



کارگاه جوشکاری و ریخته‌گری

(رشته مهندسی مکانیک)

دکتر آیدین سلیمی اصل
مرتضی طهماسبیان میاندواب
دکتر اسماعیل صیدی

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک‌درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و کمک‌درسی (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست مطالب

فصل اول: ریخته‌گری

۱	۱-۱ مقدمه
۱	۲-۱ فرایند ریخته‌گری
۲	۳-۱ روش‌های ریخته‌گری
۳	۱-۳-۱ ریخته‌گری با قالب‌های چند بار مصرف
۴	۲-۳-۱ ریخته‌گری با قالب‌های یک‌بار مصرف
۴	۴-۱ ریخته‌گری ماسه‌ای
۵	۵-۱ انواع روش‌های ریخته‌گری در ماسه
۶	۶-۱ قسمت‌های مختلف قالب‌های ماسه‌ای
۸	۷-۱ ماسه ریخته‌گری
۸	۱-۷-۱ انواع ماسه
۸	۲-۷-۱ انتخاب ماسه
۹	۳-۷-۱ خواص عمومی ماسه ریخته‌گری
۹	۸-۱ اصول کار کوره‌های ریخته‌گری
۱۰	۱-۸-۱ کوره‌های بوت‌های
۱۱	۲-۸-۱ جنس بوت‌ها
۱۳	۳-۸-۱ انواع کوره‌های بوت‌های
۱۵	۹-۱ ابزارهای ریخته‌گری
۱۵	۱۰-۱ تمرینات قالب‌گیری و ریخته‌گری
۳۵	سؤالات تستی

فصل دوم: جوشکاری برق

۳۷	مقدمه
۳۸	۱-۲ تاریخچه جوشکاری
۳۸	۲-۲ گروه‌های مختلف جوشکاری

۳۹	۳-۲ مشکلات و گرفتاری‌های صنعت جوشکاری
۴۰	۴-۲ فرایندهای جوشکاری با قوس الکتریکی
۴۱	۵-۲ الکترودهای جوشکاری
۴۲	۶-۲ ابزارآلات مورد نیاز جوشکاری برق
۴۶	۷-۲ انواع جوشکاری
۴۶	۱-۷-۲ جوش قوس الکتریکی
۷۱	سؤالات تستی

فصل سوم: جوشکاری گاز

۷۳	۱-۳ جوشکاری با گاز
۷۴	۲-۳ طرز تهیه استیلن
۷۵	۳-۳ کپسول‌های گاز
۷۷	۴-۳ طرز تهیه گاز اکسیژن
۷۸	۵-۳ مشعل جوشکاری
۸۰	۶-۳ آماده‌سازی برای جوشکاری
۸۳	۷-۳ جوشکاری قطعات
۸۶	۸-۳ جوشکاری با سیم جوش
۹۰	۹-۳ نکات ایمنی در جوشکاری با گاز
۹۱	۱۰-۳ برش کاری
۹۲	سؤالات تستی

فصل چهارم: مصالح ساختمانی

۹۳	۱-۴ مواد و مصالح ساختمانی
۹۴	۲-۴ خواص عمومی مصالح ساختمانی
۹۴	۳-۴ خواص فیزیکی مصالح
۹۶	۴-۴ خواص مکانیکی مصالح ساختمانی
۹۷	۵-۴ سنگ‌ها
۹۷	۶-۴ سنگ‌های ساختمانی
۱۰۲	۷-۴ خاک‌ها
۱۰۳	۸-۴ خشت
۱۰۶	۹-۴ ابزارهای عمومی ساختمان
۱۰۶	۱۰-۴ اصول آجر چینی، دیوارچینی
۱۰۷	۱۱-۴ گچ
۱۰۷	۱۲-۴ حمل و نقل و نگهداری
۱۰۸	۱۳-۴ آهک
۱۰۹	۱۴-۴ سیمان
۱۱۲	۱۵-۱۴ بتن
۱۱۵	سؤالات تستی

