

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اصول تکنولوژیکی ریخته‌گری

رشته متالورژی

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۲۳۳۹

امامی، منصور	۶۷۱
۲/	
اصول تکنولوژیکی ریخته‌گری/ مؤلفان: منصور امامی، حسن ثقفیان لاریجانی. - [ویرایش دوم] /	
بازسازی و تجدیدنظر: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف رشته متالورژی. - تهران: شرکت چاپ و نشر	الف ۷۶۷ الف
کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.	۱۳۹۴
۱۸۷ص. : مصور. - (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۲۳۳۹)	
متون درسی رشته متالورژی، زمینه صنعت.	
۱. ریخته‌گری. الف. ثقفیان لاریجانی، حسن. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون	
برنامه‌ریزی و تألیف رشته متالورژی. ج. عنوان. د. فروست.	

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :

پیشنهادهای و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب های درسی
فنی و حرفه ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

info@tvoccd.sch.ir

پیام نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وب گاه (وب سایت)

این کتاب با توجه به برنامه سالی - واحدی در آذرماه ۱۳۷۹ توسط کمیسیون تخصصی برنامه ریزی
و تألیف رشته متالورژی بازسازی و تجدیدنظر گردید.

این کتاب با توجه به برنامه سالی - واحدی و پیشنهاد هنرآموزان و سرگروه های آموزشی در تنکابن و
تصویب کمیسیون تخصصی رشته متالورژی در سال تحصیلی ۸۶-۱۳۸۵ مورد بازبینی و اصلاح قرار گرفت.

وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی

برنامه ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کاردانش

نام کتاب : اصول تکنولوژیکی ریخته گری - ۳۵۹/۶۹

مؤلفان : منصور امامی، حسن تقفیان لاریجانی

آماده سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

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

تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب سایت : www.chap.sch.ir

رسم : سمیه جلیلی

صفحه آرا : علی نجمی

طراح جلد : علیرضا رضائی کر

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

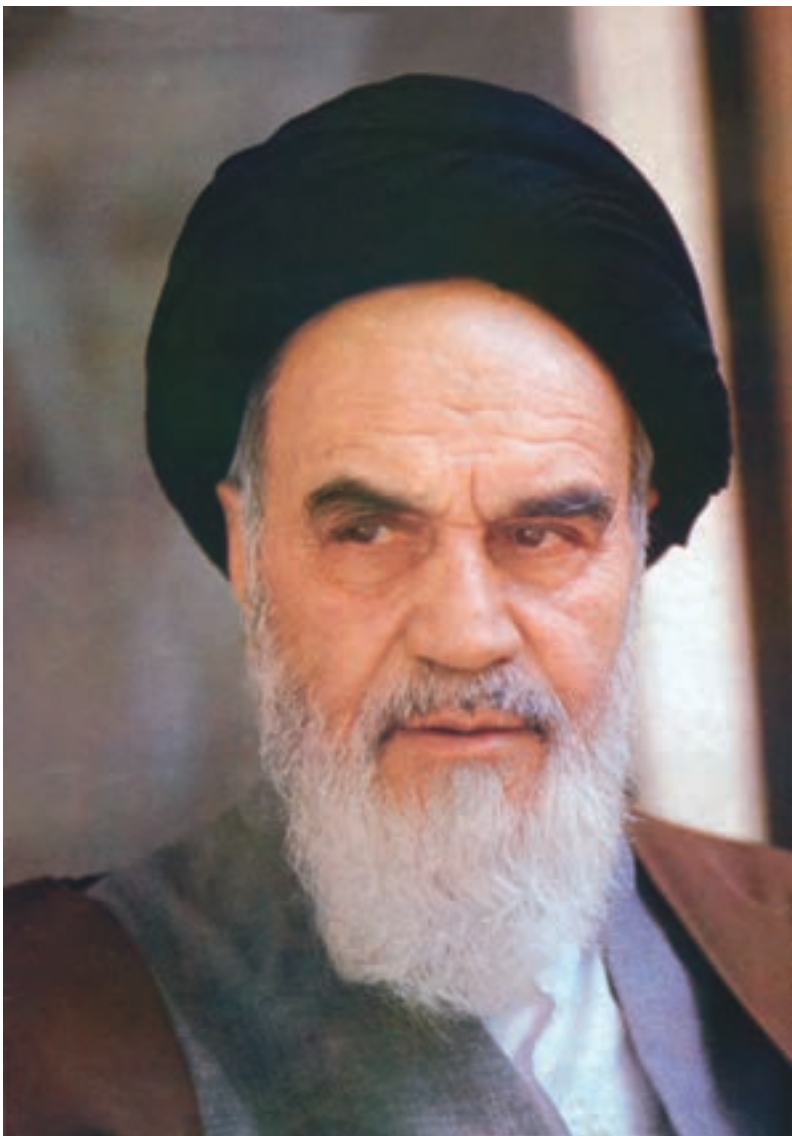
تلفن : ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار : ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۳-۶۴۴-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-0644-3



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای به اجانب پرهیزید.

امام خمینی «قلس سرّ الشّریف»

فهرست مطالب

مقدمه

۱	فصل اول : روش های تولید قطعات صنعتی
۱	۱-۱- مقدمه
۱	۱-۲- ریخته گری
۲	۱-۲-۱- تاریخچه ی ریخته گری
۹	۱-۳- نوردکاری
۱۴	۱-۴- فشارکاری (اکستروژن)
۱۶	۱-۵- پتک کاری (آهنگری)
۱۹	۱-۶- جوشکاری
۱۹	۱-۶-۱- جوشکاری ذوبی
۲۲	۱-۶-۲- جوشکاری فشاری
۲۲	۱-۶-۳- لحیم کاری و زر جوش
۲۲	۱-۷- متالورژی پودر
۲۲	۱-۷-۱- مراحل مختلف تولید قطعه به روش متالورژی پودر
۲۵	۱-۷-۲- مزایای متالورژی پودر
۲۶	۱-۸- ماشین کاری
۲۷	۱-۹- مزایا و محدودیت های روش ریخته گری نسبت به سایر روش های تولید
۲۷	۱-۹-۱- مهم ترین مزایای روش ریخته گری
۲۸	۱-۹-۲- مهم ترین محدودیت های عمده ی روش ریخته گری
۲۸	۱-۱۰- محصولات ریخته گری
۲۹	پرسش ها

۳۰	فصل دوم : عملیات ذوب
۳۰	۲-۱- کوره های ریخته گری و مشخصات آن
۳۰	۲-۱-۱- کوره های بوته ای

۳۲	۲-۱-۲- کوره های تشعشعی
۳۳	۲-۱-۳- کوره ی کویل
۳۴	۲-۱-۴- کوره های الکتریکی
۳۸	پرسش ها

۳۹	فصل سوم : قالب های ریخته گری
۳۹	۳-۱- تعریف
۳۹	۳-۲- قالب های دائمی
۴۰	۳-۳- قالب های موقت
۴۱	۳-۳-۱- مشخصات عمومی قالب های موقت
۴۲	۳-۴- ماسه
۴۲	۳-۴-۱- ماسه طبیعی
۴۳	۳-۴-۲- ماسه مصنوعی
۴۸	۳-۵- چسب
۴۸	۳-۵-۱- مقدار چسب در مخلوط مواد قالب گیری
۴۹	۳-۵-۲- خاک ها
۵۰	۳-۶- افزودنی ها
۵۲	۳-۷- احیا و آماده سازی ماسه
۵۲	۳-۷-۱- احیا (بازیابی) ماسه
۵۶	۳-۷-۲- آماده سازی ماسه
۵۸	پرسش ها

۵۹	فصل چهارم : ماهیچه
۵۹	۴-۱- تعریف
۶۰	۴-۲- اجزای تشکیل دهنده ی مخلوط ماسه ماهیچه
۶۱	۴-۲-۱- ماسه

۶۱	۴-۲-۲- چسب
۶۴	۴-۲-۳- مواد افزودنی
۶۵	۴-۳- روش های ماهیچه سازی
۶۵	۴-۳-۱- روش دستی
۶۶	۴-۳-۲- روش ماشینی
۶۸	۴-۳-۳- سخت کردن ماهیچه
۷۰	۴-۴- جعبه ماهیچه (قالب ماهیچه)
۷۱	پرسش ها

فصل پنجم : مدل

۷۲	۵-۱- مقدمه
۷۳	۵-۲- انواع مدل
۷۳	۵-۲-۱- دسته بندی مدل ها براساس جنس
۷۶	۵-۲-۲- دسته بندی مدل ها براساس شکل ظاهری آنها
۷۶	۵-۲-۳- انواع مدل براساس سطح جدایش آن
۸۲	۵-۳- اضافه ها و تغییرهای مجاز در مدل
۸۳	۵-۳-۱- اضافه مجاز انقباضی
۸۴	۵-۳-۲- اضافه مجاز ماشین کاری
۸۵	۵-۳-۳- شیب مجاز
۸۵	۵-۳-۴- اختلاف مجاز (تولرانس)
۸۶	۵-۳-۵- خطای مجاز
۹۰	۵-۴- رنگ مدل
۹۱	۵-۵- نگاه داری مدل
۹۲	پرسش ها

فصل ششم : روش های ریخته گری (۱)

۹۳	۶-۱- مقدمه
----	------------

۹۳	۶-۲- ریخته‌گری در قالب‌های ماسه‌ای تر
۹۴	۶-۲-۱- مزایا و محدودیت‌ها
۹۴	۶-۲-۲- روش‌های قالب‌گیری با ماسه‌ای تر
۱۰۲	۶-۳- ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای خشک
۱۰۲	۶-۳-۱- قالب‌های خشک شده‌ی سطحی
۱۰۲	۶-۳-۲- قالب‌های ماسه‌ای کاملاً خشک
۱۰۳	۶-۴- ریخته‌گری در قالب‌های (دی‌اکسیدکربن)
۱۰۳	۶-۴-۱- ویژگی‌ها
۱۰۳	۶-۴-۲- روش کار
۱۰۴	۶-۴-۳- مزیت‌ها و محدودیت‌ها
۱۰۵	۶-۴-۴- واکنش سیلیکات سدیم و دی‌اکسیدکربن
۱۰۵	۶-۴-۵- مخلوط ماسه‌ی قالب‌گیری
۱۰۷	۶-۴-۶- آماده‌سازی ماسه
۱۰۷	۶-۴-۷- روش تولید و تجهیزات مورد استفاده برای ساخت قالب و ماهیچه
۱۱۰	۶-۵- ریخته‌گری در قالب‌های پوسته‌ای
۱۱۰	۶-۵-۱- مزایا و محدودیت‌ها
۱۱۱	۶-۵-۲- اجزای مخلوط ماسه و خواص آن
۱۱۲	۶-۵-۳- تهیه‌ی مخلوط ماسه و رزین
۱۱۳	۶-۵-۴- عملیات تهیه‌ی قالب و ماهیچه
۱۱۴	۶-۵-۵- روش‌های قالب‌گیری پوسته‌ای
۱۱۷	۶-۶- روش ریخته‌گری دقیق
۱۱۸	۶-۶-۱- مزایا و محدودیت‌ها
۱۱۸	۶-۶-۲- انواع روش‌های ریخته‌گری دقیق
۱۱۸	۶-۶-۳- فرآیند قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی در ریخته‌گری دقیق
۱۲۴	۶-۶-۴- فرآیند تهیه‌ی قالب‌های توپر در ریخته‌گری دقیق
۱۲۶	پرسش‌ها

۱۲۸	فصل هفتم : روش های ریخته گری (۲)
۱۲۸	۷-۱- مقدمه
۱۲۸	۷-۱-۱- تقسیم بندی روش های ریخته گری در قالب های دائمی
۱۲۹	۷-۲- ریخته گری در قالب های ریژه (روش ثقلی)
۱۲۹	۷-۲-۱- مزایا و محدودیت ها
۱۲۹	۷-۲-۲- فلزات و آلیاژهای مناسب برای ریخته گری در قالب ریژه
۱۳۰	۷-۲-۳- روش های ریخته گری ریژه
۱۳۴	۷-۲-۴- جنس قالب
۱۳۵	۷-۲-۵- عمر قالب
۱۳۶	۷-۲-۶- درجه ی حرارت قالب
۱۳۷	۷-۲-۷- درجه ی حرارت بارریزی
۱۳۷	۷-۳- ریخته گری تحت فشار
۱۳۸	۷-۳-۱- مزایا و محدودیت ها
۱۳۹	۷-۳-۲- طرز کار ماشین های ریخته گری تحت فشار
۱۴۰	۷-۳-۳- انواع ماشین های ریخته گری تحت فشار
۱۴۵	۷-۳-۴- قالب
۱۴۵	۷-۳-۵- ریخته گری تحت فشار کم
۱۴۷	۷-۴- ریخته گری گریز از مرکز
۱۴۸	۷-۴-۱- روش گریز از مرکز افقی
۱۵۰	۷-۴-۲- ریخته گری گریز از مرکز عمودی
۱۵۳	پیش ها

۱۵۴	فصل هشتم : پوشش دادن قالب و ماهیچه
۱۵۴	۸-۱- مقدمه
۱۵۵	۸-۲- انواع مواد پوشش در قالب های موقت
۱۵۸	۸-۳- روش های پوشش دادن قالب و ماهیچه
۱۵۹	۸-۳-۱- روش پوشش دادن با استفاده از قلم مو و اسفنج

- ۱۵۹ ۸-۳-۲ پوشش دادن به روش پاشیدن (پاششی)
- ۱۵۹ ۸-۳-۳ پوشش دادن به روش غوطه ورسازی
- ۱۵۹ ۸-۴ پوشش قالب های ریژه
- ۱۶۰ ۸-۴-۱ انواع مواد پوششی در قالب ریژه
- ۱۶۱ ۸-۴-۲ مشخصه های مواد پوششی
- ۱۶۱ ۸-۴-۳ روش های پوشش دادن
- ۱۶۱ ۸-۴-۴ عمر مواد پوششی
- ۱۶۱ ۸-۴-۵ مواد پوششی برای آلیاژهای مختلف ریختگی
- ۱۶۲ ۸-۵ پوشش قالب های ریخته گری تحت فشار
- ۱۶۲ ۸-۵-۱ ویژگی ها
- ۱۶۲ ۸-۵-۲ مواد پوششی در آلیاژهای مختلف
- ۱۶۴ پریش ها

- ۱۶۵ فصل نهم : عیوب قطعات ریختگی
- ۱۶۵ ۹-۱ مقدمه
- ۱۶۶ ۹-۲ دسته بندی عیوب ریختگی
- ۱۶۷ ۹-۲-۱ بررسی منشأ بروز عیوب
- ۱۶۷ ۹-۲-۲ بررسی نوع عیوب
- ۱۸۶ پریش ها

- ۱۸۷ فهرست منابع و مراجع

مقدمه

به نام خداوندی که دانش، تلاش و معرفت را آفرید.

فرآیند ریخته‌گری در تولید قطعات صنعتی از قدمتی چند هزار ساله برخوردار است. این روش نیز همگام با گسترش و توسعه صنایع، در مسیر تکاملی دستخوش تحولاتی خود شده است، به گونه‌ای که امروزه به صورت مجموعه‌ای از علوم و تکنولوژی درآمده است.

با مراجعه به آمارهای جهانی تولید قطعات صنعتی، افزایش روزافزون میزان محصولات ریخته‌گری در مقایسه با محصولات ساخته شده از طریق سایر روش‌ها به خوبی مشهود است.

کتاب حاضر تلاشی است در راستای هدف‌های دوره‌ی پنج ساله نظام جدید آموزش متوسطه، که به منظور آشنا کردن دانش‌آموزان رشته‌ی متالورژی با اصول اولیه تکنولوژی ریخته‌گری تدوین یافته است. لازم به یادآوری است که حجم و محتوای مطالب با توجه به ویژگی‌های برنامه آموزشی رشته‌ی متالورژی در نظام جدید و موقعیت دانش‌آموز در این برنامه‌ریزی، تنظیم شده است.

کتاب اصول تکنولوژی در نه فصل تدوین شده است که در فصل اول ابتدا دانش‌آموزان با تاریخچه و موقعیت صنعت ریخته‌گری آشنا می‌شوند. سپس در فصل‌های بعدی با مواد، ابزار و تجهیزات قالب‌گیری و مایه‌ساز و نیز تکنولوژی تولید قطعات ریخته‌گری را فرامی‌گیرند.

هرچند در نگارش این کتاب سعی شده است تا به همراه کتاب به کارگاه ریخته‌گری، اصول اولیه تکنولوژی ریخته‌گری به دانش‌آموزان تفهیم شود با وجود این، یقیناً خالی از اشکال نیست. لذا از مدرسان محترم انتظار می‌رود تا با ارائه‌ی نظرات اصلاحی خود، مؤلفان را در رفع نقایص راهنمایی کنند.

مؤلفان

هدف کلی

آشنایی با اصول کلی ریخته‌گری از نقطه نظر فرآیندهای تولید

فصل اول

روش‌های تولید قطعات صنعتی

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود پس از پایان این فصل بتواند :

- ۱- روش‌های مختلف تولید را شرح دهد.
- ۲- مزایا و محدودیت‌های روش ریخته‌گری را با روش‌های دیگر تولید مقایسه کند.

۱-۱- مقدمه

بعد از استخراج و تهیه شمش فلزات، مرحله بعدی تولید قطعات صنعتی است. برای تولید قطعات از روش‌ها و تکنیک‌های متفاوتی استفاده می‌شود که به روش‌های تولید معروفند. روش‌های تولید با توجه به عواملی نظیر نوع و جنس آلیاژ، اندازه و شکل قطعات، کیفیت و کمیت، هزینه تمام شده و بسیاری از موارد دیگر انتخاب می‌شوند. معمولاً برای ساخت یک قطعه با توجه به شکل فلز و کاربرد از چند روش تولید می‌توان استفاده نمود.

روش‌های تولید را می‌توان به هفت دسته اصلی تقسیم کرد که عبارتند از: ریخته‌گری^۱، نوردکاری^۲، فشارکاری^۳، پتک‌کاری^۴، جوشکاری، متالورژی پودر^۵ و ماشین‌کاری. البته روش‌های نوین دیگری نیز ابداع شده که توضیح در مورد آن‌ها در حوصله‌ی این کتاب نمی‌باشد.

۱-۲- ریخته‌گری

ریخته‌گری یکی از روش‌های شکل دادن قطعات فلزی است که شامل تهیه مذاب از فلز مورد نظر و ریختن آن در محفظه‌ای به نام قالب است، به گونه‌ای که پس از انجماد مذاب، شکل، اندازه و خواص مورد نظر تأمین شود. بنابراین با توجه به این تعریف، فرآیند ریخته‌گری را باید مجموعه‌ای از عملیات ذوب، تهیه قالب و ریختن مذاب دانست. در شکل ۱-۱ مراحل مختلف ریخته‌گری یک قطعه

۱- Casting

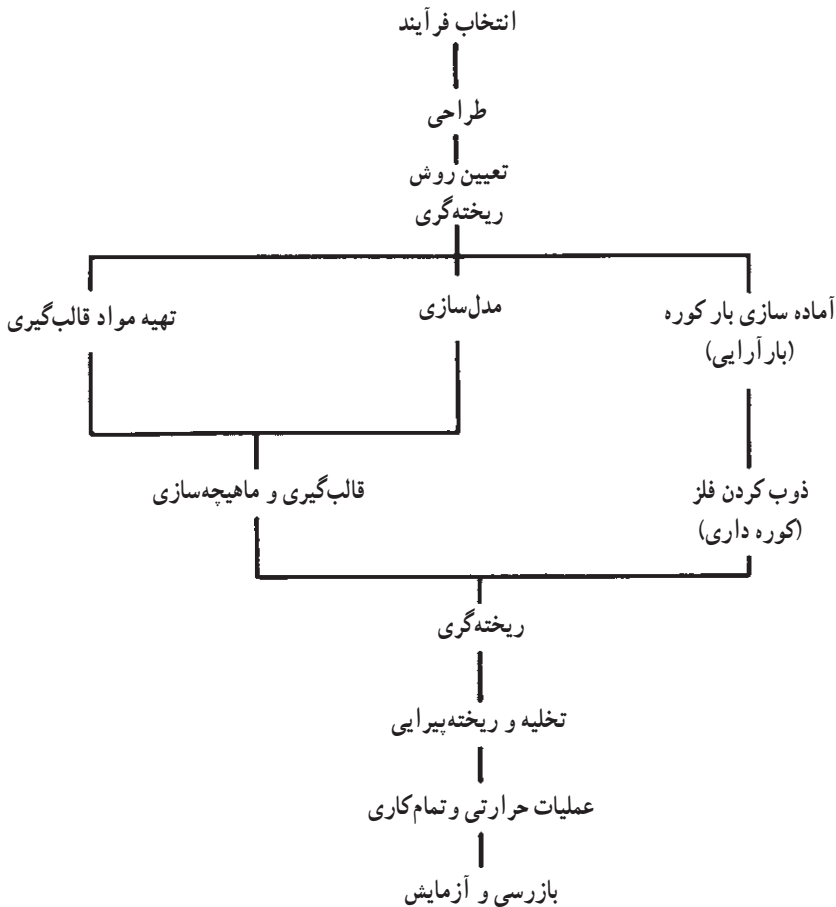
۲- Rolling

۳- Extrusion

۴- Forging

۵- Powder Metallurgy

فلزی، به طور ساده نشان داده شده است.



شکل ۱-۱ - نمودار تولید قطعه ریخته‌گری

۱-۲-۱- تاریخچه‌ی ریخته‌گری: براساس تحقیقات باستان‌شناسان، ریخته‌گری فلزات،

یک تکنولوژی ما قبل تاریخ بوده و قدمتی شش هزار ساله دارد. اولین اشیای ساخته شده از فلزات به صورت قطعات کوچک چکش کاری شده از مس هستند که قدمت آن‌ها به نه هزار سال قبل از میلاد مسیح، می‌رسد. از نقطه نظر تاریخی، ریخته‌گری را می‌توان به چند دوره تقسیم نمود که در اینجا شرح آن‌ها به اختصار آمده است.

دوره‌ی برنز (مس و مفرغ): دوره‌ی برنز در خاور نزدیک و در حدود ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح آغاز شد. اولین اشیای برنزی کشف شده، به صورت آلیاژی از مس و آرسنیک (حدود

۴ درصد) بوده است. این آلیاژ که مصرف عمومی داشت، همزمان با خاور نزدیک در اروپا به خصوص انگلستان نیز مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲ - قالب سنگی مورد استفاده در عصر برنز

موضوع مهم در این دوره، بی بردن به تأثیر قلع بر خواص مس است که باعث افزایش استحکام و سختی آن می‌شود. این موضوع هنوز در پرده‌ای از ابهام است، زیرا نه سنگ معدن مس حاوی قلع بوده است و نه این که معادن مس و قلع نزدیک هم قرار دارند که آلیاژ شدن آن‌ها به طور اتفاقی امکان‌پذیر باشد. به عنوان مثال شیئی (میخ) مربوط به ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد در ایران کشف شده که دارای ۱/۷۴ درصد قلع است.

در ارتباط با چگونگی پیدایش ریخته‌گری، می‌توان این گونه تحلیل کرد که با توجه به این که پتک‌کاری قبل از ریخته‌گری مورد استفاده بشر قرار گرفته است، ممکن است در هنگام پتک‌کاری، عمل ذوب به طور اتفاقی صورت گرفته باشد که با مشاهده این امر، موارد زیر در ذهن بشر القا شد:

— مذاب باید در محفظه‌ای ریخته شود تا شکل پیدا کند.

— برای تهیه مذاب باید کوره‌های پتک‌کاری به گونه‌ای تغییر یابد که همواره تهیه مذاب در آن امکان‌پذیر باشد.

— برای تهیه مذاب و نگه‌داری آن باید ظرفی نسوز تهیه کرد (بوته).

با توجه به این که بشر قبلاً به نسوز بودن بعضی از خاک‌ها پی برده بود و نیز به دلیل آشنایی با حرفه‌ی سفالگری، به نحوه‌ی شکل دادن خاک نیز دست یافته بود، لذا به نیازهای اول و سوم او پاسخ

داده شد. نیاز دوم یعنی ساخت کوره‌های ذوب نیز، احتمالاً با سنگ چین و گل اندود کردن و قرار دادن محلی برای عبور هوا برآورده شد (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳

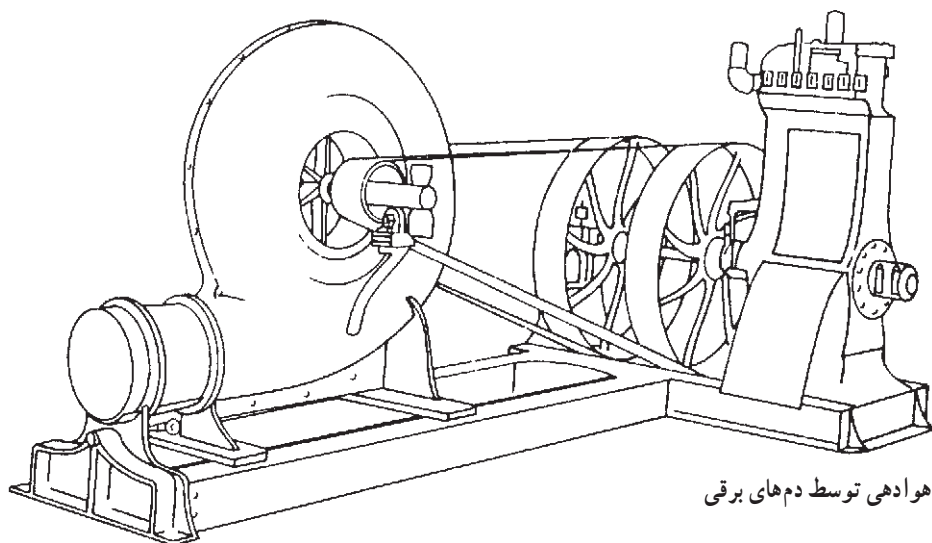
از مسائل مهم در این ارتباط، موضوع دمش بود که البته این موضوع برای عصر فلز تازگی نداشت چرا که در دوران سفالگری نیز این موضوع مطرح بوده است با این تفاوت که میزان حرارت لازم برای ذوب فلز با پختن سفال تفاوت زیادی دارد که این امر به تبدیل سیستم دم از حالت فوت کردن به استفاده از کیسه‌ی دم و سپس به موتورهای تنظیم هوا با فشار مناسب، که امروزه کاربرد فراوانی دارند، منتهی شده است (شکل ۱-۴).



الف) هوادهی توسط فوت کردن



ب) هوادهی توسط دم



ج) هوادهی توسط دم های برقی

شکل ۴-۱- سیر تکاملی در امر هوا دادن

به طور کلی در دوران مفرغ، ساخت قطعاتی نظیر تبر، نیزه، کارد، سپر، ظروف، شیشه و نیز ساخت آلیاژهایی از عناصری نظیر قلع (تا ۱۸ درصد) و سرب (تا ۱۱ درصد) و آرسنیک و روی، معمول بوده است.

دوره ی آهن: اگر چه براساس کاوش باستان شناسان در چین قطعاتی چدنی مربوط به ۶۰۰ سال قبل از میلاد به دست آمده است، اما پیدایش آهن به عنوان یک دوره، به دوهزار سال قبل از میلاد مسیح می رسد. نام آهن در زبان پهلوی به عنوان «آلسن» در آلمانی «آیزن» و در انگلیسی «آیرن» نامیده شده است و احتمالاً به هنگام ذوب مس، به آن پی برده اند. در هر حال در حدود ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ سال قبل از میلاد آهن تقریباً ماده ی اصلی اغلب سلاح ها و ابزارها را تشکیل می داد، در حالی که برنز به منظور ساخت ظروف، گلدان ها و اشیای تزئینی مورد استفاده قرار می گرفت.

بدیهی است که آهن های به دست آمده در این دوران را نمی توان به ریخته گری نسبت داد، بلکه این آهن ها در اثر پتک کاری بر روی آهن اسفنجی به دست آمده است. با توجه به نقطه ذوب بالا (1539°C) بدیهی است که ذوب مستقیم آهن تا قرن نوزدهم امکان پذیر نبود^۱ ولی در اواسط دوره ی آهن بر اثر افزایش کربن و پایین آمدن نقطه ی ذوب (در چدن ها) قطعات ریخته گری نیز به وجود آمد. نکته مهم دیگر کشف عملیات حرارتی بر روی آهن بود که از اهمیت خاصی برخوردار است. در مصر شمشیر و تبری با پوششی از خاک نسوز به دست آمده که لبه ی آن حاوی ۹/۰ درصد کربن و قسمت های میانی آن تقریباً فاقد کربن است. در این اشیاء، سختی در قسمت میانی معادل 70° برینل و در قسمت لبه معادل 440° برینل بوده است.

در دوره ی آهن تحولات جدیدی در آلیاژهای مس نیز به وجود آمد و آلیاژهای مختلفی از مس و قلع ساخته شد. در جدول ۱-۱ نمونه هایی از مصنوعات مسی درج شده است.

جدول ۱-۱- محصولات ساخته شده از آلیاژهای مس در دوره ی آهن

نوع محصول	نوع آلیاز
زنگ و ظروف	۵ قسمت مس - یک قسمت قلع
کارد	۳ قسمت مس - یک قسمت قلع
آینه ها	یک قسمت مس - یک قسمت قلع
تبر	۴ قسمت مس - یک قسمت قلع
بیل	۲ قسمت مس - یک قسمت قلع

۱- شواهدی نیز موجود است که براساس آن ذوب آهن توسط ایرانیان باستان انجام گرفته است.

از آلیاژهای دیگر ساخته شده در اواخر این دوره، آلیاژ برنج (مس و روی) و نیز برنج‌های قلع‌دار است.

پیدایش روش‌های جدید ریخته‌گری و قالب‌گیری را نیز باید از دیگر تحولات دوره‌ی آهن دانست. در این دوره شواهدی در دست است که از قالب‌های سرامیکی نیز استفاده شده است. از عجایب این دوره ساخت مجسمه‌ی رودس است که در سال ۲۹۰ قبل از میلاد ساخته شد و جزء عجایب هفت‌گانه محسوب می‌شود. این مجسمه‌ی ۳۲ متری که از قطعات مختلف برنز ریخته‌گری ساخته شده و وزنی حدود ۳۹۰ تن داشت، طی زمین لرزه‌ای در دریای مدیترانه غرق شد.

دوره‌ی تاریک صنعتی: در سده‌های سوم و چهارم بعد از میلاد تا قرن چهاردهم میلادی یک دوره رکود در صنایع و از جمله ریخته‌گری به وجود آمد. البته با توجه به حاکمیت کلیسا و تزئینات آن نظیر ناقوس، شمعدانی و ... روش‌های جدیدی در ریخته‌گری ایجاد شد.

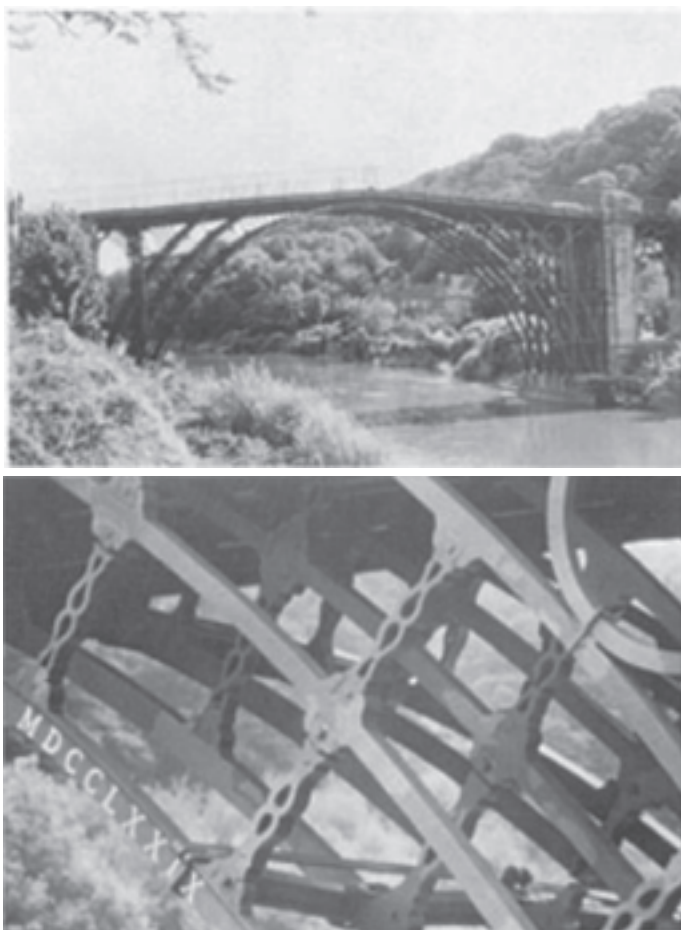
ساخت ناقوس‌ها در این دوره اهمیت خاصی پیدا کرد و رقابت برای ساخت آن‌ها زیاد شد. در «سنت پل» ناقوسی به وزن ۱۷ تن به نام پُل کبیر ساخته شد. در روسیه ناقوس‌هایی به وزن ۱۷۱ تن در «نرونسکی» و ۱۱۰ تن در مسکو ریخته شده است.

دوره‌ی رنسانس صنعتی: این دوره از سال ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ میلادی به طول انجامید. در این دوره صنعت توپ‌ریزی بنا نهاده شد. در ابتدا لوله‌های توپ از برنز و سپس از چدن ساخته شد و در این رابطه دولت عثمانی نقش زیادی داشت. در این دوره همچنین کوره‌ها از نظر دُمش رونق یافت و برای مذاب از نگه دارنده استفاده شد. دوره رنسانس صنعتی را علاوه بر تکامل کوره‌ها و سیستم‌های دُمشی از نظر مواد اولیه باید آغاز استفاده از ماسه و روش ریخته‌گری در ماسه محسوب کرد. ظهور چدن و فولاد به عنوان مواد اولیه در ساخت قطعات و لوازم دفاعی و خانگی و نیز استفاده از آلیاژهای متفاوت مس نظیر برنز و برنج و عناصر دیگر و همچنین استفاده از طلا در ساخت زینت آلات و قطعات تزئینی از مظاهر دیگر این دوره است.

در این دوره متالورژی به عنوان یک علم مستقل، پیشرفت کرد. نظریه ساختار بلوری فلزات و سایر مواد توسط هارسویکر (harsoeker) فرانسوی اعلام شد. قرن هفدهم، قرن دستیابی به ابزاری جدید به نام میکروسکوپ بود که تحولی جدی در علم متالورژی ایجاد کرد.

دوره‌ی انقلاب صنعتی: یکی از تعاریف انقلاب صنعتی این است که حداقل ۵۰ درصد از تولید هر ماده از خانه یا کارگاه‌های کوچک به کارخانه منتقل شود. در انگلستان سال ۱۷۵۰ را آغاز انقلاب صنعتی می‌دانند و علت آن را استفاده از کک به جای زغال چوب بیان می‌کنند.

اولین کوره هواده با سوخت کک در سال ۱۷۰۹ آغاز به کار کرد. ابراهام داریی انگلیسی در سال ۱۷۷۷ اولین کوره‌ی بلند خود را برای ذوب و احیای سنگ معدن آهن به کار انداخت. از محصولات چدنی آن، پُلی موسوم به پل آهن بر روی رودخانه‌ای احداث کرد که امروزه مورد بازدید عموم مردم قرار می‌گیرد (شکل ۵-۱).



شکل ۵-۱

علاوه بر نوع کوره، روش دمیدن و استفاده از دمنده‌های بهتر و اطلاع کافی از وجود واکنش‌های گرمازا میان هوا و سوخت را باید از عوامل اصلی دیگر در تحول و تکامل ریخته‌گری محسوب کرد. روش‌های دمیدن که با استفاده از کیسه‌ی هوا (فونک) انجام می‌گرفت، در این دوره جای خود را به دمنده‌هایی داد که با استفاده از موتور بخار کار می‌کردند.

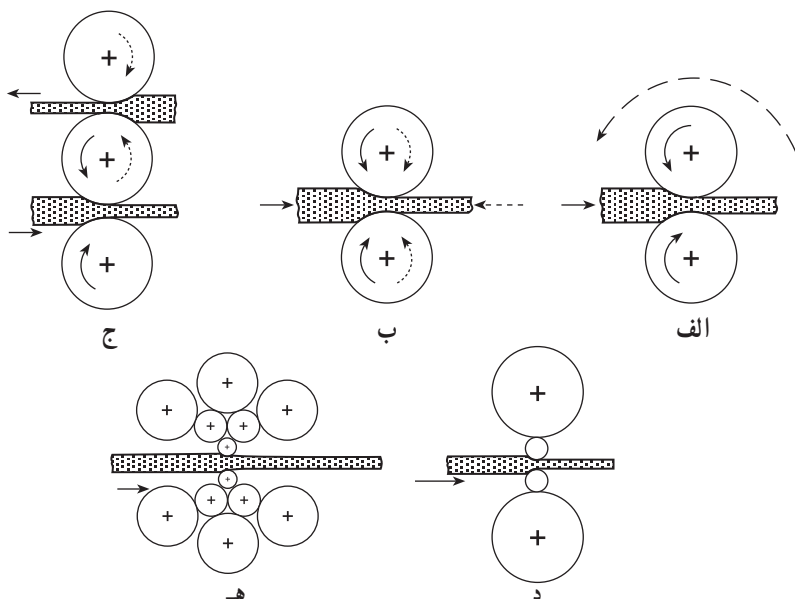
چدن آلیاژی سخت و شکننده بود و در مقابل، فولادهای کار شده، نرم و انعطاف پذیر بودند. چدن را می توانستند ریخته گری کنند ولی در مورد فولاد این امر امکان پذیر نبود. شاید در یکی از عملیاتی که برای نرم کردن و ساختن فولاد از چدن انجام می گرفت، چدن چکش خوار حاصل شد. «رئومور» اولین کسی است که به تهیه ی چدن چکش خوار اقدام کرد. فولاد ریختگی نیز در بوتّه و توسط بنیامین هانسمن در سال ۱۷۵۰ به عنوان کشف جدید معرفی شد. قبل از این کشف، تمامی فولادها از طریق کربن زدایی از انواع چدن خام و یا با استفاده از سنگ های معدنی مرغوب و کربن زدایی انجام می گرفت. زیمنس در سال ۱۸۴۶ از طریق ذوب چدن و آهن قراضه و استفاده از پودر زغال کک، کوره های روباد ده را به وجود آورد.

استفاده از سرب و روی در ریخته گری به صورت فلزاتی مستقل و نه فقط به عنوان عناصر آلیاژی و به ویژه استفاده از روی، برای ساخت ظروف، در دوره ی انقلاب صنعتی معمول شد. کشف نیکل در سال ۱۷۵۱ و استفاده آن در سال ۱۸۰۰ به عنوان عنصر آلیاژی و نیز کشف و استفاده از دو فلز سبک و پراستحکام آلومینیم و منیزیم از موارد بسیار مهم در این دوره به شمار می آیند. در زمینه تکنولوژی ریخته گری نیز تحولات عظیمی ایجاد شد که در طی آن روش های ابتدایی ریخته گری به انواع مختلف ریخته گری تحت فشار، ریخته گری دقیق و ریخته گری ماشینی متحول شده است که هنجریان عزیز در این کتاب با این روش های مدرن آشنا خواهند شد.

۳-۱- نوردکاری

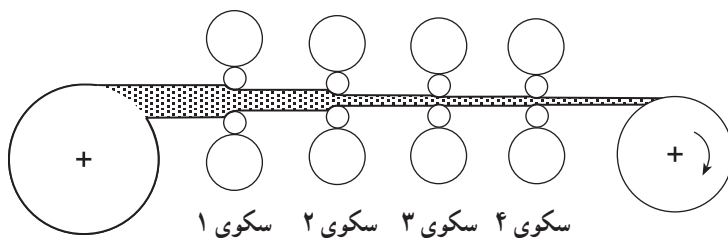
تغییر شکل فلزات بر اثر عبور از بین دو استوانه (غلتک) دوآر را نوردکاری گویند. شاید بتوان گفت که نورد مهم ترین روش شکل دادن به فلزات است. در این روش شمش های تولید شده بر اثر عبور از بین غلتک های نوردی مختلف بدون آن که ذوب شوند، به شکل های مورد نظر تبدیل می شوند. دستگاه های نورد برحسب تعداد و ترتیب قرار گرفتن غلتک ها دسته بندی می شوند. ساده ترین نوع آن دارای دو غلتک است که در جهت مخالف هم دوران می کنند. بنابراین به جهت نورد مجدد شمش و کم کردن مجدد ضخامت آن باید شمش را به وسیله افراد یا دستگاه به محل اولیه برد و دوباره نورد کرد (شکل ۱-۶ الف). گاهی دستگاه نورد از دو غلتک تشکیل شده که در این گونه نوردها جهت دوران غلتک ها قابل تغییر است. در این حالت بعد از آن که شمش از بین دو غلتک عبور کرد و ضخامت آن قدری کاهش یافت، دستگاه متوقف و غلتک ها قدری به یکدیگر نزدیکتر می شوند و در جهت معکوس دوران می کنند. شمش نورد شده از طرفی که از دستگاه خارج شده مجدداً وارد

دستگاه نورد می‌شود و این بار ضخامت آن باز هم کمتر می‌شود (شکل ۱-۶-ب). گاهی به جای دو غلتک از سه غلتک استفاده می‌شود چنانچه در شکل ۱-۶-ج ملاحظه می‌شود غلتک‌های بالایی و پایینی در یک جهت و غلتک وسطی در جهت معکوس دوران می‌کند. بدین ترتیب شمشیری که از بین غلتک بالا و وسط عبور می‌کند و خارج می‌شود، توسط یک سیستم ساده پایین آورده می‌شود و این بار به غلتک وسط و پایینی وارد می‌گردد. بدین ترتیب به عوض کردن جهت دوران غلتک‌ها نیازی نیست (برخلاف دستگاه نورد با دو غلتک). هنگامی که بخواهیم برای نورد از توان کمتری استفاده کنیم، باید غلتک‌های با قطر کوچک را به کار برد. اشکال این مسئله آن است که هر قدر قطر غلتک کمتر باشد استحکام و صلیبیت غلتک کمتر می‌شود. در این حالت باید غلتک‌های کوچک توسط غلتک‌های بزرگتر حمایت شوند، تا انحنا بر ندارند. ساده‌ترین این نوع نوردها، نوردهای چهار غلتکی است (شکل ۱-۶-د). برای نورد ورق‌های بسیار نازک با دقت ابعادی بسیار بالا از غلتک‌های با قطر کم استفاده می‌شود. در اینجا نیز به جهت جلوگیری از انحنا برداشتن غلتک‌های کوچک، هر غلتک به وسیله دو غلتک حفظ می‌شود. این دو غلتک نیز خود به وسیله ی غلتک دیگر از انحنا برداشتن حفظ می‌شوند. این گونه نوردها به نوردهای مجموعه‌ای معروفند (شکل ۱-۶-ه).



شکل ۱-۶- انواع دستگاه‌های نورد از نظر تعداد و ترتیب قرار گرفتن. (الف) نورد دو غلتکی با یک جهت دوران، (ب) نورد دو غلتکی با سیستم تغییر جهت دوران، (ج) نورد سه غلتکی، (د) نورد چهار غلتکی، (ه) نورد مجموعه‌ای

برای تولید در مقیاس زیاد معمولاً یک سری دستگاه نورد به دنبال هم کار گذاشته می شوند. بدین ترتیب ورق با ضخامت زیاد وارد این سری دستگاه های نورد مداوم می شود و در انتها ورق با ضخامت کم و با سطح صاف از دستگاه خارج و حلقه می شود (شکل ۷-۱).



حلقه شدن ورق نورد شده
ورق با ضخامت زیاد که باید نورد شود

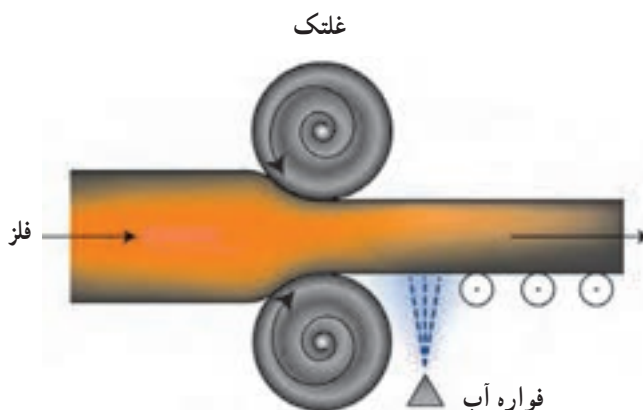
شکل ۷-۱- تصویری شماتیک از نورد تسمه ها در یک سیستم نورد مداوم

در کلیه ی روش های نورد، نیروی جلو برنده ی شمش به داخل دستگاه نورد، ناشی از اصطکاک بین غلتک ها و شمش است.

عملیات نورد ممکن است به صورت گرم یا سرد انجام شود. برای نورد گرم ابتدا بسته به جنس فلز، شمش ها تا دمای نسبتاً بالایی گرم می شوند. برای فولادها معمولاً شمش بین 1000°C تا 1250°C گرم می شود. اگر داخل شمش خلل و فرج و حفره ای وجود داشته باشد معمولاً بر اثر نورد گرم این حفره ها حذف می شوند و به اصطلاح دو طرف حفره ها به هم جوش می خورند (مثل جوشکاری مقاومتی). نورد گرم باعث همگن و یکنواخت شدن شمش از نظر ترکیب شیمیایی و افزایش استحکام می شود. برای سرعت دادن به عملیات نورد معمولاً از نورد گرم استفاده می کنند.

در عملیات نورد سرد، استحکام و سختی فلزات بهبود می یابد و سطح تمام شده ی مناسبی ایجاد می شود. معمولاً نورد سرد آخرین مرحله ی عملیات نورد است.

در هنگام نورد علاوه بر این که به طول شمش افزوده می شود، عرض آن نیز افزایش می یابد. برای این که عرض شمش از یک حد معین بیشتر نشود و حالت قائم بودن گوشه ها حفظ گردد، در بیرون دستگاه نورد از سیستم هایی استفاده می شود که این مسئله را کنترل کند. در شکل ۸-۱ دستگاه نورد دو غلتکی مجهز به سیستم معکوس شدن جهت دوران با غلتک های 160° اینچ در حال نورد گرم شمش به عرض 160° اینچ نشان داده شده است که از طرفین به وسیله ی تجهیزاتی، از عریض شدن و گرد شدن گوشه ها جلوگیری به عمل می آید.

