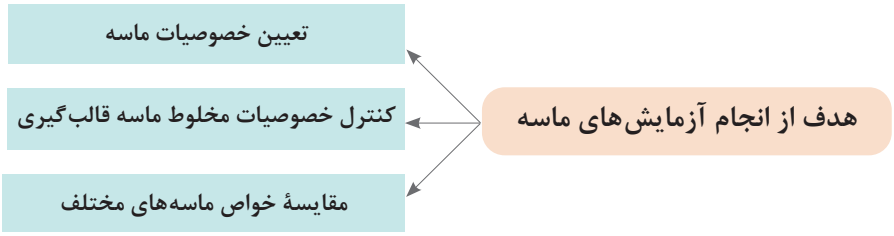
به‌طور کلی خصوصیات ماسه‌های ریخته‌گری را به کمک آزمایش‌های استاندارد ماسه تعیین می‌کنند. روش هر آزمایش و شرایط کار به‌صورت استاندارد معین شده است. آزمایش‌های ماسه راه مناسبی برای تعیین خصوصیات ماسه‌های مصرفی در صنایع ریخته‌گری هستند. در این واحد یادگیری روش انجام آزمایش‌های مختلف ماسه قالب‌گیری توضیح داده شده است و به‌صورت 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)

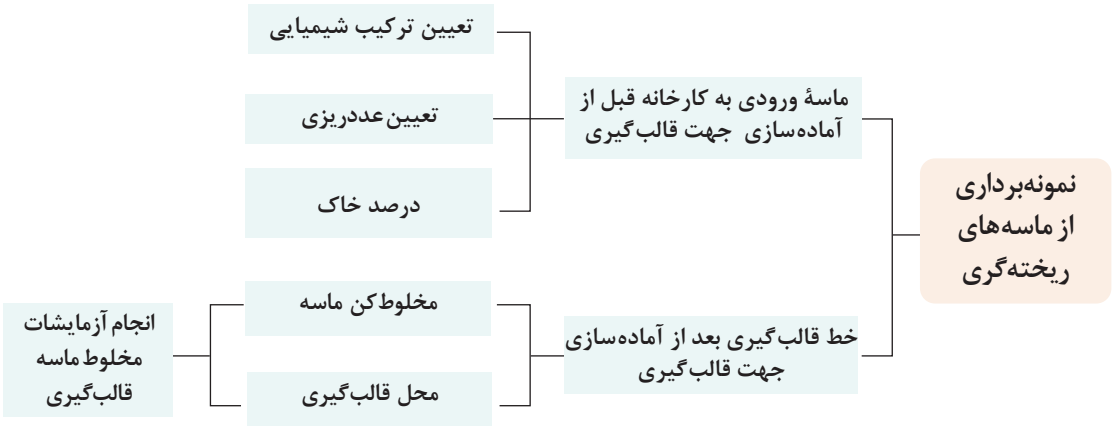
ماهیت و طبیعت ماسهٔ قالب‌گیری را می‌توان به کمک نتایج آزمایش‌های استاندارد ماسه تشریح و توصیف کرد. جزئیات کامل آزمایش‌ها، روش و تجهیزات مورد نیاز برای هر آزمایش مشخص و تبیین شده است و هر آزمایش به‌صورت استاندارد و به‌شکل معین اجرا می‌شود.



کلیهٔ آزمایش‌های ماسه باید بر روی نمونه‌هایی که از قبل آماده شده است، انجام گیرد. در حقیقت، چنین نمونه‌هایی شامل مقدار کمی از ماسهٔ مورد نظر است که با شیوه‌ای مشخص از انبوه ماسه اصلی برداشته شده است. بسیاری از اوقات هم این‌گونه نمونه‌ها از طریق مخلوط کردن ماسهٔ خشک با چسب خاک رس و آب و یا مواد دیگر و نیز از طریق روش‌های دیگری که در تهیهٔ قالب به‌کار 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 تهیهٔ نمونه استاندارد از ماسه‌های ریخته‌گری صورت می‌پذیرد و برای این کار روش‌های ویژه‌ای به اجرا در می‌آید. منظور از تهیهٔ نمونه، به‌دست آوردن مقدار قابل توجهی از ماسه مورد نظر است تا با استفاده از آن آزمایش‌های متداول برای کنترل وضعیت ماسهٔ مصرفی، بررسی تودهٔ 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 کلیهٔ 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 ماسهٔ نمونه جلوگیری به عمل آید.
نکتهٔ مهم دیگر اینکه نمونه‌های برداشته شده از تودهٔ ماسه باید به سرعت و در اولین فرصت تحت آزمایش قرار گیرند تا از ارتباط ما بین خواص نمونه‌ها و تودهٔ ماسه یا ماسه‌ای که در سیستم قالب‌گیری به‌کار می‌رود اطمینان حاصل شود. از آنجا که رطوبت بر روی خواص ماسه اثر قطعی دارد، این نکته اهمیت دارد که میزان رطوبت نمونهٔ ماسه معادل میزان رطوبت تودهٔ ماسه اولیه باشد.
لازم به ذکر است که برای بررسی تودهٔ 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 نمونهٔ استاندارد

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

نکات مهم در تهیهٔ نمونه استاندارد

نمونهٔ مخلوط ماسه قالب‌گیری: برای دستیابی به نتایج قابل قبول و تکرارپذیر در تهیهٔ نمونهٔ استاندارد باید در نمونه‌برداری از مخلوط ماسه موارد زیر مد نظر قرار گیرد:
ـ نمونهٔ ماسه باید از خط قالب‌گیری تهیه شود و استفاده از ماسه‌ای که در معرض هوا قرار گرفته توصیه نمی‌شود.
ـ نمونهٔ ماسه باید از الک $\frac{۱}{۴}$ اینچ عبور داده شود و سپس در یک ظرف در بسته محافظت گردد.
ـ برای انجام کلیه آزمایش‌های مذکور حداقل ۳ کیلوگرم ماسه از خط برداشته شود.
ـ برای اجتناب از کاهش رطوبت باید فاصله نمونه‌گیری و انجام آزمایش‌ها به حداقل زمان ممکن برسد.
برای آماده‌سازی نمونهٔ استاندارد، دستگاه نمونه‌ساز (کوبه آزمایشگاهی) مطابق شکل ۱ به‌کار گرفته می‌شود. با استفاده از این دستگاه نمونه‌های استاندارد برای آزمایش‌های استحکام، قابلیت نفوذ گاز، تعیین ضریب فشردگی و تعیین متلاشی شدن و خرد شوندگی ماسه تهیه می‌شود. روش آماده کردن نمونه‌های استاندارد توسط سازندهٔ دستگاه به همراه آن ارائه می‌شود. ولی درهرحال برای تهیهٔ یک نمونهٔ دقیق باید نکات زیر را رعایت کرد:
ـ دستگاه کوبه باید به یک پایه سفت و محکم پیچ شود.



شکل ۱ـ دستگاه کوبه آزمایشگاهی

ـ جهت تهیهٔ نمونه‌های استاندارد معمولاً ۱۴۵ تا ۱۷۵ گرم ماسه در استوانه (لوله یا سیلندر) استاندارد ریخته شده و سپس به‌وسیلهٔ دستگاه کوبهٔ آزمایشگاهی استاندارد سه ضربه، تا ارتفاع ۲ اینچ که در دستگاه نیز مشخص گردیده است تحت کوبش قرار می‌گیرد. توجه شود که فاصلهٔ بین سه ضربه متوالی باید استاندارد شود و تکرارپذیر باشد؛

ـ ماسه ترجیحاً توسط یک قیف به داخل لوله ریخته شود؛

ـ سطوح داخل لوله همیشه تمیز و صیقلی نگهداری شود؛

ـ هنگام جدا کردن نمونه از لوله باید از میله‌ای به قطر ۲ اینچ استفاده شود؛

ـ دستگاه کوبه باید به‌صورت مداوم تمیز و بخش‌های متحرک آن روغن‌کاری شوند.

فعالیت کارگاهی

تهیه نمونه استاندارد از مخلوط ماسه قالب‌گیری

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 کفه‌ای
۸ کوبه استاندارد آزمایشگاهی

مراحل انجام کار

۱ مقدار ۱۰۰کیلوگرم ماسه سیلیسی با ۵ درصد چسب و ۵ درصد بنتونیت به ترتیب مراحلی که در فعالیت کارگاهی صفحه ۱۷ گفته شد آماده کنید.

۲ مقادیر ۱۵۰گرم مخلوط ماسه آماده شده را توسط ترازوی کفه‌ای وزن کنید.

۳ قالب استوانه‌ای 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

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

ـ تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.

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

آزمایش‌های مخلوط ماسه قالب‌گیری

برای کنترل و تعیین خواص مخلوط ماسه قالب‌گیری آزمایش‌های مختلفی انجام می‌گیرد که آگاهی از آنها برای افرادی که در صنایع ریخته‌گری مشغول به کار هستند لازم و ضروری است که در ادامهٔ بحث مهم‌ترین آنها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

آزمایش تعیین اندازه و توزیع ذرات ماسه

هدف از این آزمایش تعیین عدد ریزی ماسه قالب‌گیری است، عدد ریزی ماسهٔ ریخته‌گری توسط اندازه و توزیع ذرات آن تعیین می‌شود. به عبارت دیگر دو عامل اندازهٔ دانه‌ها و نحوهٔ توزیع دانه‌ها تعیین‌کنندهٔ عدد ریزی ماسه است. منظور از آزمایش ریزی تعیین درصد اندازهٔ مختلف دانه‌های ماسه و مقدار خاک رسی است که در ماسه موجود است. ذراتی از ماسه که اندازهٔ آنها از ۲ میکرون (۰/۰۰۲میلی‌متر) کوچک‌تر باشند، خاک رس محسوب می‌شوند. مقدار خاک رس موجود در ماسه را می‌توان جداگانه و به روش خاص تعیین کرد و درصد اندازهٔ مختلف دانه‌های ماسه نیز از طریق آزمایش ریزی قابل تعیین است.

اهمیت میزان عدد ریزی

عدد ریزی اثر قابل توجهی بر خواص ماسه ریخته‌گری دارد که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:

- استحکام
- نفوذپذیری
- کارپذیری
- هزینهٔ آماده‌سازی ماسه
- سطح نهایی قطعات ریختگی

آزمایش تعیین اندازه و پخش ذرات ماسه (عدد ریزی) جزء آزمایش‌های اولیه ماسه است و معمولاً این آزمایش بر روی ماسهٔ ورودی به کارخانه انجام می‌شود و نتایج حاصل از آن می‌تواند کاربردهایی به‌صورت زیر داشته باشد:

حفظ خواص یکنواخت در ماسهٔ مورد مصرف	راهنمایی برای نسبت صحیح مواد ریز و توزیع صحیح اندازه دانه‌های ماسه
مبنایی برای بیان مشخصات ماسه به هنگام سفارش خرید	راهنمایی برای مقدار چسب مورد نیاز در ماسهٔ جدید

روش انجام کار: روش آزمایش عدد ریزی برای ماسه‌هایی که حاوی مواد چسبندهٔ خاک رس هستند با ماسه‌هایی که دارای خاک رس نیستند متفاوت است. اما الک‌های اندازه‌گیری ریزی دانه‌ها برای هر دو نوع یکسان است. سری الک‌های مورد استفاده برای انجام آزمایش جدا کردن با الک در جدول ۱ مطابق استاندارد جامعهٔ ریخته‌گران آمریکا[1] (AFS) آمده است.

در این استاندارد، سیستم آزمایش از ۱۴ غربال (الک) تشکیل شده است که درشت‌ترین غربال آن با شمارهٔ ۴ (در هر اینچ طولی دارای ۴ سوراخ) و ریزترین غربال آن با شمارهٔ ۲۷۰ (در هر اینچ طولی دارای ۲۷۰ سوراخ) است. در آزمایشگاه‌های مختلف معمولاً از ۱۱ ردیف غربال یا الک برحسب ریزی و درشتی ذرات ماسه استفاده می‌شود. واژهٔ شبکه یا مش[2] به معنی تعداد سوراخ‌ها در طول یک اینچ است. واژهٔ مِش به تنهایی بدون معنی است مگر

۱ـ American Foundry Society ۲ـ mesh

اینکه قطر یا ضخامت سیم نیز داده شود. به‌طوری‌که با استفاده از اندازه قطر سیم بتوان اندازه سوراخ را تعیین کرد. اندازه سوراخ در حقیقت اندازهٔ ذرات عبور کرده را مشخص می‌کند و مش به همراه قطر سیم فقط برای تعیین اندازهٔ سوراخ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۱ـ مشخصات و ضریب الک‌ها استاندارد براساس AFS

شمارهٔ الک استاندارد	قطر سیم	تلرانس مجاز ٪ +	اندازهٔ طول دهانه (میلی‌متر)	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 الک‌ها یک نسبت ثابت بین اندازه‌های مختلف وجود دارد. این نسبت ثابت برابر ۱/۴۱۴ یا ریشهٔ دوم عدد ۲ است. مثلاً در ترتیب سری الک‌های استاندارد آمریکایی، اندازهٔ ضلع یا سوراخ یک الک معادل ۱/۴۱۴ برابر اندازهٔ سوراخ الک پایینی است. به عبارت دیگر در این سری الک‌ها، اندازهٔ مساحت و سوراخ یک الک معادل نصف مساحت سوراخ الک بالایی است. هریک از الک‌های موجود در یک سری از الک‌های استاندارد با یک شمارهٔ الک و یک ضریب الک (a_i) مشخص می‌شود. شماره الک عبارت است از تعداد سوراخ‌های موجود در طول یک اینچ از الک و ضریب الک عددی است که در محاسبهٔ عدد ریزی از آن استفاده می‌شود.

معمولاً یک درپوش بر روی بالاترین الک در سری الک‌ها قرار می‌گیرد و یک کفه در زیر پایین‌ترین الک (الک شماره ۲۷۰ در استاندارد آمریکا) قرار داده می‌شود تا موادی که از آخرین الک عبور می‌کند، در آن جمع شود.

وسایل مورد نیاز انجام آزمایش

۱ دستگاه تعیین دانه‌بندی ماسه

این دستگاه‌ها معمولاً برقی با عملکرد اتوماتیک است. دارای حداقل شش الک هرکدام با یک مش جداگانه و یک عدد درپوش و یک عدد کفهٔ تحتانی است. در شکل۲ دو نمونه از این دستگاه‌ها نشان داده شده است.



شکل ۲ــ 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 شکل۳ نمونه‌هایی از این ترازوها نشان داده شده است.



الف) ترازوی دیجیتالی **ب) ترازوی مکانیکی**

شکل۳ــ 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 روزنه‌های 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 شکل۴ برس‌های مخصوص تمیز کردن الک‌های آزمایشگاهی نشان داده شده است.



شکل ۴ــ برس‌های مخصوص تمیز کردن الک‌های آزمایشگاهی

دستورکار انجام آزمایش: ابتدا یک نمونه از ماسهٔ 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 به‌صورت زیر ادامه دهید:

۱ نمونهٔ 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 به‌دقت 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 شبکهٔ هر الک استفاده شود.

۵ پس از تعیین جرم ماسه‌های باقی‌مانده بر روی کلیه الک‌ها، عددریزی ماسه با استفاده از روابط مربوطه محاسبه و تعیین می‌شود. لازم به ذکر است که پس از اتمام کار، مجموع جرم ماسه‌های باقی‌مانده برروی همه الک‌ها به‌علاوهٔ جرم ماسهٔ باقی‌مانده بر کفه باید برابر جرم نمونهٔ اولیه باشد.

۶ برای محاسبه و تعیین عددریزی 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 رابطهٔ زیر تعیین شود:

$$\text{(درصد باقی‌مانده بر روی هر الک)}\ g_i = \frac{\text{جرم مواد باقی‌مانده در هر الک}}{\text{جرم نمونه اولیه}} \times ۱۰۰$$

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

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

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

مقدار عددریزی ماسه را می‌توان توسط رابطهٔ زیر به‌دست آورد:

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

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

مثال زیر نحوهٔ محاسبهٔ 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 ۲ـ نتایج آزمایش جداکردن با الک برای نمونه بالا

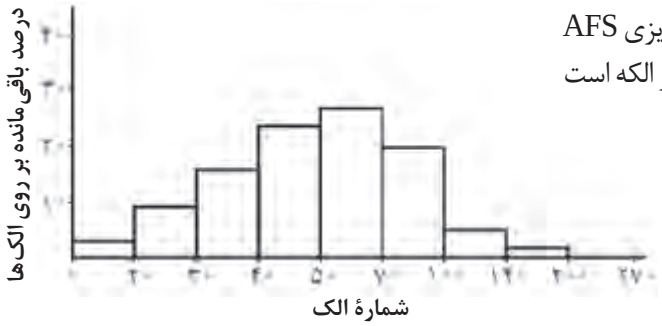
شماره سری الک استاندارد آمریکا	جرم باقی‌مانده برروی هر الک (گرم)	درصد باقی‌مانده برروی هر الک gi	ضریب الک ai	حاصل ضرب gi و ai
۶	۰	۰/۰	۳	۰
۱۲	۰	۰/۰	۵	۰
۲۰	۰	۰/۰	۱۰	۰
۳۰	۰	۰/۰	۲۰	۰
۴۰	۰/۲	۰/۴	۳۰	۱۲
۵۰	۰/۶۵	۱/۳	۴۰	۵۲
۷۰	۱/۲	۲/۴	۵۰	۱۲۰
۱۰۰	۲/۲	۴/۴	۷۰	۳۰۸
۱۴۰	۸/۲	۱۶/۴	۱۰۰	۱۶۴۰
۲۰۰	۱۱/۰۵	۲۲/۱	۱۴۰	۳۰۹۴
۲۷۰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

با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول۲ عددریزی ماسه به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$a = \frac{\sum a_i \, g_i}{\sum g_i} = \frac{۱۴۲۶۶}{۸۷/۴} = ۱۶۳/۲$$

روش‌های مختلفی برای بیان نتایج و ارائهٔ وضعیت عددریزی ماسه وجود دارد، که یکی از پر کاربردترین آنها رسم نمودار درصد باقی‌مانده به‌صورت ستونی است، بدین‌ترتیب که درصد باقی‌مانده بر روی هر الک محاسبه شده و ستونی متناسب با مقدار آن در نقطهٔ شمارهٔ 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 این‌گونه الک‌ها مشخص‌کنندهٔ چند الکه بودن ماسهٔ مورد آزمایش است. به شرط آنکه مطابق استاندارد AFS مجموع درصد باقی‌مانده بر روی همهٔ الک‌های نام برده شده بیش از ۷۵ درصد باشد. به‌عنوان

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



شکل ۵ــ نمودار ستونی درصد باقی‌مانده بر هر الک بر حسب شماره الک

نکته

لازم به ذکر است در مورد ماسه‌هایی که دارای خاک رس هستند، برای محاسبه و تعیین عددریزی 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 می‌توان آزمایش جدا کردن با الک یا غربال را انجام داد.

جدول ۳ــ درصد باقی‌مانده بر روی هر الک برای دو ماسه با عددریزی یکسان و توزیع اندازه متفاوت

شمارهٔ الک استاندارد	درصد باقی‌مانده (ماسهٔ الف)	درصد باقی‌مانده (ماسهٔ 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
عددریزی AFS	۶۰	۶۰

به‌طور کلی عدد ریزی ماسه راهی سریع برای بیان متوسط اندازهٔ دانه‌های یک ماسه است و مقدار آن می‌تواند برای مقایسه درجهٔ ماسه با ماسه‌های دیگر به‌کار رود یا برای کنترل ماسهٔ ذخیره یا ماسهٔ در گردش یک کارگاه ریخته‌گری مورد استفاده قرار گیرد. عددریزی ماسه همچنین برای محاسبهٔ دیگر اطلاعات مربوط به عملیات ماسه ریخته‌گری مفید است.

عددریزی، اطلاعات مربوط به توزیع اندازه دانه‌ها در ماسه را ارائه نمی‌کند. بنابراین احتمال دارد دو ماسه که دارای یک عدد ریزی هستند، توزیع دانه متفاوت داشته باشند و نفوذپذیری و قابلیت عبور گاز آنها نیز متفاوت باشد. گذشته از آن، خواص دو ماسه که عددریزی یکسانی دارند می‌تواند به واسطهٔ تفاوت در شکل دانه‌های آنها یکسان نباشد. نمونه‌ای از دو ماسهٔ مختلف که عدد ریزی یکسان دارند ولی توزیع دانه‌های آنها متفاوت است در جدول شماره ۳ آمده است.

جدول شماره۴ نیز نتایج آزمایش تفکیک با الک و عددریزی سه نوع ماسه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود ماسهٔ دریاچه دارای عدد ریزی AFS معادل ۵۶ است و سه الکه است. ماسهٔ انباشته مورد آزمایش چهار الکه و عدد ریزیAFS آن معادل ۸۸/۱ است، برای تهیهٔ ماسه‌ای که از نظر وضعیت دانه‌بندی مابین دو ماسه نام برده قرار داشته باشد، ۴۰٪ ماسهٔ انباشته و ۶۰٪ ماسهٔ دریاچه مخلوط شده و ماسه‌ای چهار الکه با عدد ریزی AFS معادل ۶۸/۷ حاصل شده است.

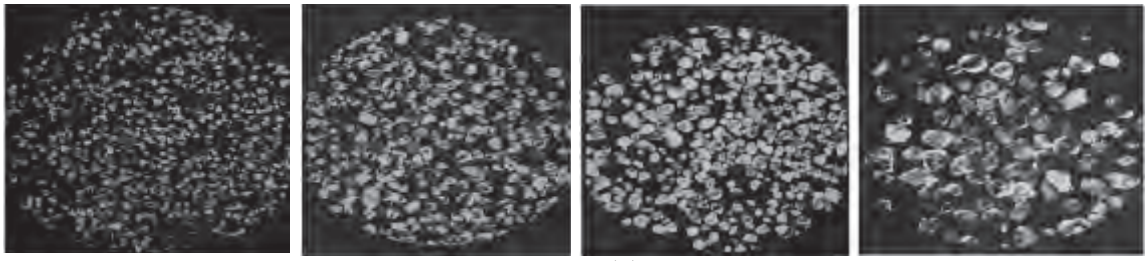
جدول ۴ـ نتایج آزمایش تفکیک با الک و عدد ریزی برای چند نوع ماسه

نوع ماسه / شمارهٔ الک	ماسهٔ دریاچه (درصد باقی‌مانده)	ماسهٔ انباشته (درصد باقی‌مانده)	ماسه‌ای مرکب از ۶۰٪ ماسهٔ دریاچه و ۴۰٪ ماسهٔ 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
عددریزی AFS	۵۶	۸۸/۱	۶۸/۷

اندازه و پخش ذرات ماسه بسیاری از خواص مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ذرات ریز ماسه در حالی‌که سطوح صافی را در قالب به‌وجود 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 دانهٔ 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 حالی‌که ماسه‌های گوشه‌دار استحکام و شکل‌پذیری خوبی داشته ولی قابلیت نفوذ نامطلوبی دارند. در عمل به دلیل فراهم کردن مجموعهٔ مناسبی از خواص ذکر شده معمولاً از ماسه‌هایی با شکل‌های مختلف (نیمه‌گوشه‌دار) استفاده می‌شود. در شکل۶ تصاویر میکروسکوپی نمونه‌هایی از ماسه‌های نیمه گوشه دار مورد استفاده در ریخته‌گری با عدد ریزیِ 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.



عددریزی AFS: ۴۶ | عددریزی AFS : ۵۵ | عددریزی AFS: ۹۱ | عددریزی AFS : ۱۲۳

شکل ۶ـ تصاویر میکروسکوپی چند نمونه ماسهٔ نیمه گوشه دار

فعالیت کارگاهی

آزمایش تعیین عدد ریزی ماسه با دستگاه شیکر الک برقی

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱ ماسه سیلیسی ۲ دستگاه شیکر الک برقی ۳ ترازوی کفه‌ای

۴ ترازوی دیجیتال ۵ فرچه مویی نرم

مراحل انجام کار

۱ مقدار ۱۵۰گرم 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 عددریزی ماسه را محاسبه کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

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

ـ تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.

آزمایش تعیین مقدار خاک‌رس



شکل ۷ـ نمونه‌ای از خاک رس

خاک‌رس (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[1] 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 تهیهٔ 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 ($Al_2O_3 . 2SiO_2 . 2H_2O$) است و ناخالصی‌هایی که مانند سدیم، پتاسیم، آهن و کلسیم به‌صورت 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 به‌کار می‌رود. از نقطه نظر قالب‌گیری مهم‌ترین خاصیت خاک‌ها جذب آب است که پس از یونیزاسیون تولید یون‌های $2H^+$ 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.

به‌طور کلی میزان خاک مخلوط ماسه قالب‌گیری به ذراتی اطلاق می‌گردد که قطر آنها کمتر از ۰/۰۰۲ 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.

۱ـ Calcination

فعالیت کارگاهی

آزمایش تعیین مقدار خاک رس ماسه

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱ مخلوط ماسه قالب‌گیری
۲ خشک کن 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 پیرو فسفات
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 درجهٔ 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 آن‌قدر به آن آب مقطر اضافه کنید تا ارتفاع محلول به ۱۵سانتی‌متر برسد و سپس ۱۰ دقیقه به محلول زمان استراحت دهید تا ماسه ته نشین شود (در این شرایط خاک رس به‌صورت معلق در محلول خواهد ماند).

۴ در این مرحله سیفون را در ارتفاع ۱۲/۵ سانتی‌متری تنظیم و به‌وسیله 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 درجهٔ سلسیوس نگهداری کنید.

۸ ماسهٔ خشک شده را با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن کنید و توسط رابطه مربوطه درصد خاک رس را محاسبه کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

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

نکته

افزودن محلول استاندارد ۱/۵ درصد سدیم پیروفسفات ($Na_4P_2O_7$) 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 آن‌قدر 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. این‌گونه ذرات دارای قطری معادل ۲ میکرون یا کوچک‌تر از آن هستند و خاک‌رس محسوب می‌شوند.

رابطهٔ محاسبه درصد خاک‌رس : میزان خاک رس مخلوط ماسه قالب‌گیری با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

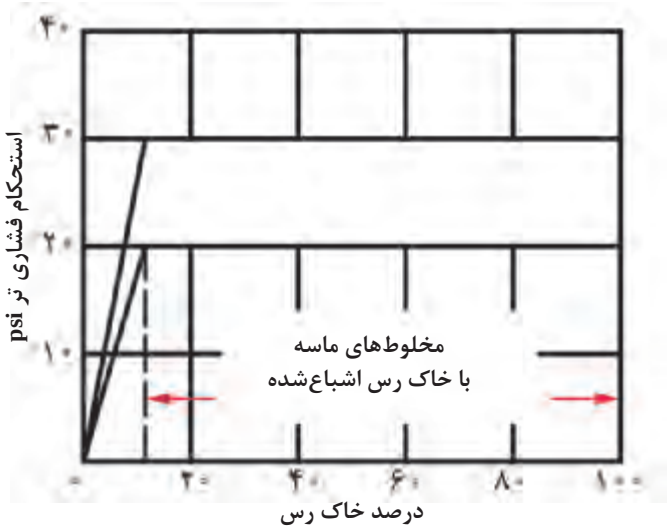
$$\text{درصد خاک ماسه} = \frac{\text{جرم ماسه بعد از آزمایش} - \text{جرم اولیهٔ ماسه}}{\text{جرم اولیهٔ ماسه}} \times ۱۰۰$$

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، تعیین‌کنندهٔ استحکام و نفوذپذیری ماسه ریخته‌گری است. همچنین اطلاع از میزان خاک رس می‌تواند امکان پیش‌بینی خصوصیات ماسه را فراهم سازد.

به‌طورکلی ماسه‌های قالب‌گیری را می‌توان براساس میزان خاک رسی که به همراه دارند به دو صورت ماسهٔ اشباع شده از خاک رس یا ماسه اشباع نشده از خاک رس دسته‌بندی کرد.

ماسهٔ اشباع شده از خاک رس، ماسه‌ای است که حاوی مقدار بسیار زیادی از خاک رس است به‌طوری‌که افزایش بیشتر خاک رس به آن باعث افزایش استحکام فشاری تر چنین ماسه‌ای نمی‌شود. این مطلب در شکل شماره ۸ به‌صورت یک نمودار نشان داده شده است، دراین نمودار حداکثر استحکام فشاری تر بر حسب درصد خاک رس ترسیم شده است.

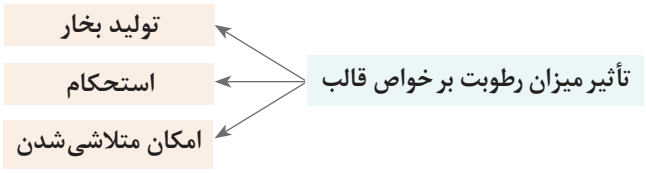
از بررسی نمودار شکل ۸ نتیجه می‌شود که وقتی مقدار خاک رس موجود به یک حد خاص افزایش یابد و ماسه به حالت اشباع از خاک رس برسد، ادامهٔ افزایش خاک رس اثری بر استحکام نهایی نخواهد داشت. همچنین منطقهٔ پهن شده نمودار، تغییرات حداکثر استحکام فشاری‌تر را که بر اثر خلوص خاک رس و نوع آن، وضعیت اندازه و توزیع دانه‌ها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



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

آزمایش‌های تعیین رطوبت

رطوبت عبارت است از آب ظاهری موجود در ماسه به میزان ۳/۵ 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 ماسهٔ قالب‌گیری باید در حداقل مقدار خود درنظر 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 ماسهٔ 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.

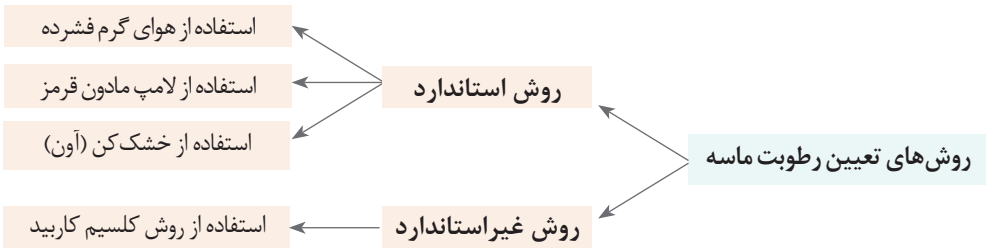
۳ جلوگیری از به‌وجود آمدن قالب‌هایی با فشردگی بسیار زیاد

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 ماسهٔ تر و بعد از ریخته‌گری با درصد آب موجود در ماسهٔ قالب رابطه مستقیم دارد. به‌طوری‌که تعداد زیادی از عیوب به‌وجود آمده در قطعات ریختگی نتیجهٔ 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.



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 اولیهٔ آن است و معمولاً برحسب درصد بیان می‌شود. در شکل۹ تجهیزات اندازه‌گیری رطوبت ماسه به روش استاندارد نشان داده شده است.



دستگاه هوای گرم فشرده



خشک‌کن (آون)





دستگاه تولید اشعه مادون قرمز

شکل ۹ــ 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 به‌کار 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
- کورهٔ الکتریکی کوچک (آون)
- ظرف فلزی
- ترازوی دقیق دیجیتالی
- دسیکاتور

نکته

بهتر 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.

نحوهٔ محاسبه درصد رطوبت مخلوط ماسه قالب‌گیری

به‌طور کلی در هر دو روش خشک کردن چنانچه جرم‌های اندازه‌گیری شده، قبل و بعد از خشک کردن ماسهٔ 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 ماسهٔ مرطوب (m) ۵۰ گرم است بنابراین:

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

فعالیت کارگاهی

آزمایش تعیین درصد رطوبت

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱ مخلوط ماسه قالب‌گیری ۲ دستگاه خشک کن (آون)

۳ ترازوی کفه ای ۴ ترازوی دیجیتال

مراحل انجام کار

۱ مقدار ۵۰گرم ماسه آماده قالب‌گیری را برداشته و توسط ترازوی کفه‌ای وزن کنید.

۲ سپس ماسه وزن شده را درون خشک‌کن (آون) در دمای ۱۰۵ درجهٔ سلسیوس به‌مدت 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

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

ـ تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.

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

با توجه به اینکه مخلوط ماسه‌های قالب‌گیری دارای خاک رس و یا چسب‌های خاکی جهت چسبندگی ذرات ماسه به یکدیگر می‌باشند و از آن‌جایی که از نقطه نظر قالب‌گیری مهم‌ترین خاصیت خاک‌ها جذب رطوبت است که به‌دلیل جذب آب توسط خاک، ذرات آن و ذرات ماسه به هم اتصال می‌یابند، که این عمل در داخل آب و رطوبت ماسه انجام می‌شود بنابراین کنترل میزان رطوبت مخلوط ماسه قالب‌گیری جهت بالابردن قابلیت قالب‌گیری و تولید قطعات سالم و بدون عیب اهمیت فراوانی دارد.

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

پرسش

اگر رطوبت مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری در حد بهینه نباشد ممکن است باعث بروز چه عیوبی در قطعات ریختگی شود؟

درباره پرسش بالا بحث و گفت‌وگو کنید و نتیجه را به‌صورت گزارش کار به هنرآموز خود تحویل دهید.

روش‌های تعیین استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری

استحکام مخلوط ماسه‌های قالب‌گیری را می‌توان در آزمایش‌های استحکام فشاری، برشی، کششی یا خمشی تعیین کرد. برای هر یک از خواص نام برده شده روش‌های آزمایش خاصی وجود دارد. اطلاع از استحکام مخلوط ماسه‌های قالب‌گیری و مبانی کنترل این خواص برای بهترین کاربرد و استفادهٔ بهتر از ماسه‌های

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



شکل ۱۰ـ انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری استحکام ماسه

لازم به ذکر است که کلیهٔ این دستگاه‌ها چندکاره[1]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، ماسهٔ تر حاصل می‌شود. ماسهٔ 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 به‌منظور 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 عددریزی ماسه بستگی دارد.

استحکام فشاری تر عبارت است از بیشترین تنش فشاری بر حسب psi (پوند بر اینچ مربع) که یک نمونه ماسهٔ تر با ابعاد استاندارد (۲ in × ۲ in) می‌تواند تحمل کند. چنین نمونه‌ای از مخلوط ماسهٔ مورد نظر تهیه و به کمک کوبهٔ 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.

۱ـ universal

فعالیت کارگاهی

آزمایش تعیین استحکام فشاری تر

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱ مخلوط ماسه قالب‌گیری 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

ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
ـ تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
ـ 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 اندازهٔ 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.

فعالیت کارگاهی

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

مواد و وسایل مورد نیاز:

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

مراحل انجام کار

۱ نمونه استاندارد از مخلوط ماسه قالب‌گیری با ۴،۶،۸ و ۱۰درصد چسب تهیه کنید.
۲ هر کدام از نمونه‌ها را در دستگاه استحکام فشاری قرار داده و مقدار استحکام به‌دست 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 به‌دست آمده و نمودارها را با یکدیگر مقایسه کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

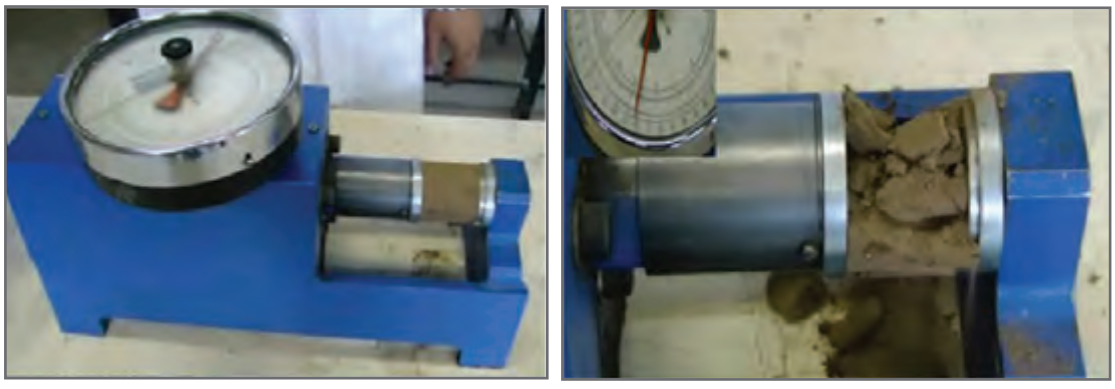
ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
ـ تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
ـ در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

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 می‌شود ماسه با فلز داغ تماس حاصل می‌کند و رطوبت موجود در آن به سرعت تبخیر می‌شود و به‌صورت بخار خارج می‌شود. ماسهٔ خشک باید استحکام کافی برای مقاومت در برابر فرسایش و نیز استحکام کافی در برابر فشار متالواستاتیکی[1] مذاب داشته باشد در غیراین‌صورت احتمال دارد که قالب اندازه و ابعاد خود را از دست بدهد.
عموماً استحکام فشاری خشک نیز همانند استحکام فشاری تر تحت تنش‌های 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 می‌تواند تحمل کند و گسیخته نشود.
لازم به ذکر است که اصطلاح استحکام خشک هم در مورد ماسه قالب‌گیری که در فرایند قالب‌گیری خشک شده و هم به ماسه قالب که پس از ورود مذاب به داخل آن خشک شده، به کار می‌رود.
دستگاه مورد استفاده جهت اندازه‌گیری استحکام در این آزمایش همانند آزمایش استحکام فشاری تر است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱

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

فعالیت کارگاهی

آزمایش تعیین استحکام فشاری خشک

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱ مخلوط ماسه قالب‌گیری 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 به‌مدت 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

ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
ـ تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
ـ 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

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

وسایل مورد نیاز

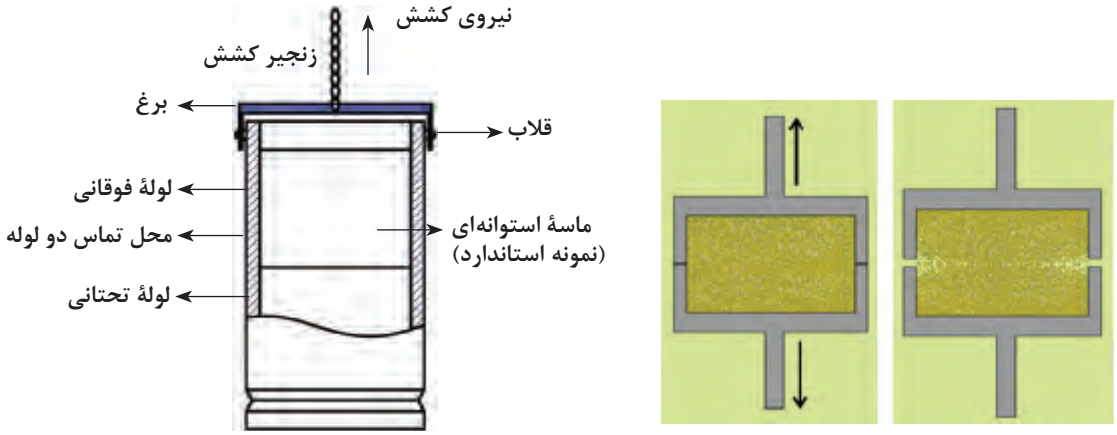
- ترازوی آزمایشگاهی
- استوانهٔ استاندارد آماده‌سازی نمونهٔ دو تکه
- دستگاه کوبهٔ آزمایشگاهی
- دستگاه اندازه‌گیری استحکام ماسه

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 دستگیرهٔ 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 نشان‌دهندهٔ استحکام کششی تر است.

نکته

لازم بـه ذکر است در این آزمـایش سرعت کشش بین ۰/۵ تـا ۵ میلی‌متر بـر دقیقه و معمولاً ۲ میلی‌متر بر دقیقه است.



شکل ۱۲ــ تعیین استحکام کششی تر ماسه

فعالیت کارگاهی

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 ۱۰۰گرم مخلوط ماسه آماده شده را مطابق فعالیت کارگاهی صفحه ۱۷ به‌وسیله 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.

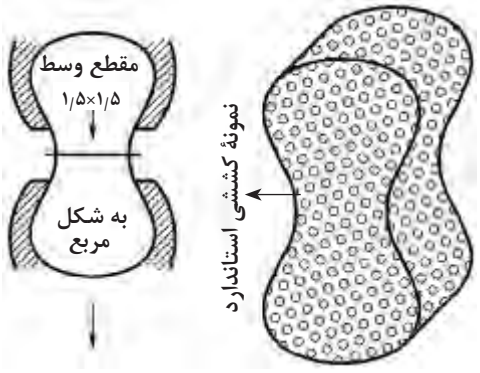
نکات ایمنی و حفاظتی

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

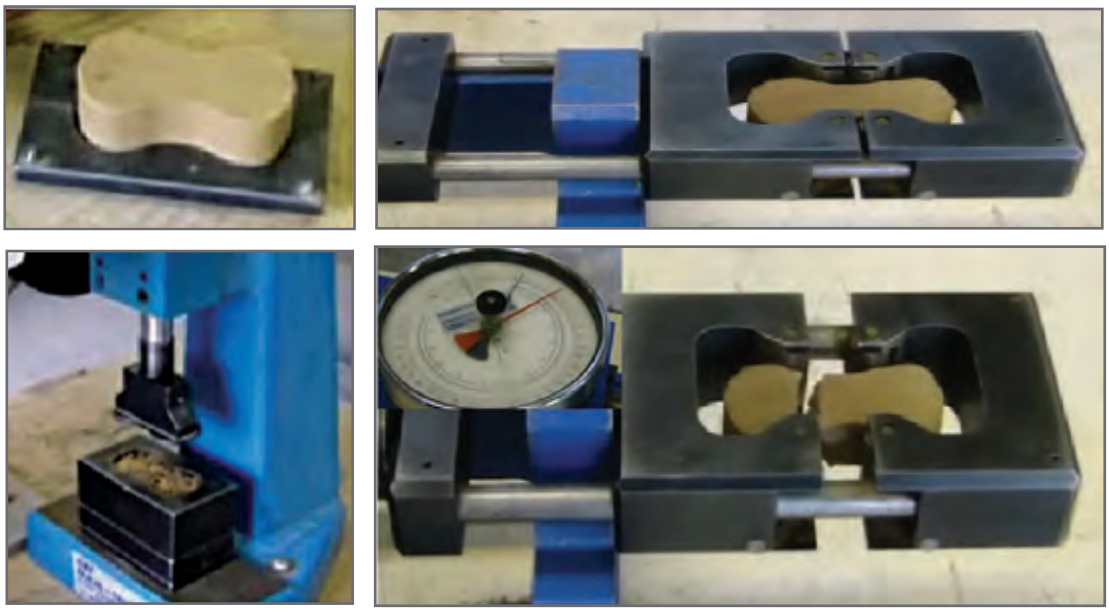
برای بررسی مقاومت به عیوب انبساطی، بررسی استحکام کششی تر بسیار مهم است. عیوب ناشی از انبساط در فصل مشترک فلز / ماسه و بلافاصله پس از ریخته‌گری به‌وجود می‌آید. استحکام قسمتی از ماسه که دارای غلظت آب بیشتر می‌باشد استحکام کششی‌تر نامیده می‌شود. وجود خاک فعال بیشتر به‌خصوص بنتونیت باعث به‌وجود آمدن استحکام بیشتر لایهٔ تر و همچنین افزایش پلاستیسیتهٔ بیشتر لایهٔ خشک خواهد شد. استحکام کششی تر همچنین اطلاعات خوبی در زمینه کیفیت بنتونیت مورد استفاده به ما می‌دهد.
به‌طور کلی استحکام مخلوط ماسهٔ تر 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

استحکام کششی خشک برابر است با حداکثر تنش کششی که یک نمونهٔ استاندارد ماسهٔ خشک می‌تواند بدون گسیختگی تحمل کند. این استحکام بر حسب پـوند بـر اینچ مربع (psi) انـدازه‌گیری مـی‌شود. 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 تهیهٔ نمونهٔ استاندارد استحکام کششی خشک ماسه از یک جعبه ماهیچه فلزی استفاده می‌شود. در شکل۱۳ ابعاد استاندارد و نیروهای وارد بر نمونه استحکام کششی خشک ماسه نشان داده شده است.



شکل ۱۳ــ نمونهٔ استاندارد کششی و نیروهای وارد بر آن



شکل۱۴

فعالیت کارگاهی

آزمایش تعیین استحکام کششی خشک

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱ مخلوط ماسه قالب‌گیری
۲ کوبه استاندارد آزمایشگاهی
۳ ترازوی کفه‌ای
۴ ترازوی دیجیتال
۵ دستگاه یونیورسال اندازه‌گیری استحکام ماسه به همراه فک‌های آزمایش کشش
۶ دستگاه خشک‌کن (آون)
۷ جعبه ماهیچه نمونه فلزی

مراحل انجام کار

۱ مقدار ۱۰۰ گرم مخلوط ماسه آماده شده مطابق فعالیت کارگاهی صفحه ۱۷ را به‌وسیله ترازوی کفه‌ای 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 می‌شود.

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 نمونه‌ها را از خشک‌کن خارج کرده و صبر کنید تا نمونه‌ها سرد شوند.

۴ فک‌های مربوط به کشش را بر روی دستگاه قرار دهید، سپس نمونه را در بین فک‌ها گذاشته و دکمه شروع دستگاه را فشار داده تا عمل کشش انجام شود.

۵ نمونه تحت نیروی کششی قرار می‌گیرد تا جایی که دچار گسیختگی و شکست شود.

۶ میزان تنش اندازه‌گیری شده توسط دستگاه را خوانده و یادداشت کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

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

کلیهٔ عوامل مؤثر بر استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری مخصوصاً میزان خاک رس، بر روی استحکام کششی خشک تأثیرگذار هستند. به‌طوری‌که با افزایش میزان درصد خاک رس از ۱۰٪ به ۱۶٪ استحکام کششی خشک آن حدود ۱۱۰٪ افزایش می‌یابد در حالی‌که استحکام کششی تر حدود ۱۶٪ افزایش خواهد داشت.

گفت‌وگو کنید

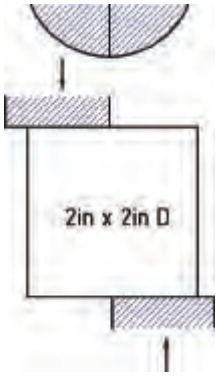
به نظر شما چه عواملی می‌تواند روی استحکام کششی خشک تأثیرگذار باشد؟ بحث و گفت‌وگو کنید.

تعیین استحکام برشی ماسه

استحکام برشی ماسه عبارت است از حداکثر تنش برشی که یک نمونهٔ استاندارد می‌تواند تا مرحله برش و گسیختگی تحمل کند. آزمایش استحکام برشی به دو صورت تر و خشک انجام می‌شود.

لازم به توضیح است که نمونه استاندارد با قطر و ارتفاع ۲ اینچ و فک‌های مورد استفاده در این آزمایش تخت و صاف نیست بلکه بر روی هر یک از فک‌ها یک پله وجود دارد همانند شکل (۱۵).





شکل ۱۵

فعالیت کارگاهی

تعیین استحکام برشی تر ماسه

مواد و وسایل مورد نیاز:

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

مراحل انجام کار

۱ مقادیر ۱۵۰گرم 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 به‌دست آید.

۲ ابعاد نمونه استاندارد باید ۲in×۲in باشد، فک‌های استحکام برشی ماسه را بر روی دستگاه ببندید و نمونه آماده‌شده را در بین ۲ فک قرار دهید.

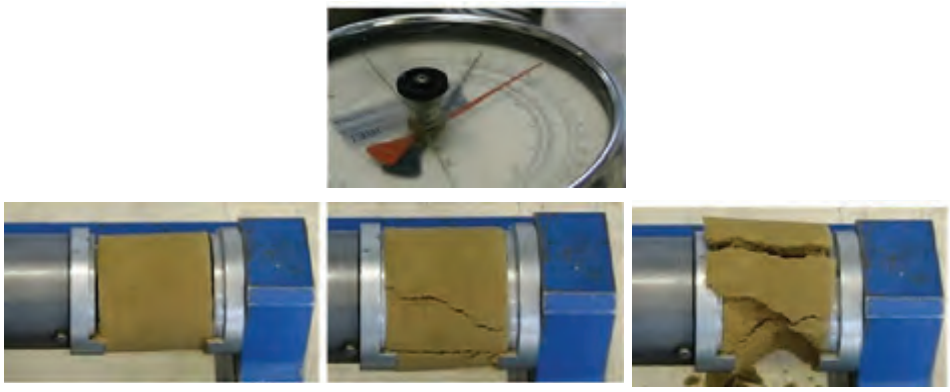
۳ دکمه شروع به کار را فشار داده و نمونه را تحت آزمایش استحکام برشی قرار دهید. پس از گسیختگی و شکست نمونه مقدار نیروی اعمالی توسط دستگاه را خوانده و ثبت کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

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

نکته

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



شکل ۱۶

فعالیت کارگاهی

تعیین استحکام برشی خشک ماسه

مواد و وسایل مورد نیاز :

۱ مخلوط ماسه قالب‌گیری ۲ کوبه استاندارد آزمایشگاهی

۳ ترازوی کفه‌ای ۴ ترازوی دیجیتال

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 به‌دست آید.

۲ ابعاد نمونه استاندارد باید ۲in×۲in باشد، فک‌های استحکام برشی ماسه را بر روی دستگاه ببندید.

۳ نمونه را به‌مدت زمان ۲ ساعت در دمای ۱۰۵ 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

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

ـ تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.

ـ 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 اندازهٔ 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 ۱/۵ تا ۷ psi است. همچنین نسبت استحکام برشی خشک به استحکام فشاری خشک کمیتی است که در تهیه و آماده‌سازی ماسهٔ 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.

فعالیت کارگاهی

تعیین استحکام برشی تر و خشک

هرگروه با رعایت نکات ایمنی از مخلوط ماسهٔ 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.

گفت‌وگو کنید

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

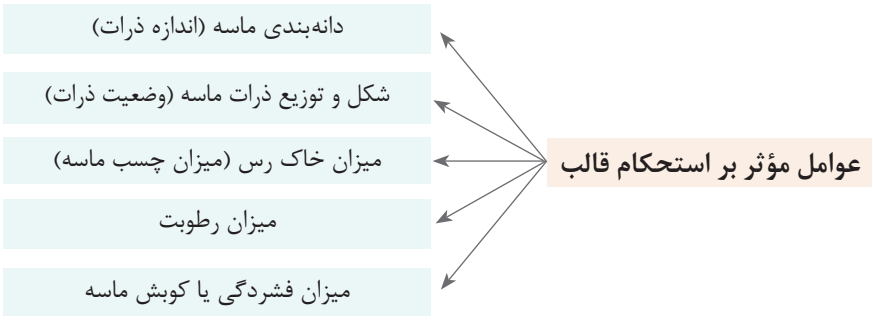
تعیین استحکام قالب

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 به‌کار می‌رود در شکل۱۷ نشان داده شده است. واحد اندازه‌گیری استحکام در این وسیله برحسب psi می‌باشد. به‌کمک این وسیله می‌توان یکنواختی، فشردگی و استحکام قالب را در نقاط، سطوح و دیواره‌های قالب کنترل کرد.