پاسخنامه

۱۱۷	منابع
۱۱۸	

پیشگفتار

با یک نگاه کلی به محیط پیرامون و تجهیزاتی که از آن‌ها در زندگی روزمره استفاده می‌شود، به راحتی می‌توان دریافت که اغلب آن‌ها ترکیبی از فلز، پلاستیک و چوب هستند که با استفاده از ماشین‌ها و فناوری‌های ویژه به گونه‌ای خاص در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند تا هدفی خاص را محقق ساخته و یک عمل ویژه را انجام دهند. هر کدام از تجهیزات و ماشین‌های مذکور از تعدادی قطعه ساخته شده‌اند که هر کدام دارای روش تولید مختص به خود هستند. در این میان برخی قطعات ساده‌ای هستند که به راحتی و با یک ابزار قابلیت ساخت دارند و در سوی دیگر قطعات پیچیده‌ای وجود دارند که برای تهیه آن‌ها چندین ماشین و البته چندین مرحله کار نیاز است. در این میان قطعات فلزی بیشترین مفهوم صنعتی بودن را دارا هستند و لذا آشنایی با روش‌ها و تکنولوژی‌های مربوط به فلزات برای صنعتگران و دانشجویان رشته‌های فنی مهندسی از جمله مهندسی مکانیک بسیار مهم است. در میان قطعات فلزی مورد استفاده در ماشین‌ها و ابزارها برخی فاقد شکل متقارن هستند، برخی از آن‌ها لازم است تا از آلیاژهای خاص ساخته شوند، بعضی‌ها را باید آن‌چنان به هم متصل کرد که در مقابل هم حرکت کنند و برخی دیگر را باید آن‌چنان بهم چسباند که هرگز از هم جدا نشوند. برای حصول به هر کدام از اهداف فوق راه‌ها و روش‌های مختلفی وجود دارد که در میان آن‌ها جوشکاری و ریخته‌گری از بنیادی‌ترین و کاربردی‌ترین فرایندهای استفاده از فلزات هستند. لذا در کتاب حاضر تلاش شده است تا دانشجویان با فراگیری مبانی،

اصول و تجهیزات جوشکاری و ریخته‌گری اطلاعات خود را در زمینه به‌کارگیری و استفاده از فلزات در بخش صنعت را گسترش دهند. امید است با توجه به ساختار و نحوه بیان مطالب در کتاب، هدف خودآموز بودن آن‌ها برای دانشجویان، محقق شود.

فصل اول

ریخته‌گری

اهداف رفتاری فصل:

دانشجو در پایان فصل باید بتواند:

- ۱- ریخته‌گری را تعریف کند.
- ۲- انواع روش‌های ریخته‌گری را بشناسد و بصورت عملی با آنها کار کند.
- ۳- روش تولید با ریخته‌گری را بیاموزد و برای قطعات مختلف روش تولید ارائه کند.

۱-۱ مقدمه

ریخته‌گری را به‌طور خلاصه فراوری و تبدیل ماده خام به محصول ساخته شده تعریف می‌کنند. بنابراین این فرایند در زمره فعالیت‌های تبدیل ماده اولیه به قطعه نهایی (که البته ممکن است به عملیات ماشین‌کاری نیاز داشته باشد) تقسیم‌بندی می‌شود. فرایند کار در کلیه روش‌های مختلف آن عبارتست از ریختن مذاب در داخل قالب و انجماد و سرد شدن مذاب، تبدیل آن به قطعه ساخته شده و خارج کردن قطعه از قالب. در این فرایند آنچه که صورت می‌گیرد پایین آمدن دمای مذاب تا حد معین، توقف دما و رسیدن به دمای تعادل است. از فیزیک می‌دانیم هنگامی که دو یا چند ماده با دماهای متفاوت با یکدیگر ادغام می‌شوند گرما از جسم گرم به جسم سرد منتقل می‌شود و این فرایند تا هم دما شدن آنها و رسیدن به دمای تعادل صورت می‌گیرد. در اینجا نیز روش کار بدین صورت است و هم شدن مذاب و قالب تا رسیدن به دمای تعادل (یا به اصطلاح

سرد شدن مذاب) ادامه می‌یابد. نباید از نظر دور داشت که انجماد به یکباره صورت نمی‌گیرد بلکه مراحل جوانه‌زنی و رشد فلز جامد از مذاب را نیز در برمی‌گیرد.

۱-۲ فرایند ریخته‌گری

فرایند ریخته‌گری با تولید قالب آغاز می‌شود که شکل قالب، قرینه و معکوس قطعه‌ای است که ما نیاز داریم. قالب از مواد نسوز مانند ماسه تهیه می‌شود. فلز حرارت داده می‌شود تا ذوب شود. سپس فلز مذاب در گودی قالب که شکل قطعه مورد نظر است ریخته می‌شود و تا زمان منجمد شدن خنک می‌گردد. نهایتاً قطعه فلزی شکل گرفته از قالب جدا می‌شود. تعداد زیادی از سازه‌های فلزی که هر روز با آن‌ها سروکار داریم به روش ریخته‌گری تولید شده‌اند.

علل گستردگی کاربرد ریخته‌گری عبارتند از:

۱. به روش ریخته‌گری می‌توان قطعاتی را تولید کرد که هندسه بسیار پیچیده‌ای دارند و یا دارای حفره‌های درونی می‌باشند.
 ۲. برای تولید قطعات بسیار کوچک و همچنین قطعات بسیار بزرگ از چند صد گرم تا چندین هزار کیلوگرم می‌توان از این روش استفاده کرد.
 ۳. این روش از نظر اقتصادی بسیار مقرون به صرفه است و هدر رفت کمی دارد.
 ۴. فلزات اضافی در هر بار ریخته‌گری دو بار ذوب شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد.
 ۵. فلز ریخته‌گری شده ایزوتروپیک است یعنی در تمام جهات دارای خواص فیزیکی و مکانیکی یکسانی است.
- برای مثال دستگیره‌های در، قفل‌ها، پوشش یا بدنه موتورها، پمپ‌ها، چرخ بسیاری از اتومبیل‌ها و همچنین در صنایع اسباب‌بازی برای ساخت قطعات ماشین‌ها و هواپیماهای اسباب‌بازی از روش ریخته‌گری استفاده می‌شود.