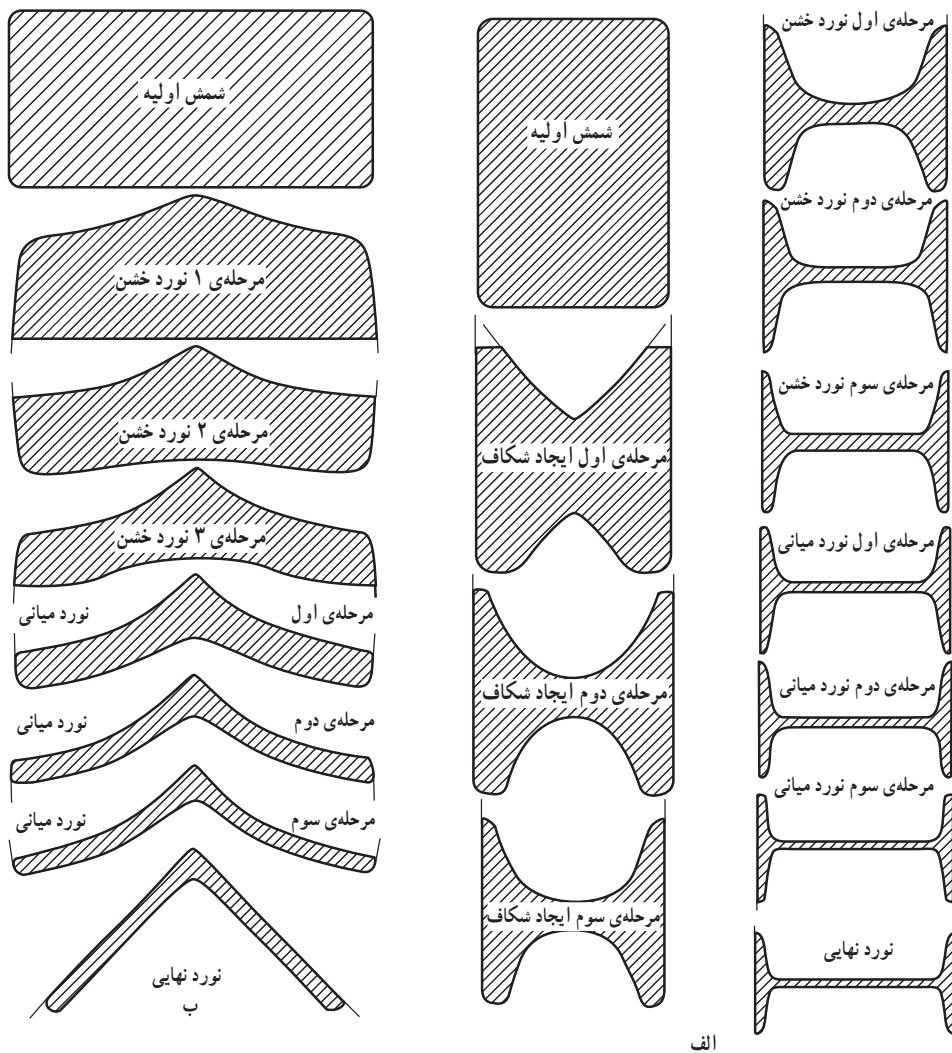


شکل ۸-۱- دستگاه نورد ۱۶۰ اینچی کارخانه‌ی Homestead که به وسیله‌ی محافظ‌هایی شمش از طرفین کنترل می‌شود تا عریض نشود و گوشه‌های آن قائم بماند.

از روش نورد فقط برای تولید ورق استفاده نمی‌شود. با این روش انواع میل‌گردها، چهار پهلوها، نبشی‌ها، تیرآنها و شکل‌هایی از این قبیل را می‌توان تهیه کرد.

در شکل ۹-۱ الف مراحل مختلف برای تولید یک تیرآهن دیده می‌شود. در مرحله‌ی اول یک شمش با مقطع مستطیل وارد دستگاه نورد می‌شود و در عبور دوم در وسط شمش از طرفین شیاری عمیق شکل داده می‌شود. به تدریج با عبور مکرر شمش از بین غلنک‌های نورد شکل تیرآهن

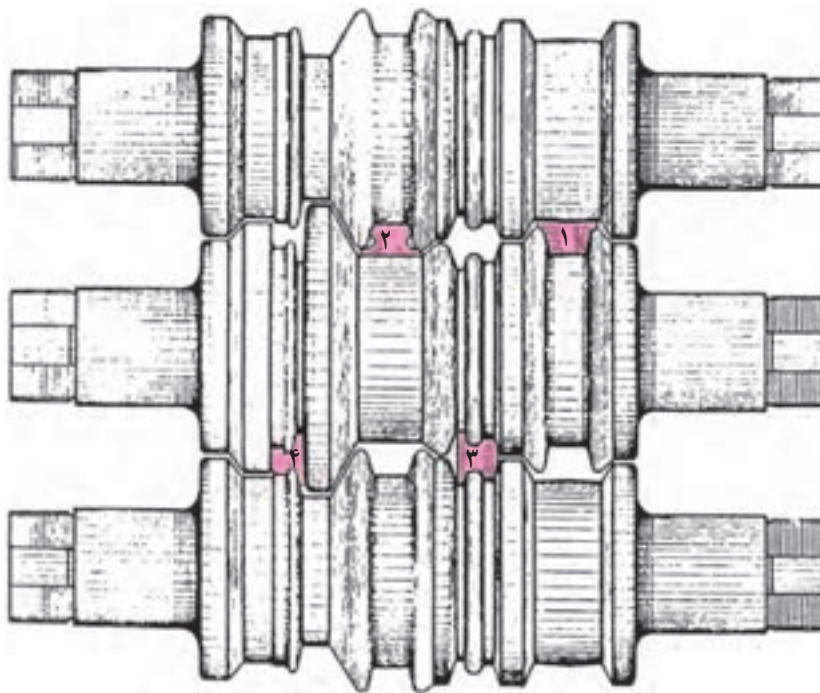
ایجاد می‌شود. در مراحل میانی و انتهایی شمش کاملاً حالت اولیه خود را از دست می‌دهد و تیر آهن تولید می‌شود. در شکل ۹-۱ ب همین مراحل برای تولید یک نبشی ارائه شده است.



شکل ۹-۱- مراحل مختلف نورد برای تولید (الف) تیر آهن، (ب) نبشی.

در شکل ۱۰-۱ چگونگی شکل دادن و ایجاد شیار در سطوح غلتک‌ها برای تولید یک ریل راه‌آهن ارائه شده است. برای تولید ریل از یک دستگاه نورد سه غلتکی استفاده شده است. در مرحله‌ی اول با عبور اول شمش از بین دو غلتک بالا و وسطی، مقطعی دوزنقه‌ای ایجاد می‌شود. در

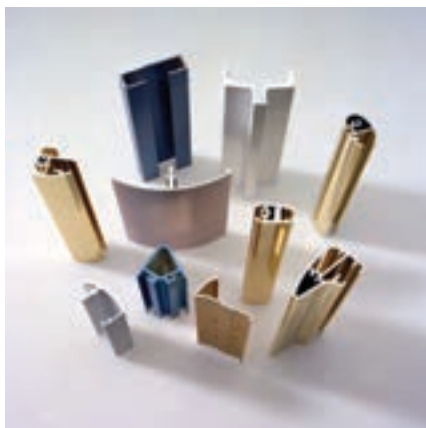
مرحله‌ی بعدی با عبور این مقطع دوزنقه‌ای از بین غلتک وسط و پایینی، شمش تقریباً شبیه ریل می‌شود. در مراحل ۳ و بالاخره در پایان مرحله‌ی چهارم ریل تولید می‌شود.



شکل ۱۰-۱. طرح غلتک‌های سه‌تایی برای تولید یک ریل راه آهن

۱-۴ فشارکاری (اکستروژن)

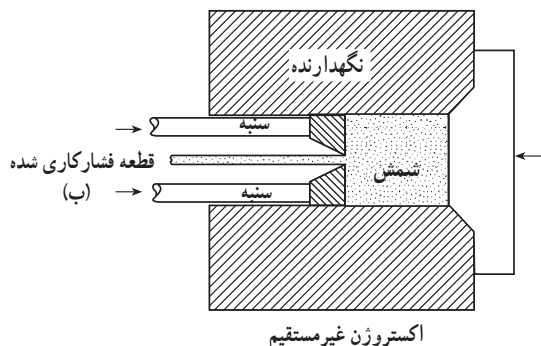
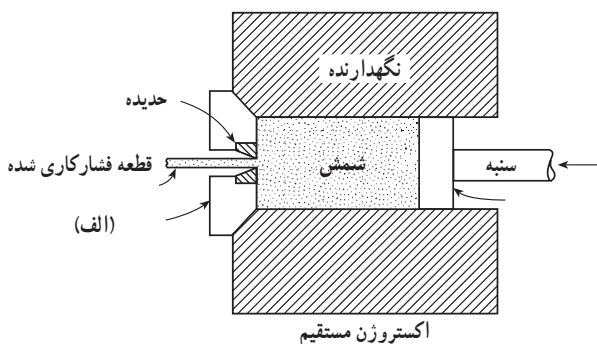
روش فشارکاری نیز یکی دیگر از روش‌های تولید به‌شمار می‌رود. بسیاری از قطعات صنعتی نظیر میله، لوله و اشکال خاص را فقط از این روش می‌توان تهیه کرد. طبق تعریف، فشارکاری فرآیندی است که به‌وسیله آن سطح مقطع بلوکی از فلز بر اثر اعمال فشار کاهش می‌یابد. به‌طور کلی این فرآیند برای تولید میله‌های استوانه‌ای توپُر یا توخالی استفاده می‌شود. برای فلزاتی مثل آلومینیم که قابلیت شکل‌پذیری بالاتری دارند می‌توان مقاطع پیچیده‌تری را نیز تولید کرد (شکل ۱۱-۱). چون فشارکاری به نیروی بسیار بالایی نیاز دارد فلزات را معمولاً به‌صورت گرم فشارکاری می‌کنند تا کار با نیروی کمتری انجام گیرد.



شکل ۱۱-۱- نمونه‌هایی از
قطعات آلومینیمی با شکل‌های پیچیده
که از طریق فشارکاری تهیه شده‌اند.

بطور کلی دو نوع روش فشارکاری وجود دارد، مستقیم و غیرمستقیم. در شکل ۱۲-۱ این دو روش ارائه شده است. بلوک فلزی در نگهدارنده‌ی دستگاه قرار می‌گیرد و به وسیله‌ی سنبه به آن فشار وارد می‌شود.

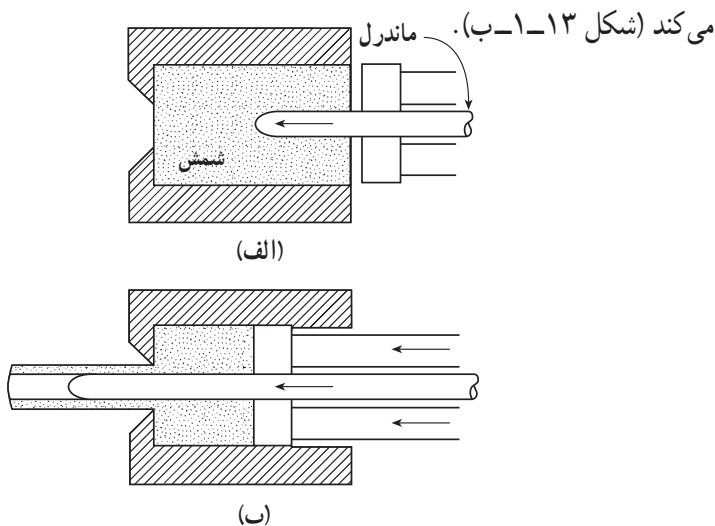
در روش مستقیم شکل ۱۲-۱-الف، در انتهای سنبه یک صفحه قرار می‌گیرد که از طرف



شکل ۱۲-۱- انواع روش‌های فشارکاری، (الف) مستقیم،
(ب) غیرمستقیم

دیگر با بلوک در تماس است. بر اثر اعمال فشار فلز جامد گرم از طرف دیگر دستگاه خارج می‌شود. مقطع میله‌ی خروجی به شکل حدیده بستگی دارد. اگر دایره باشد، میل گرد تولید می‌شود. اگر مقطع حدیده مربع شکل باشد، چهار پهلو تولید می‌گردد. گاهی حدیده دارای چند خروجی است، در این صورت به طور همزمان چند میله تولید می‌شود. در روش فشارکاری غیرمستقیم (شکل ۱۲-۱-ب) سنبه و قطعه در جهت مخالف حرکت می‌کنند. در این روش سنبه توخالی است و سنبه به حدیده که متحرک است فشار وارد می‌کند.

با روش فشارکاری و با استفاده از وسایل مدرن می‌توان انواع لوله‌ها را با دقت بالایی تولید کرد. برای این کار یک ماندرل^۱ به انتهای سنبه‌ی پرس متصل می‌شود. ماندرل بر اثر اعمال فشار ابتدا از داخل بلوک فلزی عبور می‌کند و از سوراخ حدیده خارج می‌گردد (شکل ۱۳-۱-الف). البته گاهی از بلوک‌های سوراخ‌دار استفاده می‌شود، که در این صورت، این مرحله حذف می‌شود. پس از این با اعمال فشار به شمش یا بلوک، فلز از فضای خالی بین ماندرل و حدیده به بیرون راه پیدا



شکل ۱۳-۱- فشارکاری لوله‌ها، (الف) مرحله‌ی سوراخ کردن شمش یا بلوک، (ب) فشارکاری لوله

۵-۱- پتک‌کاری (آهنگری)^۲

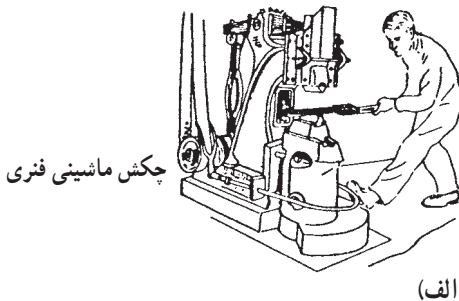
پتک‌کاری قدیمی‌ترین روش شکل دادن به فلزات محسوب می‌شود. در این روش معمولاً قطعه‌ای استوانه‌ای یا مکعب مستطیل از فلز به نام لقمه را تا دمای بالایی گرم می‌کنند. سپس با قرار دادن قطعه‌ی گداخته شده بر روی سندان و وارد کردن ضربات چکش یا پتک، آن را به شکل مورد نظر شکل می‌دهند. در قطعات پتک‌کاری شده، استحکام زیادی به دست می‌آید. به طور کلی قطعاتی که به روش پتک‌کاری تهیه می‌شوند نسبت به قطعات تهیه شده از روش‌های دیگر کیفیت بهتری دارند. از دیگر مزایای این روش نداشتن دورریز و ضایعات در تولید است. بنابراین، در مصرف مواد اولیه صرفه‌جویی می‌شود. از معایب اصلی این روش می‌توان از دقت ابعادی کم و

ماندرل میله‌ای است که برای شکل دادن فضای داخلی لوله و پروفیل در فشارکاری به کار می‌رود. ۱- Mandrel

۲- چون در قدیم به منظور ساخت ابزارآلات و وسایلی نظیر داس، شمشیر و سیر عمل پتک‌کاری بیش‌تر بر روی قطعات آهن صورت می‌گرفته، لذا این روش به آهنگری نیز معروف است، گرچه پتک‌کاری خاص فلزات آهنی نیست.

نامرغوب بودن سطح قطعه‌ی به دست آمده نام برد.

هر فلزی را نمی‌توان تحت عملیات پتک‌کاری قرار داد. بعضی از فلزات ترد هستند و بر اثر حرارت دادن نیز تردی آن‌ها کمتر نمی‌شود و چنانچه تحت عملیات پتک‌کاری قرار گیرند بر اثر ضربات چکش یا پتک، ترک می‌خورند و غیرقابل استفاده می‌شوند. مثال بارز این گونه فلزات چدن‌ها هستند. برای پتک‌کاری قطعات بزرگتر نیروی دست کافی نیست بنابراین برای وارد کردن ضربه به فلزات گداخته از ماشین‌های پرس و چکش‌های ماشینی استفاده می‌شود (شکل ۱۴-الف). این نوع ماشین‌ها از نوع مکانیکی، پنوماتیکی (که با نیروی هوای فشرده کار می‌کنند) یا هیدرولیکی هستند. کار با این ماشین‌ها اقتصادی است. ولی عیب آن‌ها ایجاد ارتعاش و سروصدای زیاد است. در شکل ۱۴-ب نمونه‌ای از یک پرس پتک‌کاری بسیار بزرگ به ظرفیت 50000 تن دیده می‌شود که برای پتک‌کاری قطعات بسیار سنگین به کار گرفته می‌شود. در ساختمان این پرس بیش از سه میلیون کیلوگرم فولاد به کار رفته است.



چکش ماشینی فنی



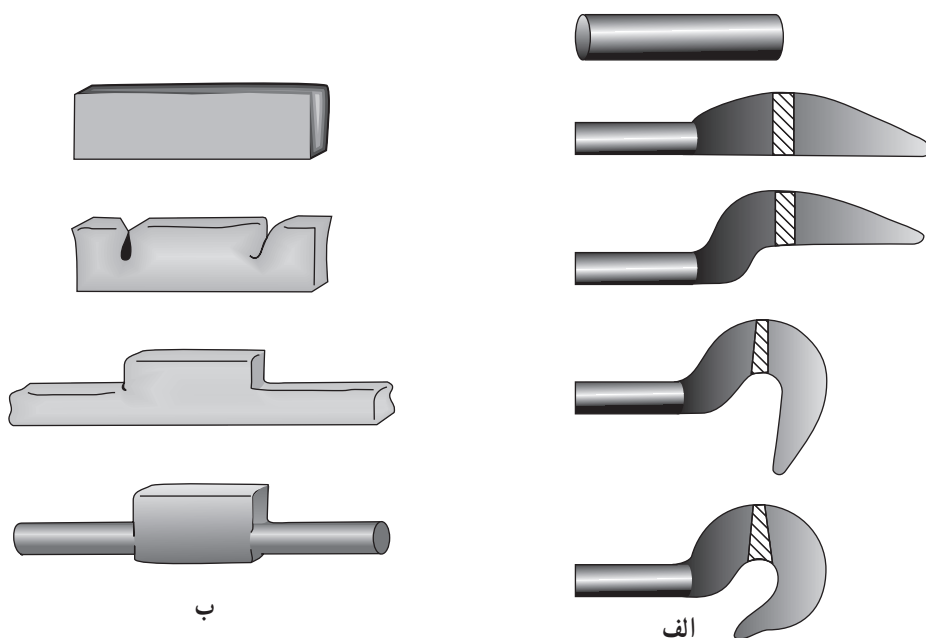
چکش ماشینی پنوماتیکی



(ب)

شکل ۱۴-الف - دو نمونه از ماشین‌های پرس یا چکش‌های پنوماتیکی و فنی. ب- نمونه‌ای واقعی از یک پرس پتک‌کاری بسیار قوی 50000 تنی می‌باشد. آنچه در شکل دیده می‌شود فقط آن قسمتی از پرس است که در بالای زمین واقع شده است. حجمی مساوی همین حجم در زیرزمین قرار گرفته است.

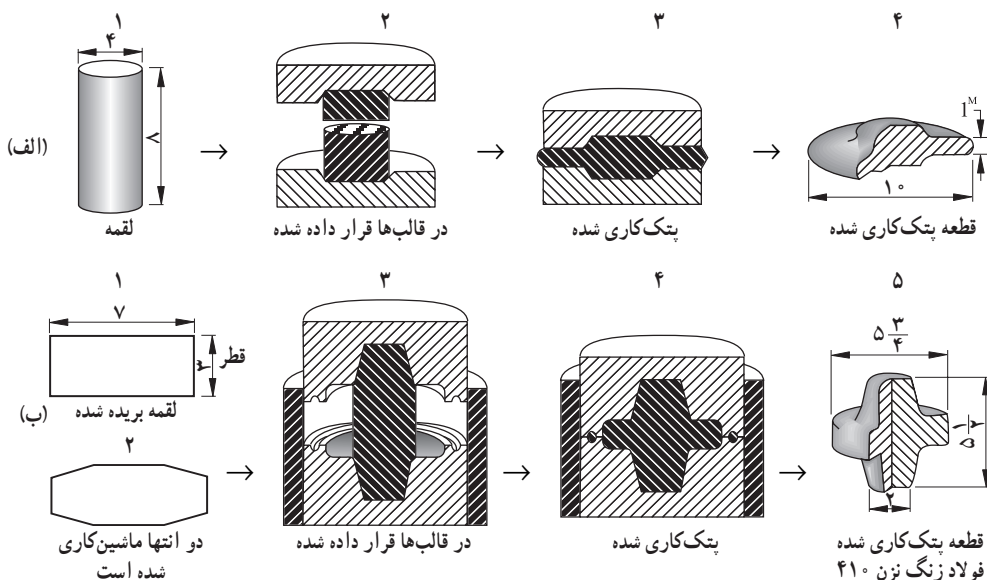
در شکل ۱۵-۱ دو نمونه از قطعات تهیه شده به روش پتک کاری ارائه شده است. در شکل ۱۵-۱ الف ملاحظه می شود که برای تهیه یک قلاب فولادی با استفاده از پرس های پتک کاری در چهار مرحله چگونه میل گرد به قلاب تبدیل شده است. برای تهیه قطعه صنعتی دیگری دیده می شود که به چه طریقی با استفاده از یک لقمه ی مکعب مستطیل شکل، چنین قطعه ای تولید شده است (شکل ۱۵-۱ ب).



شکل ۱۵-۱- مراحل تهیه دو قطعه به روش پتک کاری که بدون استفاده از قالب تهیه می شوند.

در مواردی که تعداد قطعات پتک کاری زیاد باشد معمولاً از قالب استفاده می شود. برای تأمین نیروی لازم نیز از پرس های آهنگری استفاده می کنند. در شکل ۱۶-۱ چند نمونه از قطعات تهیه شده به وسیله ی پتک کاری با استفاده از قالب دیده می شود. برای تولید قطعه ی ۱۶-۱ الف، ابتدا میل گردی به قطر و ارتفاع ۴ و ۶ اینچ بریده می شود. سپس در حالت گداخته در قالب قرار می گیرد و با یک ضربه پرس به شکل مورد نظر تبدیل می شود.

برای تولید قطعه شکل ۱۶-۱ ب ابتدا لقمه هایی استوانه ای با قطر و ارتفاع ۳ و ۷ اینچ تهیه و دو انتهای آن ماشین کاری می شود. سپس در حالت گداخته در قالب قرار می گیرد و با یک ضربه پرس به شکل قطعه مورد نظر در می آید.



شکل ۱۶-۱ دو نمونه از قطعات که توسط روش پتک کاری، با استفاده از قالب تهیه می شوند.

۱-۶ جوشکاری

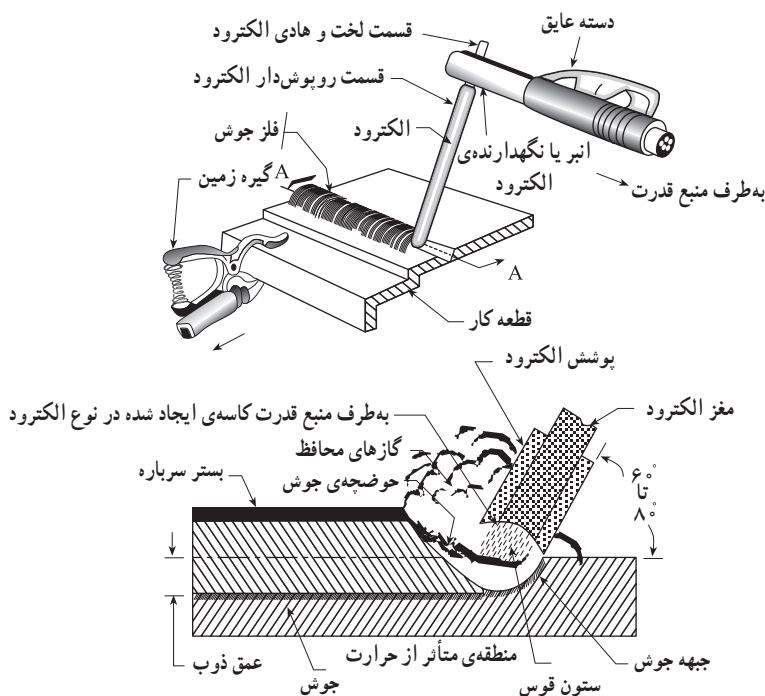
جوشکاری فرآیندی است که در طی آن دو قطعه فلزی با اعمال حرارت یا در بعضی موارد با اعمال فشار زیاد به هم متصل می شوند. تا قبل از جنگ جهانی اول جوشکاری به عنوان یک روش تولید قابل اعتماد نبود و کمتر در تولید قطعات صنعتی به کار می رفت. زیرا قطعات تهیه شده به روش جوشکاری استحکام کافی نداشت و معمولاً از محل جوش یا از اطراف منطقه جوش ترک می خورد و منهدم می شد. لذا در ساخت قطعات حساس و مهم کمتر به کار گرفته می شد.

با شناخت دقیق تر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی فلزات از سال های ۱۹۳۰، جوشکاری به تدریج اهمیت بیشتری پیدا کرد و در جنگ جهانی دوم به طور وسیعی برای اتصال قطعات تانک ها، کشتی ها و هواپیماها به کار رفت. امروزه جوشکاری دیگر به عنوان یک علم مطرح است. (از قدیم جوشکاری به عنوان یک هنر در تهیه زیورآلات به کار گرفته می شد.) انواع روش های جوشکاری عبارتند از: جوشکاری ذوبی، جوشکاری فشاری، جوشکاری زرجوش و لحیم کاری.

۱-۶-۱ جوشکاری ذوبی: در روش جوشکاری ذوبی با استفاده از جریان الکتریسیته یا حرارت، لبه های دو فلز اصلی و فلز پرکننده را که معمولاً از همان جنس است ذوب و بدین طریق دو قطعه را به هم وصل می کنند.

معمولترین روش جوشکاری ذوبی با استفاده از جریان الکتریسیته، جوشکاری به روش قوس

الکتریک (الکتروود دستی) است. در این روش معمولاً با استفاده از یک ترانسفورماتور، ولتاژ جریان برق شهر را کاهش و به جای آن شدت جریان را افزایش می‌دهند. قطعات اصلی را به یک الکتروود متصل کرده و فلز پرکننده را به الکتروود دیگر وصل می‌کنند. بر اثر تماس بین دو الکتروود تخلیه الکتریکی صورت می‌گیرد و الکتروود و لبه‌های قطعات ذوب، به هم متصل می‌شوند. در شکل ۱۷-۱ شمای این فرآیند ارائه شده است.



شکل ۱۷-۱- شمای فرآیند جوشکاری قوس الکتریک با الکتروود دستی

به محض برقراری قوس درجه حرارتی بین 5000 تا 20000 درجه‌ی سانتی‌گراد ایجاد می‌شود. این درجه حرارت به قدری زیاد است که در یک لحظه نوک الکتروود و قطعات اصلی ذوب می‌شوند. الکتروودها معمولاً جنسی مشابه و کیفیت برتری از نظر ترکیب شیمیایی دارند. سطح مفتول‌های الکتروود را با موادی پوشش می‌دهند که موجب سهولت جوشکاری، حصول کیفیت عالی از نظر متالورژیکی و افزایش سرعت جوشکاری می‌شوند.

مزایای این روش عبارتند از :

الف - ارزان بودن وسایل و تجهیزات

ب - قابل حمل و نقل بودن وسایل و تجهیزات
معایب آن عبارتند از :

الف - کیفیت جوش به حد بسیار زیادی متأثر از مهارت جوشکار است، زیرا فرآیند ماشینی نیست.

ب - تعویض الکتروود در این روش اجتناب ناپذیر است، زیرا طول الکتروودها محدود است و در جوشکاری مسیرهای طولانی، اپراتور مجبور است به دفعات کار را متوقف و الکتروود را تعویض کند.

جوشکاری اکسی استیلن متداول ترین روش جوشکاری ذوبی با استفاده از حرارت است. در این روش حرارت لازم برای ذوب قطعات و فلز جوش از واکنش شیمیایی سوختن گاز با اکسیژن موجود در هوا تأمین می شود. گاز استیلن و اکسیژن از مخزن وارد مشعل می شود و توسط شیرهای مربوطه گاز و هوا با نسبت های مشخص و با فشار زیاد از نوک مشعل خارج و محترق می شوند (شکل ۱۸-۱). حرارت ناشی از سوختن توسط هدایت و تشعشع نیروی جابجایی و تشعشع به قطعه منتقل می شود. با تغییر دادن قطر نازل یا نوک مشعل و فشار گازها می توان قدرت حرارتی شعله را تغییر داد.



شکل ۱۸-۱- تکنیک جوشکاری به روش اکسی استیلن

در این روش ابتدا با حرارت دادن دو قطعه در آن ها ذوب موضعی ایجاد می شود و به هر میزان که مفتول به شعله یا حوضچه مذاب نزدیکتر شود، مقدار بیشتری از مفتول ذوب می شود. بدین طریق دو فلز به هم متصل می شوند.

روش جوشکاری با گاز در مقایسه با روش قوس الکتریک کندتر است، زیرا درجه حرارت شعله بسیار کمتر دمای ناشی از قوس الکتریک است. کندی این روش جزء محدودیت‌های آن به‌شمار می‌رود.

۲-۶-۱- جوشکاری فشاری: در روش جوشکاری فشاری، دو قطعه بر اثر اعمال فشار و حرارت به هم متصل می‌شوند. البته درجه حرارت از نقطه‌ی ذوب فلزات کمتر است^۱ روش جوشکاری مقاومتی به جهت وصل کردن صفحات آهن، متداول‌ترین این روش‌ها به‌شمار می‌رود. در ساختن کابینت‌های فلزی با استفاده از دستگاه جوشکاری مقاومتی، صفحات نازک آهنی بدون ذوب شدن و فقط بر اثر گرم شدن و اعمال فشار به هم متصل می‌شوند.

۳-۶-۱- لحیم‌کاری و زرجوش: در لحیم‌کاری و جوشکاری زرجوش دو قطعه توسط یک پل رابط که از جنس فلز است به هم متصل می‌شوند. این در حالی است که در دو فلز اصلی هیچگونه ذوبی صورت نمی‌گیرد. در لحیم‌کاری مقدار فلز متصل‌کننده بسیار کم است و در حد تر کردن فلز اصلی است.

در جوشکاری به روش زرجوش مقدار فلز اتصال‌دهنده در حدی است که فضای بین دو قطعه را کاملاً پُر می‌کند. در این روش جوشکاری، جنس فلز اتصال‌دهنده‌ی با جنس دو قطعه اصلی متفاوت است.

۷-۱- متالورژی پودر

متالورژی پودر یکی از روش‌های نوین تولید است. طبق تعریف، متالورژی پودر عبارت است از: تکنولوژی تولید پودر فلزات و آلیاژها و تبدیل این پودر به قطعات مورد استفاده در صنعت.

۱-۷-۱- مراحل مختلف تولید قطعه به روش متالورژی پودر:

– مرحله‌ی اول، پودر فلزات و دیگر افزودنی‌ها با نسبت‌های مناسب کاملاً مخلوط می‌شوند (شکل ۱-۱۹-الف).

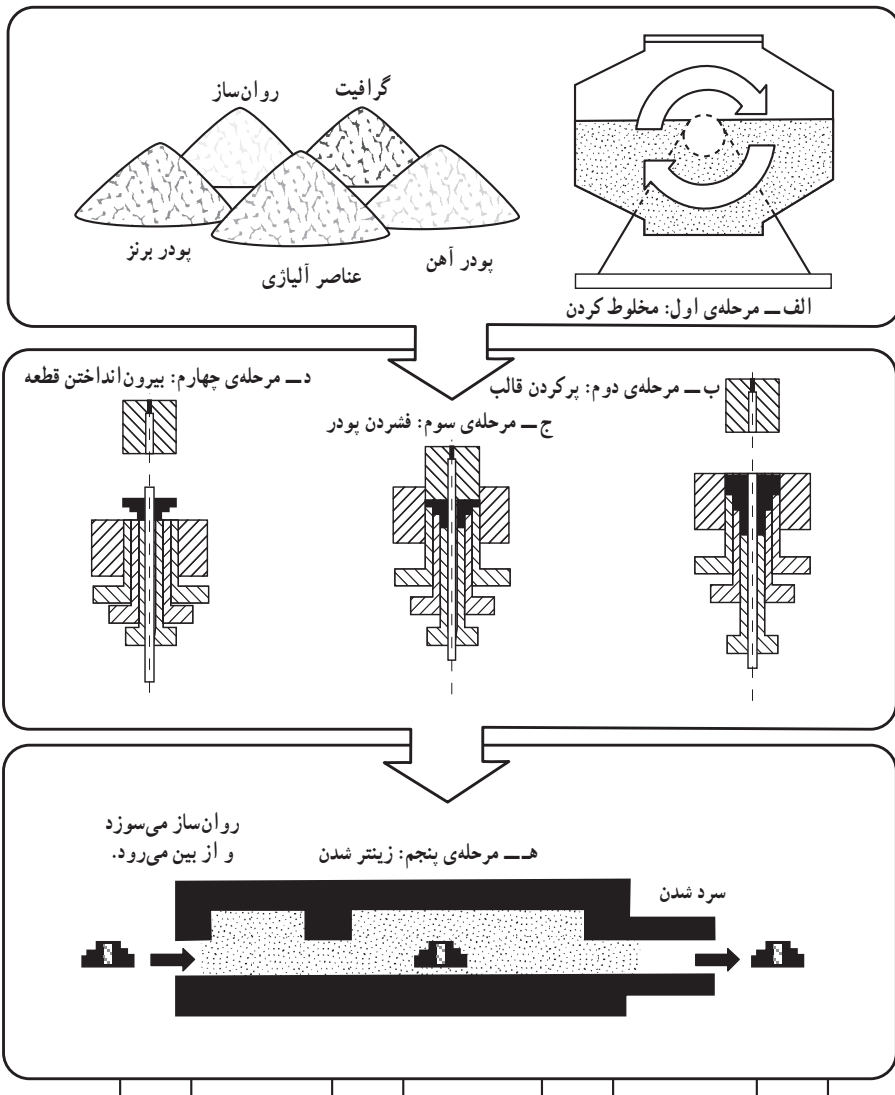
– مرحله‌ی دوم، سنبه بالا می‌رود و پودر فلزات به داخل قالب ریخته می‌شود (شکل ۱-۱۹-ب).

– مرحله‌ی سوم، سنبه پایین می‌آید و پودر در داخل قالب فشرده می‌شود و بر اثر اعمال فشار شکل قطعه موردنظر ایجاد می‌شود (شکل ۱-۱۹-ج).

– مرحله‌ی چهارم، قطعه فشرده شده از قالب خارج می‌شود (شکل ۱-۱۹-د).

۱- در روش جوشکاری فشاری، گاهی بدون اعمال حرارت و فقط بر اثر فشار، دو قطعه فلزی به هم متصل می‌شوند.

– مرحله ی پنجم، قطعه تولید شده در کوره حرارت داده می شود و بدون آن که در قطعه ذوب صورت گیرد ذرات پودر، کاملاً به هم اتصال می یابد و قطعه مستحکم می شود به این عمل به اصطلاح زینتر^۱ کردن گویند. در این مرحله درجه حرارت کوره معمولاً ۸۰ تا ۹۰ درصد نقطه ی ذوب پودر فلزات تشکیل دهنده ی قطعه است (شکل ۱۹-۱-ه).



شکل ۱۹-۱- مراحل مختلف تولید قطعه به روش متالورژی پودر

در پایان، قطعه تولید شده تحت یک سری عملیات پایانی مثل ماشین کاری یا پرس کاری مجدد به منظور اندازه کردن قطعه قرار می گیرد. بنابراین در این روش باید ابتدا پودر فلزات را تولید کرد. تهیه پودر فلزات روش های مختلفی دارد که تشریح آن در برنامه ی این کتاب نیست. امروزه پیشرفت و توسعه فراوانی در زمینه متالورژی پودر حاصل شده است و این روش طیف وسیعی از صنعت جدید را تحت پوشش خود قرار داده است که برخی از این موارد به شرح زیر هستند :

- ساخت ابزارهای برش و تراش برای کارهایی که میزان سایش در آنها بالا است.
 - ساخت فیلامان تنگستنی لامپ های روشنایی.
 - ساخت قطعات اتومبیل.
 - ساخت قطعات مربوط به لوازم خانگی، مانند ماشین لباسشویی، کمپرسور یخچال و کولر.
 - ساخت قطعات مربوط به ماشین های کشاورزی.
- در اینجا ذکر این نکته حائز اهمیت است که هرچند می توان قطعات زیادی را با استفاده از روش متالورژی پودر ساخت، ولی ساخت قطعات از فلزات دیرگداز (با نقطه ذوب بالا) از ویژگی های منحصر به فرد این روش است.
- توجه و دقت نظر به مطالبی که به اختصار به آنها اشاره شد، بیانگر این واقعیت است که فرآیندهای اصلی شکل دادن در بسیاری از جنبه ها، مکمل یکدیگر هستند. به عبارت دیگر در صنایع نمی توان برای یک روش خاص و یا یک نوع از روش های شکل دادن، حق تقدم قائل شد.
- در شکل ۲۰-۱ تعدادی از قطعات صنعتی که به روش متالورژی پودر تهیه شده اند نشان داده شده است.



شکل ۲۰-۱- تعدادی از قطعات صنعتی که به روش متالورژی پودر تهیه شده اند.

۲-۷-۱- مزایای متالورژی پودر:

الف - آلیاژ کردن فلزات غیر قابل آلیاژ: بعضی از فلزات و عناصر در حالت مذاب در هم حل نمی‌شوند، لذا پودر آن‌ها را تهیه و با هم مخلوط می‌کنند و به روش متالورژی پودر این قطعات را تهیه می‌کنند. مثل قطعات اتصالات الکتریکی کنتاکت که از جنس مس و گرافیت ساخته می‌شوند.

ب - تولید فلزات با نقطه ذوب بسیار بالا: فلزاتی نظیر تنگستن و مولیبدن نقاط ذوب بسیار بالایی دارند (دمای ذوب تنگستن 3380°C و دمای ذوب مولیبدن 2610°C است). بنابراین تولید این قطعات به روش ذوب امکان‌پذیر نبوده یا بسیار مشکل است، لذا از متالورژی پودر استفاده می‌شود.

ج - تولید قطعات متشکل از فلزات و غیر فلزات: در ساخت بعضی از قطعات باید ترکیبی از فلزات و غیر فلزات را به کار برد، که از روش‌های ذوب نمی‌توان این قطعات را تهیه کرد. لذا از این روش استفاده می‌شود، مثل تولید مواد اصطکاکی ساخته شده از مس، آهن و آزبست^۱ که ماده‌ای غیر فلزی و نسوز است.

د - ساخت قطعات متخلخل: بسیاری از قطعات مثل یاتاقان‌ها یا صافی‌ها الزاماً باید به صورت متخلخل ساخته شوند. در مورد یاتاقان‌ها با افزودن قدری روغن به یاتاقان، روغن از خلل و فرج آن کاملاً نفوذ می‌کند و محل دوران محور کاملاً روغنکاری می‌شود. در شکل ۲۱-۱ تصویر تعدادی صافی دیده می‌شود.



شکل ۲۱-۱- تعدادی صافی فلزی که به روش متالورژی پودر تهیه شده‌اند.

۱- Asbestos

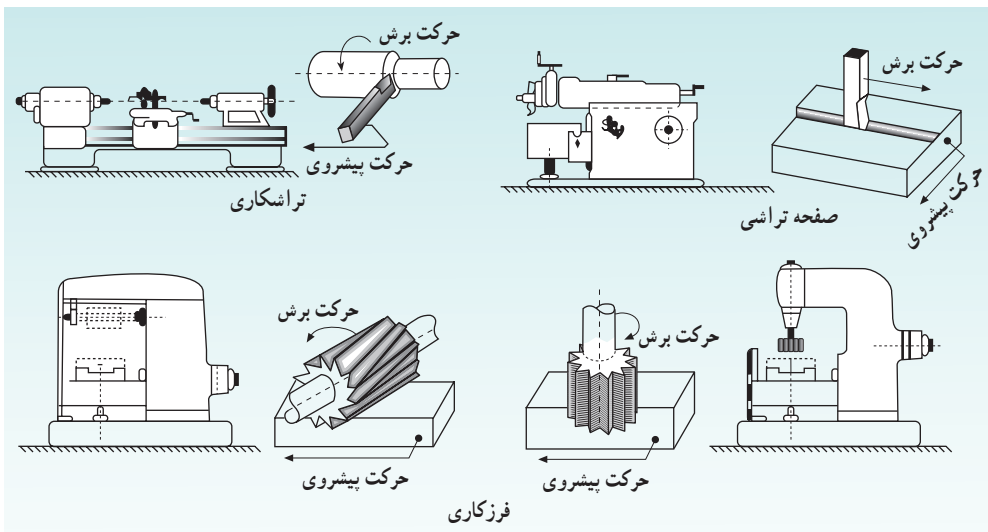
۸-۱- ماشین کاری

ماشین کاری نیز یکی دیگر از روش های تولید است. در این روش معمولاً قطعاتی از فلز به شکل های ساده ای مثل میل گرد یا صفحات فلزی و از این قبیل، با روش های متفاوتی براده برداری می شوند و به شکل دقیق قطعه مورد نظر در می آیند. در تولید بیشتر قطعات صنعتی، بعد از آنکه قطعه به روش های مختلف ریخته گری، نورد، پتک کاری، جوشکاری و... تولید می شود، در مرحله ی آخر برای ایجاد سطوح صاف و با دقت بالا بر روی آن ها ماشین کاری انجام می شود.

مهم ترین مسئله در ماشین کاری، قابلیت ماشین کاری فلزات و آلیاژها است. منظور از قابلیت ماشین کاری سهولت در تراش فلزات است. با انجام عملیاتی در جهت بهبود خواص فلزات و بالا بردن استحکام و سختی آن ها معمولاً قابلیت ماشین کاری قطعات کاهش می یابد.

قطعات صنعتی دارای سطوح صاف، استوانه ای، مخروطی یا با انحنای هستند. لذا به تناسب باید از ماشین های مناسب استفاده کرد. متداول ترین ماشین های ماشین کاری عبارتند از دستگاه دریل، فرز، ماشین تراش و صفحه تراش (شکل ۱-۲۲).

برای براده برداری به وسیله ماشین های ابزار سه حرکت اصلی برش، پیشروی و تنظیم بار مورد لزوم است. بدین معنی که برای تراش یک قطعه ابتدا یا باید قطعه حرکت کند، مثل ماشین تراش؛ یا ابزار برش حرکت کند، مثل حرکت مته در دستگاه دریل، که به آن حرکت اصلی برش گویند. در شکل ۱-۲۲ این حرکت نشان داده شده است.



شکل ۱-۲۲- دستگاه های تراش، صفحه تراش و فرز. در این شکل حرکت اصلی برش و پیشروی نشان داده شده است.

برای انجام براده‌برداری باید ابزار برش با سرعت کم و یکنواختی نسبت به قطعه حرکت کند تا عمل براده‌برداری به‌طور یکنواخت انجام گیرد، به این حرکت پیشروی گفته می‌شود (شکل ۲۲-۱). ماشین‌های ابزار باید مجهز به سیستمی باشند که میزان براده‌برداری را تنظیم کند. در کلیه عملیات ماشین‌کاری فلزات، باید از فلز یا وسیله دیگری برای براده‌برداری استفاده کرد که سختی آن به مراتب بیش از سختی فلز تحت ماشین‌کاری باشد. به این ابزار، ابزار سایش گویند. انتخاب ابزار سایش از محدودیت‌های بزرگ این صنعت به‌شمار می‌رود و باعث بروز اشکالات عمده‌ای می‌شود.

جنس ابزار سایش معمولاً از فولادهای ابزار با سختی بسیار بالاست. در عین حال، هنگامی که جنس فلز ماشین‌کاری سخت باشد یا سرعت براده‌برداری زیاد باشد این ابزار سختی خود را از دست می‌دهد و به سرعت کند می‌شود. ابزار سایش امروزه بیشتر به روش متالورژی پودر تهیه می‌شوند. با توجه به گسترش روزافزون تکنولوژی، امروزه روش‌های نوین براده‌برداری الکتریکی و الکترودی ابداع شده است. ولی با وجود این هنوز از صنعت ماشین‌کاری به‌عنوان صنعت مادر نمی‌توان نام برد، بلکه فقط در حد یک صنعت تمام‌کننده مطرح است.

۹-۱- مزایا و محدودیت‌های روش ریخته‌گری نسبت به سایر روش‌های تولید

در جهان امروز، صنعت ریخته‌گری قسمت بزرگی از اقتصاد یک کشور را تحت پوشش خود قرار می‌دهد. با مراجعه به آمارهای جهانی تولید قطعات صنعتی، افزایش روزافزون میزان محصولات ریخته‌گری در مقایسه با محصولات ساخته شده از طریق سایر روش‌ها، به خوبی مشهود است. با توجه به گسترش روزافزون این روش تولیدی، در اینجا لازم است تا مروری مختصر بر مزایا و محدودیت‌های تولید قطعات به روش ریخته‌گری صورت گیرد.

۹-۱-۱- مهم‌ترین مزایای روش ریخته‌گری: پاره‌ای از مزایا، به عنوان یک ویژگی ذاتی، در فرآیند ریخته‌گری مطرح هستند. این ویژگی‌ها در مواردی خاص، عامل اصلی در انتخاب روش ریخته‌گری به عنوان یک روش برتر، نسبت به سایر روش‌های شکل دادن به‌شمار می‌روند، در هر حال، برخی از مزایای عمده این روش عبارتند از:

— امکان ساخت اجسامی که دارای شکل‌های پیچیده داخلی و خارجی هستند، فقط از طریق ریخته‌گری تولید می‌شوند. در نتیجه بسیاری از عملیات دیگر از قبیل ماشین‌کاری، آهنگری و جوشکاری، که در ساخت قطعاتی همچون سیلندرها، توربین‌ها، پمپ‌ها و نظایر آن‌ها از محدودیت‌های

فراوانی برخوردارند، کاهش یافته و یا از بین می‌روند.

— طبیعت فلز: برخی از فلزات بنا به طبیعت متالورژیکی، تنها به روش ریخته‌گری شکل می‌گیرند و عملیات مکانیکی از قبیل نورد و آهن‌گری را نمی‌پذیرند. چدن‌ها، نمونه‌ی بارز این قبیل مواد هستند.

— سهولت و سرعت تولید

— امکان تولید قطعات بسیار بزرگ و بسیار کوچک

— امکان ایجاد خواص مکانیکی لازم، از طریق کنترل ترکیب شیمیایی آلیاژ و یا سرعت سرد کردن آن.

— با توجه به سرعت تولید و هزینه‌های تمام شده، از نظر اقتصادی، قطعات ساخته شده به روش ریخته‌گری نسبت به سایر روش‌ها مقرون به صرفه‌تر هستند.

۹-۲-۱- مهم‌ترین محدودیت‌های عمده‌ی روش ریخته‌گری: علی‌رغم مزیت‌های زیادی که به آن‌ها اشاره شد، تولید قطعات به این روش از محدودیت‌هایی نیز برخوردار است که برخی از آن‌ها عبارتند از:

— کافی نبودن دقت: هر چند میزان دقت ابعاد و سطوح در روش‌های مختلف ریخته‌گری متفاوت است و با پیشرفت روز افزون این صنعت، روش‌هایی ابداع شده‌اند که محصول تولیدی آن‌ها از دقت ابعاد و سطوح بسیار بالایی برخوردار است (روش ریخته‌گری دقیق) ولی با این وجود، در یک نگرش کلی به طبیعت این فرآیند، کافی نبودن دقت ابعادی در این روش در مقایسه با روشی همچون ماشین‌کاری به خوبی استنباط می‌شود.