الف) دیجیتالی ب) عقربه‌ای

شکل ۱۷ــ دو نوع استحکام‌سنج



نکته

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 نحوهٔ اندازه‌گیری استحکام قالب، با استحکام‌سنج عقربه‌ای و دیجیتالی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸ــ نحوهٔ اندازه‌گیری استحکام قالب با استحکام‌سنج عقربه‌ای و دیجیتالی

فعالیت کارگاهی

آزمایش تعیین استحکام قالب

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱ مخلوط ماسه قالب‌گیری ۲ تجهیزات قالب‌گیری ۳ مدل یک تکه ساده
۴ درجه ۵ دستگاه استحکام سنج قالب ماسه‌ای

مراحل انجام کار

۱ ابتدا مدل یک تکه را با رعایت کلیه اصول قالب‌گیری کنید.
۲ دستگاه استحکام سنج قالب را در چند نقطه به‌صورت 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 ماسه‌ای وارد کنید و مقدار استحکام قالب را از روی صفحه مدرج دستگاه و یا نمایشگر دیجیتال خوانده و ثبت کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
ـ تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
ـ 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 می‌شود. 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 قالب‌گیری از جمله میزان کوبش و مقدار رطوبت دارد همچنین با افزایش میزان کوبش، استحکام فشاری تر و خشک قالب افزایش می‌یابد و با افزایش درصد رطوبت میزان استحکام فشاری خشک قالب بالا رفته ولی استحکام فشاری تر کاهش می‌یابد.
به‌طور کلی نتایج حاصل از این آزمایش برای تعیین استحکام و یکنواختی سطوح قالب به‌کار می‌رود که نقش مهمی در سالم بودن قطعات ریختگی دارد.

فعالیت کارگاهی

تأثیر میزان چسب بنتونیت بر استحکام قالب

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱ مخلوط ماسه قالب‌گیری ۲ ابزار آلات قالب‌گیری ۳ مدل یک تکه ساده
۴ درجه ۵ دستگاه استحکام سنج قالب ماسه‌ای

مراحل انجام کار

۱ ماسه قالب‌گیری با ۲/۵، ۵، ۵/۷ و ۱۰ درصد چسب بنتونیت را آماده کنید.
۲ از هر کدام از مخلوط‌های ماسه یک درجه قالب‌گیری کنید.
۳ استحکام ۴ قالب را اندازه‌گیری کنید و مقدار به‌دست آمده را یادداشت کنید.
۴ نتایج به‌دست آمده را بر روی یک نمودار که محور عمودی آن استحکام قالب و محور افقی آن درصد چسب بنتونیت است یادداشت کنید.
۵ نتایج به‌دست آمده را بر روی نمودار رسم کرده و نتایج را با نمودار بررسی کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

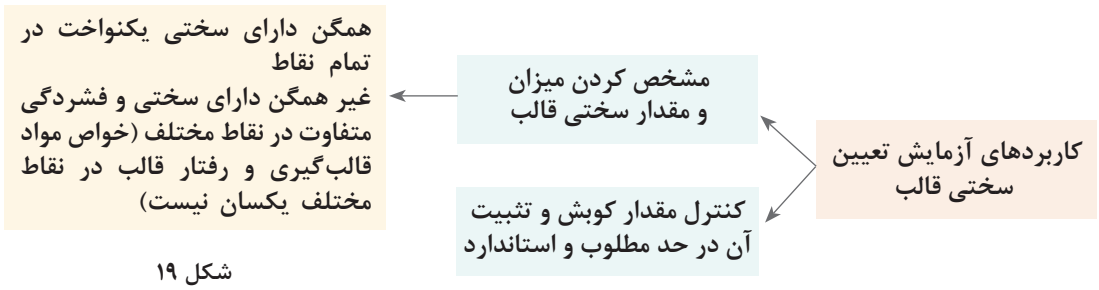
ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
ـ تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
ـ در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

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.

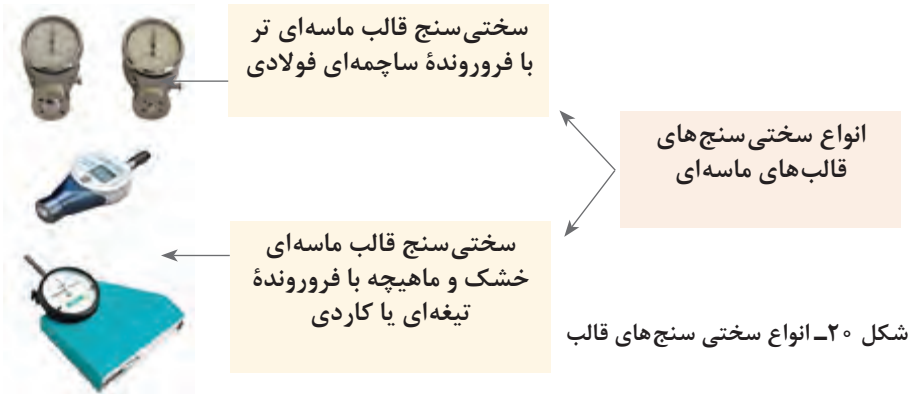
تعیین سختی قالب

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

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



شکل ۲۰ـ انواع سختی سنج‌های قالب

مقیاس سختی سنج‌های قالب به‌صورتی 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 قالب‌های ماسه‌ای تر عموماً دو نوع وسیله سختی‌سنجی به‌کار می‌رود که مشخصات آنها به شرح زیر است:

سختی‌سنجی براساس مقیاس (B)

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



سختی‌سنج مقیاس (B)

سختی‌سنجی براساس مقیاس (C)

- مقیاس مدرج (محدوده سختی) از ۶۵ تا ۱۰۰
- فرورندهٔ مخروطی شکل فولادی.
- حداکثر بار نهایی اعمال شده به فرورونده معادل ۱۵۰۰ گرم می‌باشد.
- این وسیله برای سختی‌سنجی دقیق قالب‌هایی که به روش قالب‌گیری تحت فشار بالا آماده شده‌اند به‌کار می‌رود. در حقیقت سختی‌سنجی با این مقیاس برای آزمایش قالب‌های ماسه‌ای تر که سختی بالای ۸۵ دارند مناسب است.

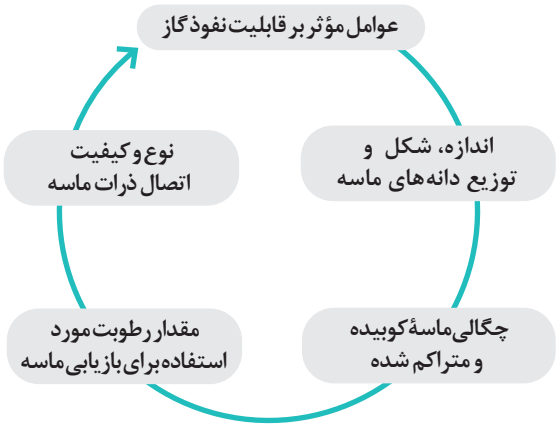


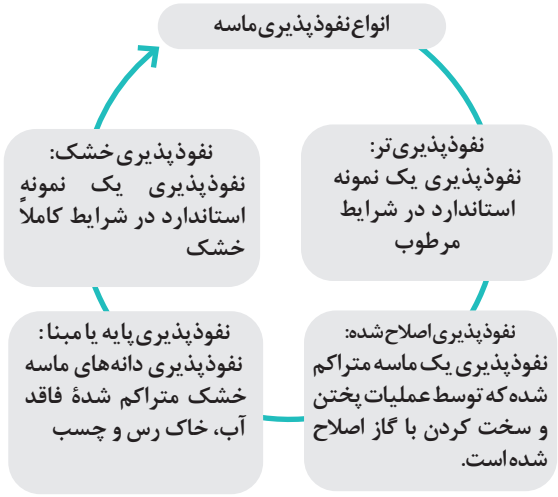
سختی‌سنج مقیاس (C)

بسیاری از خصوصیات مخلوط‌های ماسه قالب‌گیری با یکدیگر ارتباط دارند. به‌عنوان مثال افزایش برخی از خواص باعث کاهش خاصیت دیگر می‌شود و یا افزایش برخی از خصوصیات باعث افزایش خاصیت دیگر می‌شود به‌عنوان مثال استحکام فشاری‌تر مخلوط قالب‌گیری با مقدار سختی آن رابطه مستقیم دارد. هرقدر سختی مخلوط ماسه قالب‌گیری بیشتر شود استحکام آن نیز افزایش می‌یابد و بالعکس.

اندازه گیری قابلیت نفوذ گاز

نفوذپذیری میزان عبورگازها از میان فضای متخلخل ماسه قالب‌گیری است. مقدار هواکشی و عبورگاز یک قالب ماسه‌ای به این کیفیت بستگی دارد. قابلیت نفوذپذیری از طریق تعیین سرعت جریان هوا تحت یک فشار استاندارد از میان یک نمونه استاندارد اندازه‌گیری می‌شود. یکی از عوامل مهم در تولید قطعات ریختگی سالم قابلیت نفوذ گاز ماسه یا نفوذپذیری ماسه است. بنابراین کنترل و تعیین قابلیت نفوذ گاز می‌تواند نتایج بسیار مفیدی برای کیفیت قطعات ریختگی داشته باشد.





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

در روش آزمایش استاندارد، حجم هوایی (بر حسب CC) که در مدت یک دقیقه با فشار یک گرم نیرو بر سانتی متر مربع (۱۰ سی‌سی آب) از درون یک نمونهٔ ماسه‌ای به ارتفاع یک سانتی‌متر و سطح مقطع یک سانتی متر مربع عبور می‌کند را اندازه‌گیری می‌کنند.

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

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

در استاندارد AFS با درنظر گرفتن مقادیر استاندارد، می‌توان رابطه اخیر را به‌صورت زیر ساده کرد:
چون قطر و ارتفاع استوانه استاندارد نمونه برابر ۲ اینچ است بنابراین خواهیم داشت:

$$A=\frac{\pi D^{2}}{۴}=\frac{۳/۱۴\times(۲\times۲/۵۴)^{2}}{۴}=۲۰/۶۸$$ سطح مقطع استوانهٔ نمونه

$$H=۲\times۲/۵۴=۵/۰۸\ cm$$ ارتفاع استوانهٔ نمونه

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

$$P=۱۰cmH_{۲}O$$

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

$$V=۱۲۲\ in^{۳}=۱۲۲\times(۲/۵۴)^{۳}=۱۹۹۹/۲۲\ cm^{۳}=۲۰۰۰\ cm^{۳}\ (۲\ lit)$$ حجم هوای عبوری از ماسه

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

$$K=\frac{V.H}{P.A.T}=\frac{۲۰۰۰\times۵/۰۸}{۱۰\times۲۰/۲۸۶\times T}=\frac{۵۰/۱۲}{T}$$ حجم هوای عبوری از ماسه

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

$$K=\frac{۵۰/۱۲}{T}\times۶۰=K=\frac{۳۰۰۷/۲}{T}$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود قابلیت نفوذگاز تابعی است از زمان T، بنابراین در دستگاه تعیین قابلیت نفوذگاز صفحهٔ اندازه‌گیری برحسب معکوس زمان T در مقدار ثابت۳۰۰۷/۲ (مطابق استاندارد AFS) مدرج شده است. بنابراین پس از قرار دادن نمونهٔ استاندارد در دستگاه قابلیت نفوذ گاز، زمان لازم و عدد قابلیت نفوذ گاز در ماسه به‌صورت خودکار روی دستگاه خوانده می‌شود.

یادآوری می‌شود که هرچه زمان T کمتر باشد، به این مفهوم است که حجم گاز عبوری در شرایط استاندارد آزمایش بیشتر است، به‌عبارت دیگر قابلیت نفوذ گاز از ماسه بیشتر است.
در شکل ۲۱ نمونه‌ای از دستگاه تعیین قابلیت نفوذگاز ماسه نشان داده شده است.



شکل ۲۱ــ دستگاه تعیین نفوذ گاز ماسه

فعالیت کارگاهی

آزمایش تعیین قابلیت نفوذ گاز ماسه

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱ مخلوط ماسه قالب‌گیری ۲ کوبه استاندارد آزمایشگاهی ۳ ترازوی کفه‌ای
۴ ترازوی دیجیتال ۵ دستگاه تعیین قابلیت نفوذ گاز ماسه

مراحل انجام کار

۱ ۱۵۰گرم 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

ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
ـ تمیز کردن آزمایشگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
ـ 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. هرقدر اندازه دانه‌ها کمتر باشد و یا به‌عبارت دیگر عددریزی ماسه بیشتر باشد، فضای خالی مابین دانه‌ها کاهش پیدا می‌کند و نفوذپذیری و قابلیت عبور گاز کمتر می‌شود. نفوذپذیری قالب گذشته از عوامل دیگر به‌میزان متراکم 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.

بحث گروهی

۱ عوامل تأثیرگذار بر روی قابلیت نفوذگاز را نام برده و در مورد هرکدام بحث و گفت‌وگو کنید.
۲ به‌نظر شما پایین بودن میزان قابلیت نفوذگاز ماسه ممکن است باعث بروز چه عیوبی در قطعات ریختگی شود؟

ارزشیابی واحد یادگیری ۲ : تعیین خواص مخلوط ماسه قالب‌گیری

شرح کار:

ابتدا مخلوط ماسه تر قالب‌گیری 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 اندازه‌گیری کنید.

استاندارد عملکرد: اندازه‌گیری استحکام فشاری تر مخلوط ماسه تر

شاخص‌ها:

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

شرایط انجام کار:

۱ـ محیط کارگاهی ۲ـ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس

۳ـ تهویه استاندارد و دمای $۲۰^{\circ}C \pm ۳$ ۴ـ اندازه‌ها براساس استاندارد

۵ـ وسایل ایمنی استاندارد ۶ـ ابزار و تجهیزات استاندارد

مواد و تجهیزات مورد نیاز : ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب بنتونیت، آب‌پاش، بیل ریخته‌گری، سرند، سرند برقی، ترازوی کفه‌ای، دستگاه کوبه استاندارد، دستگاه استحکام فشاری‌تر

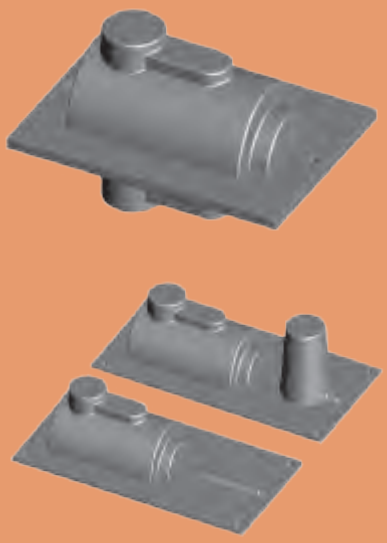
معیار شایستگی:

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	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:* ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳ـ تمیز کردن محیط کارگاه و آزمایشگاه ۴ـ 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 دوم

قالب‌گیری ماسهٔ تر







پس از ساخت مخلوط ماسهٔ 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 کمی‌بزرگ‌تر است. مدل درون درجه روی صفحه زیر درجه قرار داده می‌شود، سپس مخلوط ماسهٔ 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 : قالب‌گیری مدل‌های یک‌تکه و چندتکه

برای ریخته‌گری قطعه در قالب ماسه‌ای 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 قالب‌گیری، معرفی و مشخصات و کاربرد آنها توضیح داده می‌شود. سپس روش‌های قالب‌گیری درجه‌های زیرین و رویی و اجزا و نحوه تعبیه سیستم راهگاهی و نحوهٔ خارج کردن مدل و خشک و جفت کردن قالب توضیح داده شده و به صورت عملی انجام داده خواهد شد.

استاندارد عملکرد

تهیه قالب ماسهٔ تر با استفاده از درجه، مخلوط ماسه، ابزار قالب‌گیری، مدل براساس استانداردها و دستورالعمل‌های مربوطه

به قطعات نام‌برده در جدول زیر توجه کنید:

دریچهٔ آب	بست داربست	سیلندر خودرو	قابلمهٔ چدنی	شیر آب آتش نشانی
پرهٔ رادیاتور	شیر آب معمولی	رینگ	دستگیرهٔ در	میل لنگ

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

گفت‌وگو کنید

به صورت گروهی و با راهنمایی هنرآموز مزایا و محدودیت‌های قالب ماسه‌ای را در جدول زیر تکمیل 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	قابلیت‌تولید قطعات پیچیده	قابلیت انعطاف زیاد	نیاز به خشک‌کردن 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

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

ـ چگونه می‌توان قالب ماسه‌ای تهیه کرد؟
ـ آیا می‌توان با استفاده از ابزار دستی، شکل قطعه را در ماسه ایجاد کرد؟
ـ اگر شکل قطعه پیچیده باشد چطور؟
ـ آیا می‌توان به‌صورت ماشینی (اتوماتیک) شکل قطعه را در ماسه ایجاد کرد؟

ابزار و تجهیزات قالب‌گیری

۱ درجه

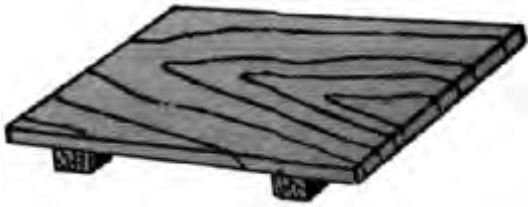
کوبیدن ماسه و قالب‌گیری، در داخل درجه انجام می‌گیرد و وظیفهٔ آن حفظ و نگهداری ماسه است. درجه به شکل قاب است و از جنس چوب، آلومینیوم و فولاد ساخته می‌شود و معمولاً از دو لنگه «تا» زیری و رویی تشکیل شده است. این لنگه‌ها، به وسیلهٔ دو یا چند میله به نام «پین» با یکدیگر جفت می‌شوند. درجه‌ها در اشکال و ابعاد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



شکل ۱

۲ صفحهٔ 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 ۲

۳ کوبه

از این ابزار، برای کوبیدن و فشرده‌کردن 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.



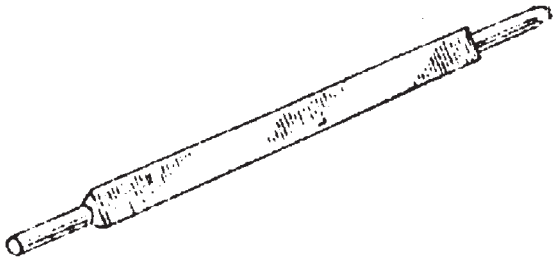
شکل ۳

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



شکل ۶

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



شکل ۷

۶ **قلم آب:** برای خارج‌کردن مدل، ماسه‌های اطراف آن را با قلم آب خیس می‌کنند. این عمل، از خردشدن و فروریختن لبه‌های محفظه قالب جلوگیری می‌کند (شکل ۷).

نکات ایمنی

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



شکل ۸

مراحل کوبیدن ماسه

مرحله۱: تای‌زیرین درجه را روی صفحه زیر درجه قرار دهید (شکل ۸).



شکل ۹

مرحلهٔ۲: ماسه آماده شده را به‌وسیله بیلچه، داخل درجه بریزید به‌طوری‌که نیمی از درجه پر شود (شکل ۹).

مرحلهٔ ۳: کوبه را از طرف گوه‌ای شکل طوری در دست بگیرید که با خط قائم زاویه‌ای حدود ۱۵° بسازد.
ـ عمل کوبیدن ماسه را از کنار دیوارهٔ درجه و در جهت حرکت عقربه‌های ساعت شروع کرده و تا وسط درجه ادامه دهید (شکل ۱۰).



شکل ۱۰

توجه

دقت شود عمل کوبیدن در تمام سطح به طور یکنواخت انجام گیرد، به‌طوری‌که فشردگی ماسه در همه‌جا یکسان باشد.

مرحلهٔ ۴: پس از کوبیدن کامل، برای بار دوم مقداری ماسه به درجه اضافه کنید، به‌طوری که درجه کاملاً پُر شود.
ـ عمل کوبیدن را مانند مرحلهٔ قبل، با طرف گوه‌ای شکل ادامه دهید (شکل ۱۱).



شکل ۱۱

مرحلهٔ ۵: برای بار سوم مقداری ماسه به درجه اضافه کنید، به‌طوری که مقدار ماسهٔ اضافه شده حدوداً چند سانتی‌متر از لبهٔ درجه بالاتر باشد.
ـ کوبه را از طرف سرتخت به طور عمودی در دست بگیرید.
ـ عمل کوبیدن را مانند مراحل قبل انجام دهید (کف‌کوبی) (شکل ۱۲).



شکل ۱۲

توجه

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

مرحلهٔ ۶: پس از کوبیدن نهایی کف‌کوبی، ماسه‌های اضافه روی درجه را به وسیلهٔ کارد تسمه بتراشید تا سطح ماسه کاملاً صاف شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳

مرحلهٔ ۷: قالب (درجهٔ همراه با ماسه) را برگردانید.

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

توجه

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



شکل ۱۴



شکل ۱۵

فعالیت کارگاهی

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

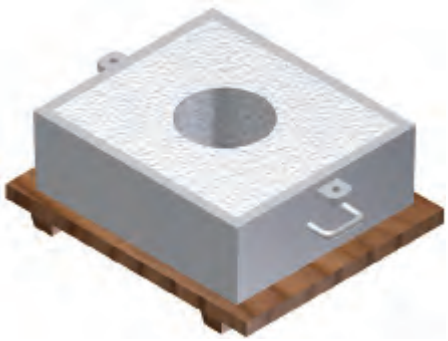
۱ ابتدا صفحه زیر درجه را تمیز کرده و لنگه زیرین درجه را تمیز کنید.
۲ سپس لنگه زیرین درجه را بر روی زیر درجه قرار دهید (دقت کنید قسمت مادگی محلی که پین‌های درجه داخل آن قرار می‌گیرد را بر روی صفحه زیر درجه قرار دهید).
۳ ماسه را داخل درجه ریخته و به ترتیبی که گفته شد عمل کوبش را انجام دهید.
۴ پس از کوبیدن 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

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

ایجاد احجام هندسی با ابزارهای قالب‌گیری

هدف از ساخت قالب ماسه‌ای ایجاد محفظه‌ای به شکل قطعه در ماسهٔ فشرده شده است. معمولاً برای ایجاد محفظه در قالب ماسه‌ای از مدلِ 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 (شکل۱۶). محفظهٔ ایجاد شدهٔ استوانه‌ای شکل در داخل ماسهٔ فشرده شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶

ابزار لازم

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

ابزار قاشقی

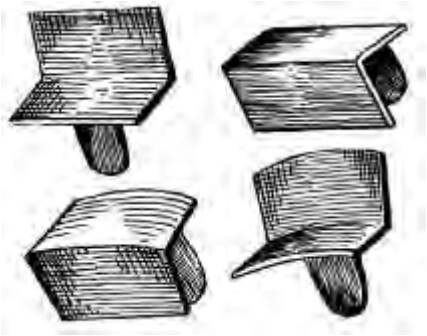
برای ایجاد حوضچهٔ بارریز، حوضچهٔ پای راهگاه، راهبار، راهباره و همچنین تعمیر و ترمیم قالب، از ابزار قاشقی استفاده می‌شود که از یک دسته با دو سر پَهن تشکیل یافته است. یک سَرِ آن به شکل قاشق و سَر دیگر آن، تخت است و در شکل‌های مستطیلی و برگ بیدی وجود دارد و جنس آن از فولاد است (شکل ۱۷).



شکل ۱۷

ابزار گوشه

از این ابزار برای ترمیم گوشه‌های قالب، استفاده می‌شود. جنس آن فولادی است و به شکل‌های گوناگون (محدّب، مقعّر و زاویهٔ ۹۰°) وجود دارد (شکل ۱۸).



شکل ۱۸

ابزار پاشنه

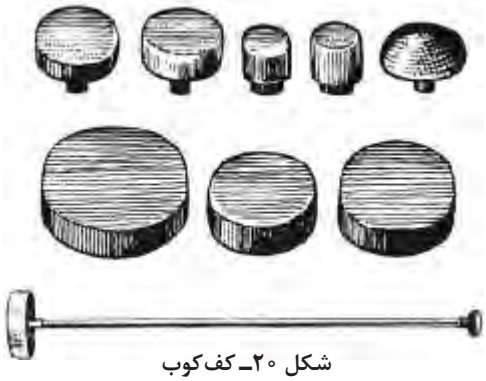
این ابزار، در خارج‌کردن ماسه‌های اضافی قالب و ترمیم آن به‌کار می‌رود و به شکل‌های تخت، قوس‌دار و گرد وجود دارد. جنس این ابزار از فولاد است و در قسمت‌های مختلف قالب، با توجّه به شکل آنها، مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۱۹).



شکل ۱۹ـ انواع ابزار پاشنه

کف کوب

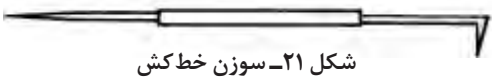
کاربرد این ابزار، در کوبیدن کف قالب است که از یک دسته و یک سَرِ تخت تشکیل یافته است. سَرِ تخت آن، قابل تعویض است و در اندازه‌های مختلف وجود دارد و معمولاً از جنس فولاد ساخته می‌شود (شکل ۲۰).



شکل ۲۰ـ کف‌کوب

سوزن خط‌کش

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



شکل ۲۱ـ سوزن خط‌کش

فوتک

برای خارج‌کردن ماسه و موادّ اضافی از داخل قالب و زدودن آنها از سطح درجه، از فوتک استفاده می‌شود. این ابزار از دو تختهٔ چوبی ـ که به وسیلهٔ چرم به یکدیگر متّصل شده‌اند ـ و یک سَرِ قیفی شکلِ فلزّی، تشکیل شده است. با دورکردن تخته‌ها از یکدیگر، هوا در داخل آن جمع و با نزدیک‌کردن آنها، هوا با فشار از سَرِ قیفی شکل آن خارج می‌شود (شکل ۲۲).

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



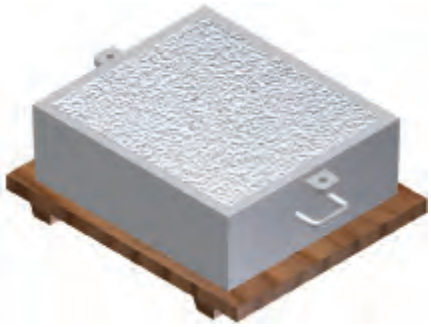
شکل ۲۲ـ فوتک

نکات ایمنی

ـ رعایت نکات ایمنی و بهداشتی جلسات قبل الزامی است.
ـ برای خارج‌کردن ذرات ماسهٔ اضافی طوری از فوتک استفاده نمایید که به چشم خود و اطرافیان آسیبی نرسد.

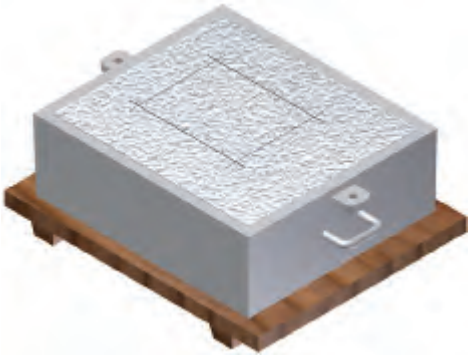
مراحل انجام کار

مرحلهٔ ۱: درجه را مانند جلسهٔ قبل قالب‌گیری کنید و قالب را برگردانید (شکل ۲۳).



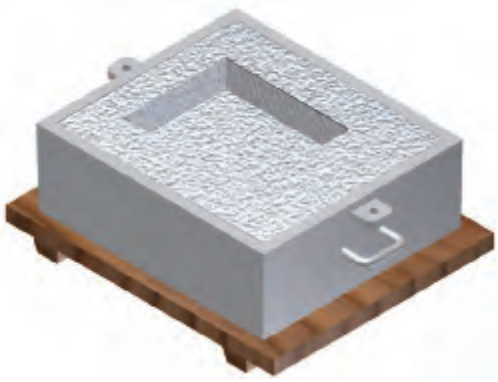
شکل ۲۳

مرحلهٔ ۲: با استفاده از خط‌کش فلزّی و سوزن خط‌کش، شکل قاعدهٔ حجم موردنظر (مکعّب مستطیل) را، روی درجه ترسیم کنید (شکل ۲۴).



شکل ۲۴

مرحلهٔ ۳: سطح ماسه را دقیقاً روی اضلاع قاعده، به‌وسیلهٔ ابزار قاشقی و به اندازهٔ ارتفاع حجم موردنظر (ارتفاع مکعب مستطیل)، در عمق، برش دهید.
ـ ماسه‌های برش خوردهٔ داخل سطوح جانبی حجم موردنظر (مکعب مستطیل) را خارج کنید.
ـ سطوح جانبی ایجاد شده به‌وسیلهٔ ابزار قالب‌گیری را، کاملاً صاف کنید و پرداخت نمایید.
ـ کف قالب را به وسیلهٔ کف کوب، صاف نمایید.
ـ کلیّهٔ ماسه‌های باقی‌مانده را با فوتک از محفظه خارج نمایید (شکل ۲۵).



شکل ۲۵ـ ایجاد محفظه در ماسه

فعالیت کارگاهی

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 ۱۴× ۷ سانتی‌متر بر روی ماسه کوبیده شده رسم کنید.
۷ با ابزارهای قالب‌گیری مکعب مستطیل به ابعاد ۱۴×۷×۵ سانتی‌متر را آماده کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

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

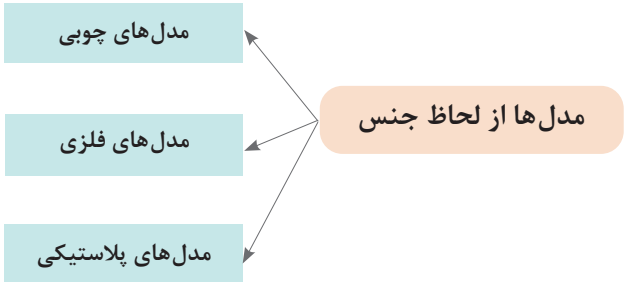
مدل

ـ آیا می‌توان با استفاده از خط قطعه، شکل محفظهٔ قالب را در ماسه ایجاد کرد؟
ـ آیا می‌توان با استفاده از مواد با جنس دیگر و شکل مشابه قطعه، فضای خالی در قالب ماسه‌ای را ایجاد کرد؟
ـ تفاوت مدل، که برای به‌وجود آوردن محفظهٔ 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» جسمی‌است که از چوب، فلز یا مواد مناسب دیگر از قبیل موم، پلی استیرن یا رزین اپوکسی ساخته می‌شود و با قراردادن آن در داخل مواد قالب‌گیری (ماسه)، محفظهٔ قالب که تضمین کنندهٔ صحت شکل و اندازهٔ 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.

انواع مدل

مدل‌ها را می‌توان به روش‌های مختلفی دسته‌بندی نمود:



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 اولیهٔ 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 درجهٔ 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 قطعهٔ ریختگی هستند و با استفاده از مدل قسمت‌های داخلی و خارجی قطعه قالب‌گیری می‌شوند (شکل ۲۷، الف).

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



الف) مدل ساده



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

مدل یک تکه: این مدل به صورت یک پارچه یا یک تکه ساخته می‌شود. براساس شکل و چگونگی شیب آن، ممکن است در یک لنگهٔ درجه یا در دو لنگهٔ 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 (شکل۲۸).



شکل ۲۸ـ مدل یک تکه

مدل دو یا چند تکه: در صورتی که طرح و شکل قطعه پیچیده باشد به‌گونه‌ای که قالب‌گیری آن در یک لنگهٔ 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 دولنگهٔ درجه است. به این صورت که یک تکه در درجهٔ بالایی و تکهٔ دیگر در درجهٔ پایینی قرار می‌گیرد. مدل‌های دو یا چند تکه به وسیله پین‌های چوبی یا فلزی به هم متصل می‌شوند (شکل ۲۹).



شکل ۲۹ـ مدل دو یا چند تکه

مدل با قطعه آزاد: ساختمان بعضی از قطعات دارای زوائدی هستند که قالب‌گیری مدل آنها به صورت یک‌تکه امکان‌پذیر نیست. در این صورت این‌گونه قسمت‌ها به صورت قطعهٔ آزاد روی مدل تعبیه می‌شود. به طوری‌که 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).



شکل ۳۰ـ مدل با قطعه آزاد

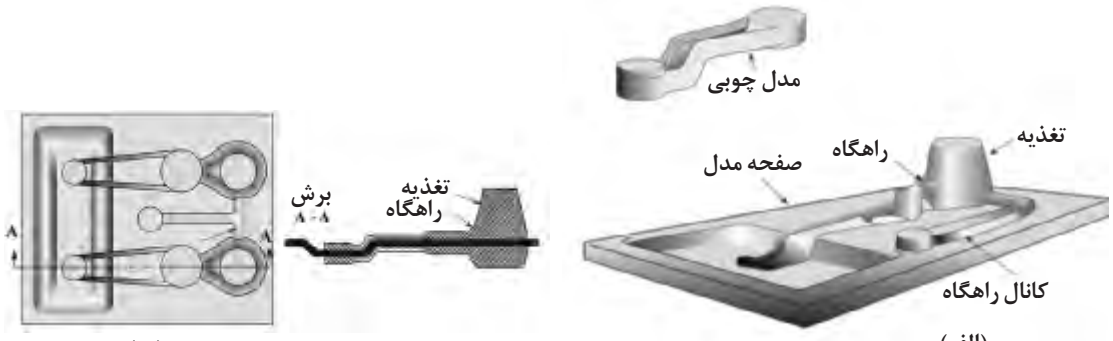
مدل صفحه‌ای: برای تولید انبوه قطعات ریختگی به روش دستی یا ماشینی در ماسه از مدل صفحه‌ای استفاده می‌شود. مدل صفحه‌ای به صورت یک رو، دو رو و دوصفحه‌ای ساخته می‌شود (شکل ۳۱).
در نوع یک رو، مدل در یک طرف صفحه قرار می‌گیرد، در حالی‌که در نوع دو رو نصف مدل در یک طرف صفحه و نصف دیگر در طرف دیگر صفحه قرار دارد. در نوع دو صفحه‌ای دو قسمت مدل در دو صفحهٔ جداگانه قرار می‌گیرند و هر یک از این صفحه‌ها در درجهٔ 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.



یک رو　　دو رو　　دو صفحه‌ای

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)



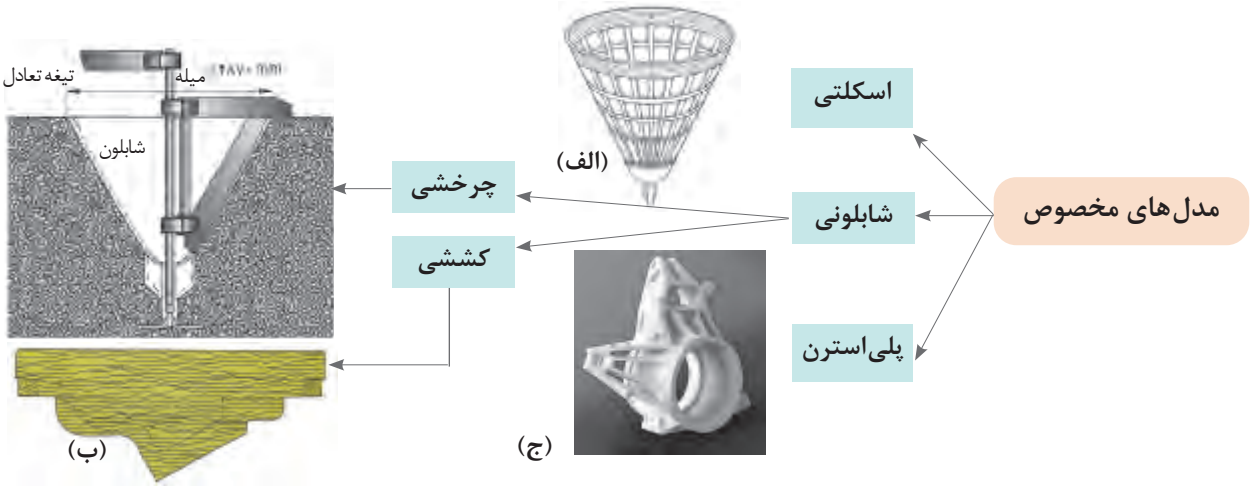
(ب)　　(الف)

شکل ۳۲

مدل مخصوص: در مواردی که مدل‌های ذکر شده در قسمت‌های قبل برای قالب‌گیری مناسب نباشند یا اینکه قطعهٔ 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 می شود (شکل ۳۳).
مدل اسکلتی: این مدل بیشتر برای تهیهٔ 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 ـ الف).
مدل شابلونی: استفاده از این مدل در تهیهٔ 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 تهیهٔ قطعه‌های استوانه‌ای شکل یا قطعه‌های متقارن مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۳۳ـ ب). از شابلون کششی به منظور قالب‌گیری قطعه‌های با مقطع‌های قائم یا انحنادار و با جداره یکنواخت استفاده می‌شود.

مدل پلی استیرن یا فومی: مدل قطعهٔ مورد نظر همراه با اجزای سیستم راهگاهی و تغذیه از مواد اسفنجی پلی‌استیرن تهیه می‌گردد (شکل ۳۳ـ 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 محفظهٔ قالب برای پر شدن مذاب ایجاد می‌گردد. از ویژگی‌های این مدل، حذف مهارت در قالب‌گیری و محدودیت‌های مربوط به طراحی قطعه است.



شکل ۳۳

فعالیت کلاسی

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

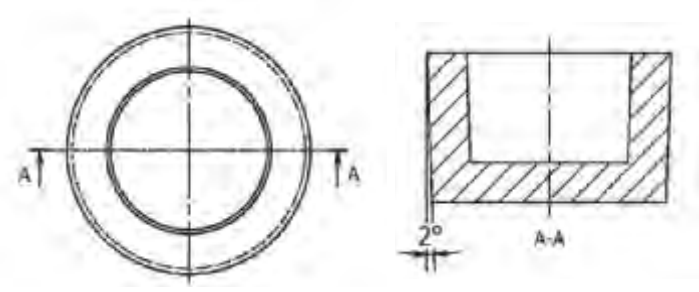
قطعه ریختگی	نوع مدل
شیرآب	
کوبه	
شعله پخش‌کن	
پنجره گاز	
سیلندر ماشین	
ناقوس کلیسا	
دیسک ترمز اتومبیل	
سه راهی	
زانویی	
درپوش فاضلاب	
پولی	

نحوه رسم و نمایش نقشه مدل‌سازی

مشخّصات مهمّ هر مدل، «سطح جدایش» و «شیب» آن است. هر مدل، برای آنکه به‌راحتی از قالب (ماسه‌ای و گچی) خارج شود، باید دارای شیب باشد. اختلاف اندازهٔ سطح فوقانی و سطح تحتانی هر مدل را شیب مدل می‌گویند که آن را برحسب درجه و میلی‌متر اندازه‌گیری می‌کنند (شکل۳۵).



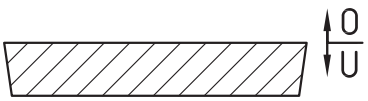
شکل ۳۴



شکل ۳۵

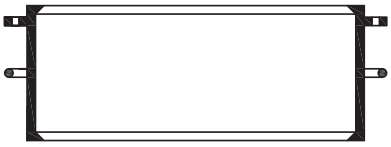
علائم استاندارد در رسم مدل و قالب

۱ سطح جدایش مدل با حروف O[1] و U[2] به‌صورت نشان‌داده می‌شود (شکل۳۶).

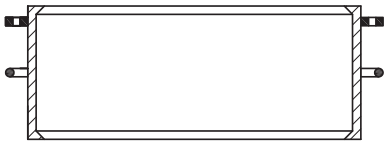


شکل ۳۶

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



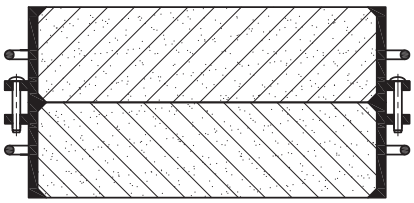
نحوهٔ رسم‌کردن درجه در برش با ضخامت کم



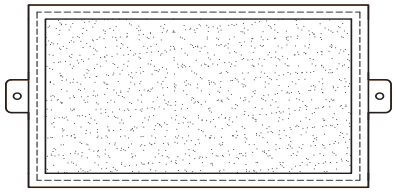
نحوهٔ رسم‌کردن درجه در برش با ضخامت زیاد

شکل ۳۷

- نحوهٔ ترسیم‌درجه با ماسه در نما از بالا(شکل ۳۸).
- رسم‌کردن دو لنگهٔ درجه با ماسهٔ قالب‌گیری در برش با هاشور ۴۵ درجه و نقطه نشان داده می‌شود (شکل ۳۹).



شکل ۳۹ـ نحوهٔ رسم‌کردن درجه و ماسه قالب‌گیری در برش



شکل ۳۸ـ نحوهٔ رسم‌کردن درجه و ماسه قالب‌گیری در نما

۱ـ Over ۲ـ Under

قالب‌گیری مدل ساده

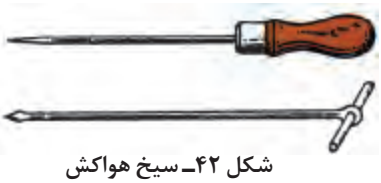
ابزار لازم: مدل، درجه، صفحهٔ زیردرجه، کوبه، کارد تسمه، قلم آب، پیچ مدل درآور، سیخ هواکش و مدل لق کن.
مدل لق‌کن: ابزاری است که جهت لق‌کردن مدل به منظور سهولت در خارج کردن مدل از قالب به کار می‌رود (شکل ۴۰).


شکل ۴۰ـ مدل لق‌کن

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


شکل ۴۱ـ میله و پیچ مدل درآور

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 میلهٔ فولادی یا برنجی نازک با دستهٔ چوبی یا پلاستیکی ساخته شده است (شکل ۴۲).

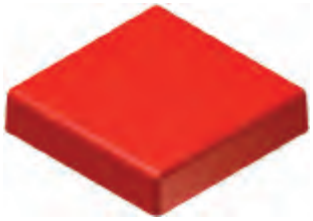

شکل ۴۲ـ سیخ هواکش

نکات ایمنی

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

مراحل انجام کار

مرحلهٔ ۱: مدل مطابق شکل ۴۳ را انتخاب کنید.


شکل ۴۳

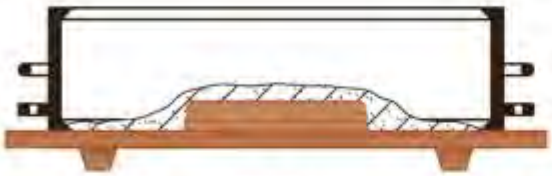
■ **مرحلهٔ ۲:** مدل را با در نظر گرفتن جهت شیب (سطح بزرگ‌تر) روی صفحهٔ زیر درجه قرار دهید (شکل۴۴).



شکل ۴۴

■ **مرحلهٔ ۳:** درجهٔ زیرین را روی صفحهٔ زیر درجه قرار دهید.

ـ روی مدل را با ماسهٔ الک شده به اندازهٔ ۲ سانتی‌متر بپوشانید (شکل ۴۵).



شکل ۴۵

■ **مرحلهٔ ۴:** ماسهٔ قالب‌گیری را به درجه اضافه کنید.

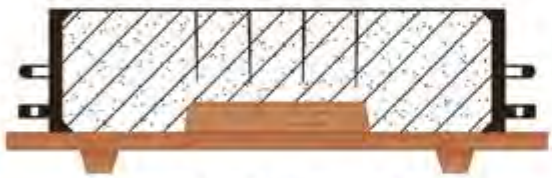
ـ ماسهٔ داخل درجه را بکوبید، دقّت کنید هنگام کوبیدن ماسه ضربه‌ای به مدل وارد نشود.

ـ سطح قالب را با کارد تسمه صاف کنید (شکل۴۶).



شکل ۴۶

■ **مرحلهٔ 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 توجّه داشت که سیخ هواکش به مدل اصابت نکند (شکل ۴۷).



شکل ۴۷ـ ایجاد کانال خروج گاز

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



شکل ۴۸

■ **مرحلهٔ ۷:** درجهٔ رویی را روی قالب زیرین قرار دهید.

ـ درجهٔ رویی را قالب‌گیری کنید.

ـ سطح قالب را صاف کنید.

ـ با استفاده از سیخ هواکش، کانال خروج گاز ایجاد نمایید (شکل ۴۹).



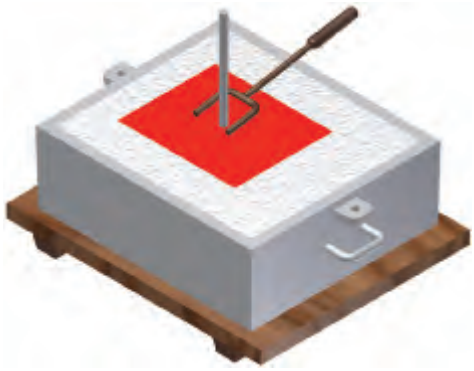
شکل ۴۹

مرحلهٔ ۸: قالب رویی را بلند کنید و در محل مناسب قرار دهید.
ـ اطراف مدل را با قلم آب مرطوب نمایید (شکل ۵۰).
این عمل موجب چسبیدن ماسه اطراف مدل به ماسهٔ قالب می‌شود و از چسبیدن ماسه به مدل جلوگیری می‌شود.



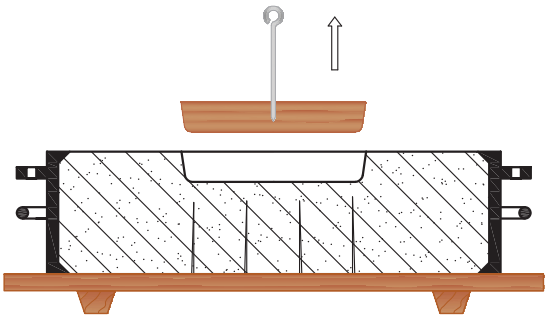
شکل ۵۰

مرحلهٔ ۹: با استفاده از مدل لق‌کن، مدل‌را در قالب ماسه لق کنید (شکل ۵۱).



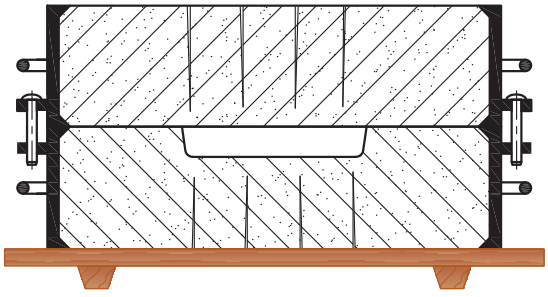
شکل ۵۱

مرحلهٔ ۱۰: با مدل درآور مدل را از ماسه خارج کنید (شکل ۵۲).
نکته: در هنگام خارج کردن مدل از ماسه، دقّت کنید ابزار و وسایل را متناسب با جنس، ابعاد و اندازهٔ مدل انتخاب کنید. مدل درآور را در مرکز ثقل مدل قرار دهید تا هنگام خارج کردن مدل، تعادل آن کاملاً حفظ گردد.



شکل ۵۲ـ خارج کردن مدل از ماسه

مرحلهٔ ۱۱: پس از خارج کردن مدل از قالب، محفظهٔ قالب را با فوتک کاملاً تمیز کنید و چنانچه قسمتی از قالب، نیاز به بازسازی داشته باشد، آن قسمت را نیز ترمیم کنید.
ـ تایِ رویی قالب را رویِ تای زیرین قرار دهید (شکل ۵۳).



شکل ۵۳ـ جفت‌کردن درجه‌ها

فعالیت کارگاهی

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

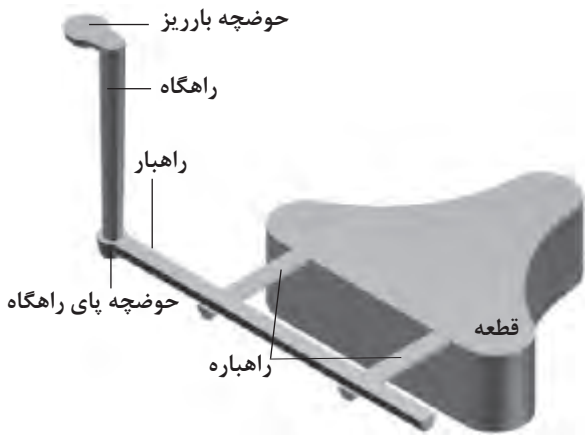
۱ ابتدا صفحه زیر درجه را تمیز کرده و لنگه زیرین درجه را تمیز کنید.
۲ سپس لنگه زیرین درجه را بر روی زیر درجه قرار دهید (دقت کنید قسمت مادگی محلی که پین‌های درجه داخل آن قرار می‌گیرد را بر روی صفحه زیر درجه قرار دهید).
۳ مدل را بر اساس شیب بر روی صفحه زیر درجه در داخل درجه زیرین قرار داده و پودر جدایش 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 تسمهٔ 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

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

قالب‌گیری مدل با سیستم راهگاهی

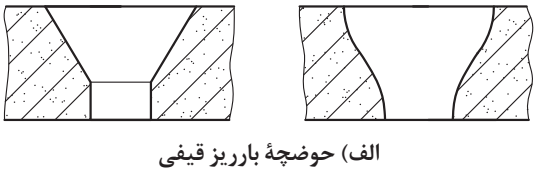
مجموعهٔ کانال‌ها و مجراهایی که مذاب را از حوضچهٔ بارریز به محفظهٔ قالب هدایت می‌کند سیستم راهگاهی می‌نامند. این مجموعه از مراحل مهم قالب‌گیری است که وظیفهٔ آن انتقال صحیح مذاب به قالب است. اجزای یک سیستم راهگاهی عبارت‌اند از: حوضچهٔ بارریز، راهگاه، حوضچهٔ پای راهگاه، راهبار و راهباره. شکل ۵۴ یک سیستم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



شکل ۵۴ـ اجزای یک سیستم راهگاهی با قطعه

حوضچهٔ 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 محفظهٔ قالب است و به اَشکال مختلف ایجاد می‌شود که دونوع قیفی و گلابی شکل آن متداول‌تر هستند. برای ایجاد این حوضچه، قبل از خارج کردن لولهٔ راهگاه به‌وسیلهٔ ابزار قاشقی در پشت تای درجهٔ رویی، شکل مورد نظر تعبیه می‌گردد (شکل ۵۵).