۱-۳ روش‌های ریخته‌گری

روش‌های ریخته‌گری به‌طور خلاصه به دو دسته عمده تقسیم‌بندی می‌شوند:

الف) ریخته‌گری با قالب‌های یک‌بار مصرف

ب) ریخته‌گری با قالب‌های چند بار مصرف

۱-۳-۱ ریخته‌گری با قالب‌های چند بار مصرف

ریخته‌گری با قالب‌های چند بار مصرف به موارد زیر تقسیم می‌شوند:

ریخته‌گری توخالی

ریخته‌گری کرتیاس

ریخته‌گری دائمی در خلاء

ریخته‌گری با فشار کم

ریخته‌گری گریز از مرکز

ریخته‌گری گریز از مرکز مجازی

ریخته‌گری پیوسته

ریخته‌گری الکترومغناطیسی

ریخته‌گری حدیده‌ای

از میان روش‌های فوق ریخته‌گری حدیده‌ای و گریز از مرکز را به دلیل تولید قطعات با دقت بالا و نیز کاربرد فراوان در صنعت مورد بررسی قرار خواهیم داد.

ریخته‌گری حدیده‌ای از جمله روش‌هایی است که می‌توان قطعات با ابعاد عالی و دقیق را با آن تولید کرد. در این روش فلز مذاب تحت فشار مکانیکی یا هیدرولیکی از طریق راهگاه‌هایی به داخل قالب رانده شده سپس قالب (که دو قسمتی بوده) بسته شده و مذاب درون آن سرد شده و منجمد می‌شود و پس از آن با باز شدن قالب قطعه از قالب خارج می‌شود.

ریخته‌گری حدیده‌ای به دو صورت می‌تواند اعمال شود:

ریخته‌گری با مخزن گرم (کوره مذاب در کنار دستگاه) و ریخته‌گری با مخزن

سرد (که فلز را در کوره‌ای جداگانه ذوب کرده و به داخل دستگاه تزریق می‌کنند).

ریخته‌گری گریز از مرکز از جمله روش‌هایی است که در تهیه قطعات مدور،

لوله و یا حتی چندضلعی استفاده می‌کنند. در این روش قالب حول محور عمودی یا

افقی می‌چرخد و مذاب با استفاده از نیروی گریز از مرکز به همه جای آن می‌رسد.

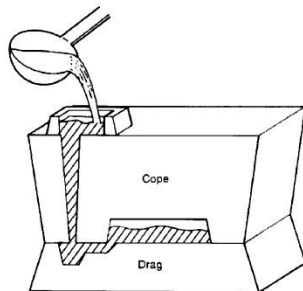
۱-۳-۲ ریخته‌گری با قالب‌های یکبار مصرف

در ریخته‌گری با قالب‌های یکبار مصرف، برای بیرون آوردن قطعه ساخته شده از درون قالب، آن را می‌شکنند. خود این روش را می‌توان به دو دسته: قالب‌گیری با مدل یکبار مصرف و قالب‌گیری با مدل چند بار مصرف تقسیم‌بندی کرد. قالب‌گیری با مدل‌های یکبارمصرف، قالب‌گیری‌های ماسه‌ای هستند که در آن قالب ساخته شده توسط ماسه پس از انجماد مذاب شکسته می‌شود. البته قالب‌گیری‌های پوسته‌ای، قالب‌گیری به کمک خلاء، قالب‌گیری ماسه‌ای نمناک و... را هم در زمره قالب‌گیری ماسه‌ای می‌توان تقسیم‌بندی کرد. به دلیل رایج بودن قالب‌گیری ماسه‌ای و استفاده اغلب از آن در کارگاه ریخته‌گری این نوع را در اینجا بررسی خواهیم کرد.

۱-۴ ریخته‌گری ماسه‌ای^۱ (قالب‌گیری ماسه‌ای)

در این نوع ریخته‌گری قبل از انجام هر کاری مدلی را که براساس آن قرار است محصول ساخته شود با استفاده از پلاستیک، چوب و غیره می‌سازند. سپس آن را در قالب فلزی دو تکه قرار می‌دهند. هر یک از این دو قسمت جداشدنی قالب را «درجه» (ضمه بر روی «ض») می‌نامند. بنابراین خود مدل دو تکه خواهد بود. درجه بالایی را بر روی میز کار قرار داده، قسمت بالایی مدل را در داخل آن گذاشته با استفاده از پودر جداکننده و پاشش و کوبیدن ماسه درون قالب (ترکیب ماده مذکور شامل ماسه، آب، خاک رس و نوعی چسب است) آن را پر می‌کنند. همین کار را برای نیمه دیگر نیز انجام می‌دهند. نباید از نظر دور داشت که گذاشتن تکه چوبی (به‌صورت شیب‌دار) برای ایجاد راهگاه مناسب درون قالب ضروری است و نیز تعبیه تغذیه‌کننده برای جبران کمبودهای ناشی از انقباض مذاب درون قالب ضروری می‌نماید. بعد از خارج کردن مدل از قالب و میله راهگاه دو نیمه قالب بر روی هم قرار گرفته، سپس مذاب را (با استفاده از ابزاری شبیه ملاقه به نام چمچه) درون آن می‌ریزند و پس از سرد شدن مذاب، قالب را شکسته و قطعه را خارج می‌کنند چنانچه در شکل زیر آورده شده است.