— غیر یکنواختی در خواص مکانیکی: عدم یکنواختی در سرعت سرد شدن قطعات ریختگی که از طبیعت این فرآیند ناشی می‌شود، به غیر یکنواختی ساختار درونی و خواص مکانیکی قطعه منتهی می‌شود.

در هر حال امروزه با توجه به پیشرفت‌های حاصل شده در زمینه‌های آزمایشگاهی رشته‌ی متالورژی و همچنین پیشرفت و تکامل صنعت ریخته‌گری و ارتباط دائمی و مؤثر صنایع وابسته از قبیل ماشین‌کاری و جوشکاری، بسیاری از محدودیت‌های موجود از میان رفته است.

۱۰-۱- محصولات ریخته‌گری

صنعت ریخته‌گری از نظر تولیدی به دو دسته اصلی تقسیم می‌شود که عبارتند از: ریخته‌گری

شمش (شمش ریزی) و ریخته‌گری قطعه (شکل ریزی). همانگونه که قبلاً به آن اشاره شد، شمش‌ها محصولات نیمه‌تمامی هستند که یا به‌منظور استفاده در ریخته‌گری (ذوب مجدد) تولید می‌شوند و یا این که برای تهیه قطعات صنعتی از طریق یکی از روش‌های شکل دادن مکانیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. دارا بودن ابعادی مناسب از نقطه نظر وزن، انبار کردن و سهولت برش و جدا کردن از ویژگی‌های مهم در ارتباط با شمش‌های ریخته‌گری هستند. در حالی که شمش‌های مناسب برای انجام کار مکانیکی، شکل هندسی معینی داشته و بیشتر در انواع مکعب مستطیل و یا استوانه تولید می‌شوند. امروزه در ریخته‌گری قطعه از روش‌های گوناگونی استفاده می‌شود که شرح کامل هر یک در فصل ششم و هفتم این کتاب آمده است.

پرسش‌ها

- ۱- ریخته‌گری را تعریف کنید.
- ۲- نمودار مراحل مختلف ریخته‌گری یک قطعه‌ی فلزی را ترسیم کنید.
- ۳- مهم‌ترین ویژگی‌های دوره‌ی برنز را توضیح دهید.
- ۴- مهم‌ترین ویژگی‌های دوره‌ی آهن را نام ببرید.
- ۵- وضعیت صنعت ریخته‌گری را در دوره‌ی رنسانس بررسی کنید.
- ۶- مهم‌ترین ویژگی‌های ریخته‌گری در دوره‌ی انقلاب صنعتی را توضیح دهید.
- ۷- روش‌های تولید قطعات را نام برده و در مورد آن‌ها مختصراً توضیح دهید.
- ۸- نوردکاری را شرح دهید.
- ۹- فشارکاری (اکستروژن) را توضیح دهید.
- ۱۰- پتک‌کاری (آهن‌گری) را شرح دهید.
- ۱۱- جوشکاری و روش‌های مختلف آن را توضیح دهید.
- ۱۲- متالورژی پودر را شرح دهید.
- ۱۳- ماشین‌کاری را توضیح دهید.
- ۱۴- مزایا و محدودیت‌های روش ریخته‌گری نسبت به روش‌های دیگر تولید را نام ببرید.

فصل دوم

عملیات ذوب

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود پس از پایان این فصل بتواند :

- ۱- انواع کوره‌های ریخته‌گری را توضیح دهد.
- ۲- مزایا و محدودیت‌های کوره‌های ذوب را شرح دهد.

۱-۲- کوره‌های ریخته‌گری و مشخصات آن‌ها

ذوب کردن مواد اولیه فلزی، اولین مرحله فرآیند ریخته‌گری می‌باشد، که توسط کوره ذوب انجام می‌گیرد.

کوره ذوب وسیله‌ای است که با ایجاد حرارت لازم، مقدار معینی از مواد فلزی را ذوب می‌کند.

معیارهای اصلی در انتخاب کوره مناسب عبارتند از :

- ۱- نوع آلیاژ
- ۲- دمای ذوب لازم
- ۳- مقدار ذوب
- ۴- سرعت ذوب شدن
- ۵- مسائل اقتصادی

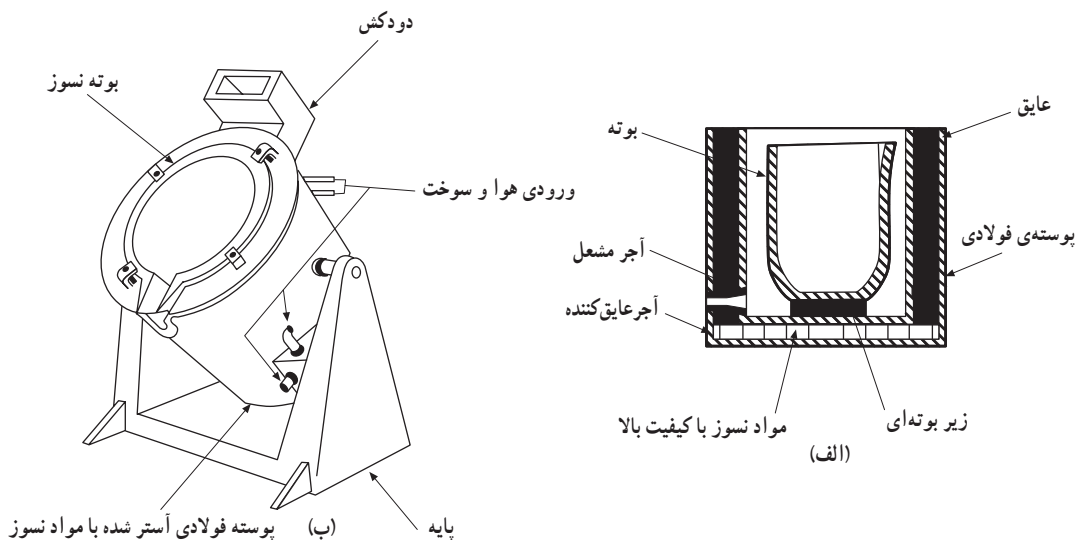
کوره‌های ذوب مورد استفاده در صنعت عبارتند از :

۱-۱-۲- کوره‌های بوته‌ای: این کوره‌ها، ساده‌ترین و قدیمی‌ترین نوع از کوره‌های ذوب

فلزات هستند. کوره‌های بوته‌ای معمولاً به دو صورت ثابت و گردان مورد استفاده قرار می‌گیرند که در شکل ۱-۲ به صورت شماتیک نشان داده شده‌اند.

سوخت مناسب برای کوره‌های بوته‌ای، سوخت‌های فسیلی (مایع و گاز) می‌باشد. در میان

سوخت‌های مایع، گازوئیل و مازوت و در سوخت‌های گازی، گاز شهری به طور وسیع‌تری مورد



شکل ۱-۲- انواع کوره های بوته ای (الف) بوته متحرک (ب) بوته ثابت (خم شو)

استفاده قرار می گیرند. هر چه مازوت یا نفت کوره از گازوئیل ارزان تر است و از ارزش حرارتی بیش تری نیز نسبت به آن برخوردار است ولی به دلیل گرانی و بیش تر، به هنگام استفاده باید پیشگرم گردد.

مهم ترین مزیت ها و محدودیت های کوره های بوته ای از این قرارند :

مزیت ها:

- ۱- قابلیت ذوب فلزات و آلیاژهای مختلف (به دلیل قابل تعویض بودن بوته).
- ۲- سوخت مصرفی ارزان.
- ۳- عدم تماس مستقیم مذاب با سوخت یا محصولات احتراق.
- ۴- مناسب بودن برای واحدهای کوچک و برای تولید با مقادیر پایین.
- ۵- سهولت تعمیر و نگهداری.
- ۶- هزینه پایین سرمایه گذاری (هزینه ثابت).

محدودیت ها:

- ۱- پایین بودن ظرفیت ذوب.

۱- گرانی و یا ویسکوزیته مقدار مقاومتی است که یک سیال نسبت به جاری شدن از خود نشان می دهد.

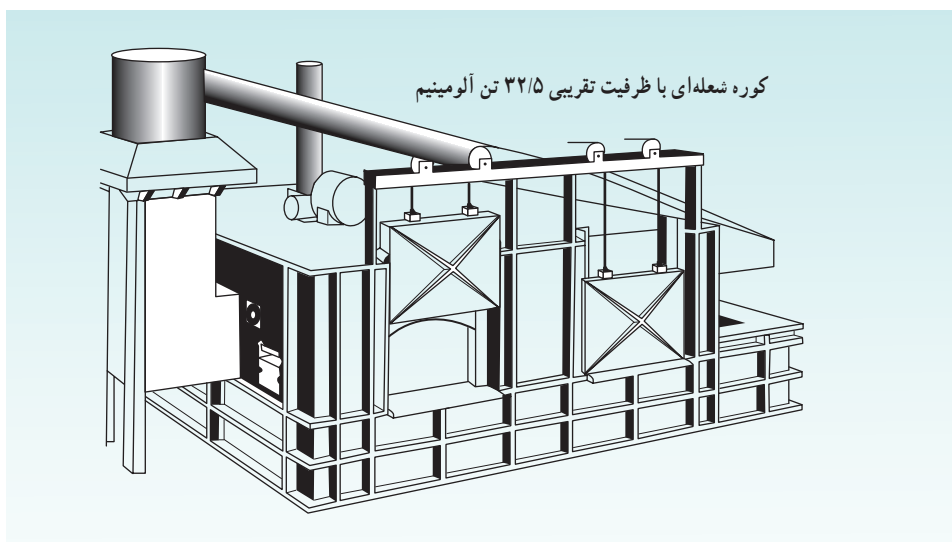
۲- پایین بودن راندمان حرارتی : به دلیل انتقال حرارت از طریق تشعشع و هدایت به مذاب، راندمان حرارتی پایین است و با توجه به نوع سوخت، بین ۱۵ تا ۳۰ درصد می باشد.

۳- کوتاه بودن عمر بوته ها به دلیل تغییرات شدید درجه حرارت (شوک حرارتی)، و خوردگی بوته توسط مذاب.

۴- محدودیت ذوب کردن فلزات و آلیاژهای با دمای ذوب بالا.

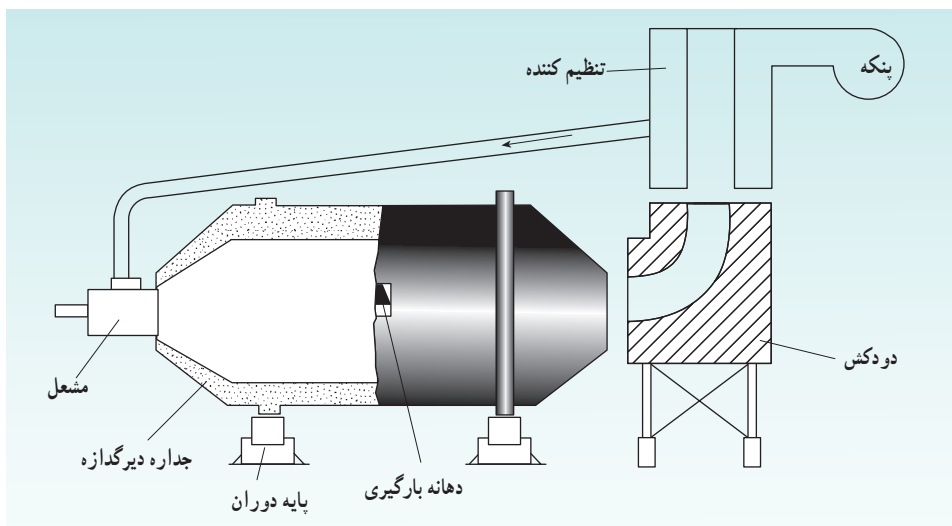
۵- هزینه های تولید نسبتاً بالا (هزینه جاری).

۲-۱-۲- کوره های تشعشعی: در این نوع کوره ها، شعله به صورت جریانی از روی سطح شارژ حرکت می کند و در اثر تشعشع شعله، شارژ ذوب می گردد. کوره های تشعشعی (انعکاسی)، معمولاً در دو نوع ثابت و دوار (کوره در حین عملیات ذوب، دوران و چرخش دارد) مورد استفاده قرار می گیرند. کوره تشعشعی ثابت برای ذوب فلزات و آلیاژهای غیر آهنی به کار می رود. در شکل ۲-۲ نمونه ای از کوره تشعشعی ثابت نشان داده شده است.



شکل ۲-۲ - کوره تشعشعی ثابت

کوره های تشعشعی نوع دوار به طور گسترده ای برای ذوب چدن، با ظرفیت های ۳۰۰ کیلو گرم به بالا به کار می رود (شکل ۲-۳).



شکل ۳-۲- کوره تشعشعی دوار مناسب برای ذوب چدن

مهم ترین مزیت های کوره های تشعشعی عبارتند از:

الف - امکان تهیه مذاب با مقادیر زیاد (بالا بودن ظرفیت مذاب به ویژه در مقایسه با نوع بوتنه ای).

ب - برخورداری از راندمان حرارتی بیشتر (مقدار راندمان این کوره ها در مقایسه با نوع بوتنه ای بیشتر می باشد).

ج - توزیع یک نواخت درجه حرارت و ترکیب شیمیایی به دلیل به هم خوردن مذاب (در نوع دوار).

محدودیت عمده این نوع کوره ها، دشواری بودن کنترل واکنش های شیمیایی میان مذاب و محصولات احتراق می باشد. زیرا به دلیل تماس مستقیم شعله با مذاب، مقداری از عناصر اصلی موجود در مذاب (کربن و سیلیسیم در چدن ها) می سوزند.

۳-۱-۲- کوره کوپل: در این کوره، ذوب به صورت مداوم تهیه می گردد که مواد اولیه از قسمت بالا به داخل کوره شارژ شده و پس از ذوب شدن از قسمت پایین خارج می گردد. کوره کوپل به طور وسیعی برای ذوب چدن ها در صنعت ریخته گری به کار می رود. شارژ این کوره ها شامل برگشتی انواع چدن ها، به همراه قراضه آهن و شمش چدن به دست آمده از کوره بلند می باشد.

سوخت این کوره ها، به طور عمده کک و در برخی از موارد سوخت های گازی می باشد.

در شکل ۴-۲ یک کوره کوپل نشان داده شده است.

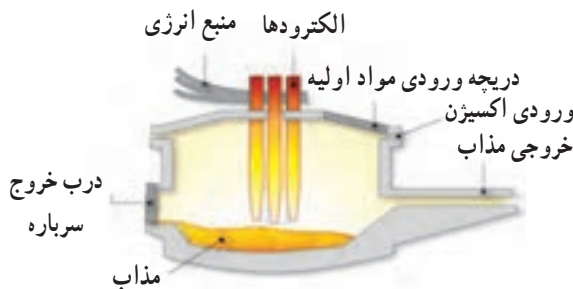
قابل ذکر است که هر چند در این کوره‌ها، به دلیل تماس مستقیم مواد شارژ، راندمان حرارتی در مقایسه با سایر کوره‌های با سوخت فسیلی، بالا می‌باشد ولی کنترل ترکیب شیمیایی دشوارتر است.



شکل ۴-۲- کوره کوپل

۴-۱-۲- کوره‌های الکتریکی^۱: در این کوره‌ها، حرارت لازم برای ذوب فلز توسط انرژی الکتریکی تأمین می‌گردد. یکی از انواع این کوره‌ها، کوره‌های قوس الکتریکی (شکل ۵-۲) می‌باشد که حرارت ناشی از ایجاد قوس الکتریکی میان الکترودها و شارژ کوره موجب ذوب شدن مواد فلزی می‌گردد.

۱- Electric Furnace



شکل ۵-۲- کوره قوس الکتریکی

دلایل استفاده اصلی از این کوره‌ها در ذوب فولادها امکان تصفیه مذاب از ناخالصی‌های مضر، با ایجاد سرباره^۱ مناسب می‌باشد. زیرا در این کوره‌ها، نسبت سطح مذاب به حجم آن بیشتر می‌باشد و در نتیجه عمل تصفیه به طور بسیار وسیعی صورت می‌گیرد. ظرفیت کوره‌های قوسی بین ۱ تا ۱۰۰ تن متغیر است.

مزیت‌های مهم این کوره‌ها عبارتند از:

الف - امکان استفاده از قراضه‌های معمولی به عنوان شارژ.

ب - حجم ذوب نسبتاً بالا.

ج - امکان تصفیه مذاب.

محدودیت اصلی در استفاده از این کوره‌ها عبارتند از:

الف) بالا بودن هزینه سرمایه‌گذاری ثابت و هزینه‌های جاری.

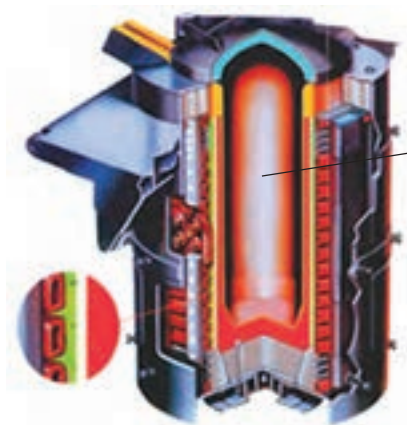
ب) محدودیت استفاده از این کوره‌ها، در ظرفیت‌های کم ذوب.

از انواع دیگر کوره‌های الکتریکی، کوره‌های القایی هستند. در این کوره‌ها، حرارت لازم برای ذوب فلز، به وسیله ایجاد جریان القایی حاصل از میدان الکترومغناطیسی تأمین می‌گردد.

این کوره‌ها معمولاً به دو صورت بدون هسته و هسته‌دار (کانالی) مورد استفاده قرار می‌گیرند که به طور شماتیک در شکل ۶-۲ نشان داده شده است.

در کوره‌های القایی بدون هسته (شکل ۶-۲ - الف) کویل القاکننده که به شکل لوله‌های آب‌گرد مسی می‌باشد در اطراف بوته ذوب، قرار گرفته است. کوره‌های القایی با فرکانس‌های مختلف وجود دارد.

۱- سرباره ترکیبات غیرفلزی است که روی مذاب تشکیل می‌گردد و می‌تواند برای تصفیه مذاب از ناخالصی‌ها مورد استفاده قرار گیرد.



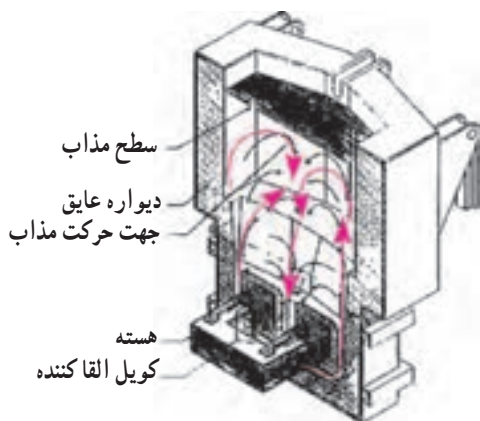
مذاب



کویل القاکننده

عایق

(الف)



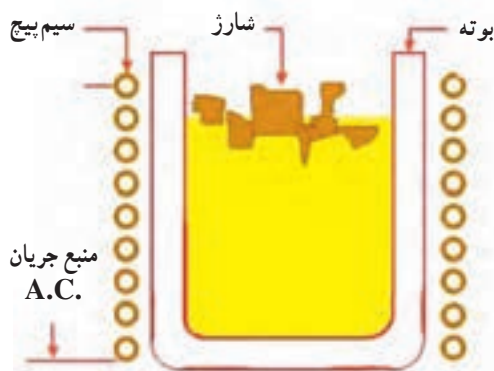
سطح مذاب

دیواره عایق

جهت حرکت مذاب

هسته

کویل القاکننده



سیم پیچ

شارژ

بوته

منبع جریان
A.C.

(ب)

شکل ۶-۲- انواع کوره‌های الکتریکی القایی (الف) بدون هسته (ب) هسته‌دار (کانالی)

کوره‌های القایی با فرکانس پایین به دلیل عدم نیاز به مولد یا ژنراتور برای تولید برق با فرکانس بالا، هزینه سرمایه‌گذاری پایینی داشته و در گذشته به طور وسیعی در صنایع ریخته‌گری استفاده می‌شد

(هنوز در صنعت تعداد زیادی از این کوره‌ها استفاده می‌شود). همچنین در کوره‌های القایی با فرکانس پایین، به دلیل افزایش قابلیت به هم خوردن و تلاطم مذاب، افزودن شارژ به طور مطلوب‌تری، در مقایسه با کوره‌های با فرکانس بالا، صورت می‌گیرد.

از مزیت‌های کوره‌های با فرکانس بالا در مقایسه با کوره‌های با فرکانس پایین، این است که در این کوره‌ها عمل ذوب می‌تواند بدون نیاز به وجود مذاب اولیه در بوته انجام شود. این موضوع به خصوص در تهیه مذاب با مقادیر پایین (در کوره‌های آزمایشگاهی) از اهمیت زیادی برخوردار است. این کوره‌ها را می‌توان برای ذوب، نگهداری مذاب، افزایش فوق ذوب مذاب و یا تمام موارد یاد شده برای فلزات آهنی و غیرآهنی به کار برد.

کوره‌های القایی هسته‌دار (کانالی) نیز به طور گسترده‌ای در صنایع ریخته‌گری مورد استفاده قرار می‌گیرد. همان‌گونه که در شکل ۶-۲ ب مشاهده می‌شود، در این کوره‌ها، کوئل القاکننده در قسمت محدودی از بوته قرار می‌گیرد. کوره‌های القایی هسته‌دار، برخلاف نوع بدون هسته، بیشتر به عنوان نگهدارنده مذاب و افزایش فوق ذوب به کار می‌روند.

مزیت‌های مهم کوره‌های القایی:

- ۱- توزیع یک‌نواخت درجه حرارت و ترکیب شیمیایی در کل مذاب، به دلیل به هم خوردن مذاب.
- ۲- سهولت افزودن عناصر آلیاژی.
- ۳- عدم آلودگی و سروصدای حاصل از کار کوره در مراحل ذوب.
- ۴- قابلیت ساخت کوره‌هایی با ظرفیت پایین.

محدودیت‌های مهم کوره‌های القایی:

محدودیت عمده در استفاده از کوره‌های القایی عبارت است از عدم امکان تصفیه مذاب از ناخالصی‌ها؛ که در این صورت باید از شارژ تمیز استفاده گردد. توضیح این که به دلیل وجود تلاطم و نیز سرد بودن مذاب در سطح فوقانی، ایجاد شرایط مناسب در سرباره به منظور تصفیه مذاب (خروج ناخالصی‌های مضر) امکان‌پذیر نیست. این نوع کوره‌ها را بیشتر می‌توان برای مذاب بعضی از فولادهای آلیاژی که نیاز به مرحله تصفیه ندارند به کار برد.

پرسش‌ها

- ۱- کوره ریخته‌گری را تعریف کنید.
- ۲- معیارهای اساسی، در انتخاب یک کوره‌ی ذوب مناسب کدامند؟
- ۳- انواع کوره‌ها براساس نحوه‌ی تماس مذاب با محیط ذوب را نام برده، آن‌ها را از نظر متالورژیکی با یک‌دیگر مقایسه کنید.
- ۴- مزایا و محدودیت‌های کوره‌های بوت‌ه‌ای را شرح دهید.
- ۵- مهم‌ترین مزیت‌های کوره‌های تشعشعی را توضیح دهید.
- ۶- نحوه‌ی کار کوره کوپل را شرح دهید.
- ۷- ویژگی مهم کوره‌های قوس الکتریکی از جهت متالورژیکی چیست؟
- ۸- انواع کوره‌های القایی را نام برده، ویژگی‌های آن‌ها را با یک‌دیگر مقایسه کنید.
- ۹- مزایا و محدودیت‌های کوره‌های القایی را توضیح دهید.

قالب‌های ریخته‌گری

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود پس از پایان این فصل بتواند :

- ۱- قالب‌های دائمی را توضیح دهد.
- ۲- قالب‌های موقت را توضیح دهد.
- ۳- ماسه و انواع آن را شرح دهد.
- ۴- چسب‌ها و مواد افزودنی مورد استفاده در مخلوط ماسه قالب‌گیری را توضیح دهد.
- ۵- روش‌های احیای ماسه را توضیح دهد.

۳-۱- تعریف

قالب ریخته‌گری محفظه‌ای است که درون موادی از قبیل ماسه، گچ، فلز و ... تعبیه می‌شود، به گونه‌ای که مذاب پس از پرکردن این محفظه^۱ و انجماد در آن، شکل محفظه را به خود می‌گیرد. قالب در ریخته‌گری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است تا حدی که می‌توان گفت ساخت و تهیه قطعه ریختگی سالم با مشخصات مطلوب، با استفاده از قالب مناسب امکان‌پذیر است. به طور کلی، از نظر متالورژیکی و جنبه‌های اقتصادی، قالب‌ها به دو دسته‌ی دائمی و موقت تقسیم می‌شوند.

۳-۲- قالب‌های دائمی

قالب‌هایی که در ساخت قطعات ریختگی، به طور مکرر مورد استفاده قرار می‌گیرند، قالب‌های دائمی نامیده می‌شوند. جنس این قالب‌ها، فلزی بوده و معمولاً از چدن خاکستری، فولاد و برنز

^۱ - Die Cavity

ساخته می‌شود. انتخاب جنس قالب براساس مواردی همچون بالا بودن نقطه ذوب جنس قالب نسبت به فلز یا آلیاژ ریخته‌گری، 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 روی آن‌ها ماشین‌کاری و پرداخت‌کاری انجام شود. این قالب‌ها معمولاً برای ساخت قطعاتی از جنس فلزات و آلیاژهای غیر آهنی از قبیل آلومینیم، منیزیم، روی، سرب، مس و آلیاژهای آن‌ها و نیز قطعاتی از جنس چدن خاکستری، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در جدول ۱-۳ درجه حرارت‌های بار ریزی، عمر تقریبی قالب و نیز درجه حرارت‌های پیش‌گرم قالب ریخته‌گری چند آلیاژ صنعتی درج شده است.

جدول ۱-۳- درجه حرارت بار ریزی، عمر تقریبی قالب و درجه حرارت پیش‌گرم قالب در ریخته‌گری چند آلیاژ صنعتی

فلز یا آلیاژ	درجه حرارت بار ریزی °C	عمر قالب (تعداد قطعات)	درجه حرارت پیش‌گرم °C
چدن خاکستری	۱۲۶۰-۱۴۸۰	۵-۲۰۰۰۰	۳۱۵-۴۲۵
آلیاژهای آلومینیم	۷۰۰-۷۶۰	تا ۱۰۰۰۰۰	۳۴۰-۴۲۵
آلیاژهای مس	۱۰۴۰-۱۱۵۰	۵-۲۰۰۰۰	۱۲۰-۲۶۰
آلیاژهای منیزیم	۶۵۰-۷۰۰	۲۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰	۱۵۰-۳۱۵
آلیاژهای روی	۳۸۵-۴۲۵	بالاتر از ۱۰۰۰۰۰	۲۰۰-۲۶۰

مزایا: بالا بودن سرعت تولید، دقت ابعادی و نیز ایجاد مشخصات متالورژیکی مطلوب. محدودیت‌های استفاده از قالب‌های دائمی عبارتند از: هزینه‌ی بالای ساخت قالب، مناسب نبودن برای ریخته‌گری فلزاتی با نقطه ذوب بالا (به عنوان مثال فولادها)، اقتصادی نبودن در تولید قطعات بزرگ و به تعداد کم و نیز قطعاتی با شکل‌های پیچیده.

قالب‌های دائمی از نقطه نظر نحوه پر شدن توسط مذاب به سه دسته قالب‌های ریژه (ثقلی یا وزنی)، تحت فشار و گریز از مرکز تقسیم می‌شوند که شرح کامل آن در فصل هفتم این کتاب آمده است.

۳-۳- قالب‌های موقت

قالب‌هایی که پس از هر بار ریخته‌گری به هنگام خروج قطعه خراب می‌شوند، قالب‌های موقت نام دارند. این قالب‌ها که مواد سازنده‌ی 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 (قالب گیری پوسته‌ای).
- به وسیله جاری کردن آزاد مخلوطی به صورت دوغاب یا مایع در اطراف مدل (قالب گیری دقیق).

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

۱-۳-۳- مشخصات عمومی قالب های موقت: برای تهیه و ساخت قطعات ریختگی

سالم و بدون عیب، مخلوط مواد قالب گیری باید دارای خواص عمومی زیر باشد :

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

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

— استحکام مکانیکی: مخلوط مواد قالب گیری، پس از شکل گیری باید از استحکام کافی برخوردار باشد، به گونه ای که هنگام جابه جایی و انتقال به محل بارریزی، شکل ایجاد شده را حفظ نماید. همچنین هنگام بارریزی، در اثر تماس با مذاب داغ، مقاومت خوبی را در مقابل سایش از خود

نشان داده و در اثر فشار فلز مذاب^۱ (نیروی ارشمیدس) دچار تغییر شکل و ابعاد نگردد.

— حداقل تغییرات ابعادی در درجه حرارت‌های بالا: با توجه به این که 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 و یا شکست می‌شود.

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

— داشتن انتقال حرارت مطلوب: به طور کلی، انجماد فلز مذاب در داخل قالب، مستلزم خروج حرارت مذاب از طریق مواد قالب می‌باشد. با توجه به این که سرعت انتقال حرارت نقش بسیار مؤثری در مشخصات و خواص متالورژیکی و مکانیکی قطعه ریخته‌گی به عهده دارد، در انتخاب مواد قالب‌گیری باید به این نکته مهم توجه گردد.

— قابلیت متلاشی شدن: با توجه به این که قالب پس از بارریزی و جامد شدن قطعه، باید تخریب شود؛ مواد قالب‌گیری باید به هنگام خروج قطعه از قالب به راحتی از هم متلاشی شود.

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

۴-۳- ماسه

همان‌گونه که اشاره شد یکی از اجزای اصلی در مخلوط ماسه قالب‌گیری، ذرات دیرگداز ماسه است. به طور کلی ماسه ذرات ریزی از مواد معدنی است که قطر آن در محدوده‌ی (۰/۰۵-۲) میلی‌متر می‌باشد. ذراتی که قطر آن‌ها کمتر از ۰/۰۲ میلی‌متر است، خاک نامیده می‌شوند. مخلوط ماسه قالب‌گیری که در ریخته‌گری مورد استفاده قرار می‌گیرد به دو دسته‌ی طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند:

۱-۴-۳- ماسه طبیعی: این ماسه‌ها که جزء دیرگداز آن سیلیس (SiO_2) می‌باشد، در طبیعت به صورت مخلوط با خاک رس (چسب طبیعی) یافت می‌شود. میزان خاک رس در ماسه‌های ریخته‌گری تا حدود ۲۰ درصد متغیر است. علاوه بر خاک رس، معمولاً ترکیبات دیگری نیز در این

ماسه‌ها وجود دارند که عبارتند از: اکسید آلومینیم (Al_2O_3)، اکسید آهن (Fe_2O_3)، اکسید تیتانیوم (TiO_2)، اکسید کلسیم (CaO)، اکسید منیزیم (MgO)، اکسید پتاسیم (K_2O) و اکسید سدیم (Na_2O).

خواص و مشخصات این ماسه‌ها به میزان خاک و سایر ترکیبات موجود در آن‌ها بستگی دارد. در جدول ۲-۳ مشخصات تعدادی از ماسه‌های طبیعی درج شده است.

جدول ۲-۳- مشخصات چند نمونه از ماسه‌های طبیعی ایران

معدن ماسه	نقطه زینتر	عدد ریزی A.F.S	ضریب گوشه‌دار بودن	تقلیل وزن حرارتی	درصد خاک رس	قابلیت عبور گازتر	استحکام تر	استحکام خشک
گرمسار	۱۱۳۰ °C	۸۹	۱/۱۹	۵/۸٪	۵/۷۸	۳۰	۷	۲۰
صوفیان	۱۱۳۰ °C	۵۰	۱/۴۹	۴/۶٪	۳/۸۲			
لاکان رشت	۱۱۵۰ °C	۷۸	۱/۴۷	۱/۷۲٪	۶/۶۷٪	۲۰	۷/۵	۲۰
حسن آباد قم	۱۱۳۰ °C	۸۴	۱/۱	۶/۳٪	۹/۸۵٪	۳۵	۳/۳	۷/۴

همان‌گونه که اشاره شد، مخلوط ماسه طبیعی به صورت از پیش آماده در طبیعت وجود دارد و برای استفاده از آن تنها بایستی آب اضافه گردد. هرچند این نوع ماسه در نقاط مختلف کشورمان به مقدار زیادی وجود دارد و با قیمت نسبتاً ارزانی قابل دسترس است ولی به دلیل پایین بودن نقطه دیرگدازی آن تنها در ریخته‌گری فلزات و آلیاژهای غیرآهنی با درجه حرارت‌های بارریزی پایین از قبیل آلومینیم، برنج، برنز و قطعات کوچک چدنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دلیل پایین بودن دیرگدازی این ماسه‌ها در حقیقت وجود ترکیبات قلیایی و قلیایی خاکی می‌باشد و چون این ترکیبات در اثر حرارت مذاب تبخیر می‌گردند، تشکیل مُک و حفره‌های گازی و در نتیجه معیوب شدن قطعه‌ی ریخته‌گری را به همراه دارد. برای جلوگیری از عیوب مذکور، افزودن موادی نظیر پودر چوب و مواد نشاسته‌ای به منظور خروج بهتر گازها می‌تواند مفید باشد. قابل ذکر است که از ماسه‌های طبیعی، بیشتر در واحدهای کوچک و متوسط ریخته‌گری استفاده می‌گردد.

۲-۴-۳- ماسه مصنوعی: این نوع ماسه‌ها معمولاً از شکستن، خرد کردن و غربال نمودن سنگ‌های سیلیسی، زیرکنی^۱، کرومیتی^۲ و اولیوینی^۳ به دست می‌آیند که برای ایجاد قابلیت شکل‌پذیری،

۱- Zircon

۲- Chromite

۳- Olivine

به آن‌ها حسب افزوده می‌شود. دلایل مهم استفاده از این ماسه‌ها به جای ماسه‌های طبیعی عبارتند از : دستیابی به دیرگدازی بالاتر، کنترل مشخصات فیزیکی و مکانیکی مخلوط به منظور تأمین خواص مورد نیاز، قابلیت بازسازی و استفاده‌ی مجدد.

از این رو در بیشتر واحدهای ریخته‌گری که به تولید قطعات بزرگ و نیز قطعاتی از فلزات و آلیاژهای با نقطه ذوب‌های بالا، اشتغال دارند، از ماسه‌های مصنوعی به‌طور وسیعی استفاده می‌شود. در جدول ۳-۳ مشخصات نمونه‌هایی از ماسه‌های مصنوعی ایران درج شده است.

جدول ۳-۳- مشخصات چند نمونه از ماسه‌های مصنوعی ایران

معدن ماسه	نقطه‌ی زینتر °C	عدد ریزی A . F . S	ضریب گوشه‌دار بودن	تقلیل وزن حرارتی
مبارک آباد (جاده آبعلی)	۱۳۵۰	۵۳	۱/۵۴	۱/۴٪
سرترزا (فیروزکوه)	بالاتر از ۱۵۰۰	۷۴	۱/۱۸	۰/۶۱٪

همان‌گونه که از مقایسه جداول ۳-۲ و ۳-۳ قابل درک است، بالا بودن نقطه دیرگدازی ماسه‌های مصنوعی، یکی از مهمترین مزایای این ماسه‌ها در مقایسه با نوع طبیعی آن می‌باشد که به‌طور مؤثری به ترکیب شیمیایی ماسه ارتباط دارد. در جدول ۳-۴ ترکیب شیمیایی این دو نوع ماسه جهت مقایسه درج شده است.

جدول ۳-۴- ترکیب شیمیایی چند نمونه از ماسه‌های طبیعی و مصنوعی ایران

نام ماسه	% SiO _۲	% Al _۲ O _۳	% Fe _۲ O _۳	% TiO _۲	% CaO	% MgO	% K _۲ O	% Na _۲ O
حسن آباد قم	۵۸/۱۸	۱۲/۵۷	۷/۵۷	۱/۱۰	۶/۰۳	۳/۶۲	۲/۶۴	۲/۲۸
مبارک آباد	۹۵/۸۸	۰/۸۵	۱/۴۰	ناچیز	۰/۲۲	۰/۸۸	۰/۰۵	۰/۰۳
سرترزا	۹۶/۶	۱/۱۵	۱/۲۰	—	۰/۵۹	۰/۳۶	۰/۰۵	۰/۰۵

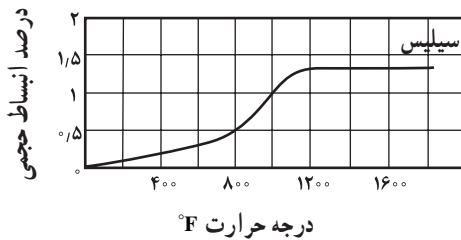
در میان ماسه‌های مصنوعی، نوع سیلیسی آن مهم‌تر و پر مصرف‌تر از بقیه انواع می‌باشد، ماده دیرگداز این نوع ماسه‌ها، ذرات سیلیس (SiO_۲) می‌باشد که معمولاً با ترکیبات دیگر همراه است. از میان این ترکیبات، اکسیدهای آلومینیم و آهن، دیرگدازی ماسه را افزایش داده و اکسیدهای پتاسیم و سدیم، علی‌رغم بهبود چسبندگی و شکل‌پذیری ماسه، دیرگدازی آن را کاهش می‌دهند. در جدول

۳-۵ ترکیب شیمیایی مربوط به سه نوع ماسه سیلیسی درج شده است.

جدول ۳-۵ ترکیب شیمیایی سه نوع ماسه ریخته‌گری

ترکیبات	ماسه سیلیسی مرغوب (%)	ماسه سیلیسی معمولی (%)	ماسه قرمز نامرغوب (%)
SiO ₂	۹۷/۹۱	۸۵	۷۸/۱
Al ₂ O ₃	۱/۱۳	۱۰	۱۰/۱۲
Fe ₂ O ₃	۰/۵	۲	—
CaO	۰/۱۱	۱	۲/۴
MgO	۰/۰۲	۰/۵	۱/۸
K ₂ O	۰/۶۵	۰/۷۵	۳/۱
Na ₂ O	۰/۰۷	۰/۵	۰/۲
مواد قابل اشتعال و ناخالصی‌های دیگر	۰/۲۵	۰/۲۵	۴/۱

هرچند ماسه‌های سیلیسی استفاده زیادی در ریخته‌گری دارند ولی به دلیل افزایش حجم (انبساط) سریع آن در درجه حرارت‌های بالا، امکان شکستن و یا تغییر شکل قالب وجود دارد (شکل ۳-۱). بنابراین جهت دستیابی به دیرگدازی بالاتر، از ماسه‌های دیگری مانند ماسه‌های کرومیتی، زیرکونی و اولیوینی استفاده می‌شود.



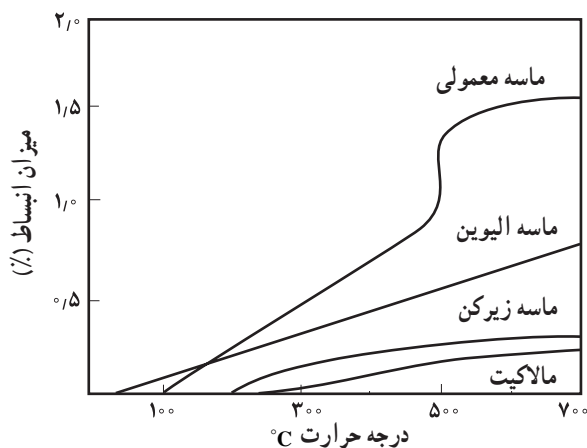
شکل ۳-۱- تأثیر درجه حرارت بر روی انبساط حجمی سیلیس

مشخصات مربوط به این ماسه‌ها در جدول ۳-۶ آمده است.

جدول ۶-۳- ماسه‌های دیرگداز غیر سیلیسی

ماسه	محل معدن	اجزای معدنی اصلی
زیرکن	استرالیا	سیلیکات زیرکنیم ($ZrO_2 \cdot SiO_2$)
کرومیت	افریقای جنوبی	کرومیت ($FeO \cdot Cr_2O_3$)
الیوین	نروژ	فرسترت $2(Mg \text{ و } Fe)O \cdot SiO_2$ فایالیت $2FeO \cdot SiO_2$

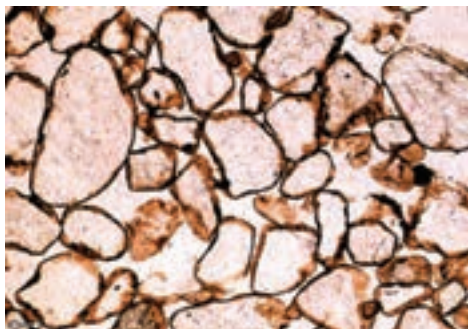
همان‌گونه که اشاره شد، یکی از مزایای ماسه‌های غیر سیلیسی نسبت به نوع سیلیسی آن داشتن انبساط حرارتی کم در درجه حرارت‌های بالا می‌باشد که این موضوع در شکل ۲-۳ به خوبی مشاهده می‌شود.



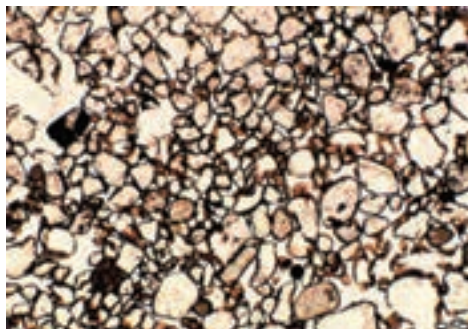
شکل ۲-۳- انبساط حرارتی ماسه‌های قالب‌گیری

— کنترل شکل و اندازه‌ی ذرات ماسه: شکل، اندازه و چگونگی توزیع و پخش ذرات ماسه، از جمله ویژگی‌های مهمی است که خواص عمومی ماسه از قبیل دیرگدازی، قابلیت نفوذ گاز، استحکام و صافی سطوح را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از این رو به هنگام تهیه و استفاده از ماسه‌های مصنوعی، علاوه بر کنترل ترکیب شیمیایی، که دیرگدازی ماسه به آن بستگی دارد، کنترل ویژگی‌های مذکور نیز جهت دستیابی به یک قطعه ریختگی سالم امری لازم و ضروری است.

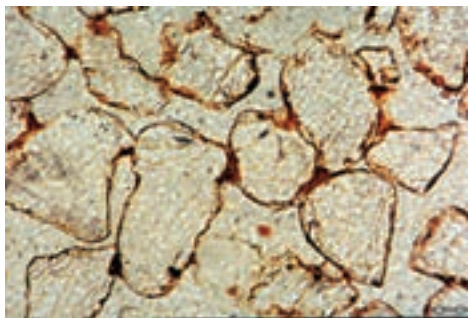
شکل ذرات ماسه، از لحاظ قابلیت نفوذ گاز و استحکام قالب دارای اهمیت بیشتری است. ذرات ماسه معمولاً به شکل‌های کروی، گوشه‌دار و یا حالتی بین این دو شکل وجود دارند. ماسه‌های کروی، علی‌رغم داشتن قابلیت نفوذ عالی، از استحکام و قابلیت شکل‌پذیری مطلوبی برخوردار نیستند. در حالی که ماسه‌های گوشه‌دار (غیر کروی) از این نظر عکس ماسه‌های کروی می‌باشند. گاهی اوقات از کلوخه‌ای (آگلومره) شدن ذرات گوشه‌دار شکلی از ماسه حاصل می‌شود که به آن ماسه مختلط^۱ گفته می‌شود. در هر حال، هرچند ماسه‌های کروی عموماً به انواع دیگر ترجیح داده می‌شوند، ولی به دلیل فراهم نمودن مجموعه‌ی مناسبی از خواص ذکر شده، از ماسه‌هایی با شکل‌های مختلف استفاده می‌شود. در شکل ۳-۳ انواع مختلف شکل دانه‌های ماسه نشان داده شده است.



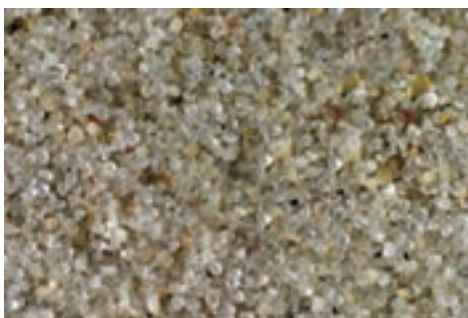
(ب) دانه‌های گوشه‌دار



(الف) دانه‌های گرد



(د) نوعی از گوشه‌دار



(ج) دانه‌های مرکب

شکل ۳-۳- انواع شکل دانه‌های ماسه

اندازه و نحوه توزیع ذرات ماسه، بسیاری از خواص قالب، به ویژه قابلیت نفوذ، صافی سطوح، استحکام و دیرگدازی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هرچند با استفاده از ذرات ریز ماسه، استحکام

۱- Compounded Sand grains

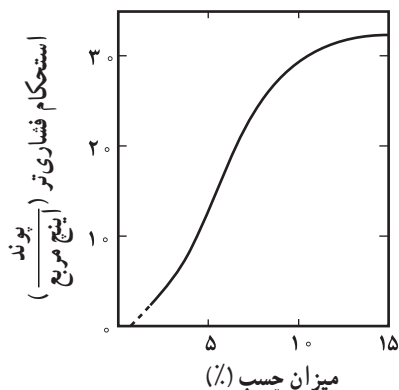
و قابلیت ایجاد سطوح صاف افزایش می‌یابد ولی خواصی همچون قابلیت نفوذ گاز و دیرگدازی کاهش پیدا می‌کنند. با توجه به این که یک قالب ریخته‌گری مناسب بایستی تمامی خواص مذکور را در حد مطلوبی دارا باشد، لذا در عمل معمولاً ماسه مصنوعی مورد استفاده شامل اندازه‌های مختلفی از ۱/۰ تا ۱ میلی‌متر می‌باشد.

۵-۳- 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 از دیرگدازی بالایی برخوردار نیستند، برای رسیدن به استحکام و خودگیری مخلوط ماسه باید از حداقل مقدار چسب استفاده گردد. علاوه بر این، حفظ خاصیت چسبندگی در حضور مذاب، عدم تولید گاز و نیز قابلیت استفاده مجدد، از مشخصات مهم یک چسب می‌باشند.