الف) حوضچهٔ بارریز قیفی



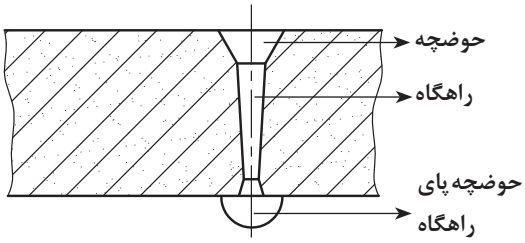
ب) حوضچهٔ بارریز گلابی

شکل ۵۵

راهگاه

فضایی را که در اثر خارج کردن لوله راهگاه از ماسهٔ قالب به‌وجود می‌آید راهگاه می‌نامند.

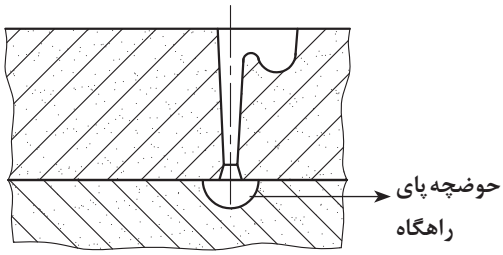
به عبارت دیگر، راهگاه مسیر حرکت عمودی مذاب از حوضچهٔ بارریز به سایر اجزای سیستم راهگاهی است (شکل ۵۶).



شکل ۵۶ــ نحوهٔ ترسیم راهگاه و حوضچهٔ بارریز قیفی

حوضچهٔ پای راهگاه

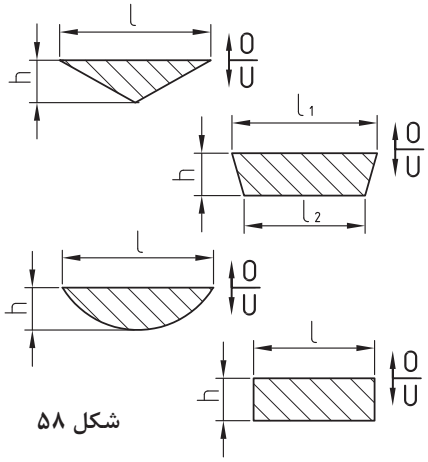
حوضچه‌ای است که در پایین راهگاه و در سطح درجهٔ زیرین ایجاد می‌شود و وظیفهٔ آن کاهش فشار نسبی مذاب و جلوگیری از ورود موادّ اضافی به درون قالب است (شکل ۵۷).



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، ذوزنقه‌ای، مستطیلی و نیم‌دایره‌ای است (شکل ۵۸).



شکل ۵۸

راهباره (کانال فرعی)

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



شکل ۵۹ــ انواع سیستم راهگاهی



شکل ۶۰ــ جعبه ابزار

جعبهٔ ابزار: جعبه‌ای شامل مجموعه ابزارهایی است که هنگام قالب‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این جعبه شاملِ 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 ۶۱ــ لوله راهگاه

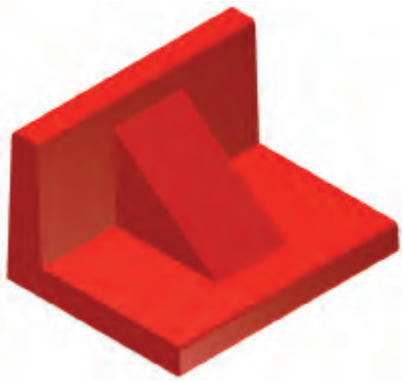
لولهٔ راهگاه: معمولاً به شکل مخروط ناقص است و از جنس فلز و چوب ساخته می‌شود که اندازهٔ قطر و ارتفاع آن متناسب با مدل و درجه می‌باشد (شکل ۶۱).

نکات ایمنی

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

قالب‌گیری مدل با سطح جدایش یکنواخت

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



شکل ۶۲ ـ پرسپکتیو مدل

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

مراحل انجام کار

مرحلهٔ ۱: مدلی مطابق (شکل۶۲) را انتخاب کنید.



شکل ۶۳ ـ مرحله قالب‌گیری تای زیرین

مرحلهٔ ۲: مدل را روی صفحهٔ زیر درجه قرار دهید.
ـ درجهٔ زیرین را روی صفحه قرار دهید.
ـ درجه را قالب‌گیری نمائید (شکل ۶۳).



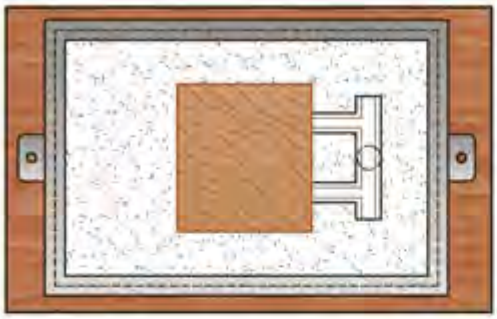
شکل ۶۴

مرحلهٔ ۳: قالب زیرین را همراه با صفحهٔ زیر درجه برگردانید.
ـ سطح قالب را پودر جدایش بپاشید (شکل ۶۴).



شکل ۶۵ـ مرحله قالب‌گیری تای رویی

مرحلهٔ ۴: درجهٔ رویی را روی قالب زیرین قرار دهید.
ـ لولهٔ راهگاه را در محل مناسب قرار دهید.
ـ درجهٔ رویی را قالب‌گیری کنید.
ـ کانال خروج هوا وحوضچه بارریز را ایجاد کنید (شکل۶۵).



شکل ۶۶ـ ایجاد سیستم راهگاهی

■ **مرحلهٔ ۵:** لوله راهگاه را خارج کنید.
ـ قالب رویی را بلند کنید و در محل مناسب، قرار دهید.
ـ به‌وسیلهٔ ابزار حوضچهٔ پای راهگاه، راهبار و راهباره را روی قالب زیرین ایجاد نمایید.
شکل ۶۶ نمای قالبِ زیرین را با مدل نشان می‌دهد.



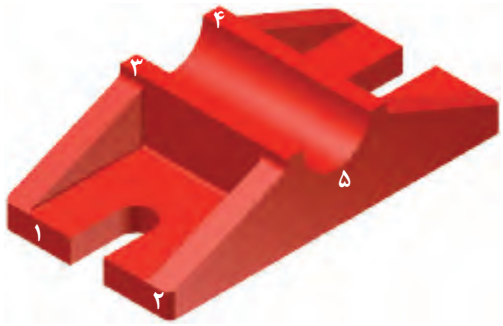
شکل ۶۷

■ **مرحلهٔ ۶:** اطراف مدل را به‌وسیلهٔ قلم آب مرطوب کنید.
ـ مدل را لق کنید.
ـ مدل را با مدل درآور خارج نمایید (شکل ۶۷).



شکل ۶۸ـ جفت کردن دوتای درجه

■ **مرحلهٔ ۷:** سطح قالب را، تمیز کنید (با فوتک).
ـ قالبِ رویی را روی قالب زیرین قرار دهید (شکل ۶۸).
ـ مراحل قالب‌گیری مدل را با صبر و شکیبایی انجام دهید تا امکان بروز خطا در کار به حداقل برسد.



شکل ۶۹

فعالیت کارگاهی

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 وکوبه
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 قابل اره‌کاری باشد)
۴ پس از کوبیدن درجه رویی و صاف کردن آن با کارد تسمه، حوضچهٔ 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 حوضچهٔ پای راهگاه را با ابزار قاشقی (قسمت قاشق مانند) ایجاد کنید.
۶ کانال‌های اصلی (راهبار) و کانال‌های فرعی (راهباره) 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

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

قالب‌گیری مدل با سطح جدایش غیریکنواخت

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

هنگام قالب‌گیری این مدل‌ها نمی‌توان آنها را روی سطح صاف مانند صفحهٔ زیر درجه یا سطح میز قالب‌گیری قرار داد.

برای قالب‌گیری این نوع مدل‌ها می‌توان از قطعهٔ کمکی از جنس چوب، فلز یا ماسه استفاده کرد. این قطعهٔ کمکی را زیر سری گویند.

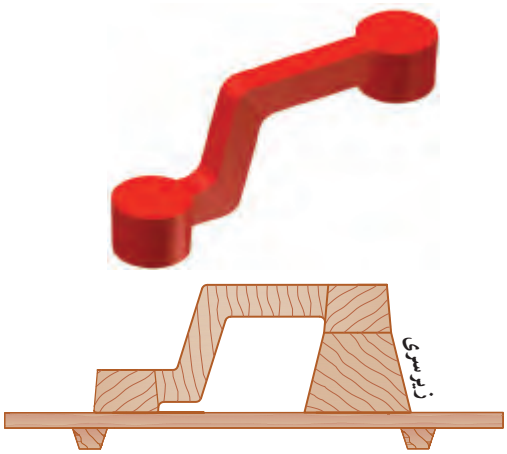
ـ اکثر مدل‌ها با سطح جدایش غیریکنواخت یک تکه هستند و هنگام قالب‌گیری برای ایجاد سطح جدایش، عملیاتی روی سطح قالب با ابزار قالب‌گیری انجام می‌گیرد که اصطلاحاً این عملیات را ساده کردن (شیب دادن) می‌نامند.



شکل ۷۰ـ نمونه مدل با سطح جدایش غیریکنواخت

ابزار و تجهیزات مورد نیاز : مدل، قطعهٔ کمکی، درجه، صفحهٔ زیر درجه، جعبهٔ ابزار قالب‌گیری

قطعهٔ کمکی: مدل‌ساز هنگـام ساخت مدل قطعه‌ای از چوب متناسب با مدل می‌سازد که اصطلاحاً به آن زیرسری هم گفته می‌شود (شکل ۷۱).
در صورت نبودن زیرسری هنگام قالب‌گیری، از ماسه نیز می‌توان استفاده نمود.



شکل ۷۱ـ مدل با زیر سری

نکات ایمنی

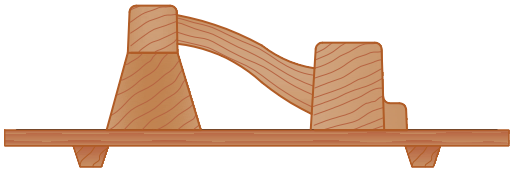
رعایت نکات ایمنی هنگام قالب‌گیری و مذاب‌ریزی الزامی است.

مراحل انجام کار

■ **مرحلهٔ ۱:** مدلی مطابق شکل ۷۲ انتخاب کنید.

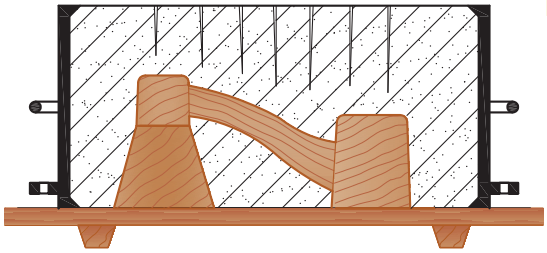

شکل ۷۲ـ مدل

■ **مرحلهٔ ۲:** مدل را با استفاده از (زیرسری) روی صفحهٔ زیر درجه قرار دهید (شکل ۷۳).


شکل ۷۳

نکته

درصورت وجود نداشتن قطعه کمکی (زیرسری) از ماسه به‌عنوان زیرسری استفاده شود.


شکل ۷۴

■ **مرحلهٔ ۳:** تای زیرین درجه را روی صفحهٔ زیر درجه قرار دهید.
ـ درجه را قالب‌گیری کنید (شکل ۷۴).



شکل ۷۵

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



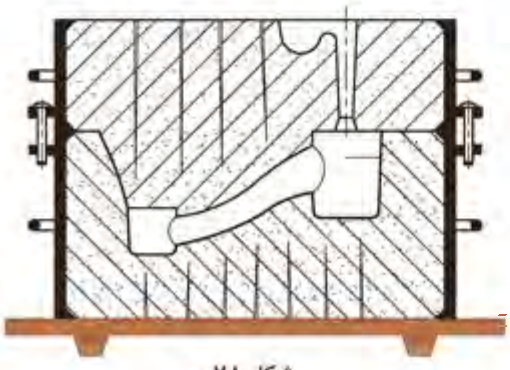
شکل ۷۶

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



شکل ۷۷

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



شکل ۷۸

■ **مرحلهٔ ۷:** قالبِ رویی را روی قالبِ زیرین قرار دهید.
ـ قالب آماده را بارریزی کنید (شکل ۷۸).

توجه

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

فعالیت کارگاهی

قالب‌گیری مدل یک تکه با سطح جدایش غیر 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 غیریکنواخت

مراحل انجام کار

۱ صفحه زیر درجه و درجه لنگه زیرین را تمیز کنید و مدل با سطح جدایش غیریکنواخت را با توجه به شیب برروی صفحه درجه زیرین قرار دهید و پودر جدایش را برروی 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 قالب‌گیری کنید.

۴ پس از برگرداندن مدل سطح جدایش غیریکنواخت مدل را با توجه روشی که گفته شد ایجاد کنید و سطح درجه زیرین را از ماسه تمیز کنید.

۵ برروی 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

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

ـ تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.

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

ساخت پس قالب گچی

ـ قالب‌گیری قطعه با سطح جدایش غیریکنواخت به‌علت 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 صرفه‌جویی در وقت و اقتصادی بودن، از یک وسیلهٔ کمکی به نام پس قالب گچی استفاده می‌شود.

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

توجه

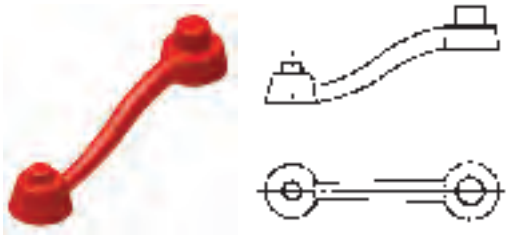
هنگام تهیهٔ دوغاب گچ از دستکش استفاده شود.

نکات ایمنی

رعایت نکات ایمنی هنگام قالب‌گیری الزامی است.

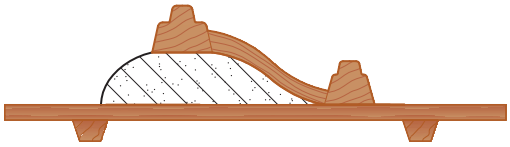
مراحل انجام کار

مرحله ۱: مدل را مطابق شکل۷۹ انتخاب کنید.



شکل ۷۹

مرحلهٔ ۲: مدل را روی صفحهٔ زیر درجه قرار دهید. برای استقرار کامل مدل از ماسه به‌عنوان زیرسری استفاده کنید (شکل ۸۰).

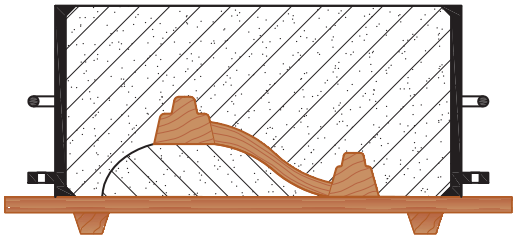


شکل ۸۰

مرحلهٔ ۳: لنگهٔ رویی درجه را روی صفحهٔ زیر درجه قرار دهید.

ـ به سطح ماسهٔ کمکی (زیرسری) را پودر جدایش بپاشید.

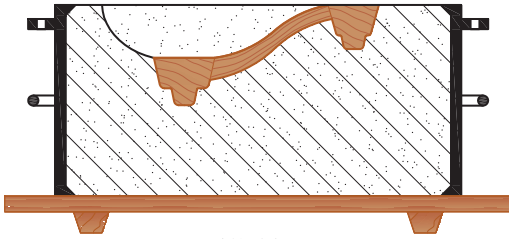
ـ درجهٔ رویی را قالب‌گیری کنید (شکل ۸۱).



شکل ۸۱

مرحلهٔ ۴: قالب را با صفحهٔ زیر درجهٔ ۱۸۰ درجه بچرخانید و روی صفحهٔ زیر درجه قرار دهید.

ـ ماسه کمکی (زیرسری) را بردارید و سطح کار را با ابزار ساده کنید (شکل ۸۲).



شکل ۸۲

مرحلهٔ ۵: لنگهٔ رویی درجه را روی قالب زیرین قرار دهید.

نکته

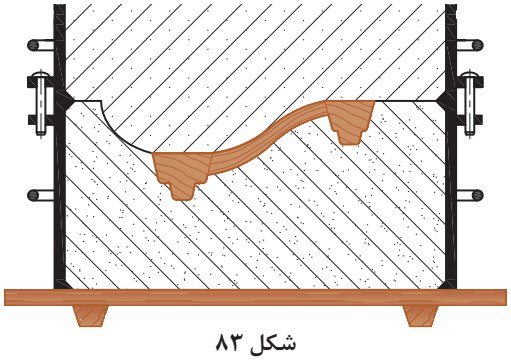
در این مرحله به جای لنگهٔ رویی درجه می‌توان از یک قاب چوبی به اندازهٔ ابعاد درجه استفاده کرد.

ـ سطح مدل را با روغن یا گریس چرب کنید (این عمل موجب می‌شود تا گچ به مدل نچسبد).

ـ دوغاب گچ را آماده کنید.

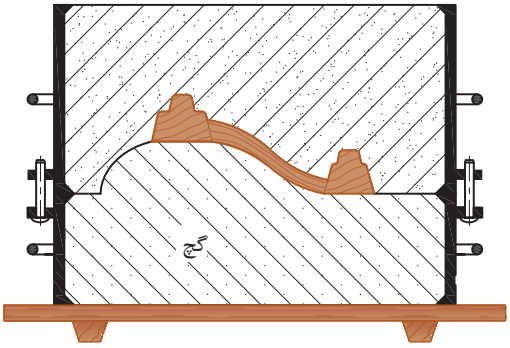
ـ اطراف دو درجه را با ماسهٔ تر بپوشانید (جهت جلوگیری از خروج دوغاب گچ).

ـ دوغاب گچ را داخل درجه بریزید و صبر کنید تا گچ کاملاً سفت شود (شکل ۸۳).



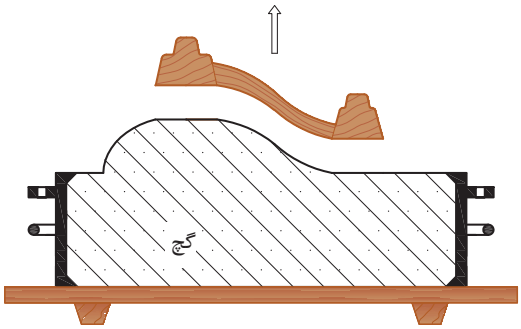
شکل ۸۳

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



شکل ۸۴

مرحلهٔ ۷: قالبِ رویی را بردارید و ماسهٔ آن را تخلیه کنید.
ـ مدل را به آرامی از روی گچ بردارید.
بدین‌ترتیب پس قالب گچی آماده می‌شود (شکل ۸۵).



شکل ۸۵

نکته

پس قالب گچی زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که کاملاً خشک شده باشد. بنابراین پس قالب‌های ساخته شده را برای قالب‌گیری‌های بعدی نگهداری کنید.

فعالیت کارگاهی

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

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 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 قالب‌گیری 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 به‌صورت 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

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

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.

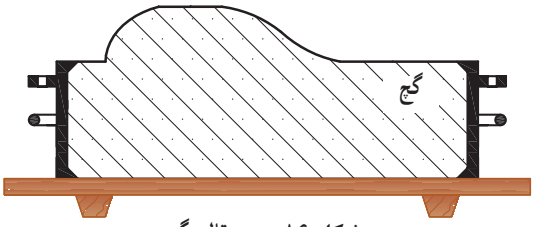
ابزار لازم : پس قالب (سادهٔ گچی)، مدل مربوط به پس‌قالب یک جفت درجهٔ مناسب، جعبهٔ ابزار قالب‌گیری، صفحهٔ زیر درجه.

نکات ایمنی

رعایت نکات ایمنی هنگام قالب‌گیری و بارریزی الزامی است.

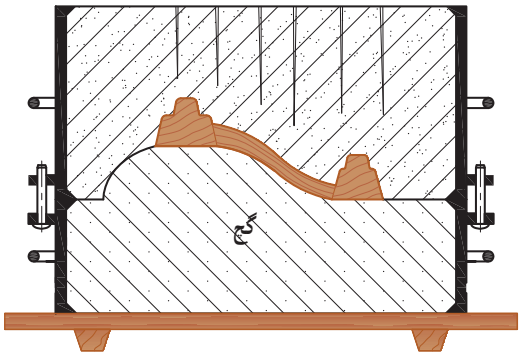
مراحل انجام کار

مرحلهٔ ۱: مدل و پس قالب گچی ساخته شده در جلسهٔ قبل را انتخاب کنید (شکل ۸۶).



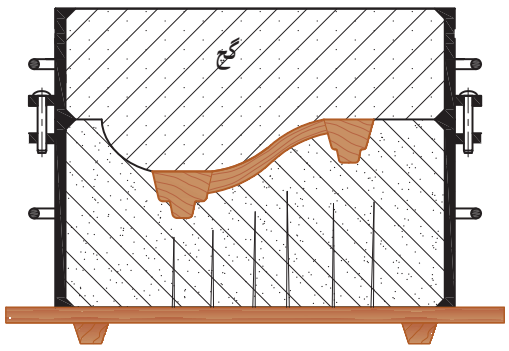
شکل ۸۶ ـ پس قالب گچی

مرحلهٔ ۲: مدل را روی پس قالب قرار دهید.
ـ درجه زیرین متناسب با پس قالب را روی آن قرار دهید و قالب‌گیری کنید (شکل ۸۷).



شکل ۸۷

مرحلهٔ ۳: دو لنگهٔ قالب را باهم به اندازهٔ ۱۸۰ درجه برگردانید (شکل ۸۸).



شکل ۸۸

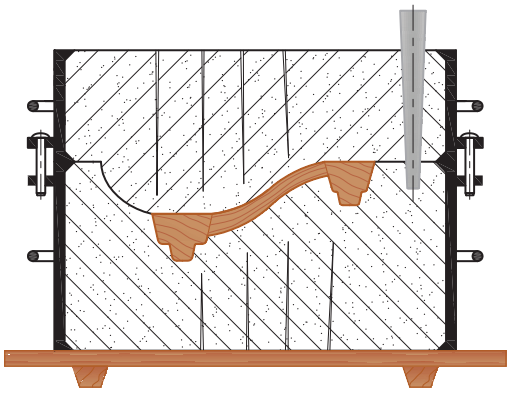
مرحلهٔ ۴: پس قالب را بلند کنید و در محل مناسب قرار دهید.

ـ به سطح قالب زیرین پودر جدایش بپاشید.

ـ تای رویی درجه را روی قالب زیرین قرار دهید.

ـ لولهٔ راهگاه را در محل مناسب قرار دهید.

ـ تای رویی را قالب‌گیری کنید (شکل ۸۹).



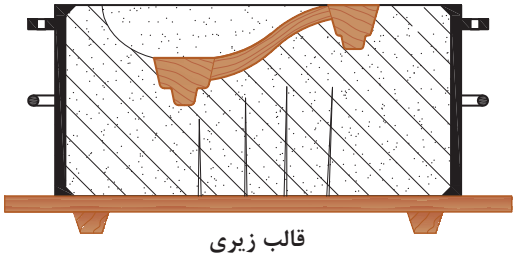
شکل ۸۹

مرحلهٔ ۵: حوضچهٔ بارریز را ایجاد کنید.

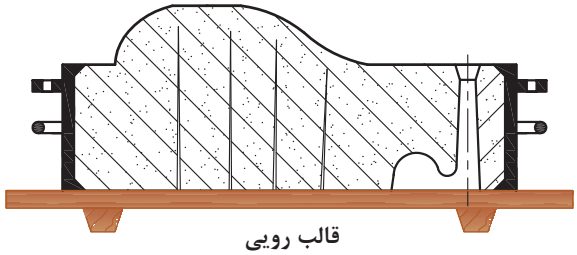
ـ سیخ هواکش را بزنید.

ـ لولهٔ راهگاه را خارج کنید.

ـ قالبِ‌رویی را بردارید و در محل مناسب قرار دهید (شکل ۹۰).



قالب زیری

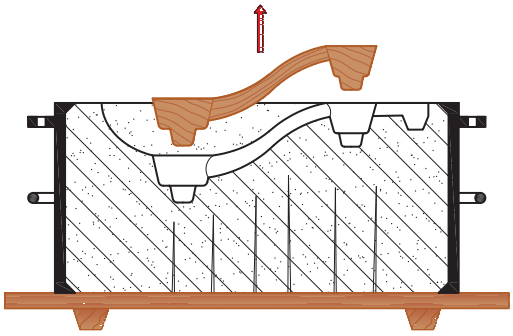


قالب رویی

شکل ۹۰

مرحلهٔ۶: حوضچهٔ پای راهگاه و راهبار را ایجاد کنید.

ـ مدل را از قالب خارج کنید (شکل ۹۱).

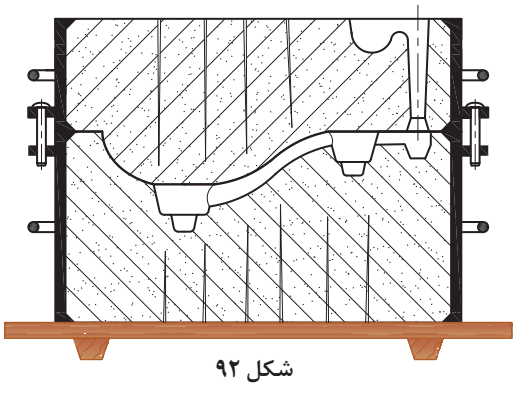


شکل ۹۱

مرحلهٔ ۷: قالبِ‌رویی را روی قالبِ زیرین قرار دهید.

ـ قالب را بارریزی کنید (شکل ۹۲).

ـ شکل ۹۳ قطعهٔ ریخته شده، همراه با سیستم راهگاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۹۲



شکل ۹۳

فعالیت کارگاهی

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

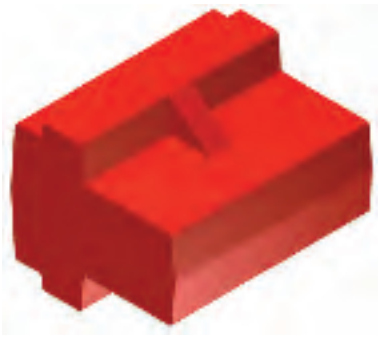
۱ پس قالب آماده شده در فعالیت کارگاهی صفحه ۸۸ را برداشته و بر روی صفحه زیر درجه قرار دهید.
۲ مدل را بر روی پس قالب قرار داده و بر روی آن پودر جدایش زده شود.
۳ لنگه دیگر درجه را جفت کرده و عمل قالب‌گیری لنگه را انجام دهید و پشت درجه را با کارد تسمه صاف کنید.
۴ دو لنگه درجه را گرفته و با یکدیگر بچرخانید 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 حوضچهٔ قیفی شکل مدل را از قالب خارج کرده و درجه را جفت کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
ـ تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
ـ 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 حتّی در بعضی موارد غیرممکن است، دو تکه ساخته می‌شوند و اجزای (تکه‌ها) آن را با استفاده از اتّصالات جداشدنی (مانند پین) به یکدیگر متّصل می‌کنند و بدین ترتیب امکان قالب‌گیری به‌وجود می‌آید و عمل قالب‌گیری نیز آسان‌تر انجام می‌شود. شکل۹۴ تصویر مجسم مدل را به‌صورت به‌هم چسبیده (جفت شده) و شکل۹۵ دو نیمه از هم جدا شده آن را نشان می‌دهد.



شکل ۹۴



شکل ۹۵ـ مدل دو تکه

ابزار لازم:

ـ مدل دو تکهٔ متقارن، یک جفت درجهٔ متناسب با مدل، جعبهٔ ابزار قالب‌گیری، صفحهٔ زیر درجه.

ـ در هنگام کار با مدل دو تکه، اتصالات جداشدنی آن را از لحاظ سالم بودن، کنترل کنید.

نکات ایمنی

رعایت نکات ایمنی هنگام قالب‌گیری و بارریزی الزامی است.

مراحل انجام کار

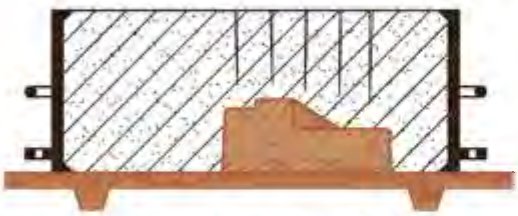
مرحلهٔ ۱: مدل مطابق شکل ۹۵ را انتخاب کنید.

مرحلهٔ ۲: نیمهٔ زیرین مدل را با توجه به شیب آن روی صفحهٔ زیردرجه قرار دهید.

ـ تای زیرین درجه را روی صفحهٔ زیر درجه قرار دهید.

ـ ماسه آماده را روی مدل به اندازهٔ ۲ سانتی‌متر الک کنید.

ـ درجه را قالب‌گیری کنید (شکل ۹۶).



شکل ۹۶ـ قالب‌گیری یک نیمه از مدل

مرحلهٔ ۳: قالب زیرین را همراه با صفحهٔ زیر درجه برگردانید.

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



شکل ۹۷

مرحلهٔ ۴: نیمه رویی مدل را با توجه به پین‌ها، روی نیمهٔ زیرین قرار دهید.

ـ لوله راهگاه را در محل مناسب قرار دهید.

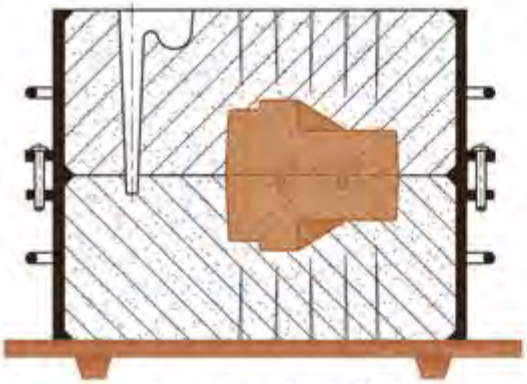
ـ درجه رویی را روی قالب زیرین قرار دهید.

ـ درجه رویی را قالب‌گیری کنید (شکل ۹۸).



شکل ۹۸

مرحلهٔ۵: سیخ هواکش و حوضچهٔ بارریز را ایجاد کنید.
ـ لولهٔ راهگاه را خارج کنید (شکل ۹۹).



شکل ۹۹ـ قالب‌گیری نیمه‌دوم از مدل

مرحلهٔ ۶: نیمهٔ رویی قالب را بلند کنید و برگردانید و آن را روی صفحهٔ زیر درجه قرار دهید (شکل ۱۰۰).

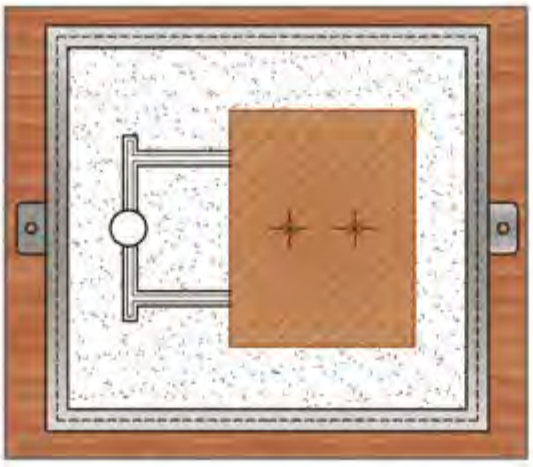


شکل ۱۰۰ـ برداشتن درجه رویی

مرحلهٔ ۷: روی قالب زیرین، حوضچهٔ پای راهگاه، راهبار و راهباره ایجاد کنید.
(شکل۱۰۱) قالب زیرین را دربرش و (شکل۱۰۲) قالب زیرین را در نما نشان می‌دهد.



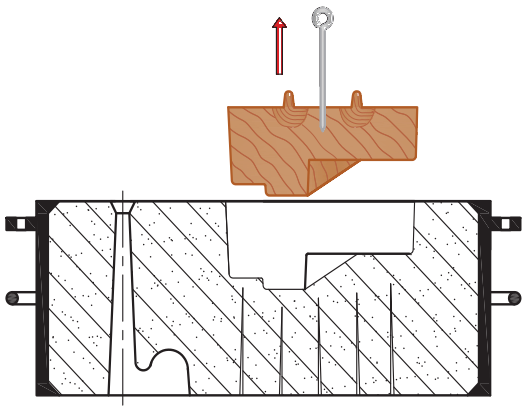
شکل ۱۰۱



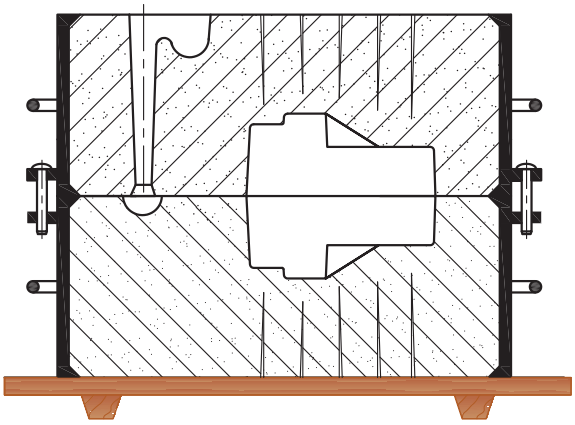
شکل ۱۰۲ـ ایجاد سیستم راهگاهی

■ **مرحلهٔ ۸:** اطراف مدل را مرطوب کنید.
ـ با استفاده از مدل درآور، دو نیمهٔ مدل را از دو لنگهٔ قالب خارج کنید (شکل ۱۰۳).

■ **مرحلهٔ ۹:** قالب رویی را روی قالب زیرین قرار دهید.
ـ قالب، آماده بارریزی‌ست (شکل ۱۰۴).



شکل ۱۰۳ـ خارج کردن مدل از ماسه



شکل ۱۰۴ـ جفت‌کردن دو تای درجه

فعالیت کارگاهی

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 لق کرده و از داخل قالب خارج کنید.
۵ لنگه رویی درجه را بر روی قسمت زیرین جفت کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

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

ارزشیابی واحد یادگیری ۱ : قالب‌گیری ماسهٔ تر

شرح کار:
پس از آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری، مدل سندان کفاشی را قالب‌گیری کنید

استاندارد عملکرد : قالب‌گیری مدل چند تکه توسط مخلوط ماسهٔ تر

شاخص‌ها:
۱ـ آماده‌سازی مخلوط ماسهٔ‌تر ۲ـ کنترل میزان رطوبت مجاز به‌صورت تجربی ۳ـ قالب‌گیری مدل چند تکه

شرایط انجام کار:
۱ـ محیط کارگاهی ۲ـ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
۳ـ تهویه استاندارد و دمای $۲۰^{\circ}C \pm ۳$ ۴ـ اندازه‌ها براساس استاندارد
۵ـ وسایل ایمنی استاندارد ۶ـ ابزار و تجهیزات استاندارد

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب بنتونیت، آب پاش، بیل ریخته‌گری، سرند، سرند برقی، مدل سندان کفاشی، 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 ماسهٔ‌تر	۱	
۲	قالب‌گیری مدل چند تکه	۱	
۳	کنترل میزان کوبش درجه زیرین و رویی	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:* ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳ـ تمیز کردن میزکار و محیط کارگاه ۴ـ رعایت دقت و نظم	۲	
	میانگین نمرات**		

* 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.

واحد یادگیری ۲ : طراحی اجزاء سیستم راهگاهی

برای دستیابی به قطعه سالم، سیستم راهگاهی باید به‌گونه‌ای طراحی شود که مذاب فلز به‌صورت 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 محفظهٔ قالب می‌شود؟
- آیا نحوه و مسیر ورود مذاب، در سلامت قطعه ریختگی تأثیر دارد؟

چگونگی ورود مذاب به محفظهٔ قالب و جریان آن در مجراهایی که به محفظهٔ قالب منتهی می‌شوند، در ریخته‌گری، از اهمیّت زیادی برخوردار هستند. چرا که می‌تواند در رسیدن مذاب به محفظهٔ قالب، ورود ناخالصی‌ها و نوع انجماد تأثیر بگذارد. انتخاب صحیح مسیر و نحوه ورود می‌تواند سلامت قطعه را تضمین نماید.
به‌طورکلّی، مجموعهٔ راه‌هایی که مذاب برای ورود به محفظهٔ قالب، از آنها عبور می‌کند به سیستم راهگاهی[1] موسومند. با توجّه به نکات یاد شده، وظایف یک سیستم راهگاهی صحیح را به‌طورکلّی، می‌توان بدین شرح ذکر نمود:

۱ تنظیم سرعت و جهت جریان مذاب به گونه‌ای که پُرشدن کامل قالب قبل از انجماد تضمین گردد.

۲ ایجاد جریانی آرام و یکنواخت با حدّاقل آشفتگی و تلاطم در قالب، به منظور جلوگیری از جذب هوا، اکسید شدن فلزّ مذاب و شستن جدارهٔ قالب.

۳ ایجاد شیب دمایی مناسب از قطعه به تغذیه و در مواردی که از تغذیه استفاده نمی‌شود، از قطعه به‌طرف مجرای ورود مذاب به قالب.

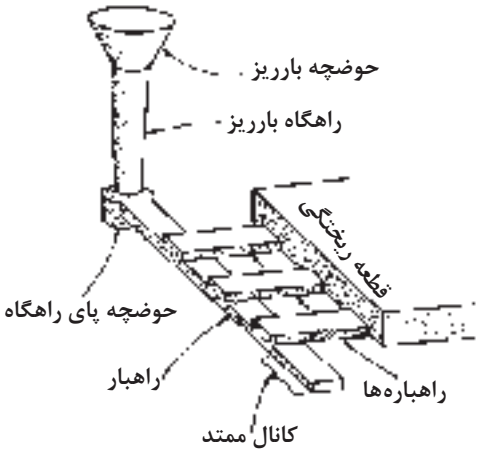
۴ جلوگیری از ورود آخال‌ها، اکسیدهای سرباره‌ای، ذرّات و موادّ قالب از طریق کنترل تلاطم و آشفتگی مذاب و یا با استفاده از مواد و روش‌های تکنیکی از قبیل استفاده از صافی‌ها، سرباره‌گیری و فشارگیرها .

۵ اقتصادی بودن از نظر راندمان ریختگی و نیز هزینه‌های تمیزکاری.

با توجّه به نقش مؤثّر 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 کلّی در طرّاحی و محاسبات این سیستم‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

اجزای یک سیستم راهگاهی

یک سیستم راهگاهی به طورکلّی می‌تواند دارای اجزایی مطابق شکل ۱ باشد.



شکل ۱ـ اجزای اصلی یک سیستم راهگاهی

۱ـ Gating System

حوضچه[1] بارریز

حوضچه بارریز به‌صورت یک کاسهٔ باریک‌شونده است که در بالای لولهٔ راهگاه بارریز، روی سطح درجه بالایی تعبیه می‌گردد. نقش اساسی حوضچه، سهولت ریختن مذاب از وسایل انتقال مذاب مانند بوته و یا پاتیل، به‌داخل راهگاه بارریز می‌باشد. در شکل ۲ نمونه‌هایی از حوضچه‌های قیفی شکل پیش‌ساخته که بیشتر برای ریخته‌گری قطعات چدنی و فولادی مورد استفاده قرار می‌گیرند، نشان داده شده‌اند.



شکل ۲ـ نمونه‌هایی از حوضچه (قیف)های پیش‌ساختهٔ بالای راهگاه بارریز

از نکات اساسی در ارتباط با حوضچه‌های بالای راهگاه بارریز آن است که این حوضچه‌ها باید در طول عمل بارریزی، همواره پُر نگه داشته شوند؛ زیرا این امر موجب می‌شود تا اوّلاً، شلاکه و موادّ ناخالصی که معمولاً سبک‌تر از مذاب هستند بر روی سطح مذابِ موجود در حوضچه جمع شوند و درنتیجه به داخل محفظهٔ قالب راه پیدا نکنند. ثانیاً، پرنگه‌داشتن حوضچه از مذاب، ضمن ایجاد جریان مناسبی از مذاب با فشار استاتیکی[2] معیّن در داخل سیستم راهگاهی، از جذب شدن هوا و ورود آن به قالب نیز جلوگیری می‌کند. در بعضی موارد، به‌ویژه در مورد فلزّات و آلیاژهای غیرآهنی از حوضچه‌های موسوم به حوضچهٔ گلابی یا لگنی استفاده می‌شود مزایای این نوع حوضچه به قرار زیر است.

ـ تنظیم سرعت جریان مذاب

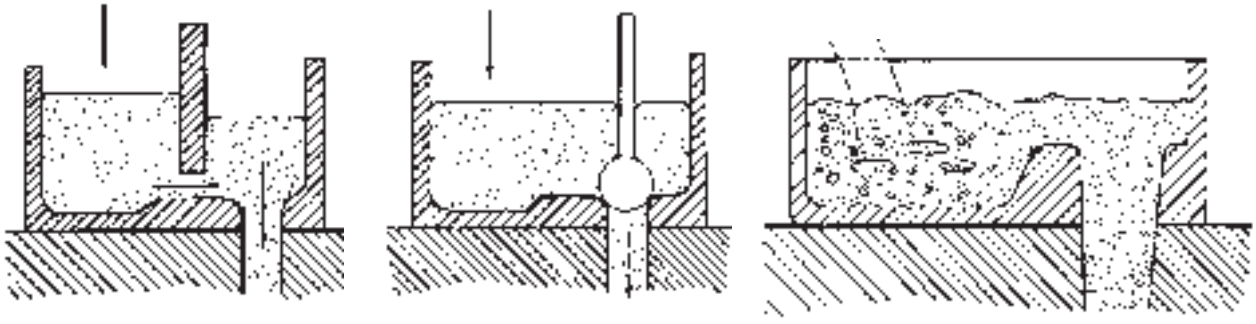
ـ جلوگیری از ورود شلاکه[3] و مواد ناخواسته به داخل قالب

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

ـ حفظ نمودن قالب از آسیب ریزش مستقیم مذاب

نمونه‌هایی از این حوضچه‌ها درشکل ۳ نشان داده شده‌اند.

همان‌طور که در شکل ب دیده می‌شود، در بعضی مواقع برای پرشدن آرام و یکنواخت قالب، دهانهٔ راهگاهِ بارریز در داخل حوضچه با گلوله‌ای بسته می‌شود. این گلوله پس از پُرشدن حوضچه از مذاب برداشته می‌شود و مذاب، راهی راهگاه بارریز می‌گردد. همچنین در بعضی موارد، حوضچه مطابق شکل ج با یک تیغهٔ سد مانند به دو



(ج) (ب) (الف)

شکل ۳ـ نمونه‌هایی از حوضچه‌های گلابی (لگنی)

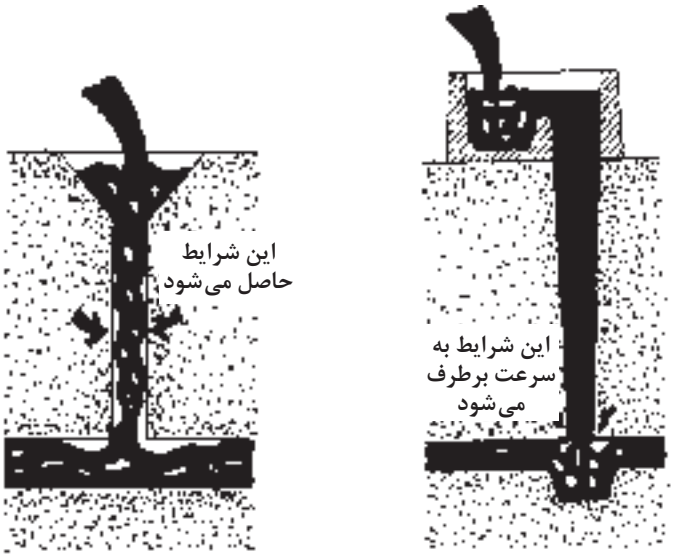
۱ـ Pouring Basin ۲ـ Metalostatic Pressure ۳ـ Slag

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

قابل ذکر است که در صورت استفاده از حوضچه‌های بزرگ، به‌علّت صعود بهتر و آسان‌تر موادّ ناخواسته و سرباره به سطح مذابِ داخل حوضچه، عمل جلوگیری از ورود آنها به داخل سیستم راهگاهی و محفظه قالب به‌طور مطلوب‌تری صورت می‌گیرد. علاوه‌بر این، سرعت بارریزی در این نوع حوضچه‌ها می‌تواند بدون سرریز کردن مذاب افزایش پیدا کند. طبیعی است که یک حوضچهٔ بزرگ پس از اتمام بارریزی می‌تواند به‌عنوان تغذیه نیز عمل کند.

راهگاه بارریز[1] (لولهٔ راهگاه)

راهگاه بارریز مجرایی عمودی است که سطح مقطع آن از بالا به طرف پایین کاهش می‌یابد. این راهگاه از طرف سطح بزرگ‌تر به حوضچهٔ بالای راهگاه بارریز و از طرف سطح کوچک‌تر از طریق حوضچه دیگری به نام حوضچه پای راهگاه بارریز به کانال اصلی یا راهبار متّصل می‌شود. دلیل مخروطی شکل بودن کانال راهگاه با مشاهدهٔ جریان آب از یک شیرِ باز، به‌خوبی روشن می‌گردد. بدین ترتیب که با دور شدن آب از محل اتصالِ به شیر، به‌دلیل افزایش سرعت جریان، سطح مقطع آب نیز کاهش پیدا می‌کند. بنابراین، با توجّه به اینکه مذاب در داخل راهگاهِ بارریز نیز با چنین حالتی جریان دارد، از این‌رو به‌منظور پُرنگه‌داشتن این راهگاه و درنتیجه جلوگیری از ورود هوا به داخل آن، لازم است تا راهگاهِ بارریز به صورت مخروطی شکل درنظر گرفته شود. بدیهی است در صورت انتخاب اَشکال 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 به‌خوبی مشاهده می‌شود.

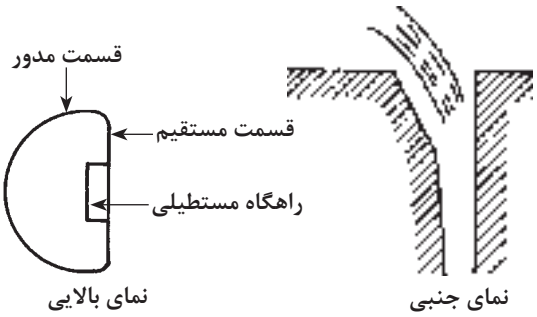


کانال استوانه‌ای هوا را جذب می‌کند. کانال مخروطی از جذب هوا جلوگیری می‌کند.

شکل ۴ـ نحوهٔ جریان مذاب در انواع راهگاه‌های استوانه‌ای و مخروطی

۱ـ Sprue

توصیه شده است سطح مقطع راهگاه بارریز حتماً باید تا قطر ۲۰ میلی‌متر به‌شکل 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 به‌عمل آید. نمونه‌ای از این طراحی در شکل ۵ نشان داده شده است.

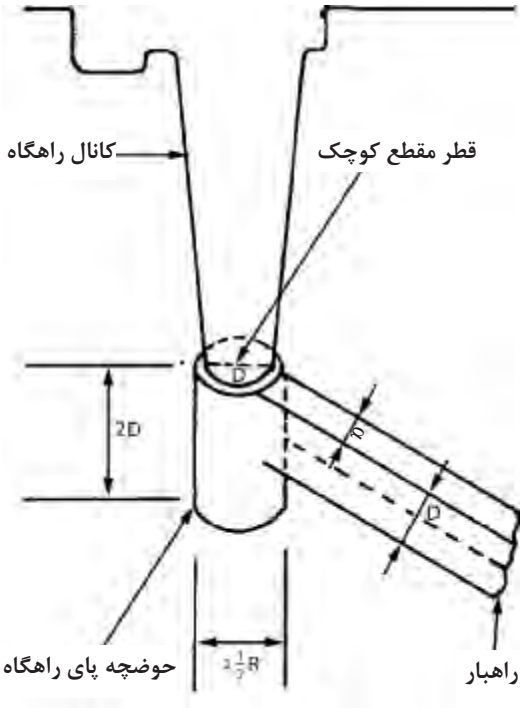


شکل ۵ـ نوعی حوضچه ایده‌آل بر روی راهگاه بارریز

قابل ذکر است که راهگاه بارریز با سطح مقطع دایره‌ای شکل، به دلیل اینکه دیرتر از نوع مستطیلی شکل سرد می‌گردد، عمل مذاب‌رسانی به قطعهٔ ریخته شده را به هنگام سردشدن، به‌طور مطلوب‌تری انجام می‌دهد. این درحالی‌است که از نظرکاهشِ تلاطم جریان مذاب و در نتیجه جلوگیری از ایجاد هوای حبس شده در مذاب، راهگاه بارریزِ 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 درنتیجهٔ آن، تخریب قالب و جذب هوا به‌دنبال داشته باشد، از این‌رو، برای جلوگیری ازاین امر، حوضچه‌ای در انتهای راهگاه بارریز تعبیه می‌گردد که به آن حوضچه پای راهگاه گفته می‌شود. بنابراین، با ایجاد حوضچهٔ پای راهگاه، از تلاطم مذاب جلوگیری می‌شود و مذاب با سرعتی مناسب و از طریقِ راهبار وارد قالب می‌گردد. در شکل ۶ ابعاد مناسب برای حوضچه پای راهگاه نشان داده شده است.



شکل ۶ـ ابعاد مناسب برای یک حوضچه پای راهگاه

کانال‌های اصلی[۲] (راهبار) و فرعی[۳] (راهباره)

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

۱ـ Sprue Base ۲ـ Runner ۳ـ Ingate

چنین شرایط نامطلوبی، مذاب، قبل از ورود به قالب از یک کانال اصلی جریان داده می‌شود. این کانالِ مستقیم که از حوضچه‌پای 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 راهباره موسومند. قابل ذکر است که معمولاً، راهبار، بعد از آخرین راهبارهٔ انشعابی از آن، کمی امتداد پیدا می‌کند تا بدین وسیله موادّ ناخواستهٔ موجود در مذاب و سایر آشفتگی‌ها، به این قسمتِ انتهایی کشیده شود و از ورود آن‌ها به داخل محفظهٔ قالب جلوگیری گردد. این قسمت انتهایی راهبار، کانال ممتد نامیده می‌شود.