ریخته‌گری ۵



شکل ۱-۱ قالب ریخته‌گری

در این روش ماسه نقش قالب را بازی می‌کند، نیروی ثقل سبب جریان یافتن مذاب در داخل قالب می‌شود. امروزه از روش‌های بسیار پیچیده‌تری از جمله فشار هیدرولیکی به جای آن استفاده می‌شود. این روش یکی از ساده‌ترین و متداول‌ترین روش‌ها کارگاهی برای تولید قطعات ریخته‌گری است. قطعه‌ای که بدین طریق به دست می‌آید دارای نقایص ظاهری فراوانی مثل پلیسه و تخلخل است که عملیات ماشین‌کاری بعدی را لازم می‌سازد.

باید خاطر نشان کرد که برای دستیابی به قطعات و محصولات با کیفیت بالا و بدون نیاز به عملیات ماشین‌کاری بعدی از روش‌های جدید و پیشرفته‌تری استفاده می‌گردد. ضمن اینکه قالب‌گیری با قالب‌های یک بار مصرف هزینه و زمان زیادی را به خود اختصاص می‌دهد. در عمل از قالب‌گیری با قالب‌های چند بار مصرف بسیار استفاده می‌شود که به آن خواهیم پرداخت.

۵-۱ انواع روش‌های ریخته‌گری در ماسه

ریخته‌گری در قالب شکل داده شده با ماسه شامل روش‌های زیر:

- ریخته‌گری در ماسه تر^۱
- ریخته‌گری در ماسه خشک^۲: در این روش، قالب ماسه‌ای در گرم‌خانه‌ای با دمای حدود ۳۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت مناسبی قرار داده شده و خشک می‌گردد.

1. Green sand casting
2. Dry sand casting

- ریخته‌گری در قالب رو خشک^۱: ریخته‌گری در آن دسته از قالب‌های ماسه‌ای که سطوح آن‌ها - اغلب با یک مشعل - تا عمق معینی خشک شده است.
- ریخته‌گری روباز در ماسه^۲: ریخته‌گری در قالب‌های ماسه‌ای بدون لنگه‌ی رویی. از این روش در تولید قطعات نا دقیقی که یک سطح تخت دارند استفاده می‌شود.

در ریخته‌گری ماسه‌ای از ماسه طبیعی یا ماسه ترکیبی (ماسه دریاچه) استفاده می‌شود، که دارای یک ماده نسوز به نام سیلیکا (SiO_2) می‌باشد. دانه‌های شن باید به قدر کافی کوچک باشند تا بتوان آن‌ها را متراکم کرد. و در عین حال باید آنقدر درشت باشند تا گازهای تشکیل شده در هنگام ریخته‌گری از بین منافذ آن‌ها خارج شوند. در قالب‌های بزرگ‌تر از ماسه سبز استفاده می‌کنند (ترکیبی از ماسه، خاک رس و مقداری آب می‌باشد، استفاده می‌کنند).

ماسه را می‌توان مجدداً مورد استفاده قرار داد. همچنین زائده‌ها و فلزات اضافی بریده و مجدداً مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-۶ قسمت‌های مختلف قالب‌های ماسه‌ای

قالب از دو قسمت اصلی تشکیل شده است که درجه بالایی^۳ و درجه پایینی^۴ نامیده می‌شوند. مذاب در فضای بین دو درجه که حفره قالب نام دارد، جاری می‌گردد. هندسه طرح توسط یک قطعه چوبی که الگو یا مدل نام دارد، ایجاد می‌شود. شکل طرح، تقریباً شبیه به قطعه‌ای که ما نیاز داریم می‌باشد.

• حفره قیفی شکل: بالای این قیف ظرف مذاب ریزی قرار دارد. و به قسمت لوله مانند قیف^۵ گفته می‌شود. فلز مذاب در داخل ظرف مذاب‌ریزی ریخته شده و از طریق میل به سمت پایین جاری می‌شود.