به‌طور کلی مواد زیادی ممکن است به عنوان چسب در مخلوط مواد قالب‌گیری مورد استفاده قرار گیرند. این مواد عبارتند از: خاک‌ها، انواع مختلفی از روغن‌ها و رزین (صمغ)‌های آلی، چسب‌های ژلاتینی و سیلیکات‌ها. از این مواد ممکن است به تنهایی و یا به‌صورت ترکیبی استفاده شود. از ویژگی‌های بارز ماسه‌های اتصال داده شده با خاک، در مقایسه با سایر چسب‌ها قابلیت استفاده‌ی مجدد آن‌ها می‌باشد. علت این امر وجود خاصیت جذب آب توسط خاک است. به این‌گونه که ذرات خاک در اثر جذب آب، خاصیت چسبندگی پیدا کرده و این امر نیز موجب اتصال ذرات ماسه به یکدیگر می‌شود.

۱-۵-۳- مقدار چسب در مخلوط مواد قالب‌گیری: چسب‌ها معمولاً به شکل مایع و نیز به صورت ذرات بسیار ریزی در مقایسه با ماسه، مورد استفاده قرار می‌گیرند. میزان مطلوب چسب در یک مخلوط مقداری است که بتواند فیلم نازکی در اطراف ذرات ماسه تشکیل دهد. به همین دلیل، دستیابی به چنین پوشش یکنواختی، از اهداف اولیه در عملیات آماده‌سازی ماسه می‌باشد؛ زیرا که با افزایش ضخامت لایه چسب، خواص عمومی مخلوط به‌ویژه قابلیت نفوذ گاز و استحکام، کاهش پیدا می‌کند. به عنوان مثال، در شکل ۴-۳ تأثیر میزان چسب بر روی استحکام تر ماسه قالب‌گیری (ماسه سیلیسی به همراه یک چسب خاکی) نشان داده شده است.



شکل ۴-۳- تأثیر میزان چسب بر روی استحکام ماسه قالب‌گیری (نسبت خاک به آب ۲ تا ۴ بوده است).

۲-۵-۳- خاک‌ها: در مخلوط ماسه قالب‌گیری، از خاک به عنوان چسب استفاده می‌شود.

در ماسه‌های طبیعی خاک به همراه ماسه در طبیعت وجود دارد در حالی که در نوع ساختگی (مصنوعی) خاک‌های کنترل شده‌ای از نظر کیفیت و نیز مقدار، به کار می‌روند که به طور جداگانه به ماسه اضافه می‌گردند.

خاک‌ها پس از مخلوط شدن با ماسه، فیلم نازکی به ضخامت (۱-۱۰٪) میکرون تشکیل می‌دهند که با افزودن آب به آن‌ها، خاصیت شکل‌پذیری و چسبندگی پیدا می‌کنند. خاصیت چسبندگی و خودگیری مخلوط، تحت تأثیر نیروهای جاذبه‌ای ایجاد شده میان ذرات باردار خاک هیدراته از یک سو و نیروهای جاذبه میان این ذرات و سطح ذرات ماسه (کوارتز) از سوی دیگر، به وجود می‌آید. استحکام این پیوند یونی به مساحت سطح ذرات بستگی دارد.

خروج آب جذب شده در اثر خشک شدن مخلوط، موجب انقباض شبکه ساختمانی چسب شده و در پی آن اتصال محکمی، در حالت خشک بین ذرات مخلوط ماسه قالب‌گیری حاصل می‌گردد. اجزای معدنی اصلی تشکیل دهنده در خاک‌ها، کائولینیت^۱، مونت‌موریلونیت^۲ و ایلیت^۳ هستند که شرح مختصری از آن‌ها در این جا آمده است.

کائولینیت: کائولینیت با فرمول عمومی $(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O)$ به عنوان جزء اصلی و مهم خاک چینی و خاک‌های نسوز، به طور نسبتاً فراوانی قابل دسترس می‌باشد. وجود آلومینا (Al_2O_3) به مقدار نسبتاً بالا، موجب شده است تا این خاک از دیرگدازی مطلوبی برخوردار گردد. لازم به ذکر است که این خاک به دلیل پایین بودن خواص چسبندگی آن در مقایسه با بعضی از خاک‌های دیگر، به مقدار بیشتری، (معمولاً در حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد)، به ماسه افزوده می‌شود.

۱ -Kaolinite

۲ -Montmorillonite

۳ -Illite

مونت موریلونیت: فرمول عمومی این خاک به صورت $(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O)$ می باشد ولی قسمتی از یون های Al^{3+} توسط یون های Mg^{2+} جایگزین شده اند. این موضوع موجب شده است تا این خاک بتواند کاتیون های فعالی مانند Na^+ و Ca^{2+} را جذب نماید که این عناصر خواص خاک را به شدت تحت تأثیر قرار می دهند. مونت موریلونیت جزء اصلی معدنی بنتونیت ها می باشد. این خاک ها برحسب نوع کاتیون فعال موجود در آن ها، به دو دسته بنتونیت سدیمی و بنتونیت کلسیمی تقسیم می شوند. قابلیت جذب آب این خاک ها بالا بوده و از خواص چسبندگی بسیار مطلوبی برخوردار هستند. برای دستیابی به استحکام مطلوب، افزودن مقادیر کمی از این خاک، حدود ۳-۵ درصد، کافی می باشد.

قابل ذکر است که بنتونیت سدیمی به دلیل قابلیت بادکردگی^۱ و تورم بیشتر دارای استحکام خشک بالایی می باشد، در حالی که نوع کلسیمی آن تنها از استحکام تر بیشتری برخوردار است. بیشتر بنتونیت ها قابلیت جذب آب خود را تا درجه حرارت های $70^{\circ}C - 55^{\circ}C$ حفظ می کنند و از این رو به دفعات مکرر در مقایسه با سایر خاک ها، قابل استفاده مجدد می باشند.

— ایلیت: این خاک ها که از هواهی میکا تولید می شوند، منبع اصلی چسبندگی در ماسه های طبیعی هستند. هرچند میزان بادکردگی و تورم این خاک ها به اندازه ی بنتونیت نمی باشد ولی خواص استحکامی قابل قبولی را ارائه می کنند.

با توجه به این که چسب های آلی به دلیل ویژگی هایی که دارند بیشتر در ماهیچه سازی مورد استفاده قرار می گیرند، لذا شرح کامل این چسب ها در قسمت مربوط به ماهیچه ها خواهد آمد.

۳-۶- افزودنی ها

علاوه بر اجزای اصلی ماسه و چسب، معمولاً مواد دیگری نیز به مخلوط ماسه قالب گیری اضافه می گردند که به آن ها مواد افزودنی گفته می شود. هدف از افزودن این مواد، بهبود خواص مخلوط ماسه می باشد. در جدول (۳-۷) مواد افزودنی متداول با توجه به نقش آن ها در مخلوط مواد قالب درج شده است.

جدول ۷-۳- مواد افزودنی در مخلوط ماسه قالب‌گیری

نوع ماده	نقش (هدف از افزودن)
ملاس سولفیت لای ^۱ آرد حبوبات اتیلن گلیکول	افزایش استحکام تر و خشک
اکسید آهن پودر سیلیس	بالا بردن «استحکام در درجه حرارت بالا» ^۲
پودر سیلیس پودر زغال چوب	بهبود کیفیت سطح تمام شده و مقاومت به نفوذ مذاب
گوگرد اسید بوریک بی فلوئورید آمونیم	جلوگیری از انجام واکنش‌های فلز-قالب
آرد حبوبات خاک اره	بهبود قابلیت از هم پاشیدگی و جلوگیری از عیوب ناشی از انبساط قالب

در جدول (۸-۳) مثال‌های عملی در ارتباط با مشخصات مخلوط‌های ماسه قالب‌گیری که برای ریخته‌گری قطعات فولادی مناسب هستند درج شده است.

۱ - Sulphite Lye

۲ - Hot Strength

جدول ۸-۳- مشخصات چند نمونه مخلوط ماسه قالب‌گیری برای ریخته‌گری قطعات فولادی

نوع قالب	درصد اجزای تشکیل دهنده				
	ماسه سیلیسی	پودر سیلیس	بنتونیت	ملاس	آرد حبوبات
ماسه‌ی رویه‌ی قالب (تر)	۹۵	—	۴ (سدیمی)	—	۱
ماسه‌ی پشت‌بند ^۱ قالب	۹۵ (ماسه نامرغوب)	—	۵	—	—
ماسه رویه قالب (خشک) برای قطعات ضخیم	۷۰	۲۳	۵/۵	۱/۵	—
ماسه رویه قالب (خشک) برای قطعات نازک	۷۵	۲۰	۳	۱	—

۷-۳- احیا و آماده‌سازی ماسه

لزوم کنترل کمی و کیفی اجزای تشکیل‌دهنده‌ی یک مخلوط ماسه قالب‌گیری برای فراهم نمودن خواص عمومی قالب از یک سو و بهره‌دهی اقتصادی از سوی دیگر، موجب شده تا مسئله احیا (بازیابی) و آماده‌سازی ماسه از اهمیت خاصی برخوردار گردد.

۱-۷-۳- احیا (بازیابی) ماسه: همان‌گونه که قبلاً اشاره گردید، در مخلوط ماسه قالب‌گیری، از انواع خاک‌ها به عنوان چسب استفاده شده و جهت ایجاد چسبندگی، به آن‌ها مقدار معینی آب افزوده می‌شود. به هنگام ریخته‌گری در این قالب‌ها، براساس نوع فلز یا آلیاژ و اندازه‌ی قطعه‌ی ریختگی و نیز خواص ماسه و خاک ممکن است تغییراتی در مشخصات اجزای تشکیل‌دهنده‌ی مخلوط به‌ویژه ماسه و چسب حاصل گردد. در صورتی که مخلوط ماسه در تماس با فلز مذاب تا درجه حرارتی بالاتر از 59°C گرم شود، ممکن است جزء ماسه دچار تحول و افزایش حجم شده و جزء خاک نیز آب موجود در ساختمان (آب مولکولی) خود را از دست بدهد. چنین مخلوطی را مخلوط

سوخته شده یا اصطلاحاً ماسه سوخته شده^۱ می نامند. ماسه سوخته شده ای که پس از تخلیه قالب به صورت کلوخه های درشت باقی می ماند، از خواص قالب گیری مطلوبی برخوردار نمی باشد. خاک موجود در این ماسه به دلیل از دست دادن آب ترکیبی خود، خاک مرده یا کلسینه شده^۲ نامیده می شود زیرا که با افزودن مجدد آب، قابلیت چسبندگی پیدا نمی کند. این حالت بیشتر در ریخته گری قطعات حجیم و نیز در درجه حرارت های بارریزی بالا روی می دهد. استفاده مجدد از چنین ماسه هایی که در صورت زیاد بودن آن ها، امری ضروری است، نیازمند انجام عملیاتی تحت عنوان احیا (بازیابی) بر روی مخلوط ماسه می باشد. در این عملیات، خاک مرده به روش های مختلفی که به آن ها اشاره خواهد شد، از ذرات ماسه جدا می شود. پس از خروج خاک و سایر مواد ناخواسته، ماسه احیا شده با درصد های معینی از چسب (خاک)، آب و مواد افزودنی مخلوط شده، مجدداً جهت قالب گیری مورد استفاده قرار می گیرد. قابل ذکر است که عملیات احیا تنها به ماسه های با چسب خاکی اختصاص نداشته و در مورد سایر چسب ها نیز صورت می گیرد.

در قطعات کوچک و نازک و نیز در مواردی که درجه حرارت بارریزی زیاد نیست، معمولاً تنها آب اضافه شده به مخلوط تبخیر می شود و بنابراین با افزودن مجدد آب به میزان معین، بدون آن که ماسه ی جدیدی اضافه گردد، دوباره مورد استفاده قرار می گیرد.

— روش های احیا (بازیابی) ماسه

الف— روش خشک — در این روش جهت جداسازی ذرات ریز از قبیل پودر سیلیس و خاک از دمش هوا استفاده می شود. عمل جداسازی در یک مخزن و در اثر سایش ذرات بر روی یکدیگر صورت می گیرد. در شکل ۵-۳ یکی از انواع سیستم های پنوماتیکی^۳ به منظور بازیابی ماسه به روش خشک نشان داده شده است. سیستم های پنوماتیکی معمولاً دارای ۲ تا ۸ قسمت هستند که پس از سایش ذرات ماسه بر روی یکدیگر در این قسمت ها، چسب همراه با ماسه خارج می گردد.

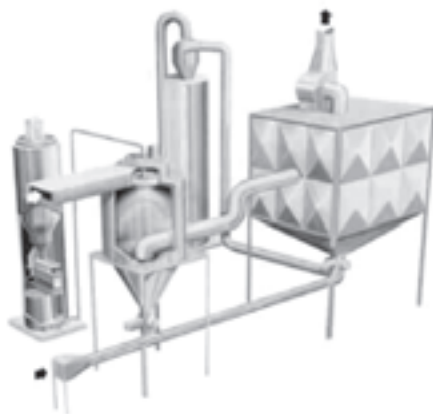
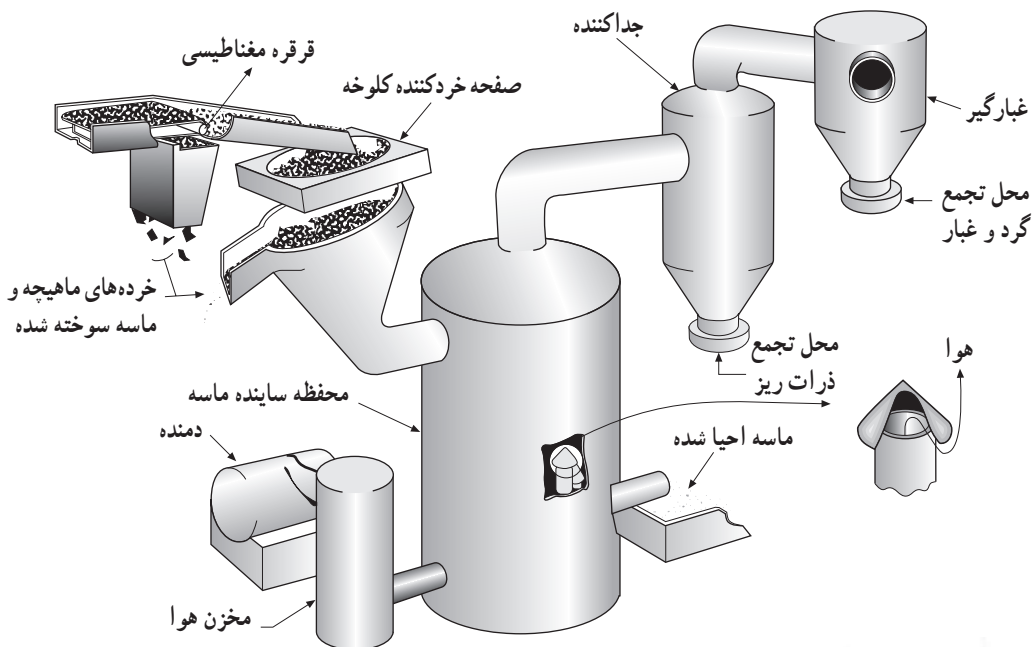
اندازه و شکل ذرات ماسه در بازدهی عمل احیا بسیار مؤثرند. احیای ذرات کروی نسبت به ذرات گوشه دار آسانتر و سریع تر صورت می گیرد. ماسه های احیا شده به این روش معمولاً به جای ماسه نو برای ماسه ی رویه^۴ به کار می روند.

۱ _Burnt Sand

۲ _Dead or Calsined Clay

۳ _Pneumatic Scrubbing System

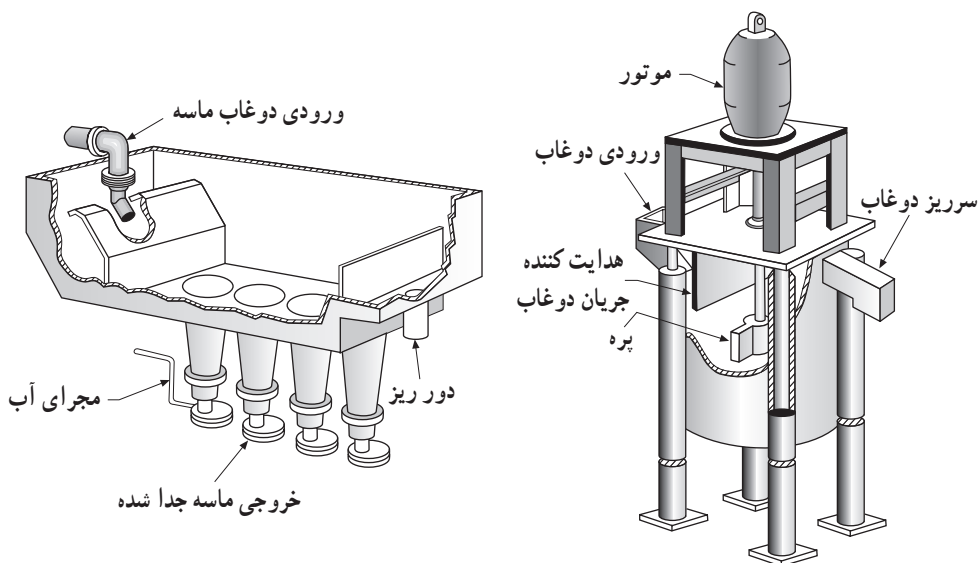
۴ _Facing Sand



شکل ۵-۳- سیستم سایش نیوماتیکی برای احیای ماسه به روش خشک

ب- روش تر - در این روش ابتدا ماسه در محفظه‌ای با آب مخلوط شده و به صورت دوغابی درمی‌آید. سپس دوغاب به دست آمده وارد یک سیستم سایش ماسه مطابق شکل ۶-۳ شده و پس از آن برای خروج خاک و سایر ذرات ریز به یک سیستم «جداکننده ماسه از ذرات ریز»^۱ مطابق شکل ۷-۳ تزریق می‌شود. در پایان این عملیات، ماسه احیا شده خشک می‌گردد. ماسه به دست آمده به این

روش را می‌توان مجدداً با استفاده از غربال‌هایی به اندازه‌های مختلف دانه‌بندی نمود.



شکل ۷-۳- سیستم جداکننده‌ی هیدرولیکی در احیای ماسه به روش تر

شکل ۶-۳- سیستم سایش ماسه برای احیای ماسه به روش تر

مزایای احیای ماسه به روش تر عبارتند از :

- کیفیت سطح تمام شده قطعه ریختگی همانند حالتی است که از ماسه نو استفاده می‌شود.

- جداسازی مطلوب خاک و مواد ریز.

- پایین بودن هزینه در مقایسه با قیمت ماسه نو.

- کنترل دقیق‌تر توزیع دانه‌بندی در مقایسه با ماسه نو.

- عدم کاهش نقطه دیرگدازی ماسه.

لازم به ذکر است که در این روش آب مصرف شده در تهیه دوغاب، در پایان عملیات برای استفاده مجدد بازیابی می‌گردد.

ج- روش حرارتی - در احیای ماسه به روش حرارتی، ماسه در محدوده درجه حرارتی $80^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C}$ حرارت داده می‌شود. در طی این عملیات مواد کربنی و نیز خاک همراه باماسه در اثر سایش ذرات بر روی یکدیگر، به هنگام حرکت در کوره از ماسه جدا شده، خارج می‌گردند. میزان

خاک جدا شده به نوع آن بستگی دارد. به عنوان مثال جداسازی بنتونیت سدیمی آسان تر از خاک نسوز^۱ صورت می گیرد. هرچند با استفاده از این روش به تنهایی، تمام خاک را نمی توان از ماسه جدا نمود ولی خارج نمودن مقدار کمی از مواد کربنی که در فرآیند روش تر در ماسه باقی می ماند در این روش به طور مؤثری می تواند انجام شود. ماسه احیا شده به این روش، غیر از رنگ، در بقیه موارد اساساً با ماسه نو برابری می کند.

اشاره به این نکته ضروری است که برای احیای ماسه های همراه با چسب های آلی (ماسه های استفاده شده در قالب های پوسته ای) روش حرارتی مؤثرترین روش در جداسازی چسب از ماسه می باشد.

۲-۷-۳- آماده سازی ماسه: به طور کلی هدف از آماده سازی ماسه ایجاد توزیع یکنواخت و مناسبی از اجزای تشکیل دهنده مخلوط ماسه قالب گیری می باشد، به گونه ای که ضمن تأمین مشخصات عمومی قالب ریخته گری، هزینه تمام شده نیز تا حد ممکن کاهش پیدا کند.

معمولی ترین وسایل برای مخلوط نمودن اجزای تشکیل دهنده ماسه قالب گیری، غربال های دستی و الکتریکی هستند که در کارگاه های کوچک این عمل ممکن است توسط مخلوط کن های کوچک دستی و حتی مخلوط کردن با بیل و غربال صورت گیرد.

در سیستم های ماشینی معمولاً ماسه مصرف شده توسط نقاله هایی به قسمت کنترل و بازیابی فرستاده می شود. در این قسمت خرد کردن کلوخه ها، جداسازی مواد فلزی، تأمین رطوبت لازم و غربال کردن انجام می شود.

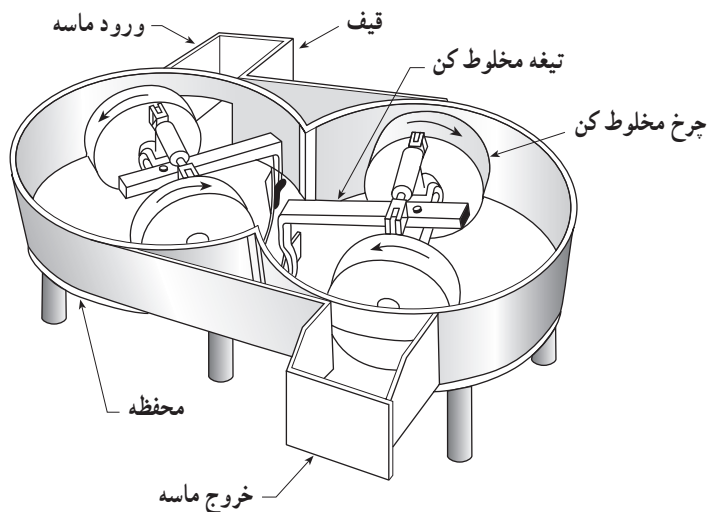
مخلوط کن های ماسه ممکن است به صورت تکباری^۲ یا مداوم^۳ باشند. در نوع تکباری، مقدار لازم ماسه در یک مرتبه به دستگاه داده می شود و عمل مخلوط کردن بادقت و کنترل کافی انجام می گیرد. در صورتی که در نوع مداوم که بیشتر برای واحدهای بزرگ به کار می رود، دستگاه به طور مداوم کار می کند و همواره از یک طرف ماسه کهنه وارد شده و پس از اصلاح و بازسازی از طرف دیگر خارج می گردد.

در شکل ۸-۳ چند نمونه از مخلوط کن های تکباری و مداوم مورد استفاده در آماده سازی مخلوط ماسه قالب گیری نشان داده شده است.

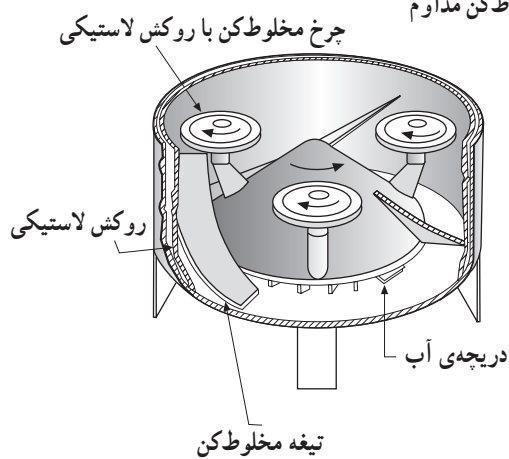
۱ _Fire Clay

۲ _Batch Muller

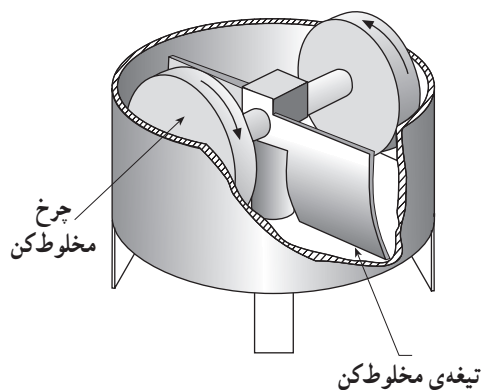
۳ _Continuous Muller



الف - مخلوط کن مداوم



ج - مخلوط کن تکباری با سرعت زیاد



ب - مخلوط کن تکباری معمولی

شکل ۸-۳ سه نمونه از مخلوط‌کن‌های مورد استفاده در آماده‌سازی مخلوط ماسه

پرسش‌ها

- ۱- قالب ریخته‌گری را تعریف نموده و انواع آن را نام ببرید.
- ۲- قالب دائمی چیست؟ از چه موادی ساخته می‌شود و این مواد بر اساس چه معیارهایی انتخاب می‌شوند؟
- ۳- قالب موقت را تعریف نموده و مشخصات عمومی آن را بیان نمایید.
- ۴- اجزای تشکیل‌دهنده‌ی یک مخلوط ماسه قالب‌گیری را نام ببرید.
- ۵- ماسه را تعریف نموده، انواع آن را نام ببرید.
- ۶- تفاوت‌های اساسی میان ماسه‌های طبیعی و مصنوعی کدامند؟ توضیح دهید.
- ۷- توضیح دهید که اصولاً در چه مواردی از ماسه‌های مصنوعی به جای ماسه‌های طبیعی استفاده به عمل می‌آید. ماسه‌های مصنوعی متداول در ساخت قالب کدامند؟
- ۸- ویژگی بارز چسب‌های خاکی در مقایسه با سایر چسب‌ها چیست؟ انواع چسب‌های خاکی را به اختصار توضیح دهید.
- ۹- میزان چسب در خواص و مشخصات قالب چگونه تأثیر می‌گذارد؟
- ۱۰- افزودنی‌های مورد استفاده در مخلوط ماسه قالب‌گیری را نام ببرید و نقش هر یک را در خواص قالب ذکر نمایید.
- ۱۱- احیا و آماده‌سازی ماسه از چه جنبه‌هایی دارای اهمیت است؟
- ۱۲- روش‌های احیای ماسه را نام برده و ویژگی‌های هر یک را به اختصار توضیح دهید.

فصل چهارم

ماه‌یچه^۱

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود در پایان این فصل بتواند :

- ۱- ماه‌یچه و کاربرد آن را در قالب‌گیری توضیح دهد.
- ۲- اجزای تشکیل‌دهنده مخلوط ماسه ماه‌یچه را توضیح دهد.
- ۳- روش‌های ساخت ماه‌یچه را توضیح دهد.

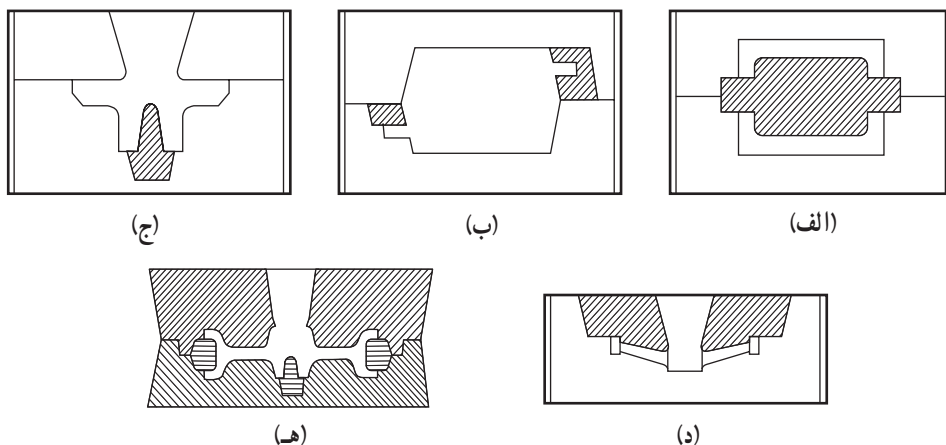
۴-۱- تعریف

ماه‌یچه جزء مستقلی از یک قالب است که از استحکام کافی برخوردار می‌باشد و به منظور ایجاد قسمت‌هایی از قالب که شکل‌دهی آن‌ها از طریق قالب‌گیری مستقیم، مشکل و یا امکان‌پذیر نیست، به کار می‌رود.

ماه‌یچه‌ها ممکن است به منظورهای مختلفی در قالب مورد استفاده قرار گیرند. در قطعات توخالی، نقش ماه‌یچه‌ها ایجاد محفظه‌های داخلی اصلی در قطعه می‌باشد (شکل ۴-۱- الف). در قطعاتی که زائده‌های خارجی آن‌ها در یک سطح قرار ندارند، از ماه‌یچه به جای قطعات آزاد مدل استفاده می‌شود (شکل ۴-۱- ب).

از موارد دیگر کاربرد ماه‌یچه‌ها، استفاده از آن‌ها برای ایجاد فرورفتگی‌ها (سوراخ‌های عمیقی که خروج مدل از قالب مشکل است، می‌باشد (شکل ۴-۱- ج).

همچنین در قطعاتی با اشکال پیچیده و در مواردی که استحکام زیاد قالب مورد نظر باشد، از ماه‌یچه به عنوان قسمتی از قالب یا تمام آن استفاده می‌شود (شکل ۴-۱- د و ه). علاوه بر موارد یاد شده، از ماه‌یچه‌ها می‌توان به عنوان بعضی از اجزای سیستم راهگای نیز استفاده نمود.



شکل ۴-۱- انواع کاربرد ماهیچه در قالب

براساس نوع قالب و روش تولید، جنس ماهیچه‌ها، علاوه بر ماسه ماهیچه، ممکن است از مواد دیگری مانند فلز و سرامیک نیز انتخاب شود. از آنجایی که دستیابی به پیچیده‌ترین شکل‌ها در قطعات ریختگی، نیازمند قابلیت از هم پاشیدگی ماهیچه پس از پر شدن قالب از مذاب است، از این رو، در میان مواد ذکر شده، ماهیچه‌های فلزی که بیشتر در قالب‌های دائمی به کار می‌روند، از نظر شکل محدود می‌گردند. در ماهیچه‌های ماسه‌ای و برخی دیگر از مواد، چنین محدودیتی وجود ندارد و به همین دلیل برای ایجاد شکل‌های پیچیده، به طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به این امر، در فصل حاضر، این نوع ماهیچه‌ها به تفصیل مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته‌اند.

۴-۲- اجزای تشکیل دهنده‌ی مخلوط ماسه ماهیچه

اغلب ماهیچه‌ها از مخلوط ماسه ماهیچه، شامل ذرات ماسه، چسب‌های آلی و مواد افزودنی برای هدف‌های خاص، ساخته می‌شوند.

یک مخلوط ماسه ماهیچه‌ی مطلوب باید دارای مشخصات و خواص معینی باشد. برخی از این مشخصات عبارتند از:

داشتن استحکام کافی در حالت تر و خشک، دیرگدازی، داشتن مقاومت کافی در مقابل فرسایش مذاب، برخورداری از کمترین تغییرات حجمی (انقباض و انبساط)، حداقل تولید گاز به هنگام تماس با مذاب، قابلیت از هم پاشیدگی خوب پس از انجماد مذاب و در نتیجه کاهش تنش‌های وارد به قطعه و همچنین سهولت خروج ماهیچه از قطعه به هنگام تخلیه. به‌طور کلی تأمین چنین خواصی به مشخصات ذرات ماسه و چسب مصرفی بستگی دارد.

۱-۲-۴- ماسه: ماسه ماهیچه‌ها عموماً از نوع سیلیسی هستند ولی از ماسه‌های زیرکنی، اولیوینی، کرومیتی و شاموتی نیز استفاده می‌شود. از ویژگی‌های بارز ماسه‌های مصرفی برای ساخت ماهیچه، شکل و اندازه‌ی ذرات آن‌ها است، بدینگونه که استفاده از ذرات درشت و کروی شکل برای ساخت ماهیچه، به دلیل داشتن قابلیت نفوذ گاز بیشتر، ترجیح داده می‌شود. معمولاً ماسه‌ای که دارای بیش از ۵ درصد خاک (ذرات ریز) باشد، به دلیل کاهش یافتن قابلیت از هم پاشیدگی آن، برای ساخت ماهیچه مناسب نیست. علاوه بر این، خواص دیگری از قبیل دیرگدازی، پایداری ابعادی و شیمیایی، قابلیت انتقال حرارت نیز از اهمیت زیادی برخوردار هستند.

دیرگدازی، بالا بودن دانسیته حجمی و ظرفیت حرارتی بیشتر ماسه‌های زیرکنی و اولیوینی از دلایل اصلی کاربرد آن‌ها به جای ماسه‌ی سیلیسی به‌شمار می‌روند. در هر حال، علی‌رغم وجود محدودیت‌هایی از قبیل واکنش‌پذیری سیلیس با مذاب آلیاژهای آهنی از این ماده به‌طور وسیعی به‌عنوان ماسه اصلی در ساخت ماهیچه‌ها استفاده می‌گردد.

۲-۲-۴- چسب: چسب‌های مورد استفاده در تهیه ماهیچه‌ها، براساس روش ماهیچه‌سازی و خواص مورد نیاز، دارای انواع مختلفی هستند و معمولاً به منظور دستیابی به خواص مطلوب از چند نوع چسب در ساخت ماهیچه‌ها استفاده می‌شود.

با توجه به این که مشخصات و خواص یک ماهیچه به مقدار زیادی به نوع چسب مصرفی در آن بستگی دارد، از این رو چسب‌ها باید دارای مشخصات معینی باشند. برخی از این مشخصات عبارتند از:

- تأمین استحکام کافی در حالت تر و خشک، با توجه به نوع، اندازه و وزن ماهیچه.
- حداقل تولید گاز به هنگام تماس با مذاب.
- قابلیت از هم پاشیدگی خوب به هنگام انجماد مذاب برای جلوگیری از ایجاد تنش و ترک در قطعه ریختگی.

- حفظ نمودن شکل ماهیچه به هنگام پخت آن.

- حداقل جذب رطوبت.

- قابلیت توزیع یکنواخت در مخلوط ماسه.

- عدم چسبندگی به جعبه ماهیچه و آلوده نکردن آن.

- اقتصادی بودن.

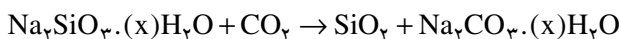
به طور کلی چسب‌های متداول در ماهیچه‌سازی را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود:

چسب‌هایی که در درجه حرارت اتاق خودگیر و سخت می‌گردند، چسب‌هایی که برای خودگیر و سخت شدن به حرارت نیاز دارند و خاک‌ها.

— چسب‌هایی که در درجه حرارت اتاق سخت و خودگیر می‌شوند.

این دسته از چسب‌ها شامل سیلیکات سدیم، سیمان پرتلند و سیمان شیمیایی مانند اکسی کلرید می‌باشند.

سیلیکات سدیم یا آب شیشه که در فرآیند قالب‌گیری به روش CO_2 به کار می‌رود برای هدف‌های خاصی در ماهیچه‌سازی استفاده می‌شود. این چسب هر چند دارای دیرگدازی پایین‌تری در مقایسه با سیلیس می‌باشد ولی در درجه حرارت‌های بالا نمی‌سوزد. سیلیکات سدیم ترکیب قلیایی سیلیس است و معمولاً به صورت محلول مورد استفاده قرار می‌گیرد. خودگیری و سخت شدن این چسب در اثر واکنش آن با گاز CO_2 حاصل می‌گردد که رابطه کلی آن به این شرح است:



که در آن x دارای مقادیر ۳، ۴ و یا ۵ است.

هر چند سرعت تولید و دقت ابعاد ماهیچه‌های تهیه شده با چسب سیلیکات سدیم، بالا است ولی به این نکته مهم نیز بایستی توجه شود که این ماهیچه‌ها از قابلیت از هم پاشیدگی بسیار کمی برخوردار هستند و از این نظر برای ساخت ماهیچه‌های داخلی توصیه نمی‌شوند.

از سیمان پرتلند، برای ساخت ماهیچه‌های مورد استفاده در تولید قطعات بزرگ چدنی یا فولادی و یا فلزات غیر آهنی، به عنوان چسب استفاده می‌شود؛ به‌خصوص، هنگامی که صافی و تمیزی سطوح و دقت ابعادی قطعات ریختگی موردنظر باشد. برای تهیه ماهیچه با چسب سیمان، حدود ۱۲ درصد سیمان و ۸۸ درصد ماسه سیلیسی را با مقدار کافی آب مخلوط نموده، سپس ماهیچه موردنظر با روش‌های معمول ساخته می‌شود. ماهیچه‌ی ساخته شده پس از نگهداری به مدت ۷۲ ساعت در درجه حرارت اتاق (۲۱ C تا ۳۷ C)، خودگیر و سخت می‌گردد. عیب عمده‌ی این ماهیچه‌ها قابلیت از هم پاشیدگی بسیار کم آن‌ها است.

از انواع دیگر این دسته از چسب‌ها سیمان شیمیایی مانند اکسی کلرید می‌باشد. این چسب که ترکیبی از ۲۰ درصد وزنی کلرید منیزیم و ۸۰ درصد وزنی منیزیت سوخته (کلسینه شده) می‌باشد، به میزان تقریبی ۸ درصد با ماسه سیلیسی و آب کافی مخلوط می‌شود. ماهیچه به روش معمولی ساخته می‌شود و پس از نگهداری به مدت ۴۸ ساعت در درجه حرارت اتاق خودگیر و سخت می‌گردد. از معایب عمده‌ی این نوع ماهیچه‌ها که کاربرد آن را نیز محدود می‌سازد، طولانی بودن زمان سخت شدن آن است.

رزین‌های فوران نیز یکی از انواع این دسته از چسب‌ها هستند که به همراه یک اسید (کاتالیزور) در درجه حرارت اتاق سخت می‌شوند. به دلیل خودگیری سریع این چسب‌ها مخلوط ماسه ماهیچه بایستی به سرعت مورد استفاده قرار گیرد. لازم به ذکر است که امروزه استفاده از این چسب به دلیل آلوده‌سازی محیط و نیز آسیب رساندن به سلامت افراد، بسیار محدود شده است.

— چسب‌هایی که برای خودگیری و سخت شدن به حرارت نیاز دارند.

این دسته از چسب‌ها شامل روغن‌ها، رزین‌ها، قیر، ملاس‌ها، آرد حبوبات، سولفیت‌ها و پروتئین‌ها می‌باشند.

در چسب‌های روغنی که خود شامل انواع گیاهی، معدنی و روغن‌های جانوران دریایی می‌باشند، به هنگام عمل پخت (حرارت دادن) عمل تبخیر، اکسیده شدن و پلیمریزه شدن اتفاق می‌افتد و در پی آن ماهیچه خودگیر و سخت می‌گردد. امروزه روغن‌های گیاهی و معدنی به‌طور وسیعی در ماهیچه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روغن‌ها به طریق ویژه‌ای آماده می‌شوند و معمولاً به منظور تسریع نمودن عمل، به همراه یک کاتالیزور به کار می‌روند. مقدار مصرف روغن‌های ماهیچه، عموماً بین ۵/۰ تا ۳ درصد وزنی است. هرچند این روغن‌ها دارای اثر ناچیزی در استحکام‌تر مخلوط ماسه ماهیچه هستند ولی، در استحکام پس از پخت آن نقش بسیار مؤثری دارند. روغن بزرک یکی از انواع متداول چسب‌های روغنی می‌باشد.

رزین‌ها (صمغ‌ها) از انواع دیگر این دسته از چسب‌ها هستند که در اثر حرارت نرم شده و به هنگام سرد شدن خودگیر و سخت می‌شوند. رزین‌ها به دو صورت طبیعی و مصنوعی تهیه می‌گردند. نوع طبیعی از شیرای درختان به دست می‌آید و به دلیل ارزانی و قابل دسترس بودن به‌طور وسیعی در ماهیچه‌سازی مصرف می‌شود. علاوه بر موارد مذکور، استحکام متوسط، پایین بودن درجه حرارت و زمان پخت، قابلیت از هم پاشیدگی خوب و نیز جذب رطوبت کم از مشخصات دیگر صمغ‌های طبیعی (گیاهی) می‌باشند.

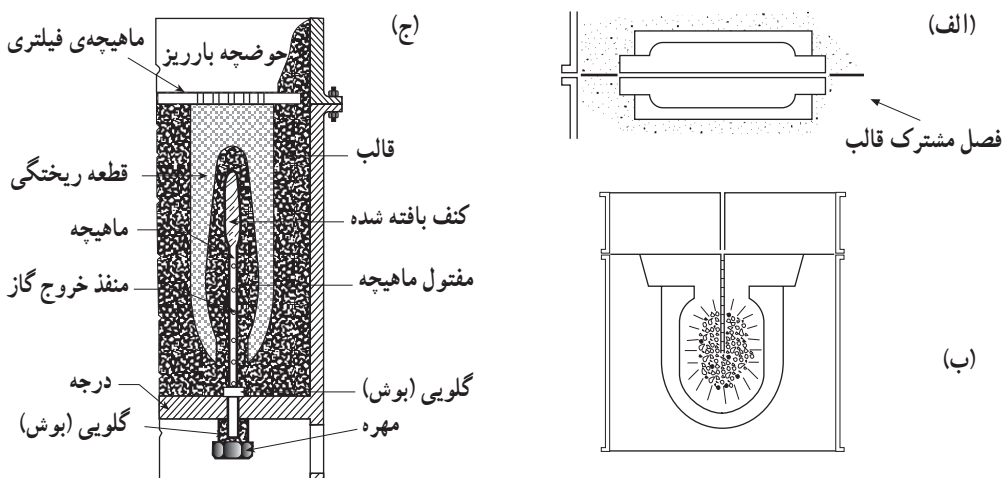
رزین‌های مصنوعی در اثر فعل و انفعالات شیمیایی به صورت مصنوعی تهیه می‌شوند. اوره فرمالدئید و فنل فرمالدئید، دو نوع پر مصرف از این رزین‌ها هستند که درجه حرارت پخت آن‌ها 150°C است. رزین‌های اوره فرمالدئید از قابلیت از هم پاشیدگی خوبی برخوردار بوده و در ساخت ماهیچه‌های کوچک و نازک به‌طور وسیعی به کار می‌روند، در حالی که نوع فنل فرمالدئید دارای قابلیت از هم پاشیدگی کمتری است و در تهیه قطعات بزرگ فولادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این رزین‌ها که به دو صورت جامد و مایع وجود دارند نباید به مدت زیادی در انبار نگاه‌داری شوند.

چسب‌های سولفیتی، نشاسته‌ای (دکسترین) و پروتئینی و ملاس چغندر قند انواع دیگری از این دسته چسب‌ها هستند که در اثر حرارت، خاصیت چسبندگی پیدا می‌کنند. چسب‌های سولفیتی که از مواد چسبنده‌ی قندی چوب به دست می‌آیند، به صورت محلول شربتی قهوه‌ای رنگ می‌باشند و معمولاً تا ۱/۵ درصد به مخلوط ماسه ماهیچه اضافه می‌شوند. در این چسب‌ها، پس از تبخیر آب موجود به هنگام عمل پخت، ماهیچه‌هایی با استحکام زیاد حاصل می‌گردند. از محدودیت‌های این چسب، قابلیت جذب آب آن پس از انجام عمل پخت است.

چسب‌های نشاسته‌ای معمولاً برای بالا بردن استحکام تر مخلوط ماسه ماهیچه به کار می‌روند. چسب‌های پروتئینی، ملاس چغندر قند نیز از انواع دیگر این دسته از چسب‌ها هستند که معمولاً به همراه چسب‌های دیگر، غیر از چسب‌های روغنی، به مخلوط ماسه ماهیچه اضافه می‌شوند.

— **خاک‌ها:** خاک‌های نسوز (کائولین) و بنتونیت‌ها نیز به عنوان مواد چسبی در مخلوط ماسه ماهیچه مورد استفاده قرار می‌گیرند. این چسب‌ها معمولاً از قابلیت از هم پاشیدگی کمتری در مقایسه با چسب‌هایی که قبلاً به آن‌ها اشاره گردید، برخوردار هستند. نقش اساسی چسب‌های خاکی، بالا بردن استحکام تر مخلوط ماسه ماهیچه می‌باشد و به همین دلیل آن‌ها را به همراه روغن ماهیچه و یا سایر چسب‌ها مورد استفاده قرار می‌دهند.

۳-۲-۴- مواد افزودنی: همان گونه که در مورد مخلوط ماسه قالب‌گیری توضیح داده شد، در مخلوط ماسه ماهیچه نیز، علاوه بر اجزای اصلی یعنی ماسه و چسب، از مواد افزودنی برای بالا بردن خواص عمومی مخلوط، استفاده به عمل می‌آید. حضور این مواد با توجه به شرایط کاربردی ماهیچه‌ها، به ویژه لزوم خواص مهمی همچون قابلیت نفوذ گاز و قابلیت از هم پاشیدگی آن‌ها، از اهمیت زیادی در مقایسه با مخلوط ماسه قالب‌گیری برخوردار است. مواد افزودنی معمول به منظور بهبود خواص ذکر شده عبارتند از: خاک‌اره، پودر زغال، قطران زغال سنگ و آرد حبوبات. قابل ذکر است که علاوه بر استفاده از مواد افزودنی، ممکن است اقداماتی نیز از نظر نحوه ساخت ماهیچه‌ها به منظور بهبود خواص آن‌ها صورت پذیرد. استفاده از رشته‌های نخ در قسمت میانی ماهیچه‌ها، قرار دادن لوله‌های مشبک فلزی در داخل ماهیچه‌ها، ساختن ماهیچه‌ها به صورت پوسته‌ای (توخالی) و... از جمله روش‌هایی هستند که در این ارتباط مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۲-۴).



شکل ۴-۲ - هواکشی ماهیچه

- الف - هواکش مرکزی در ماهیچه‌های کوچک که در طول فصل مشترک قالب و به خارج آن امتداد پیدا می‌کند.
 ب - استفاده از تکه‌های کک در مرکز ماهیچه‌های بزرگ و حجیم که از طریق تکیه‌گاه (ریشه) ماهیچه به بیرون قالب، هواکشی صورت می‌گیرد.
 ج - استفاده از یک محور استوانه‌ای مشبک در مرکز ماهیچه برای تولید یک قطعه‌ی (پوسته) چدنی.

در جدول (۴-۱) نمونه‌های عملی از مخلوط‌های ماسه ماهیچه برای ریخته‌گری قطعات فولادی درج شده است.

جدول ۴-۱ - برخی از مخلوط‌های ماسه ماهیچه مناسب در ریخته‌گری قطعات فولادی

درصد اجزاء (درصد وزنی)					نوع کاربرد
آرد جیوبات	بنتونیت	روغن ماهیچه	پودر سیلیس	ماسه سیلیسی	
۱	۱	۲	۶	۹۰	قطعات نازک
-	۱/۵	۲/۵	۱۶	۸۰	ماهیچه‌های کوچک برای قطعاتی با ضخامت متوسط
-	۴	۴	۴۸/۵	۴۳/۵	قطعات ضخیم

۴-۳ - روش‌های ماهیچه‌سازی

ساخت و تهیه ماهیچه‌ها به دو روش دستی و ماشینی صورت می‌گیرد :

- ۱-۳-۴ - روش دستی : در این روش که بیشتر به تهیه ماهیچه‌های کوچک و به تعداد کم اختصاص دارد تجهیزات مورد استفاده معمولاً یک میز کار، جعبه ماهیچه و صفحه ماهیچه^۱ می‌باشد.