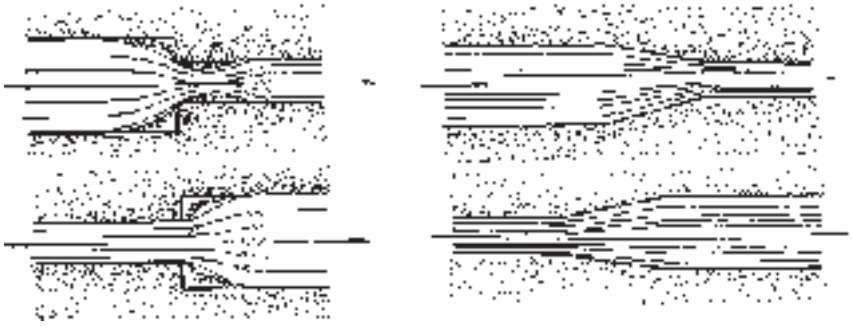
طرح مناسب برای اتّصال اجزای سیستم راهگاهی

بنابر مطالب گذشته، یکی از وظایف مهم یک سیستم راهگاهی، ایجاد جریانی آرام و یکنواخت و با حدّاقل تلاطم و آشفتگی می‌باشد. با توجّه به این موضوع، بدیهی است درصورتی‌که اجزای مختلف سیستم راهگاهی با گوشه‌هایی تیز به یکدیگر مرتبط گردند، به‌دلیل ایجاد تلاطم و آشفتگی در جریان مذاب دراثر تغییر مسیر ناگهانی درمحلّ گوشه‌ها، جذب هوا و سایر گازهای ایجاد شده در قالب تسهیل می‌گردد. درشکل ۷ این شرایط، برای محلّ اتّصال راهگاهِ بارریز و راهباره نشان داده شده است.



شکل ۷ــ تأثیر گوشه‌های تیز در تلاطم مذاب

همان‌گونه که درشکل مشاهده می‌شود تغییر مسیر جریان درمحلّ گوشه‌ها منجر به ایجاد مناطقی با فشار کمتر از فشار اتمسفر می گردد (الف). که درنتیجهٔ این امر، هوا و گازهای موجود در قالب وارد مذاب می‌شوند (ب). برای رفع این مشکل باید محلّ اتّصال، مطابق شکل (ج) به‌صورت مدوّر در نظر گرفته شود. همچنین محلّ اتّصال راهبار به راهباره‌ها نیز باید به‌گونه‌ای طرّاحی گردد که از تغییر ناگهانی سرعت مذاب و درنتیجه جذب هوا و ایجاد جریانی متلاطم جلوگیری به عمل آید. در شکل ۸ این موضوع نشان داده شده است.



شکل ۸ــ طرّاحی محلّ اتصال اجزای سیستم راهگاهی

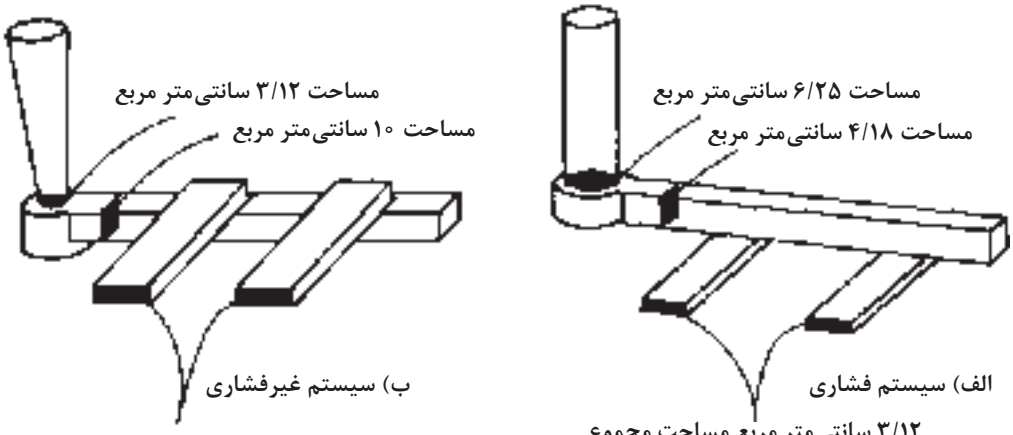
انواع سیستم‌های راهگاهی

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 نشان‌دهندهٔ نسبت سطح مقطع راهگاه بارریز به سطح مقطع راهبار به مجموع سطوح مقاطع راهباره‌ها می‌باشد و به‌صورت 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 ریخته‌گریِ فلزّات و آلیاژها، نسبت‌های راهگاهی مختلفی ممکن است مورد استفاده قرار گیرند ولی از جهت نوع رابطهٔ میان سطوح مقاطع اجزای سیستم راهگاهی، این نسبت‌ها به دو گروه اصلیِ فشاری[1] و غیرفشاری[2] تقسیم می‌گردند. هرگاه دریک سیستم راهگاهی، مجموع سطوح مقاطع راهباره‌ها از سطح مقطع راهگاه بارریز کمتر باشد، سیستم از نوع فشاری و چنانچه عکسِ حالت یاد شده وجود داشته باشد، سیستم از نوع غیرفشاری است. با توجّه 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 به‌طور شماتیک نشان داده شده‌اند.



شکل ۹ـ 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 فلزّات آهنی، به‌ویژه چدن‌ها، مناسب می‌باشد، درحالی‌که در ریخته‌گری فلزّات و آلیاژهای غیرآهنی مانند آلومینیم و منیزیم که تمایل زیاد به واکنشِ با هوا و گازها دارند، استفاده از سیستم‌های راهگاهی غیرفشاری مناسب می‌باشد. در مورد برنج‌ها و برنزها، براساس روش ریخته‌گری، نوع قطعه و تجربهٔ ریخته‌گر، می‌توان از هر دو نوع سیستم‌های راهگاهی فشاری و غیرفشاری استفاده نمود.

۱ـ Pressurized System ۲ـ Unpressurized System

جدول ۱ـ مزیت‌ها و محدودیت‌های سیستم‌های راهگاهی فشاری و غیرفشاری

سیستم راهگاهی فشاری		سیستم راهگاهی غیرفشاری	
مزیت‌ها	محدودیت‌ها	مزیت‌ها	محدودیت‌ها
۱ پرشدن سریع سیستم از مذاب و در نتیجه کاهش زمان تماس مذاب با هوای داخل سیستم ۲ جریان مذاب به یک اندازه از راهباره‌ها وارد محفظه قالب می‌شود. ۳ سهولت درجداسازی اجزای سیستم راهگاهی از قطعه ۴ افزایش راندمان تولید به دلیل حجم کم مذاب مصرفی در سیستم راهگاهی	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 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 پرنبودن سیستم راهگاهی و در نتیجه امکان ورود هوا ۲ یکسان نبودن مقدار جریان مذاب از راهباره‌ها به داخل محفظه قالب ۳ کاهش راندمان ریختگی به‌دلیل مصرف حجم زیاد مذاب در سیستم راهگاهی

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

جدول ۲ـ نسبت‌های راهگاهی مربوط به فلزات و آلیاژهای صنعتی

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

فعالیت کارگاهی

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

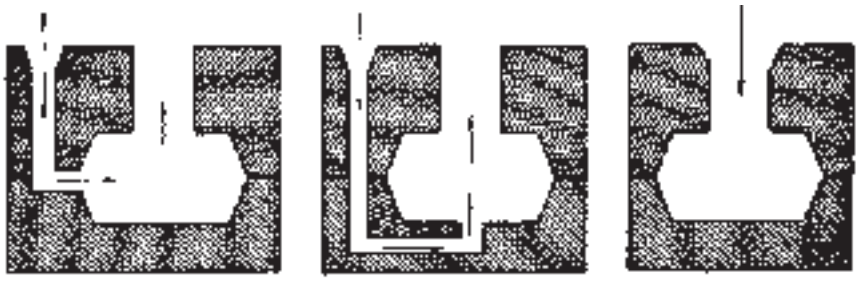
۱ مدل ۲ تکه را با توجه به فعالیت صفحه ۹۴ قالب‌گیری کنید.
۲ پس از قالب‌گیری ۲ لنگه سیستم راهگاهی از نوع فشاری ایجاد کنید.
۳ درجه‌ها را جفت کرده و آماده ذوب‌ریزی کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
ـ تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
ـ 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 وزنِ قطعهٔ ریختگی و نیز موادّ قالب، تعبیه سیستم راهگاهی ممکن است به سه طریق کلّیِ نشان داده شده درشکل ۱۰ صورت گیرد.



شکل ۱۰ــ روش‌های راهگاه‌گذاری

روش راهگاه‌گذاری از بالا[1]

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.



شکل ۱۱ــ روش راهگاه‌گذاری از بالا

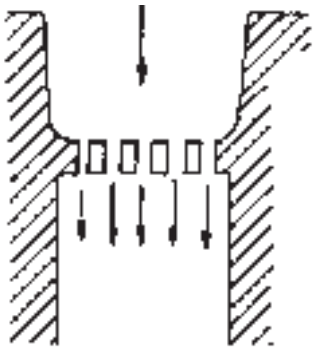
۱ـ Top Gating

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

الف) به‌دلیل 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 اکسیده شدن فلز تشدید می‌گردد.

قابل ذکر است که به‌منظور محافظت از سطوح قالب (شسته شدن ماسه) و نیزجلوگیری از ورود شلاکه مذاب به‌داخل آن، از طرح اصلاحیِ نشان داده شده در شکل ۱۲ استفاده می‌شود. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، با قراردادن یک ماهیچهٔ صافی (راهباره مدادی[1]) هم عمل شلاکه‌گیری صورت می‌گیرد و هم جداره‌های قالب به‌مقدار قابل توجّهی از تخریب و شسته شدن حفظ می‌شوند. به هر حال برخلاف نکات مثبت یاد شده، به این نکته نیزباید توجه کرد که تحت چنین شرایطی، به‌دلیل تعدّد جریان مذاب، جذب گاز و اکسایش مذاب نیز، تشدید می‌گردد.



شکل ۱۲ـ راهبارهٔ مدادی

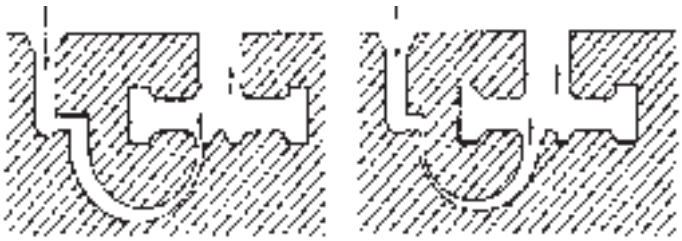
با توجه به مطالب یاد شده، مزیّت‌ها و محدودیت‌ها و نیز کاربرد روش راهگاه از بالا را می‌توان به‌صورت جدول ۳ خلاصه کرد:

جدول ۳ـ مزیت‌ها و محدودیت‌های روش راهگاه از بالا

مزیت‌ها	محدودیت‌ها	کاربرد
ـ سادگی سیستم راهگاهی ـ راندمان ریختگی بالا ـ ایجاد انجماد جهت‌دار از قطعه به‌سوی راهگاه و در نتیجهٔ آن، تجمع حفره‌های انقباضی و آخال‌ها در راهگاه	ـ تخریب کف قالب در اثر ریزش مستقیم مذاب (مناسب نبودن برای ریخته‌گری آلیاژهای سنگین مانند چدن، فولاد و مس) ـ 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) ـ جذب گاز و هوا در اثر تلاطم زیاد مذاب	ـ ریخته‌گری در قالب‌های کوچک با ارتفاع کم‌ریزش مذاب ـ ریخته‌گری در قالب‌های با استحکام بالا مانند قالب‌های فلزی و قالب‌های ماسه‌ای سخت (قالب‌های تهیه شده با چسب‌های سدیم سیلیکات و سیمان) ـ ریخته‌گری قطعات چدنی با شکل ساده ـ ریخته‌گری استوانه‌های توخالی به‌طریق عمودی به صورت راهبارهٔ مدادی ـ ریخته‌گری قطعاتی که دارای قسمت بزرگ و سنگینی در وسط خود هستند (مانند چرخ واگن‌های راه‌آهن)

۱ـ Pencil Gates

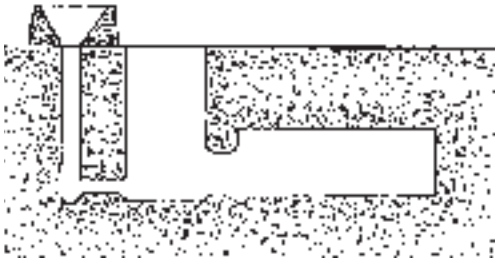
روش راهگاه‌گذاری از پایین[1] در این روش ، مذاب از پایین‌ترین نقطهٔ قالب وارد آن می‌شود. به همین دلیل، مهم‌ترین ویژگی آن، ایجاد جریانی آرام و با حدّاقل تلاطم و آشفتگی از مذاب می‌باشد. در شکل ۱۳ انواع مختلف روش راهگاه از پایین به‌صورت ساده‌ای نشان داده شده است. برخلاف ویژگی یاد شده در این روش، به دلیل قرارگرفتن اوّلین مذاب (مذاب سردتر) در قسمت فوقانی (محلّ 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 اتّصالات بیشتر از راهگاه به قطعه، گرم‌ترین مذاب وارد تغذیه می‌شود و درنتیجه، انجماد قطعه به‌صورت جهت‌دار صورت می‌گیرد. قابل ذکر است که هنگام استفاده از تغذیهٔ جانبی، کاربرد راهگاه از پایین، نتایج بسیار مطلوبی را به‌همراه خواهد داشت (شکل ۱۵).



شکل ۱۳ــ دو نمونه از روش راهگاه‌گذاری ازپایین (راهگاه شاخی)



شکل ۱۴ــ راهگاه پله‌ای



شکل ۱۵ــ راهگاه زیرین در اتصال به تغذیه جانبی

فعالیت کارگاهی

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.

۱ـ Bottom Gating

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

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

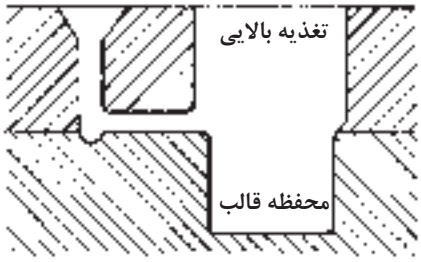
به‌طوری که در شکل مشاهده می‌شود، به‌دلیل عبور مداوم مذاب از تغذیه، این قسمت در پایان بارریزی، گرم‌ترین قسمت قالب خواهد بود. بدیهی است در چنین شرایطی به دلیل ایجاد شیب دمایی مطلوب، انجماد قطعه به‌صورت جهت‌دار صورت می‌گیرد.
با توجّه به نکات یاد شده، مزیت‌ها و محدودیت‌های روش راهگاه از پایین را می‌توان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

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

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

روش راهگاه‌گذاری در سطح جدایش[1]

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



شکل ۱۶ـ روش راهگاه‌گذاری در سطح جدایش

۱ـ Side Gating

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

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

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

سیستم‌های راهگاهی مرکّب[1] (چندتایی)

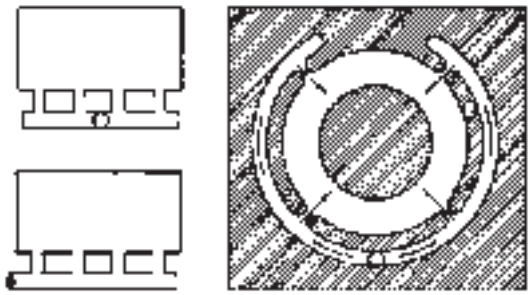
هرچند استفاده از روش‌های راهگاه‌گذاریِ بیان شده در قسمت‌های گذشته (استفاده از یک مجرا برای انتقال مذاب به داخل قالب) در ریخته‌گریِ قطعات کوچک بسیار متداول است ولی در تهیّه قطعات ریختگی بزرگ، استفاده از این روش‌ها مشکلاتی را به‌دنبال دارد که تولید قطعات سالم و با کیفیّت مطلوب را محدود می‌سازد.

علّت این موضوع را می‌توان چنین بیان کرد

۱ حرارت زیاد جدارهٔ راهباره در محلّ اتّصال آن به قطعه، موجب تخریب قالب در این محلّ گردیده، درنتیجه مسأله مذاب‌رسانی قطعه مختل می‌شود.

۲ به‌دلیل طولانی بودن مسیرِ جریان مذاب در محفظه قالب، پر شدن آن به‌طور مطلوبی صورت نمی‌گیرد.

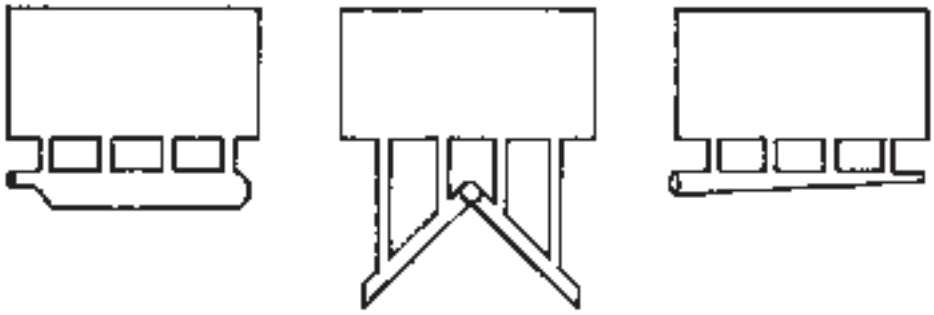
مشکلات یاد شده با استفاده از یک سیستم راهگاهی پیچیده‌تر که در آن، مذاب از طریق چند راهبارهٔ مجزّا به قسمت‌های مختلف قالب هدایت می‌شود، به‌خوبی حل می‌گردد. این راهگاه‌ها که در ساخت و ایجاد آنها ممکن است یکی از انواع راهگاه‌های ساده (راهگاه از بالا، راهگاه از پایین و راهگاه در سطح جدایش) مورد استفاده قرار گیرد، راهگاه‌های مرکّب نامیده می‌شوند و به دو صورت به‌کار می‌روند. در شکل ۱۷ انواع مختلف از راهگاه‌های مرکّب افقی، به‌طور شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۱۷ـ انواع راهگاه‌های مرکّب

۱ـ Multiple gating Systems

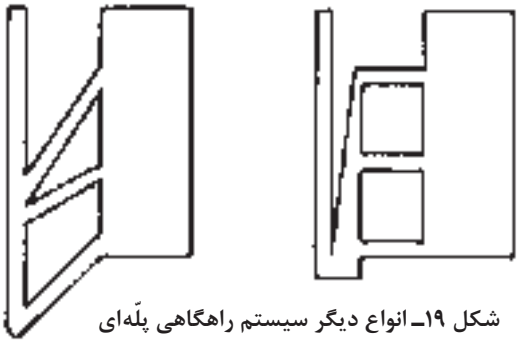
از مسائل مهم در طرّاحی این راهگاه‌ها، آگاهی از مقدار مذاب ورودی از هریک از راهباره‌ها به‌داخل محفظهٔ قالب است. با توجّه به اهمیّت ورود یکنواخت مذاب از راهباره‌ها به داخل محفظهٔ قالب، طرّاحی این سیستم‌ها باید مطابق شکل ۱۸ اصلاح گردد.



شکل ۱۸ـ طرح‌های اصلاحی برای ورود یکنواخت مذاب به محفظهٔ قالب در راهگاه‌های مرکب

همان‌گونه که اشاره گردید نوع دیگر راهگاه‌های مرکّب، نوع عمودی آن است که به سیستم راهگاهی پلّه‌ای[1] 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 کلّی مشخّصات سیستم‌های راهگاهی مرکّب را می‌توان به‌صورت جدول ۶ خلاصه کرد.



شکل ۱۹ـ انواع دیگر سیستم راهگاهی پلّه‌ای

جدول ۶ـ مزیت‌ها، محدودیت‌ها و کاربرد سیستم‌های راهگاهی مرکب

مزیت‌ها	محدودیت‌ها	کاربرد
ـ با توجه به این‌که در یک سیستم راهگاهی مرکب، ازکدام 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. ـ سیستم‌های مرکب با طرح‌های مختلف می توانند کلیه محدودیت‌ها و نارسایی‌های سیستم ساده را نیز برطرف نمایند. ـ امکان ایجاد انجمادی یکنواخت	ـ مشکل بودن ساخت و ایجاد این سیستم‌ها (مشکل تکنولوژیکی)	ـ برای ریخته‌گری قطعات بزرگ و پیچیده ـ با توجه به شکل و اندازه قطعه می‌توان از سیستم راهگاهی پله‌ای یا افقی استفاده کرد.

۱ـ Step Gating System

فعالیت کارگاهی

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

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

ـ تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.

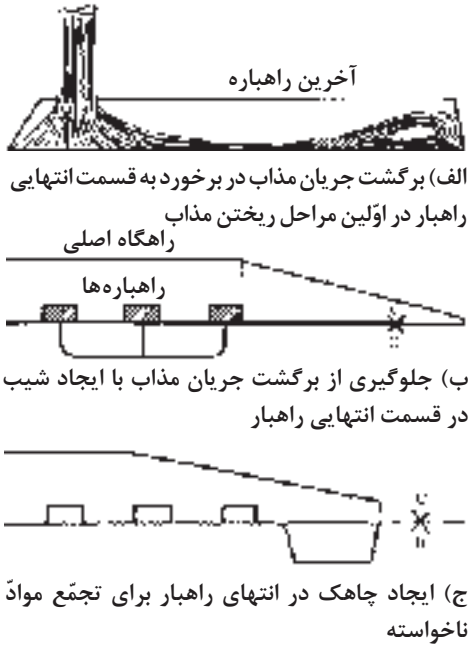
ـ در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

روش‌های آخالگیری در سیستم‌های راهگاهی

همان‌طورکه قبلاً بیان شد، یکی از وظایف و نقش‌های بسیار مهم سیستم‌های راهگاهی، قابلیّت آخالگیری آنهاست. با وجود این، حتّی با انتخاب بهترین سیستم‌های راهگاهی، ورود شلاکه و موادّ ناخواستهٔ دیگر به محفظهٔ قالب اجتناب‌ناپذیر است. این موادّ ناخواسته ممکن است از کوره‌های ذوب، پاتیل‌ها، دراثر ریخته‌گری نادرست و نیز طرّاحی نامناسب سیستم راهگاهی ناشی گردند. اصولاً جداسازی موادّ ناخواسته از مذاب، یا براساس اختلاف وزن مخصوص میان این مواد و فلزّ مذاب صورت می‌گیرد و یا این‌که برای این کار از صافی (فیلتر) استفاده به‌عمل می‌آید.

روش‌های جداسازی مواد ناخواسته براساس اختلاف در وزن مخصوص

الف) استفاده از کانال ممتد: به طوری‌که اشاره گردید، راهگاهِ اصلی (راهبار) معمولاً بعد از محلّ آخرین راهباره‌ها از دو طرف کمی امتداد داده می‌شود. با ایجاد چنین کانالی، اوّلین مذاب که معمولاً موادّ ناخواستهٔ بیشتری را با خود حمل می‌کند، بنابرتمایل طبیعی جریان مذاب به ادامهٔ 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 به‌خوبی مشاهده می‌شود.



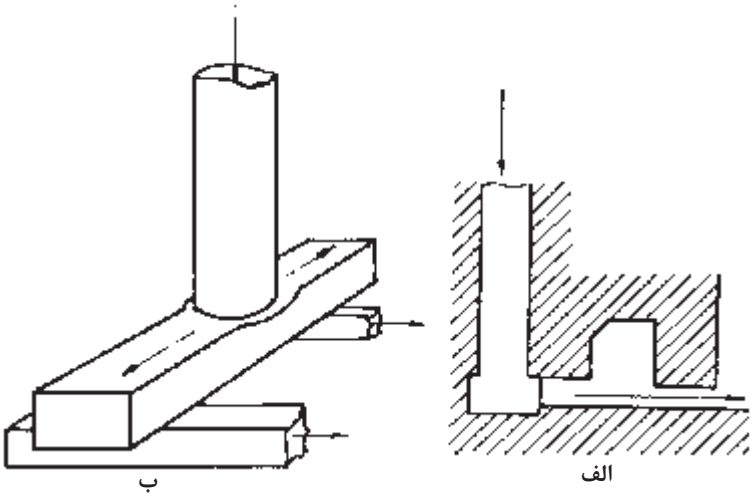
الف) برگشت جریان مذاب در برخورد به قسمت انتهایی راهبار در اوّلین مراحل ریختن مذاب

ب) جلوگیری از برگشت جریان مذاب با ایجاد شیب در قسمت انتهایی راهبار

ج) ایجاد چاهک در انتهای راهبار برای تجمّع موادّ ناخواسته

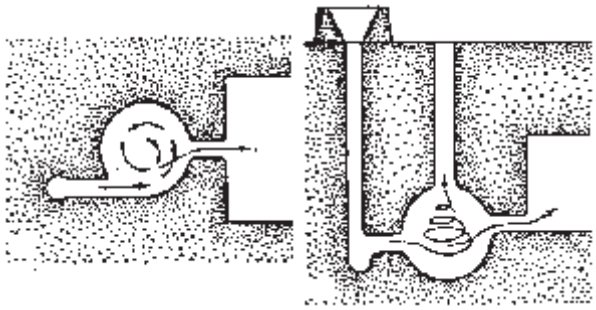
شکل ۲۰

ب) استفاده از موانع وگلویی در سیستم راهگاهی: همان‌گونه که درشکل ۲۱ مشاهده می‌شود با اِعمال روش‌هایی مانند ایجاد محفظه‌هایی به نام تله[1] در راهبار (الف)، تعبیهٔ راهبار در قسمت بالای قالب و راهباره‌ها در قسمت پایین آن (ب) و نیز قراردادن مانع یا سد و توپی در حوضچه می‌باشد. در این‌جا یادآوری این نکته ضروری است که استفاده از حالت (ب) هنگامی مفید است که موادّ ناخواسته، نسبت به مذاب سبک‌تر بوده، درعین حال، سیستم راهگاهی نیز از نوع فشاری باشد. به‌همین دلیل، این روش‌ها را می‌توان تنها برای فلزّات آهنی و بعضی از آلیاژهای مس که دارای شرایط یاد شده هستند، به‌خوبی به‌کار برد.



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

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

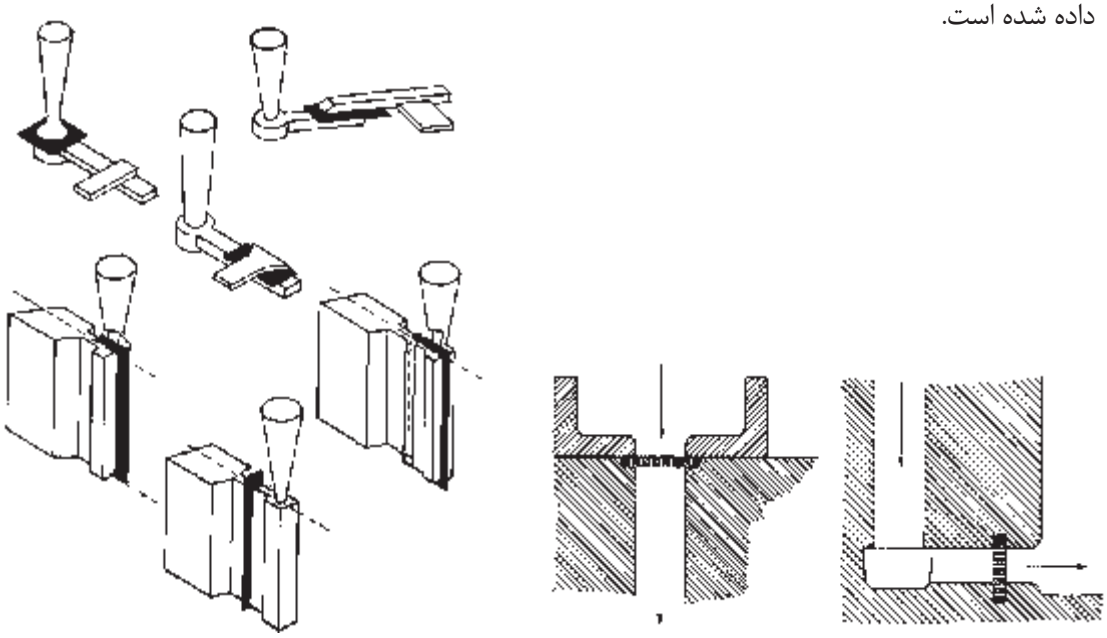


شکل ۲۲ـ راهگاه گردابی

۱ـTrap

استفاده از صافی (فیلتر)

جداسازی موادّ ناخواسته با استفاده از روش‌هایی که تاکنون بیان گردید، مستلزم سبک‌تر بودن این مواد در مقایسه با مذاب و درنتیجه، قابلیّت شناور شدن آنها در مذاب بوده است. بنابراین، طبیعی است که این‌گونه روش‌ها در ریخته‌گری آلیاژهای سبک که در آنها موادّ ناخواسته معمولاً دارای شرایط یاد شده نیستند، ازکارآیی مطلوبی برخوردار نخواهند بود. از این‌رو در ریخته‌گری این آلیاژها، علاوه‌بر رعایت اصول کلیِ 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.



الف) استفاده از ماهیچهٔ صافی

ب) استفاده از توری‌های سیمی

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

فعالیت کارگاهی

قالب‌گیری مدل یک‌تکه 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 صفحهٔ 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

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

ـ تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.

ـ 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 ماسهٔ تر 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 شدهٔ 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 لایهٔ خشک شده کمتر از ۱۲ میلی‌متر است.

قالب‌های ماسه‌ای کاملاً خشک: به قالب‌هایی اطلاق می‌گردد که حداقل عمق ماسهٔ خشک شدهٔ آنها از ۱۲ میلی‌متر بیشتر باشد و عموماً عاری از رطوبت‌اند. در این روش اصولاً قالب‌ها با همان شرایط روش ماسهٔ تر تهیه می‌شوند و سپس در کوره‌های مخصوص در درجهٔ 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 لایهٔ 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 خشک‌کردن سطح قالب ماسه‌ای معمولاً از مشعل گازی استفاده می‌شود. به طوری که شعلهٔ مشعل به صورت ملایم به سمت سطح قالب قرار داده می‌شود و این عمل در زمان مناسب جهت خشک کردن لایهٔ سطحی قالب انجام می‌شود. چنانچه به اعمال پوشان در روی سطح قالب نیاز نباشد، دو نیمهٔ 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 هنگامی‌که از درجهٔ 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 قطعهٔ سالم و بدون عیب جلوگیری نماید. بنابراین بدیهی است که برای جلوگیری از ایجاد عیوب سطحی در قطعهٔ 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 طورکلی مواد پوشش قالب و ماهیچه را می‌توان به دو گروه جامد و مخلوط مایع تقسیم نمود.
مواد پوششیِ جامد، که بیشتر در قالب ماسه‌ای تر به‌کار می‌روند، شامل مواد دیرگدازی همچون مواد سیلیکاتی، مواد کربنی و مواد اکسیدی است. این مواد با استفاده از غربال‌های بسیار ریز یا کیسهٔ 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 محفظهٔ 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 دستهٔ 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 گلویی 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 کارآیی 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 صِرفاً مذاب عاری از مواد ناخواسته وارد محفظهٔ قالب گردد.

جفت کردن ومحکم کردن دو نیمه قالب

پس از قرار دادن ماهیچه در قالب (در صورت وجود)، نیمهٔ رویی قالب کنترل می‌شود تا از باز بودن مسیر راهگاه اطمینان حاصل گردد. سپس نیمهٔ رویی قالب به طور صحیح روی نیمهٔ زیرین قالب قرار داده می‌شود، آن چنان که پین‌های دو درجه دقیقاً در محل خود قرار گیرند تا از آسیب رسیدن به قالب و ماهیچه و در نهایت به قطعهٔ ریختگی جلوگیری شود. پس از قرار دادن دو نیمهٔ قالب روی هم باید از جفت شدن دو نیمهٔ قالب بر روی هم اطمینان حاصل شود. در غیر این صورت مذاب از بین دو نیمهٔ قالب به بیرون خارج می‌شود و در نتیجه قطعهٔ ریختگی معیوب خواهد شد. پس از جفت شدن صحیح دو نیمهٔ قالب، آنها به وسیله چفت و بست یا وزنه گذاری دو نیمهٔ قالب محکم می‌شوند تا از بلند شدن نیمهٔ 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 نیمهٔ قالب خارج می‌شود و قطعهٔ 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:
۱ـ آماده‌سازی مخلوط ماسهٔ‌تر ۲ـ کنترل میزان رطوبت مجاز به‌صورت تجربی ۳ـ قالب‌گیری مدل چند تکه

شرایط انجام کار:
۱ـ محیط کارگاهی
۲ـ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
۳ـ تهویه استاندارد و دمای $۲۰^{\circ}C \pm ۳$
۴ـ اندازه‌ها براساس استاندارد
۵ـ وسایل ایمنی استاندارد
۶ـ ابزار و تجهیزات استاندارد

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب بنتونیت، آب پاش، بیل ریخته‌گری، سرند، سرند برقی، مدل سندان کفاشی، 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	آماده سازی مخلوط ماسهٔ‌تر	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:* ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳ـ تمیز کردن میزکار و محیط کارگاه ۴ـ رعایت دقت و نظم	۲	
	میانگین نمرات**		

* 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 به‌عنوان 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 به‌طور کامل حذف می‌شود و همچنین سرعت تولید در این روش بالا است.

واحد یادگیری ۱: آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری CO_2

قالب‌گیری به روش CO_2 یکی از روش‌های سنتی و پرکاربرد در صنعت ریخته‌گری است که از ماسه‌های سیلیسی همراه با چسب سدیم سیلیکات استفاده می‌شود. از این روش به‌ویژه برای تولید قطعات با تیراژ متوسط و در کارگاه‌های کوچک و متوسط استفاده می‌شود.
در این واحد یادگیری شناخت چسب سدیم سیلیکات و نحوه سخت شدن چسب با گاز CO_2 و روش مخلوط کردن چسب با ماسه توسط مخلوط کن و انواع دستگاه مخلوط کن توضیح داده می‌شود.

استاندارد عملکرد

تهیه مخلوط قالب‌گیری چسب سدیم سیلیکات و گاز CO_2 با استفاده از مخلوط ماسه، چسب و گاز CO_2 براساس استانداردها و دستورالعمل‌های مربوطه

عملیات ذوب و ریخته‌گری

فعالیت کلاسی

به شکل قطعات زیر توجه کنید:

شماره	۱	۲	۳	۴	۵
شکل					

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

هنگامی‌که 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.
درصورتی که خط جدایش قالب افقی باشد با بهره‌گیری از وزنه روی قالب و درصورتی که خط جدایش عمودی (قالب کتابی) باشد با استفاده از گیرهٔ پیچ دستی، دو نیمهٔ 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).


الف) قالب‌گیری


ب) دمش گاز CO_2 جهت استحکام بخشی قالب


ج) محصول نهایی

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

فعالیت کلاسی

مزایا و معایب روش قالب‌گیری CO_2 نسبت به ماسهٔ تر را بررسی کنید.

ماسه‌های قالب‌گیری CO_2 (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 بَزرَک 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 CO_2 (فناوری جعبه سرد[1]). 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 حیاتی 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 ـ شیمیایی سدیم سیلیکات، به‌ویژه ماسه سیلیسی با خلوص بالا، مانند ترشوندگی و استحکام چسبندگی، به‌طور قابل توجهی بر استحکام ماسه قالب‌گیری تأثیر می‌گذارند و هم‌زمان به بهبود تخریب کمک می‌کنند. درنتیجهٔ این عملیات، می‌توان میزان افزودن سدیم سیلیکات را کاهش داد.

سخت‌شدن چسب‌ها در ماسه‌های قالب‌گیری با سدیم‌سیلیکات به‌طور سنتی یا توسط مخلوطی از سخت‌کننده‌های شیمیایی مایع یا با دمیدن CO_2 انجام می‌شود. فناوری‌های ماسه با سدیم‌سیلیکات سخت شده توسط عوامل فیزیکی (مانند گرمایش) که تاکنون کمتر مورد استفاده قرار می‌گرفتند، درحال 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 (۲/۵ـ۱/۵٪) 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 مایکروویو باعث کاهش استحکام فشاری نهایی ماسه‌ها در حدود یک سوم در مقایسه با ماسه سدیم‌سیلیکات 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

۱ـCold box

شیمیایی می‌کند. به‌دلیل پارامترهای استحکام بالای ماسه‌های قالب‌گیری با سدیم سیلیکات سخت شده حرارتی و آسیب کم آنها به محیط‌زیست، آنها می‌توانند رقیب ماسه‌های با چسب‌های شیمیایی شوند. در مورد ماهیچه‌های با چسب‌های معدنی بر پایه سدیم سیلیکات، مقاومت کم آنها در برابر رطوبت مشکل‌ساز است. واکنش سخت شدن سدیم‌سیلیکات (به‌عنوان مثال، ناشی از افزایش دما) تا حد زیادی برگشت‌پذیر 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 درنتیجه، ماهیچه‌ها یا قالب‌ها استحکام خود را از دست می‌دهند و سریع‌تر آسیب می‌بینند (به‌عنوان مثال، ترک خوردن). از این امر می‌توان با نگهداری ماهیچه در مکان‌های خشک جلوگیری کرد، اما این امر همیشه در شرایط کارخانه ریخته‌گری امکان‌پذیر نیست. بنابراین در حال حاضر، در ماسه‌های با چسب‌های معدنی بر پایه سدیم‌سیلیکات، از افزودنی‌های خاصی (به اصطلاح فعال‌کننده‌ها) استفاده می‌شود که به‌طور قابل‌توجهی واکنش معکوس پیوند متقابل سیلیکات را به تأخیر می‌اندازند و باعث مقاومت بیشتر این ماسه‌ها در برابر رطوبت می‌شوند.

سدیم‌سیلیکات می‌تواند به‌صورت جامد یا به‌صورت محلول در آب، که به «آب شیشه» معروف است، وجود داشته باشد. ترکیب شیمیایی عمومی سدیم‌سیلیکات هیدراته، به‌صورت زیر قابل نمایش است:

$$mNa_2O.nSiO_2.xH_2O$$

سخت شدن ماسه‌های قالب‌گیری با سدیم‌سیلیکات

ـ **برگشت‌ناپذیر (سخت شدن شیمیایی):** سخت شدن تحت‌تأثیر CO_2 یا مخلوطی از استرها.

ـ **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.

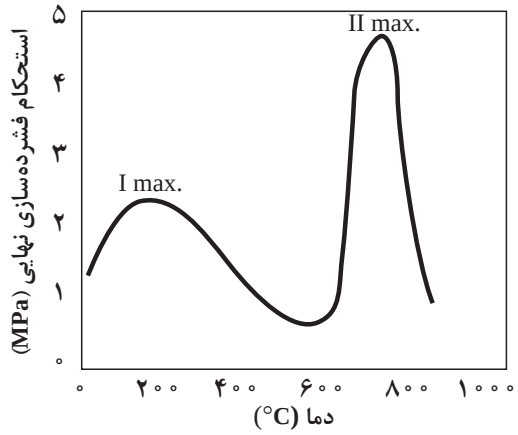
ماسه‌های قالب‌گیری و ماهیچه‌گیری سخت شده توسط عوامل شیمیایی

سیستم سدیم‌سیلیکات/ CO_2 : این فرایند مزایای متعددی دارد: ارزان، کاربرد آسان، طبیعی و سازگار با محیط‌زیست. 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 سدیم‌سیلیکات سخت شده توسط CO_2 به حداکثر استحکام تئوری دست نمی‌یابند، زیرا آب به‌طور 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 CO_2 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. تحت‌تأثیر CO_2، ماسه در مدت زمان کوتاهی سخت می‌شود. واکنش سخت شدن سطح توسط CO_2 در سایر روش‌های سخت شدن نیز ضروری است. واکنش چسب سدیم‌سیلیکات با کربن‌دی‌اکسید (CO_2) به‌صورت زیر نشان داده شده است.

$$Na_2O.nSiO_2 + 2nH_2O + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + nSi(OH)_4$$

سخت شدن نهایی سدیم‌سیلیکات در لحظه ریختن فلز مذاب به داخل قالب اتفاق می‌افتد. گرمای اعمال شده باعث حذف سریع آب پیوندیافته فیزیکی می‌شود که درنتیجه 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 سدیم‌سیلیکات پس از سخت شدن، استحکام چسبندگی و پیوستگی خود را از دست می‌دهند و شکننده و جاذب رطوبت می‌شوند. این امر به‌طور قابل‌توجهی 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. درنتیجه 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 ـ در حین خنک شدن ـ به ماسه شیشه‌ای با استحکام بسیار بالا تبدیل می‌شود و باعث ایجاد مشکل در جداسازی قطعه (به‌دلیل چسبیدن به سطح قطعه) می‌شود. در فاصله معینی از سطح قطعه ریخته‌گری، جایی که ماسه قالب‌گیری به‌دلیل گرم شدن قالب توسط فلز مذاب به‌طور کامل سخت نشده است، فعال‌سازی فرایند سخت شدن دوباره رخ می‌دهد. این امر باعث افزایش استحکام و درنتیجه بدتر شدن خاصیت جداسازی می‌شود. تغییرات استحکام فشاری نهایی، که مشخصه‌های ماسه‌های دارای سدیم سیلیکات است، درشکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ـ تغییرات استحکام فشرده‌سازی نهایی با افزایش دما: قالب‌گیری ماسه با سدیم سیلیکات سخت شده با 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 سدیم‌سیلیکات/سخت‌کننده شیمیایی

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

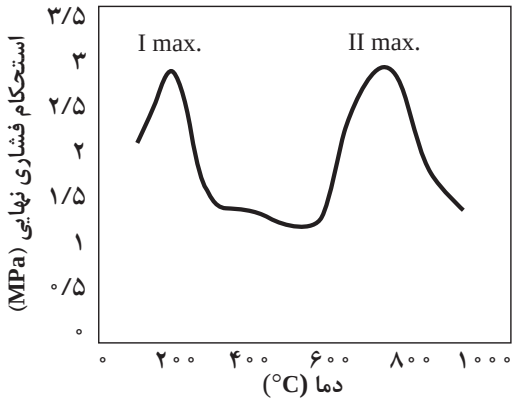
(به‌اصطلاح ماسه‌های خودگیر)، درحال حاضر بیشترین کاربرد را در بین تمام ماسه‌های قالب‌گیری با چسب‌های معدنی (البته به غیر از ماسه‌های بنتونیتی) برای تولید قالب‌ها و ماهیچه‌های ریخته‌گری دارند. به‌عنوان سخت‌کننده این ماسه‌ها، معمولاً مخلوطی از استرها مانند استرهای گلیسیرین و اتیلن و در درجه اول مونو، دی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

مزیت اصلی استفاده از استرها به‌عنوان سخت‌کننده‌های سدیم‌سیلیکات، امکان کاهش مقدار سدیم سیلیکات اضافه شده به ماسه‌ها تا حدود ۵۰٪ (فقط ۲ تا ۳٪ سدیم‌سیلیکات اضافه می‌شود) در مقایسه با سایر ماسه‌های پایه سدیم‌سیلیکات است. این امر به‌طور مطلوب بر کاهش استحکام نهایی ماسه‌های ساخته شده با این فناوری تأثیر می‌گذارد. با استفاده از سخت‌کننده‌هایی با سرعت ژل شدن مختلف، می‌توان به‌طور 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 سدیم‌سیلیکات 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 سدیم‌سیلیکات به‌طور 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 ۳ـ 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 سدیم‌سیلیکات 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:

$$Na_2O.nSiO_2.xH_2O \xrightarrow[\text{حرارت}]{+Q} Na_2O_3.nSiO_2$$

فعالیت گروهی

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

فعالیت گروهی

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

نحوهٔ کار با مخلوط‌کن 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 ماسهٔ قالب‌گیری CO_2 و زمان مخلوط‌کردن، در تولید مخلوط ماسه قالب‌گیری با کیفیت نقش دارد؟

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

دستگاه مخلوط‌کن ماسه دارای ظرفیت‌های مختلف با قابلیت مخلوط کردن کامل مواد و قیفِ افزودن چسب‌های مایع، درِ محافظ مجهز به میکروسوئیچ حفاظتی و دریچهٔ تخلیهٔ 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 ۴ـ الف).

۲ مخلوط‌کن با یک تیغهٔ S شکل برای مخلوط کردن ماسهٔ تر.

باید در تهیهٔ مخلوط ماسهٔ 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 ماسهٔ مخلوط قالب‌گیری می‌شود (شکل ۴ـ ب).



(الف)



(ب)

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 ماسهٔ 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، ماسهٔ 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، ماسهٔ وزن شده در داخل آن ریخته می‌شود، سپس چسب سدیم سیلیکات به مقدار ۳ تا ۶ درصد وزنی ماسه، بسته به شکل و اندازهٔ ماسه، از طریق قیف مخصوص به آرامی به ماسهٔ 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 حلّال 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 ماسهٔ قالب‌گیری بلافاصله مورد استفاده قرار گیرد.

نکات ایمنی

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

فعالیت کارگاهی

آماده‌سازی مخلوط ماسه CO_2 توسط مخلوط‌کن

مواد و وسایل موردنیاز:

۱ ماسه قالب‌گیری سیلیسی ۲ چسب سدیم‌سیلیکات ۳ ترازو

۴ میکسر ماسه ۵ رطوبت

مراحل انجام کار

۱ مقدار ۱۰ کیلوگرم ماسه سیلیسی وزن کنید.

۲ مقدار ۵٪ وزنی چسب سدیم‌سیلیکات محاسبه و وزن کنید.

۳ مقدار ۰/۵٪ 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 سدیم‌سیلیکات را مرحله به مرحله به ماسه اضافه کنید.

۵ پس از افزودن چسب سدیم‌سیلیکات، 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

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

ـ تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله ها الزامی است.

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

فعالیت کلاسی

با استفاده از ماسه، چسب و مواد افزودنیِ تفکیک و توزین شده و با استفاده از مخلوط‌کن ماسه، مقدار ۱ کیلوگرم مخلوط ماسهٔ قالب‌گیریِ تر، CO_2، و کلَد باکس آماده کنید.

ماسهٔ قالب‌گیریِ تر (۵ درصد بنتونیت و ۸ درصد رطوبت و ۱ درصد خاک اره)، ماسه قالب‌گیری CO_2 (۶درصد چسب) و ۱درصد افزودنی و ماسه قالب‌گیری کلدباکس (۲درصد چسب و ۱درصد اسید)

آیا مخلوط ماسهٔ قالب‌گیریِ آماده شده کیفیت لازم را دارد؟ در غیر این صورت چه مسائلی باعث افت کیفیت مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری شده است؟

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

فعالیت کارگاهی

آماده‌سازی مخلوط ماسه CO_2 توسط مخلوط کن با مواد افزودنی

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱ ماسه قالب‌گیری سیلیسی ۲ چسب سدیم‌سیلیکات 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 ۰/۵٪ 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

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

ماسهٔ مورد استفاده در فرایند (روش تولید) سدیم سیلیکات معمولاً با عدد ریزی (اندازهٔ دانه) ۵۵ تا AFS۸۵ است. برای ماسه با عدد ریزی ۵۵ AFS، سه درصد چسب و برای ماسه با عدد ریزی ۸۵ AFS، چهار و نیم درصد چسب سدیم سیلیکات نیاز است. البته ماسه‌های دیگری مانند: ماسهٔ 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 CO_2 قابلیت بازیافت را ندارند. ترکیب اصلی سدیم سیلیکات که به عنوان چسب در روش CO_2 استفاده می‌شود، در رابطهٔ زیر آمده است:

۷ تا ۲۸ درصد سدیم‌اکسید (Na_2O) +۲۶ تا۶۴ درصد سیلیس(SiO_2) + ۱۷ تا ۶۷ درصد آب (H_2O)

مشخصهٔ سدیم سیلیکات به‌وسیلهٔ نسبت وزنی سیلیس به سدیم اکسید نشان داده می‌شود. پرمصرف‌ترین سدیم‌سیلیکات در محدودهٔ نسبت‌های وزنی بین $\frac{SiO_2}{Na_2O}=\frac{۱}{۲}$ و $\frac{SiO_2}{Na_2O}=\frac{۱/۲}{۲}$ است.

ارزشیابی واحد یادگیری۱ : آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری CO_2

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

استاندارد عملکرد: آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری CO_2

شاخص: ۱ـ کیفیت آماده‌سازی ۲ـ مقدار رطوبت ۳ـ مقدار چسب ۴ـ مخلوط شدن چسب و ماسه سیلیسی

شرایط انجام کار:

۱ـ محیط کارگاهی ۲ـ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس

۳ـ تهویه استاندارد و دمای $۲۰^{\circ}C \pm ۳$ ۴ـ اندازه‌ها بر اساس استاندارد

۵ـ وسایل ایمنی استاندارد ۶ـ ابزار و تجهیزات استاندارد

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب سدیم سیلیکات، آب‌پاش، بیل ریخته‌گری، میکسر ماسه، سرند، سرند برقی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره دریافتی از ۳	نمره هنرجو
۱	وزن ماسه سیلیسی	۱	
۲	محاسبه مقدار چسب و افزودنی‌ها	۱	
۳	آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری CO_2	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:* ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳ـ تمیز کردن میزکار و محیط کارگاه ۴ـ رعایت دقت و نظم	۲	
	میانگین نمرات**		

* 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.

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 ریختگی استفاده می‌شود. در این روش قطعات با دقت ابعادی بالا، کیفیت سطحی مناسب به همراه سرعت تولید بالا و مقرون به‌صرفه 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 لایهٔ میکرونی (نازک) چسب سدیم‌سیلیکات 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 ۱و۲).



شکل۱ـ قالب درجه زیرین یک قطعه صنعتی



شکل۲ـ قالب درجه زیرین یک پوسته دمنده هوا

فعالیت کارگاهی

قالب‌گیری مدل یک تکه با مخلوط ماسه CO_2 و ماسه تر به‌صورت 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 وکوبه
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 به‌گونه‌ای که ۲ سانتی‌متر از روی مدل را ماسه CO_2 بپوشاند و مابقی آن را ماسهٔ 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 ۲×۲ 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 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 درقالب 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 سایز اجزای سیستم راهگاهی را ایجاد کنید.

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

نکات ایمنی و حفاظتی

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

ـ تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.

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

قالب‌گیری درجه زیرین و دمش گاز CO_2

مدل را قبل از قرار دادن روی صفحهٔ زیر درجه کنترل کرده و از سالم بودن آن اطمینان حاصل می‌کنند، آنگاه نیمهٔ پایینی مدل را روی صفحه مدل قرار می‌دهند. سپس مخلوط ماسه آماده شده را به داخل درجه ریخته به‌گونه‌ای 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 CO_2 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 CO_2 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 CO_2 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، فعالیتی کاملاً تجربی است و به دمای محیط و مواد افزودنی به قالب و حجم مخلوط ماسه در قالب بستگی دارد. به‌صورت تجربی مشخص شده است که هر کیلوگرم گاز CO_2 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 CO_2 می‌دمند.