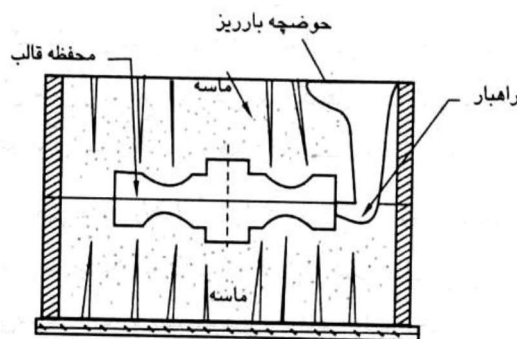
- راهگاه‌ها، کانال‌هایی عمودی و توخالی هستند که حفره قالب را به سطح آن

1. Skin-dried mould casting
2. Open sand casting
3. cope
4. drag
5. sprue

ریخته‌گری ۷

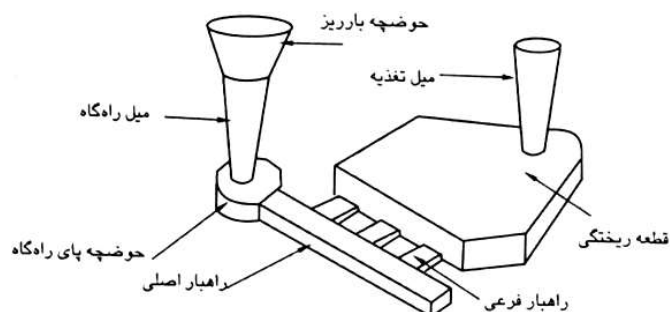
متصل می‌کنند. منطقه‌ای که این راهگاه‌ها به حفره قالب می‌رسند، دروازه^۱ نام دارد.

- چندین حفره دیگر نیز درون قالب تعبیه می‌شوند که با سطح آن در تماسند. اضافه مذابی که درون قالب ریخته می‌شود، به داخل این حفره‌ها که «لوله‌های تغذیه» نام دارند جاری می‌گردد. این لوله‌ها مانند مخازن ذخیره مذاب عمل می‌کنند. همان‌طور که مذاب در داخل حفره قالب در حال جامد شدن است حجم آن کاهش می‌یابد. برای جلوگیری از ایجاد حفره در داخل قطعه، مذاب جبران‌کننده از داخل این لوله‌ها به قالب وارد می‌شود.



شکل ۱-۲ ایجاد حفره‌ها در قالب

- **منافذ هوا:** لوله‌های باریکی هستند که حفره قالب را به فضای بیرون متصل می‌کنند و به گازها و هوای داخل قالب اجازه می‌دهند که از قالب خارج شوند.
- **ماهیچه‌ها:** بسیاری از قطعات ریخته‌گری دارای سوراخ‌های داخلی هستند یا برخی حفره‌های موجود در ساختار آن‌ها از هیچ کجای قالب قابل دسترسی نیستند. این سطوح درونی به وسیله ماهیچه‌ها ایجاد می‌گردند. ماهیچه‌ها از طریق آمیختن ماسه با یک سری چسب‌های خاص تهیه می‌شوند. این چسب باعث می‌شود که وقتی ماهیچه را در دست می‌گیریم شکل خود را حفظ کند. قالب از طریق قرار دادن ماهیچه در داخل حفره درجه پایینی و قرار دادن درجه بالایی روی آن و قفل کردن دو درجه به هم، ساخته می‌شود. بعد از انجام عملیات ریخته‌گری، ماسه‌ها کنار زده می‌شوند و ماهیچه‌ها معمولاً شکسته یا بیرون کشیده می‌شوند.



شکل ۱-۳ اجزای سیستم راهگاهی

۷-۱ ماسه ریخته‌گری

۱-۷-۱ انواع ماسه

الف) ماسه طبیعی: شامل ماسه‌های رودخانه‌ای و ماسه‌های بادی

ماسه طبیعی مستقیماً از منابع طبیعی، مثل ماسه کنار رودخانه، استخراج و استفاده می‌شود و هیچ‌گونه کار اضافی روی آن انجام نمی‌شود این ماسه‌ها را آزمایش می‌کنند که حاوی آهک نباشد. حسن ماسه رودخانه‌ای در این است که شسته شده و میزان گردی بیشتری دارند در نتیجه کیفیت سطحی قطعات ریختگی بالا می‌رود. اما در ماسه بادی، خاک نیز وجود دارد که خاصیت چسبندگی دارد.

ب) ماسه مصنوعی: در این حالت، معادن طبیعی را شناسایی و با ال‌ک کردن ناخالصی‌های آن مثل آهک را حذف می‌کنند و آن را خرد و گرد می‌کنند. این ماسه‌ها تحمل دمایی بالاتری دارند.

۲-۷-۱ انتخاب ماسه

از چند نقطه باید نمونه‌گیری کرد و تست ترکیب شیمیایی و دیرگدازی و... را روی آن‌ها انجام داد. برای اینکه رطوبت و مواد همراه ماسه تبخیر نشود، نمونه‌برداری بایستی در ظرف دربسته‌ای انجام شود.