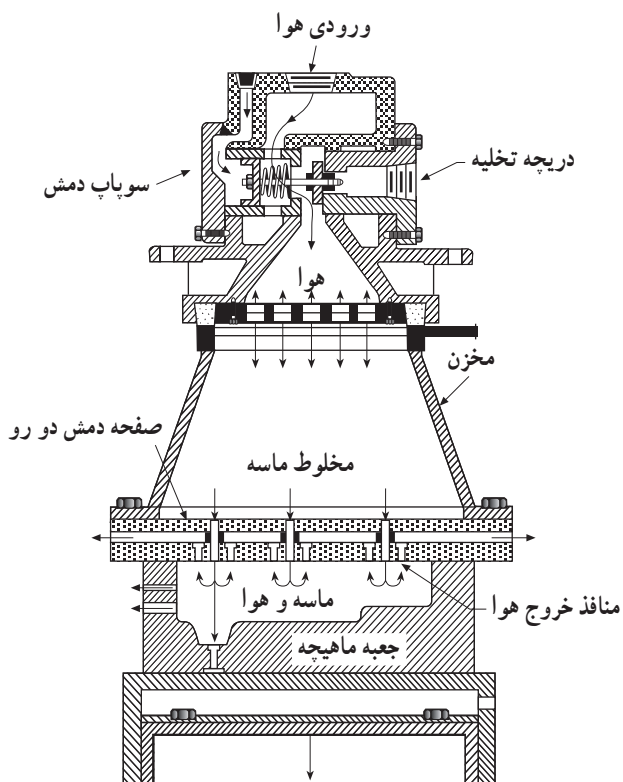
۱- Core Plate

در این روش مخلوط ماسه ماهیچه به داخل جعبه ماهیچه (که در قسمت آخر این فصل شرح آن آمده است) ریخته شده و سپس با کوبه‌های دستی فشرده و متراکم می‌گردد و پس از ماهیچه‌گیری با استفاده از صفحه ماهیچه، جعبه ماهیچه از ماهیچه جدا می‌شود. براساس نوع چسب مصرفی، در صورتی که ماهیچه به حرارت دادن (پختن) نیاز داشته باشد، به محل پخت یعنی به گرم‌خانه منتقل می‌گردد.

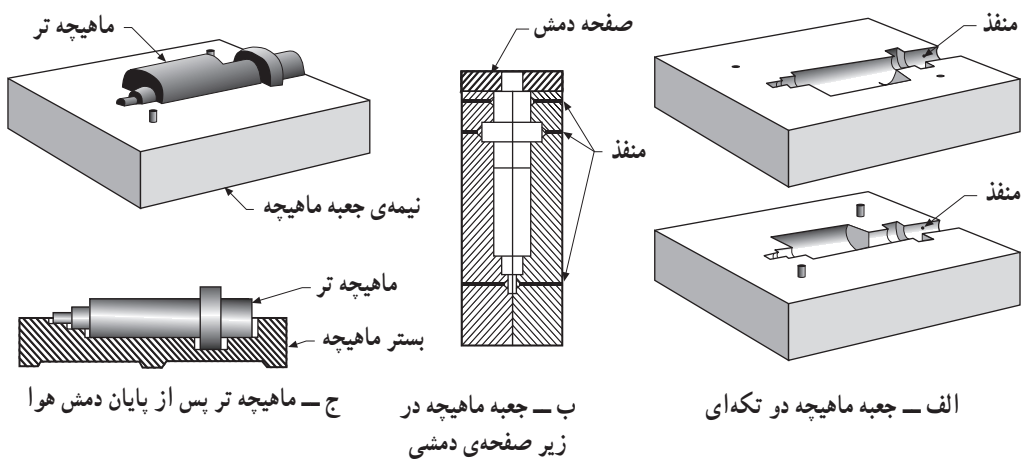
۲-۳-۴- روش ماشینی: روش‌های ماشینی متداول در ماهیچه‌سازی عبارتند از: ضربه‌ای، فشاری، ضربه‌ای فشاری، پرتابی و دمشی. اصول کار چهار روش اول همانند عملیات قالب‌گیری می‌باشد با این تفاوت که به منظور ویژگی‌های خاص ماهیچه، یعنی سهولت خروج گاز و نیز قابلیت از هم‌پاشیدگی مطلوب معمولاً ضربه تراکم در مقایسه با قالب‌ها، کمتر است. به همین دلیل، این قسمت تنها به تشریح روش دمشی اختصاص داده شده است.

— ماهیچه‌سازی به روش دمشی^۱: به استثنای تولید با حجم کم و نیز تولید ماهیچه‌های بسیار بزرگ، در سایر موارد، مخلوط ماسه با استفاده از دمش هوا با فشار بالا در داخل جعبه ماهیچه متراکم و فشرده می‌گردد. در این روش، ذرات ماسه به صورت معلق در جریانی از هوا با سرعتی زیاد از طریق حفره‌هایی به داخل جعبه ماهیچه منتقل می‌شوند. در این عمل، ماسه توسط جداره جعبه ماهیچه نگه داشته می‌شود و هوای همراه آن از طریق منافذ موجود در جعبه ماهیچه و صفحه ماهیچه خارج می‌گردد. این روش، از سرعت بسیار زیادی برخوردار است. در یک ماشین ماهیچه‌سازی دمشی تحت شرایط مناسب، عملیات دمیدن ماسه به داخل یک جعبه ماهیچه، براساس اندازه‌ی ماشین، بین ۳/۵ تا ۶/۵ ثانیه به طول می‌انجامد. نمونه‌ای از این ماشین‌ها در شکل ۳-۴ نشان داده شده است.

در شکل ۴-۴ مراحل ساخت یک ماهیچه به روش دمشی نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل (الف) مشاهده می‌شود، جعبه ماهیچه که عموماً از جنس فلزی می‌باشد از دو نیمه تشکیل شده که برای جفت شدن صحیح آن‌ها از بین استفاده شده است. به هنگام تهیه ماهیچه، این دو نیمه به هم جفت شده و داخل ماشین زیر صفحه‌ی دمش قرار داده می‌شوند. سپس این مجموعه در زیر محفظه حاوی مخلوط ماسه قرار می‌گیرد (شکل ب). بعد از آن، عمل دمش ماسه به داخل جعبه ماهیچه انجام می‌شود. پس از اتمام عملیات دمش، یکی از نیمه‌های جعبه ماهیچه از روی ماهیچه جدا شده، (شکل ج) و یک صفحه متناسب با شکل ماهیچه روی آن قرار داده شده و برای جدا نمودن نیمه دیگر مجموعه برگردانده می‌شود به گونه‌ای که در نهایت ماهیچه روی صفحه مذکور باقی می‌ماند. ماهیچه به همراه این صفحه به منظور خشک شدن به داخل گرم‌خانه منتقل می‌گردد.



شکل ۳-۴- مقطع دستگاه ماهیچه‌گیری با استفاده از روش دمشی



شکل ۴-۴- تولید یک ماهیچه به روش دمشی در یک جعبه ماهیچه دو تکه‌ای

ماشین‌های دمش ماهیچه، دارای ابعاد و طرح‌های مختلفی هستند و می‌توانند ماهیچه‌هایی از چند گرم تا ۱۵۰ کیلوگرم را تهیه نمایند.

۳-۳-۴- سخت کردن ماهیچه: پس از تهیه ماهیچه‌ها، براساس نوع چسب مصرفی، عملیات مختلفی به منظور افزایش استحکام آن‌ها صورت می‌گیرد. این عملیات شامل گازدهی (در فرآیند CO_2) و حرارت دادن (پختن) در چسب‌های آلی می‌باشند.

در ماهیچه‌سازی به روش CO_2 که شرح آن در مبحث فرآیندهای قالب‌گیری (فصل هشتم) آمده است، با عبور گاز CO_2 به داخل مخلوط ماسه، واکنشی با چسب مصرفی در این روش یعنی سیلیکات سدیم (آب شیشه) صورت می‌گیرد که در نتیجه‌ی آن ماهیچه خودگیر و محکم می‌شود. در این عملیات که به سخت کردن موسوم است نیمی از گاز در حالی که ماهیچه در داخل جعبه ماهیچه قرار دارد، دمیده می‌شود تا استحکام نسبی و حفظ دقت ابعادی حاصل گردد. سپس ماهیچه از جعبه خارج شده و به منظور دستیابی به استحکام نهایی، عمل گازدهی به طور کامل انجام می‌شود. در صورتی که، چسب‌های مصرفی برای خودگیری و سخت شدن به حرارت نیاز داشته باشند، پس از شکل گرفتن مخلوط ماسه ماهیچه، بایستی آن را حرارت داد. براساس روش ساخت ماهیچه عمل حرارت دادن یا در گرم‌خانه‌های معینی صورت می‌گیرد و یا این که جعبه ماهیچه خود مستقیماً به نوعی منبع حرارتی مجهز می‌باشد که روش اخیر، روش جعبه ماهیچه‌ی گرم^۱ نامیده می‌شود.

گرم‌خانه‌هایی که برای پخت ماهیچه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، دارای انواع و اندازه‌های مختلفی هستند. درجه حرارت این گرم‌خانه‌ها عموماً کمتر از $260^\circ C$ است. اندازه و نوع ماهیچه و نیز چسب مصرفی، معمولاً از عوامل اصلی در انتخاب نوع گرم‌خانه هستند. نکته مهم در گرم‌خانه‌ها لزوم جریان دائمی هوا در داخل آن‌ها است، به گونه‌ای که حرارت به طور یکنواخت توزیع شود و اکسیژن کافی برای انجام فعل و انفعالات ماهیچه تأمین گردد و همچنین رطوبت و گازهای مختلف در داخل گرم‌خانه کاهش یابد. گرم‌خانه‌ها در انواع معمولی با ظرفیت کم و گرم‌خانه‌های مداوم در انواع افقی و عمودی ساخته می‌شوند. علاوه بر موارد یاد شده، گرم‌خانه‌های دی‌الکتریک نیز از انواع جدیدی هستند که قادرند در زمان بسیار کوتاه‌تری در مقایسه با انواع متداول، عمل پخت ماهیچه‌ها را انجام دهند.

درجه حرارت و زمان پخت ماهیچه برای رسیدن به خواصی مطلوب پس از انجام عمل پخت، به طور مؤثری به عواملی همچون نوع گرم‌خانه، اندازه ماهیچه، میزان رطوبت ماهیچه، نوع چسب، توزیع شکل و اندازه و قابلیت نفوذ ذرات ماسه، هدایت حرارتی، ظرفیت گرمایی و چگالی ماسه و

بالاخره میزان رطوبت هوای محیط، بستگی دارد.

جعبه ماهیچه‌های گرم، اولین بار برای تولید ماهیچه‌های پوسته‌ای از مخلوط ماسه با چسب خشک، مورد استفاده قرار گرفتند. دقت زیاد این روش موجب شد تا از آن به‌طور وسیع‌تری استفاده به عمل آید. از این‌رو، بعداً برای تهیه ماهیچه از مخلوط‌هایی با چسب‌های رزینی مایع که در اثر حرارت دیدن در حضور یک کاتالیزور خودگیر می‌شوند، استفاده شد. به‌طور کلی در این روش، جعبه ماهیچه از جنس فلز می‌باشد که پس از پر شدن آن از مخلوط ماسه، تا درجه حرارتی بین 18°C تا 26°C گرم می‌شود. در اثر این حرارت، چسب ذوب و خمیری شده، ذرات ماسه را در برمی‌گیرد و پس از سرد شدن آن خودگیر و سخت می‌شود.

علاوه بر روش‌های مذکور، از روش دیگری تحت عنوان روش سرد^۱ نیز برای ماهیچه‌سازی استفاده می‌شود که در آن یک سخت‌کننده مانند الکل فورفوریل به همراه یک کاتالیزور (معمولاً یک اسید) به اندازه معین به مخلوط ماسه اضافه می‌شود. مواد سخت‌کننده به سرعت در هوا عمل نموده و در طی آن ماهیچه از استحکام کافی برخوردار می‌گردد. لازم به ذکر است که استفاده از روش‌های CO_2 و ماهیچه سرد، در مقایسه با روش جعبه ماهیچه گرم در مشاغل کوچک، اقتصادی‌تر هستند. در جدول (۲-۴) مشخصات روش‌های ماهیچه‌سازی برای مقایسه آمده است.

جدول ۲-۴- مشخصات مربوط به چند روش ماهیچه‌سازی

روش ماهیچه سرد	روش جعبه ماهیچه گرم	روش CO_2	روش معمولی	شرایط عمل
چوب - فلز	فلز با شکل و طرحی مخصوص	چوب - فلز	چوب - فلز	جعبه ماهیچه
کوتاه	متوسط	متوسط	طولانی	عمر مفید
بسیار کم - دمش	فشار هوا	بسیار کم - فشار هوا	متوسط - فشار هوا	میزان کوبش
آهسته	سریع	سریع	متوسط	زمان قالب‌گیری
متوسط	متوسط	کم	زیاد	تولید گاز
بله	خیر	بله	بله	امکان استفاده در مشاغل کوچک
-	زیاد	زیاد	زیاد	قابلیت میزان تولید
خوب	خوب	ضعیف	خوب	قابلیت متلاشی شدن

^۱ - Cold - Set

علاوه بر رعایت نکات ضروری در روش‌های مختلف سخت کردن ماهیچه‌ها، بیشتر اوقات آن‌ها را آرماتوربندی (مسلح) می‌کنند. این موضوع، به‌ویژه در مورد ماهیچه‌های بزرگ و نیز فلزات آهنی، برای بالا بردن استحکام و مقاومت ماهیچه‌ها در مقابل فشارمذاب امری لازم و ضروری است. در ماهیچه‌های کوچک با قرار دادن میله‌ها و یا مفتول‌هایی در وسط ماهیچه‌ها آن‌ها را تقویت می‌نمایند؛ در حالی که برای تقویت کردن ماهیچه‌های بزرگ، از شبکه‌های چدنی یا فولادی به عنوان آرماتور استفاده می‌شود.

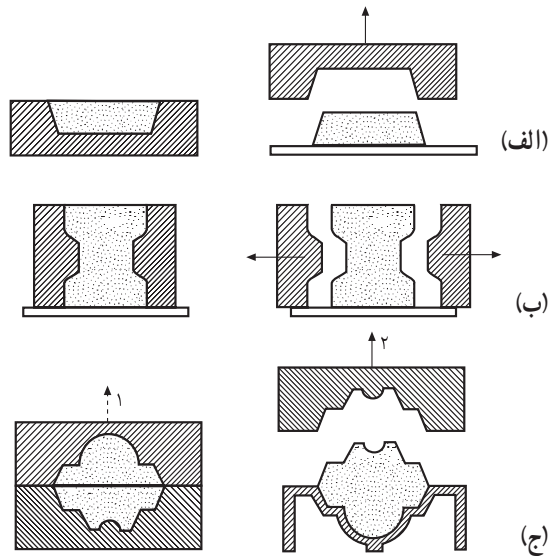
۴-۴- جعبه ماهیچه (قالب ماهیچه)

جعبه ماهیچه عبارت از قالبی است که به منظور تهیه ماهیچه مورد استفاده قرار می‌گیرد. جعبه ماهیچه‌ها معمولاً از دو قسمت تشکیل می‌شوند. قسمت اصلی ماهیچه که براساس شکل مورد نظر طراح و محاسبه می‌گردد و تکیه‌گاه‌های ماهیچه که در واقع نگه‌دارنده‌ی ماهیچه‌ها در داخل قالب هستند. جعبه ماهیچه‌ها نیز مانند مدل‌ها از چوب یا فلز و ... ساخته می‌شوند. نوع چوبی معمولاً در روش دستی و به تعداد کم و نوع فلزی آن در روش‌های دستی به تعداد زیاد و ماشینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ساده‌ترین نوع جعبه ماهیچه‌ها، نوع رو باز یا نیمه‌ای می‌باشد که ماهیچه‌هایی با سطوح تخت تولید می‌کند. در این جعبه ماهیچه‌ها، با قراردادن صفحه‌ای تخت به روی جعبه و برگرداندن آن، ماهیچه مستقیماً از جعبه خارج می‌شود (شکل ۵-۴- الف).

بسیاری از ماهیچه‌ها به خاطر سهولت کار به صورت نیمه‌هایی جداگانه تهیه می‌شوند و سپس به هنگام جاگذاری در قالب به یکدیگر جفت می‌شوند. در چنین مواردی تنها از یک نیمه قالب (جعبه ماهیچه) استفاده می‌شود، در بعضی موارد، جعبه ماهیچه به صورت دو تکه که فصل مشترک آن عمود بر سطح افق است، تهیه می‌گردند. در این حالت، دو نیمه جعبه به‌طور جانبی از هم باز شده و ماهیچه بر روی صفحه‌ی زیر جعبه ماهیچه باقی می‌ماند (شکل ۵-۴- ب).

ماهیچه‌های یک تکه با سطوح غیرمسطح، معمولاً با استفاده از جعبه‌های دو تکه تهیه می‌شوند. در این جعبه ماهیچه‌ها، برای این که بیرون کشیدن ماهیچه در جهت عمود بر «فصل مشترک دو تکه جعبه ماهیچه»^۱ امکان‌پذیر گردد، ابتدا یک نیمه از جعبه جدا می‌شود (شکل ۵-۴- ج). سپس ماهیچه‌تر مستقیماً از نیمه‌ای که در آن جای دارد به روی یک بستر نگه دارنده از ماسه آزاد منتقل می‌گردد که البته این عمل در مورد ماهیچه‌هایی که به‌طور کامل یا جزئی در داخل جعبه ماهیچه سخت شده‌اند ضروری نمی‌باشد.

۱- سطح جدایش جعبه ماهیچه



شکل ۵-۴ - انواع جعبه ماهیچه و نحوه خروج ماهیچه از آن

ماهیچه‌هایی که دارای قسمت‌های متعدد و پیچیده هستند، معمولاً از قطعات آزاد که بر قسمت‌های اصلی ماهیچه نصب می‌گردند، ساخته می‌شوند. این قطعات را پس از خروج قسمت اصلی از جعبه ماهیچه از داخل ماهیچه خارج می‌سازند (شکل ۱-۴-ب).

پرسش‌ها

- ۱- ماهیچه چیست و معمولاً از چه موادی ساخته می‌شود؟
- ۲- مشخصات عمومی یک مخلوط ماسه ماهیچه کدامند؟
- ۳- ویژگی‌های بارز ماسه‌های مصرفی در ساخت ماهیچه، در مقایسه با قالب‌ها، کدامند؟ توضیح دهید.

۴- انواع چسب‌های مورد استفاده در ماهیچه‌سازی را نام برده و ویژگی‌های آن‌ها را با یکدیگر مقایسه نمایید.

- ۵- روش‌های ماهیچه‌سازی را نام ببرید.
- ۶- ویژگی‌های روش‌های دستی و ماشینی را با یکدیگر مقایسه نمایید.
- ۷- انواع روش‌های ماشینی را به اختصار توضیح دهید.
- ۸- سخت کردن ماهیچه را تعریف نمایید. توضیح دهید که این عمل چگونه انجام می‌شود.
- ۹- جعبه ماهیچه چیست؟ و از چه قسمت‌هایی تشکیل می‌گردد؟
- ۱۰- انواع جعبه ماهیچه‌ها و کاربرد آن‌ها را توضیح دهید.

مدل^۱

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود پس از پایان این فصل بتواند:

- ۱- مدل و نقش مدلسازی را در صنعت ریخته‌گری بیان کند.
- ۲- انواع تقسیم‌بندی مدل را توضیح دهد. (جنس و شکل ظاهری)
- ۳- اضافات مجاز را در مدلسازی توضیح دهد.
- ۴- استاندارد رنگ مدل‌ها را بیان کند.
- ۵- روش نگه‌داری مدل‌ها و بایگانی مدل‌های مادر را بیان کند.

۱-۵- مقدمه

مدل جسمی است 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) محفظه قالب که تضمین‌کننده‌ی صحت شکل و اندازه‌ی قطعه ریختگی است، ایجاد می‌گردد. از این‌رو، مدل به عنوان ابزار کار اصلی ریخته‌گران در تهیه و ساخت قالب نقش مهم و اساسی دارد بنابراین مدل و مدلسازی را نمی‌توان از صنعت ریخته‌گری جدا نمود. از آنجایی که دقت و صحت شکل و ابعاد یک قطعه ریختگی به طور مؤثری به کیفیت طراحی و ساخت مدل آن بستگی دارد، لذا اولین گام در ساخت قطعات ریختگی سالم، آشنایی با اصول مقدماتی مدلسازی می‌باشد.

نقطه شروع در تهیه و ساخت یک مدل، آگاهی از جنس، تعداد و روش ساخت قطعه ریختگی مورد نظر می‌باشد، زیرا توجه به این نکات، هم از نظر فنی، یعنی دستیابی به قطعه‌ای با شکل و ابعاد صحیح، و هم از نظر اقتصادی حائز اهمیت فراوانی است.

پس از بررسی موارد یادشده و مطالعه نقشه‌ی جسم، محاسبات مربوط به مدل و جعبه ماهیچه انجام گرفته و در پی آن نسبت به ساخت آن‌ها اقدام می‌گردد.

قابل ذکر است با توجه به این که، مطالب مربوط به مدل و مدلسازی، در کتاب تکنولوژی مدل سازی به تفصیل آمده است لذا، در این جا سعی شده است تا ضمن بررسی اصول کلی از تکرار مطالب پرهیز گردد.

۲-۵- انواع مدل

مدل ها را می توان به روش های مختلف دسته بندی نمود که یکی از این دسته بندی ها بر اساس جنس و شکل ظاهری می باشد :

۱-۲-۵- دسته بندی مدل ها بر اساس جنس: معمولاً موادی که برای تهیه و ساخت مدل ها مورد استفاده قرار می گیرند بایستی از ویژگی های معینی برخوردار باشند. این ویژگی ها عبارتند از: سهولت در شکل پذیری، داشتن استحکام کافی در مقابل فشار، ضربه، سایش و عوامل محیطی و نیز دارا بودن ارزش اقتصادی مطلوب.

به طور کلی، در انتخاب جنس مدل باید به نکات زیر توجه نمود :

الف - تعداد قطعات مورد نیازی که از روی مدل بایستی تهیه شوند.

ب - دقت ابعادی مورد نیاز در مدل.

ج - مشخصات روش تولید (نوع روش تولید و مشخصات ماشین های قالب گیری)

د - اندازه و شکل قطعه مورد نیاز.

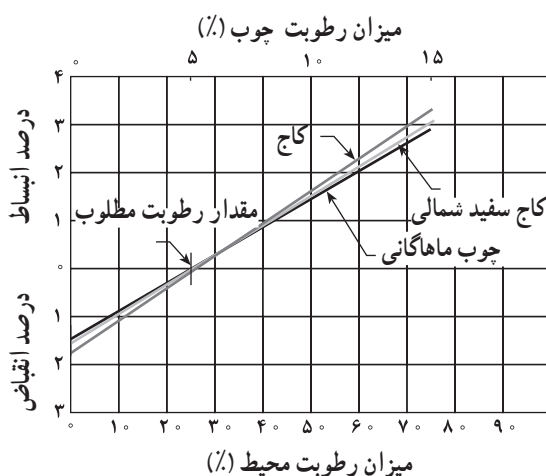
در جدول (۱-۵)، مشخصات عمومی مواد معمول و متداول برای ساخت مدل به منظور مقایسه، داده شده است.

جدول ۱-۵- مشخصات عمومی مواد مورد استفاده در ساخت مدل ها

جنس				مشخصات
پلاستیک	فولاد	آلومینیم	چوب	
خوب	متوسط	خوب	عالی	شکل پذیری (قابلیت ماشین کاری)
متوسط	عالی	خوب	ضعیف	مقاومت سایشی
خوب	عالی	خوب	متوسط	استحکام
خوب	ضعیف	خوب	عالی	وزن
ضعیف	خوب	ضعیف	عالی	قابلیت تعمیرکاری
عالی	ضعیف	عالی	عالی	مقاومت به خوردگی
عالی	عالی	عالی	ضعیف	مقاومت به جذب رطوبت و تغییر ابعاد

انواع مدل از لحاظ جنس عبارتند از :

— مدل‌های چوبی: چوب متداول‌ترین ماده در ساخت مدل می‌باشد. این امر به دلیل وجود ویژگی‌هایی از قبیل سهولت در شکل پذیری، ارزان بودن و داشتن استحکام خوب در این ماده است. عیب اصلی چوب انبساط و انقباض و تغییر شکل و ابعاد آن در اثر جذب رطوبت می‌باشد که در شکل (۵-۱) تغییرات انقباض و انبساط چند نمونه چوب با توجه به میزان رطوبت موجود در آن و رطوبت محیط نشان داده شده است.



شکل ۵-۱ — تأثیر میزان رطوبت چوب و رطوبت محیط بر روی انبساط و انقباض سه نمونه چوب مصرفی در مدلسازی

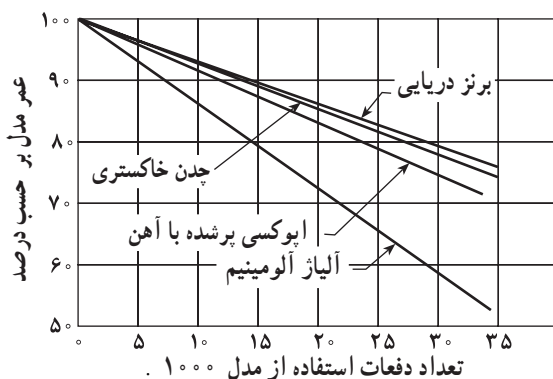
همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، در صورتی که رطوبت موجود در چوب زیاد شود و به ۱۰ درصد برسد (یعنی رطوبت محیط حدود ۵۰ درصد باشد) انبساط حجمی ایجاد شده در مدل برابر ۱/۵ درصد است. در محیطی با ۷۵ درصد رطوبت، میزان این انبساط به ۳ درصد و یا بیشتر می‌رسد.

عیب دیگر چوب دوام کم و در نتیجه از دست دادن دقت اولیه آن است. زیرا در اثر سایش مواد قالب‌گیری (ماسه) فرسوده شده و دقت ابعادی خود را از دست می‌دهد. همچنین مدل‌های چوبی به دلیل اعمال نیروهای ضربه‌ای به هنگام کوبیدن ماسه و نیز خارج نمودن مدل از قالب، تغییر فرم داده و گاهی می‌شکنند. لازم به ذکر است که با استفاده از مواد پوششی مانند لاک الکل و رنگ می‌توان میزان جذب رطوبت توسط مدل را کاهش داده و نیز از چسبیدن ذرات ماسه به سطوح مدل جلوگیری نمود. همچنین به منظور افزایش استحکام و دوام مدل‌های چوبی می‌توان آن‌ها را از به هم

چسباندن چند لایه که در جهات مختلف برش داده شده‌اند، تهیه نمود. در اثر این عمل، عمر مدل‌ها به مقدار زیادی افزایش پیدا می‌کند، به گونه‌ای که در بعضی موارد، حتی عمر آن‌ها از مدل‌های آلومینیمی نیز بیشتر می‌شود.

در هر حال قابل ذکر است که با توجه به ویژگی‌های خوب، از این ماده برای ساخت مدل‌های اولیه (مادر) و نیز برای تولید قطعات به تعداد محدود استفاده می‌شود.

— مدل‌های فلزی: مدل‌های فلزی معمولاً از آلیاژهای آلومینیم، چدن خاکستری، فولاد، منیزیم و یا آلیاژهای مس ساخته می‌شوند. مدل‌های فلزی که غالباً برای تولید قطعات به تعداد زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند، یا به طور مستقیم از طریق ماشین‌کاری تهیه می‌شوند و یا این‌که با استفاده از مدل چوبی (مدل اولیه یا مادر) ریخته‌گری می‌گردند. با توجه به جدول (۱-۵)، به خوبی مشاهده می‌شود که مدل‌های فلزی در مقایسه با نوع چوبی آن، از دقت ابعادی بیشتر، استحکام و دوام بالاتر در مقابل سایش و نیز جذب رطوبت محیط برخوردار می‌باشند. در شکل (۲-۵) عمر مدل‌های ساخته شده از چند ماده مختلف، براساس دفعات قالب‌گیری نشان داده شده است.



شکل ۲-۵ — عمر مدل‌های ساخته شده از چهار ماده‌ی مختلف

— مدل‌های پلاستیکی: این مدل‌ها از انواع رزین‌ها ساخته می‌شوند. رزین‌هایی که برای ساخت مدل‌های پلاستیکی به کار می‌روند استحکام فشاری بیشتری نسبت به مدل‌های چوبی دارند همچنین در مقابل مواد شیمیایی مقاوم بوده و چسبندگی آن‌ها به مواد قالب‌گیری کم است.

از ویژگی‌های مهم این مواد در ساخت مدل‌ها می‌توان به پایداری ابعادی و نیاز به مهارت کمتر در مقایسه با ساخت مدل‌های فلزی، اشاره نمود. این مدل‌ها به روش‌های مختلفی ساخته می‌شوند. برای ساخت مدل‌های پلاستیکی، ابتدا یک قالب گچی مناسب از روی مدل اولیه چوبی تهیه می‌شود.

قبل از این که مواد پلاستیکی به داخل این قالب ریخته شوند، برای جلوگیری از چسبیدن مواد به قالب، آن را با مواد مخصوصی پوشش می دهند. معمولاً پس از ریختن مواد به داخل قالب، برای سخت شدن، آن را به مدت ۲ تا ۱۲ ساعت در درجه حرارت اتاق قرار می دهند. به منظور کاهش هزینه، رزین ها را با مواد پرکننده ای از قبیل مواد معدنی و یا پودر فلزات مخلوط نموده و به کار می برند.

علاوه بر روش مذکور، برای ساخت مدل های پلاستیکی از روش پوسته ای ماهیچه دار استفاده می شود. در این روش، ماهیچه از چوب و یا مواد دیگر تهیه می گردد و سپس با قراردادن این ماهیچه در قالب، مواد رزینی مناسب به داخل آن ریخته می شود. بدین ترتیب با کاهش یافتن مواد رزینی، هزینه کاهش می یابد و از انقباض زیاد مواد رزینی جلوگیری می گردد. قابل ذکر است که از روش اخیر، بیشتر برای ساخت مدل های پلاستیکی با اندازه ی کوچک و یا متوسط و نیز شکل های ساده، استفاده می شود.

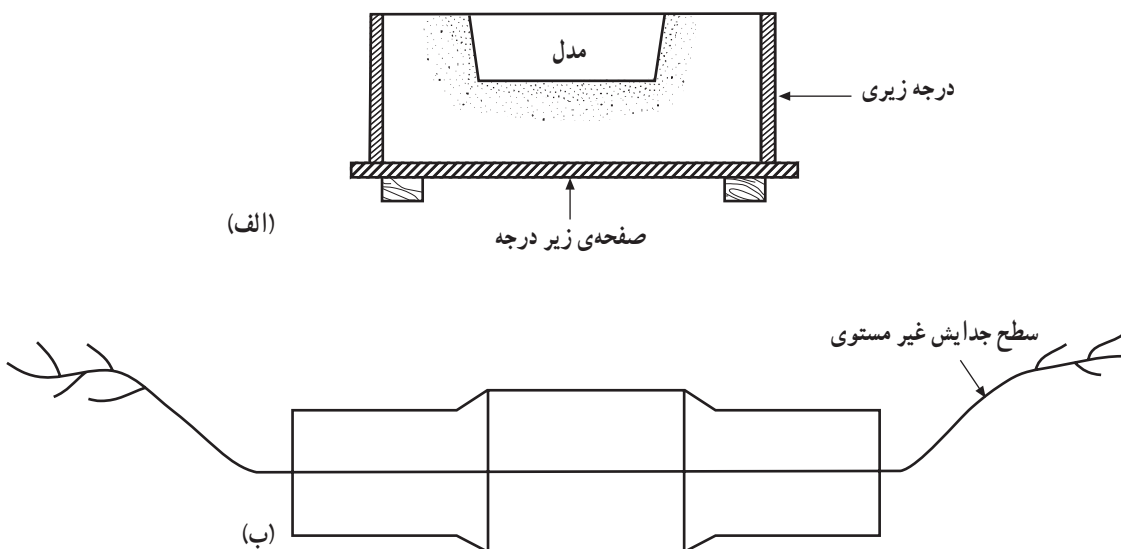
۲-۲-۵ — دسته بندی مدل ها براساس شکل ظاهری آن ها: مدل ها را می توان از نظر تشابه آن ها با شکل قطعه ریختگی (نقشه مکانیکی) به دو گروه اصلی تقسیم نمود:

— مدل های ساده: این نوع مدل ها، از نظر شکل ظاهری کاملاً شبیه قطعه ریختگی هستند و با استفاده از مدل قسمت های داخلی و خارجی قطعه قالب گیری می شوند.

— مدل های ماهیچه دار: این نوع مدل ها شباهت چندانی به قطعه ی ریختگی ندارد که یکی از علت های آن وجود زائده هایی به نام تکیه گاه یا ریشه ماهیچه می باشد.

۲-۳-۵ — انواع مدل براساس سطح جدایش آن: این مدل ها عبارتند از: یک تکه، دوتکه، با قطعات آزاد، با سیستم راهگاهی، صفحه ای و مخصوص.

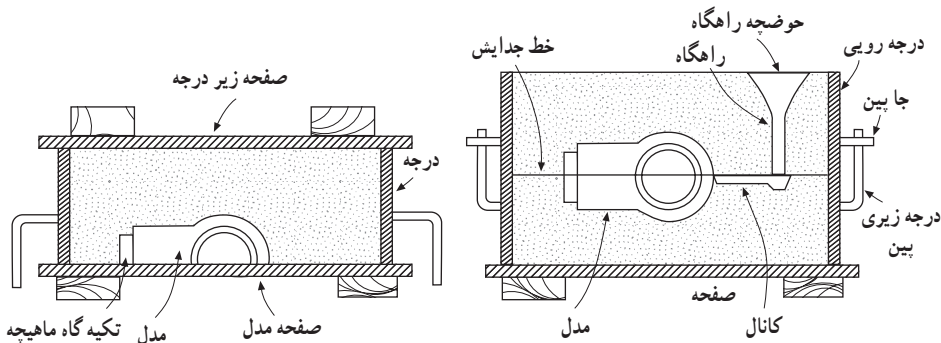
— مدل یک تکه: این مدل ها که به صورت جسمی یک پارچه یا یک تکه ساخته می شوند، براساس شکل و چگونگی شیب آن ها، ممکن است در یک لنگه درجه و یا در دولنگه درجه قرار گیرند. در اغلب این مدل ها، خط جدایش یا محل تغییر شیب مدل، در قسمت فوقانی آن تعبیه می شود. به عبارت دیگر، مدل دارای شیب یک طرفه است. خط جدایش مدل، که معمولاً قالب توسط آن به دو قسمت تقسیم می شود، در این مدل ها به صورت یکنواخت و یا غیر یکنواخت است (شکل ۳-۵). به طور کلی قالب گیری با مدل های یک تکه، به ویژه آن هایی که دارای خط جدایشی غیر یکنواخت هستند به طور دستی صورت می گیرد. از این رو تهیه قالب به مهارت و تجربه قالب گیر بستگی دارد. به دلیل پایین بودن دقت و سرعت عمل و در نتیجه بالا رفتن هزینه، از این مدل اغلب برای تولید تعداد



شکل ۳-۵ - سطوح جدایش در مدل‌های یک تکه
الف - یکنواخت ب - غیر یکنواخت

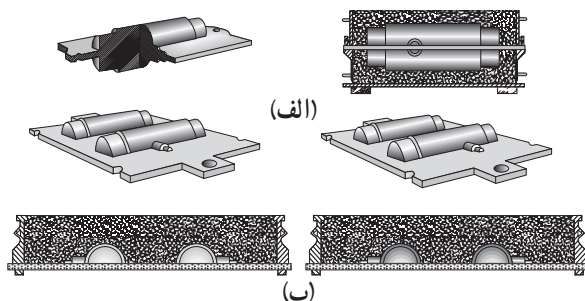
محدودی از قطعات استفاده می‌شود.

— مدل‌های دو تکه (یا چند تکه): در صورتی که طرح و شکل قطعه پیچیده باشد به گونه‌ای که قالب‌گیری آن در یک لنگه درجه مشکل و غیر ممکن باشد و همچنین تعداد قطعه‌های مورد نیاز زیاد باشد، مدل را دو یا چند تکه می‌سازند. در این نوع مدل‌ها، خط جدایش یا محل تغییر شیب در امتداد سطح جدایش دولنگه درجه می‌باشد بدین صورت که یک تکه در درجه‌ی بالایی و تکه دیگر در درجه پایینی قرار می‌گیرد. مدل‌های دو یا چند تکه توسط پین‌های چوبی یا فلزی به هم متصل می‌شوند. در شکل (۴-۵) یک نمونه از قالب‌گیری با مدل دو تکه نشان داده شده است.



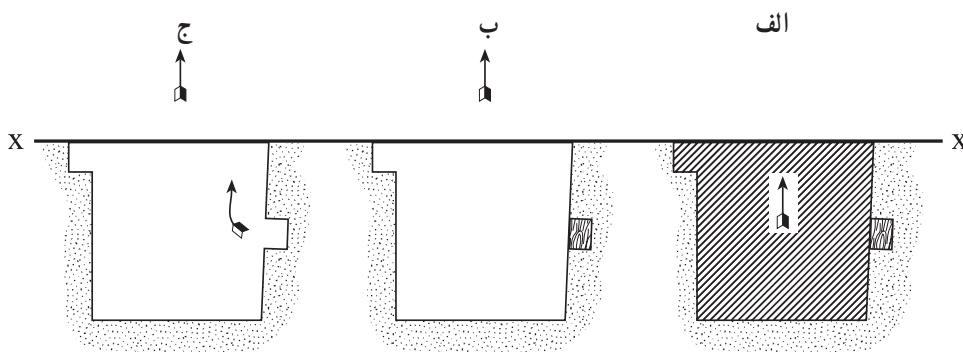
شکل ۴-۵ - قالب‌گیری مدل دو تکه‌ای

— مدل‌های صفحه‌ای: برای تولید انبوه قطعات ریختگی به روش دستی یا ماشینی در ماسه از مدل‌های صفحه‌ای استفاده می‌شود. مدل‌های صفحه‌ای به دو صورت یک رو، دو رو و دو صفحه‌ای ساخته می‌شوند. در نوع یک رو مدل در یک طرف صفحه قرار می‌گیرد، در حالی که در نوع دو رو، نصف مدل در یک طرف صفحه و نصف دیگر در طرف دیگر صفحه قرار دارند. مدل‌ها یا جداگانه تهیه شده و بر روی صفحه‌ای مونتاژ می‌شوند و یا این که به همراه صفحه، از طریق ریخته‌گری تهیه می‌گردند. صفحه مذکور مشخص کننده خط جدایش و بنابراین ایجادکننده‌ی سطح جدایش دولنگه درجه می‌باشد. سیستم راهگاهی نیز همیشه روی صفحه نصب می‌شود. با توجه به این که، مدل‌های صفحه‌ای هر یک برای درجه‌های مخصوصی تنظیم می‌شوند، بنابراین، هر نوع از آن‌ها را نمی‌توان برای انواع مختلف درجه‌های کوچک و بزرگ به کاربرد. مدل‌های صفحه‌ای اغلب در روش‌های قالب‌گیری ماشینی مورد استفاده قرار می‌گیرند و با توجه به بالا بودن سرعت قالب‌گیری و راندمان کار، هزینه‌های قالب‌گیری و تهیه مدل جبران می‌شوند. این مدل‌ها ممکن است ساده و یا ماهیچه‌دار باشند که در صورت ماهیچه‌دار بودن، بایستی پس از قالب‌گیری، ماهیچه‌های مورد لزوم را در محفظه قالب قرار داد. در نوع دو صفحه‌ای، دو قسمت مدل در دو صفحه‌ی کاملاً جداگانه قرار می‌گیرند و هر یک از این صفحه‌ها در درجه جداگانه و به طور هم‌زمان قالب‌گیری می‌شوند. جنس این مدل‌ها ممکن است از چوب یا فلز باشد که در روش ماشینی از نوع فلزی آن استفاده می‌گردد. این روش تهیه‌ی مدل، برای تولید انبوه و نیز قطعات نسبتاً بزرگ به کار می‌رود. هزینه‌ی ساخت مدل‌های صفحه‌ای دولنگه‌ای بیشتر از انواع دیگر آن است. به همین دلیل، تنها حجم زیاد تولید می‌تواند این هزینه را جبران نماید. در سوار نمودن قطعه‌های مدل بر روی صفحه‌ها می‌بایست دقت زیادی به عمل آید. معمولاً راهبار و راهباره در یک صفحه (زیرین) و جای کانال راهگاه و تغذیه در صفحه دیگر (فوقانی) نصب می‌شوند. در شکل (۵-۵) نمونه‌های مختلفی از مدل صفحه‌ای نشان داده شده است.



شکل ۵-۵ — چند نمونه از مدل‌های صفحه‌ای و نحوه قالب‌گیری آن‌ها
 الف — مدل صفحه‌ای دو رو (تعداد متوسط) ب — مدل صفحه‌ای دو صفحه‌ای (برای تولید انبوه)

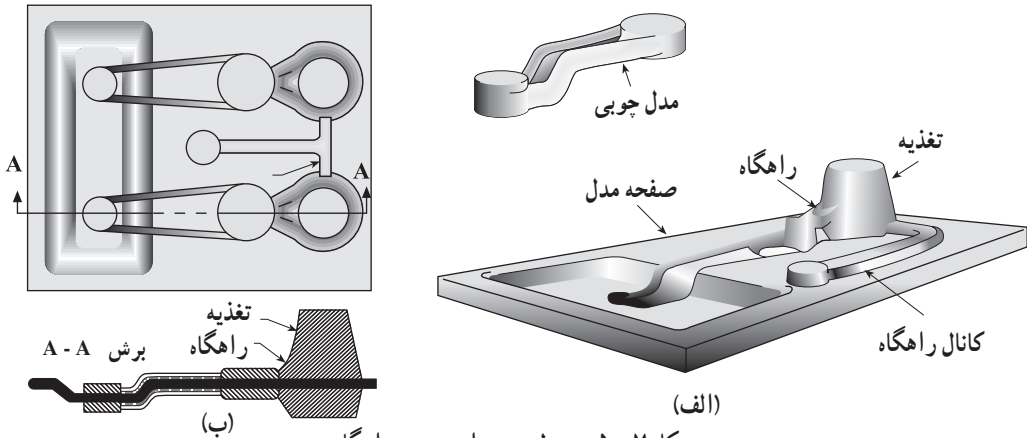
— مدل با قطعه آزاد: ساختمان بعضی از مدل‌ها طوری است که قالب‌گیری آن‌ها به صورت یک تکه امکان‌پذیر نیست. در این صورت این گونه قسمت‌ها به صورت قطعه آزاد روی مدل تعبیه می‌شوند، به طوری که به هنگام خارج نمودن مدل از ماسه ابتدا قسمت اصلی مدل خارج می‌شود (در این حالت قطعه‌های آزاد هنوز در ماسه قرار دارند) و سپس قطعه‌های آزاد را به وسیله ابزار مخصوص، خارج می‌سازند. لازم به ذکر است که به دلیل پایین بودن دقت قالب‌گیری و نیز اتصال قطعه‌ها، امروزه سعی می‌شود تا حد امکان از قطعه‌های آزاد استفاده نشود. در شکل (۵-۶) این نوع مدل نشان داده شده است.



شکل ۵-۶ — مدل با قطعه آزاد

— مدل با سیستم راهگاهی: اغلب مدل‌های صفحه‌ای دارای سیستم راهگاهی و تغذیه می‌باشند چنانچه مدل فاقد سیستم راهگاهی باشد توسط قالب‌گیر به طور دستی در قالب ایجاد می‌گردد و یا این که به صورت قطعه‌های آزاد و جداگانه‌ای ساخته می‌شوند. مهم‌ترین مزیت همراه بودن سیستم راهگاهی و تغذیه با مدل، دستیابی به مشخصات متالورژیکی مطلوب و در نتیجه تولید قطعه‌های سالم می‌باشد.

مدل‌های با سیستم راهگاهی ممکن است به صورت‌های مختلفی ساخته شوند. چند نمونه از این مدل‌ها در شکل (۵-۷) نشان داده شده‌اند.



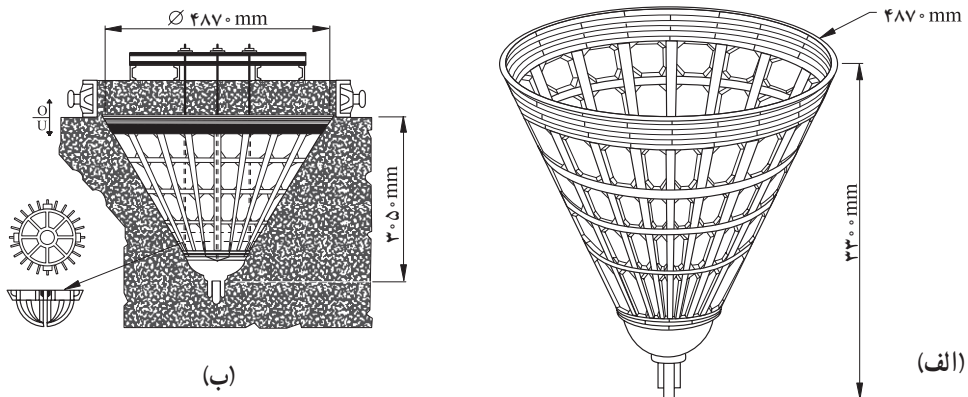
شکل ۷-۵ مدل به همراه سیستم راهگاهی

الف - صفحه مدل شامل راهگاه و تغذیه برای یک مدل چوبی (تعداد کم)

ب - مدل صفحه‌ای فلزی شامل راهگاه و تغذیه (تعداد زیاد)

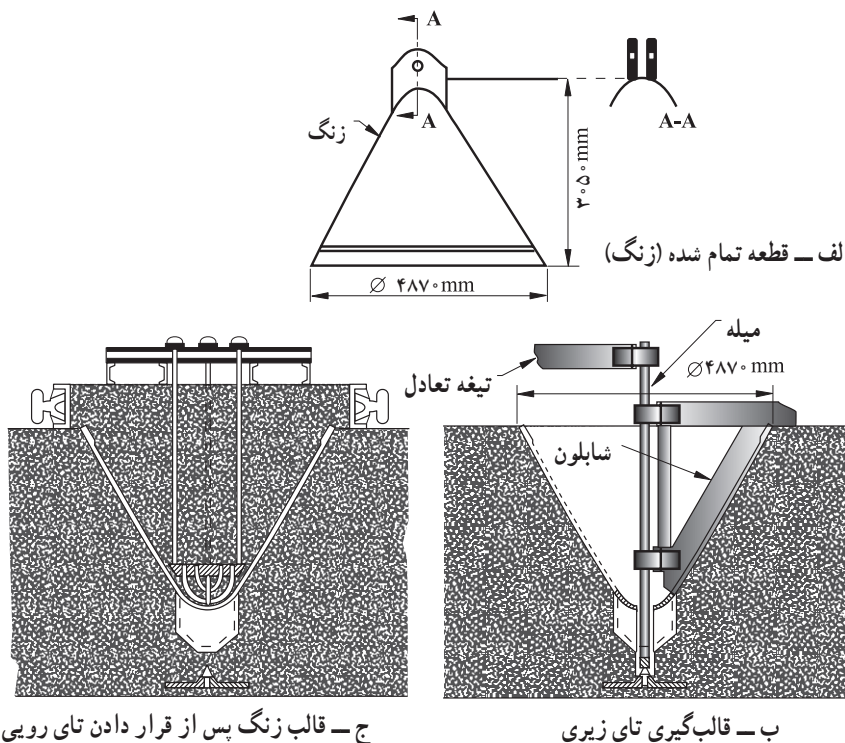
— مدل‌های مخصوص: در مواردی که مدل‌های ذکر شده در قسمت‌های قبل، برای قالب‌گیری مناسب نباشند و یا این که قطعه مورد نظر به اندازه‌ای بزرگ باشد که تهیه و ساخت مدل آن مشکل بوده و یا هزینه‌ی زیادی را موجب گردد، از مدل‌های مخصوص استفاده می‌شود. مدل‌های مخصوص ممکن است به صورت‌های مختلفی ساخته شوند که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: مدل اسکلتی، مدل شابلونی و مدل‌های پلی استیرن (در فرآیند قالب‌گیری توپر).