نکته

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

نکته

قالب‌گیری CO_2 درجهٔ زیرین با استفاده از تجهیزات و ابزار قالب‌گیری براساس استانداردهای DIN ۱۵۱۱ ، DIN ۴۷۶۶ و دستورالعمل‌های مربوط به سفارش دهندهٔ قطعه اجرا می‌شود.

نکات ایمنی

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

تحقیق کنید

در مورد بازیافت ماسه‌های مصرفی بعد از قالب‌گیری به روش CO_2 تحقیق کنید.

هشدار

استنشاق ذرات معلق مخلوط ماسه و پودر جداکننده در هنگام قالب‌گیری باعث بیماری‌های مزمن ریوی می‌شوند.

نکات ایمنی

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

هشدار

چسب سدیم سیلیکات باعث حساسیت‌های پوستی می‌شود.

قالب‌گیری درجه رویی

بعد از قالب‌گیری درجه زیرین موارد زیر باید انجام شود:

۱ کیفیت سطح، شیب و سلامت نیمه مدل بالایی کنترل شود.

۲ از صحت پین‌ها 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 پین‌های درجه رویی را از لحاظ ترک و آسیب‌دیدگی به‌طور چشمی و از لحاظ ابعادی با کولیس کنترل کرده و سپس روی درجه زیرین قرار گیرد.

فعالیت کارگاهی

قالب‌گیری مدل دو تکه با مخلوط ماسه CO_2 و ماسه تر به‌صورت 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 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 به‌گونه‌ای 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 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 درقالب 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 آن‌که 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 سایز اجزای سیستم راهگاهی را ایجاد کنید.

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

نکات ایمنی و حفاظتی

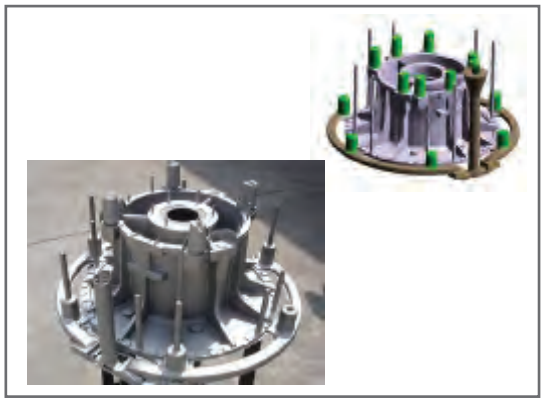
ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
ـ تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
ـ در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

نکته

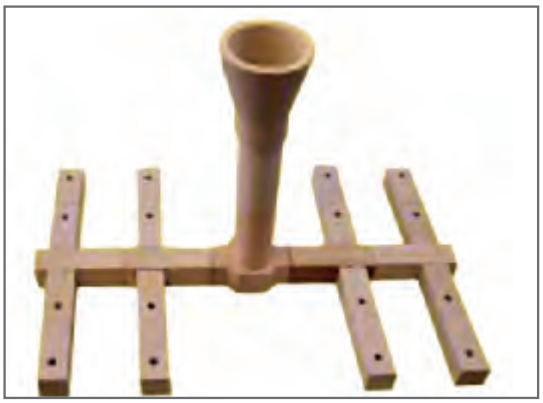
از انطباق دو درجه بر روی هم اطمینان حاصل شود.

اطمینان از سلامت مدل نیاز به کنترل ابعادی با کولیس، خط‌کش 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 قطعهٔ ریختگی سالم، نیاز به کنترل و هدایت مناسب جریان مذاب در قالب تا کامل شدن انجماد آن دارد. به‌طور کلی مجموعه راه‌هایی که مذاب برای ورود به محفظه قالب از آن عبور می‌کند را سیستم راهگاهی می‌نامند. یک سیستم راهگاهی بر اساس شکل و ابعاد قطعه ریختگی، جنس مذاب و نوع انجماد، مواد قالب و درجه حرارت مذاب طراحی و اجرا می‌شود (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۳ـ طراحی سیستم راهگاهی برای قطعه هوزینگ



شکل ۴ـ سیستم راهگاهی

اجزای یک سیستم راهگاهی: سیستم راهگاهی یکی از بخش‌های مهم قالب‌گیری است که چگونگی نحوهٔ هدایت مذاب به محفظه قالب را تعیین می‌کند. سیستم راهگاهی می‌تواند 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 قالب‌گیری ماشینی و یا تعداد زیادی از قطعه موردنظر باشد از سیستم‌های راهگاهی نصب شده بر روی مدل صفحه‌ای استفاده می‌شود. همچنین در دیگر موارد برای کاهش تلاطم و افزایش کیفیت مجرای ورودی مذاب از اجزای پیش ساخته سیستم راهگاهی که بر روی مدل صفحه‌ای قرار می‌گیرد، استفاده می‌کنند(شکل‌های ۵ و۶).



شکل ۵ـ راهبار و راهباره‌ها روی مدل صفحه‌ای



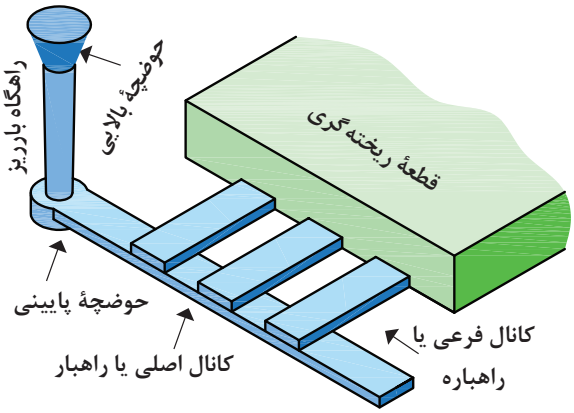
شکل۶ـ قطعات ریخته شده با سیستم راهبار و راهباره

یکی از شرایط لازم در تولید قطعات ریختگی سالم، محاسبه و طراحی صحیح سیستم راهگاهی و تغذیه‌گذاری 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.

اجزای یک سیستم راهگاهی

اجزای یک سیستم راهگاهی در این روش مشابه روش قالب‌گیری‌تر است که عبارتنداز (شکل۷).

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



شکل ۷ــ اجزای یک سیستم راهگاهی

۱ حوضچه بارریز(حوضچه بالای راهگاه)

حوضچه بارریز به شکل کاسه‌ای ـ قیفی یا گلابی ـ لگنی تعبیه می‌شود. حوضچهٔ بارریز در روش CO_2 عمیق‌تر و با دیواره‌های شیب‌دارتر از قالب‌گیری ماسه تر است. حوضچه‌های کاسه‌ای ـ 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 پرشدن قالب به پارامترهای دیگری از قبیل جنس و مواد قالب نیز مرتبط است. حوضچه‌های گلابی ـ 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 ـ لگنی، در زمان بارریزی نسبت به ریزش مستقیم مذاب در حوضچه کاسه‌ای ـ قیفی کمترین آسیب به قالب وارد می‌شود.

۲ راهگاه بارریز (لولهٔ 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 حوضچهٔ پای راهگاه

سرعت مذاب در قسمت پایین راهگاه بارریز به بیشترین مقدار خود می‌رسد درنتیجه تلاطم و آشفتگی 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 راهباره‌ها توزیع می‌شود. راهبار معمولاً در سطح جدایش تعبیه می‌شود و برحسب مورد دردرجه رویی و یا درجه زیرین بر اساس سیستم‌های فشاری و یا غیرفشاری قرار می‌گیرد. مقطع راهبار می‌تواند به شکل‌های ذوزنقه، مستطیل، نیم دایره و مثلث طراحی و اجرا شود. تعداد راهباره‌ها در روش CO_2 بیشتر و سطح مقطع دقیق‌تر است و برای بهبود کنترل جریان مقطع آنها مستطیل یا ذوزنقه‌ای دقیق طراحی می‌شود.

۵ کانال ممتد

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

۶ راهباره (کانال فرعی)

آخرین بخش از سیستم راهگاهی، راهباره 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.

فعالیت کارگاهی

قالب‌گیری مدل یک تکه با سطح جدایش غیر یکنواخت با مخلوط ماسه CO_2 و ماسه تر به‌صورت 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 به‌گونه‌ای که ۲سانتی‌متر 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 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 درقالب 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 CO_2 را برروی 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

ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
ـ تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
ـ 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 درجهٔ رویی و لولهٔ 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.

نکته

به هیچ عنوان نباید به مدل ضربه وارد شود.

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 ماسهٔ اضافه روی قالب را با کارد تسمه می‌تراشند.

نکته

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.

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



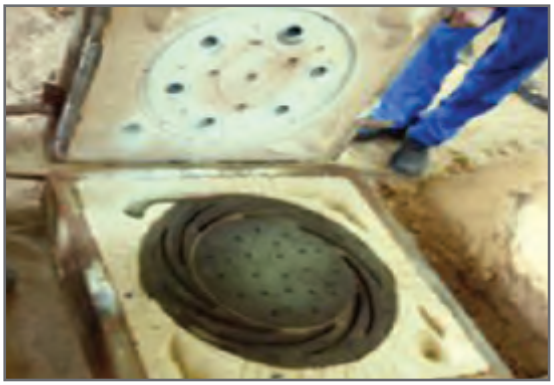
شکل ۸ــ دمش گاز CO_2 درجه رویی

نکته

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 به‌راحتی خارج شده در غیر این صورت گازها و هوای محبوس شده درون قالب مانع از رسیدن مذاب به تمامی قسمت‌های قالب می‌شود (شکل ۹).



الف) تعبیه کانال‌های خروج هوا در درجه رویی



ب) تعبیه کانال‌های خروج گاز ماهیچه در پره دمنده

شکل ۹

گفت‌وگو کنید

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

۷ پس از ایجاد کانال‌های خروج گاز، لولهٔ راهگاه را به آرامی از ماسه خارج می‌کنند.

۸ به وسیلهٔ 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 صفحهٔ 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 لباس‌کار،کفش ایمنی و کلاه ایمنی الزامی است و هنگام قالب‌گیری باید حتماً از ماسک تنفسی و عینک ایمنی استفاده شود.

نکات زیست‌محیطی

ـ پس از استفاده از چسب سدیم سیلیکات و یا مخلوط ماسه از ظرف مخصوص، در آن را کاملاً ببندید.
ـ پس از استفاده از گاز CO_2 از بسته بودن شیر کپسول گاز اطمینان حاصل کنید.

فعالیت کارگاهی

قالب‌گیری با مدل صفحه‌ای ماسه CO_2 و ساخت قالب خشتی CO_2

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 CO_2
۶ فریم قالب خشتی
۷ مدل صفحه‌ای (۲ صفحه‌ای)

مراحل انجام کار

۱ ابتدا ماسه CO_2 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 CO_2 درون فریم و صفحه ریخته تا کاملاً پر شده و با فشردن ماسه با دست یا کوبه تراکم دهید سپس با دمش گاز CO_2 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 لق نمودن و خارج کردن صفحه مدل‌ها و فریم قالب خشتی‌ها آنها را با یکدیگر جفت کرده و آماده ذوب‌ریزی کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
ـ تمیز کردن میز کار و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
ـ 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 نمی‌توان برای کلیهٔ قالب‌ها از یک نوع پوشان استفاده کرد؟

پس از آنکه مدل از قالب خارج شد، برای محافظت دیواره‌های 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 هزینه‌های تمیزکاری از مواد پوششی استفاده می‌کنند.

برای قالب‌های خشک از پوشش‌های مخلوط مایع استفاده می‌کنند. مواد دیرگداز پودر شده را همراه با بنتونیت یا خاک نسوز و چسب‌های آلی نظیر ملاس، دکسترین، روغن ماهیچه (بزرک) و مقدار لازم آب مخلوط می‌کنند. وزن مخصوص مایع و مقدار آب موجود در آن از نکات مهمی است که باید رعایت شود. برای قالب‌های خشک بر اساس نوع آلیاژ از مواد پوششی متفاوتی استفاده می‌شود، 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 می‌سازند و با انواع ابزارهای قالب‌گیری، سطح قالب را پوشش می‌دهند. 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 می‌شود. در برخی موارد به دلیل عایق کردن و تغییرات در مدل انجماد، ضخامت مواد پوشش را در قسمت‌های مختلف قالب، متفاوت در نظر می‌گیرند.

مشخصات مواد پوششی مخلوط مایع برای قالب‌های خشک بر اساس نوع آلیاژ (جدول۱).

جدول ۱

نوع آلیاژ	مواد پوششی (درصد)	درصد آب یا الکل
آلیاژهای مس	۲۰ تالک، ۶/۵ پودر زغال، ۶/۵ ملاس	۶۷
برنز سرب یا فسفر	۱۱/۵ خاک چینی، ۲۳ مواد کربنی، ۸/۵ ملاس	۵۷
آلیاژهای آلومینیوم	۲۲ تالک، ۱۱ پودر گچ،۱۱ ملاس	۵۶
چدن پوشش سطحی (نازک) پوشش سطحی پوشش ضخیم	۲۲ پودر زغال، ۴ بنتونیت، ۴ دکسترین ۲۱ پودر زغال، ۶/۵ خاک نسوز، ۶/۵ گرافیت ۲۰ شاموت، ۶/۵ خاک نسوز، ۶/۵ گرافیت ۲۵ پودر سیلیس،۶ بنتونیت، ۳ دکسترین،۳ روغن بزرک	۷۰ ۶۶ ۶۷ ۶۳
فولاد پوشش نازک فولاد منگنزدار	۳۰ پودر سیلیس یا پودر زیرکن، ۱/۵ بنتونیت ۴/۵ روغن ماهیچه ۴۲/۵ نیتریت، ۵ بنتونیت،۲/۵ دکسترین	۶۴ ۵۰
منیزیم	برای ریخته‌گری آلیاژهای منیزیم معمولاً ماسه را با ۱درصد بوریک‌اسید و ۱ درصد سولفوریک اسید مخلوط می‌کنند و در بعضی موارد قالب را در معرض گاز CO_2 قرار می‌دهند.	

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

فعالیت کارگاهی

ایجاد پوشش گرافیتی بر روی قالب CO_2

مواد و وسایل مورد نیاز:

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

مراحل انجام کار

۱ محلول مربوطه را به‌ترتیبی که آورده می‌شود آماده‌سازی کنید و بر روی سطح قالب فعالیت صفحه ۱۳۹ پوشانده شود.

۲ ۷۰٪ وزنی الکل را به‌علاوه ۲۲٪ وزنی گرافیت و ۴٪ وزنی بنتونیت و ۴٪ وزنی دکسترین 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

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

نکات زیست‌محیطی

۱ از ریختن موادپوشان در محیط‌زیست اجتناب شود این مواد باید در محل مشخص انبار شود.
۲ عملیات پوشان‌دهی را زیر هواکش انجام دهید.

نکات ایمنی

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

هشدار

استنشاق مواد پوشان قالب‌ها، باعث بیماری می‌شود.

شرایط و روش‌های نگهداری مخلوط ماسه قالب‌گیری

هنگام ساخت قالب با استفاده از مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری، 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 روش‌های متفاوتی، بسته به نوع و جنس مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری، وجود دارد که در جدول ۲ آمده است:

جدول ۲

نوع مخلوط ماسه قالب‌گیری	تجهیزات	عامل سخت کننده	روش استحکام بخشی
مخلوط ماسهٔ قالب‌گیریِ تر	تجهیزات حرارت‌دهی مانند مشعل	حرارت	برای استحکام‌بخشی مخلوط ماسه از تجهیزات حرارت‌دهی مانند مشعل گاز استفاده می‌شود. زمان حرارت‌دهی، بسته به حجم و ابعاد قالب، متفاوت است. در صورت حرارت‌دهی بیش از حد قالب پوک می‌شود.
مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری CO_2 (ماسهٔ سیلیسی+ چسب سدیم سیلیکات)	مخزن گاز CO_2، مانومتر، المنت‌های گرم‌کننده و شلنگ رابط با کلاهک‌های دوشی‌شکل برای سطوح بزرگ با عمق کم و لوله‌ای شکل برای عمق زیاد	گاز CO_2	برای استحکام بخشی این مخلوط ماسه از گاز CO_2 استفاده می‌شود. مدت زمان دمیدن گاز به درون مخلوط ماسه بسته به مقدار چسب و ابعاد قالب، محدود بوده (حداکثر ۶ دقیقه) چنانچه زمان گازدهی کم باشد استحکام کافی به دست نمی‌آید و چنانچه زمان زیاد باشد باعث پوک شدن و پودر شدن مخلوط ماسه قالب می‌گردد.
مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری کلدباکس	-	اسید به عنوان کاتالیزور	برای استحکام‌بخشی مخلوط ماسه آن را در فضای آزاد قرار می‌دهیم یا می‌توانیم هوادهی کنیم. در این روش عامل سخت‌کنندهٔ ماسهٔ قالب‌گیری یک اسید به عنوان کاتالیزور است. با توجه به نسبت چسب و اسید، زمان خودگیری مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری متفاوت است. در صورت اضافه کردن بیش از حد اسید یا کافی نبودن مقدار چسب، قالب ساخته‌شده استحکام کافی را نخواهد داشت و بالعکس در صورت کم بودن اسید یا زیاد بودن چسب، زمان خودگیری بالا می‌رود و هنگام ریخته‌گری گاز زیادی از قالب متصاعد می‌شود که می‌تواند عیوبی نظیر مک‌های گازی را در قطعات ایجاد کند.
مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری هات‌باکس	تجهیزات حرارت‌دهی مانند مشعل گاز یا المنت	حرارت	برای استحکام‌بخشی مخلوط ماسه، از تجهیزات حرارت‌دهی مانند مشعل گاز استفاده می‌شود. زمان حرارت دهی، بسته به حجم و ابعاد قالب، متفاوت است. در صورت حرارت‌دهی بیش از حد قالب پوک می‌شود.

نگهداری مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری

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

جدول ۳

نوع مخلوط ماسه قالب‌گیری	روش نگهداری
مخلوط ماسهٔ تر قالب‌گیری	مخلوط ماسهٔ تر نیاز به نگهداری خاصی ندارد و فقط میزان رطوبت آن باید کنترل شود.
مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری CO_2	مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری CO_2 با پارچهٔ 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 ماسهٔ قالب‌گیری کلدباکس	مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری کلد باکس را به دلیل اینکه در هوا خودگیر می‌شود، نمی‌توان نگهداری کرد.
مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری هات باکس	مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری هات باکس، به دلیل اینکه بر اثر حرارت خودگیر می‌شود، را باید دور از حرارت نگاه داشت.

نگهداری مخلوط ماسه

نکات ایمنی

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

فعالیت کارگاهی

نگهداری مخلوط ماسه با توجه به نوع مخلوط و شرایط لازم

روش ماسه تر

۱ مقداری مخلوط ماسهٔ تر را در یک محفظهٔ مکعبی چوبی یا فلزی کوچک بریزید.

۲ با کوبه ماسه را متراکم کنید.

۳ پس از صاف کردن سطح ماسه توسط کارد تسمه، به‌وسیلهٔ 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 ماسهٔ تر سبب پوک شدن قالب می‌گردد).

روش CO_2

۱ مقداری مخلوط ماسهٔ CO_2 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 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.)

نکات ایمنی

در تمام مراحل، استفاده از دستکش و ماسک تنفسی، به ویژه هنگام کار با اسید الزامی است.

نکات زیست‌محیطی

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.

فعالیت کلاسی

مخلوط ماسهٔ تر، مخلوط ماسه قالب‌گیری CO_2 و مخلوط ماسه قالب‌گیری کلد باکسِ 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.

نوع عیب	بلی	خیر	علت
پوک شدن مخلوط قالب‌گیری			
تخلخل در سطوح مخلوط قالب‌گیری			
استحکام غیر یکنواخت			

ارزشیابی واحد یادگیری ۲ : قالب‌گیری مدل های یک تکه و چند تکه با مخلوط ماسه CO_2

شرح کار:

پس از آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری CO_2، مدل سندان کفاشی را قالب‌گیری کنید و سپس با دمش گاز آن را سخت کنید.

استاندارد عملکرد: قالب‌گیری مدل چند تکه توسط مخلوط ماسه قالب‌گیری CO_2

شاخص‌ها:

۱ـ آماده‌سازی مخلوط ماسه تر ۲ـ کنترل میزان چسب سدیم سیلیکات ۳ـ قالب‌گیری مدل چند تکه

شرایط انجام کار:

۱ـ محیط کارگاهی
۲ـ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
۳ـ تهویه استاندارد و دمای $۲۰ \pm ۳ C^\circ$
۴ـ اندازه‌ها بر اساس استاندارد
۵ـ وسایل ایمنی استاندارد
۶ـ ابزار و تجهیزات استاندارد

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب سدیم سیلیکات، آب‌پاش، بیل ریخته‌گری، میکسر ماسه، کپسول گاز CO_2، گرمکن گاز، مانومتر، سرند برقی، مدل سندان 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:* ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳ـ تمیز کردن میزکار و محیط کارگاه ۴ـ رعایت دقت و نظم	۲	
	میانگین نمرات**		

* 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 همین‌منظور 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.

راه‌اندازی کوره

ـ برای ذوب کردن فلزات از چه وسیله‌ای می‌توان استفاده کرد؟
ـ یک کوره ذوب فلزات چه ویژگی‌هایی دارد؟
چه نوع قطعات فلزی در اطرافتان وجود دارند؟ آیا همهٔ 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 پخش‌کن 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، نقطهٔ ذوب می‌نامند.
تغییر حالت کلی در درجهٔ حرارت ذوب، مستلزم صرف انرژی حرارتی اضافی است. این انرژی باید توانایی جدا کردن اتم‌ها از یکدیگر را به فاصلهٔ 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 مادهٔ خالص لازم دارد تا پس از رسیدن به درجهٔ حرارت ذوب بدون تغییر دما به مایع تبدیل گردد.

انواع فلزات

به جز جیوه که مایع است، بقیهٔ 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 عناصرِ آلیاژیِ 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 تشکیل‌دهندهٔ 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 نقطهٔ ذوب فلزات نسبتاً بالاست، عملیات ذوب آنها در تجهیزاتی به نام کوره انجام می‌شود، فلزات با توجه به نقطهٔ 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 صفحهٔ سوراخ‌دار و دستهٔ 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 کورهٔ دوّار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳ کلاهک خوراک‌دهنده

وسیله‌ای است برای وارد کردن مواد گاززدا و سرباره‌زا به درون مذاب. از یک دستهٔ بلند و یک کلاهک 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 مگنت‌دستی، استفاده می‌شود.

۵ ابزار اعمال پوشان

ـ **قلم‌مو و اسفنج:** از قلم‌مو و اسفنج برای پوشش دادن ابزار تهیهٔ مذاب مانند شلاکه‌گیر و نمونه‌گیر استفاده می‌شود.

همچنین می‌توان برای پوشش دادن ابزار تهیهٔ 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

ـ **باسکول:** از باسکول جهت توزین قطعات سنگین و مواد شارژ، نظیر شمش‌ها استفاده می‌شود و تشکیل شده از یک کفهٔ مستوی و اهرم شاخص با دقت در حد ۱۰۰ گرم.

ـ **ترازوی دو کفه‌ای:** از ترازوی دو کفه‌ای برای وزن کردن مواد افزودنی تا ۱۰ کیلوگرم استفاده می‌شود.

ـ **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 تهیهٔ 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 استوانه‌ای‌شکل 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 کاربید 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 به‌صورت 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 تهیهٔ 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

به‌طورکلی فلزات در حالت خالص درجهٔ سختی و استحکام کمتری دارند. بنابراین یکی از راهکارهای متداول و معمول برای افزایش خواص مکانیکی فلزات اضافه کردن عناصرِ 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:

فروسیلیس		فرومنگنز	
فروسیلیکو منیزیم		فروکروم	
فرو نیکل		فرو مولیبدن	

شکل ۱

آمیژان (هاردنر): آلیاژ با ترکیب ۵۰ ـ ۵۰ از فلز با نقطهٔ ذوب پایین با فلز با نقطهٔ 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 اولیهٔ مورد استفاده در مذاب مرطوب باشد چه اتفاقی می‌افتد؟

به نظر شما برای از بین بردن رطوبت ابزار و مواد اولیهٔ 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 تهیهٔ 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 قطعهٔ 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 کورهٔ پیشگرم می‌توان ابزار و مواد اولیهٔ 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

فعالیت کارگاهی

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 انبرطوق 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

ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
ـ تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
ـ 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

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 قراضهٔ 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

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

ـ تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.

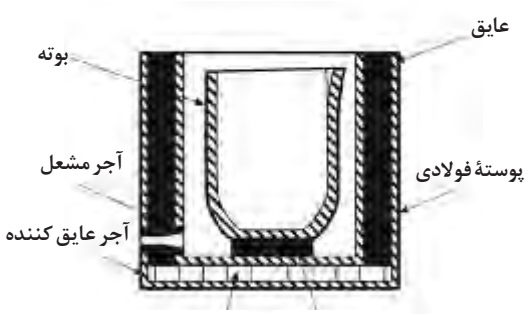
ـ در هنگام کار مراقب ابزار و تجهیزات کارگاهی باشید تا آسیبی به فردی وارد نگردد.

کوره‌های مورد استفاده در صنعت ذوب و ریخته‌گری

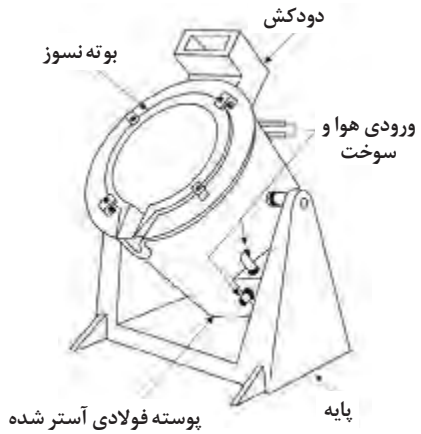
کوره‌های بوته‌ای

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 گرانروی یا ویسکوزیتهٔ بیشتر، به هنگام استفاده باید پیشگرم گردد (ویسکوزیته مقدار مقاومتی است که یک سیال نسبت به جاری شدن از خود نشان می‌دهد).



(الف)



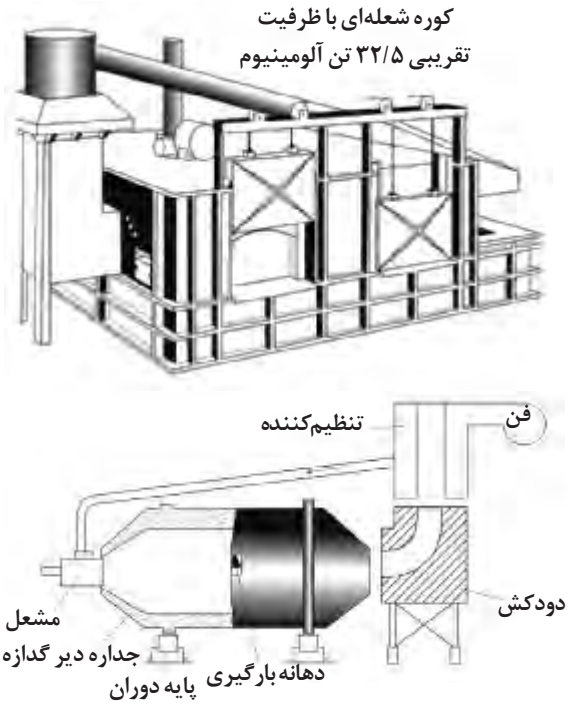
(ب)

شکل ۲

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، دَوَران و چرخش دارد) مورد استفاده قرار می‌گیرند. کورهٔ تشعشعی ثابت برای ذوب فلزات و آلیاژهای غیرآهنی به کار می‌رود.

کورهٔ تشعشعی نوع دوار به طور گسترده برای ذوب چدن، با ظرفیت‌های ۳۰۰ کیلوگرم به بالا به کار می‌رود. (شکل۳)

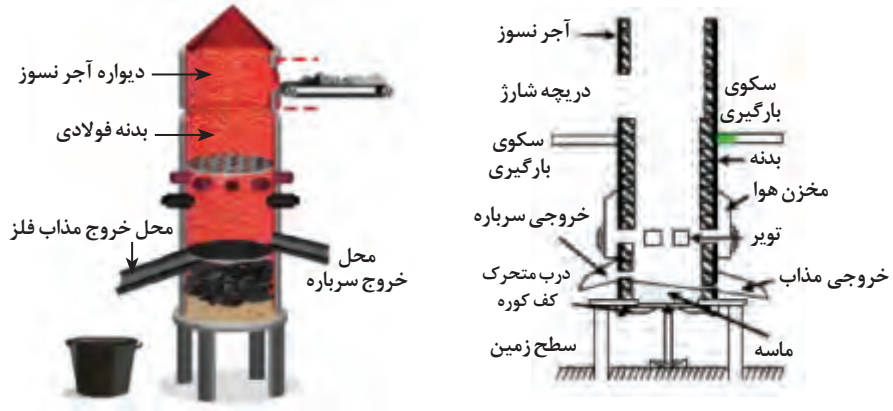


شکل ۳

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. کورهٔ کوپل به طور وسیعی برای ذوب چدن‌ها در صنعت ریخته‌گری به کار می‌رود. شارژ این کوره‌ها شامل برگشتی انواع چدن‌ها، به همراه قراضهٔ آهن و شمش چدن به دست آمده از کورهٔ بلند است. (شکل۴)

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.

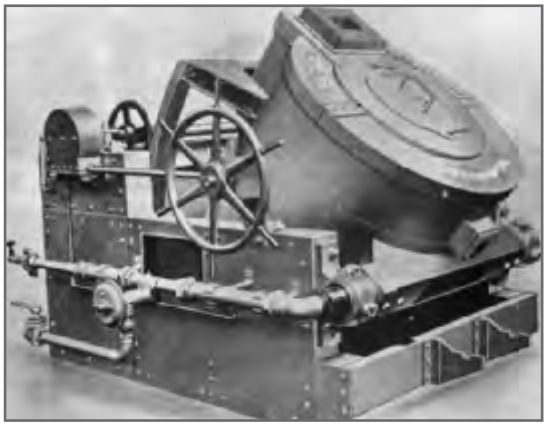


شکل ۴ــ ساختار کوره کوپل

کوره بوته‌ای (زمینی)

کوره‌های بوته‌ای در دو نوع متحرک و ثابت ساخته می‌شوند.

کورهٔ بوته‌ای متحرک: در این کوره‌ها، بوته ثابت است و برای تخلیهٔ مذاب مجموعهٔ کوره قابل خم شدن است. به عبارت دیگر، می‌توان با چرخاندن کوره، مذاب داخل بوته را در ظرف دیگری (بوته یا پاتیل) تخلیه کرد (شکل۵).

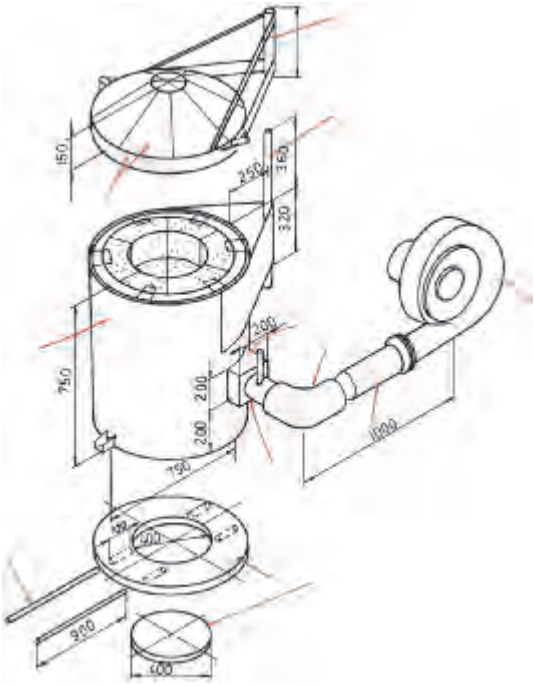


شکل ۵

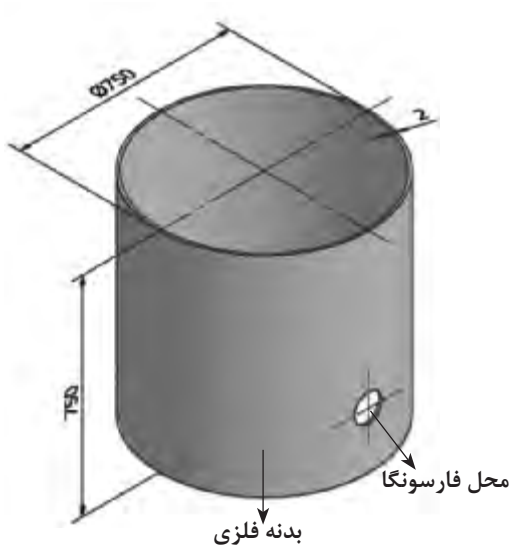
کورهٔ بوته‌ای ثابت: در این نوع کوره، پس از ذوب شدن فلز، می‌توان بوته را از کوره خارج کرد و پس از انتقال آن به قسمت قالب‌گیری، عمل بارریزی را به‌وسیلهٔ بوته انجام داد (شکل۶).

اجزای تشکیل‌دهندهٔ کوره‌های بوته‌ای عبارت‌اند از:

ـ بدنهٔ فلزی: استوانه‌ای‌ست که از یک ورق فولادی به ضخامت ۵ تا۱۰ میلی‌متر ساخته شده است. ارتفاع و قطر این استوانه، برای یک کورهٔ متوسّط ۷۵۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر است. در قسمت پایین این استوانه و به فاصله ۲۰۰ میلی‌متر از لبهٔ پایینی آن، سوراخی به قطر تقریبی ۱۰۰ میلی‌متر وجود دارد که از آن مشعل یا فارسونگا عبور می‌کند (شکل ۷).



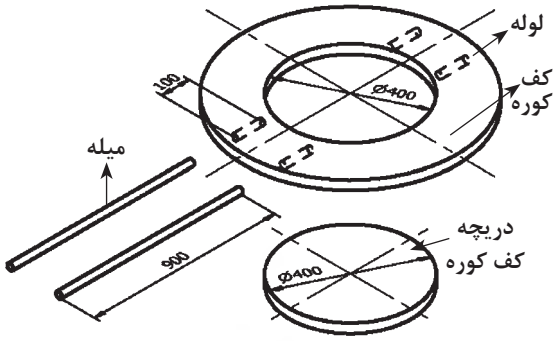
شکل۶



شکل۷

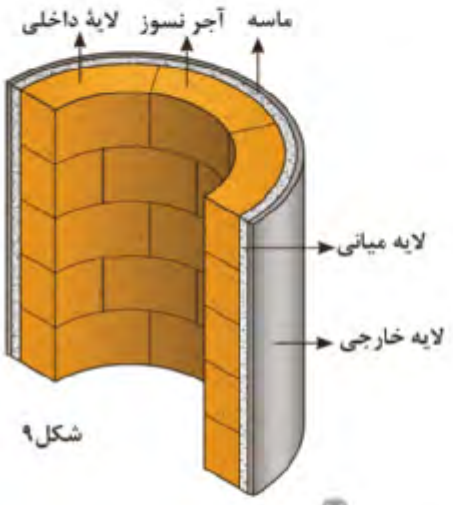
ـ **صفحهٔ فلزی کف کوره:** ورقی است فولادی، هم‌قطر یا کمی بزرگ‌تر از قطر بدنهٔ فلزی و به ضخامت حدّاقل ۱۰ میلی‌متر که به بدنهٔ فلزی جوش داده می‌شود. در وسط این صفحه، سوراخی وجود دارد که قطر آن مساوی قطر داخلی کوره است و در زیر این صفحه، چهار تکّه لوله، مطابق شکل نیز جوش داده شده است (شکل ۸).

ـ **دریچهٔ زیر کوره:** صفحه‌ای است فولادی به ضخامت ۱۰ میلی‌متر و به شکل دایره است. قطر آن مساوی قطر سوراخ وسط صفحهٔ فلزّی کف کوره است و به‌وسیلهٔ لولا به آن متّصل شده است. پس از چرخیدن حول محور لولا، کاملاً در وسط صفحهٔ زیر کوره‌ای قرار می‌گیرد و با عبور دادن چند میله از داخل لوله‌های زیر صفحهٔ فلزی کف کوره، این دریچه در محلّ خود مستقر می‌گردد و با خارج کردن این میله، دریچه باز می‌شود (شکل ۸).



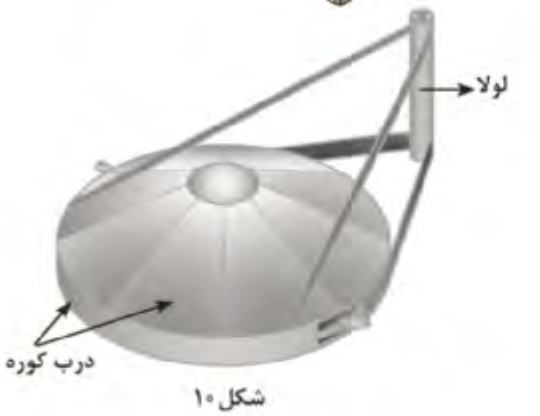
شکل ۸

ـ **دیوارهٔ نسوز:** برای دیرگداز بودن و جلوگیری از انتقال حرارت (تلفات حرارتی) در داخل بدنهٔ فلزی کوره، دیواره‌ای از مواد نسوز ساخته می‌شود. این دیواره از دو لایه تشکیل شده است: لایهٔ آجری و لایهٔ ماسه‌ای. لایهٔ ماسه‌ای بین بدنهٔ فلزّی و لایهٔ آجری قرار دارد (شکل ۹).



شکل ۹

ـ **درب کوره:** از یک حلقهٔ فولادی که آجرهای نسوز فرم‌دار در داخل آن چیده شده‌اند، تشکیل شده است. قطر این حلقه، تقریباً به اندازهٔ قطر خارجی کوره است و برای جلوگیری از اتلاف حرارت، بر روی دهانهٔ کوره قرار می‌گیرد. به دلیل وزن زیاد آن، سیستم‌های گوناگونی برای قرار دادن آن بر روی دهانهٔ کوره یا برداشتن آن از روی کوره پیش‌بینی می‌شود. شکل ۱۰ نوع چرخشی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰

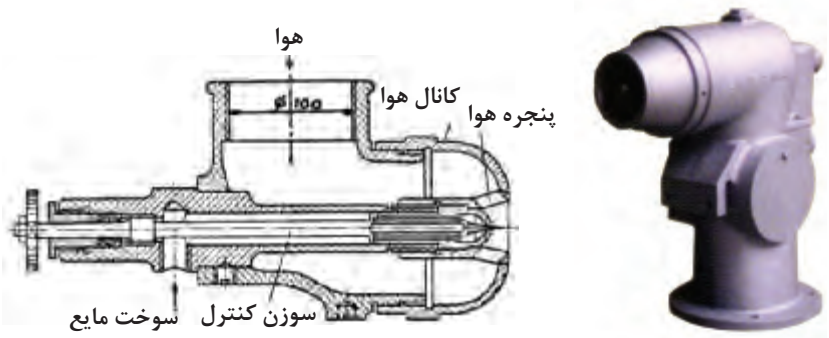


شکل ۱۱ــ دستگاه دمنده

ــ **دستگاه دمندهٔ هوا (ونتیلاتور)**: برای ایجاد حرارت در این کوره‌ها، باید سوخت با نسبت معیّنی هوا مخلوط شود و بسوزد. هوای موردنیاز، به‌وسیلهٔ «ونتیلاتور» تأمین می‌شود (شکل ۱۱).

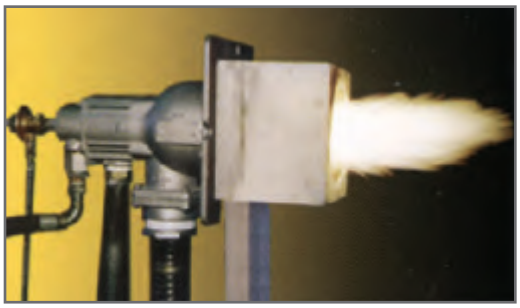
سوخت‌های مصرفی این کوره‌ها، شامل سوخت‌های مایع، نظیر مازوت، نفت سیاه، گازوئیل، نفت سفید و حتی روغن سوختهٔ موتورهای احتراقی و سوخت‌های گاز طبیعی و مصنوعی است. در قدیم از سوخت‌های جامد نیز در این کوره‌ها استفاده می‌شد. فشار هوای ایجاد شده به‌وسیلهٔ دستگاه دمنده، موجب می‌شود که سوخت به صورت پودر درآید. هر چه ذرّات سوخت، بیشتر پودر شوند، احتراق، کامل‌تر انجام می‌شود. به همین دلیل، سوخت‌های گازی که تا مرحلهٔ مولکولی خرد شده‌اند، نسبت به سایر سوخت‌ها برتری دارند.

ــ **فارسونگا (مشعل)**: از یک لولهٔ فولادی به قطر تقریبی ۱۰۰ــ۸۰ میلی‌متر، با یک سَرِ مخروطی تشکیل یافته است. انتهای لولهٔ سوخت در داخل آن قرار گرفته و یک سَرِ آن به ونتیلاتور متصّل است و سر دیگر آن (سَرِ مخروطی شکل) درون کوره است. عملِ مخلوط شدن سوخت با هوا و پودر شدن سوخت، در داخل آن انجام می‌گیرد و به‌وسیلهٔ مشعل، مخلوطِ سوخت و هوا، به درون کوره پاشیده می‌شود و به همین دلیل به آن «سوخت‌پاش» نیز می‌گویند (شکل ۱۲).

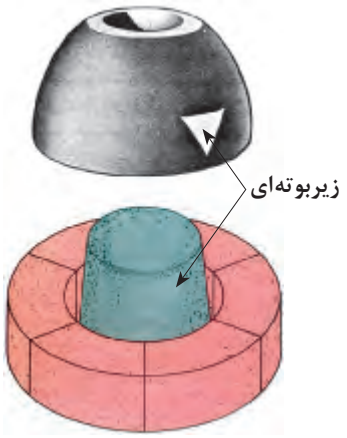


شکل ۱۲ــ فارسونگا

ــ امروزه در بیشتر کارگاه‌ها از مشعل‌های دوگانه‌سوز استفاده می‌شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳ــ مشعل دوگانه‌سوز سرعت متوسط



شکل ۱۴

زیر بوته‌ای: زیر بوته‌ای در مرکز کف کوره قرار می‌گیرد و ارتفاع آن باید با لبهٔ فارسونگا مساوی باشد. جنس زیر بوته‌ای گرافیتی است و به شکل‌های مختلف ساخته می‌شوند. زیر بوته‌ای محل قرار گرفتن بوتهٔ داخل کوره است (شکل ۱۴).

کوره‌های الکتریکی

الف) کوره‌های مقاومتی(مقاومت فلزی یا گرافیتی)

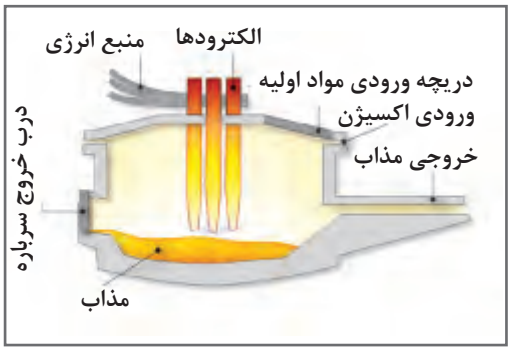
از این کوره‌ها در صنعت ذوب فلزات غیرآهنی و همچنین در عملیات حرارتی فلزات آهنی و غیرآهنی استفاده می‌شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵

ب) کوره‌های قوس الکتریک

این کوره‌ها بیشتر در صنعت ذوب فولاد به‌کار می‌رود، به‌گونه‌ای که ۸۰درصد 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 تصفیهٔ 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).



شکل ۱۶

نحوهٔ 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، تخلیهٔ الکتریکی ایجاد می‌شود، که نتیجهٔ آن قوس است و سبب ذوب شارژ می‌گردد. الکترود گرافیتی به دلیل دمای ذوب بالا (۳۶۰۰ درجهٔ 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 سربارهٔ غیرسیال و نصب غیرصحیح می‌توانند در کاهش عمر آنها تأثیرگذار باشند.

کوره‌های القایی

در این کوره‌ها، حرارت لازم برای ذوب فلز، از طریق ایجاد جریان القاییِ 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 کویل القاکنندهٔ جریان الکتریکی که به شکل لوله‌های آبگرد مسی است، در اطراف بوتهٔ ذوب قرار گرفته است. نحوهٔ کار کوره‌های القایی بسیار شبیه به ترانسفورماتوری است که شامل سیم‌پیچ اولیه و ثانویه است. سیم‌پیچ اولیه همان کویل 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، هزینهٔ سرمایه‌گذاری پایینی دارد و از آن در گذشته به طور وسیعی در صنایع ریخته‌گری استفاده می‌شد. سرعت تولید آنها یک‌چهارم کوره‌های فرکانس متوسط است و به همین دلیل ساخت آنها در دو دههٔ اخیر بسیار کم شده‌است (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 بوته وجود داشته باشد.

۲ کوره‌های ذوب القایی با فرکانس متوسط

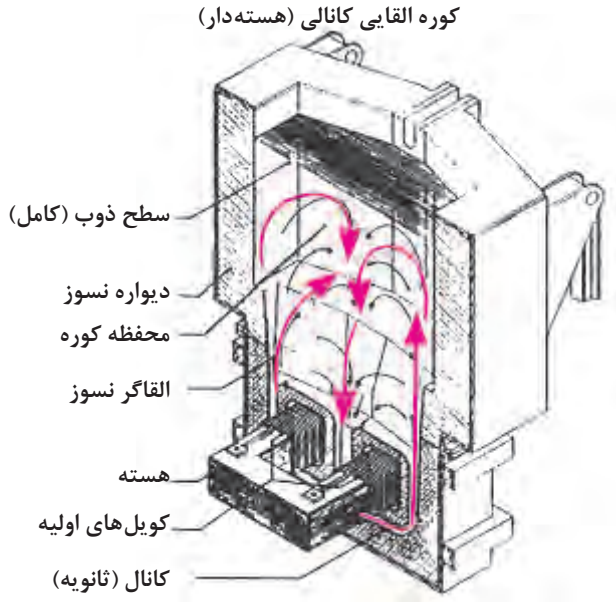
فرکانس برق القا شده در این کوره‌ها بین ۱۵۰ الی ۵۰۰۰ هرتز است. این کوره‌ها نسبت به کوره‌های با فرکانس شبکه نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بیشتری دارند. کار با این کوره‌ها ساده و سرعت ذوب‌سازی آنها بالا است. این کوره‌ها را بدون نیاز به وجود مذاب اولیه می‌توان در بوته از حالت سرد به کار انداخت که از مزیت‌های این کوره‌ها به شمار می‌آید. این کوره‌ها بیشتر جهت تهیهٔ 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 (شکل۱۸).



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 نگهدارندهٔ 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[1]

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 به‌وسیلهٔ دکمهٔ استارت روشن می‌شوند. لازم است قبل از شروع، با توجه به دستورالعمل راه‌اندازی کوره، قسمت‌های مختلف آن مانند فشار آب کوئل و دیوارهٔ نسوز کنترل شوند. همچنین پس از فشردن دکمهٔ 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.

۱- pouring

فعالیت کارگاهی

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 به‌طور 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 فارسونگاهی 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 به‌وجود 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، به‌سرعت شیر گاز را بسته و به‌مدت حدود ۱ دقیقه به دمنده کوره اجازه دهید تا گاز را از کوره تخلیه کند تا انفجار به‌وجود نیاید.

۶ پس از روشن شدن کوره، منتظر بمانید تا مذاب آماده گردد.

نکات ایمنی و حفاظتی

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

نحوه شارژ کوره

به کلیهٔ 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 شارژکردن گفته می‌شود.

انواع مواد شارژ

در تهیهٔ مذاب فلزات از شمش‌های اولیه، شمش‌های ثانویه، آلیاژسازها، قراضه‌ها، برگشتی‌ها و مواد افزودنی استفاده می‌شود.

ـ **شمش‌های اولیه:** قطعاتی هستند که، بر حسب نوع فلز در جرم معین، از مواد اولیه (سنگ معدن) تهیه

می‌شوند. این شمش‌ها معمولاً درجهٔ خلوص زیادی دارند ولی عناصر ناخواسته و ناخالصی‌های آن تقریباً به حدود ۱ درصد یا بیشتر می‌رسد. این شمش‌ها مستقیماً از روش استخراجی تهیه می‌شوند.

ـ **شمش‌های ثانویه:** این شمش‌ها دارای ترکیب مشخص و معین‌اند و از ذوب و تصفیهٔ قراضه‌ها یا از ذوب مجدد و تصفیه و اضافه کردن مواد ترکیبی معین تولید می‌شوند.

ـ **آلیاژسازها:** در تهیهٔ آلیاژهای مختلف، اغلب لازم است که فلزی را به فلز دیگر افزود. افزایش یک فلز به فلز دیگر را آلیاژسازی می‌گویند.

ـ **قراضه‌ها:** استفاده از قراضه‌ها همواره به منظور کاهش قیمت اولیه توصیه شده است که به دو دستهٔ برگشتی‌ها و قراضه‌های تجاری تقسیم می‌شوند.

الف) برگشتی‌ها

در هر کارگاه ریخته‌گری قطعاتی برگشتی وجود دارد، از جمله اضافات ذوب و سرریزها، قطعات معیوبی که پس از ریختن قابل استفاده نیستند، راهگاه‌ها، منابع تغذیه، ضایعات، براده، سوفاره و پلیسه‌ها.

ب) قراضه‌های تجاری

عبارت‌اند از: قطعات فلزی که قبلاً قسمتی از ماشین‌آلات یا دستگاه‌های تولیدی بودند و به علت شکستن و خردشدن ارزش تعمیراتی ندارند و به منظور ذوب مجدد فروخته می‌شوند.

ـ **مواد افزودنی:** مانند فلاکس‌ها، گاززداها، جوانه‌زاها و اصلاح‌کننده‌های دانه.

لازم است یادآوری شود که اتلافات حرارت در جدارهٔ نسوز کوره‌ها، بوته، محفظهٔ کوره و خروج حرارت توسط منافذ متعدد کوره سبب پایین آمدن راندمان حرارتی کوره‌ها می‌گردد و می‌توان با گرم کردن مقدماتیِ مواد شارژ (پیش‌گرم کردن مواد شارژ)، راندمان حرارتی کوره‌ها 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 کورهٔ زمینی

در کورهٔ زمینی مواد شارژ در درون بوته قرار داده می‌شود، به طوری‌که قطعات برگشتی و قراضه در ته بوته و شمش‌ها به طور عمودی روی آنها قرار می‌گیرد.