۱-۷-۳ خواص عمومی ماسه ریخته‌گری

- استحکام در حالت تر: استحکام فشاری و برشی در گوشه‌ها
 - استحکام در حالت خشک
 - استحکام در برابر حرارت: ماسه قالب خیلی زود به دمای بالا می‌رسد، وقتی رطوبت خود را از دست می‌داد نباید شکل خود را از دست بدهد، زیرا باعث ایجاد ترک، خردشدگی یا پلیسه و زائده و رگه روی قطعه ریختگی می‌شود.
 - قابلیت عبور گاز: گاز متصاعد شده از چسب و پوشش و هوای داخل باید خارج شود. این مسئله به شکل، دانه‌بندی مواد قالب، میزان کوبش، چسب و رطوبت ماسه بستگی دارد.
 - پایداری حرارتی: ابعاد خود را در حرارت بالا حفظ کند و ضریب انبساط حرارت پایینی داشته باشد.
 - دیرگدازی مواد: قالب تغییر حالت ندهد و سوخته و ذوب نشود و مقاوم در مقابل حرارت باشد.
 - قابلیت شکل‌گیری: به اندازه دانه بستگی دارد.
 - کیفیت سطحی: به خواص فیزیکی دانه بستگی دارد.
 - قابلیت فروپاشی: تابع نوع چسب مصرفی است.
 - قابلیت بازیافت
 - تهیه و کنترل ساده
 - قدرت خنک‌کنندگی
- نکته:** ماسه سیلیسی را با خاک اره مخلوط کرده و بدین‌وسیله جلو انبساط و انقباض را می‌گیرند. یا با چسب سیلیکات سدیم و مواد افزودنی دیگر برای راحت جداشدن مخلوط می‌کنند. رطوبت در صنعت بین ۴ تا ۶ درصد وزنی است، اگر رطوبت کم باشد، استحکام‌تر کاهش می‌یابد و اگر زیاد باشد، باعث ایجاد موک‌گازی می‌شود.

۱-۸ اصول کار کوره‌های ریخته‌گری

در فرایند استخراج، تصفیه و ذوب مجدد، معمولاً راه‌هایی وجود دارد که بسته به نوع

کار طراحی می‌شوند. در این کوره‌ها عمل ذوب انجام می‌شود. برای این منظور می‌توان از کوره‌های بلند، کوره‌ای که در آن اکسید آهن تبدیل به چدن می‌شود، کنورتور که در آن چدن با دمش اکسیژن خالص به فولاد تبدیل می‌شود و کوره‌های دیگر به عنوان کوره‌های ذوب استفاده کرد.

در این درس در مورد کوره‌هایی که برای استخراج فلزات استفاده می‌شود مثل کوره‌های استخراج آهن در اصفهان، استخراج مس در سرچشمه کرمان، استخراج سرب و روی در زنجان بحث نمی‌شود.

بیشتر از کوره‌هایی که در صنعت ریخته‌گری استفاده می‌شود، یعنی کوره‌های ذوب شیشه‌ها که در آنها با تنظیم آنالیز مذاب برای ریخته‌گری قطعات آماده می‌شود، مورد بحث قرار می‌گیرند.

اصطلاحاً به این کوره‌ها، کوره‌های ذوب مجدد می‌گویند. کوره‌هایی که در ریخته‌گری برای ذوب مجدد فلزات و آلیاژها استفاده می‌شوند به برخی از این کوره‌ها در زیر اشاره شده است:

- کوره‌های بوت‌ای
- کوره‌های تشعشعی
- کوره‌های ایستاده (کوپل)
- کوره‌های برقی
- کوره‌های با شعاع الکترونی
- کوره‌های با استفاده از انرژی‌های دیگر

۱-۸-۱ کوره‌های بوت‌ای

همان‌طور که از نام آنها پیداست برای عمل ذوب از بوت‌ه استفاده می‌شود. حرارت به سه طریق منتقل می‌شود: ۱. هدایت. ۲. جابه‌جایی. ۳. تشعشع. انتقال حرارت به‌طور کلی در این کوره‌ها بیشتر از طریق هدایت به مواد موجود در داخل بوت‌ه منتقل می‌شود.

۱-۸-۱ جنس بوته‌ها

جنس بوته‌های مورد استفاده می‌کنند به شرح زیر است: بوته‌های آهن خالص، بوته‌های فولادی، بوته‌های چدنی، بوته‌های شاموتی، بوته‌های گرافیتی، بوته‌های سیلیکون کاربایدی و بوته‌های دیگر.

بوته‌های آهن خالص برای ذوب فلزاتی که نقطه ذوب کمتری نسبت به آهن دارند و خوردگی کمتری دارند استفاده می‌شود. از بوته‌های آهنی برای ذوب موادی که نقطه ذوب آن‌ها پایین‌تر از نقطه ذوب آهن خالص (۱۵۳۹-۱۵۳۶ درجه سانتی‌گراد) است، استفاده می‌شود. منیزیم را مجبوریم در داخل این نوع بوته ذوب کنیم زیرا که با بهترین آجرنسوز نمی‌توان منیزیم را ذوب کرد. زیرا که دلیلش میل ترکیبی منیزیم با اکسیژن باعث می‌شود منیزیم اکسیژن آجرنسوز بکشد و آجرنسوز متخلخل شود.