الف - مدل اسکلتی: این مدل به طور عمده برای تهیه قطعه‌های بسیار بزرگ به کار می‌رود که به جای ساختن مدل کامل، از اسکلت آن استفاده می‌شود. در این مدل‌ها، خط‌های اصلی مدل را به وسیله تسمه‌های آهنی و یا باریک‌های چوب تهیه می‌کنند و قسمت‌های داخلی را از طریق عملیات قالب‌گیری و یا حتی عملیات بنایی مطابق شکل قطعه درمی‌آورند. در شکل (۸-۵) یکی از این مدل‌ها که برای ریخته‌گری یک زنگ بزرگ مورد استفاده قرار گرفته است، مشاهده می‌گردد.



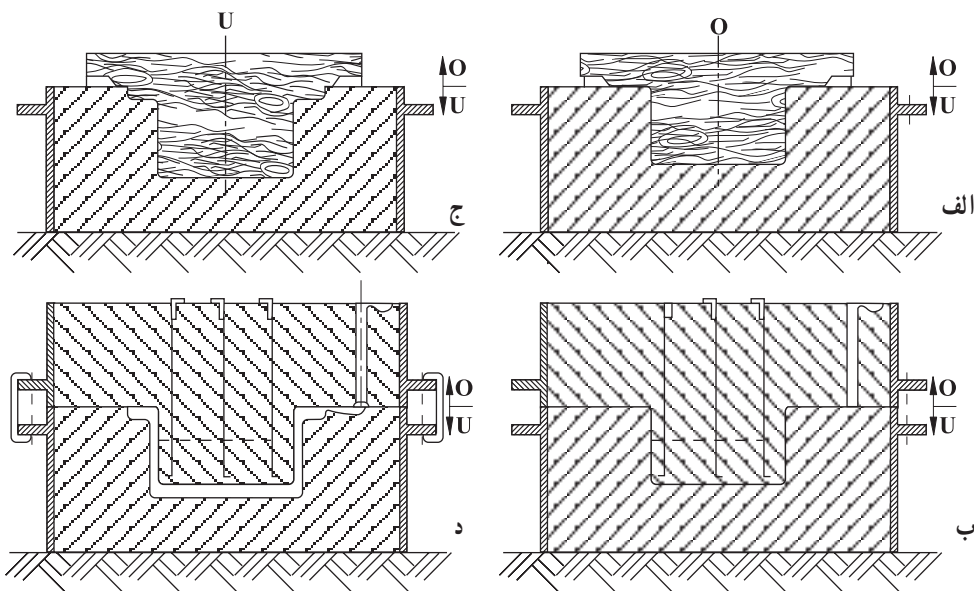
شکل ۸-۵ (الف) مدل اسکلتی و (ب) موقعیت آن در قالب

ب — مدل‌های شابلونی: استفاده از این مدل‌ها در تهیه قطعه‌ها، بیشتر به عنوان یک فرآیند قالب‌گیری مطرح است تا این که در گروه مدل‌ها مورد بررسی قرار گیرند. در هر حال این نوع مدل‌ها شامل دو نوع چرخشی و کششی می‌باشند. در نوع چرخشی که برای تهیه قطعه‌های استوانه‌ای شکل و یا قطعه‌های متقارن استفاده می‌شود، نحوه عمل بدین صورت است که به جای ایجاد محفظه قالب توسط مدل از بریدن و یا تراشیدن ماسه توسط تیغه‌های برش (شابلون) استفاده می‌گردد. این تیغه‌ها از صفحه‌های فلزی و یا چوبی که به شکل نیمی از مقطع جسم هستند ساخته می‌شوند و روی دستگاهی به نام فرمان که شامل پایه، میله استوانه‌ای بلند و بازویی برای نصب تیغه می‌باشد، سوار می‌گردند (شکل ۹-۵).



شکل ۹-۵ — نمونه‌ای از قالب‌گیری با شابلون چرخشی برای تهیه یک زنگ بزرگ

از شابلون کششی به منظور قالب‌گیری قطعه‌های با مقطع‌های قائم یا انحنادار و با جداره‌ی یکنواخت استفاده می‌شود. در شکل (۱۰-۵) قالب‌گیری با استفاده از شابلون کششی برای تهیه یک درپوش نشان داده شده است.



الف و ب — تهیه شکل داخلی قطعه ج و د — تهیه شکل خارجی قطعه

شکل ۱۰-۵ — قالب‌گیری با شابلون کششی

ج — مدل‌های پلی استیرن (در فرآیندهای قالب‌گیری تُوپر): در این روش، مدل قطعه مورد نظر همراه با اجزاء سیستم راهگاهی و تغذیه از مواد اسفنجی پلی استیرن تهیه می‌گردد و تمام این مدل در ماسه قالب‌گیری می‌شود. به هنگام تماس مذاب با مواد پلی استیرن، این مواد تبخیر شده می‌سوزد که به این وسیله محفظه قالب برای پرسیدن مذاب، ایجاد می‌گردد. از ویژگی‌های این مدل‌ها، حذف مهارت در قالب‌گیری و محدودیت‌های مربوط به طراحی قطعه می‌باشد.

۳-۵ — اضافه‌ها و تغییرهای مجاز در مدل

هر چند، مدل به منظور تولید یک قطعه با ابعاد معین به کار می‌رود ولی در عمل بنا به دلایل متالورژیکی و مکانیکی ابعاد آن با قطعه ریخته‌گری یکسان نیست. علت این امر آن است که قطعه ریخته‌گری به هنگام سرد شدن در داخل قالب، بر اساس خاصیت ذاتی اغلب فلزها و آلیاژها دچار کاهش حجم یا انقباض می‌گردد. علاوه بر این، در اکثر فرآیندهای ریخته‌گری، قطعه‌ها از کیفیت سطحی مطلوبی برخوردار نیستند و در نتیجه انجام عملیات ماشین‌کاری ضروری می‌باشد. بنابراین طبیعی است در صورتی که نکات یاد شده نادیده گرفته شوند و مدل کاملاً به اندازه‌ی جسم حقیقی ساخته

شود، قطعه ریختگی نهایی، صحت ابعاد و نیز شکل (در بعضی موارد) خود را از دست می‌دهد. به منظور جلوگیری از عیب‌های ذکرشده، به هنگام ساخت مدل یک قطعه، با توجه به جنس، شکل، ابعاد و نیز شرایط کاربردی آن، اضافه‌ها و تغییرهای معینی، موسوم به «اضافه‌ها و تغییرهای مجاز»^۱ بر روی آن اعمال می‌گردد.

۱-۳-۵- اضافه مجاز انقباضی: همان‌گونه که به آن اشاره گردید، فلز پس از انجماد در داخل قالب، به هنگام سرد شدن تا درجه حرارت محیط (اتاق) غالباً منقبض می‌شود. از این رو، به منظور به‌دست آوردن قطعه‌ای با ابعاد موردنظر، مدل آن را کمی بزرگ‌تر از اندازه‌ی حقیقی می‌سازند. این مقدار اضافی که به منظور جبران کاهش حجمی ناشی از انقباض، به ابعاد مدل اضافه می‌شود، به اضافه مجاز انقباضی موسوم است و معمولاً به صورت خطی بیان می‌گردد. میزان اضافه مجاز انقباضی به عامل‌هایی همچون جنس فلز یا آلیاژ، ابعاد مدل و نیز فرآیند قالب‌گیری و طرح ماهیچه‌ها بستگی دارد. در جدول (۲-۵) میزان اضافه مجاز انقباضی مربوط به چند آلیاژ صنعتی درج شده است.

جدول ۲-۵- در صد انقباض مجاز مدلسازی مربوط به آلیاژهای صنعتی

جنس قطعه ریختگی	درصد انقباض مدلسازی	توضیحات
چدن خاکستری	۱	برای قطعه‌های کمتر از صد میلی‌متر
چدن سفید	۸/۰	برای قطعه‌های بین ۱۰۰۰-۱۰۰ میلی‌متر
	۷/۰	برای قطعه‌های بزرگ‌تر از ۱۰۰۰ میلی‌متر
	۲	برای قطعه‌های بزرگ به اندازه‌ی ۵/۰٪ کاهش می‌یابد.
چدن چکش خوار (مالیبل)	۱	با توجه به اینکه چدن سفید به هنگام تبدیل به چدن مالیبل دارای ۱ درصد انبساط است. بنابراین انقباض کلی در مقایسه با چدن سفید برابر ۱-۲ درصد می‌باشد.
آلومینیم و آلیاژهای آن	۶/۱	این مقدار برای قطعه‌های بزرگ‌تر تا ۵/۰ درصد کاهش می‌یابد.
برنز	۲	این مقدار برای قطعه‌های بزرگ‌تر تا ۵/۰ درصد کاهش می‌یابد.
برنج	۶/۱	این مقدار برای قطعه‌های بزرگ‌تر تا ۵/۰ درصد کاهش می‌یابد.
فولاد	۲	این مقدار برای قطعه‌های بزرگ‌تر تا ۵/۰ درصد کاهش می‌یابد.

لازم به ذکر است که به منظور سهولت کار در مدلسازی از خط کش های مدرجی که مقدار انقباض فلز بر روی آن مشخص شده است، استفاده می شود. به عنوان مثال به ازای میزان انقباض برابر یک درصد، هر درجه از این خط کش به اندازه ی ۱/۰٪ از اندازه ی واقعی آن بیشتر است. در مواردی که ابتدا یک مدل چوبی (اولیه) تهیه شده و سپس از روی آن مدل های فلزی ساخته می شوند، اضافه مجاز انقباضی که در ساخت مدل چوبی در نظر گرفته می شود به اندازه ی مجموع اضافه های مربوط به فلز مورد استفاده برای مدل ثانویه و فلز یا آلیاژ ریختگی می باشد.

۲-۳-۵- اضافه مجاز ماشین کاری : قطعه های ریختگی، معمولاً از کیفیت سطحی مطلوبی برخوردار نیستند و پس از ریخته گری بایستی تحت عملیات ماشین کاری قرار گیرند. از این رو،

در سطح هایی که جدول ۳-۵- میزان اضافه مجاز ماشین کاری آلیاژهای صنعتی (بر حسب میلی متر)

میزان اضافه مجاز ماشین کاری			ابعاد مدل	جنس قطعه ریختگی
سطح فوقانی	سطح قسمت های داخلی	سطوح		
۵	۳	۲/۵	تا ۱۵۰	چدن
۵/۵	۳/۵	۳	۱۵۰-۳۰۰	
۶	۵	۴	۳۰۰-۵۰۰	
۶/۵	۵/۵	۴/۵	۵۰۰-۹۰۰	
۸	۶	۵	۹۰۰-۱۵۰۰	
۶	۳	۳	تا ۱۵۰	فولاد ریختگی
۶	۶	۵	۱۵۰-۳۰۰	
۸	۶	۶	۳۰۰-۵۰۰	
۹/۵	۷	۶	۵۰۰-۹۰۰	
۱۲	۸	۶	۹۰۰-۱۵۰۰	
۲	۱/۵	۱/۵	۱۰-۷۵	فلزات غیر آهنی
۲/۵	۲	۱/۵	۷۵-۲۰۰	
۳	۲/۵	۲	۲۰۰-۳۰۰	
۳/۵	۳	۲/۵	۳۰۰-۵۰۰	
۴/۵	۳/۵	۳	۵۰۰-۹۰۰	
۵	۴	۳	۹۰۰-۱۵۰۰	

بایستی ماشین کاری شوند، اضافه مجازی به نام اضافه مجاز ماشین کاری در نظر گرفته می شود. میزان این اضافه مجاز به عامل هایی همچون جنس و طرح قطعه ریختگی و روش ریخته گری و تمیزکاری آن بستگی دارد. در جدول (۳-۵) میزان اضافه مجاز ماشین کاری برای فلزات و آلیاژهای مختلف بر حسب میلی متر درج شده است.

سطح‌هایی که بایستی ماشین‌کاری شوند، در نقشه مکانیکی با علامت مخصوصی به شکل ∇ مشخص می‌گردند. میزان اضافه مجاز در بالای این علامت و مشخصات دیگر ماشین‌کاری در زیر آن قید می‌شوند که لازم است مدلساز به هنگام افزودن میزان اضافه مجاز به این نکات توجه نماید. معمولاً مقدار اضافه مجاز ماشین‌کاری برای سطح‌های داخلی و نیز سطح فوقانی از سایر سطح‌ها بیشتر است. در هر حال با توجه به این که انجام عملیات ماشین‌کاری باعث بالا رفتن هزینه ساخت یک قطعه می‌گردد، لذا بایستی سعی شود تا این عملیات به حداقل ممکن کاهش پیدا کند.

۳-۵- شیب مجاز: معمولاً سطح‌های قائم مدل به هنگام خروج آن از قالب، با سطح‌های قائم محفظه قالب در تماس بوده و آن را تحت سایش قرار می‌دهد. این امر ضمن این که خروج مدل از قالب را مشکل می‌سازد، ممکن است سطح‌های آن را نیز تخریب نماید. به همین منظور، این سطح‌ها در مدل دارای کمی شیب هستند که به آن شیب مجاز مدلسازی گفته می‌شود.

مقدار شیب مجاز به عامل‌هایی همچون شکل و اندازه‌ی مدل روش قالب‌گیری و دقت جسم بستگی دارد و دارای استاندارد معینی نیستند. معمولاً مقدار این شیب در روش‌های دستی قالب‌گیری بیشتر از روش‌های ماشینی می‌باشد، در بعضی موارد، در صورتی که سطح‌های مدل، صیقلی و تمیز بوده و خروج مدل نیز به وسیله ماشین و به طور مطلوبی انجام گیرد، خروج مدل با سطح‌های قائم از عمقی حدود ۱۵۰ تا ۲۲۰ میلی‌متر نیز بدون شیب امکان‌پذیر است. در هر حال برای خروج آسان‌تر و بهتر مدل از محفظه‌هایی با عمق نسبتاً زیاد، در نظر گرفتن شیب مناسب در سطح‌های مدل، ضروری می‌باشد.

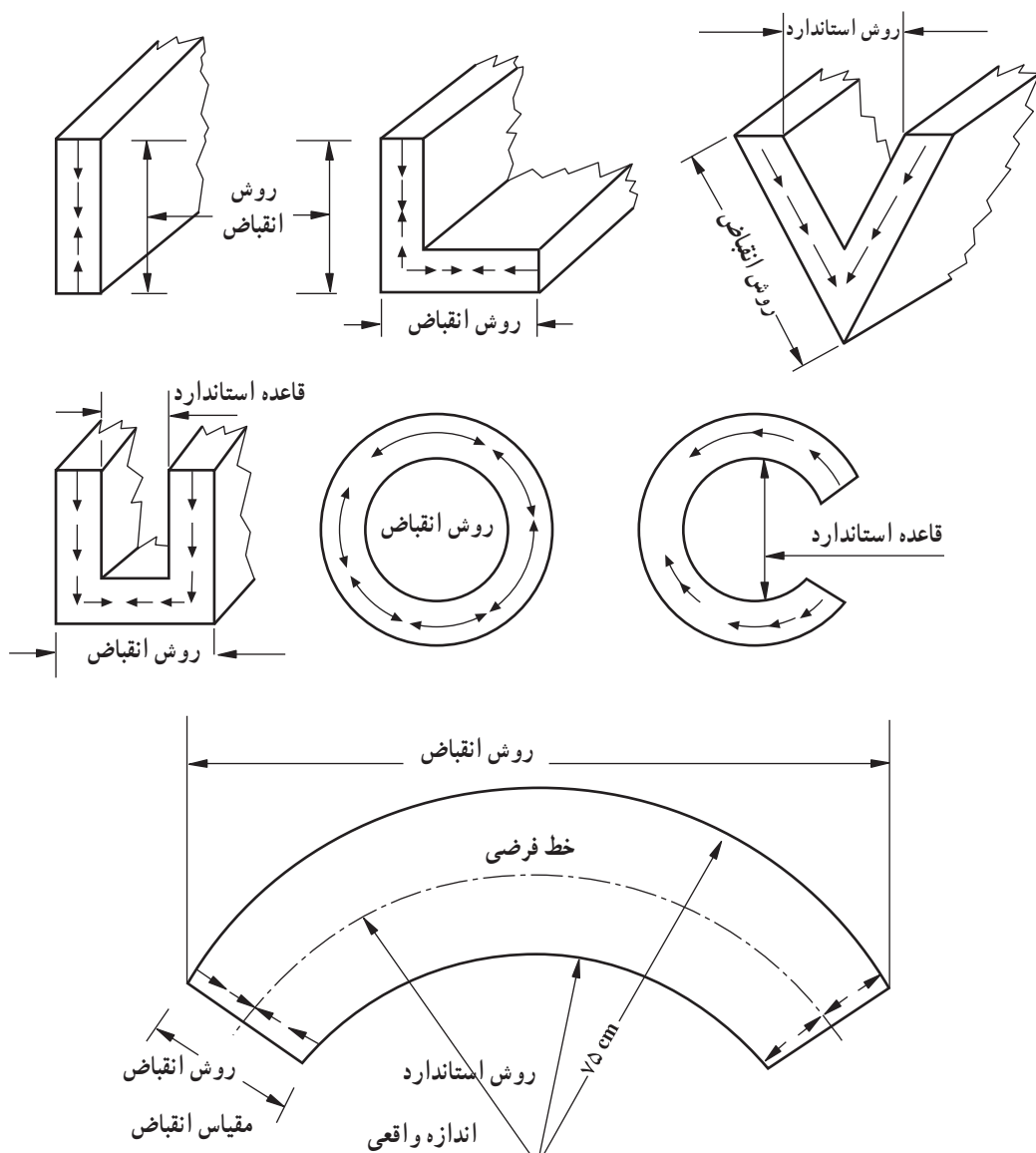
با توجه به این که همواره خارج نمودن مدل از ماسه (قالب) آسان‌تر از عکس این عمل می‌باشد، لذا شیب قسمت‌هایی از مدل که در لنگه‌ی زیرین قرار می‌گیرند کمتر از شیب قطعه‌هایی است که در لنگه رویی مستقر می‌شوند. همچنین مقدار شیب در سطح‌های داخلی بیشتر از سطح‌های خارجی است. مقدار شیب مجاز برای مدل‌هایی که فقط در لنگه زیرین قرار می‌گیرند معمولاً حدود ۲ درصد بوده و مقدار این شیب برای قسمت‌هایی از مدل که در لنگه بالایی قرار دارند تا حدود ۴ درصد افزایش می‌یابد. میزان شیب در سطح‌های داخلی بیشتر از سطح‌های خارجی بوده و گاهی به حدود ۶ درصد نیز می‌رسد.

هر چند انتخاب نوع شیب و مقدار آن به عهده‌ی طراح و مدلساز می‌باشد ولی در هر حال، نباید به دقت و شکل قطعه، لطمه‌ای وارد سازد. معمولاً شیب براساس شکل و اندازه قطعه ممکن است به سه نوع اضافی، میانی و نقصانی تقسیم گردد که شرح آن در کتاب تکنولوژی مدلسازی آمده است.

۴-۳-۵- اختلاف مجاز (تلرانس): میزان اختلاف موجود بین اندازه‌های مدل ساخته شده و نقشه‌ی آن را اختلاف مجاز گویند، به گونه‌ای که این مقدار از حد معینی تجاوز نکرده و به درستی ابعاد قطعه ریختگی لطمه نزنند.

۵-۳-۵ خطای مجاز: طرح بعضی از قطعه‌های ریختگی به گونه‌ای است که پس از

ریخته‌گری، در اثر انقباض از اندازه اصلی خود خارج می‌شوند. در چنین مواردی مدل با کمی خطا ساخته می‌شود تا اندازه قطعه ریختگی درست به دست آید. خطای مجاز را استثنائات انقباض نیز می‌نامند. به عنوان مثال تعیین مقدار انقباض در قطعات شکل (۱۱-۵) به روش معمولی انجام نمی‌شود؛ برای روشن‌تر شدن موضوع چند نوع آن به شرح زیر توضیح داده می‌شود:



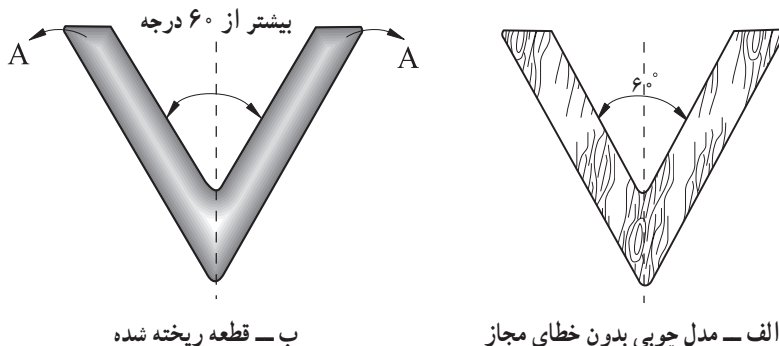
شکل ۱۱-۵ - نمونه‌هایی از خطای مجاز در مدل‌سازی

— تعیین مقدار انقباض در قطعات V شکل: در نقشه مدلسازی زاویه داخلی مدل، در حد مجاز کوچک تر (تنگ تر) از اندازه اصلی قطعه در نظر گرفته می شود. پس از ساخته شدن مدل و پایان مراحل قالب گیری و ریخته گری، اندازه زاویه داخلی قطعه به حالت اول برمی گردد (شکل ۵-۱۲).



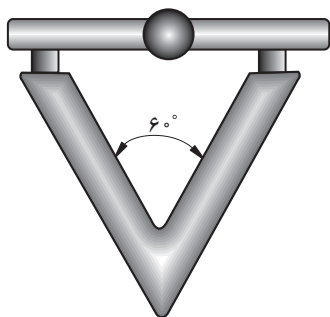
شکل ۵-۱۲

توجه: چنانچه اندازه زاویه داخلی مدل برابر اندازه زاویه داخلی نقشه مکانیکی در نظر گرفته شود، زاویه داخلی قطعه ریخته شده از اندازه خواسته شده خارج شده و بزرگ تر می شود (شکل ۵-۱۳).

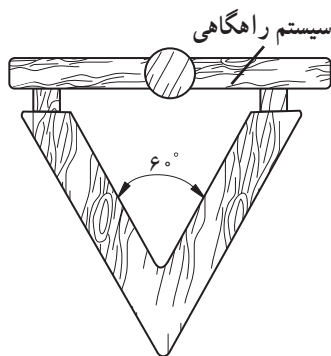


شکل ۵-۱۳

همان طوری که در شکل مشاهده می شود یال های قطعه، هنگام ریخته گری و پس از سرد شدن قطعه در جهت A تغییر اندازه می دهد و باعث بزرگ تر شدن زاویه داخلی قطعه می شود که آن را اصطلاحاً فرار یال ها و یا حرکت قسمت های باز قطعه پس از سرد شدن می نامند. مقدار اندازه فرار یال ها بسته به بزرگی و کوچکی قطعه ریختگی متفاوت است، که از فرمول یا جداول مخصوص به دست می آید. چنانچه مجاز به ایجاد سیستم راهگاهی در قسمت یال قطعه باشند، این سیستم، نقش حایل (نگه دارنده) پیدا می کند و مانع از فرار یال ها می شود. در این حالت مدلساز مجاز است انقباض فلز را به طور معمولی محاسبه نماید (شکل ۵-۱۴).



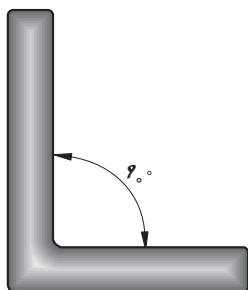
ب — قطعه ریخته شده با سیستم راهگاهی



الف — مدل چوبی با سیستم راهگاهی

شکل ۱۴-۵

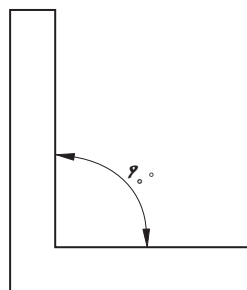
— تعیین مقدار انقباض در قطعات L شکل: زاویه داخلی قطعه کمتر از 90° درجه در نظر گرفته می‌شود. (طبق فرمول یا جدول) کسری اندازه باید به گونه‌ای محاسبه شود که پس از ریخته شدن قطعه، اندازه داخلی آن مجدداً به حالت 90° درجه برگردد (شکل ۱۵-۵).



ج — قطعه ریخته شده

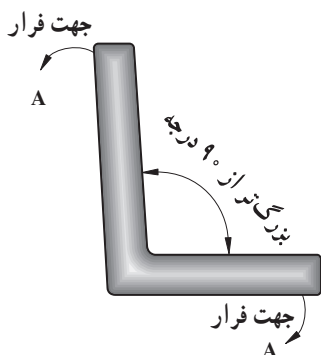


ب — مدل چوبی با خطای مجاز

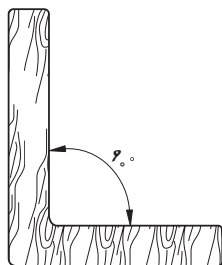


الف — نقشه مکانیکی

شکل ۱۵-۵



ب — قطعه ریخته شده معیوب

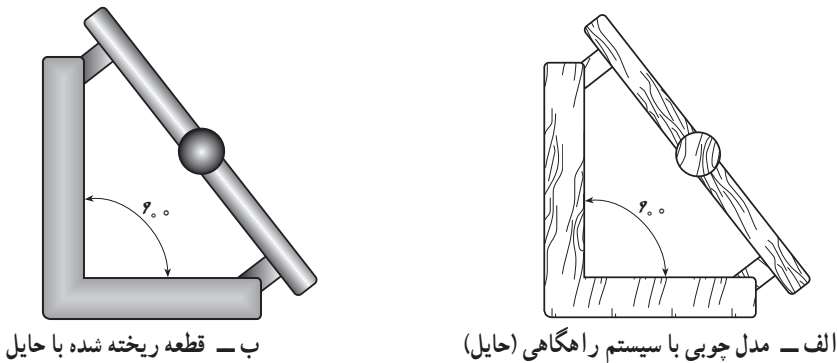


الف — مدل چوبی بدون خطای مجاز

شکل ۱۶-۵

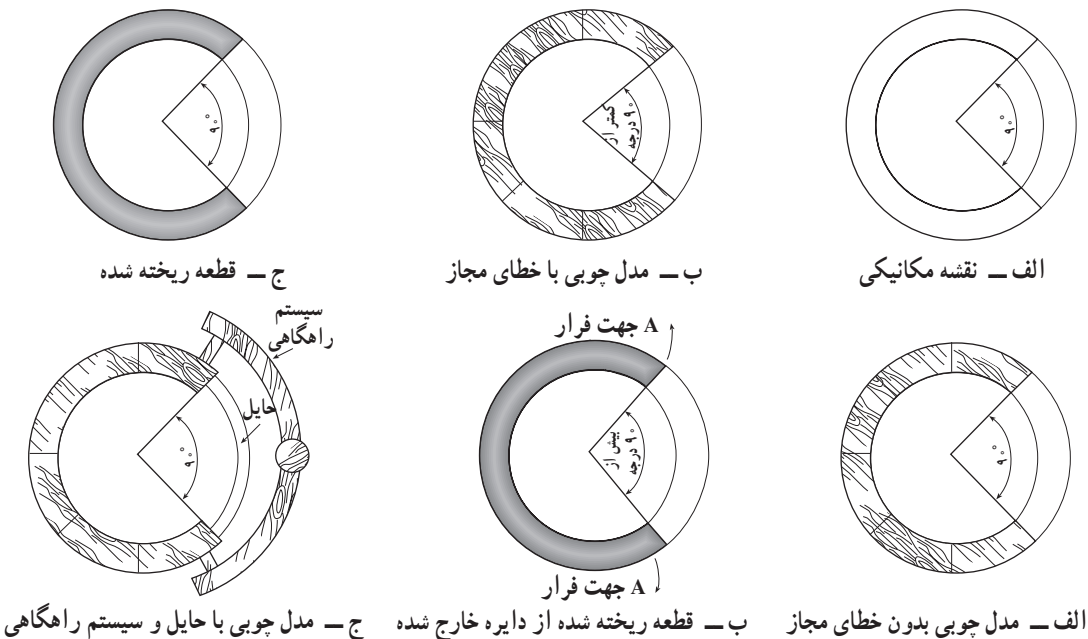
توجه: اگر اندازه زاویه داخلی مدل برابر زاویه داخلی نقشه مکانیکی در نظر گرفته شود و از هیچگونه حایلی استفاده نگردد پس از ریخته شدن قطعه اندازه زاویه داخلی آن بزرگ‌تر از اندازه زاویه داخلی مدل می‌شود (شکل ۱۶-۵).

در صورت استفاده از سیستم راهگاهی و یا حایل نیازی به محاسبه انقباض با خطای مجاز نمی‌باشد و مدل به روش معمولی محاسبه و ساخته می‌شود (شکل ۱۷-۵).



شکل ۱۷-۵

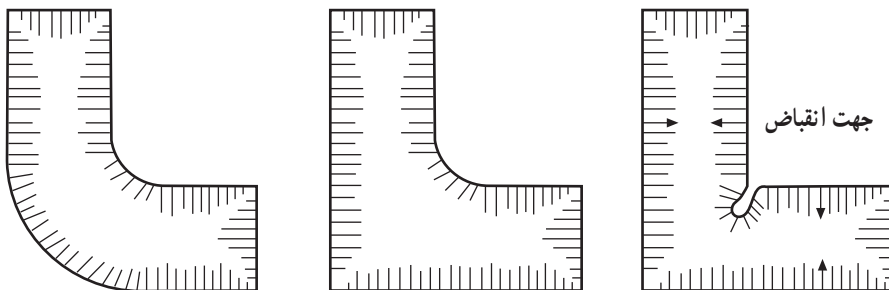
— تعیین مقدار انقباض در قطعات C شکل: قطعاتی که دایره‌ای شکل هستند، اما به صورت دوران کامل ریخته‌گری نمی‌شوند اصطلاحاً C شکل نامیده می‌شوند. محاسبه انقباض با خطای مجاز در این گونه قطعات به‌ویژه قطعات بزرگ آن قابل اهمیت است و چنانچه برای این گونه قطعات محاسبات با خطای مجاز انجام نشود و یا از حایل‌ها استفاده نگردد، به‌طور یقین پس از سرد شدن قطعه اندازه آن از دایره خارج شود و قطعه بلا استفاده می‌شود (شکل ۱۸-۵).



شکل ۱۸-۵

حالت دیگر از اعمال خطای مجاز در طرح مدل، تبدیل گوشه‌های تیز به گوشه‌های گرد در طراحی و ساخت مدل می‌باشد تا با این عمل، از ایجاد ترک‌های ناشی از انقباض نامناسب در گوشه‌های تیز جلوگیری گردد (شکل ۱۹-۵).

قابل ذکر است که این تغییر طرح در مدل بایستی به صورت اضافه‌ها در نظر گرفته شود.



ج - طرح درست

ب - طرح نادرست
(ایجاد ترک در گوشه خارجی)

الف - طرح نادرست
(ایجاد ترک در گوشه داخلی)

شکل ۱۹-۵ - تبدیل گوشه‌های تیز به گوشه‌های گرد برای جلوگیری از تنش و ترک

۴-۵ - رنگ مدل

به منظور محافظت مدل در مقابل عواملی همچون جذب رطوبت و جلوگیری از چسبیدن ذرات ماسه از یک سو و آگاهی از جنس قطعه ریختگی و نیز شناسایی قسمت‌های مختلف مدل، از سوی دیگر، آن را رنگ می‌زنند. در صنعت، استانداردهای مختلفی برای رنگ مدل وجود دارند که یکی از آن‌ها به این شرح است:

الف - رنگ قهوه‌ای روشن (لاک‌الکل) برای نشان دادن سطح‌های جانبی اجسام ریخته شده که به ماشین‌کاری نیاز ندارند، به کار می‌رود.

ب - رنگ قرمز برای نشان دادن سطح‌هایی که ماشین‌کاری می‌شوند.

ج - رنگ نقره‌ای برای نشان دادن قطعه‌های آزاد و قطعه‌های اضافی در مدل و یا جعبه ماهیچه به کار می‌رود.

د - رنگ سیاه برای نشان دادن تکیه‌گاه‌های ماهیچه و به خصوص در مدل‌های دوتکه‌ای برای مشخص نمودن محل ماهیچه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

و - رنگ سبز به منظور نشان دادن بست‌های نگاه‌دارنده و سایر قطعه‌هایی که برای استحکام دو قطعه تعبیه شده‌اند به کار می‌رود.

۵-۵- نگاه‌داری مدل

با توجه به این که ساخت مدل با صرف وقت و هزینه همراه بوده و به عنوان یک مبنای اصلی در ریخته‌گری قطعه‌ها می‌باشد، لذا بایستی به خوبی و با دقت زیاد از آن نگاه‌داری گردد. به همین منظور، نگاه‌داری مدل در محلی مخصوص (خشک و با درجه حرارت ثابت) امری لازم و ضروری است. در کارگاه‌های مدلسازی، معمولاً برای هر مدل شناسنامه‌ای در نظر گرفته می‌شود که در این شناسنامه، علاوه بر نام، اعداد و حروفی نیز برای مشخص نمودن مدل به کار می‌رود. این عدد نشان دهنده‌ی سالی است که مدل ساخته شده است.

شناسنامه هر مدل شامل مواردی بدین شرح می‌باشد :

الف - مشخصات ساخت (تاریخ شروع و خاتمه ساخت مدل).

ب - مشخصات مدل (نام مدل، حروف و رقم‌های مشخص‌کننده و نام قطعه‌های ضمیمه).

ج - مشخصات جعبه ماهیچه (شماره، تعداد تکه‌ها).

علاوه بر نکات ذکر شده، تعداد دفعاتی که مدل به کارگاه ریخته‌گری فرستاده شده و برمی‌گردد، در کارتی دیگر ثبت شده و این کارت نیز به شناسنامه مدل ضمیمه می‌شود و در بایگانی نگاه‌داری می‌گردد. نمونه‌ای از این کارت‌ها در شکل (۲۰-۵) نشان داده شده است.

نام مدل	تاریخ خروج
شماره مدل	تعداد قطعه‌های مورد نیاز
ردیف مدل	تعداد دفعه‌های قالب‌گیری
ردیف جعبه ماهیچه	تاریخ برگشت

شکل ۲۰-۵ - نمونه‌ای از کارت شناسایی یک مدل

پرسش‌ها

- ۱- مدل را تعریف نموده و اهمیت آن را در صنعت ریخته‌گری به اختصار توضیح دهید.
- ۲- انواع تقسیم‌بندی مدل کدامند؟ نام ببرید.
- ۳- مواد مصرفی در ساخت مدل‌ها بایستی دارای چه ویژگی‌های عمومی باشند؟
- ۴- در انتخاب جنس یک مدل، به چه نکات اساسی بایستی توجه گردد؟
- ۵- مواد متداول در ساخت مدل‌ها را نام ببرید و ویژگی‌های هر یک را به اختصار توضیح

دهید.

- ۶- انواع مدل را براساس شکل ظاهری آن‌ها نام ببرید.
- ۷- ویژگی‌های مدل‌های یک تکه و دو تکه را با یکدیگر مقایسه نمایید.
- ۸- در چه مواردی از مدل‌های صفحه‌ای استفاده می‌گردد؟ انواع این مدل‌ها را ذکر نمایید.
- ۹- مدل‌های مخصوص به چه مدل‌هایی گفته می‌شود؟ موارد استفاده آن‌ها را به اختصار

توضیح دهید.

- ۱۰- منظور از اضافه مجاز انقباضی در مدل چیست؟ میزان این اضافه مجاز به چه عواملی

بستگی دارد؟

- ۱۱- شیب مجاز در مدل چیست و مقدار آن به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۱۲- خطای مجاز در مدلسازی چیست؟ ضمن یک مثال توضیح دهید.
- ۱۳- رنگ زدن مدل‌ها به چه منظوری انجام می‌شود؟ توضیح دهید.

روش های ریخته‌گری (۱)

ریخته‌گری در قالب‌های موقت

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود پس از پایان این فصل بتواند :

- ۱- روش‌های ساخت و ریخته‌گری انواع قالب‌های موقت را توضیح دهد.
- ۲- مزایا و محدودیت‌های روش‌های ریخته‌گری در قالب‌های موقت را شرح دهد.

۱-۶- مقدمه

فراآیندهای ریخته‌گری متنوع بوده و متناسب با نحوه‌ی کاربرد تقسیم‌بندی‌های مختلف در آن‌ها صورت گرفته است. به‌طور کلی در یک نوع تقسیم بندی کلاسیک می‌توان روش‌های ریخته‌گری را به دو گروه اصلی تقسیم نمود.

الف - ریخته‌گری در قالب‌های موقت که در این روش قالب یک بار استفاده می‌شود و پس از هر بار ریخته‌گری بایستی قالبی نو ساخته شود.

ب - ریخته‌گری در قالب‌های دائم که قالب در آن به‌طور مکرر و برای تولید انبوه قطعه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این فصل و فصل بعدی این دو گروه، روش‌های ریخته‌گری مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۶- ریخته‌گری در قالب‌های ماسه‌ای تر

در میان روش‌های ریخته‌گری در قالب‌های موقت، ریخته‌گری در قالب‌های ماسه‌ای تر بیشترین کاربرد را دارد. اجزای تشکیل‌دهنده این قالب‌ها عبارتند از: ماسه، چسب، آب و دیگر افزودنی‌های لازم. (اصطلاح ماسه‌ی تر به این مفهوم است که قالب دارای رطوبت می‌باشد.) کلیه آلیاژهای آهنی

و غیرآهنی را می‌توان توسط این روش تولید نمود.

۱-۲-۶- مزایا و محدودیت‌ها : فرآیند ریخته‌گری در قالب ماسه‌ی تر برای تولید قطعه‌های مختلف و متنوع به کار می‌رود. این روش در مقایسه با سایر روش‌های ریخته‌گری دارای مزیت‌ها و محدودیت‌هایی است که اهم آن‌ها از این قرارند :

مزیت‌ها

- ۱- پایین بودن هزینه ساخت قالب نسبت به روش‌های دیگر.
- ۲- در این روش به عملیات خشک کردن عمقی نیاز نبوده لذا نسبت به روش‌های ماسه خشک پیچیدگی قالب کمتر اتفاق می‌افتد.
- ۳- در این روش قابلیت انعطاف زیاد است.
- ۴- در این روش امکان تولید قطعه‌های نسبتاً بزرگ وجود دارد.
- ۵- در صورت استفاده از مدل‌های صفحه‌ای دقت ابعادی نسبتاً خوب است.
- ۶- نسبت به سایر روش‌ها، عیب ترک خوردن در قالب کمتر است.
- ۷- تولید قطعه‌ها در تعداد کم یا زیاد امکان‌پذیر می‌باشد.
- ۸- امکان تولید قطعه‌های پیچیده، که توسط روش‌های دیگر امکان‌پذیر نمی‌باشد.
- ۹- در بسیاری از موارد نسبت به روش‌های دیگر اقتصادی‌تر می‌باشد.

محدودیت‌ها

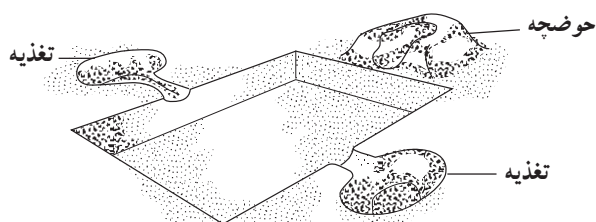
- ۱- کنترل ماسه نسبت به روش ماسه‌ی خشک از حساسیت بیشتری برخوردار است.
 - ۲- صافی سطح در این روش نسبت به روش‌های دیگر کمتر است.
 - ۳- برآمدگی‌های نازک و طویل توسط مذاب شسته می‌شود.
 - ۴- در این روش استحکام قالب جهت تولید قطعه‌های بسیار بزرگ کافی نمی‌باشد.
 - ۵- در این روش عیب‌های سطحی قطعه‌های ریخته‌گری زیاد است.
 - ۶- با افزایش وزن قطعه‌های ریخته‌گری دقت ابعادی کاهش می‌یابد.
- ۲-۲-۶- روش‌های قالب‌گیری با ماسه‌ی تر : معمولاً روش‌های قالب‌گیری با ماسه‌ی تر به دو گروه روش‌های دستی و روش‌های ماشینی تقسیم می‌شود :

الف - روش‌های قالب‌گیری دستی

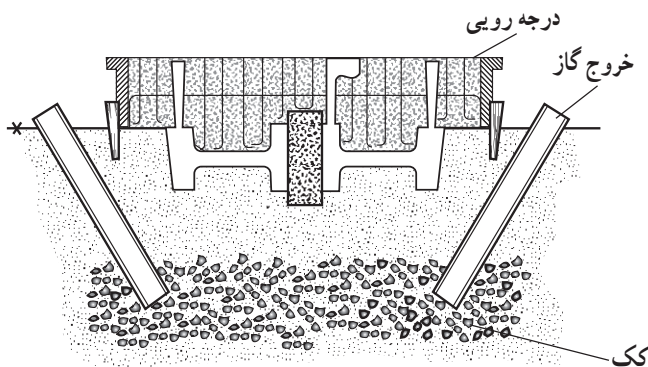
تعریف: در این روش کلیه مراحل قالب‌گیری که عبارتند از کوبیدن ماسه، خارج کردن مدل و تخلیه‌ی قالب تماماً توسط دست انجام می‌شود.

ویژگی‌ها: این روش عموماً برای ساخت قطعه‌ها با تعداد محدود به کار می‌رود و نسبت به سایر فرآیندها نیاز به امکانات کمتری دارد. در کارگاه‌های ریخته‌گری بهترین کاربرد را دارد. از طرف دیگر تولید انبوه به این روش اقتصادی نبوده و دقت ابعادی در آن کم است.

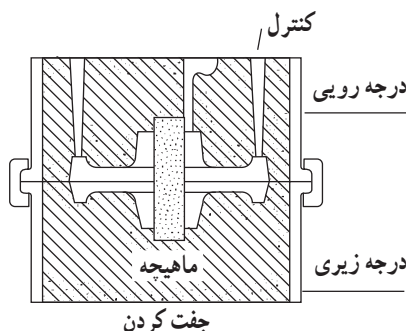
تقسیم بندی: قالب‌گیری دستی به چند روش تقسیم می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: قالب‌گیری روباز (شکل ۶-۱)، قالب‌گیری یک درجه‌ای (یک تا زمین)، (شکل ۶-۲)، قالب‌گیری دو درجه‌ای (شکل ۶-۳)، سه درجه‌ای (شکل ۶-۴)، چند درجه‌ای، قالب‌گیری شابلونی (شکل ۶-۵)، قالب‌گیری با مدل اسکلتی (شکل ۶-۶).



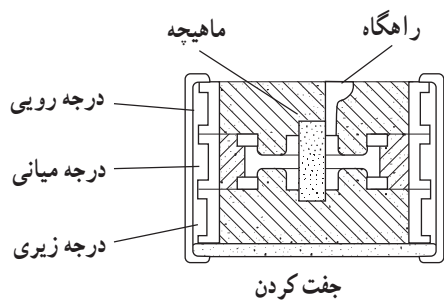
شکل ۶-۱- قالب‌گیری روباز



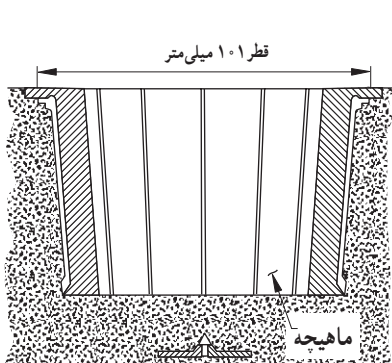
شکل ۶-۲- قالب‌گیری یک درجه‌ای (یک تا زمین)



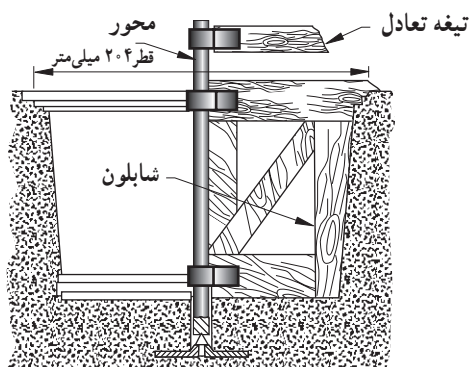
شکل ۶-۳- قالب‌گیری دو درجه‌ای



شکل ۴-۶- قالب‌گیری سه درجه‌ای

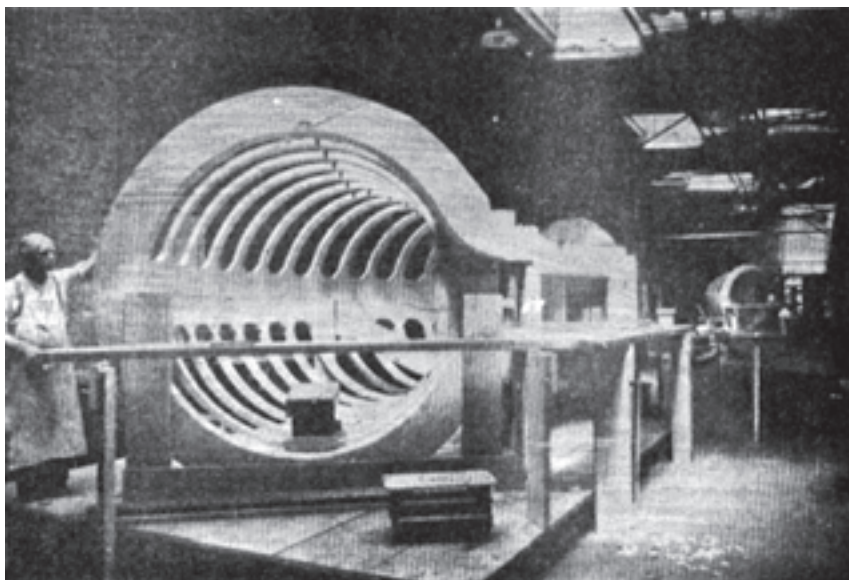


ب- ماهیچه‌گذاری و ریخته‌گری



الف- قالب‌گیری شابلونی

شکل ۵-۶- قالب‌گیری شابلونی



شکل ۶-۶- قالب‌گیری با استفاده از مدل اسکلتی برای تولید قطعات بزرگ

ب - روش های قالب گیری ماشینی

تعریف: در این روش کلیه مراحل قالب گیری که عبارتند از، کوبیدن ماسه، خارج کردن مدل و تخلیه قالب تماماً، یا قسمتی از آن توسط ماشین انجام می شود.