براده‌ها و پلیسه‌ها به‌صورت پرس‌شده شارژ می‌گردند و در صورتی که مقدار براده‌ها کم باشد آنها را به تدریج به مذاب آماده‌شده، اضافه می‌کنند. ذکر این نکته لازم است که قبل از شارژ، بوته پیشگرم می‌شود.

شارژ کورهٔ دوار

پس از پیشگرم کردن کوره، آن را خاموش می‌کنند. مواد شارژ شامل شمش چدن، قراضه و برگشتی متناسب با ظرفیت کوره داخل کوره قرار داده می‌شود، به طوری که به جدارهٔ 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 می‌شود و هنگامی‌که کوره شارژ شد، بالا بردن درجهٔ حرارت مذاب همراه با دَوَران کوره انجام می‌گردد.

شارژ کورهٔ القایی

شارژ کورهٔ القایی در حالت خاموش انجام می‌شود. مواد شارژ (قراضه، برگشتی و شمش‌ها) طوری در داخل کوره قرار داده می‌شود که شمش‌ها و قطعات سنگین در بالای شارژ قرار گیرد. شمش‌ها به صورت عمودی در داخل کوره قرار داده می‌شود. سپس کوره روشن می‌شود و به آرامی‌توان آن افزایش داده می‌شود.

نحوهٔ اندازه‌گیری دمای مذاب

برای اندازه‌گیری درجهٔ حرارت اجسام گداخته، مانند کوره‌ها، مذاب فلزات و شعلهٔ حاصل از احتراق سوخت‌ها از بعضی از پدیده‌های فیزیکی که تابع پیوسته‌ای از تغییرات درجهٔ 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 درجهٔ 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.



شکل ۱۹

ترمومتر مقاومتی: در این نوع ترمومتر از تغییر مقاومت سیم پلاتین در یک مدار الکتریکی که در اثر حرارت ایجاد می‌گردد، استفاده می‌شود. به وسیلهٔ این ترمومتر که بسیار حساس و دقیق است، می‌توان تا ۶۶۰ درجهٔ سلسیوس را اندازه‌گیری کرد (شکل۱۹).



شکل ۲۰

ترموکوپل: این ترمومترها براساس تغییر فشار الکتریکی (نیروی الکتروموتوری) بین دو منبع گرم و سرد در مداری شامل دو سیم فلزی غیرهمجنس و یک میکرو ولت‌متر کار می‌کند. هر چه اختلاف درجهٔ حرارت موجود بین دو منبع زیادتر شود، اختلاف فشار الکتریکی به‌دست آمده، شدت بیشتری خواهد داشت. با مدرج کردن صفحهٔ میکرو ولت‌متر برحسب درجهٔ سلسیوس و با تماس دادن نقطهٔ گرم به یک جسم گداخته یا فرو بردن آن در داخل مذاب، می‌توان درجهٔ حرارت آنها را اندازه‌گیری کرد. ترموکوپل‌های مورد استفاده در ریخته‌گری شامل غلافی از جنس دو فلز غیرهمجنس مقاوم در برابر حرارت و دستگاه نشان‌دهندهٔ دیجیتال با دقت یک درجه است. غلافی قطعه‌ای مصرفی و قابل تعویض است (شکل۲۰).



شکل ۲۱

ترموکوپل‌ها برای سنجش درجهٔ حرارت‌های بین ۵۰۰ تا ۱۴۰۰ درجهٔ سلسیوس به‌کار می‌رود. جنس ترموکوپل‌ها برای اندازه‌گیری درجهٔ حرارت تا ۵۰۰ درجه، آهن کنستانت، تا ۱۰۰۰ درجه کروم نیکل ـ نیکل، از ۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰ از پلاتین ـ پلاتین رودیوم است.

پیرومتر: برای اندازه‌گیری درجهٔ 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 درجهٔ حرارت جسم تغییر می‌کند و هر چه درجه حرارت بیشتر باشد نور جسم به نور سفید نزدیک‌تر خواهد شد (شکل۲۱).

خاموش کردن کوره‌های ذوب

خاموش کردن کوره بوته‌ای

پس از اینکه مذاب فلز آماده شد برای خاموش کردن کورهٔ 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 محفظهٔ 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 کورهٔ دوار

پس از اینکه مذاب فلز آماده شد برای خاموش کردن کورهٔ دوار، ابتدا حرکت دَوَرانی کوره را متوقف و در ادامه، سوخت مایع را قطع و سپس دمنده (ونتیلاتور) را خاموش می‌کنند. درصورتی‌که ابتدا دمنده قطع شود، در این صورت سوخت از حالت پودری خارج و به صورت حجمی وارد محفظهٔ 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 کورهٔ القایی

پس از اینکه مذاب فلز آماده شد برای خاموش کردن کورهٔ 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

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

ـ تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.

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

مواد سرباره‌گیر 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 قطعهٔ 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 به‌گونه‌ای این مواد از مذاب خارج شود. برای این منظور از مواد سرباره‌گیر برای خارج کردن مواد و ناخالصی‌های شناور روی مذاب استفاده می‌شود. افزودن مواد سرباره‌گیر به مذاب سبب می‌شود مواد و ناخالصی‌های جامد، روی سطح شناور شود.

مواد سرباره‌گیر برای فلزات و آلیاژهای مختلف متفاوت است. از جمله برای چدن از سلاکس یا از فروژن به منظور سرباره‌گیر استفاده می‌شود. برای آلومینیم از فلاکس پوششی کاورال و برای مذاب مس از کوپرکس برای سرباره‌گیری استفاده می‌شود.

پس از ذوب شدن کامل فلز در کوره، بسته به نوع فلز، مواد سرباره‌گیر مناسب به صورت پاششی به مذاب اضافه می‌شود. سپس با استفاده از کف گیرِ 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 سرباره‌گیر روی سطح مذاب پاشیده می‌شود. سپس با استفاده از کف‌گیرِ سرباره‌گیر، 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 سرباره‌گیر فروژن به صورت قرص توسط کلاهک خوراک‌دهنده وارد مذاب می‌شود. اما در کوره‌های دوار، قرص فروژن به مذاب داخل کوره اضافه می‌شود و با حرکت دَوَرانی 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 سرباره‌گیر روی شلاکه‌ها به اندازهٔ کافی

نکات ایمنی

ـ 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، کلاه‌ایمنی، ماسک و عینک ایمنی الزامی است.

ـ قبل از استفاده از ابزاری که وارد مذاب می‌شوند (مانند ملاقه، کفگیر، سرباره‌گیر و کلاهک خوراک‌دهنده)، باید از خشک بودن آنها اطمینان حاصل کرد.

ـ در هنگام کار با مذاب، از بی‌نظمی و شوخی با دیگران جداً پرهیز کنید.

ـ از انداختن قطعات مرطوب به داخل بوته حاوی مذاب خودداری کنید.

روش‌های اعمال پوشان به سرباره گیر

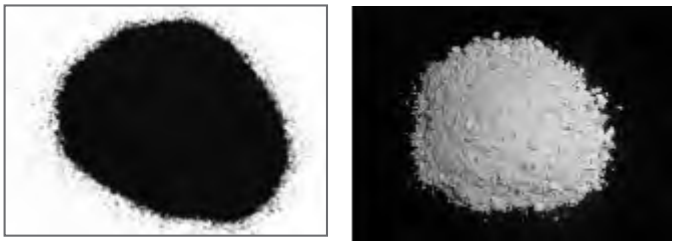
فلز مذاب هنگامی که از درجهٔ حرارت‌های بالا بارریزی می‌شود ممکن است با ابزار سرباره‌گیری فعل وانفعالات فیزیکی و شیمیایی انجام دهد. بدیهی است اجرای این واکنش‌ها می‌تواند به خواص متالورژیکی و مکانیکی قطعه ریختگی آسیب رساند.

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 آهنیِ بدون پوشش، موجب خورده شدن آهن توسط آلومینیم 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 ماسه‌ایِ 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 کیسهٔ 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 (شکل۲۲).



شکل ۲۲

ب) مواد پوششی مخلوط مایع: براساس نوع فلز، ممکن است از مواد دیرگداز مختلف همراه با یک چسب و عامل غوطه‌وری و مادهٔ حامل یا واسطهٔ (آب، الکل، روغن) مناسب استفاده شود. این مواد عبارت‌اند از: پودر سیلیس، زیرکن، کرومیت، آلومین، شاموت، الیوین، منیزیت و کروم ـ منیزیت (شکل۲۳). 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 درجهٔ حرارت‌های بالا از خواص مناسب و مطلوب برخوردار باشد و تولید گاز مضر نکنند.



شکل ۲۳

روش‌های اعمال پوشش

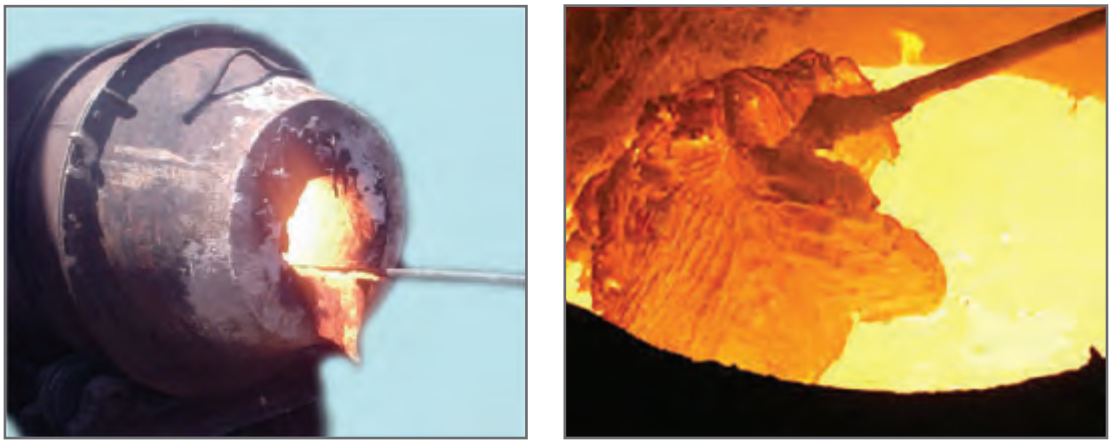
پوشش ابزار سرباره‌گیری و بارریزی را می‌توان توسط روش اسپری، قلم‌مو یا غوطه‌ورکردن ابزار در مواد پوششی انجام داد، به طوری‌که پوشش با ضخامت مناسب، سطح ابزار سرباره‌گیری و بارریزی را به طور کامل بپوشاند و فاقد حباب‌های حبس شدهٔ هوا باشد.

خشک کردن پوشش

هنگامی‌که 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 نتیجهٔ آن پاشش مذاب به اطراف و در بعضی موارد، انفجار مذاب است. از طرف دیگر رطوبت سبب جذب گاز توسط مذاب می‌شود.

جمع‌آوری سرباره از روی مذاب

چنانچه سربارهٔ 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 قطعهٔ 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 دستهٔ 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 سربارهٔ منعقد شده را جمع آوری نمی‌کنند و با ایجاد سوراخی در محل خروجی بوته به بارریزی چدن می‌پردازند.

فعالیت کارگاهی

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 به‌صورت 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

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

ـ تمیز کردن محیط کوره دان و محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.

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

ارزشیابی واحد یادگیری ۱ : آماده‌سازی 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

شاخص‌ها:
۱ـ کیفیت شارژ افزودنی ۲ـ بررسی کوره ذوب ۳ـ ذوب آلیاژ

شرایط انجام کار:
۱ـ محیط کارگاهی ۲ـ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
۳ـ تهویه استاندارد و دمای $۲۰^{\circ}C \pm ۳$ ۴ـ اندازه‌ها براساس استاندارد
۵ـ وسایل ایمنی استاندارد ۶ـ 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 هنرجو
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	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:* ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳ـ تمیز کردن محیط کوره‌دان و محیط کار ۴ـ 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.

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

بی شک، وجود مک‌های گازی، یکی از مهم‌ترین عیب‌ها در قطعات ریختگی آلیاژهای مختلف محسوب می‌گردد. عموماً مک‌ها درنتیجه محبوس شدن گاز هنگام عملیات ریخته‌گری و انجماد به وجود می‌آید.

واکنش گاز در مذاب

گازها با مذاب واکنش‌های متفاوتی دارند که با توجّه 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، نیتروره‌ها، سولفیدها، کربورها و غیره می‌شوند. این ترکیبات در فلز مذاب معمولاً به صورت ذرّات ریز جامد و یا در بعضی موارد به‌صورت مذاب ظاهر می‌شوند. در این رابطه می‌توان به ترکیب جامد آلومینیوم‌اکسید (Al_2O_3) در مذاب آلومینیوم اشاره کرد.

ب) اثر فیزیکی (انحلال): تعدادی از گازها ممکن است در مذاب حل شوند. این‌گونه 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[1].

ج) خنثی: بعضی از گازها با مذاب نه میل به ترکیب شیمیایی و نه اثر شیمی‌ـ فیزیکی دارند. به این گروه از گازها، گازهای خنثی یا بی‌اثر می‌گویند. مانند گازهای هلیم و یا نیتروژن در مذاب آلومینیوم که خنثی می‌باشند. از این نوع گازها، همان‌گونه 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

۱ـ باید توجه داشت که برخی از گازهای مرکّب، هم اثر شیمیایی و هم اثر شیمی ـ 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 موادّ و ترکیبات ناخواسته و حضور آنها در مذاب می‌گردد. شکل کلی این واکنش‌ها به‌صورت زیر است:

$$\langle M\rangle + \frac{۱}{۲}\{O_۲\} \rightarrow \langle MO\rangle$$

$$(M) + \frac{۱}{۲}\{O_۲\} \rightarrow \langle MO\rangle$$

$$(M) + \{H_۲O\} \rightarrow \langle MO\rangle + ۲[H]_{(M)}$$

$$\{O_۲\} \rightarrow ۲[O]_{(M)}$$

علامت‌های $< >$، $( )$ و $\{ \}$ به‌ترتیب نشانگر حالت‌های جامد، مایع و گاز از عناصر و مواد می‌باشند. M، علامت عمومی برای فلز است و علامت $[\ ]_{(M)}$ نیز نشان‌دهندهٔ 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 به‌شمار می‌آیند. سوخت‌های معمولی، عموماً حاوی ترکیبات هیدروکربوره به فرمول عمومی C_mH_n همراه با رطوبت، مقادیر کمی گوگرد، خاکستر (در مورد سوخت‌های مایع و گازی ناچیز است) و نیز ترکیبات هیدروژن سولفوره هستند. محصولات احتراق انواع سوخت‌ها، ترکیباتی نظیر $CO_۲$، CO، $H_۲O$ و $SO_۲$ 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 بوته‌ها به کار گرفته می‌شوند، دیرگدازی بالا، عایق حرارتی خوب و بی‌اثربودن نسبت به مذاب و سرباره را می‌توان نام برد. وجود مواد ناخالصی در نسوزها، ضمن کاهش‌دادن نقطهٔ دیرگدازی، موجب واکنش شیمیایی و نیز داخل‌شدن 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 درنتیجه 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 یکنواخت‌کردن مذاب و نمونه‌برداری و ... به‌کار می‌روند. به‌عنوان مثال، جذب‌شدن آهن از وسایل آهنی توسط مذاب آلومینیوم و نیز تلف‌شدن مذاب دراثر واکنش شیمیایی آن با مواد اکسیدی را می‌توان نام برد:

$$\langle Fe_۲O_۳\rangle + ۲(Al) \rightarrow ۲[Fe]_{(Al)} + < Al_۲O_۳ >$$

هـ) مواد بار (شارژ): مواد اصلی برای بار یا شارژ یک کوره، با توجّه به جنبه‌های متالورژیکی و اقتصادی، معمولاً شامل شمش‌های اوّلیه و ثانویه، برگشتی‌ها و قراضه‌ها می‌باشد. شمش‌های اوّلیه موادی هستند که مستقیماً از کوره‌های ذوب مادر و یا الکترولیز اوّلیه، تهیّه می‌گردند. این شمش‌ها ممکن است با درجه خلوصی برابر ۹۹ تا ۹۹/۹ درصد (در مورد اکثر فلزات غیرآهنی) و یا به‌صورت ناخالص به همراه چند عنصر (در مورد چدن‌ها) تولید شوند. درهرحال، وجود ناخالصی در این شمش‌ها می‌تواند محدودیت‌هایی را از نظر ترکیب شیمیایی نهایی

آلیاژ مذاب به وجود آورد. به‌عنوان مثال، شمش‌های محصول کوره‌ی بلند که به آهن خام موسوم هستند، علاوه‌بر داشتن عناصری مانند کربن، سیلیسیم و منگنز دارای مقادیری فسفر و گوگرد نیز می‌باشند. با توجّه به اثرات نامطلوب فسفر و گوگرد در خواص و مشخصات قطعه ریختگی، حذف آنها قبل از مذاب‌ریزی امری ضروری است.

شمش‌های ثانویه یا آلیاژی، موادی هستند که با اهداف خاص و از پیش مشخص شده تهیّه می‌گردند. این شمش‌ها ممکن است با عملیات الکترولیز مجدد و یا تصفیه، به‌صورت موادّی با درجه خلوص بالاتر تهیّه شوند و یا آن‌که براساس ترکیب شیمیایی آلیاژهای متداول در مصارف صنعتی تهیّه گردند و بدون نیاز به آلیاژ سازی کامل مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین، کاربرد این شمش‌ها باید براساس ترکیب شیمیایی موردنظر صورت گیرد؛ قراضه‌ها، معمولاً شامل زایده‌ها و اضافات (دورریز) و قطعات فرسوده می‌باشند که بنابر دلایل اقتصادی در ریخته‌گری به مصرف می‌رسند. با توجّه به این‌که این مواد، عموماً از بقایای وسایل و تجهیزات متنوّع 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 نمونه‌برداری از مذاب می‌باشد. علاوه بر این، معمولاً این مواد با ترکیبات و مواد ناخواسته‌ای از قبیل مواد اکسیدی (قطعات آهنی زنگ‌زده)، رطوبت، مواد روغنی و غیره همراه هستند که برای جلوگیری از آلودگی مذاب، برطرف‌کردن آنها ضروری است. زایده‌های قطعات ریختگی از قبیل راهگاه، تغذیه و قطعات معیوب در یک واحد تولیدی به برگشتی موسوم می‌باشد. تفاوت اساسی این مواد با قراضه‌ها، مشخص‌بودن ترکیب شیمیایی و نحوهٔ تولید آنها در واحد مربوط می‌باشد. چنانچه این مواد در اندازه و شکل‌های مناسب وجود داشته باشد، می‌تواند همانند شمش‌های آلیاژی مورد استفاده قرار گیرد. درهرحال، برگشتی‌ها برای واحد تولیدی دیگر و در صورت عدم شناخت ترکیب شیمیایی و شرایط تولید آنها، قراضه محسوب می‌شوند و می‌توانند کنترل ترکیب شیمیایی مذاب را دچار اشکال کنند. برگشتی‌ها، در صورت همراه بودن با ماسه و مواد و ترکیبات ناخواسته، سبب آلودگی مذاب می‌گردند.

سوفاره یا براده نیز از انواع قراضه‌ها می‌باشد که در اثر تراشکاری قطعات ریختگی یا نوردی به‌دست می‌آید. در این ماده، که به‌عنوان یک ماده اولیهٔ ارزان در صنایع ریخته‌گری به مصرف می‌رسد، نسبت سطح به حجم بسیار بالاست. از این رو این مواد به هنگام ذوب به‌شدت واکنش‌پذیر هستند و با تولید مواد ناخواسته اکسیدی، مذاب را آلوده می‌سازند.

معمولاً به منظور استفاده‌ی مطلوب از براده‌ها، بایستی آنها را پس از شست‌وشو با محلول رقیق سود و خشک‌کردن به‌صورت خشته (بریکت)های فشرده‌ای درآورد. در هر حال استفاده از براده‌ها به‌عنوان بار جامد اولیهٔ هیچگاه توصیه نمی‌گردد؛ بلکه روش درست و مناسب، غوطه‌ورنمودن آنها در زیر لایه‌های مذاب می‌باشد.

بدین ترتیب مشخص می‌گردد کنترل ترکیب شیمیایی مذاب، با توجه به مجموعهٔ واکنش‌های ذکرشده از اهمیت زیادی برخوردار است. به‌همین دلیل با کنترل فرآیند ذوب و نیز مراقبت‌های لازم در زمینه‌های 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 به‌عنوان تلفات بار نامیده می‌شود. این تلفات در قراضه‌ها مخصوصاً قراضه‌های با سطح زیاد مانند سوفاره (براده) بیشتر است. به همین دلیل لازم است میزان تلفات در ذوب و ریخته‌گری قطعات لحاظ شود.

در جدول ۱، درصد تلفات عناصر مختلف تحت شرایط نوع شارژ و کوره، درج شده است.

جدول ۱ــ درصد تلفات عناصر مختلف تحت شرایط نوع شارژ و کوره

عنصر	شمش‌های اولیه			برگشتی‌ها و قراضه		
	کوره الکتریکی	کوره شعله‌ای	کوره بوته‌ای	کوره الکتریکی	کوره شعله‌ای	کوره بوته‌ای
آلومینیوم	۱ـ۱/۲	۱ـ۲	۱ـ۱/۵	۱ـ۲	۲/۵ـ۳	۱/۵ ـ۲
منیزیم	۲ـ۳	۳ـ۵	۲/۵ـ۳/۵	۳ـ۵	۳ـ۱۰	۳ ـ۶
برلیوم	۲ـ۳	۳ـ۵	۲/۵ـ۳/۵	۳ـ۵	۵ـ۱۰	۳ ـ۶
سدیم	۲ـ۳	۳ـ۵	۲/۵ـ۳/۵	۳ـ۵	۵ـ۱۰	۴ـ۷
روی	۱ـ۳	۲ـ۴	۱ـ۳	۲ـ۳	۳ـ۵	۲ـ۴
منگنز	۰/۵	۱ـ۲	۰/۵ـ۱	۱ـ۲	۲ـ۳	۱ـ۲
قلع	۰/۵	۱ـ۱/۵	۰/۵ـ۱	۱ـ۱/۵	۱/۵ـ۲	۱/۵ ـ۲
آهن	۰/۵	۰/۵ـ۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵ـ۱	۰/۵
نیکل	۰/۵	۰/۵ـ۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵ـ۱	۰/۵
سیلیسیم	۰/۵	۱ـ۱/۵	۰/۵ـ۱	۱ـ۱/۵	۱/۵ـ۲	۱ـ۲
مس	۰/۵	۱ـ۲	۰/۵ـ۱	۱ـ۲	۲ـ۳	۱ـ۲
سرب	۰/۵ـ۲	۱ـ۲	۱ـ۲	۱ـ۲	۱/۵ـ۲/۵	۱ـ۲

و) قالب: مواد قالب علاوه بر ورود ناخواسته به داخل مذاب، ممکن است با انجام واکنش‌های شیمیایی و شیمی‌ـ فیزیکی با مذاب موجب آلوده شدن آن و درنتیجه ایجاد مواد و ترکیبات ناخواسته در قطعه ریختگی گردد. به‌عنوان مثال رطوبت در مواد قالب می‌تواند به دو صورت شیمیایی و شیمی ـ فیزیکی با مذاب واکنش کرده و ضایعاتی سطحی یا درونی در قطعه به‌وجود آورد.

این واکنش در مورد مذاب منیزیم، به‌صورت روبه‌رو است: $\{H_2O\} + (Mg) \rightarrow \langle MgO \rangle + 2[H]_{(Mg)}$

دراثر انجماد، هیدروژن محلول از انحلال خارج می‌شود و درنتیجه حفره‌هایی در لایه‌های سطحی و یا درون قطعه تشکیل می‌گردد. 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 نمونه‌ها است که مهم‌ترین عامل ماسه جوشی[1] و هم جوش‌شدن ماسه به سطح قطعه ریختگی فولادی است.

انحلال گازها در مذاب

مهم‌ترین گازهای محلول در مذاب عبارت‌اند از: N_2، O_2، H_2، CO_2، H_2O، SO_2 و CO که در این میان هیدروژن به دلیل داشتن قطر اتمی کوچک، در اکثر فلزّات و آلیاژها بیشترین انحلال را دارد. به همین دلیل همواره مورد بحث و بررسی محققین قرار گرفته است.

به‌طورکلی گازها برای انحلال در مذاب باید از حالت مولکولی خارج شوند و به حالت اتمی در آیند. یعنی:

$\{H_2\} \rightarrow 2[H]$

اتمی ⟵ مولکولی

۱- Burn in

انحلال گازها در فلزات به عوامل مختلفی بستگی دارد که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:

الف) درجهٔ حرارت: انحلال گازها در فلزات معمولاً با بالا رفتن درجهٔ حرارت افزایش می‌یابد. جدول ۲ رابطهٔ انحلال گاز هیدروژن با درجهٔ‌حرارت را در فلز آلومینیوم نشان می‌دهد.

جدول ۲ـ اثر درجهٔ حرارت بر انحلال هیدروژن در آلومینیوم

حالت	درجهٔ حرارت برحسب سلسیوس	مقدار هیدروژن حل شده CC/۱۰۰gr
جامد	۰	۱×۱۰^{-۷}
جامد	۳۰۰	۱×۱۰^{-۳}
جامد	۴۰۰	۵×۱۰^{-۳}
جامد	۵۰۰	۱۲×۱۰^{-۳}
جامد	۶۰۰	۲۶×۱۰^{-۳}
جامد	۶۶۰	۳۶×۱۰^{-۳}
مذاب	۶۶۰	۶۹×۱۰^{-۲}
مذاب	۷۰۰	۹۲×۱۰^{-۲}
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 ۳ـ قابلیت انحلال هیدروژن در آلومینیوم و چند آلیاژ آن

آلیاژ	قابلیت انحلال[۱] PPM
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

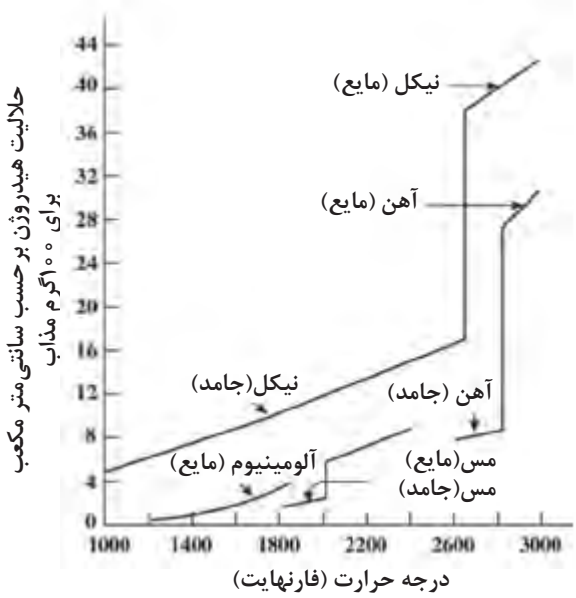
۱ـ قسمت برمیلیون Part Per Million

چگونگی ایجاد مک‌های گازی

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود؛ گازها درحالت مذاب نسبت به حالت جامد انحلال بیشتری در فلزّات دارند. با کاهش درجه حرارت، گازهای حل شده در مذاب (به‌صورت اتمی) به تدریج از حالت اتمی در مذاب خارج می‌شوند و به‌صورت مولکولی (حباب) درمی‌آیند. در این صورت گازهای مولکولی آرام آرام از سطح مذاب خارج می‌شوند. سرعت خروج حباب‌های گازی ایجاد شده به عوامل مختلفی بستگی دارد که از آن جمله گرانروی مذاب، اندازهٔ حباب و شکل و عمق پاتیل را می‌توان نام برد. بدیهی است با کاهش درجهٔ حرارت، گرانروی مذاب افزایش می‌یابد. درنتیجه سرعت خروج حباب‌های گازی به‌تدریج کاهش می‌یابد. با شروع انجماد مذاب دو پدیده مهم در تشکیل حباب‌های گازی مؤثرند؛ که به دلیل اهمیت موضوع به‌طور جداگانه مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند:

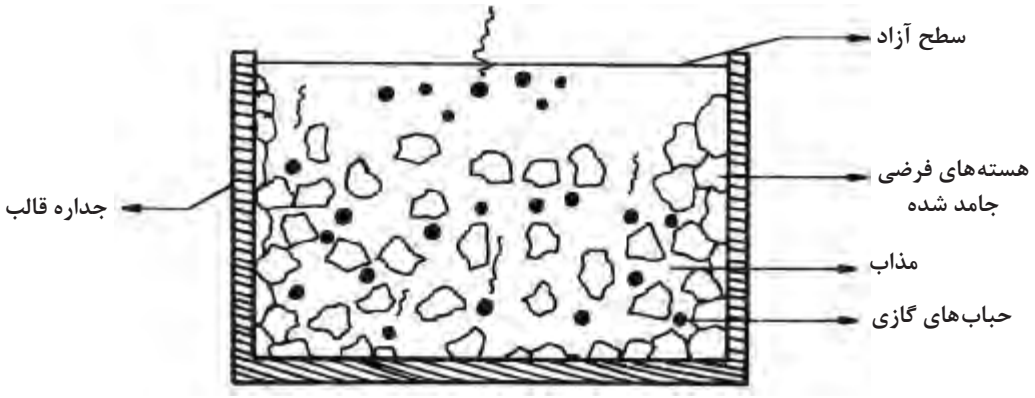
الف) خروج گازها از حلالیت: در بسیاری از فلزّات و آلیاژها اختلاف حلالیّت گاز درحالت جامد و مذاب بسیار زیاد است (شکل ۱).

بدیهی است در هنگام انجماد، گازهای زیادی از حالت اتمی (انحلال) به حالت مولکولی تبدیل می‌گردند به‌گونه‌ای که ناگهان مقدار حاصل از این واکنش به چندین برابر افزایش می‌یابد. به عبارت ساده‌تر در یک فاصله‌ی زمانی کوتاه، مقادیر زیادی از گازهای حل شده به حباب‌های گازی تبدیل می‌شوند.



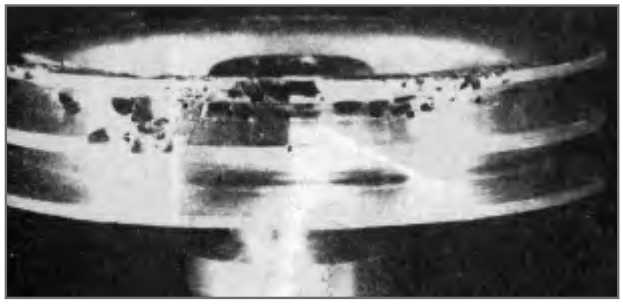
شکل۱ـ تأثیر درجه حرارت در حلالیت هیدروژن

ب) محبوس شدن حباب‌ها: اگر فرض شود که حباب‌های گازی ایجاد شده در هنگام انجماد (دامنه انجماد) بتوانند به گونه‌ای از مذاب خارج گردند؛ در این صورت مشکلی به نام مک و تخلخل گازی در قطعات ریختگی وجود نخواهد داشت. امّا در عمل به دلیل افزایش گرانروی مذاب و نیز وجود هسته‌های جامد، حرکت حباب‌های گازی به‌طور جدی با مشکل مواجه می‌شوند. به عبارت دیگر حباب‌های گازی در لابه‌لای ذرّات جامد محبوس می‌شوند. شکل ۲ به‌طور شماتیک این موضوع را نشان می‌دهد.



شکل ۲ـ نمای شماتیک از محبوس شدن حباب‌های گازی در لابه‌لای ذرّات جامد ایجاد شده

بدیهی است که اولاً حجم زیاد حباب‌های گازی ایجاد شده در یک فاصلهٔ زمانی کم و ثانیاً موانع ایجاد شده در مسیرخروج این حباب‌ها به‌عنوان 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 ۳ـ آلیاژ آلومینیوم، قالب ماسه‌ای تر

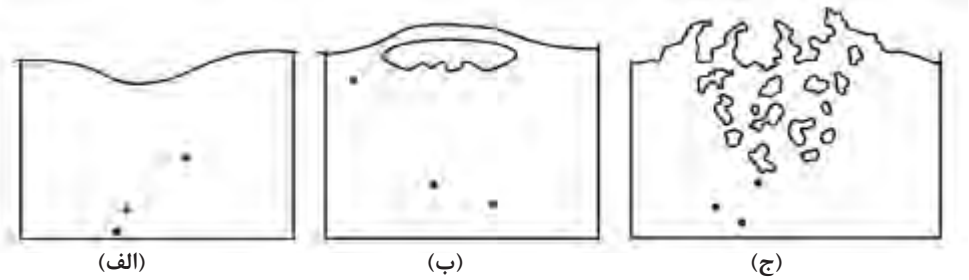
عوامل مؤثر در میزان مک‌های گازی

میزان مک‌های ایجاد شده در قطعه‌های ریختگی به عوامل زیادی بستگی دارد که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:
الف) مقدار اختلاف حلالیت گاز درحالت 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 بحرانی تر است. درنتیجه 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:
ـ 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 ریخته گری حاصل نمی‌شود.
ـ در سرعت‌های بالا (مانند روش‌های ریژه و آبگرد) گازها به صورت محلول فوق اشباع در مذاب باقی می‌مانند و از خروج آنها ممانعت می‌شود. درنتیجه باعث کاهش مک‌های گازی در قطعه‌های ریختگی می‌شود.

د) آخال‌ها (ناخالصی‌ها): وجود اکسیدها و دیگر ناخالصی‌ها (آخال‌ها) در مذاب باعث افزایش مک‌های گازی در قطعه‌های ریختگی می‌شود. معمولاً در اطراف آخال‌ها، ریز مک‌های گازی زیادی مشاهده می‌شود.
در تشکیل حباب‌های گازی حضور مقدار کمی آخال و سرباره در مذاب، بسیار مؤثر می‌باشد. به طورکلّی تولید قطعات سالم عاری از مک منوط به حذف آخال‌ها می‌باشد.
هـ) عناصر آلیاژی: عناصر آلیاژی علاوه بر اینکه در میزان حلالیت گاز در مذاب تأثیر دارد، می‌تواند در مقدار مک‌های گازی نیز اثر بگذارد. از طرف دیگر میزان تخلخل با افزایش دامنهٔ انجماد افزایش می‌یابد.
و) سیستم راهگاهی: سیستم راهگاهی صحیح در کاهش مقدار مک‌های گازی نقش مهمی ایفا می‌کند. به‌عبارت دیگر طراحی غلط سیستم راهگاهی باعث حبس هوا و درنتیجه ایجاد مک‌های درشت می‌شود.
ز) شکل، اندازه و وزن قطعه: مقدار مُک و تخلخل در قطعه‌های بزرگ و پیچیده نسبت به قطعه‌های ساده و کوچک بیشتر است.

روش‌های اندازه گیری گاز در مذاب

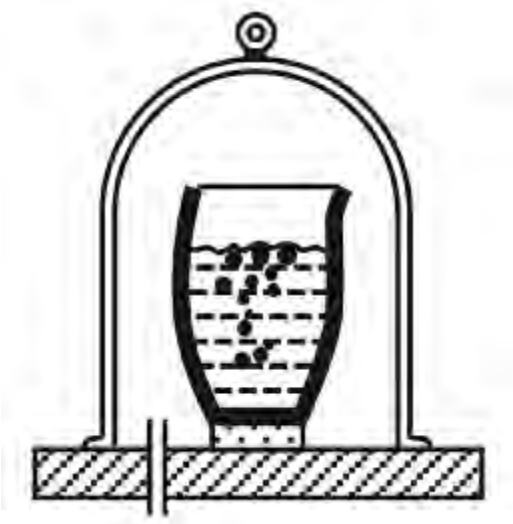
امروزه به‌دلیل تأثیر زیادی که وجود مک‌های گازی درکیفیت قطعه‌های ریختگی دارند، روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری گاز در مذاب وجود دارد. بعضی از این روش‌ها به این قرار است:
ـ رادیوگرافی قطعات ریخته‌گری شده با اشعهٔ ایکس[1]: این روش به‌طور گسترده در صنایع برای کنترل کیفی غیر مخرّب قطعه‌های ریختگی به‌کار می‌رود. در این روش مک‌های ریز که ناشی از گاز یا انقباض پراکنده می‌باشد، در روی فیلم عکاسی به وسیله اشعهٔ X به صورت نقاط تیره دیده می‌شود.
ـ مشاهدهٔ سطح نمونه قطعهٔ ریخته شده: این روش که بسیار عملی و کاربردی می‌باشد در کارخانجات ریخته‌گری به‌ویژه ریخته‌گری آلومینیوم مورد استفاده زیادی دارد. برای این آزمایش قالب‌های استوانه‌ای از ماسه خشک به قطر ۷/۵ تا ۹ سانتی‌متر و ارتفاع ۷/۵ تا ۹ سانتی‌متر تهیه می‌شود.
هنگامی که مذاب آمادهٔ بارریزی می‌شود به منظور مشخص شدن وجود یا عدم وجود گاز در مذاب، مقداری از آن، در قالب‌های استوانه‌ای تهیه شده، ریخته می‌شود. با مشاهدهٔ سطح نمونه منجمد شده، می‌توان به وجود گاز در مذاب پی‌برد. شکل ۴ به‌طور شماتیک سطح نمونه را در این آزمایش نشان می‌دهد. درصورتی که سطح نمونه مانند شکل۴ (الف) فرو رفته و نیز صاف و براق باشد نشانگر عدم وجود گاز در مذاب است. اگر سطح نمونه مانند شکل۴ (ب) بدون فرورفتگی باشد در این حالت مقداری گاز در مذاب موجود است. بالاخره چنانچه سطح نمونه مانند شکل۴ (ج) برآمده (پف کرده) و خشن باشد، در این حالت مقدار زیادی گاز در مذاب وجود دارد.



شکل۴ ـ شماتیک نمونه‌های استوانه‌ای برای آزمایش وجود گاز

۱- X - Ray Radiography

ـ انجماد نمونه تحت شرایط خلأ: در این روش مقادیر کمی مذاب (معمولاً چند صدگرم) تحت شرایط خلأ نسبی منجمد می‌شود. حباب‌های شکسته شده در سطح نمونه و تعداد و اندازهٔ مک‌ها در نمونهٔ منجمد شده، مشخص‌کننده مقدار تقریبی گاز موجود در مذاب می‌باشد. شکل ۵ دستگاه اندازه‌گیری گاز تحت شرایط خلأ را نشان می‌دهد.



شکل ۵ ـ اندازه‌گیری گاز تحت شرایط خلأ

ـ آزمایش وزن مخصوص: با یک آزمایش ساده به کمک وزن مخصوص می‌توان به طور کیفی به وجود گاز در فلز پی برد. در این روش وزن مخصوص نمونه با وزن مخصوص واقعی آلیاژ مقایسه می‌شود. درعین حال می‌توان با کمک رابطهٔ تقریبی ساده مقدار تخلخل را محاسبه کرد.

$$\%V=\frac{\rho_{\circ}-\rho}{\rho}\times 100 \qquad (1)$$

که در این رابطه:

$\rho_{\circ}$: وزن مخصوص قطعه بدون عیب (وزن مخصوص تئوری)

ρ: وزن مخصوص نمونه

V: درصد تخلخل

ـ روش آلتراسونیک[1]: استفاده از امواج صوت برای تعیین عیوب داخلی فلزات یک روش بسیار قدیمی می‌باشد بدین‌صورت که اگر به یک قطعه فلز با چکش ضربه وارد شود امواج صوتی مشخصی در فلز ایجاد می‌گردد که شدت آن در اثر وجود عیوب داخلی تحت تأثیر قرار می‌گیرد با این روش عیوب بزرگ را می‌توان 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 غیرمخرب سریع و قابل اعتماد است که برای شناسایی و تعیین اندازه عیوب داخلی فلزات به‌کار می‌رود که این روش بیشتر در صنعت مورد استفاده است.

۱- Ultrasonic Test

روش‌های جلوگیری از مک‌های گازی

کاملاً واضح است که تولید قطعات عاری از مک، در درجه اوّل 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، H_2O، CO_2، SO_2 و CO در اتمسفر کوره ذوب.

۳ ممانعت از طولانی‌شدن زمان ذوب و نگه‌داری مذاب برای جلوگیری از تماس زیاد گاز با مذاب.

۴ کاهش سطح مذاب: میزان حل‌شدن گاز رابطه مستقیم با سطح مذاب دارد یعنی هرچه سطح تماس مذاب با اتمسفر کمتر باشد، مقدار حل‌شدن گازها کمتر خواهد شد.

۵ استفاده از مواد پوششی در سرباره به‌منظور جلوگیری از تماس مذاب با محیط اطراف.

۶ کنترل درجهٔ حرارت مذاب به‌منظور جلوگیری از افزایش حلالیت گاز در مذاب.

۷ جلوگیری از تلاطم مذاب برای ممانعت از محبوس‌شدن گاز در حین باریزی.

۸ طرّاحی سیستم‌های راهگاهی مطلوب برای هدایت گازهای موجود در مذاب به محل مناسب.

روش‌های گاززدایی

ـ 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 درجهٔ خلأ بستگی دارد.

درحال حاضر روش گاززدایی در خلأ برای تولید قطعه‌هایی با کیفیت بالا و با تکنولوژی‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به‌طورکلی 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.

ـ 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 وسیلهٔ گازهای تزریق شده به داخل مذاب.

ج) افزایش سرعت خارج شدن گازها از مذاب.

روش افزایش فشار درونی مذاب از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین روش های گاززدایی است که خود به چندین روش مختلف اصلی تقسیم می گردد:

الف) استفاده از گازهای بی اثر: در این روش گازهای بی‌اثر به شکل حباب‌های هوا از پایین بوته یا پاتیل به داخل مذاب تزریق می شوند. در ابتدا فشار جزئی گازهای محلول (مانند H) در داخل حباب گاز بی‌اثر صفر است ولی در مسیر حرکت مقداری گاز را به داخل خود جذب می کند.

این فرایند با تولید حباب‌های زیاد ادامه پیدا می کند 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 بی‌اثر نسبت به مذاب عموماً گازهایی نظیر آرگن و هلیم هستند که برای تمامی فلزات و آلیاژها بی‌اثر می‌باشند. به‌دلیل گرانی این گازها معمولاً می توان از گازهای ارزان‌تر که نسبت به مذاب خاصی بی‌اثر هستند استفاده کرد. به‌عنوان مثال گاز نیتروژن در شرایط کلی برای آلومینیوم و اکثر آلیاژهای آن بی‌اثر محسوب می‌شود. درحالی که این گاز برای چدن نه تنها بی‌اثر 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 می دهد.

به‌طور خلاصه ازت برای آلومینیوم و آلیاژهای آن، گاز بی اثر است. اگرچه برای برخی آلیاژهای آلومینیوم بی‌اثر محسوب نمی‌شود.

برای مس و آلیاژهای آن، گازهای ازت و گازکربنیک به‌کار می‌رود. برای فولادها گازکربنیک و اکسید کربن به‌کار 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 حتی‌الامکان کوچک باشند؛ زیرا حباب‌های درشت با سرعت بیشتری به طرف سطح مذاب حرکت می کنند. درنتیجه 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 درنتیجه راندمان و سرعت گاززدایی بهبود می یابد.

۳ عمق حمام مذاب؛ یکی دیگر از فاکتورهای مؤثر بر بازدهی گاززدایی، عمق حمام مذاب است. گاز باید در پایین‌ترین قسمت ظرف (بوته یا پاتیل) وارد شود. هرچه عمق ظرف بیشتر باشد مدت زمان تماس حباب با مذاب بیشتر است و بازدهی افزایش می یابد.

۴ عدم رطوبت در گاز؛ گاز بی اثر باید حاوی حداقلِ رطوبت باشد.

جدول ۴ـ چگونگی گاززدایی و تصفیه مذاب از گازها و آخال‌ها

نوع فلز اصلی	گاز	نوع واکنش	نام عملیات	مواد مؤثر بر عملیات کیفی
آلومینیوم	H_2	انحلالی $[H]_{(Al)}$	گاززدایی	ازت، کلر، مخلوط ۳۰ـ۷۰ و یا ۱۰ـ۹۰ ازت و کلر مواد قابل تبخیر نظیر CCl_4، C_2Cl_6 انواع کلرورها و فلوئورهای چندگانه
	O_2	ترکیبی $<Al_2O_3>$	آخال‌زدایی	کلرورها و فلوئورهای سدیم، پتاسیم و گاه کلسیم
فولاد	H_2	انحلالی $[H]_{(Fe)}$	گاززدایی فلاکس‌زنی	گاز CO درضمن تصفیه مقدار هیدروژن را کاهش می‌دهد.
	O_2	انحلالی $[O]_{(Fe)}$ ترکیبی انواع اکسیدها	اکسیژن‌زدایی فلاکس‌زنی	منیزیم، آلومینیوم، تیتانیم، 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_2	انحلالی $[N]_{(Fe)}$ ترکیبی نیتروها	گاززدایی	نظیر هیدروژن در آهن Ti، Al نیز می‌توانند نیتروها را خارج سازند، فلاکس‌های کلسیم و منیزیم
مس	H_2	انحلالی $[H]_{(Cu)}$	گاززدایی	ازت، گازکربنیک و مواد قابل تبخیر، و در بسیاری موارد اکسیژن‌زدایی کافی است
	O_2	انحلالی $[O]_{(Cu)}$ ترکیبی Cu_2O	اکسیژن‌زدایی فلاکس‌زنی	فسفر، کربن، لیتیم، کلسیم فلاکس‌های حاوی سیلیس و براکس
	S	انحلالی $[S]_{(Cu)}$ ترکیبی Cu_2S	فلاکس‌زنی فلاکس‌زنی	کنترل در مواد شارژ فلاکس‌های حاوی سیلیس، براکس و بُر
منیزیم	H_2	انحلالی $[H]_{(Mg)}$	گاززدایی	مانند آلومینیوم از ازت بیشتر و کلر کمتر استفاده می‌شود.
	O_2	ترکیبی $<MgO>$ ترکیبی (Mg_3N_2)	آخال‌زدایی آخال‌زدایی	مواد کلروره، کلرور 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. به‌عنوان مثال، کُلُر یکی از گازهای فعال در ارتباط با آلومینیوم می‌باشد. این گاز هنگامی که وارد مذاب می‌شود واکنش ۲را با آلومینیوم مذاب ایجاد می‌کند.

$$2Al + 3Cl_2 \rightleftarrows 2AlCl_3 \qquad (2)$$

آلومینیوم کلرید ($AlCl_3$) در درجه حرارت محیط، به صورت جامد است ولی در درجهٔ 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 به‌جای استفادهٔ مستقیم از گازهای فعال ترکیبات آنها را به‌کار برد.

این ترکیبات، معمولاً به‌صورت 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.

فعالیت کارگاهی

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 سرباره گیری 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 به‌دلیل 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 به‌صورت عرضی از مقطع برش دهید و دو مقطع را با یکدیگر مقایسه کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

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

آخال[1] و آخال زدایی

آخال به کلیه ناخالصی‌های ترکیبی فلزی و غیرفلزی گفته می‌شود که در فلز مذاب به وجود می آیند. آخال‌ها، شامل مجموعه اکسیدهـای ساده، سولفیدهـا، نیتریدهـا و کلرورهـا یا ترکیبات مختلف‌آنها هستند. آخال، روی خواص مکانیکی، متالورژیکی، فیزیکی و ریخته‌گری فلزّات تأثیر مهمی دارد.

انواع آخال‌ها

در یک تقسیم‌بندی، اصولاً دو گروه آخال وجود دارد:

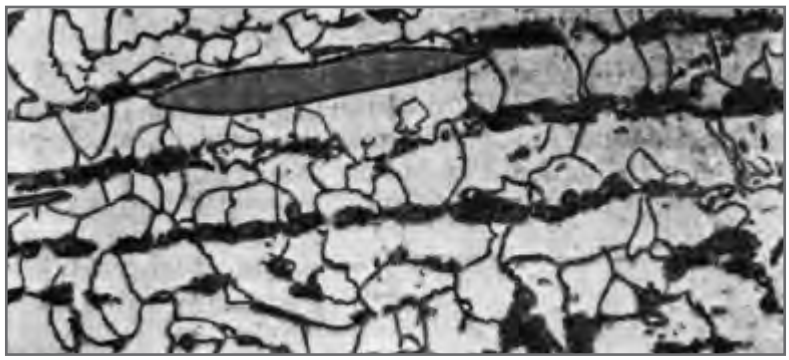
الف) آخال‌هایی که درنتیجهٔ عوامل خارجی موجود به‌وجود آمده و وارد مذاب می‌شوند. مانند: سرباره‌ها، ذرات مواد قالب و مواد نسوز در بیشتر حالات، این آخال‌ها ماکروسکوپی هستند و با چشم غیرمسلح قابل رؤیت هستند (شکل ۶). این نوع آخال، هم در سطح و هم در مقطع شکست قطعه‌ها مشاهده شده است.



شکل ۶ـ نمونه از قطعهٔ با عیوب آخال و مک‌های میکروسکوپی

ب) آخال‌هایی که دراثر واکنش‌های شیمیایی در داخل مذاب به‌وجود می آیند: این آخال‌ها شامل سولفیدها، نیتریدها، 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 می باشند. شکل ۷ پخش آخال‌ها را در مرز دانه‌های میکروسکوپی نشان می‌دهد.



شکل ۷ـ آخال‌های سولفیدی در فولاد ۰/۲۵٪ کربن اچ شده در محلول نیتال ۲٪ بزرگنمایی ۵۰۰

اکسیداسیون و اکسیدها

به طورکلی، هیچ فلز یا آلیاژ صنعتی در برابر گازهای اکسیدکننده، به‌ویژه اکسیژن، مقاوم نیست. از این‌رو، از اکسیدها عموماً به عنوان مهم‌ترین آخال در کلیه آلیاژهای صنعتی نام برده می‌شود. واکنش‌پذیری 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 مقایسهٔ ساده بین آهن و آلومینیوم، می‌توان ملاحظه کرد که آلومینیوم اگرچه میل ترکیب شدیدتری

۱- Inclusion

با اکسیژن دارد اما به دلیل ایجاد قشر اکسید غیرمتخلخل در سطح، از نفوذ اکسیژن به قسمت‌های داخلی جلوگیری می‌کند و درنتیجه اکسیداسیون متوقف یا کاهش می‌یابد. درحالی که در مورد آهن، علی رغم اینکه میل ترکیب کمتری با اکسیژن دارد به دلیل تخلخل زیاد در قشر اکسید شده، به‌سرعت 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 درصورت خارج نشدن از مذاب، به‌صورت آخال در قطعه باقی می‌ماند.

منابع ایجاد آخال و پیشگیری از آن

ـ **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.

ـ **اندازهٔ مواد شارژ (بار):** مواد باریز و سطح اکسایش زیاد در افزایش آخال‌ها مؤثر است. براده‌های برگشتی از عملیات ماشین‌کاری موجب افزایش اکسیدها در قطعه‌ها می‌شوند.