آهن خالص تجاری

چون آهن به‌صورت خیلی خالص به‌ندرت یافت می‌شود، بیشتر از این آهن استفاده می‌شود و خلوصش ۹۹/۸٪ است و ناخالصی‌اش ۰/۲-۰/۱٪ می‌باشد. آهن خالص تجاری را در دنیا فقط برخی از شرکت‌ها تولید می‌کنند. از جمله شرکت آرمکو و وستینگ‌هاوس در آمریکا تولید می‌کنند که برای ذوب آلیاژهای با نقطه ذوب کم مثل روی، منیزیم، سرب و... از این ورق‌ها بوته درست کرده (بوته یکپارچه) استفاده می‌کنند (بوته را جوشکاری نمی‌کنند بلکه با آهنگری درست می‌کنند با پرس و گرم‌کاری) - از بوته‌های چدنی برای ذوب آلیاژهای روی، آلومینیوم و سایر آلیاژها با نقطه ذوب پایین استفاده می‌کنند به شرطی که مشکل آهن در آن آلیاژها وجود نداشته باشد. تجربه نشان می‌دهد مذاب Zn و Al، آهن را در خود حل می‌کند چون چدن دارای انتقال حرارت خوب است (به دلیل گرافیت‌های لایه‌ای) و ارزان ریخته‌گری می‌شود. در ایران بیشتر از بوته‌های چدنی استفاده می‌شود.

بوته‌های فولادی

از بوته‌های فولادی برای ذوب آلیاژها با نقطه ذوب کم و آلیاژهایی که میل ترکیبی زیادی نسبت به اکسیژن دارد مثل آلیاژهای منیزیم استفاده می‌کنند. فولادهای معمولی

خوردگی بیشتری دارند و مذاب آلیاژهای مختلف در آن تدریجاً آن را می‌خورند (یعنی بدنه را در خود حل می‌کنند).

بوته از جنس مواد نسوز دوام بیشتری در برابر پوسته پوسته شدن یعنی اکسیدشدن دارد. آنالیز یک نوع فولادنسوز عبارتست از ۲۵٪ کرم و ۲۰٪ نیکل و بقیه عناصر جزئی دیگر، از آلیاژهای دیگر نیز که قیمت آن‌ها گران است به‌عنوان بوته می‌توان استفاده کرد، از جمله آلیاژ ۵۰٪ کرم و ۵۰٪ نیکل یا آلیاژ ۵۰٪ کرم و ۵۰٪ نیکل و کمی نیوبیوم Nb که دوام و مقاومت خوبی دارد.

بوته‌های گرافیتی

همان‌طور که از نام این بوته‌ها پیداست، جنس این بوته‌ها از گرافیت می‌باشد. بوته‌های گرافیتی به دلیل اینکه نقطه ذوب بالا داشته و گرافیت نیز علاوه بر نسوز بودن از انتقال حرارت زیادی نیز برخوردار است هدایت خوبی داشته و حرارت را از جداره خود به داخل بوته هدایت می‌کند.

بوته‌های سیلیکون کارباید

این نوع بوته‌ها از استحکام بیشتری برخوردارند و خود ماده سیلیکون کارباید در اثر حرارت، کمی منقبض و منبسط می‌شود. یکی از بهترین موادی است که به شوک حرارتی مقاوم است. برای ذوب چدن بیشتر از بوته‌های سیلیکون کاربایدی استفاده می‌شود چون چدن آلیاژیست از آهن - کربن - سیلیسیم، بنابراین میل کمتری به ایجاد خوردگی در جداره دارد.

بوته‌های شاموتی

این بوته‌ها از خاک رس نسوز ساخته می‌شود. از ریختن رس نسوز در اثر حرارت اصطلاحاً شاموت به‌دست می‌آید. البته درجه نسوز بوته‌های شاموتی بستگی به درجه خلوص شاموت دارد. بهترین ماده شاموت آن است که پس از پخت، مقدار فازهای مولیت در حداکثر خود قرار گیرد. مولیت نسوزی است که تا دمای درجه سانتی‌گراد

۱۸۰۰ می‌تواند دوام بیاورد، در ضمن از نظر مقاومت مکانیکی در دمای بالا نیز خوب است. در بوته‌های شاموتی آلیاژهای غیر آهنی و به‌ندرت چدن ذوب می‌شود. معمولاً دوام بوته‌های شاموتی تا دمای ۱۶۵۰ درجه سانتی‌گراد است.

۱-۸-۲ انواع کوره‌های بوته‌ای^۱

الف) کوره بوته‌ای چرخان

ب) کوره بوته‌ای ثابت (زمینی)

۱. با سوخت جامد - این نوع کوره‌ها دو نوعند، یکی کوره سنتی است که از سوخت جامد زغال‌سنگ یا کک برای عمل ذوب استفاده می‌کردند. این نوع کوره نیاز به برق نداشت و با هوای طبیعی که از زیر کوره از لابه‌لای میله‌های کف به داخل کشیده می‌شد زغال سنگ یا کک‌ها را مشتعل می‌ساخت. برای ذوب فلزات مخصوصاً چدن بوته را در داخل کک‌ها دفن می‌کردند تا هم از بالا و هم از بغل‌ها و هم از زیر حرارت به فلز برسد و ذوب خوب و کامل انجام شود. (برای ذوب چدن در این کوره‌ها اول باید کک‌ها را الک کرد یعنی کک‌ها را دسته بندی کرد از درشت به ریز و پودر، کک درشت در زیر و بعد بوته و بعد شارژ و چند عدد کرک بزرگ در داخل بوته و کک متوسط در اطراف و ریزها را در اطراف می‌ریزیم و بقیه را در بالا می‌گذاریم).