اهداف: اصولاً قالب گیری دستی یک روش قدیمی بوده و سرعت تولید در آن پایین است. از طرف دیگر تولید قطعات یکنواخت به صورت تولید انبوه به این روش امکان پذیر نبوده و کیفیت قطعه بستگی زیادی به مهارت کارگر دارد. استفاده از روش های ماشینی می تواند تا حدودی عیب های فوق را برطرف نماید.

به طور کلی می توان گفت هدف اصلی قالب گیری ماشینی، متراکم کردن ماسه ی قالب گیری به طور یکنواخت با سختی مورد نظر و سرعت زیاد می باشد.

روش کار: اساس کار قالب گیری ماشینی از این قرار است :

– فشردن ماسه در داخل درجه و اطراف مدل به وسیله نیروهای ضربه ای، فشاری، ارتعاشی، پرتابی و یا ترکیب هم زمان چند نیرو.

– لق کردن مدل توسط سیستم های ارتعاشی.

– خارج کردن مدل.

– برگرداندن و چرخاندن درجه ها.

ماشین های قالب گیری دارای طرح های مختلف هستند و با توجه به نحوه عمل کوبیدن و فشردن ماسه در قالب، لق کردن و خارج کردن مدل از قالب، مکانیزم چرخاندن درجه ها متفاوت می باشند.

انواع ماشین های قالب گیری عبارتند از : ماشین های قالب گیری ضربه ای ساده، فشاری ساده، ضربه ای - فشاری و ماسه بران.

ماشین های قالب گیری ضربه ای ساده: در شکل (۷-۶) یک نوع از این ماشین ها نشان داده شده است. در این ماشین ها مدل صفحه ای روی صفحه ی میز ماشین محکم می شود. آن گاه روی این صفحه یک لنگه درجه قرار می گیرد سپس درجه کاملاً از ماسه پر می شود. شیر متصل به هوای فشرده باز شده و با فشار زیاد پیستون را همراه با صفحه ی میز و مدل و درجه چند سانتی متر به بالا می برد. در ارتفاع معینی راه هوای متراکم به خارج باز می شود. پیستون همراه با میز، صفحه مدل، درجه و ماسه ی داخل آن تحت تأثیر نیروی وزن به پایین برمی گردد. این عملیات چندین بار و با سرعت زیاد تکرار می شود تا ماسه به اندازه ی کافی در اطراف مدل فشرده و متراکم شود. در پایان

یک سیستم ارتعاشی مدل را از ماسه آزاد می‌کند و بین‌های خارج‌کننده، درجه همراه با ماسه را از سطح مدل خارج می‌کنند. اصولاً فشردن و متراکم کردن ماسه در این گونه ماشین‌ها توسط نیروی جنبشی انجام می‌شود. فشردگی ماسه در اطراف مدل نسبت به روش‌های دستی بیشتر است.

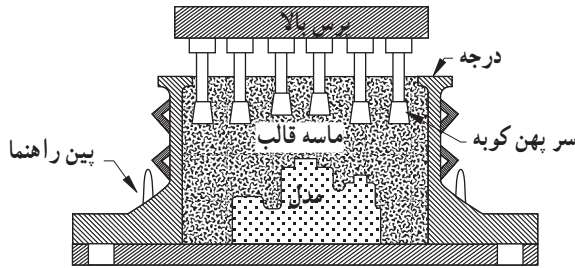


شکل ۶-۷- ماشین قالب‌گیری ضربه‌ای

در این روش تولید قالب به تعداد انبوه و به صورت یکنواخت و تکرارپذیر صورت می‌گیرد. نکته قابل توجه در این نوع ماشین‌ها این است که به دلیل این که فشردگی ماسه فقط به وسیله نیروی وزن خود ماسه انجام می‌شود، لذا در قسمت‌های پایین فشردگی نسبت به قسمت‌های بالا بیشتر است و سختی ماسه از پایین به بالا کاهش می‌یابد.

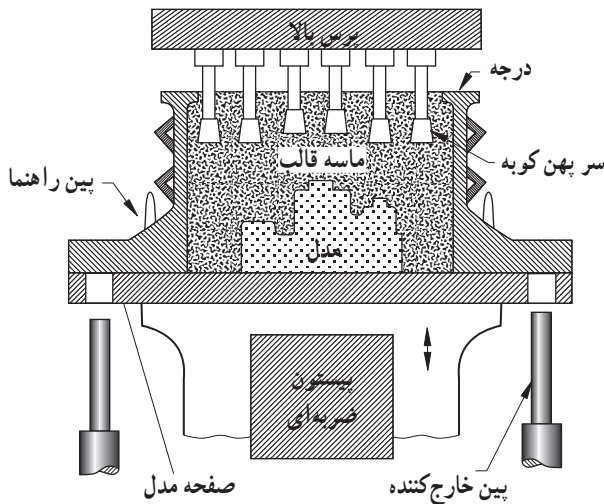
ماشین‌های قالب‌گیری فشاری: شکل (۸-۶) به طور شماتیک طرز کار این ماشین را نشان می‌دهد. روش کار در این نوع ماشین همانند ماشین‌های ضربه‌ای بوده با این تفاوت که به جای استفاده از سیستم ضربه در صفحه‌ی پایین، از سیستم فشار در صفحه‌ی بالا استفاده می‌شود. به این ترتیب که پس از پرسیدن درجه از ماسه توسط پرس فشاری مطابق شکل، ماسه در اطراف مدل فشرده می‌شود. چنانچه فرض می‌شد که ماسه حالت کاملاً سیالی داشته باشد (خشک باشد) در این صورت فشار به تمام نقاط درجه و سطح‌های مدل به صورت یکنواخت توزیع می‌گردید ولی با توجه به این که ماسه‌ی قالب‌گیری از مخلوط ذرات ماسه و چسب و آب تشکیل یافته است لذا قادر نیست انرژی دریافت شده را به صورت مساوی و یکنواخت به تمام قسمت‌های درجه منتقل نماید در نتیجه در قسمت‌های کناری مدل و نزدیک صفحه مدل فشردگی ماسه کم بوده و برعکس در قسمت‌های سطح قالب، فشردگی بیشتر می‌باشد. به هر حال ماشین‌های فشاری ساده معمولاً برای قالب‌گیری قطعه‌های

کم ارتفاع و یکنواخت به کار می رود.



شکل ۸-۶- قسمتی از یک ماشین قالب گیری فشاری

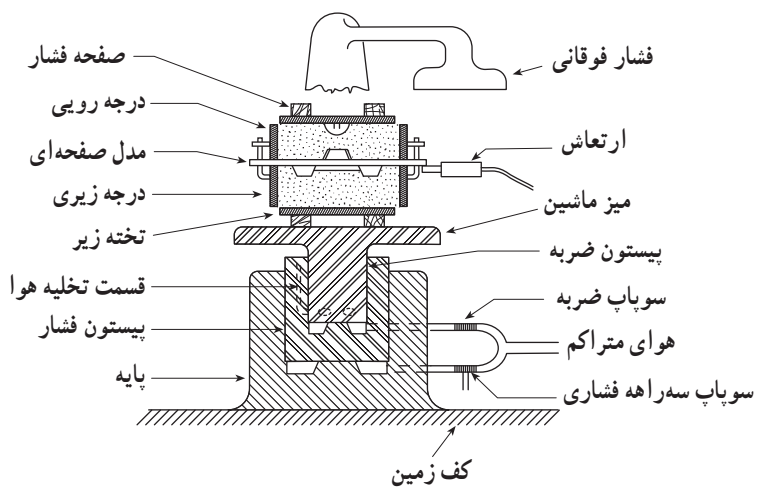
ماشین های قالب گیری ضربه ای - فشاری: تجهیزات و ضمایم مدل و صفحه و درجه در این نوع ماشین کاملاً شبیه ماشین های قالب گیری ضربه ای است، با این تفاوت که پس از عملیات فشردن ماسه به طریق ضربه ای یک سیستم فشاری همانند ماشین های فشاری مورد استفاده قرار می گیرد. به این ترتیب معایبی که در هر کدام از ماشین های ضربه ای و فشاری وجود دارد برطرف شده و با ترکیب دو مکانیزم ضربه ای و فشاری می توان استحکام و سختی یکنواختی را در تمام قسمت های قالب و مجاور مدل ایجاد نمود. شکل های (۹-۶ و ۹-۷) دو نوع ماشین ضربه ای و فشاری را نشان می دهد. سرعت تولید در این نوع ماشین ها بالا بوده و به ۳۰۰ قالب در ساعت می رسد این نوع ماشین ها در اندازه های مختلف ساخته شده است.



شکل ۹-۶- قسمتی از یک ماشین ضربه ای - فشاری



(الف)



(ب)

ب - شکل شماتیک

الف - تصویر واقعی

شکل ۱۰-۶ - ماشین ضربه‌ای فشاری

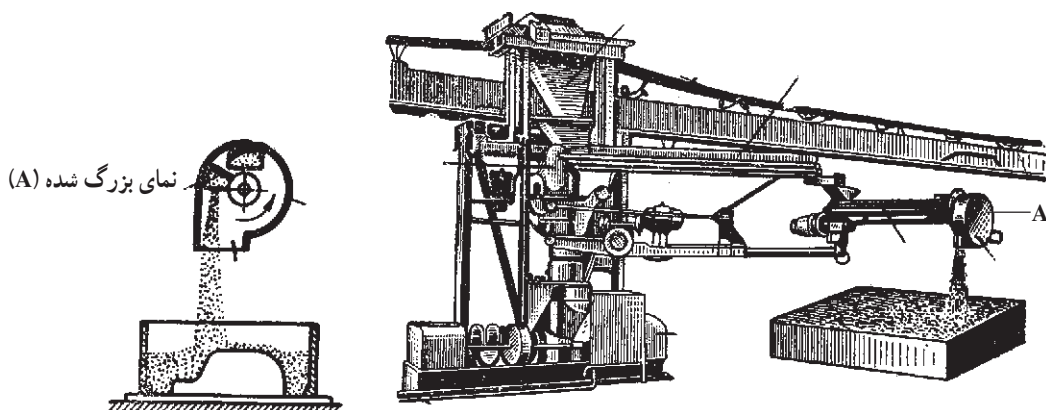
ماشین ماسه پرتاب‌کن: در این نوع ماشین ماسه به وسیله دستگاه ماسه پرتاب‌کن با سرعت زیاد داخل درجه در اطراف مدل فشرده می‌شود. شدت پرتاب ماسه گاه به 30° هزار سانتی‌متر مکعب در دقیقه می‌رسد و چنین شدتی باعث فشردگی زیاد ماسه می‌شود. در این فرآیند ماسه به وسیله نقاله به دستگاه پرتاب‌کن با قطر محفظه ۵ الی ۵۵ سانتی‌متر و پره‌هایی به اندازه 10° تا 15° سانتی‌متر منتقل می‌شود و با سرعت زیاد به طرف درجه پرتاب می‌شود. این ماشین‌ها معمولاً دو نوع هستند، ثابت برای تولید با حجم زیاد و متحرک برای قطعه‌های کوچک (شکل ۱۱-۶). نوع متحرک این ماشین‌ها روی ریل حرکت می‌کنند. اصولاً ماشین‌های ماسه پرتاب‌کن برای تولید قطعه‌های متوسط و بزرگ به کار می‌رود. عمل خارج کردن مدل از ماسه توسط جرثقیل انجام می‌شود.



(ب)



(الف)



(ج)

شکل ۱۱-۶- ماشین قالب‌گیری ماسه پرتاب‌کن
الف - نوع متحرک ب - نوع ثابت ج - شکل شماتیک

۳-۶- ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای خشک

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

۱-۳-۶- قالب‌های خشک شده سطحی

تعریف: قالب‌های خشک شده سطحی قالب‌هایی هستند که فقط لایه‌ای از سطح قالب به عمق کم خشک شده باشد.

قالب‌های بزرگ و قالب‌های یک تا زمین معمولاً به صورت سطحی خشک می‌شوند. در لایه‌ی خشک شده، رطوبت ماسه برای مدت معینی گرفته می‌شود و چنان‌چه قالب برای مدت طولانی بدون استفاده باقی بماند و بار ریزی انجام نشود، لایه خشک شده قالب رطوبت را به تدریج از قسمت‌های عمیق‌تر جذب می‌نماید، لذا توصیه می‌شود در این روش عملیات بار ریزی بلافاصله پس از خشک کردن قالب انجام شود تا از نفوذ مجدد رطوبت جلوگیری گردد.

در این روش، معمولاً قالب‌ها توسط مشعل خشک می‌شوند و عمق لایه‌ی خشک شده کمتر از ۱۲ میلی‌متر می‌باشد.

۲-۳-۶- قالب‌های ماسه‌ای کاملاً خشک

تعریف: قالب‌های ماسه‌ای کاملاً خشک که به آن اختصاراً «قالب‌های خشک» نیز گفته می‌شود، به قالبی اطلاق می‌گردد که حداقل عمق ماسه‌ی خشک شده‌ی آن از ۱۲ میلی‌متر بیشتر باشد و عموماً این قالب‌ها کاملاً خشک شده و عاری از رطوبت می‌باشند.

ویژگی‌ها: در این روش اصولاً قالب‌ها با همان شرایط روش ماسه‌ای تر تهیه می‌شوند و سپس در کوره‌های مخصوص در درجه‌ی حرارت 15°C تا 37°C به مدت ۸ تا ۴۸ ساعت خشک می‌شوند. زمان و درجه‌ی حرارت خشک کردن بستگی به چسب، رطوبت قالب و نیز عمق لایه خشک شده دارد. با کمک این روش می‌توان قطعه‌های ریخته‌گری متوسط تا بزرگ نظیر غلتک‌های بزرگ، چرخ‌دنده‌ها و پوسته‌ی قطعات بزرگ ماشین را تولید نمود.

مزیت‌ها: مهم‌ترین مزیت‌های فرآیند ریخته‌گری در قالب‌های ماسه‌ای خشک عبارتند از:

۱- استحکام قالب نسبت به روش ماسه‌ای تر بیشتر بوده و بنابراین در موقع حمل و نقل کمتر آسیب می‌بیند.

۲- نسبت به روش ماسه‌ای تر قطعه‌ها از دقت ابعادی بهتری برخوردار می‌باشند.

۳- سطح تمام شده‌ی قطعه‌های ریختگی به‌ویژه هنگامی که قالب پوشش داده می‌شود بهتر است.

۴- عیب‌هایی مانند مک‌های سطحی و چسبیدن ذرات ماسه به سطح قطعه‌ها کمتر مشاهده می‌شود.

محدودیت‌ها و عیب‌ها: این روش دارای محدودیت‌ها و عیب‌هایی است که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- ۱- به دلیل نیاز به کوره‌های خشک‌کن، تجهیزات و لوازم بیشتری مورد لزوم است.
- ۲- برای تولید تعداد معینی قطعه به دلیل این که سیکل عملیات طولانی‌تر است، نسبت به روش ماسه‌ی تر به درجه و تجهیزات بیشتری نیاز است.
- ۳- سرعت تولید در این روش کم است.
- ۴- سرعت انجماد این روش نسبت به روش ماسه‌ی تر کمتر می‌باشد.

۴-۶- ریخته‌گری در قالب‌های CO_2 (دی اکسید کربن)

در فرآیند دی اکسید کربن، به جای استفاده از خاک (بنتونیت، ...) به عنوان چسب از سیلیکات سدیم استفاده شده و قالب و ماهیچه را توسط گاز CO_2 خشک و مستحکم می‌نمایند.

۱-۴-۶- ویژگی‌ها: توسط این روش می‌توان قالب یا ماهیچه را با سرعت زیاد و در عرض چند دقیقه تولید نمود. قالب‌ها از استحکام بالایی برخوردار بوده و نیازی به خشک کردن ندارند. بیشتر قطعه‌هایی که در روش‌های دیگر به تجهیزات و درجه‌های مخصوص نیاز دارند، به منظور حذف این تجهیزات با این روش تولید می‌شوند. استحکام نسبتاً بالای این روش، این امکان را به وجود می‌آورد تا در برخی موارد بتوان حتی قالب‌های بدون درجه و پشت‌بند تهیه و استفاده نمود. در این صورت در مواردی که خط جدایش قالب افقی باشد با بهره‌گیری از وزنه‌ی روی قالب و در صورتی که خط جدایش قائم باشد با استفاده از گیره، دو نیمه‌ی قالب را به هم محکم نموده و عملیات بار ریزی انجام می‌گیرد.

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

۲-۴-۶- روش کار: مراحل تهیه قالب به روش CO_2 به این شرح است:

الف - ماسه‌ی خشک (ماسه‌ی سیلیسی) و چسب سیلیکات سدیم (آب شیشه) به نسبت معین توسط مخلوط کن کاملاً مخلوط می‌شوند.

ب - با استفاده از مخلوط تهیه شده، قالب یا ماهیچه با استحکام کم تهیه می‌شود.

ج - توسط دمیدن گاز دی‌اکسید کربن قالب‌ها کاملاً مستحکم می‌شوند به گونه‌ای که استحکام خشک قالب به حدود 20°PSI می‌رسد.

عملیات فوق را می‌توان توسط روش‌های دستی و یا کاملاً ماشینی انجام داد. در ادامه‌ی این فصل جزئیات عملیات فوق مورد بررسی قرار گرفته می‌شود.

۳-۴-۶- مزیت‌ها و محدودیت‌ها

الف - مزیت‌ها: مهم‌ترین مزیت‌های روش سیلیکات سدیم نسبت به روش‌های دیگر به‌ویژه ماسه‌ی تر از این قرارند:

۱- قالب‌گیری و ماهیچه‌سازی با این روش شبیه عملیات قالب‌گیری و ماهیچه‌گیری به روش ماسه‌ی تر و خشک می‌باشد، لذا با تجهیزات موجود در کارگاه عملی است.

۲- به دلیل بالا بودن استحکام، نیاز به تقویت نمودن قالب (آرماتوربندی و قانجاق‌گذاری) ندارد.

۳- این روش نیاز به تجهیزات گران‌قیمت ندارد. سیلیکات سدیم را توسط دستگاه‌های مخلوط‌کن معمولی با ماسه مخلوط می‌کنند از طرف دیگر دی‌اکسید کربن در دسترس بوده و تجهیزات گازدهی نیز ارزان‌قیمت می‌باشد.

۴- ماهیچه‌ها و قالب‌ها بلافاصله پس از ساخت قابل استفاده می‌باشند و نیازی به خشک کردن ندارند.

۵- فضای لازم کارگاهی حداقل می‌باشد.

۶- هزینه‌های غیرمستقیم کارگری کم است.

۷- دقت ابعادی قالب‌ها و ماهیچه‌ها نسبت به روش‌های دیگر زیاد است.

ب - محدودیت‌ها: مهم‌ترین محدودیت‌ها و عیب‌های این روش عبارتند از:

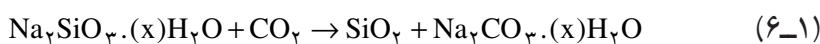
۱- قالب‌ها و ماهیچه‌های مورد نیاز نسبت به روش ماسه‌ی تر گران‌تر است.

۲- عمر مفید مخلوط ماسه و دی‌اکسید کربن نسبت به سایر مخلوط ماسه‌ی قالب و ماهیچه کمتر است.

۳- قالب‌ها و ماهیچه‌های تهیه شده از مخلوط ماسه و سیلیکات سدیم اگر بیش از ۲۴ ساعت انبار شوند به مرور استحکام و کیفیت خود را از دست می‌دهند.

۴- در مقایسه با دیگر ماهیچه‌ها و قالب‌ها، قابلیت از هم پاشیدگی پس از ریخته‌گری آن کمتر است.
 ۴-۴-۶ واکنش سیلیکات سدیم و دی‌اکسیدکربن: سیلیکات سدیم (آب شیشه) به‌صورت مایع غلیظ بوده که توسط مخلوط‌کن‌های معمولی می‌توان آن را به‌طور یکنواخت در اطراف ذرات ماسه پخش نمود. ذرات ماسه‌ی پوشیده شده از سیلیکات سدیم، در داخل درجه و اطراف مدل کوبیده می‌شود (مانند عملیات کوبیدن در روش ماسه‌ی تر). در این حالت مخلوط ماسه از استحکام کمی برخوردار است.

در این مرحله گاز دی‌اکسیدکربن به داخل مخلوط ماسه دمیده می‌شود. این عمل باعث می‌شود استحکام ماسه چندین برابر افزایش یابد. واکنش انجام شده بدین قرار است:



که در آن x می‌تواند ۳، ۴ یا ۵ باشد.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود محصول تولید شده در واکنش ۶-۱ کربنات سدیم هیدراته می‌باشد و به این ترتیب استحکام ماسه افزایش می‌یابد.

نکته مهم در این‌جا این است که شبیه به همین عملیات ممکن است بین مخلوط ماسه و گاز CO_2 موجود در هوا انجام شود البته سرعت فعل و انفعال بسیار کند است. به هر حال همان‌گونه که در قسمت ۳-۴-۶ گفته شد عمر مفید مخلوط ماسه و سیلیکات سدیم کم است چرا که در مدت چند ساعت به تدریج مخلوط ماسه با دی‌اکسیدکربن موجود در محیط واکنش ۶-۱ را انجام داده و مخلوط ماسه خود به خود سخت شده و بلااستفاده می‌گردد.

۵-۴-۶- مخلوط ماسه‌ی قالب‌گیری: مخلوط ماسه‌ی قالب‌گیری و ماهیچه‌سازی در روش سیلیکات سدیم معمولاً شامل ماسه‌ی سیلیسی، سیلیکات سدیم و دو یا چند افزودنی می‌باشد. ماسه: ماسه‌ی مورد استفاده در فرآیند سیلیکات سدیم سیلیس با عدد ریزی حدود ۵۵ تا ۸۵ (AFS) می‌باشد. البته ماسه‌های دیگر مانند ماسه‌ی زیرکنی و اولوینی نیز ممکن است استفاده شود. در مورد مشخصات ماسه‌ی قالب‌گیری در فصل سوم بحث شد در این‌جا به چند نکته‌ی مهم در مورد ماسه‌ی مورد استفاده در روش سیلیکات سدیم اشاره می‌شود.

الف - ماسه‌ی مورد استفاده بایستی همیشه خشک و عاری از رطوبت باشد حداکثر رطوبت مجاز ۲۵/۰ درصد است.

ب - باید ماسه تا حد امکان تمیز باشد چرا که در غیر این‌صورت مصرف چسب (سیلیکات سدیم) افزایش می‌یابد.

ج - ماسه بایستی عاری از ناخالصی‌ها به‌خصوص مواد آهکی باشد؛ زیرا آهک می‌تواند با سیلیکات سدیم واکنش داشته باشد و اثرات آن را کاهش دهد.

د - مانند دیگر فرآیندهای قالب‌گیری و ماهیچه‌سازی با گوشه‌دار شدن ماسه و نیز کاهش اندازه‌ی ماسه، مقدار مصرف چسب (سیلیکات سدیم) افزایش می‌یابد. به عنوان مثال ماسه با عدد ریزی ۵۵ نیاز به ۳ درصد وزنی سیلیکات سدیم دارد در حالی که ماسه‌ای با عدد ریزی ۸۵ (AFS)، ۴/۵ درصد وزنی سیلیکات سدیم نیاز دارد.

سیلیکات سدیم: ترکیب اصلی سیلیکات سدیم که به‌عنوان چسب در روش CO_2 استفاده می‌شود، در فرمول ۲-۶ آمده است.

$$(2-6) \quad 26 \text{ تا } 64 \text{ درصد سیلیس } (\text{SiO}_2) + 17 \text{ تا } 67 \text{ درصد آب } (\text{H}_2\text{O})$$

۷ تا ۲۸ درصد اکسید سدیم (Na_2O)

معمولاً مشخصه‌ی سیلیکات سدیم به‌وسیله‌ی نسبت وزنی سیلیس به اکسید سدیم نشان داده

می‌شود. پرمصرف‌ترین سیلیکات سدیم در محدوده‌ی نسبت‌های وزنی بین $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Na}_2\text{O}} = \frac{1}{2}$ تا

$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Na}_2\text{O}} = \frac{1/2}{2}$ می‌باشد. بیشتر فلزات در برابر خوردگی توسط سیلیکات سدیم مقاوم می‌باشند لذا

به راحتی می‌توان سیلیکات سدیم را در بشکه‌های فولادی نگهداری نمود. در صورت باز بودن سر بشکه، به منظور جلوگیری از ایجاد یک پوسته‌ی ضخیم در سطح سیلیکات سدیم بهتر است یک لایه‌ی فیلم نازک روغنی در سطح ایجاد نمود.

افزودنی‌ها: به منظور بهبود بخشیدن به خواص مخلوط ماسه و سیلیکات سدیم از مواد افزودنی مختلف استفاده می‌شود. به عنوان نمونه می‌توان خاک رس کائولن، اکسید آلومینیم (Al_2O_3) ملاس چغندر قند را نام برد.

خاک کائولن: باعث تغییر نقطه ذوب مخلوط SiO_2 و Na_2O به 81°C شده و نیز پایداری ماسه را افزایش می‌دهد.

اکسید آلومینیم: سبب افزایش استحکام چسب در درجه‌ی حرارت حدود 81°C می‌شود. ملاس چغندر خاصیت از هم پاشیدگی ماسه پس از ریخته‌گری را بهبود می‌بخشد. در صورت عدم استفاده از ملاس مشکلات زیادی در هنگام تخلیه‌ی قالب و ماهیچه به‌وجود می‌آید. یک نمونه مخلوط ماسه برای قالب و ماهیچه به این شرح می‌باشد:

سیلیکات سدیم	۳/۳ درصد
خاک رس کائولن	۱/۷ درصد
اکسید آلومینیم (۳۲۵ تا ۶۰۰ مش)	۱/۷ درصد
ملاس چغندر	۲ درصد
ماسه با عدد ریزی ۷۰	باقیمانده

ترکیب ذکر شده در بالا یکی از چندین نوع ترکیب مخلوط ماسه است که مورد استفاده ریخته‌گری به خصوص آلیاژهای آهنی می‌باشد.

۴-۶-۴-۶-۶ آماده سازی ماسه: در روش CO_2 ، ماسه، سیلیکات سدیم و افزودنی‌ها را توسط مخلوط‌کن‌های معمولی با هم مخلوط می‌کنند. درجه‌ی حرارت در مخلوط شدن مناسب مؤثر است. در درجه‌ی حرارت پایین گرانروی سیلیکات سدیم افزایش می‌یابد بنابراین با افزایش درجه‌ی حرارت مخلوط شدن بهتر انجام می‌شود. عملیات مخلوط کردن معمولاً بین ۳ تا ۵ دقیقه به طول می‌انجامد. در این عملیات معمولاً در ابتدا ماسه و مواد افزودنی با هم مخلوط شده و سپس سیلیکات سدیم به مخلوط فوق اضافه شده و عملیات مخلوط کردن ادامه می‌یابد. یک سیکل مخلوط کردن از این قرار است. الف - ملاس چغندر به ماسه اضافه می‌شود و به مدت یک دقیقه با هم مخلوط می‌شوند.

ب - خاک رس کائولن و اکسید آلومینیم (Al_2O_3) به مخلوط اضافه می‌شود و به مدت ۲ دقیقه مخلوط می‌شود.

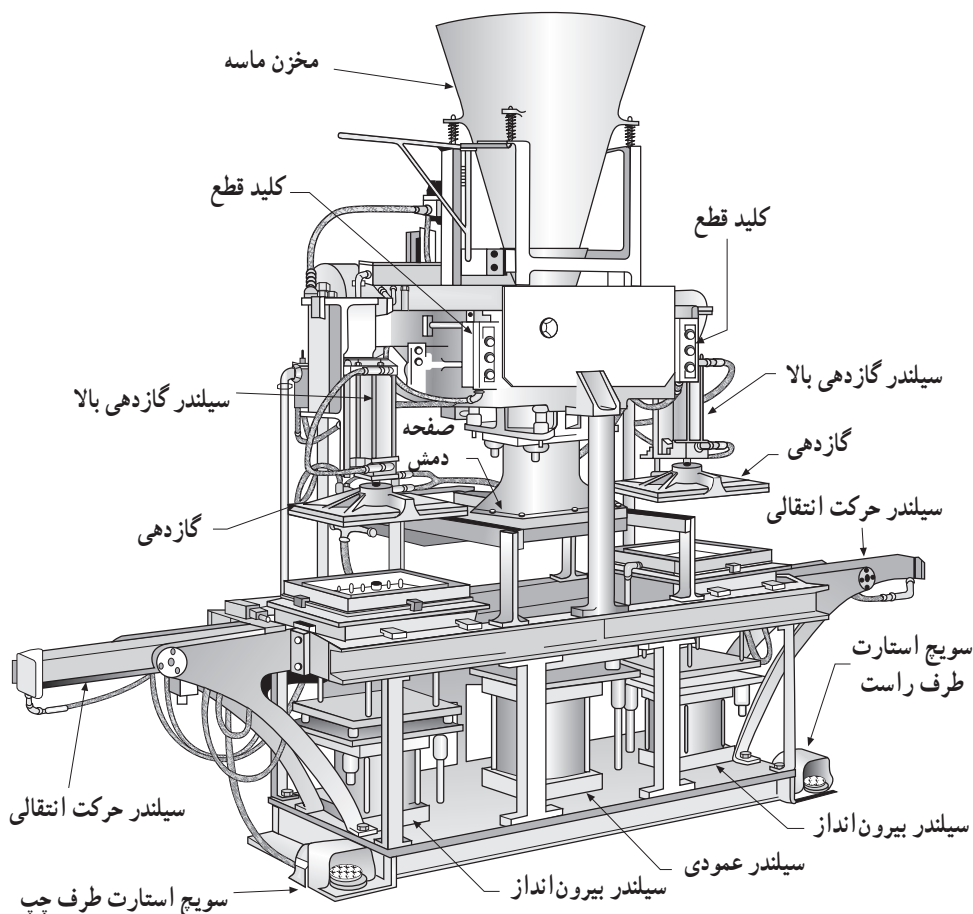
ج - سیلیکات سدیم به مخلوط فوق اضافه شده و به مدت یک دقیقه مخلوط می‌شوند. لازم به تذکر است که هر مقدار بتوان زمان مخلوط کردن را کاهش داد بدون این که در کیفیت مخلوط اثر بگذارد، نتایج مطلوب‌تر خواهد بود. برعکس با افزایش زمان مخلوط کردن ماسه خشک شده و کیفیت کاهش می‌یابد.

راندمان خوب در روش CO_2 به مقدار زیادی بستگی به برنامه‌ریزی دقیق در نحوه‌ی مخلوط کردن و قالب‌گیری دارد. در صورتی که مخلوط آماده شده مدت طولانی بلااستفاده انبار شود، به تدریج خود به خود سخت شده و کیفیت آن کاهش می‌یابد. بنابراین بایستی سعی کرد که مخلوط ماسه را پس از آماده شدن بلافاصله استفاده نموده و اگر بنا به دلایلی نیاز به نگهداری ماسه در زمان‌های نسبتاً طولانی باشد، مخلوط ماسه باید با یک پارچه‌ی نم‌دار پوشانده شود تا بتوان کیفیت آن را تا حدودی حفظ نمود.

۴-۶-۷-۶-۷ روش تولید و تجهیزات مورد استفاده برای ساخت قالب و ماهیچه: فرآیند قالب‌گیری و ماهیچه‌سازی به روش CO_2 ، همانند روش‌های توضیح داده شده در ۲-۶-۲ می‌باشد

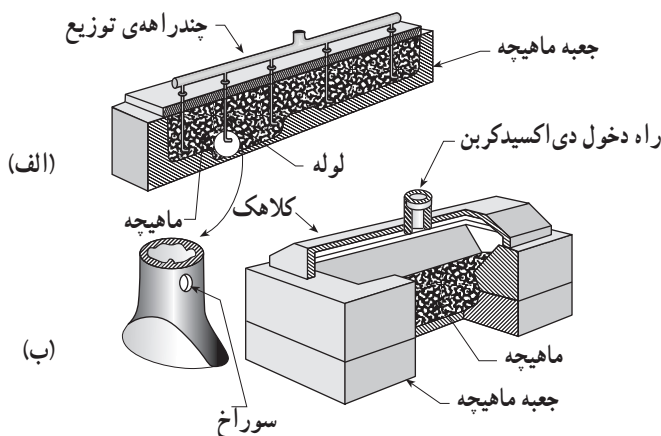
(روش‌های قالب‌گیری دستی، ماشینی ضربه‌ای، ضربه‌ای فشاری، ماسه‌پران و...) از طرف دیگر مدل و ماهیچه مورد استفاده مانند روش ماسه‌ی تر می‌باشد و در نتیجه همان عامل‌ها در انتخاب مدل و ماهیچه مؤثر می‌باشد.

به‌طور کلی مخلوط ماسه‌ی سخت شده به مدل نمی‌چسبد و در صورت نیاز به مواد جدایش می‌توان از آب استفاده نمود. اگر چه به‌دلیل سادگی روش CO_2 در کارگاه‌های کوچک و برای تعداد کم قطعات قابل استفاده است، در عین حال جهت تولید انبوه کاربرد زیادی دارد. شکل (۶-۱۲) یک ماشین اتوماتیک که شامل مراحل پرتاب ماسه، کوبیدن ماسه، گازدهی و خارج‌کننده‌ی قالب و ماهیچه است را نشان می‌دهد.



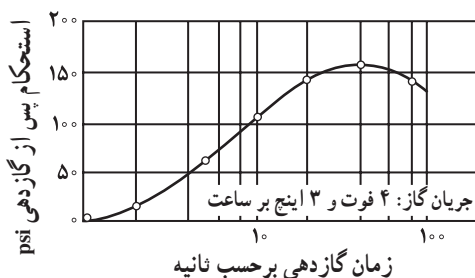
شکل ۶-۱۲- ماشین اتوماتیک دمیدن ماسه و گاز دهی برای تولید قالب و ماهیچه‌ی کوچک به تعداد زیاد

در این نوع ماشین به دلیل این که زمان گازدهی بیشتر از زمان قالب گیری است، لذا یک جایگاه برای قالب گیری و دو جایگاه برای گازدهی در آن در نظر گرفته شده است. هنگامی که هدف تولید قطعه ها به تعداد کم و یا قطعه های بزرگ و یا هر دوی آنها باشد، روش های گازدهی متفاوت است. شکل (۱۳-۶) تجهیزات گازدهی را نشان می دهد.



شکل ۱۳-۶- دو روش جهت گاز دهی ماهیچه
الف - گازدهی توسط لوله ی چند شاخه ب - استفاده از کلاهک گازدهی ماهیچه های کوچک

فشار گاز در داخل بین ۲۰ تا ۴۰ PSI می باشد که بستگی به ضخامت سطح مقطعی دارد که باید گازدهی شود. در هر صورت موضوع مهم زمان تماس گاز و مخلوط ماسه است بنابراین از فشار جهت نفوذ بهتر گاز و تماس گاز و ماسه استفاده می شود. دمیدن گاز بیش از اندازه نیز باعث کاهش استحکام ماسه می شود. منحنی ۱۴-۶ اثر زمان دمیدن گاز را روی استحکام ماسه نشان می دهد.



نمونه مورد آزمایش گازدهی از مخلوط ماسه ای با ترکیب زیر می باشد:
۳۳ درصد سیلیکات سدیم، ۱/۷ درصد اکسید آلومینیم، ۱/۷ درصد خاک کانولین، ۲ درصد ملاس جفندر

شکل ۱۴-۶- تأثیر زمان گازدهی بر استحکام ماهیچه

مقدار گاز مورد استفاده همیشه از مقدار قابل محاسبه در فرمول (۶-۱) کمتر است چرا که واکنش هرگز کامل نمی‌شود. از طرف دیگر در برخی موارد گاز تلفات زیادی دارد که به هر حال محاسبه مقدار لازم مشکل می‌باشد. به طور کلی تجربه ثابت کرده که هر کیلوگرم دی‌اکسید کربن جهت گازدهی ۵۰ الی ۱۰۰ کیلوگرم ماسه کافی است.

درجه‌ی حرارت در میزان مصرف گاز نقش مهمی دارد و معمولاً در فصل زمستان میزان مصرف بالا می‌رود و از طرف دیگر گاز CO_2 هنگام خروج باعث سرد و یخ‌زدن سیستم گازدهی می‌شود. بنابراین بایستی از یک سیستم گرم‌کننده استفاده نمود تا درجه‌ی حرارت گاز خروجی به درجه حرارت محیط برسد.

۵-۶- ریخته‌گری در قالب‌های پوسته‌ای

تعریف: ریخته‌گری در قالب‌های پوسته‌ای به فرآیندی اطلاق می‌شود که در آن قالب از مخلوط ماسه با یک چسب رزینی (گرماسخت) به روی مدل فلزی گرم شده شکل می‌گیرد. هنگامی که مخلوط ماسه در اثر تماس با مدل فلزی گرم شد، رزین ذوب شده و اطراف ذرات ماسه را می‌گیرد و باعث چسبیدن ذرات ماسه به یکدیگر می‌شود. بدین طریق یک نیمه‌ی قالب کاملاً سخت و مستحکم، تهیه می‌شود. در این مرحله عملیات ماهیچه‌گذاری در داخل قالب انجام شده و دو نیمه قالب توسط نگهدارنده به هم محکم می‌شوند.

۵-۶- مزایا و محدودیت‌ها: 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. مهم‌ترین مزایا و محدودیت‌های این روش عبارتند از:

الف - مزایا

- دقت ابعادی قطعات تولید شده به این روش در مقایسه با فرآیند ماسه‌ی تر بیشتر بوده لذا عملیات ماشین‌کاری کاهش می‌یابد.

- صافی سطح نسبت به روش ماسه‌ی تر بهتر است.

- مصرف ماسه در این روش نسبت به فرآیند ماسه‌ی تر کمتر است.

ب - محدودیت‌ها و معایب

- در اندازه و وزن قطعات ریخته‌گری محدودیت وجود دارد.

- هزینه ساخت مدل در این روش زیاد بوده چرا که بایستی حتماً از فلز تهیه و ماشین کاری شود.
- قیمت چسب (رزین) در این روش بالا است.
- در سیستم راهگاهی و تغذیه گذاری در این روش محدودیت وجود دارد. حداقل باید قسمتی از سیستم راهگاه و تغذیه در قالب تعبیه شود.
- این روش نیاز به تجهیزات گران قیمت دارد.

۲-۵-۶- اجزای مخلوط ماسه و خواص آن: مخلوط ماسه‌ی قالب‌گیری در روش پوسته‌ای همانند روش‌های دیگر از چند جزء تشکیل شده است که ماسه، چسب (رزین‌ها) و مواد روان‌کننده اجزای اصلی آن می‌باشند.

الف- ماسه: ماسه‌ی مورد استفاده در فرآیند پوسته‌ای سیلیسی و یا زیرکونی با درجه‌ی خلوص زیاد و مواد آلی و خاک رس کم می‌باشد. در صورت لزوم ماسه به منظور کاهش درصد مواد آلی و خاک رس شسته می‌شود. این عمل سبب کم شدن مصرف چسب (رزین) می‌شود. در صورتی که مواد آلی و خاک رس در ماسه زیاد باشد به منظور دستیابی به استحکام کافی، مقدار مصرف رزین افزایش می‌یابد.

به جز در مورد آلیاژهای آلومینیم بهترین نتیجه هنگامی به دست می‌آید که اندازه‌ی دانه‌های ماسه یکنواخت‌تر باشد. در مورد قطعات ریختگی آلومینیم، اندازه‌ی دانه‌های ماسه بایستی چهار نوع باشد. ماسه در روش رزین سرد بایستی کاملاً خشک شده باشد زیرا رطوبت باعث باد کردن رزین شده و در نتیجه خاصیت پوششی رزین بر ماسه کاهش می‌یابد. در روش استفاده از رزین گرم، رطوبت مشکل بزرگی نبوده چرا که به هنگام گرم شدن ماسه، رطوبت گرفته می‌شود.

ب- رزین‌ها: رزین‌های مصنوعی که در روش قالب‌گیری پوسته‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد از نوع رزین‌های ترموپلاستیک بوده که به آن موادی اضافه می‌شود تا مشخصات گرما سخت را پیدا نماید.

رزین‌های فنل فرمالدئید با افزایش مقدار کمی هگزامین به آن‌ها حالت گرما سخت می‌یابند، این رزین‌ها در فرآیند قالب‌گیری پوسته‌ای بیشترین کاربرد را دارند، زیرا هنگامی که با ماسه مخلوط شوند، بیشترین استحکام، مقاومت به حرارت و رطوبت را دارا می‌باشند.

ج- مواد روان‌کننده: از مواد روان‌کننده به منظور تسهیل در جدا شدن قالب از مدل و نیز بهبود بخشیدن به خاصیت روانی ماسه، استفاده می‌شود. مواد روان‌کننده همچنین باعث افزایش استحکام کششی قالب می‌شوند، زیرا مخلوط ماسه دارای چگالی بالاتری خواهد شد. این مواد

معمولاً استئارات کلسیم^۱ و روی می‌باشند.

مقدار موردنیاز مواد روان‌کننده معمولاً بین ۲ تا ۵ درصد مقدار رزین است. البته در حالت‌های خاص ممکن است مقدار آن به ۹ درصد مقدار رزین هم برسد.

۳-۵-۶- تهیه مخلوط ماسه و رزین: مخلوط ماسه و رزین برای قالب‌های پوسته‌ای به دو روش تهیه می‌شود.

الف- مخلوط کردن ماسه و رزین: در این روش ماسه و رزین را به طریق معمول مخلوط‌کن‌ها به صورت خشک با هم مخلوط می‌کنند. اگرچه این روش ساده و در دسترس می‌باشد ولی امکان جدا شدن رزین و ماسه در آن وجود دارد و به همین دلیل استفاده از مخلوط ماسه و رزین برای روش‌هایی که در آن توسط دمیدن ماسه، قالب پر می‌گردد، امکان‌پذیر نبوده و فقط برای تهیه قالب‌های dump-box استفاده می‌شود.

ب- پوشش دادن ماسه با رزین: در این روش ماسه توسط رزین پوشش داده می‌شود. این پوشش با مخلوط کردن ماسه، رزین، کاتالیست (هگزامین) و مواد روان‌کننده توسط مخلوط‌کن انجام می‌شود. نحوه‌ی مخلوط کردن متفاوت است، ممکن است بعضی از اجزای مخلوط به صورت مایع باشند اما هنگامی که از مخلوط‌کن ماسه‌ی پوشش داده شده خارج می‌شود، بایستی کاملاً خشک و عاری از رطوبت باشد. لازم به یادآوری است که خشک بودن ماسه باعث روانی و تسهیل در قالب‌گیری می‌شود. پوشش دادن ماسه ممکن است به دو روش سرد و گرم انجام شود.

روش پوشش سرد: در این روش ماسه همراه با رزین مایع در درجه‌ی حرارت محیط با اجزای دیگر مخلوط می‌شوند. مهم‌ترین مزیت این روش حذف تجهیزات مربوط به گرم کردن ماسه و نیز امکان کنترل ساده‌تر استحکام و نقطه‌ی ذوب ماسه‌ی پوشش داده شده می‌باشد، و از معایب آن نیاز به حمل مقدار زیادی رزین مایع و نیاز به خارج کردن مایعات از مخلوط ماسه‌ی تهیه شده و نیز امکان آتش‌سوزی می‌باشد.

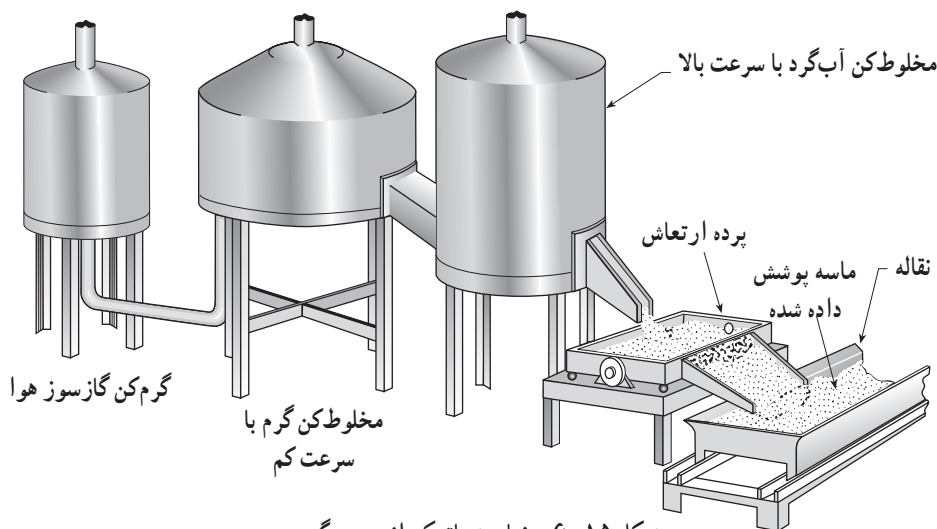
در این فرآیند تمام اجزای ماسه هنگامی که به مخلوط‌کن اضافه می‌شوند در درجه‌ی حرارت محیط قرار دارند اگر به هر صورت ماسه یا رزین خیلی سرد شده باشند، امکان تهیه ماسه‌ی پوشش داده شده‌ی مناسب کاهش می‌یابد و برعکس اگر درجه‌ی حرارت مواد خیلی بالا رفته باشد، رزین قبل از این که بتواند ماسه را پوشش بدهد سخت می‌شود.

روش پوشش گرم: در این روش ماسه و رزین در درجه حرارت بین ۱۲۰ تا ۱۳۵ درجه‌ی

^۱- Calcium Stearate

سانتی گراد با هم مخلوط می شوند (شکل ۱۵-۶). این روش حداقل سه مزیت نسبت به روش سرد دارد.

- اول این که استحکام کششی ماسه‌ی پوشش داده شده حدود ۲۵ درصد افزایش می یابد.
- دوم این که گرد و غبار در این روش کمتر است.
- سوم این که به دلیل عدم استفاده از الک امکان آتش سوزی در آن کمتر است.