ـ **ترتیب باردهی:** نحوه و ترتیب افزودن مواد مختلف به کوره در مقدار آخال مؤثر است. معمولاً موادی که میزان اکسیداسیون زیادتری دارند، درصورت امکان از همان ابتدا شارژ نمی‌شوند.

ـ **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.

ـ **محیط اطراف کوره:** محیط اطراف کوره می‌تواند اکسیدی، خنثی یا احیایی باشد که انتخاب هرکدام از آنها در مقدار آخال تأثیر می‌گذارد.

ـ **درجه حرارت ذوب:** با افزایش درجهٔ حرارت فوق ذوب، مقدار آخال‌ها عموماً افزایش می‌یابد.

ـ **زمان نگهداری مذاب:** زمان نگهداری مذاب نیز تأثیری همانند درجه حرارت دارد.

ـ **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 ذرّات بوته و آجرنسوز به داخل مذاب ضروری است.

ـ **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 خورده شدن آهن توسط آلومینیوم می‌شود و آخال‌های میکروسکوپی ایجاد می‌کند.

ـ **بارریزی:** نحوهٔ بارریزی به جهت تماس با محیط اطراف، در مقدار آخال تأثیر دارد.

ـ **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.

ـ **سیستم راهگاهی:** اجتناب از ایجاد گوشه‌های تیز برای کاهش آخال ضروری است.

از طرف دیگر، سیستم راهگاهی باید به‌گونه‌ای 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.

ـ 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 مجموعهٔ عملیاتی گفته می‌شود که به‌منظور جلوگیری و حذف یا کاهش اثرات نامطلوب آخال‌ها (ذرات اکسیدی، نیتروژن و کربورها) به‌کار می‌رود.

برای آخال‌زدایی از فلاکس[1] استفاده می‌شود. فلاکس‌ها ترکیبات متنوع و متعددی هستند که برای جلوگیری از اکسیدشدن، یا برای احیاکردن و یا به‌منظور جداکردن آخال‌ها از مذاب استفاده می‌شوند. فلاکس‌های مهم که معمولاً برای آخال‌زدایی مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارت‌اند از:

۱ فلاکس‌های پوششی[2]: این فلاکس‌ها به منظور به وجود آوردن سدی در برابر نفوذ اکسیژن به داخل مذاب طرّاحی شده‌اند. این فلاکس‌ها عموماً ممکن است به‌صورت جامد و خشک و یا به صورت مذاب در سطح فلز مذاب ظاهر گردند. بعضی از فلاکس‌های پوششی می‌تواند در ایجاد سربارهٔ مناسب مؤثر باشد. عموماً سرباره به دلیل آغشتگی که به مذاب دارد، به‌راحتی 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 ـ الف) نوعی سرباره قبل از عملکرد فلاکس و (شکل ۸ ـ 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.



الف) قبل از فلاکس‌زنی ب) بعد از فلاکس‌زنی

شکل ۸ ـ سربارهٔ آلومینیوم

۲ فلاکس‌های تمیزکننده[3]: فلاکس‌های تمیزکننده به منظور جداسازی ذرات آخال معلق و خارج کردن آنها از مذاب به‌کار 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.

۱- Flaxes ۲- Cover Flaxes ۳- Cleaning Flaxes

آخال در مذاب به سه حالت می‌تواند وجود داشته باشد:
ـ به سرباره بیاید.
ـ در مذاب، به صورت شناور باقی بماند.
ـ 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 ـ 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	$CuCl_2$ CuO	۳/۰۵ ۵/۶
Al	۲/۳	Al_2O_3 $AlCl_3$ سرباره‌های اسیدی	۴ ۱/۵۲ ۱/۸
Fe	۶/۹	FeO Fe_2O_3 Fe_3O_4 $FeCl_2$ $FeCl_3$ سرباره آهنی	۵/۱ ۲/۵۲ ۲/۸۰ ۳ـ۴/۲
Mg	۱/۵	MgO $MgCl_2$	۳/۶ ۲/۳
Zn	۶/۵	ZnS $ZnCl_2$ ZnO	۳/۹ ۲/۷۵ ۵/۶
		خاک نسوز و SiO_2	۲

ب) کاهش آغشتگی به مذاب: آغشتگی آخال به مذاب، موجب کاهش سرعت خروج آخال از مذاب می‌شود. بنابراین استفاده از فلاکس‌هایی که بتواند این آغشتگی را کاهش دهد، موجب تسهیل در خروج آخال از مذاب می‌شود. بعضی از فلاکس‌ها می‌توانند در فصل مشترک مذاب و آخال لایه‌ای از فیلم نازک ایجاد کنند و درنتیجه آغشتگی آخال به مذاب را کاهش دهند. استفاده از برخی گازها (مانند آنچه در مورد گاززدایی گفته شد) می‌تواند یک لایه نازک هوا بین آخال و مذاب ایجاد کند که علاوه بر کاهش وزن مخصوص، آغشتگی به مذاب را نیز، کاهش می‌دهد.
ج) افزایش نقطه گداز: برخی از آخال‌ها در شرایط ذوب به‌صورت مذاب هستند لذا جدا کردن آنها از مذاب با تلف شدن مذاب همراه است. دراین حالت از موادی که بتواند با افزایش نقطهٔ ذوب، آخال سرباره‌گیری را آسان کند استفاده می‌شود.

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 اکسیژن‌زدایی، می‌توان به عنوان مهم‌ترین فرآیند در این روش نام برد.

مثال: $۳[FeO]_{(Fe)} + ۲Al \rightarrow <Al_۲O_۳> + ۳(Fe)$

که در آن مذاب آهن با آلومینیوم اکسیژن‌زدایی می‌شود.

$<Al_۲O_۳>_{(Al)} + ۳Be \rightarrow ۳<BeO> + ۲(Al)$

که در آن مذاب آلومینیوم با برلیم اکسیژن زدایی می‌شود.

$۵ <CuO>_{(Cu)} + ۲P \rightarrow \{P_۲O_۵\} + ۵(Cu)$

که در آن مذاب مس با فسفر اکسیژن‌زدایی می‌شود.

مهم‌ترین شرایط برای اکسیژن‌زدایی عبارت‌اند از:

۱ عنصر اضافه شده برای اکسیژن‌زدایی 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.

فعالیت کارگاهی

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 به‌صورت پودری شکل و مشکی رنگ است.
۴ با استفاده از سرباره‌گیر سرباره‌ها را جمع کنید و در گوشه‌ای تخلیه کنید. ذوب آماده بارریزی است.

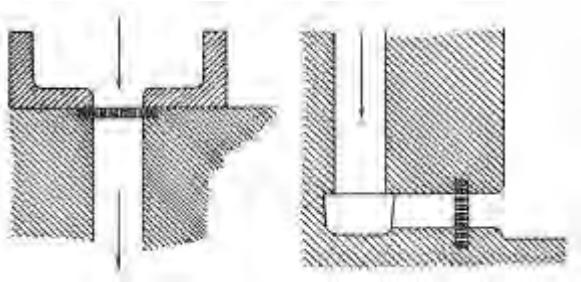
نکات ایمنی و حفاظتی

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

عملیات فیلتر کردن مذاب

حذف کامل آخال‌ها، به وسیلهٔ عملیّات 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 عملیّات فیلتر کردن مذاب استفاده می‌شود. عملیات فیلتر کردن می‌تواند در پاتیل و یا حتی سیستم راهگاهی انجام شود. در این عملیات مذاب از داخل فیلترهای خاصّی عبور می‌کند و درنتیجه آخال‌های ریز و درشت در لابه‌لای ذرّات فیلترگیر می‌کنند و مذاب صاف و بدون آخال به دست می‌آید.

شکل ۹ روش‌های فیلتر کردن را برای آلومینیوم نشان می‌دهد.



شکل ۹ـ شماتیک روش‌های فیلتر کردن برای آلومینیوم در سیستم راهگاهی

تلقیح (جوانه‌زایی)

اضافه‌کردن بعضی از عناصر به مذاب در مقادیر جزئی می‌تواند موجب بهبود خواص ریخته‌گری، مکانیکی و فیزیکی قطعات ریختگی گردد. این عناصر در آخرین لحظات تهیه مذاب و معمولاً قبل از ریختن فلز مذاب به داخل قالب اضافه می‌شوند.

اضافه‌کردن این عناصر به مقدار جزئی به آلیاژهای آلومینیوم ـ منیزیم موجب ریزشدن دانه‌ها شده و همچنین در چدن‌های خاکستری باعث کمک به ایجاد گرافیت آزاد می‌گردد.

برای مثال اضافه‌کردن کمتر از ۰/۲ درصد تیتانیم یا ۰/۰۲ درصد بُر به آلومینیوم می‌تواند اندازه دانه‌های آلومینیوم و آلیاژهای آن‌را از ۲/۵ میلی‌متر به ۰/۱ میلی‌متر تقلیل دهد. همچنین اضافه‌کردن حدود ۰/۰۲ درصد سدیم و یا ۰/۰۳ درصد استرانسیم در آلیاژهای آلومینیوم ـ سیلیسیم می‌تواند اندازه را صدها بار ریزتر نماید.

در مورد چدن‌ها اضافه‌کردن مقدار کمی سیلیسیم به مذاب می‌تواند به ایجاد گرافیت آزاد در چدن کمک کرده و به‌خصوص در قطعات با جداره‌های نازک مانع از سفیدشدن چدن در این ضخامت‌ها گردد.

هم‌چنین اضافه‌کردن مقدار جزئی منیزیم (حدود ۰/۰۵ درصد) به مذابی با ترکیب شیمیایی چدن خاکستری می‌توان گرافیت‌های ورقه‌ای را به‌صورت 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:

ـ **دیرگدازی:** نقطه‌ی ذوب جوانه‌زا باید بالاتر از درجه‌ی حرارت مذاب باشد تا در شرایط معمولی در فلز مذاب ذوب نشود.

ـ **قابلیت آغشتگی به مذاب:** مواد جوانه‌زا باید قابلیت آغشتگی به مذاب را داشته باشد تا بتواند به‌عنوان هسته عمل نماید.

ـ **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، درصورتی که جوانه‌زایی قبل از عملیات گاززدایی و آخال‌زدایی انجام شود، در این صورت، عملیات فوق

باعث حذف جوانه‌زاها می‌شود. معمولاً جوانه‌زاها 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[۱]): درجهٔ حرارت و زمان، عواملی اساسی در بازدهی جوانه‌زایی محسوب می‌گردد. درصورتی 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 ـ مشخصات اصلی مواد جوانه‌زا

ترکیب احتمالی حاصل	تأثیر بر ریزساختار	درصد وزنی	ریزکننده (جوانه‌زا)	آلیاژ(ترکیب‌شیمیایی)
$ZrAl_3$, $ZrMn_2$	ریزدانه کردن و جلوگیری از رشد دانه‌های درشت	Zr ٪۰/۷-۰/۲	زیرکونیوم (Zr)	Mg-۹Al-۱Zn
Mg_2C_3, CaC_2	جوانه‌زایی غیرمستقیم از طریق تشکیل کاربیدها	C ٪۰/۳-۰/۱ + Ca ٪۰/۱۵-۰/۰۵	کربن (C) + کلسیم (Ca)	Mg-۶Al-۰/۳Mn
CuZr, Cu_5Zr	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	Ti ٪۰/۱-۰/۰۱ + B ٪۰/۰۲-۰/۰۰۵	تیتانیوم (Ti) + بور (B)	Al-۷Si-۰/۳Mg
Al_4Sr, Al_2Si_2Sr	اصلاح ساختار یوتکتیک سیلیسیم	Sr ٪۰/۰۵-۰/۰۱	استرانسیوم (Sr)	Al-۱Mg-۰/۶Si
TiB_2, $TiAl_3$	ریزدانه کردن در آلیاژهای پراستحکام	Ti ٪۰/۱-۰/۰۲ + B ٪۰/۰۳-۰/۰۱	تیتانیوم (Ti) + بور (B)	Al-۵/۵Zn-۲/۵Mg-۱/۵Cu
فازهای غنی از Cr و $FeAl_3$	ریز کردن دانه‌ها	Fe ٪۰/۵-۰/۲ + Cr ٪۰/۳-۰/۱	آهن (Fe) + کروم (Cr)	Cu-۳۰Zn
CuZr, Cu_5Zr	ریز کردن دانه‌ها	Zr ٪۰/۲۵-۰/۱	زیرکونیوم (Zr)	Cu-۱۰Sn
$CaSi_2$, FeSi	جوانه‌زایی گرافیت ورقه‌ای	CaSi ٪۰/۳-۰/۱۵ (معادل Ca ٪۰/۱-۰/۰۵)	سیلیسیم‌کلسیم (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-۳/۲C-۱/۸Si-۰/۸Mn)
Fe_3C, Fe_2B	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_2O_3	تشکیل گرافیت کروی	Mg ٪۰/۰۶-۰/۰۳ + Ce ٪۰/۰۳-۰/۰۱	منیزیم (Mg) + سریم (Ce)	چدن داکتیل (Fe-۳C-۲Si-۰/۰۵Mg)
Cr_7C_3, Mo_2C	جلوگیری از تشکیل گرافیت و تشکیل سمنتیت	Cr ٪۱/۵-۱ + Mo ٪۰/۶-۰/۳	کروم (Cr) + مولیبدن (Mo)	چدن سفید (Fe-۳C-۰/۵Si-۱Cr)
TiN, TiC	ریزدانه کردن	Ti ٪۰/۰۸-۰/۰۲ + N ٪۰/۰۱-۰/۰۰۵	تیتانیوم (Ti) + نیتروژن (N)	فولاد (Fe-۰/۲C)
Al_2O_3, AlN	کنترل رشد دانه	Al ٪۰/۰۸-۰/۰۳	آلومینیوم (Al)	فولاد (Fe-۱۸Cr-۸Ni)

۱- Fadding Time

۳ **اندازهٔ جوانه‌زاها:** اندازهٔ جوانه‌زاها باید مناسب انتخاب شود. چنانچه اندازهٔ ذرات جوانه‌زا خیلی بزرگ باشد، باعث غیریکنواختی در قطعات ریختگی می‌شود و خواص قطعهٔ ریختگی را کاهش می‌دهد و برعکس، درصورتی که جوانه‌زاها خیلی ریز باشند ممکن است در مذاب حل شده، راندمان جوانه‌زایی کاهش یابد.
براساس تجربه اندازهٔ جوانه‌زای مناسب برای آلیاژهای مختلف به‌دست می‌آید.
۴ **پخش یکنواخت:** پخش یکنواخت جوانه‌زاها در مذاب، اهمیت زیادی در بهبود کیفیت قطعات ریختگی دارد.
۵ **مقدار جوانه‌زا:** مقدار جوانه‌زا باید حد معیّنی داشته باشد. چنانچه مقدار جوانه‌زا کم باشد ریزدانگی به‌دست نمی‌آید. همچنین درصورتی که تعداد جوانه‌زاها خیلی زیاد باشد، به‌دلیل حذف اثرات یکدیگر امکان درشت‌دانگی وجود دارد.

مزایا و عیوب 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 تمام کاری 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.

فعالیت کارگاهی

عملیات تلقیح جوانه زا 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 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 جوانه زا را درون فلانچر قرار داده و کمی پیشگرم کنید و سپس به درون مذاب برده و در انتهای بوته نگهداری کنید.
۳ برای مدت زمان حداقل ۲ الی ۳ دقیقه فلانچر را در انتهای بوته 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

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

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 برروی مذاب انجام دهید.

استاندارد عملکرد: تهیه و آماده‌سازی مذاب آلومینیوم و جوانه‌زایی مذاب
شاخص‌ها:
۱ـ کیفیت شارژ افزودنی ۲ـ بررسی کوره ذوب ۳ـ ذوب آلیاژ

شرایط انجام کار:
۱ـ محیط کارگاهی ۲ـ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
۳ـ تهویه استاندارد و دمای $۲۰^{\circ}C \pm ۳$ ۴ـ اندازه‌ها براساس استاندارد
۵ـ وسایل ایمنی استاندارد ۶ـ ابزار و تجهیزات استاندارد
ابزار و تجهیزات: شمش آلومینیوم، بوته، 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 بوته و روشن نمودن کوره	۱	
۲	خارج کردن بوته 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:* ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳ـ تمیز کردن محیط کوره‌دان و محیط کارگاه ۴ـ 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 سرباره‌گیری 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

ـ مذاب آماده شده در کوره به چه طریقی به خط تولید انتقال داده می‌شود؟
ـ ظرف مورد نیاز برای انتقال مذاب باید چه خصوصیاتی داشته باشد؟
ـ جابه‌جایی بوته با پاتیل حاوی مذاب جهت ذوب‌ریزی چگونه انجام می‌شود؟

تجهیزات انتقال مذاب

بوته‌ها: بوته‌ها ظرف‌هایی هستند (شکل۱) که از گرافیت یا کاربیدسیلیسیم ساخته می‌شوند از بوته برای عملیات ذوب و ذوب‌ریزی استفاده می‌شود. بوته‌های ذوب را داخل کورهٔ 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 نچسبیدن 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. اندازهٔ بوته بر حسب مقدار چدنی که داخل آن می‌توان ذوب نمود سنجیده می‌شود. برای مثال با بوتهٔ نمره ۶۰ می‌توان ۶۰ کیلوگرم چدن را ذوب نمود. بوته‌هایی که بیشترین کاربرد را دارند، بوته‌های نمرهٔ 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 جدارهٔ فولادی پوشش داده شده با مواد نسوز تشکیل شده‌اند.

به طور کلی سه نوع از پاتیل‌ها نسبت به بقیهٔ آنها کاربرد بیشتری دارند، که عبارت‌اند از پاتیل سرریز، پاتیل قوری شکل و پاتیل کفریز.



شکل ۲

۱ پاتیل سرریز

در این دسته از پاتیل‌ها (شکل ۲) فلز مذاب از قسمت لبهٔ بالایی پاتیل تخلیه می‌شود و جریان و حجم مذاب خروجی با استفاده از اهرم (فرمان) متصل به پاتیل کنترل می‌شود. از آنجایی‌که محل تجمع سرباره‌ها در سطح فلز مذاب است، لذا به منظور جلوگیری از ورود سرباره‌ها (شلاکه) به محفظهٔ 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 محفظهٔ قالب است.

۲ پاتیل قوری شکل: در این نوع پاتیل (شکل ۳) با تعبیه یک دیوارهٔ نسوز داخل آن از ورود مذاب و شلاکهٔ سطحی به محفظهٔ 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 محدودهٔ معین پایین‌تر باشد یا ذوب در پاتیل اضافه بیاید، برای برگرداندن مذاب آن به کوره می‌توان از لبهٔ دیگر پاتیل برای تسریع در تخلیهٔ مذاب استفاده نمود.



شکل ۳



شکل ۴

۳ پاتیل کف ریز: همان‌گونه که از نام این پاتیل مشخص است، تخلیهٔ آن از دریچهٔ قسمت پایین انجام می‌شود. (شکل۴) دریچهٔ مذکور توسط میله‌ای که از مواد نسوز پوشش داده شده، به کمک اهرم بیرون پاتیل باز و بسته می‌شود. بنابراین مذاب خروجی از این دریچه عاری از سرباره و سایر مواد غیر فلزی مانند اکسیدهاست.

از محدودیت‌های این پاتیل‌ها می‌توان به این نکته اشاره نمود که با توجه به اینکه نیروی وزن مذاب در سرعت و شدت جریان خروجی مذاب از دریچهٔ پایین پاتیل زیاد تأثیر می‌گذارد، کنترل میزان سرعت جریان مذاب، در ابتدا که پاتیل پر و در انتها که پاتیل خالی از مذاب است، مشکل می‌گردد.

همچنین این پاتیل‌ها در صورتی قابلیت استفاده مجدد دارند که دریچه و پوشش نسوز میلهٔ بند آورنده جریان مذاب در هر بار استفاده تعویض شود. در نتیجه برای ادامهٔ 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 صورتِ بدون‌درز آجر چینی نمود تا از نفوذ مذاب به جدارهٔ بین آجرها جلوگیری شود.

در صورتی‌که از خاک نسوز به صورت ملات استفاده شود می‌توان جدارهٔ 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 آنجایی‌که در اثر حرارت و انبساط پوشش نسوز، ترک‌های ریزی در دیوارهٔ نسوز پاتیل ایجاد می‌شود، لازم است از ترکیباتی شامل گرافیت و خاک نسوز بر روی مواد نسوز دیوارهٔ پاتیل استفاده شود. در ریخته‌گریِ آلیاژهای آهنی، مخصوصاً چدن‌ریزی، از آجرهای نسوز سیلیسی یا مخلوط ماسهٔ 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 آنجایی‌که 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 مادهٔ نسوز تعیین می‌شود.

ابزارآلات 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).



شکل ۶

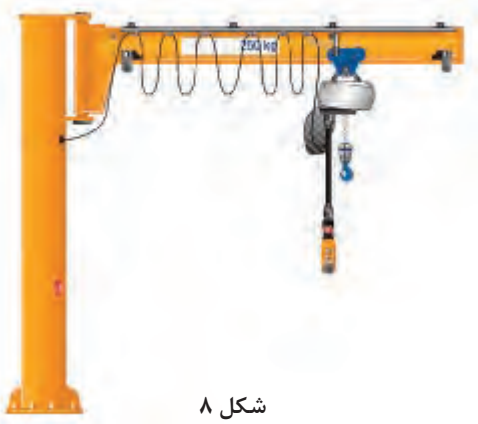
۲ جرثقیل دروازه‌ای

برای جابه‌جایی بوته یا پاتیل مذاب یا تجهیزات دیگر، این جرثقیل در ظرفیت‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد و از دو پایهٔ نگهدارنده و تیرک عمود بر دو پایه تشکیل شده و بر روی تیرک در حرکت است (شکل ۷).

۳ جرثقیل ستونی: برای جابه جایی 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 ۷



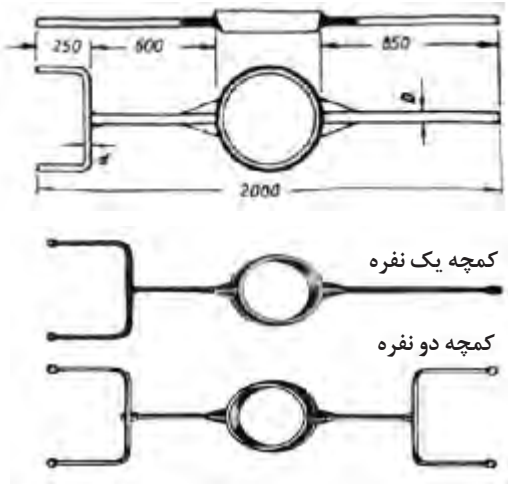
شکل ۸

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 ۹

۵ کمچه: برای حمل بوته و پاتیل‌های کوچک از کمچه استفاده می‌شود. همچنین برای پاتیل‌های بزرگ از کمچه، به منزلهٔ «فرمان»، می‌توان استفاده کرد. کمچه دراندازه‌های مختلف وجود دارد و جنس آن فولادی است (شکل ۱۰).



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).



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 به‌کار می‌رود (شکل ۱۲).



شکل ۱۲ــ دو نوع ملاقه

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).



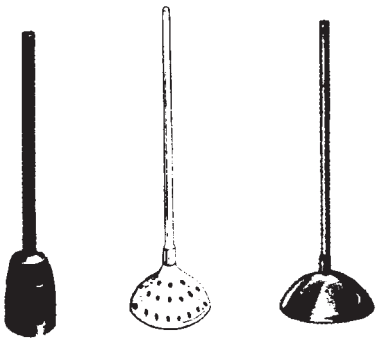
شکل ۱۳ــ انبر

کف‌گیر و سرباره‌گیر: برای سرباره‌گیری فلزات غیرآهنی از کف‌گیر استفاده می‌شود. جنس آن فولادی است و از یک صفحهٔ سوراخ‌دار و دسته بلند تشکیل شده است. برای سرباره‌گیری فلزات آهنی از وسیله‌ای به نام سرباره‌گیر استفاده می‌شود جنس آن نیز فولادی است و نوع دسته بلند آن در کوره دوار کاربرد دارد (شکل ۱۴).



شکل ۱۴ـ کف‌گیر و سرباره‌گیر

کلاهک خوراک‌دهنده: وسیله‌ای برای وارد کردن مواد گازدار، سربازه‌زا 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 غیرآهنی و از نوع گرافیتی آن برای آلیاژهای آهنی استفاده می‌شود.



شکل ۱۵ـ کلاهک خوراک‌دهنده

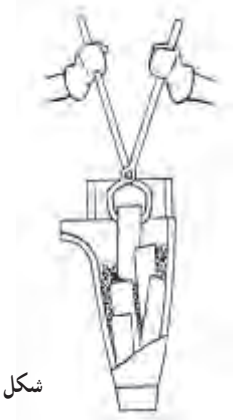
مراحل انجام شارژ و ذوب‌ریزی

مرحله ۱: شارژ کردن (بارآرایی)

مواد لازم جهت ذوب را انتخاب کنید.

ـ قطعات برگشتی را در ته بوته و شمش‌ها را به‌طور عمودی روی آنها قرار دهید (شکل ۱۶).

ـ بوته را با انبر طوق بگیرید و در داخل کوره قرار دهید. دقت کنید در صورت استفادهٔ نادرست از انبر طوق، به بوته آسیب وارد می‌شود (شکل ۱۷).



شکل ۱۶

تذکر

از انداختن قطعات سنگین در بوته خودداری شود و قبل از شارژ، بوته را پیش‌گرم کنید.





روش صحیح



روش غلط

شکل ۱۷ـ نحوه گرفتن بوته با انبر طوق

مرحله ۲: روشن کردن کوره

ـ شیر سوخت را باز کنید.
ـ پس از رسیدن سوخت به درون کوره آن را مشتعل کنید.
ـ دستگاه ونتیلاتور را روشن کنید. در این حالت دریچه هوای دستگاه باید کم باز باشد تا هوای کمتری وارد کوره شود.
ـ با گرم شدن تدریجی کوره، مقدار سوخت و هوا را اضافه کنید تا شعله تنظیم شود (شکل ۱۸).

توجه

در کوره‌های گازی عمل روشن کردن کوره با بازنمودن شیر گاز و زدن کلید برق انجام می‌شود.

مرحله ۳: اضافه کردن مواد شارژ

ـ پس از ذوب مواد شارژ اولیه، در صورت نیاز مواد شارژ را اضافه کنید (شکل۱۹).

توجه

موادی که به مذاب اضافه می‌کنید باید عاری از رطوبت باشد.



شکل ۱۸





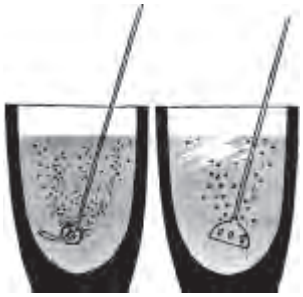
شکل ۱۹

مرحله ۴: خاموش کردن کوره

ـ پس از رسیدن به دمای فوق ذوب شیر سوخت را ببندید تا شعله کم شود.
ـ دستگاه ونتیلاتور را خاموش کنید.

توجه

در کوره‌های گازی عمل خاموش کردن کوره با قطع کلید برق و بستن شیر گاز انجام می‌شود.



شکل ۲۰

مرحله ۵: گاززدایی

کلاهک خوراک‌دهنده را پیشگرم کنید.

ـ مواد گاززدا را در داخل کلاهک خوراک‌دهنده قرار دهید.

ـ 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.

مرحلهٔ ۶: سرباره‌گیری

کلاهک خوراک‌دهنده را پیشگرم کنید.

ـ مواد سرباره‌گیر را داخل کلاهک خوراک‌دهنده قرار دهید.

ـ کلاهک خوراک‌دهنده را وارد مذاب کنید.

ـ پس از جمع شدن ناخالصی‌ها در سطح مذاب به کمک کف‌گیر یا سرباره‌گیر ناخالصی‌ها را از مذاب خارج کنید (شکل ۲۱).

مرحلهٔ ۷: افزودن مواد افزودنی لازم به مذاب

ـ پس از گاززدایی و سرباره‌گیری قبل از بارریزی، در صورت نیاز، مواد افزودنی جهت اصلاح ساختار به مذاب اضافه کنید.

مرحلهٔ ۸: حمل و بارریزی

ـ پس از آماده شدن مذاب، آن را به‌وسیله بوته و کمچه یا ملاقه بارریزی کنید (شکل ۲۲).





شکل ۲۱



شکل ۲۲

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.

نحوهٔ خشک کردن پاتیل‌ها، بعد از خشک کردن مقدماتی در هوا، به این صورت است که ابتدا با شعلهٔ 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 محدودهٔ ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ درجهٔ سلسیوس برسد تا بر اثر انتقال مذاب از کوره به پاتیل افت دما، خیلی زیاد نباشد. هر چه درجهٔ حرارت پاتیل زیادتر شود، افت درجهٔ 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 سریع تر به دمای مذاب نزدیک شود. علت دیگر پیش‌گرم کردن پاتیل‌های خشک شده قبل از ذوب ریزی در داخل آنها، جلوگیری از شوک حرارتی به نسوز پاتیل است که در افزایش طول عمر نسوز پاتیل بسیار مؤثر است.

ابزارآلات 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 درِ 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 ۲۳



شکل ۲۴

به‌دلیل 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 وگاه این خطرات جبران‌ناپذیر هستند. درنتیجه رعایت نکات ایمنی الزامی است، در اینجا به تعدادی از آنها اشاره می‌شود:

ـ استفاده از لباس ایمنی (پیش‌بند، ساق‌بند، کفش ایمنی، دستکش، ماسک، عینک و کلاه ایمنی) ضروری است (شکل ۲۵).





شکل ۲۵ـ لباس نسوز و لوازم ایمنی

ـ عدم استقرار مواد سوختی (گازوئیل، بنزین و کپسول گاز) در این بخش.

ـ تجهیز قسمت ذوب به کپسول‌های آتش‌نشانی و سیستم اطفای حریق به‌گونه‌ای که دسترسی به آنها آسان باشد و به‌طور مستمر از سالم بودن آنها اطمینان حاصل شود (شکل ۲۶).

ـ قبل از استفاده از بوته، آن را مورد بازرسی و کنترل قرار دهید و مطمئن شوید که تَرَک خوردگی ندارد.

ـ هنگام شارژ مجدد، مواد شارژ پیشگرم شود تا رطوبت، چربی و رنگ احتمالی موجود در آنها نیز برطرف گردد.

ـ هنگام شارژ اشیای دربسته و توخالی، درب آنها باز شود تا در موقع ذوب کردن، از انفجار جلوگیری به‌عمل آید.

ـ 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 ۲۶ـ کپسول دیواری



شکل ۲۷

ـ قبل از استفاده از وسایلی که باید وارد مذاب شوند، مانند ملاقه، کف‌گیر، کلاهک خوراک‌دهنده، سرباره‌گیر و هم‌زن باید آنها را کاملاً پیشگرم کرد.
ـ 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.
ـ قبل از حمل مذاب، مسیر حرکت مشخص و بررسی شود که مانعی در مسیر حرکت وجود نداشته باشد.
ـ 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

ـ از انداختن قطعات مرطوب به داخل بوته حاوی مذاب خودداری شود.
ـ 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).

فعالیت کارگاهی

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

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

فعالیت کارگاهی

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 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

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

ارزشیابی واحد یادگیری ۱ : ذوب‌گیری از کوره و شلاکه‌گیری ذوب پاتیل

شرح کار:
پس از آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری، مدل سندان کفاشی را قالب‌گیری کنید و سپس ذوب آلومینیوم را آماده کرده و در قالب ریخته‌گری کنید.

استاندارد عملکرد: قالب‌گیری مدل چند تکه توسط مخلوط ماسه تر

شاخص‌ها:

۱ـ آماده‌سازی مخلوط ماسه تر
۲ـ قالب‌گیری مدل چند تکه
۳ـ آماده‌سازی مذاب
۳ـ ریخته‌گری قالب

شرایط انجام کار:

۱ـ محیط کارگاهی
۲ـ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
۳ـ تهویه استاندارد و دمای $۲۰^{\circ}C \pm ۳$
۴ـ اندازه‌ها براساس استاندارد
۵ـ وسایل ایمنی استاندارد
۶ـ ابزار و تجهیزات استاندارد

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب بنتونیت، آب‌پاش، بیل ریخته‌گری، سرند، سرند برقی، مدل سندان کفاشی، پودر جدایش، درجه، زیر درجه، کوبه و سایر وسایل و تجهیزات قالب‌گیری و ریخته‌گری، شمش آلومینیوم، بوته، کمچه، انبر طوق، کوره زمینی، کاورال، سرباره‌گیر

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی اولیه کوره ذوب	۱	
۲	شارژ بوته و روشن کردن کوره	۱	
۳	خارج کردن مذاب از کوره و سرباره‌گیری	۲	
۴	ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:* ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳ـ تمیز کردن محیط کوره‌دان و محیط کارگاه ۴ـ 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.

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 به‌صورت 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

ـ آیا صرف ریختن فلز مذاب به داخل محفظه قالب، می‌توان از تولید قطعه سالم ریختگی مطمئن بود؟
ـ چه راهکارهایی برای جبران انقباض حین انجماد و تولید قطعه سالم وجود دارد.
ـ تغذیه‌گذاری در ریخته‌گری عملی است برای جبران تغییرات حجمی فلز در حالت مایع و ضمن انجماد به‌منظور تولید قطعات ریختگی عاری از عیب‌های انقباضی

همان‌گونه که قبلاً در بحث انجماد گفته شد مذاب پس از آن‌که درون قالب ریخته می‌شود در خلال سرد شدن در سه حالت مذاب، حین انجماد و جامد منقبض می‌گردد. انقباض در حالت جامد در مدل‌سازی جبران می‌گردد و انقباض در دو حالت مذاب و هنگام انجماد باید به‌وسیله مذاب اضافی جبران شود. در صورتی که این دو انقباض به وسیله مذاب جبران نشود باعث به‌وجود آمدن حفره‌هایی در قطعه ریختگی می‌گردد شکل ۱ چگونگی مراحل انجماد و به‌وجود آمدن حفره در قطعه ریختگی را نشان می‌دهد.



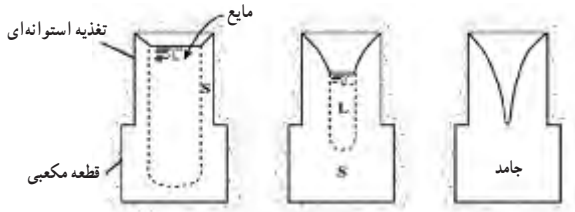
الف) فلز مذاب اولیه پس از بارریزی
ب) جامد شدن پوسته و شکل‌گیری حفرهٔ انقباضی
ج) انقباض داخلی
د) انقباض داخلی همراه با مقعر شدن (تغییر ابعادی)
هـ)سوراخ شدن سطح و ارتباط حفره با محیط اطراف

شکل ۱ـ شماتیک مراحل انقباض یک نمونهٔ مکعبی

عیوب انقباضی ممکن است به‌صورت عیوب انقباضی داخلی (حفره)، انقباض داخلی (حفره) همراه با مقعر شدن و یا سوراخ شدن سطح در قطعات به‌وجود آید. به‌وجود آمدن این عیوب، بستگی به نوع آلیاژ دارد. به‌عنوان مثال، در آلیاژهای با لایهٔ پوستهٔ منجمد شدهٔ ضخیم، عیوب انقباضی (حفره) داخلی به‌وجود می‌آید و تغییر فرم در سطح وجود ندارد.

تغذیه در قطعه‌های ریختگی

به منظور محدود کردن و رفع عیوب ناشی از انقباض در قطعه‌های ریختگی از تغذیه استفاده می‌شود. وظیفهٔ اصلی تغذیه، متمرکز کردن انقباض مذاب و فراهم آوردن امکان مذاب‌رسانی به قسمت‌های در حال انجماد در داخل قالب (قطعهٔ ریخته شده) می‌باشد. در شکل ۲ به‌طور ساده، رفتار یک تغذیهٔ استوانه‌ای که به روی



الف) مراحل اولیهٔ انجماد
ب) در خلال انجماد
ج) خاتمهٔ انجماد

شکل ۲ـ نحوهٔ انجماد قطعهٔ مکعبی از فلز خالص

یک قطعه مکعبی قرار گرفته نشان داده شده است. در این مثال تغذیه و قطعه کلاً در درون قالب ماسه‌ای قرار گرفته‌اند.
همان‌گونه که در شکل ۲ ملاحظه می‌گردد، انقباض در تغذیه، متمرکز می‌شود و بعداً از قطعهٔ تمام شده جدا می‌گردد.

قبل از پرداختن به جزئیات تغذیه، در این قسمت لازم است به منظور آشنایی بیشتر دانش‌آموزان، 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:

ـ آلیاژهای با دامنهٔ انجماد کوتاه (کمتر از $50^{\circ}C$) یا انجماد پوسته‌ای

ـ آلیاژهای با دامنهٔ انجماد متوسط (بین $50^{\circ}C$ تا $110^{\circ}C$) یا انجماد پوسته‌ای ـ خمیری (میانی).

ـ آلیاژهای با دامنه انجماد طولانی (بیشتر از $110^{\circ}C$) یا انجماد خمیری.

ارزش این نوع تقسیم‌بندی از آنجا ناشی می‌شود که روش انجماد در نحوهٔ مذاب‌رسانی به‌وسیله تغذیه و جبران انقباض مذاب بسیار اهمیت دارد، به‌گونه‌ای 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 ۱ـ تقسیم‌بندی فلزات و آلیاژها برحسب طریقهٔ انجماد

انجماد پوسته‌ای[1]	انجماد میانی (پوسته‌ای ـ خمیری)	انجماد خمیری
فلزات خالص	مس ـ برلیوم	آلیاژهای آلومینیوم
فولادهای کم‌کربن	برنز ـ سیلیسیم	(به‌جز آلومینیوم ـ سیلیسیم)
مس‌های تجاری	مس ـ نیکل (۵۰ـ۵۰)	آلیاژهای منیزیم
آلومینیوم تجاری	فولادهای کم‌آلیاژ و کم‌کربن	برنزهای قلع
برنز ـ آلومینیوم	مس ـ قلع با ۱ تا ۲ درصد	برنج قرمز
آلومینیوم ـ سیلیسیم	قلع	آلیاژهای توپ
برنج‌های زرد (تعدادی)		برنزهای سرب‌دار
روی تجاری		نقره نیکل
قلع تجاری		برنج‌های زرد (تعدادی)
برنج سیلیسیم‌دار		فولادهای پرکربن
مس ـ نیکل		برخی از فولادهای آلیاژی
برنز ـ منگنز		

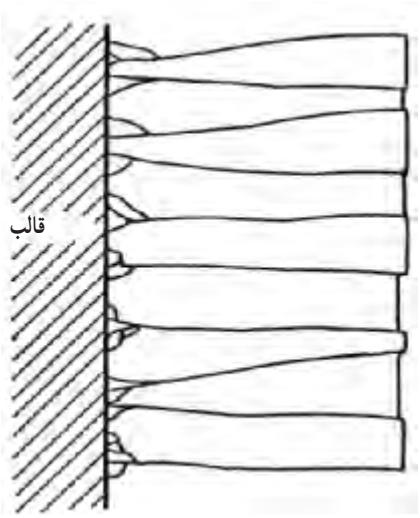
فلزات و آلیاژهای با دامنهٔ انجماد کوتاه (انجماد پوسته‌ای)

این گروه که شامل فلزات خالص و برخی آلیاژها هستند، در جدول ۱ به‌طور خلاصه نشان داده شده‌اند.

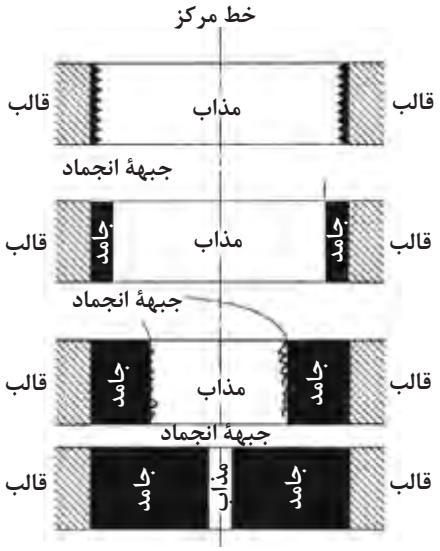
در این آلیاژها، بلافاصله پس از رسیدن درجهٔ حرارت مذاب به نقطهٔ انجماد، انجماد در جدارهٔ قالب آغاز

۱-Skin Freezing

می‌شود. در این حالت، در فصل مشترک قالب و مذاب هسته‌های انجماد شکل گرفته و به‌طرف مرکز قالب ادامه می‌یابد (شکل ۳).
از ویژگی‌های مهم انجماد فلز خالص، این است که معمولاً جبههٔ انجماد در آنها به صورت تقریباً هموار و صاف است، همان‌گونه که در شکل ۴ نشان داده شده است.

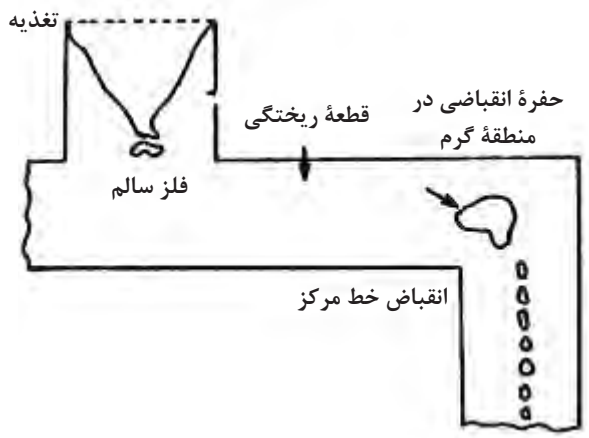


شکل ۳ــ رشد کریستال‌ها در انجماد یک فلز خالص از دیوارهٔ قالب



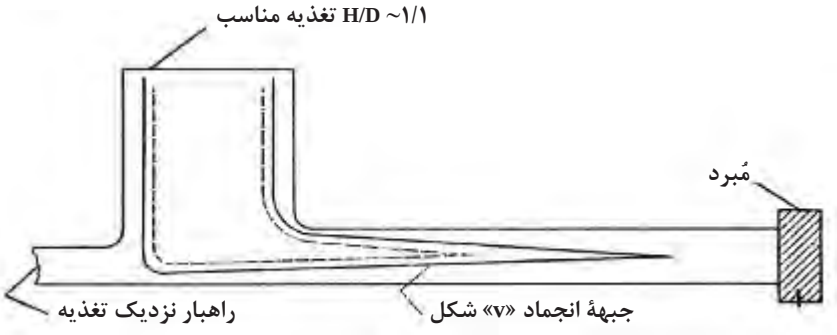
شکل ۴ــ شماتیک مراحل انجماد یک فلز خالص (با دامنهٔ انجماد صفر) انجماد از جدارهٔ قالب آغاز شده و به‌طرف مرکز ادامه یافته و جبههٔ انجماد به شکل صاف و هموار است.

در آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای، ناحیهٔ 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 دامنهٔ انجماد صفر) سطح حفرهٔ انقباضی صاف است و شکل هندسی دارد. اما در مواد با خلوص کمتر (با دامنهٔ انجماد کوتاه) حفرهٔ انقباضی، کمتر شکل منظم هندسی دارد. تصویر حفره‌های انقباضی در شکل ۵ نشان داده شده است.

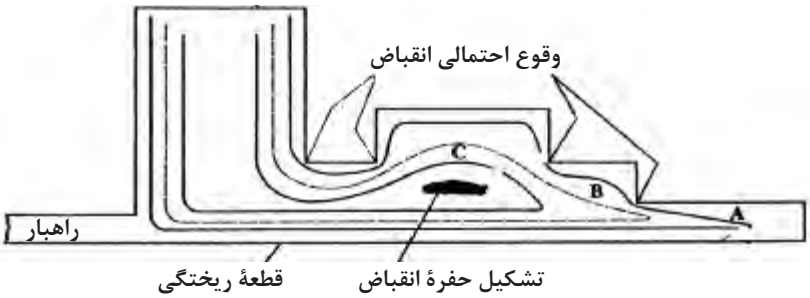


شکل ۵ــ شکل‌های مختلف انقباضی در آلیاژهای با دامنهٔ انجماد کم

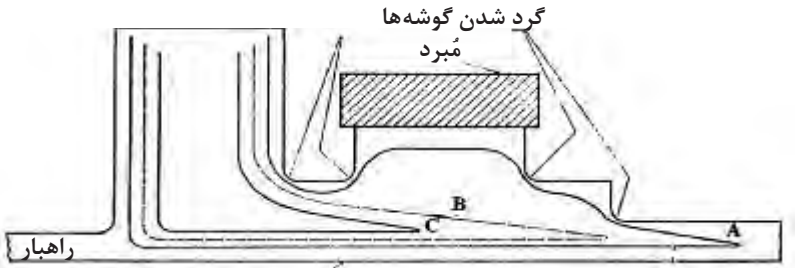
تغذیه‌گذاری در آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای بر این اصل استوار است که همواره مقداری مذاب کافی در مراکز نقاط گرم قطعه به‌عنوان ذخیره وجود داشته باشد. در این آلیاژها در صورت لزوم از موادی برای افزایش سرعت انجماد در نقاط دور از تغذیه استفاده می‌شود که این مواد را مبرد گویند (شکل ۶).
در شکل ۷ در قسمت (C) منطقه گرم را داریم که باعث تشکیل حفره انقباضی می‌شود و در شکل ۸ با استفاده از مبرد این عیب برطرف شده است.



شکل ۶ــ انجماد جهت‌دار در آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای



شکل ۷ــ اثر مراکز گرمایی منطقه‌ای در انقباض آلیاژهای پوسته‌ای



شکل ۸ ــ استفاده از مبرد به منظور محدود کردن مراکز گرمایی منطقه‌ای

فلزات و آلیاژهای با دامنهٔ انجماد طولانی (انجماد خمیری)

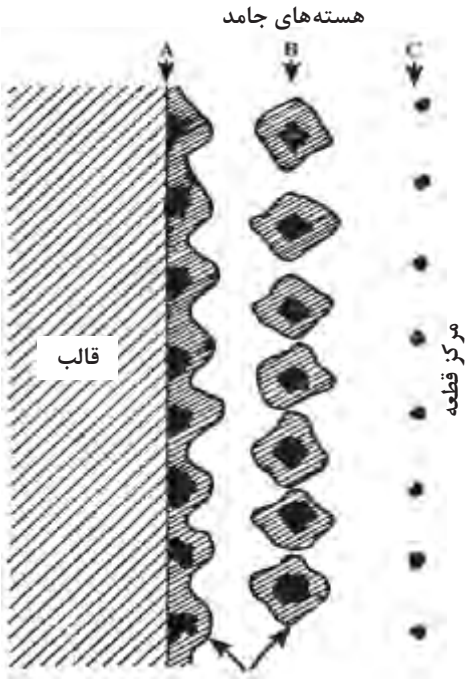
تعداد زیادی از آلیاژهای تجارتی مهم، دارای انجماد خمیری می‌باشند. جدول ۱ نشان می‌دهد که تقریباً بیشتر آلیاژهای سبک و تعدادی از آلیاژهای مس و آهن در این گروه قرار دارند.

هنگامی که این آلیاژها تحت شرایط معمول ریخته‌گری می‌شوند، ابتدا (همانند آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای) انجماد در اطراف جدارهٔ قالب به محض رسیدن درجهٔ حرارت مذاب به نقطهٔ انجماد آغاز می‌گردد. از این مرحله به بعد، نحوهٔ انجماد آلیاژهای با انجماد خمیری و پوسته‌ای کاملاً متفاوت است.

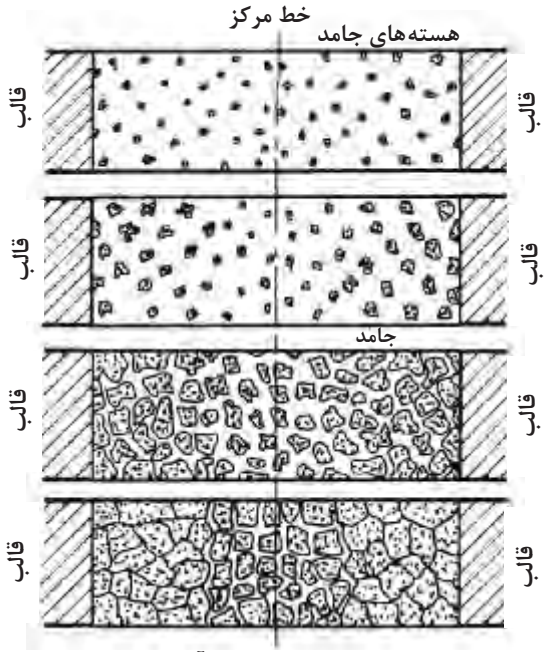
هنگامی که اولین هسته‌های جامد در مرز مشترک قالب و مذاب به‌وجود آمد، رشد این هسته‌ها به طرف مرکز قالب متوقف می‌شود در این حالت، انجماد جهت‌دار به طرف مرکز صورت نمی‌گیرد. شکل ۹ نشان می‌دهد که در جدارهٔ قالب، یک لایهٔ نازک منجمد شده به‌وجود آمده است. اما این انجماد به طرف مرکز قالب ادامه نیافته بلکه هسته‌های دیگر در قسمت‌های مختلف قالب شروع به شکل‌گیری نموده است.

با گذشت زمان و سرد شدن مذاب، هسته‌های زیادی در کل محفظهٔ قالب به‌وجود می‌آید (شکل ۱۰).

این هسته‌ها به‌تدریج در جهات مختلف رشد می‌کنند. زمانی که هسته‌ها به یکدیگر می‌رسند، رشد آنها متوقف می‌گردد.



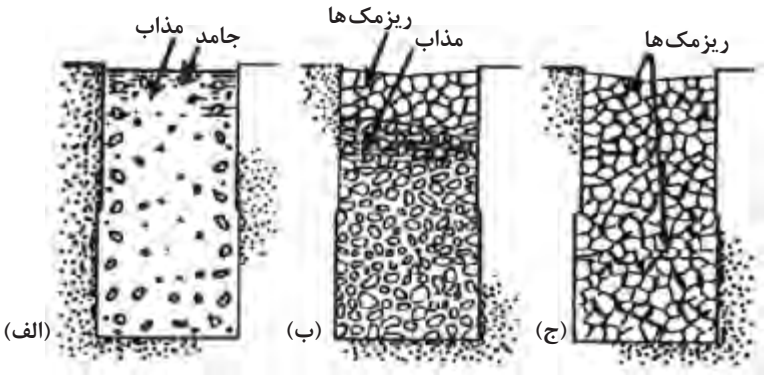
شکل ۹ ــ تأخیر در رشد کریستال‌ها در آلیاژهای با دامنهٔ انجماد طولانی (خمیری)



شکل ۱۰ــ شماتیک مراحل انجماد آلیاژهای با انجماد خمیری

نکتهٔ مهم و اساسی در آلیاژهای با انجماد خمیری، مذاب رسانی در لابه‌لای دانه‌های منجمد شده است. مشکل مذاب‌رسانی به‌ویژه با توجه به کاهش درجهٔ حرارت و در نتیجه کاهش سیالیت مذاب، پیچیده‌تر می‌شود. جبران نشدن انقباض مذاب در بین دانه‌های منجمد شده، سبب ایجاد مک‌های انقباضی ریز و پراکندهٔ زیاد خصوصاً در مناطق گرم‌تر قطعات می‌شود.