۲. با سوخت مایع - نقشه این کوره در شکل ۱-۴ آمده است که برای ذوب ۱۰۰-۱۵۰ کیلو گرم چدن می‌باشد، سوخت این کوره‌ها از گازوئیل با ارزش حرارتی ۹۳۰۰ کیلو کالری بر لیتر درجه سانتی‌گراد یا مازوت با ارزش حرارتی ۱۱۰۰ کیلو کالری بر لیتر درجه سانتی‌گراد است و می‌توان با استفاده از بوته‌های گرافیتی در آن چدن ذوب کرد. مشعل آن از نوع فارسونگامی (یک نوع مشعل ساده صنعتی که از طریق یک لوله رابط به یک ونتیلاتور (دمنده هوا) وصل شده است). نوع ونتیلاتور یا دمنده هوا بستگی به ظرفیت کوره انتخاب می‌شود، معمولاً دمنده‌هایی که پس از ساخت بالانس شده‌اند را در این کوره‌ها قرار می‌دهند در این کوره‌ها شعله مستقیماً به مذاب بر نمی‌خورد، زیرا اگر مستقیماً به مذاب برخورد موجب اکسید شدن آن می‌شود.



شکل ۱-۴ اشکال مختلف کوره‌ها

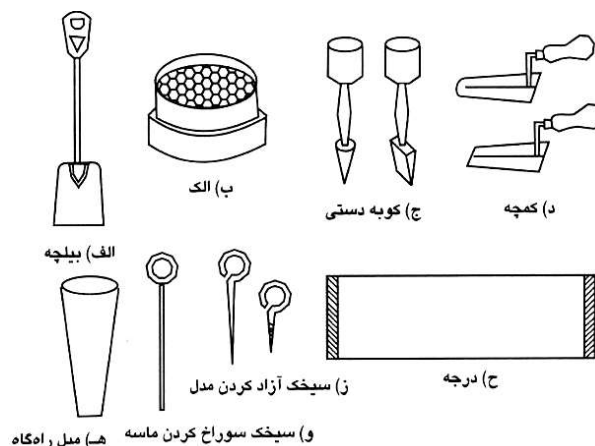
ج) کوره‌های تشعشعی نیمه چرخان

از این کوره‌ها نیز برای ذوب آلیاژهای غیر آهنی استفاده می‌کنند و موقع تخلیه مذاب، کوره چرخانده می‌شود یا در هنگام شارژ کوره چرخانده شده و شارژ را تحویل می‌گیرد. در این کوره‌ها نیز سعی می‌شود شعله به دیواره‌ها برخورد کرده و برخورد مستقیم با مذاب نداشته باشد.

د) کوره‌های دوار

کوره‌های دوار مذاب چدن و مذاب آلومینیوم می‌سازد. سوخت این نوع کوره‌ها گاز، گازوئیل و مازوت است. کوره‌هایی با ظرفیت کمتر با دست و کوره‌های با ظرفیت بیشتر به کمک جرثقیل شارژ می‌شوند. کوره روی جک‌های مربوطه به اندازه ۴۵ درجه بلند می‌شود و بعد از شارژ دوباره به جای خودش بر می‌گردد. جداره نسوز این کوره‌ها برای ذوب چدن، خاک نسوز سیلیسی و برای ذوب آلیاژهای آلومینیوم خاک نسوز آلومینایی است. ساختمان این کوره‌ها: این کوره‌ها شامل یک اسکلت فلزی که به شکل یک استوانه متصل به دو مخروط ناقص است و توسط فلنچ روی استوانه و مخروط‌ها به یکدیگر متصل می‌شود. به طرف دهانه بزرگ مخروط‌ها و هر دو طرف استوانه فلنچ نصب شده و روی استوانه دو غلطک وصل می‌شود. غلطک‌های محرک، کوره را با سرعت یک دور در دقیقه می‌چرخانند (شکل ۱-۴).

۹-۱ ابزارهای ریخته‌گری



شکل ۱-۵ ابزارهای مورد استفاده در کارگاه ریخته‌گری

۱۰-۱ تمرینات قالب‌گیری و ریخته‌گری

تمرین شماره ۱: آماده کردن ماسه

ماسه قالب‌گیری ترکیبی است از ذرات ماسه، خاک رس و آب و مقداری مواد دیگر. این ماسه ممکن است نو باشد یعنی قبلاً استفاده نشده باشد یا ماسه برگشتی از ریخته‌گری باشد که به آن ماسه کهنه گفته می‌شود.

برای آماده‌سازی ماسه نو کافی است مقداری آب به آن اضافه شود و اگر چسبندگی کافی نداشته باشد، مقداری چسب بنتونیت به آن افزوده می‌شود.



شکل ۱-۶ آماده کردن ماسه