به‌طور کلی، مذاب رسانی در آلیاژهای با انجماد خمیری در سه مرحله انجام می‌شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ ــ مراحل انجماد و انقباض در آلیاژهای با دامنهٔ انجماد طولانی

مرحلهٔ اول

در این مرحله ذرات جامد شده، در داخل مذاب شناور هستند و در نتیجه انقباض ناشی از انجماد به‌دلیل حرکت آزاد مذاب به‌راحتی جبران می‌شود.

مرحلهٔ دوم

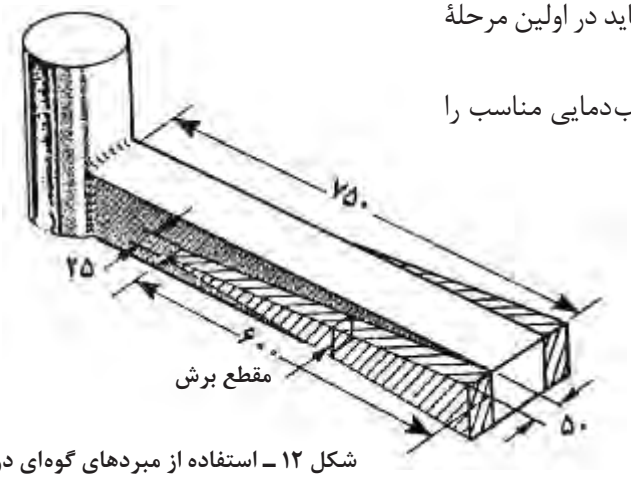
در این مرحله ذرات جامد شده بزرگ می‌شود و در نتیجه، حرکت آزاد مایع محدود می‌گردد و فقط از کانال‌های خاص مذاب‌رسانی به منظور جبران انقباض انجام می‌شود.

مرحلهٔ سوم

در این مرحله ذرات جامد شده کاملاً به هم رسیده، ارتباط مذاب آزاد با قسمت‌های جامد شده قطع می‌شود که در نتیجه، قسمت‌هایی از مذاب در بین ذرات جامد شده محصور می‌گردند. مذاب‌های محبوس شده، پس از انجماد، امکان جبران انقباض را (به‌دلیل قطع ارتباط با تغذیه و مذاب) از دست می‌دهند و بنابراین انقباضات پراکنده، در سراسر قطعه پخش می‌شود.

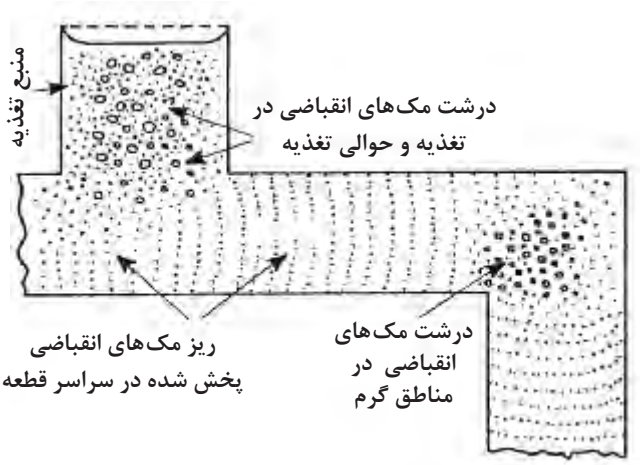
برای اطمینان از سلامت قطعه در این‌گونه آلیاژها، فقط انجماد جهت‌دار به‌طرف تغذیه نمی‌تواند کافی باشد؛ بلکه باید از انجماد جهت‌دار مرحله‌ای استفاده نمود. به عبارت دیگر، هنگامی که دورترین نقطهٔ قطعهٔ ریختگی به تغذیه منجمد شود مذاب نزدیک تغذیه باید در اولین مرحلهٔ انجمادی باشد.

شکل ۱۲ با استفاده از مبردگُوه شکل شیب‌دمایی مناسب را فراهم می‌سازد.



شکل ۱۲ ــ استفاده از مبردهای گوه‌ای در آلیاژهای با دامنهٔ انجماد طولانی

انقباض و مک‌های انقباضی در آلیاژهای با دامنهٔ 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.

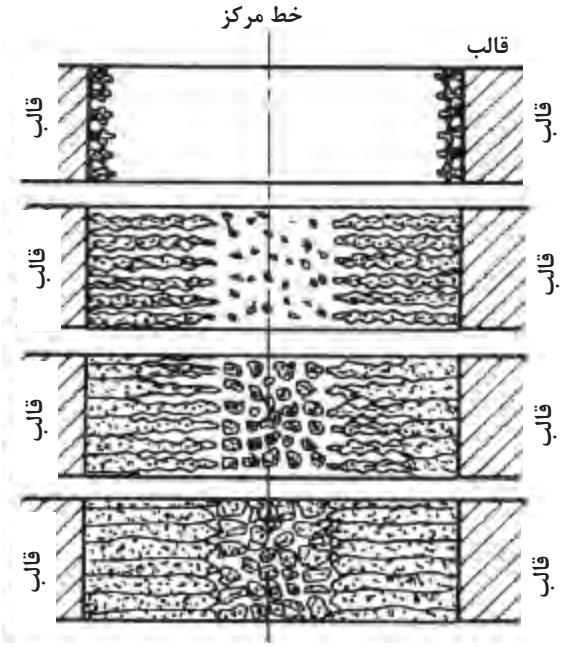


شکل ۱۳ ــ شکل‌های مختلف مک‌های انقباضی در آلیاژهای با دامنهٔ انجماد طولانی

فلزات و آلیاژهای با دامنهٔ 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.

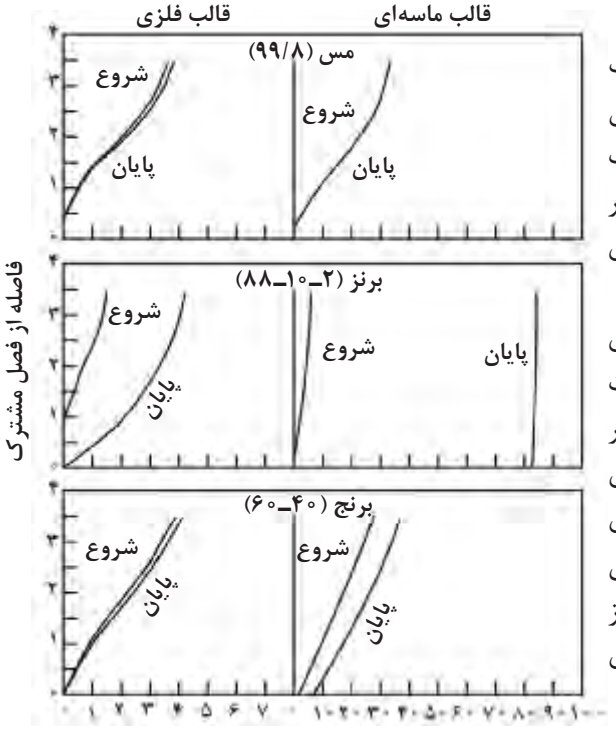
نکته قابل توجه این است که حتی در آلیاژهای با دامنهٔ انجماد کوتاه ممکن است در قطعات ضخیم، به این نوع انجماد متمایل شوند و برعکس، در آلیاژهای با دامنهٔ انجماد طولانی در قسمت‌های نازک تمایل به، انجماد میانی وجود دارد. از طرف دیگر، معمولاً در این‌گونه آلیاژها، انجماد، در جدارهٔ قالب (فصل مشترک قالب و مذاب) به پوسته‌ای شدن تمایل دارد و در مرکز قالب حالت خمیری می‌یابد.



شکل ۱۴ ــ مراحل انجماد در آلیاژهای با دامنهٔ انجماد متوسط

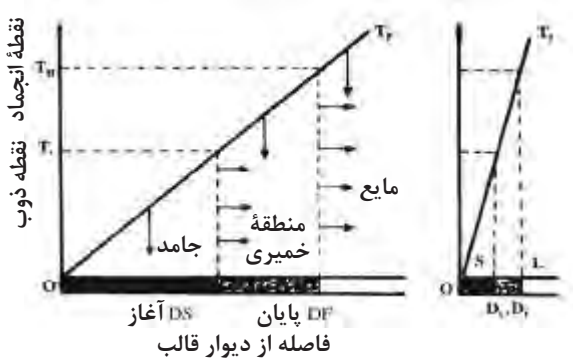
آلیاژهای با دامنهٔ انجماد متوسط نسبت به سرعت سرد کردن و انتقال حرارت از قالب حساس می‌باشند. ممکن است آلیاژهایی که در قالب ماسه‌ای رفتاری مطابق آلیاژهای میانی دارند، در قالب‌های فلزی مانند آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای رفتار نمایند.

لازم به ذکر است که این سه نوع انجماد، دارای مرز کاملاً جدا شده از یکدیگر نیست. به‌عبارت ساده‌تر با افزایش دامنهٔ انجماد از صفر به مقادیر بالاتر، انجماد به تدریج از حالت پوسته‌ای به خمیری تبدیل می‌شود. واسطه این تبدیل از حالت پوسته‌ای به خمیری، حالتی است که به آن انجماد میانی می‌گویند. در نتیجه بین این سه نوع انجماد، مرز خاص و مشخصی وجود ندارد. شکل ۱۵ مثالی برای مقایسه سه نوع انجماد است.

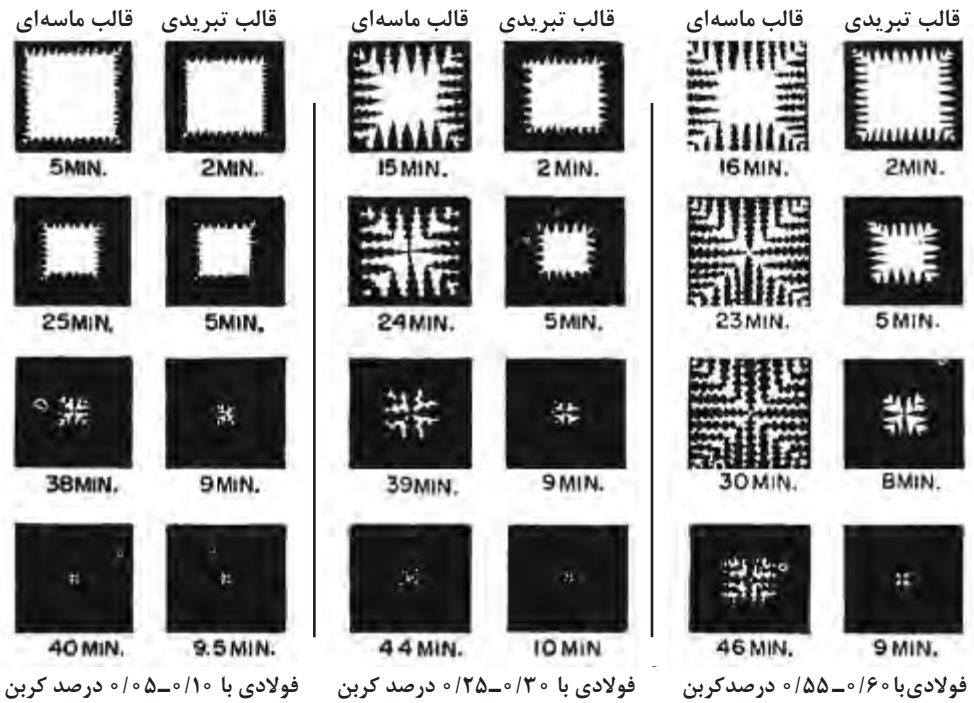


شکل ۱۵ـ انجماد چند نوع آلیاژ غیر آهنی

به‌طور کلی در این شکل، دو نوع منحنی ملاحظه می‌شود، منحنی‌های «شروع انجماد» و «پایان انجماد» که در دو حالت ریخته‌گری در قالب ماسه و ریژه مورد بررسی قرار گرفته است. برای فلزات خالص نقطهٔ شروع و پایان انجماد، بر هم منطبق می‌باشد. در آلیاژهای با دامنهٔ انجماد طولانی، نقطهٔ شروع و پایان انجماد نه تنها بر هم منطبق نیستند بلکه کاملاً از هم مجزا می‌باشند و هر چه دامنهٔ انجماد طولانی‌تر باشد، فاصله زمانی بین دو منحنی شروع و پایان انجماد زیادتر می‌شود. در این منحنی‌ها، اثر قالب (سرعت سرد کردن) نشان داده شده است. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد سرعت سرد کردن یکی از عوامل مؤثر در تبدیل انجماد خمیری به میانی و پوسته‌ای است. با افزایش سرعت سرد کردن ضخامت منطقهٔ خمیری کاهش و منطقهٔ پوسته‌ای افزایش می‌یابد. شکل ۱۶ این موضوع را به‌صورت نمودار، به‌خوبی نشان داده است. شکل ۱۷ نقش سرعت سردکردن در منطقه خمیری را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶ ـ تأثیر سرعت سرد کردن در ضخامت منطقهٔ خمیری و پوسته‌ای



شکل ۱۷ ــ نقش وسعت منطقهٔ خمیری تحت تأثیر سرعت سرد شدن بر روی ساختار قطعه ریختگی

محل تغذیه و انجماد جهت‌دار

با توجه به وظیفهٔ تغذیه در رساندن مذاب کافی به نواحی در حال انجماد، محل و موقعیت قرار گرفتن تغذیه، از اهمیت به‌سزایی 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 به‌صورت جهت‌دار ادامه یابد و در تغذیه ختم گردد. در این صورت، تغذیه می‌تواند وظیفهٔ خود را به‌خوبی ایفا کند و انقباض در هر مرحلهٔ انجماد به وسیلهٔ مذاب موجود در تغذیه جبران گردد.

جهت انجماد

با توجه به اهمیت انجماد جهت‌دار، یکی از موارد مهم در طراحی تغذیه، مشخص کردن جهت انجماد به وسیلهٔ طراح به‌عنوان اولین گام در انتخاب سیستم تغذیه‌گذاری مناسب می‌باشد. امروزه کمک گرفتن از نرم‌افزارهای مناسب و عمل شبیه‌سازی انجماد مذاب داخل قالب، امری ضروری به نظر می‌رسد.

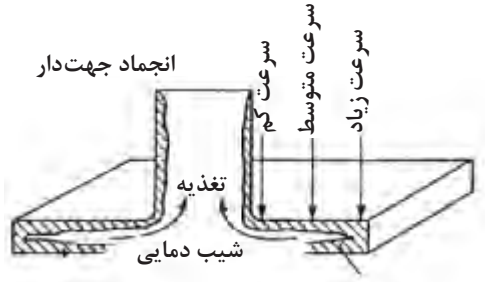
عوامل زیادی در جهت انجماد تأثیر می‌گذارند که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:

ــ نوع آلیاژ و مدل انجماد آن: انجماد در آلیاژهای با دامنهٔ انجماد کوتاه (پوسته‌ای) نسبت به آلیاژهای با دامنهٔ انجماد طولانی (خمیری) جهت‌دارتر است.

ــ ابعاد محفظهٔ قالب: ابعاد و اندازهٔ محفظهٔ قالب نیز عامل مهمی در تعیین جهت انجماد قطعات می‌باشد. اصولاً قطعات با ضخامت غیریکنواخت، دارای جهت‌های انجماد مختلفی هستند و پیدا کردن یک جهت انجماد در آنها مشکل است.

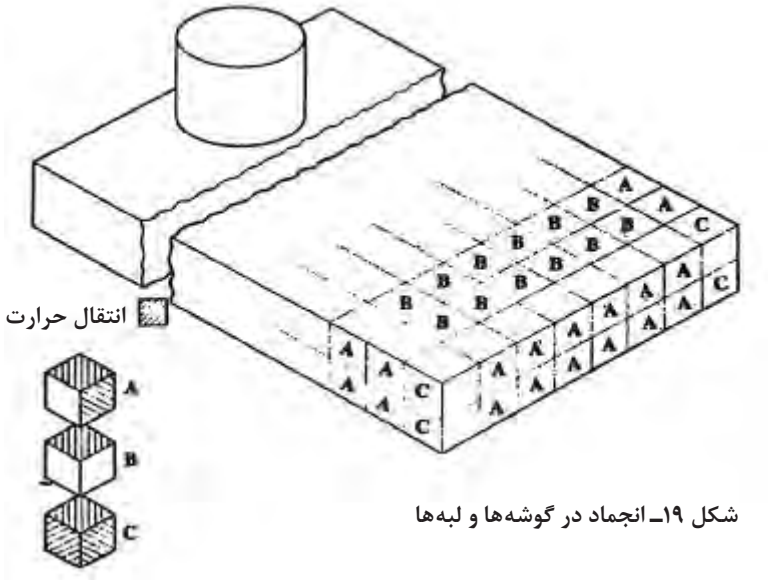
ـ طراحی قطعهٔ ریختگی: در همین فصل، مشاهده خواهد شد که طراحی غلط مدل قطعه ریختگی در افزایش عیوب قطعات، به‌دلیل عدم دستیابی به انجماد جهت‌دار و تغذیه‌رسانی صحیح تا چه‌حد مؤثر است.

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 پوستهٔ منجمد شده در فصل مشترک قالب و مذاب آغاز می‌شود. به‌تدریج که حرارت از قالب به خارج هدایت می‌شود، پوستهٔ منجمد شده به طرف داخل پیش می‌رود. در دو ناحیه، سرعت رشد لایهٔ منجمد شده تغییر می‌کند: اول در لبهٔ 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 کُند است. در بین این دو ناحیه، سرعت متوسطی وجود دارد. این مجموعه، انجماد جهت‌دار را به‌وجود می‌آورند.



شکل ۱۸ـ انجماد پیش‌رونده و جهت‌دار در یک قطعه همراه با منبع تغذیه

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 تقسیم‌شده است. مکعب‌هایی که با علامت A نشان داده شده در لبهٔ قطعه قرار دارند که انتقال حرارت در آنها از دو صفحه انجام می‌شود. بنابراین، مکعب‌های A زود منجمد می‌شوند.



شکل ۱۹ـ انجماد در گوشه‌ها و لبه‌ها

به طور 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 این‌که 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 به‌وجود می‌آورند.

محل تغذیه در قطعات ریختگی با سطوح مقطع غیریکنواخت

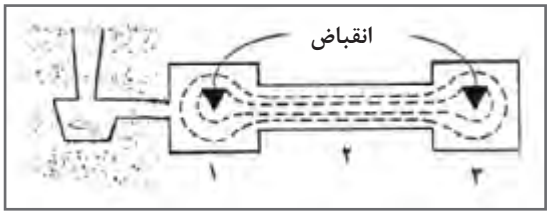
اگرچه تصمیم‌گیری در این مورد که تغذیه در چه نقطه‌ای از قطعه ریختگی قرار می‌گیرد مشکل است اما راهنمایی ساده آن است که تغذیه را در مجاورت نقاطی از قطعه ریختگی قرار دهید که از نقاط دیگر گرم‌تر باشد. نقاط گرم محل‌هایی هستند که در مراحل سرد شدن مذاب و انجماد فلز از نقاط دیگر قطعه گرم‌تر بوده و مذاب در این نقاط دیرتر از قسمت‌های دیگر قطعه جامد می‌شود. در عمل می‌توان ضخیم‌ترین قسمت یک قطعه ریختگی را به‌عنوان گرم‌ترین نقطه قطعه درنظر 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 به‌وجود 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 به‌کندی انجام می‌شود.

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.



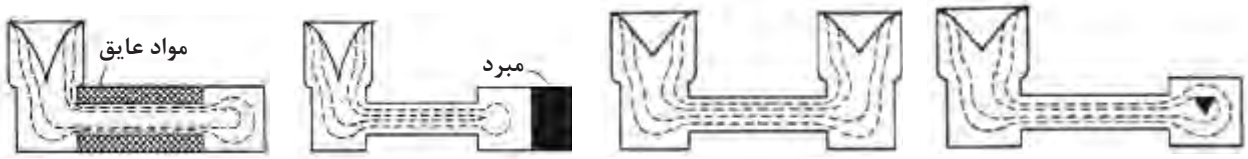
شکل ۲۰

در شکل ۲۰ قسمت‌های (۱) و (۳) به‌عنوان تغذیه برای قسمت (۲) عمل کرده یعنی حفره‌های انقباضی قسمت (۲) را پر می‌کنند. در چنین حالتی حفره‌های انقباضی در قسمت‌های (۱) و (۳) به‌وجود 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 به‌وجود آمده در این دو قسمت را پرکرده به هرحال این روش به‌جز در موارد اجباری توصیه نمی‌شود زیرا به علت مصرف بیش از حد تغذیه بهره‌دهی قطعه ریختگی کاهش می‌یابد.

به‌هرحال 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 به‌کار برد نشان داده شده‌است. همان‌طورکه در شکل الف ـ ۲۱ دیده می‌شود حفره انقباضی در قسمت ضخیم قطعه به‌وجود آمده و در بیشتر مـوارد بزرگ‌تر نمودن تغذیه نیز نمی‌تواند برای از بین بردن این‌گونه حفره‌های انقباضی مؤثر باشد. در شکل‌ب ـ۲۱ از دو تغذیه که در قسمت‌های ضخیم قطعه قرار گرفته‌اند استفاده شده است. در چنین

حالتی انجماد جهت‌دار از قسمت مرکزی قطعه به‌طرف این دو تغذیه انجام می‌گیرد. بدیهی است این روش تغذیه‌گذاری به‌دلیل بهره‌دهی پایین قطعه نمی‌تواند مورد استقبال ریخته‌گران قرار گیرد. بهترین راه برای جلوگیری از ایجاد حفره انقباضی در قسمت‌های ضخیم قطعه حذف منطقه‌های گرم و حرارتی در قطعات از طریق به‌کار بردن مبرد است که در شکل ج ـ ۲۱ نشان داده شده است. در این حالت انجماد به‌طور جهت‌دار از طرف قطعه ریختگی در تماس با مبرد به‌طرف تغذیه انجام می‌شود. همچنین این امکان وجود دارد که توسط عایق کردن جداره‌های نازک در قطعات ریختگی به ایجاد انجماد جهت‌دار کمک کرد (شکل ۲۱).



الف) تغذیه به یک قسمت قطعه اضافه شده است.

ب) تغذیه در دو قسمت قطعه اضافه شده است.

ج) از مبرد برای یک قسمت قطعه و از تغذیه برای قسمت دیگر استفاده شده است.

د) از تغذیه در یک قسمت قطعه استفاده شده و از مواد عایق برای مقاطع نازک قطعه

شکل ۲۱ ــ عمل تغذیه‌گذاری در یک قطعه با سطح مقطع غیریکنواخت

اجزای تغذیه

همان‌گونه‌که قبلاً نیز اشاره شد، تغذیه از دو قسمت اصلی، منبع تغذیه و گلویی تغذیه، تشکیل می‌شود.

منبع تغذیه

تعریف: منبع تغذیه به محلی اطلاق می‌شود که مذاب لازم را برای جبران انقباضات حجمی مذاب و ضمن انجماد، فراهم آورد.

با توجه به تعریف فوق، مهم‌ترین وظیفهٔ منبع تغذیه آن است که فلز را تا زمانی که قطعهٔ ریختگی کاملاً منجمد نشده، در خود به‌صورت 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 نکتهٔ دیگر باید اشاره نمود:

ـ تعداد و اندازه‌منابع تغذیه باید حداقل باشد تا بازده ریختگی افزایش و قیمت تمام شده کاهش یابد.

ـ محل منبع تغذیه باید به‌گونه‌ای انتخاب گردد تا باعث به‌وجود آمدن عیوب دیگر در قطعهٔ ریختگی نشود.

ـ اتصال منبع تغذیه به قطعهٔ ریختگی باید به‌گونه‌ای باشد که پس از ریخته‌گری به‌راحتی از قطعه جدا شود و هزینهٔ تمام کاری را افزایش ندهد.

گلویی تغذیه

تعریف: به محل اتصال قطعه به تغذیه، گلویی تغذیه گفته می‌شود. مذاب‌رسانی صحیح و انجماد جهت‌دار از قطعه به تغذیه، هنگامی امکان‌پذیر می‌شود که زمان انجماد گلویی بین زمان انجماد قطعه و تغذیه قرار گیرد.

یعنی: $t_r > t_n > t_c$ رابطه ۱ $t_r = ۱/۴۴\, t_c$

چنانچه گلویی زودتر از زمان لازم منجمد شود، بدون توجه به حجم تغذیه، رابطهٔ تغذیه و قطعه قطع می‌شود. بنابراین اندازهٔ گلویی تغذیه باید به گونه‌ای باشد که مدول گلویی (M_n) بین مدول قطعه (M_c) و مدول تغذیه (M_r) قرار گیرد. به عبارتی:

$M_r > M_n > M_c$

رابطهٔ عمومی که معمولاً برای مدول گلویی ارائه می‌گردد، عبارت است از:

$M_n = ۱/۲\ M_c$ رابطه (۲)

در مورد آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای، رابطهٔ ۲ می‌تواند به حداقل خود، یعنی به رابطه ۳ـ $M_n = ۱/۱\ M_c$ باشد.

فعالیت کارگاهی

محاسبه زمان انجماد با تغذیه‌گذاری

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱ لوازم و تجهیزات قالب‌گیری
۲ درجه،زیر درجه،مدل مکعب چوبی با ابعاد ۱۰سانتی‌متر
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 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

ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
ـ تمیز کردن محیط کوره‌دان، محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
ـ 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 قالب‌گیری
۲ درجه، زیر درجه، مدل مکعب چوبی با ابعاد ۱۰سانتی‌متر
۳ شمش آلومینیوم، بوته، کوره زمینی
۴ مدل استوانه‌ای چوبی تغذیه
۵ لباس ایمنی و نسوز، کفش ایمنی
۶ لوازم و تجهیزات ذوب‌ریزی

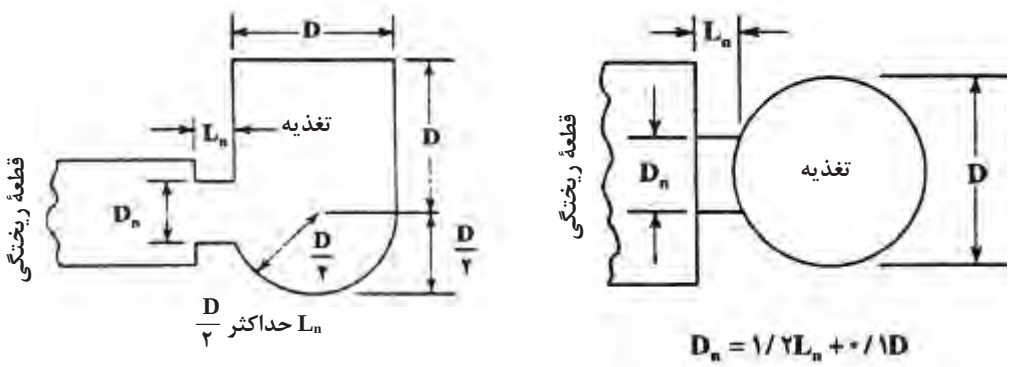
مراحل انجام کار

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.

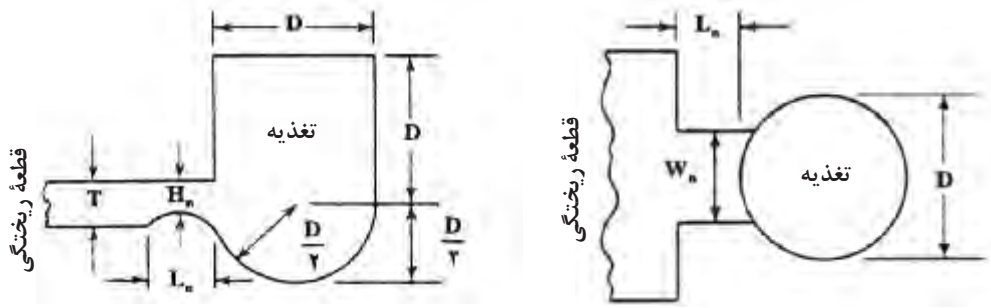
نکات ایمنی و حفاظتی

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

شکل ۲۲ روابط کلی در طراحی گلویی را برای آلیاژهای آهنی نشان می‌دهد.



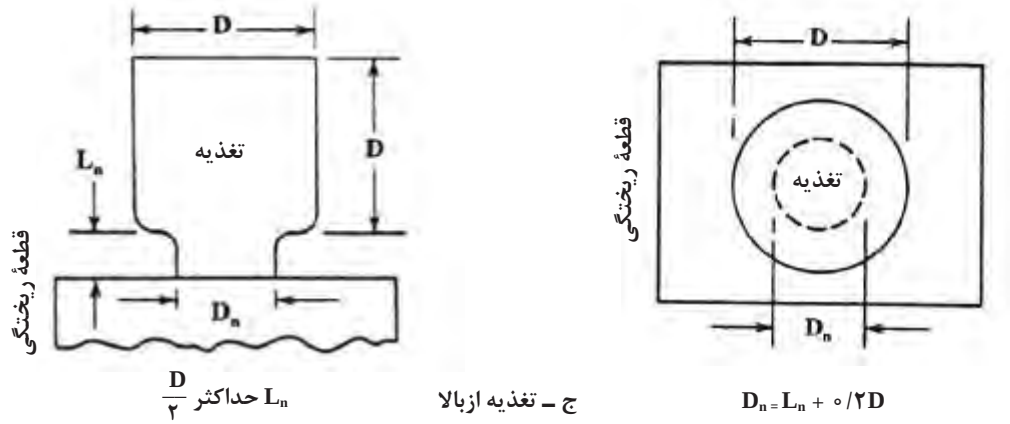
الف ـ نوع تغذیهٔ جانبی



ب ـ تغذیهٔ جانبی برای صفحه

L_n حداکثر $\frac{D}{2}$، (H_n از ۰/۶ تا ۰/۸) T متغیر است.

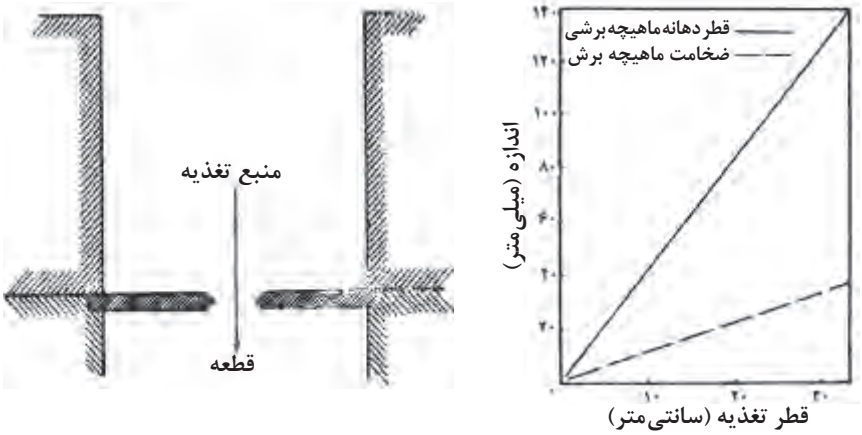
$W_n = ۲/۵L_n + ۰/۱۸D$



ج ـ تغذیه ازبالا

شکل ۲۲ـ رابطهٔ عمومی گلویی ـ تغذیه مورد استفاده در آلیاژهای آهنی (نمای روبرو و بالا)

ماهیچهٔ برشی: به منظور کاهش هزینهٔ جدا کردن تغذیه از قطعه، از ماهیچه‌های برشی استفاده می‌شود. این ماهیچه‌ها همان‌گونه 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 ۲۳ـ شکل ماهیچه برشی و نسبت اندازه‌های آن به قطر تغذیه

تعیین ابعاد گلویی تغذیه

در محاسبهٔ اندازهٔ گلویی 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 گلویی تغذیه، از دو سطح متصل به قطعه و تغذیه باید صرف‌نظر شود. در محاسبات، معمولاً مدول عملی را (پس از حذف سطوح مشترک) که با M_n نمایش می‌دهند، حدود ۱/۴ تا ۱/۷ برابر مدول هندسی M'_n (گلویی تغذیه بدون حذف سطوح مشترک) منظور می‌کنند. در محاسبات دقیق‌تر، باید به حذف سطوح مشترک اقدام گردد. بنابراین:

$M'_n / M_n = ۰/۶ - ۰/۷$ و $M_n / M'_n = ۱/۴ - ۱/۷$

فعالیت کارگاهی

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 به‌صورت مقطع طولی یک برش از نمونه با تغذیه و یک برش نیز با نمونه بدون تغذیه انجام گیرد.
۴ سطح برشکاری ۲ قالب را با یکدیگر از نظر مک انقباضی مقایسه کنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

ـ از لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، کلاه ایمنی، عینک ایمنی و دستکش استفاده کنید.
ـ تمیز کردن محیط کوره‌دان، محیط کارگاه و تفکیک زباله‌ها الزامی است.
ـ 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 استفادهٔ 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 درنتیجه، 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
- استفاده از مبرد
- تغییر در طراحی سیستم راهگاهی و بارریزی
- تغییر در طراحی قطعات و مدل
- کنترل درجهٔ حرارت بارریزی

استفاده از مبرد[1]

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 به‌کار می‌رود بنابراین قالب ریژه به‌عنوان مبرد محسوب نمی‌گردد. البته در این‌گونه 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، به‌عنوان نوعی مبرد استفاده کرد.

به‌طور کلی دو نوع مبرد وجود دارد که عبارت‌اند از:

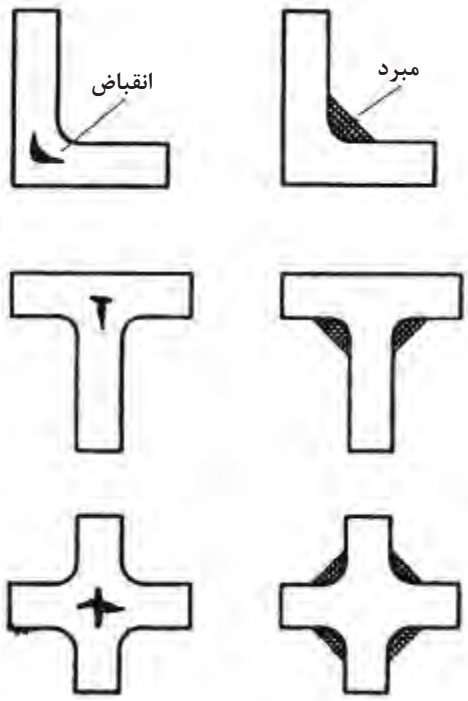
۱ مبردهای خارجی

۲ مبردهای داخلی

مبردهای خارجی، در دیواره قالب در فصل مشترک قالب ـ 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 سادهٔ استفاده از مبردهای خارجی را نشان می‌دهد.

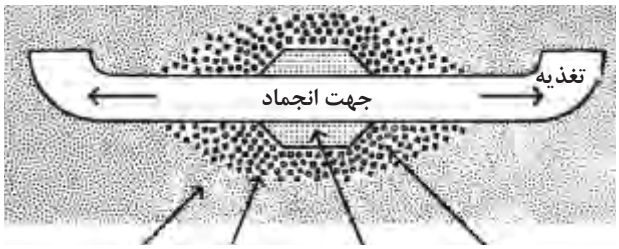


شکل ۲۴ـ مبردهای خارجی با اندازه‌های مناسب به منظور حذف مک‌های انقباضی

۱ـ Chill

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.



شکل ۲۵ـ انجماد جهت‌دار با استفاده از مواد مختلف به‌همراه مبرد

اثر مبردهای خارجی را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱ شیب دمایی را اصلاح می‌کنند.

۲ باعث ایجاد انجماد جهت‌دار می‌شوند.

۳ مک‌های میکروسکوپی و ماکروسکوپی را کاهش می‌دهند.

۴ حجم و تعداد تغذیه را کاهش می‌دهند.

۵ میزان عیوب و دورریز قطعات را کاهش می‌دهند.

۶ قیمت تمام شده قطعه را به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌دهند.

نکاتی در مورد چگونگی استفاده از مبرد

۱ مبردها باید کاملاً خشک شده باشند. در غیر این‌صورت، رطوبت باعث ایجاد مک‌های زیادی می‌شود.

۲ مبردها معمولاً با یک ماده نسوز مانند سیلیسیم یا دیگر مواد پوشش داده می‌شوند. این لایهٔ نسوز باید قبل از استفاده مبرد کاملاً خشک شده باشد.

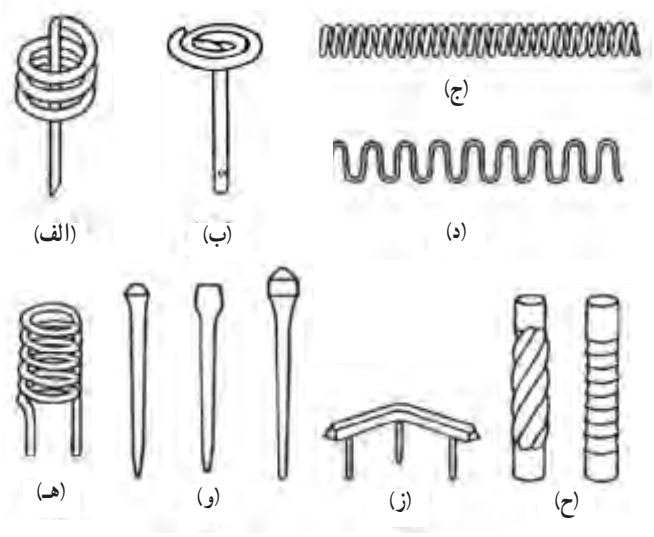
۳ در هنگامی که از مبرد در قالب‌های ماسهٔ‌تر استفاده می‌شود، اگر فاصله زمانی بین قالب‌گیری و بارریزی طولانی باشد، رطوبت موجود در ماسه جذب سطح مبرد می‌شود. برای جلوگیری از این مسأله، باید مبرد را قبل از جاگذاری در قالب، پیش‌گرم نمود و یا فاصله زمانی بین ساخت قالب و بارریزی را کوتاه کرد. همچنین می‌توان در مبردها قبل از جای‌گذاری 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 قالب‌گیری ایجاد می‌کند و برای برخی آلیاژها مانند چدن‌های خاکستری و نشکن، باعث می‌شود ساختمان قطعه به‌صورت موضعی، سخت و خشن شود. به‌طور تجربی ضخامت مبرد باید بین $\frac{۱}{۲}$ تا $\frac{۲}{۳}$ ضخامت قطعهٔ ریختگی باشد.

مبردهای داخلی: مبردهای داخلی در داخل محفظهٔ قالب، (در داخل قطعهٔ ریختگی) در مکانی که امکان استفاده از مبردهای خارجی نباشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

همچنین، این‌گونه مبردها بیشتر در قسمت‌هایی که بعداً ماشین‌کاری یا سوراخ می‌شوند، به‌کار می‌روند. جنس این مبردها معمولاً از جنس خود قطعهٔ ریختگی انتخاب می‌گردند تا اولاً؛ یکنواختی ترکیب در قطعه ریختگی حفظ شود. ثانیاً؛ با ذوب مقداری از سطح مبرد اتصال خوبی بین مبرد و قطعه به‌وجود آید. شکل ۲۶ چند نوع مبرد داخلی را نشان می‌دهد.



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 ۲۶ـ 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 به‌گونه‌ای 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 قطعهٔ ریختگی باشد. مثلاً برای ریخته‌گری فولاد یا فلزات غیرآهنی نمی‌توان از مبردهای داخلی چدنی استفاده کرد.

۶ در مورد فلزات با نقطه ذوب پایین، استفاده از مبردهای داخلی محدود می‌باشد زیرا این‌گونه 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 ریختگی، به‌وجود نمی‌آید.

طراحی سیستم راهگاهی و بارریزی

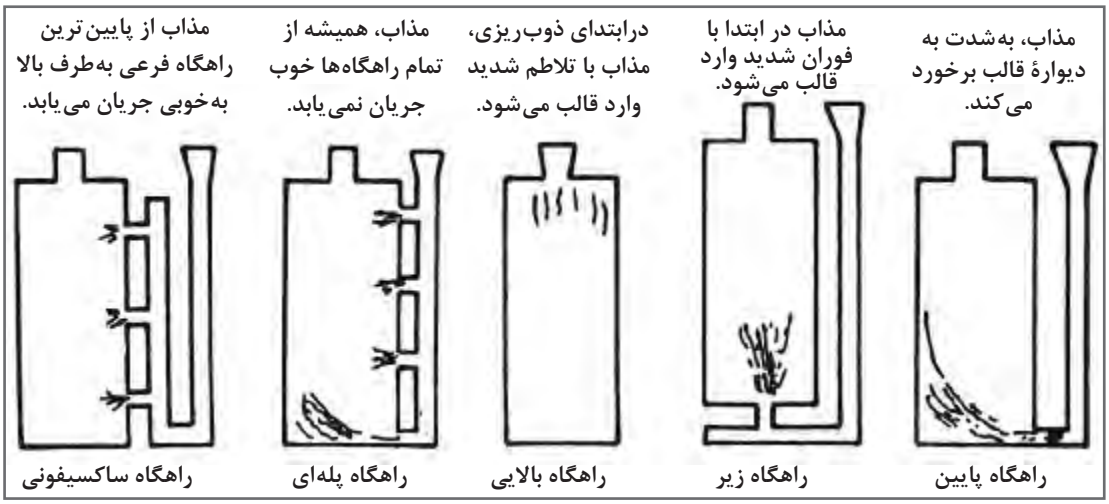
اصلاح سیستم راهگاهی و بارریزی می‌تواند در کاهش مک‌های انقباضی و بهبود کیفیت قطعه ریختگی مؤثر واقع گردد. مهم‌ترین روش‌های اصلاح سیستم راهگاهی عبارت‌اند از:

۱ استفاده از راهگاه‌های پله‌ای و یا ارتباط تغذیه به راهگاه از آنجا که مذاب باید از طریق تغذیه وارد محفظهٔ قالب شود، لذا گرم‌ترین مذاب در تغذیه قرار می‌گیرد.

۲ بارریزی و انجماد مذاب در قالب‌هایی که به‌صورت 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 محفظهٔ قالب به اندازهٔ کافی از مذاب پر شد بقیه فلز مذاب از بالا به داخل محفظهٔ قالب ریخته شود (شکل ۲۷).

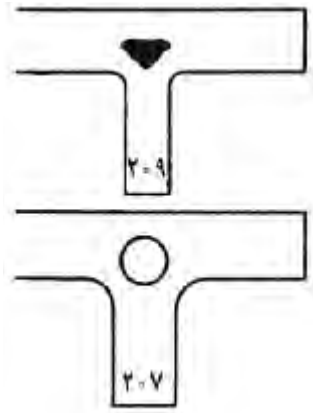


شکل ۲۷ـ چند نوع سیستم راهگاهی در ارتباط با تغذیه

۴ تغییر در طراحی قطعات و مدل: با تغییر در طراحی قطعه، بدون این‌که در کاربرد آن مشکلی ایجاد شود، می‌توان تا حدودی به مذاب‌رسانی 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 درجهٔ حرارت بارریزی، اگر درجه حرارت بارریزی مذاب پایین باشد، اثر تغذیه کاهش پیدا خواهد کرد. برعکس، چنانچه درجه حرارت خیلی بالا باشد، حفره‌های انقباضی بروز خواهد کرد، بنابراین انتخاب درجه حرارت مناسب در بهبود کیفیت قطعه بسیار مؤثر است.



شکل ۲۸ـ تأثیر طراحی صحیح در سلامت قطعه

مواد عایق و گرمازا

هرگاه دو جسم با درجهٔ حرارت‌های مختلف در مجاورت هم قرار گیرند، به سه طریق انرژی حرارتی جسم گرم به جسم سرد منتقل می‌شود، که عبارت‌اند از هدایت (رسانایی)، جابه‌جایی و تشعشع.

ـ در انتقال حرارت به طریق هدایت انرژی حرارتی از هر مولکول (یا اتم) به مولکول مجاور خود طوری منتقل می‌شود که هیچ مولکولی از جای خود حرکت انتقالی نکند به‌عبارت دیگر در این انتقال، محل مولکول‌ها ثابت است و فقط انرژی ارتعاشی از مولکولی به مولکول دیگر منتقل می‌گردد، مانند میله‌ای که یک طرف آن گرم شود و این حرارت به‌طرف دیگر انتقال یابد.

ـ در انتقال حرارت به طریق جابه‌جایی مولکول‌های قسمت گرم و قسمت سرد، جای خود را تعویض می‌کنند. این عمل تا زمانی که تمامی‌قسمت‌های جسم به یک درجهٔ 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 دهانهٔ کوره با گرم شدن هوای محیط، حرارت به خارج انتقال می‌یابد و باعث می‌گردد که راندمان و بازده حرارتی کوره کاهش پیدا کند.

ـ 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 تشعشعیِ 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 درجهٔ حرارت مذاب به‌کار 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 حرارت زا به منظور گرم نگه‌داشتن مذاب استفاده می‌شود. این مواد با انجام فعل و انفعال در هنگام برخورد با مذاب، از انجماد زودهنگام آن جلوگیری می‌کنند. مواد حرارت زا 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 درجهٔ حرارت مذاب را به دمای اولیه و در برخی موارد کمی‌بالاتر می‌برند.

عموماً مواد حرارت‌زا بعد از واکنش به صورت یک مادهٔ عایق موجب حفظ حرارت مذاب می‌شوند. میزان کاهش درجهٔ حرارت مذاب در این مرحله به قابلیت انتقال حرارت این مواد بستگی دارد. در حقیقت نقش اصلی مواد حرارت‌زا، عایق بودن آنهاست و مزیت عمدهٔ 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 جبرانِ 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 درجهٔ حرارت مذاب می‌گردد.

$$Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow Al_2O_3 + 2Fe + \text{حرارت}$$

نکتهٔ دیگر در مورد ترکیبات مواد حرارت‌زا، توجه به نداشتن واکنشِ‌شیمیایی‌مضرِ 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 روکفشِی نسوز، کلاه، ماسک و عینک ایمنی الزامی‌است.

با استفاده از ابزار مناسب، نسبت به پاشش مواد عایق یا حرارت‌زا به روی مذاب اقدام کنید. به طوری‌که کاملاً سطح مذاب را بپوشاند.

توجه: از خشک بودن مواد عایق یا حرارت زا اطمینان حاصل شود.

نکات ایمنی: هنگام افزودن مواد عایق یا حرارت زا، از ماسک تنفسی مناسب استفاده شود.

فعالیت کارگاهی

با رعایت تمام نکات ایمنی افزودن مواد عایق و گرمازا روی مذاب را انجام دهید.

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 باریزی 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 ۱۰سانتی‌متر
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، به‌طوری که کاملاً سطح مذاب را بپوشاند.
۴ قالب آماده شده را از مذاب پرکنید.
۵ با استفاده از ابزارآلات مناسب، مذاب باقیمانده را به محل تعریف شده انتقال دهید.

نکات ایمنی و حفاظتی

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

فعالیت کارگاهی

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 روکفشی نسوز، کلاه‌ایمنی، ماسک و عینک ایمنی الزامی‌است.

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 آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری، مدل مکعب ساده با طراحی و تغذیه‌گذاری را قالب‌گیری کنید و سپس ذوب آلومینیوم را آماده کرده و در قالب ریخته‌گری شود و همان قالب را بدون تغذیه قالب‌گیری و ذوب‌ریزی شود.

استاندارد عملکرد: قالب‌گیری مدل با تغذیه و بدون تغذیه توسط مخلوط ماسه تر

شاخص‌ها:

۱ـ آماده سازی مخلوط ماسه تر
۲ـ قالب‌گیری و تغذیه‌گذاری مدل
۳ـ آماده‌سازی مذاب
۴ـ ریخته‌گری قالب‌ها

شرایط انجام کار:

۱ـ محیط کارگاهی
۲ـ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
۳ـ تهویه استاندارد و دمای $۲۰^{\circ}C \pm ۳$
۴ـ اندازه‌ها براساس استاندارد
۵ـ وسایل ایمنی استاندارد
۶ـ ابزار و تجهیزات استاندارد

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماسه سیلیسی مصنوعی، چسب بنتونیت، آب پاش، بیل ریخته‌گری، سرند، سرند برقی، مدل، پودر جدایش، درجه، زیر درجه، کوبه و سایر وسایل و تجهیزات قالب‌گیری و ریخته‌گری، شمش آلومینیوم، بوته، کمچه، انبر طوق، کوره زمینی، کاورال، سرباره گیر

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی ماسه و طراحی مدل با تغذیه و بدون تغذیه و قالب‌گیری	۲	
۲	شارژ بوته و تهیه مذاب	۱	
۳	ریخته گری در قالب‌های ماسه ای	۱	
۴	مقایسه قالب با تغذیه و بدون تغذیه	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:* ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳ـ تمیز کردن محیط کوره‌دان و محیط کارگاه ۴ـ 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.

منابع و مآخذ

۱ برنامه‌درسی درس تولید قطعات فلزی به‌روش ریخته‌گری رشته متالورژی، ۱۴۰۳، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.

۲ دوامی، پرویز،۱۳۶۱، مبانی سیستم‌های راهگاهی 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 راهگاهی 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 حرفه‌ای‌وکاردانش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.

۹ Metals Handbook, 9th Edition, Vol 15 /ASM 1988.

۱۰ Foundry Technology/ P.R.Beeley/Butter Worth Heinemann, 2nd Rerised Editian London Feb2001.

۱۱ ”The Foseco Foundry Man’s Handbook” John R.B kawn (Eleventh Edition) 2001, Batter worth, Heinemann.

Www.IranEstekhdam.Ir

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز متالورژی

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز متالورژی

خرید و دانلود

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

خواننده گرامی؛ در جهت بهبود کیفیت این فایل؛ لطفاً هرگونه انتقاد و پیشنهاد خود در مورد مطالب آن

و یا گزارش مشکل را به آدرس ایمیل و یا با شماره تلفن زیر مطرح نمایید:

شماره تلفن تماس: ۰۲۱-۹۱۳۰۰۱۱۳ آدرس ایمیل: soal@iranestekhdam.ir