شکل ۱۵-۶- نمای شماتیک از روش گرم

۴-۵-۶- عملیات تهیه‌ی قالب و ماهیچه: به منظور تولید قالب و ماهیچه‌ی پوسته‌ای ماشین‌های مختلفی وجود دارد که از نظر جزئیات عملیاتی و درجه‌ی اتوماسیون با هم تفاوت دارند. در تمام این ماشین‌ها طراحی به گونه‌ای انجام یافته که دو عامل مهم «درجه‌ی حرارت» و «زمان» تحت کنترل دقیق باشد.

بدون توجه به نوع ماشین و درجه‌ی اتوماسیون، چند مرحله‌ی اصلی در تهیه‌ی قالب در تمامی آن‌ها وجود دارد که به ترتیب عملیات عبارتند از:

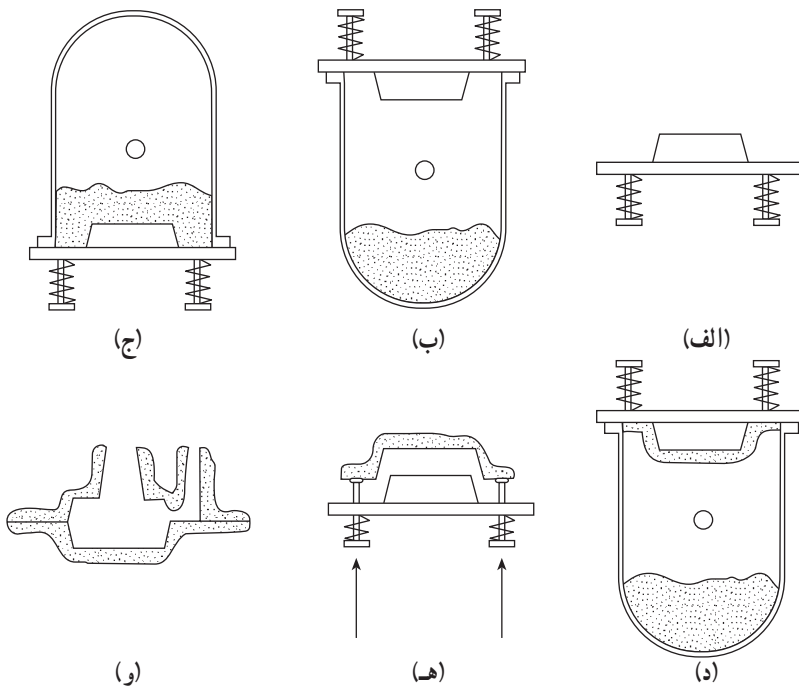
الف - مخلوط ماسه، رزین و دیگر مواد با مدل فلزی گرم شده در تماس قرار می گیرند. این عمل ممکن است توسط روش مخزن جعبه‌ای و یا روش دمیدن انجام شود. در این روش مقدار مخلوط ماسه خیلی بیشتر از مقدار مورد نیاز می باشد (شکل ۱۶-۶). رزین‌ها در تماس با مدل گرم، ذوب شده و باعث چسبیدن ذرات ماسه به هم و نیز به مدل می شوند. درجه‌ی حرارت و زمان با توجه به ضخامت پوسته‌ی مورد نیاز تنظیم می شود (شکل ۱۶-۶c).

ب- هنگامی که ضخامت پوسته به اندازه‌ی مورد نظر رسید، مدل 18° می‌چرخد (شکل d-
۶-۱۶) و مخلوط ماسه‌ی اضافی به داخل مخزن برمی‌گردد.

ج- در این مرحله عملیات پختن ماسه انجام می‌شود. پوسته روی مدل گرم مدتی باقی می‌ماند تا پختن کامل شود.

د- پس از پایان عملیات پخت، قالب پوسته‌ای توسط سیستم بیرون انداز از مدل جدا می‌شود (شکل e-۶-۱۶).

ه- در عملیات پایانی، ماهیچه‌ها در داخل قالب قرار می‌گیرند و سپس نیمه‌های قالب پوسته‌ای به وسیله‌ی چسب مناسب دقیقاً به هم متصل می‌شوند. در این حالت قالب آماده‌ی بارریزی است.



شکل ۶-۱۶- عملیات اصلی در قالب‌گیری پوسته‌ای

(الف) مدل صفحه‌ای (ب) مدل صفحه‌ای مونتاژ شده روی مخزن جعبه‌ای (ج) عملیات چسباندن ذرات ماسه به هم و به مدل (د) عملیات برگرداندن مدل و ریختن قالب (ه) عملیات جدا کردن قالب از مدل (و) عملیات جفت کردن قالب.

۵-۶- روش‌های قالب‌گیری پوسته‌ای: به طور کلی در قالب‌گیری پوسته‌ای دو روش وجود دارد. روش مخزن جعبه‌ای^۱، روش دمشی^۲.

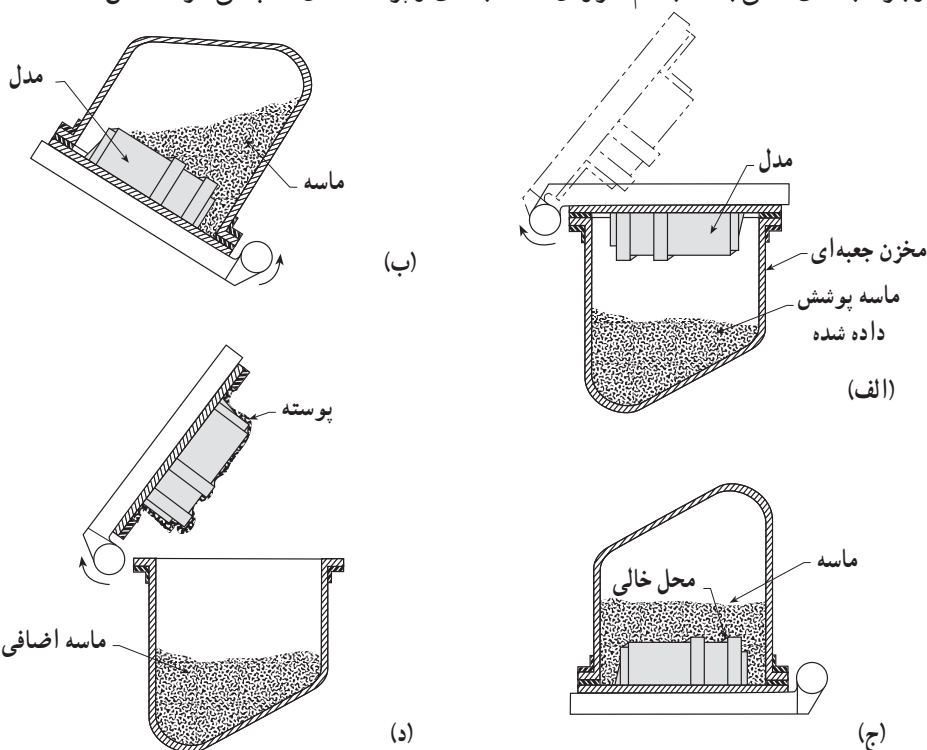
۱- Dump - Box Molding

۲- Molding Blowing

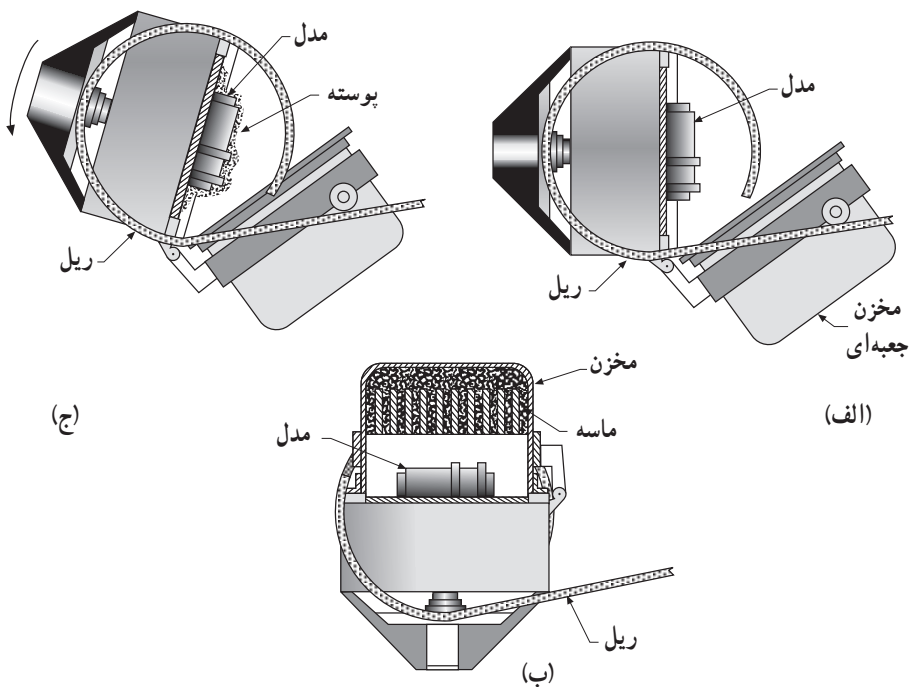
الف - قالب‌گیری مخزن جعبه‌ای: روش مخزن جعبه‌ای کاربرد وسیعی دارد. مهم‌ترین مزایای مخزن جعبه‌ای عبارتند از:

- ساده بودن عملیات
- ارزان‌تر بودن تجهیزات
- کمتر بودن مواد دورریز قالب
- کنترل بهتر سختی قالب
- عیوب ریختگی در آن کمتر است.

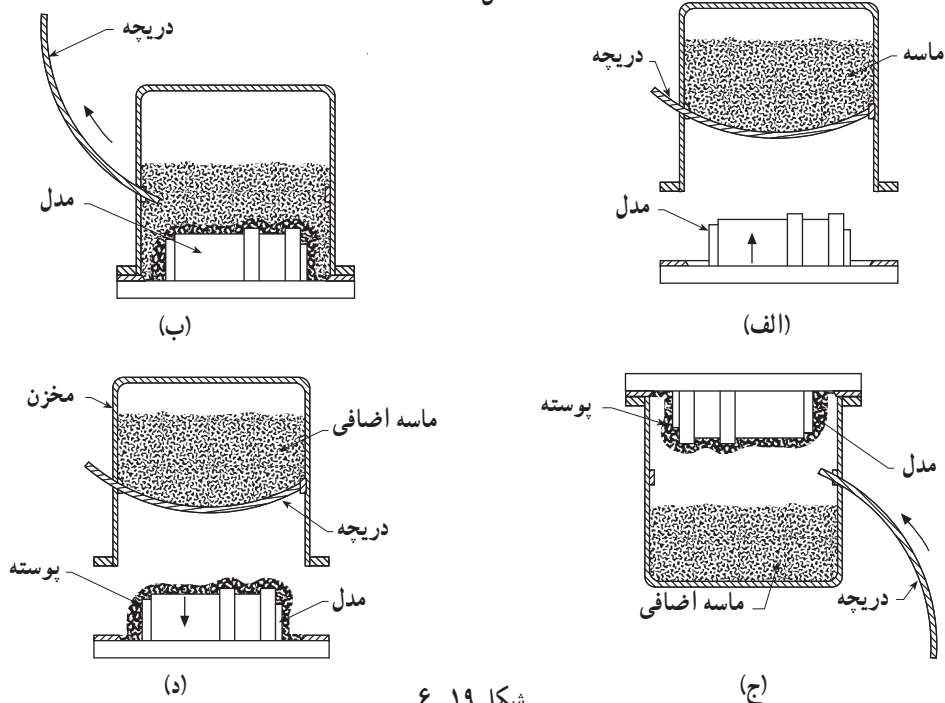
شکل‌های (۶-۱۷، ۶-۱۸ و ۶-۱۹) سه نوع فرآیند مختلف از روش مخزن جعبه‌ای را نشان می‌دهند. اگر مانند شکل (۶-۱۷) مدل و مخزن جعبه‌ای 180° حول محور خود بچرخند (۶-۱۷-الف)، ماسه روی مدل به تدریج لغزیده و آن‌را پر می‌کند (۶-۱۷-ب)، (۶-۱۷-ج) در صورتی که مدل دارای گوشه‌های تیز باشد ممکن است در گوشه‌ها جای خالی ایجاد شود. این پدیده در شکل (۶-۱۷-د) نشان داده شده است. این عیب به دلیل نحوه‌ی حرکت و نیز سرعت کم ماسه است. وجود جاهای خالی باعث به هم خوردن دقت ابعادی و پوسته شدن قالب می‌شود (شکل ۶-۱۷-د).



شکل ۶-۱۷



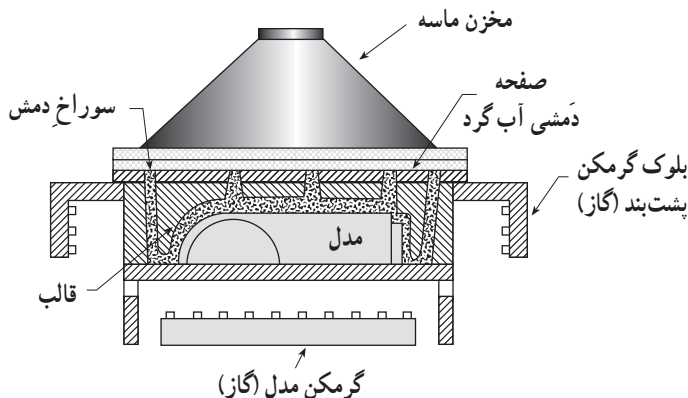
شکل ۱۸-۶



شکل ۱۹-۶

شکل‌های ۱۷-۶، ۱۸-۶ و ۱۹-۶ روش‌های ریخته‌گری در قالب پوسته‌ای

ب- روش دمشی قالب: قالب‌های پوسته‌ای را همچنین می‌توان با دمیدن ماسه روی سطح گرم شده به‌دست آورد. شکل (۶-۲۰) به‌طور شماتیک نوعی از این‌گونه ماشین‌ها را نشان می‌دهد. مخلوط ماسه از منافذ مخصوص روی قالب گرم شده، دمیده می‌شود.



شکل ۶-۲۰- روش دمشی ریخته‌گری پوسته‌ای

مهم‌ترین مشکل این روش بالا رفتن وزن قالب است به‌گونه‌ای که قالب‌های تهیه شده دو تا سه برابر قالب‌های روش مخزن جعبه‌ای است. بالا رفتن هزینه‌های ساخت و تعمیر و نگهداری قالب، مسدود شدن منافذ عبور ماسه به دلیل مرطوب بودن ماسه و نیاز به مواد افزودنی از دیگر محدودیت‌های این روش است.

۶-۶- روش ریخته‌گری دقیق^۱

تعریف: ریخته‌گری دقیق به روشی اطلاق می‌شود که در آن قالب با استفاده از پوشاندن مدل‌های از بین‌رونده توسط دوغاب سرامیکی ایجاد می‌شود. مدل (که معمولاً از موم یا پلاستیک است) توسط سوزاندن یا ذوب کردن از محافظه‌ی قالب خارج می‌شود.

ویژگی: در روش‌های قالب‌گیری در ماسه، مدل‌های چوبی یا فلزی به‌منظور تعبیه‌ی شکل قطعه در داخل مواد قالب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این‌گونه روش‌ها مدل‌ها قابلیت استفاده مجدد را دارند ولی قالب فقط یک بار استفاده می‌شود. در روش دقیق هم مدل و هم قالب فقط یک بار استفاده می‌شود.

^۱ - Investment casting

۱-۶-۶- مزایا و محدودیت‌ها

الف – مزایا: مهم‌ترین مزایای روش ریخته‌گری دقیق عبارتند از :

- تولید انبوه قطعات با اشکال پیچیده که توسط روش‌های دیگر ریخته‌گری نمی‌توان تولید نمود توسط این فرآیند امکان‌پذیر می‌شود.
- مواد قالب و نیز تکنیک بالای این فرآیند، امکان تکرار تولید قطعات با دقت ابعادی و صافی سطح یکنواخت را می‌دهد.^۱
- این روش برای تولید کلیه فلزات و آلیاژهای ریخته‌گری به کار می‌رود. همچنین امکان تولید قطعاتی از چند آلیاژ مختلف وجود دارد.
- توسط این فرآیند امکان تولید قطعاتی با حداقل نیاز به عملیات ماشین‌کاری و تمام‌کاری وجود دارد. بنابراین محدودیت استفاده از آلیاژهای با قابلیت ماشین‌کاری بد از بین می‌رود.
- در این روش امکان تولید قطعات با خواص متالورژیکی بهتر وجود دارد.
- قابلیت تطابق برای ذوب و ریخته‌گری قطعات در خلأ وجود دارد.
- خط جدایش قطعات حذف می‌شود و نتیجتاً موجب حذف عیوبی می‌شود که در اثر وجود خط جدایش به وجود می‌آید.

ب – مهم‌ترین محدودیت‌های روش ریخته‌گری دقیق عبارتند از :

- اندازه و وزن قطعات تولید شده توسط این روش محدود بوده و عموماً قطعات با وزن کمتر از ۵ کیلوگرم تولید می‌شود.

– هزینه‌ی تجهیزات و ابزارها در این روش نسبت به سایر روش‌ها بیشتر است.

۲-۶-۶- انواع روش‌های ریخته‌گری دقیق: در این فرآیند دو روش متمایز در تهیه‌ی

قالب وجود دارد که عبارتند از روش پوسته‌ای^۲ و روش توپر^۳. به طور کلی این دو روش در تهیه‌ی مدل با هم اختلاف ندارند بلکه در نوع قالب‌ها با هم تفاوت دارند.

۳-۶-۶- فرآیند قالب‌های پوسته‌ای سرمایه‌ی در ریخته‌گری دقیق: برای تولید قطعات

ریخته‌گری فولادی ساده‌ی کربنی، فولادهای آلیاژی، فولادهای زنگ‌نزن، مقاوم به حرارت و دیگر آلیاژهایی با نقطه ذوب بالای 1100°C این روش به کار می‌رود، شکل‌های (۲۱-۶ و ۲۲-۶) به طور

۱- «تکرار تولید یکنواخت» خاصیت مهمی در تولید انبوه قطعات ریخته‌گری می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی تولید یکنواخت قطعات از لحاظ خواص مختلف مکانیکی، متالورژیکی و دقت ابعادی می‌باشد.

۲- Shell investment Process

۳- Solid investment Process

شماتیک روش تهیه‌ی قالب را در این فرآیند نشان می‌دهند که به ترتیب عبارتند از :

الف - تهیه‌ی مدل‌ها : مدل‌های مومی یا پلاستیکی توسط روش‌های مخصوص تهیه می‌شوند.

ب - مونتاژ مدل‌ها: پس از تهیه‌ی مدل‌های مومی یا پلاستیکی معمولاً تعدادی از آن‌ها (این تعداد بستگی به شکل و اندازه دارد) حول یک راهگاه به صورت خوشه‌ای مونتاژ می‌شوند (شکل‌های (۶-۲۱) و (۶-۲۴ - ب). در ارتباط با چسباندن مدل‌ها به راهگاه بار ریز روش‌های مختلف وجود دارند که سه روش معمول‌تر است و عبارتند از :

روش اول: محل اتصال در موم مذاب فرو برده می‌شود و سپس به محل تعیین شده چسبانده می‌شود (شکل ۶-۲۳).

روش دوم: این روش که به جوشکاری مومی معروف است بدین ترتیب است که محل‌های اتصال ذوب شده به هم متصل می‌گردند.

روش سوم: روش سوم استفاده از چسب‌های مخصوص است که محل اتصال توسط چسب‌های مخصوص موم یا پلاستیکی به هم چسبانده می‌شود.

روش اتصال مدل‌های پلاستیکی نیز شبیه به مدل‌های مومی می‌باشد.

ج - مدل خوشه‌ای و ضمايم آن در داخل دوغاب سرامیکی فرو برده می‌شود. در نتیجه یک لایه‌ی دوغاب سرامیکی روی مدل را می‌پوشاند (شکل‌های ۶-۲۱ - ج و ۶-۲۲ - مرحله ۴).

د - در این مرحله مدل خوشه‌ای در معرض جریان باران ذرات ماسه‌ی نسوز قرار می‌گیرد، تا یک لایه‌ی نازک در سطح آن تشکیل شود (شکل‌های ۶-۲۱ - د و ۶-۲۲ - مرحله ۵).

ه - پوسته‌ی سرامیکی ایجاد شده در مرحله‌ی قبل کاملاً خشک می‌شود تا سخت و محکم شود و مراحل «ج»، «د»، «ه» مجدداً برای چند بار تکرار می‌شود. تعداد دفعات این تکرار بستگی به ضخامت پوسته‌ی قالب مورد نیاز دارد. معمولاً مراحل اولیه از دوغاب‌هایی که از پودرهای نرم تهیه شده، استفاده شده و به تدریج می‌توان از دوغاب و نیز ذرات ماسه‌ی نسوز درشت‌تر استفاده نمود. صافی سطح قطعه‌ی ریختگی بستگی مستقیم به ذرات دوغاب اولیه و نیز ماسه‌ی نسوز اولیه دارد.

و - مدل مومی یا پلاستیکی توسط ذوب یا سوزاندن از محفظه قالب خارج می‌شوند، به این عملیات موم‌زدایی می‌گویند (شکل‌های ۶-۲۱ - ه و ۶-۲۲ - مرحله ۷). در عملیات موم‌زدایی بایستی توجه نمود که انبساط موم سبب تنش و ترک در قالب نشود.

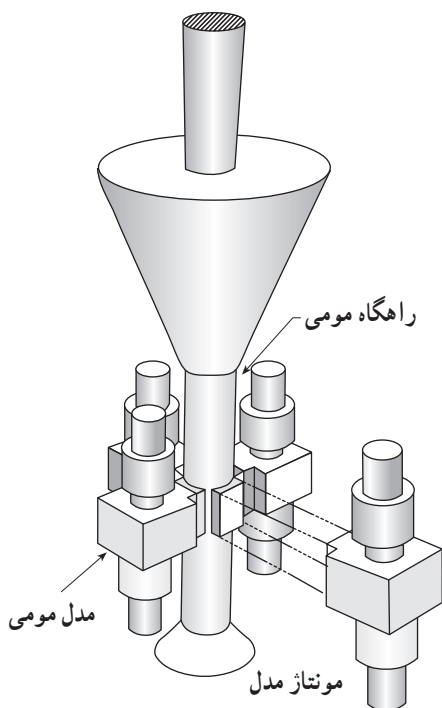
ز - در قالب‌های تولید شده عملیات بارریزی مذاب انجام می‌شود (شکل‌های ۶-۲۱ - و ۶-۲۲ - مرحله ۹).

ح- پس از انجماد مذاب، پوسته سرامیکی شکسته می شود (شکل های ۶-۲۱- ۶-۲۲ و ۶-۲۳). مرحله ۱۰).

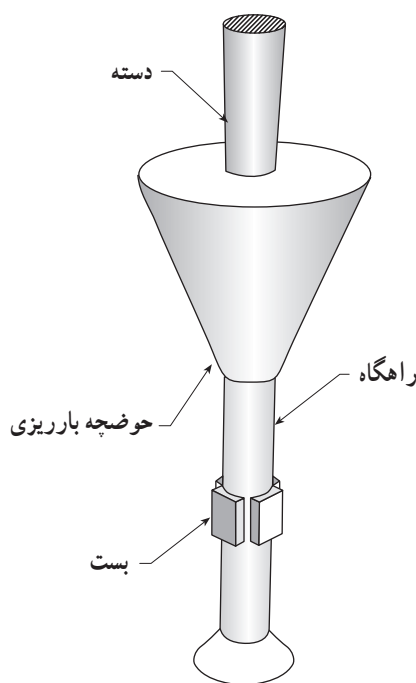
ط- در آخرین مرحله قطعات از راهگاه جدا می شوند (شکل های ۶-۲۱ ح و ۶-۲۲ مرحله ۱۱). مواد نسوز در فرآیند پوسته ای دقیق: نوعی سیلیس به دلیل انبساط حرارتی کم به طور گسترده به عنوان نسوز در روش پوسته ای دقیق مورد استفاده قرار می گیرد. این ماده ی نسوز برای ریخته گری آلیاژهای آهنی و آلیاژهای کبالت مورد استفاده قرار می گیرد.

زیرکنیم شاید بیشترین کاربرد را به عنوان نسوز در فرآیند پوسته ای دارد. این ماده بهترین کیفیت را در سطوح قطعه ایجاد نموده و در درجه ی حرارت های بالا پایدار بوده و نسبت به خوردگی توسط مذاب مقاوم است.

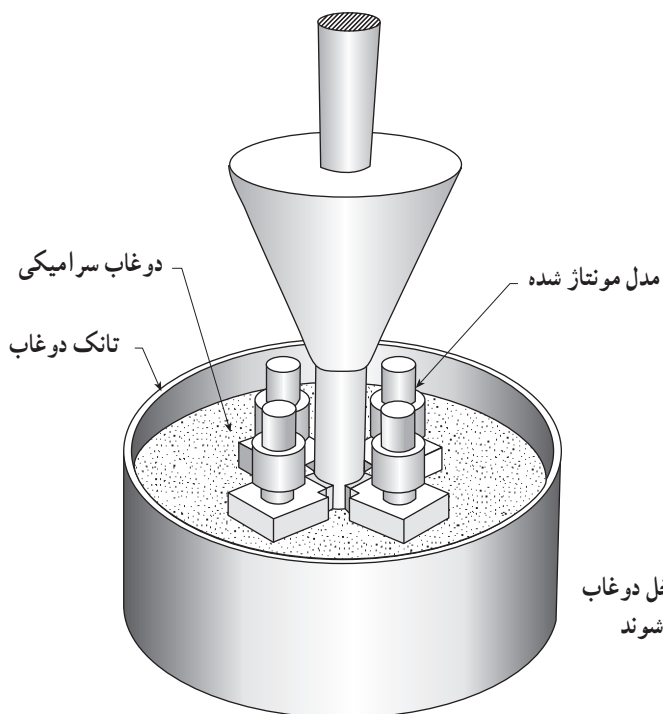
آلمین به دلیل مقاومت کم در برابر شوک حرارتی کمتر مورد استفاده قرار می گیرد. به هر حال در برخی موارد به دلیل مقاومت در درجه ی حرارت بالا (تا حدود 1760°C) مورد استفاده قرار می گیرد.



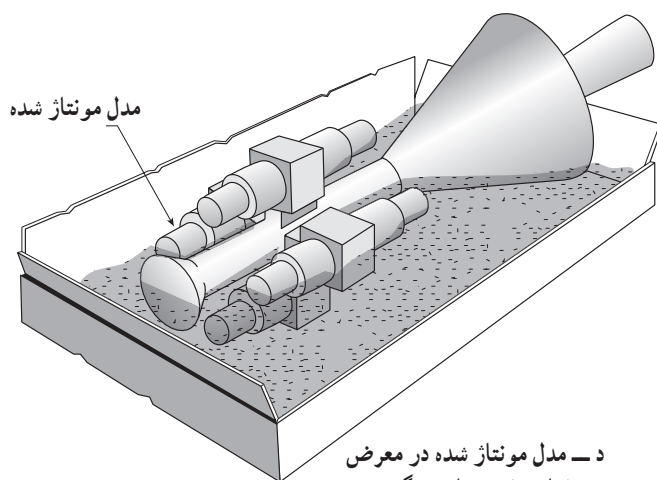
ب- مدل های مومی به راهگاه مومی چسبانده می شوند



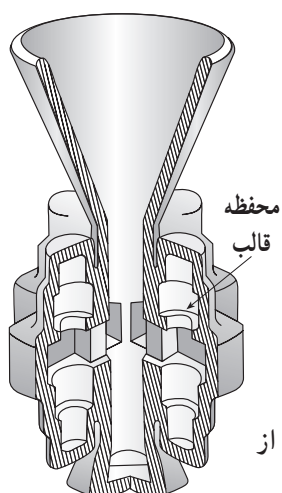
الف- مدل راهگاه مومی



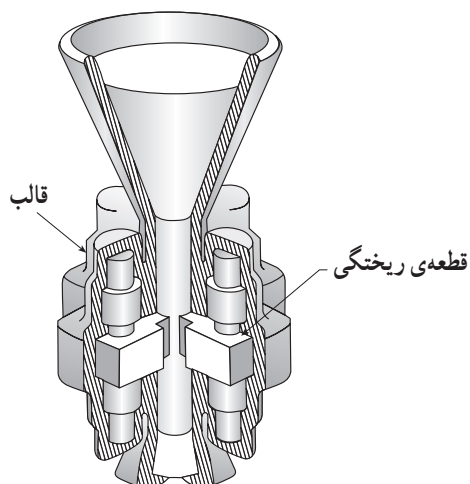
ج — مدل مونتاژ شده به داخل دوغاب سرامیکی غوطه‌ور می‌شوند



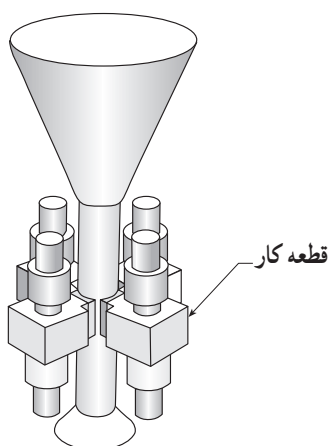
د — مدل مونتاژ شده در معرض باران ماسه قرار می‌گیرد



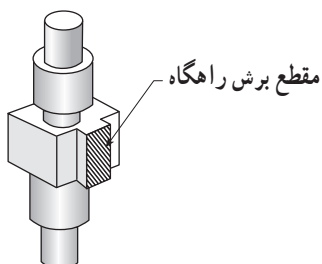
ه — قالب آماده شده بعد از موم‌زدایی



و - قالب پس از بارریزی

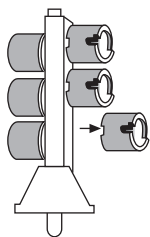


ز - قطعه‌ی جامد پس از شکستن پوسته‌ی قالب

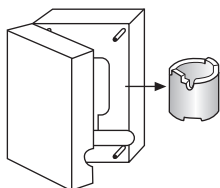


ح - یک قطعه‌ی ریخته شده پس از جداسازی از راهگاه

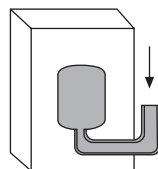
شکل ۲۱-۶- مراحل تولید قطعات در فرآیند قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی دقیق



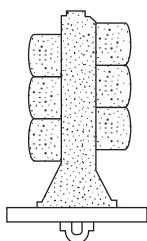
مونتاژ مدل
مرحله ۳



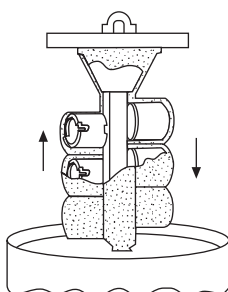
خارج کردن مدل
مرحله ۲



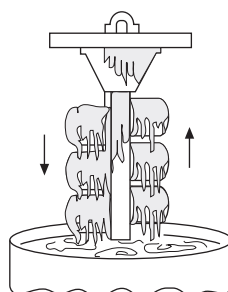
تزریق مواد مدل
مرحله ۱



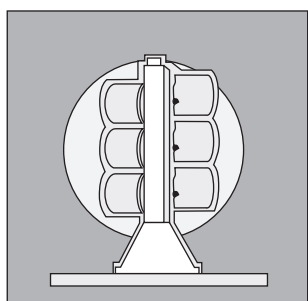
قالب کامل شده
مرحله ۶



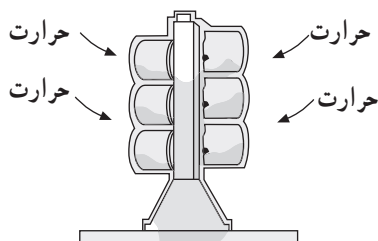
پوشش ماسه
مرحله ۵



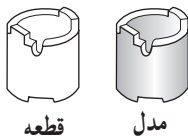
پوشش دو غاب
مرحله ۴



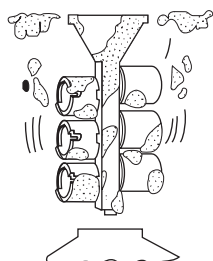
گرم کردن قالب
مرحله ۸



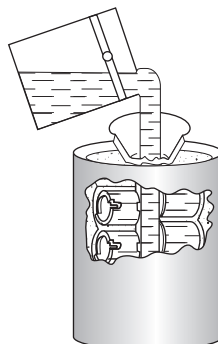
موم زدایی
مرحله ۷



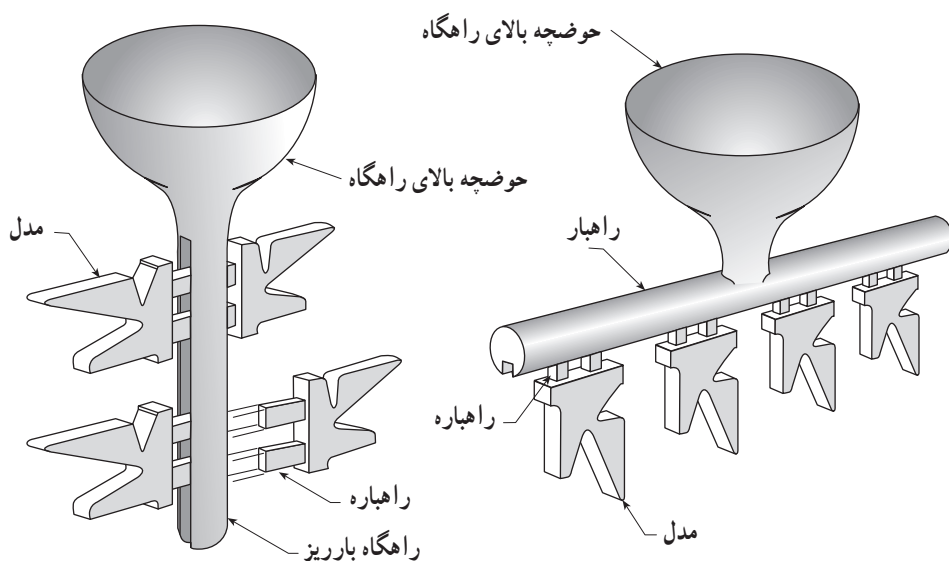
محصول تمام شده
مرحله ۱۱



تخلیه
مرحله ۱۰



بارریزی مذاب
مرحله ۹



شکل ۲۳-۶- عملیات مونتاز و سوار کردن مدل‌های مومی روی سیستم راهگاهی

چسب‌ها: مواد نسوز به وسیله‌ی چسب‌ها به یکدیگر می‌چسبند این چسب‌ها معمولاً شیمیایی می‌باشند مانند سیلیکات اتیل، سیلیکات سدیم و سیلیس کلئیدی. سیلیکات اتیل باعث پیدایش سطح تمام شده بسیار خوب می‌شوند. سیلیس کلئیدی نیز باعث به‌وجود آمدن سطح تمام شده‌ی عالی می‌شود.

اجزای دیگر: یک ترکیب مناسب علاوه بر مواد فوق شامل مواد دیگری است که هر کدام به منظور خاصی استفاده می‌شود. این مواد به این شرح است:

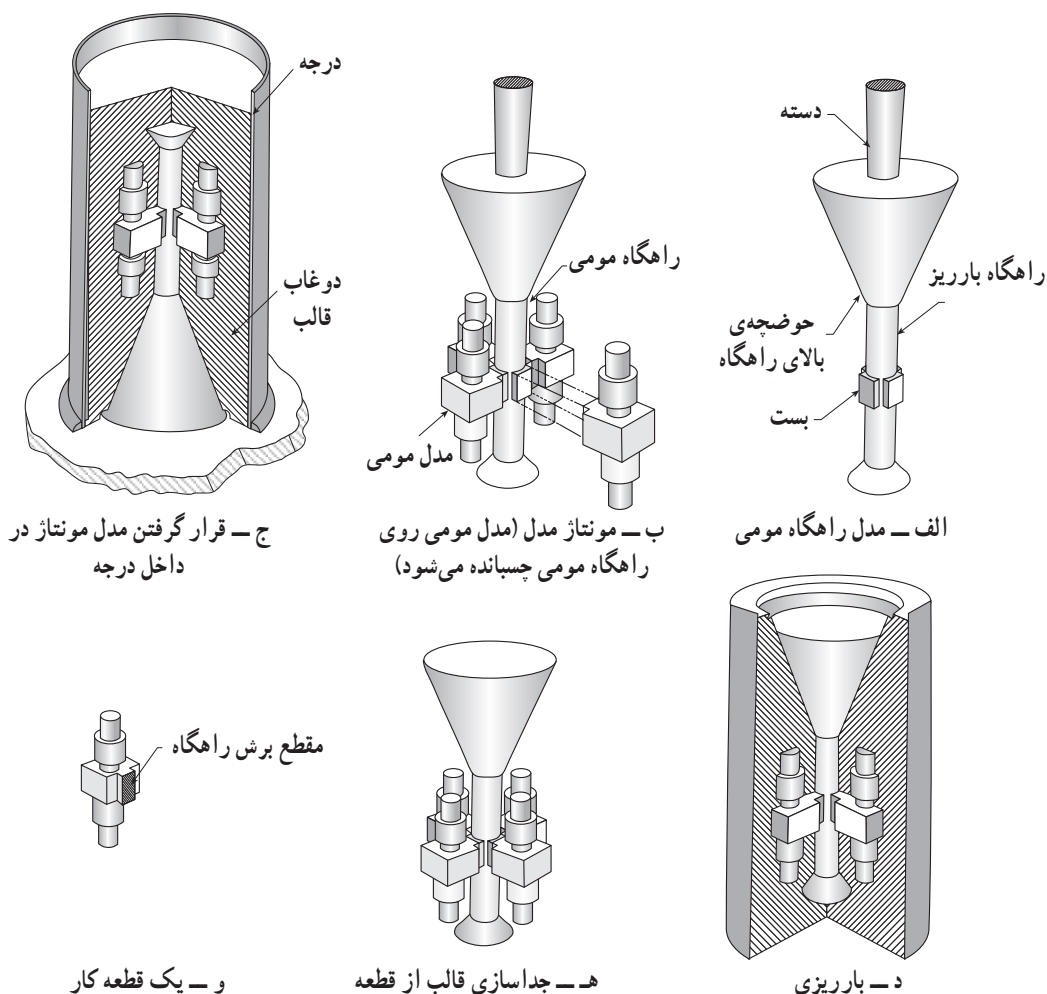
- مواد کنترل‌کننده‌ی ویسکوزیته.
 - مواد ترک‌کننده جهت کنترل سیالیت دوغاب و قابلیت مرطوب‌سازی مدل.
 - مواد ضد کف جهت خارج کردن حباب‌های هوا.
 - مواد ژلاتینی جهت کنترل در خشک شدن و تقلیل ترک‌ها.
- ۴-۶-۶- فرآیند تهیه قالب‌های توپر در ریخته‌گری دقیق: شکل‌های (۲۴-۶ و ۲۵-۶) به طور شماتیک مراحل تهیه‌ی قالب به روش توپر را نشان می‌دهد که عبارتند از:
- الف - تهیه‌ی مدل‌های ذوب شونده (شکل ۲۴-۶ الف).
- ب - مونتاز مدل‌ها: این عملیات در قسمت ۳-۶-۶ ج توضیح داده شده (شکل ۲۴-۶ ب).

ج - مدل های خوشه ای و ضمائم آن در داخل درجه ای قرار می گیرند و دوغاب سرامیکی اطراف آن ریخته می شود تا درجه با دوغاب دیرگداز پر شود. به این دوغاب، دوغاب پشت بند نیز گفته می شود. این دوغاب در هوا سخت می شود و بدین ترتیب قالب به اصطلاح توپر تهیه می شود (شکل ۶-۲۴ - ج).

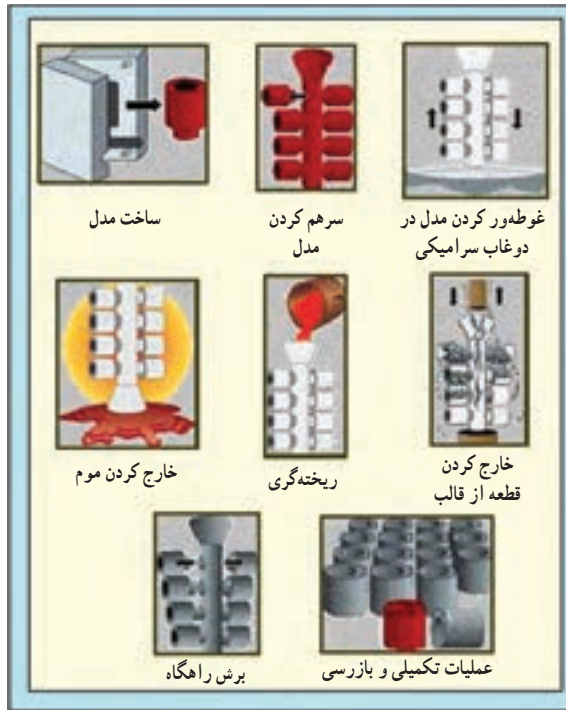
د - عملیات بارریزی انجام می شود (شکل ۶-۲۴ - د).

ه - قالب سرامیکی پس از انجماد مذاب شکسته می شود (شکل ۶-۲۴ - ه).

و - قطعات از راهگاه جدا می شوند (شکل ۶-۲۴ - و).



شکل ۶-۲۴ - مراحل تولید قطعات در روش قالب های توپر ریخته گری دقیق



شکل ۲۴-۶- مراحل شماتیک تولید قطعات در روش قالب‌های توپر ریخته‌گری دقیق

پرسش‌ها

- ۱- ریخته‌گری در قالب‌های موقت را تعریف نمایید.
- ۲- مزایا و محدودیت‌های روش ریخته‌گری در ماسه‌ی تر را نام ببرید.
- ۳- روش قالب‌گیری دستی را تعریف نموده و ویژگی‌های آن را بیان نمایید.
- ۴- اساس کار روش قالب‌گیری ماشینی را به‌طور خلاصه توضیح دهید.
- ۵- ویژگی‌های ماشین‌های قالب‌گیری ضربه‌ای ساده را توضیح دهید.
- ۶- ویژگی‌های ماشین‌های قالب‌گیری فشاری را توضیح دهید.
- ۷- ویژگی‌های ماشین‌های قالب‌گیری ضربه‌ای - فشاری را توضیح دهید.
- ۸- ویژگی‌های ماشین ماسه پرتاب‌کن را توضیح دهید.
- ۹- قالب‌های خشک شده‌ی سطحی را تعریف نموده و ویژگی‌های آن را بیان نمایید.
- ۱۰- قالب‌های کاملاً خشک را تعریف نموده و ویژگی‌های آن را بیان نمایید.

- ۱۱- مزایا و محدودیت‌های روش قالب‌گیری خشک را توضیح دهید.
- ۱۲- ویژگی‌های روش CO_2 را توضیح دهید.
- ۱۳- مراحل تولید قالب به روش CO_2 را شرح دهید.
- ۱۴- مزایا و محدودیت‌های روش ریخته‌گری در قالب CO_2 را نام ببرید.
- ۱۵- واکنش سیلیکات سدیم و دی‌اکسید کربن را در روش CO_2 توضیح دهید.
- ۱۶- ویژگی ماسه در روش CO_2 را توضیح دهید.
- ۱۷- روش آماده‌سازی ماسه را در فرآیند CO_2 توضیح دهید.
- ۱۸- ریخته‌گری در قالب‌های پوسته‌ای را تعریف نمایید.
- ۱۹- مزایا و محدودیت‌های روش پوسته‌ای را نام ببرید.
- ۲۰- اجزای ماسه در روش پوسته‌ای را نام ببرید.
- ۲۱- روش‌های تهیه مخلوط ماسه و رزین را توضیح دهید.
- ۲۲- روش‌های فرآیند پوسته‌ای را نام برده و در مورد آن‌ها مختصراً توضیح دهید.
- ۲۳- روش ریخته‌گری دقیق را تعریف نموده و در مورد ویژگی آن‌ها توضیح دهید.
- ۲۴- مزایا و محدودیت‌های فرآیند دقیق را نام ببرید.
- ۲۵- روش تهیه قالب را در قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی ریخته‌گری دقیق توضیح دهید.

روش‌های ریخته‌گری (۲)

ریخته‌گری در قالب‌های دائمی

هدف‌های رفتاری : از فراگیر انتظار می‌رود پس از پایان این فصل بتواند :

- ۱- ریخته‌گری در قالب‌های ریژه را شرح دهد.
- ۲- ریخته‌گری به روش تحت فشار را شرح دهد.
- ۳- ریخته‌گری به روش گریز از مرکز و انواع آن‌ها را شرح دهد.

۷-۱- مقدمه

همان‌گونه که در تاریخچه‌ی ریخته‌گری به آن اشاره شد، روش ریخته‌گری در قالب‌های دائمی قدمتی چندین هزار ساله دارد. انسان‌های اولیه با تعبیه شکل قالب در سنگ از یک نوع قالب نیمه دائمی استفاده می‌کردند.

تعریف : بر اساس یک تعریف کلی ریخته‌گری در قالب‌های دائمی به گروهی از روش‌های ریخته‌گری گفته می‌شود که قالب دائمی (فلزی) برای تهیه تعداد زیادی قطعه‌ی یکسان به طور مکرر مورد استفاده قرار گیرد.

۷-۱-۱- تقسیم‌بندی روش‌های ریخته‌گری در قالب‌های دائمی: روش‌های ریخته‌گری

در قالب‌های دائمی بر اساس نحوه‌ی پرکردن قالب به صورت زیر تقسیم می‌شوند :

- روش ریخته‌گری در قالب ریژه که بر اساس نیروی وزن مذاب، محافظه‌ی قالب را پر می‌کند.
- روش ریخته‌گری تحت فشار که در آن قالب بر اساس نیروی فشاری وارد بر مذاب پر می‌شود.
- روش ریخته‌گری گریز از مرکز که در آن مذاب در نتیجه‌ی نیروی گریز از مرکز قالب را پر می‌کند.

۲-۷- ریخته‌گری در قالب‌های ریژه (روش ثقلی)^۱

تعریف: ریخته‌گری در قالب‌های ریژه، روشی است که در آن مذاب بر اساس وزن (نیروی ثقل) قالب را پر نماید. در این روش ماهیچه‌های ساده از فلز ساخته می‌شود ولی ماهیچه‌های پیچیده‌تر از ماسه یا گچ تهیه می‌گردند. در مواردی که از ماهیچه‌های ماسه‌ای یا گچی در قالب ریژه استفاده شود به آن روش نیمه دائمی نیز می‌گویند.

۱-۲-۷- مزایا و محدودیت‌ها: فرآیند ریخته‌گری در قالب‌های ریژه برای تولید قطعات در تعداد زیاد و ضخامت دیواره‌ی نسبتاً یکنواخت مناسب می‌باشد. این روش در مقایسه با روش‌های ریخته‌گری در قالب‌های موقت دارای مزایا و محدودیت‌ها به شرح زیر می‌باشد:

الف - مزایا :

- ۱- سرعت تولید بالا.
 - ۲- قابلیت تکرار تولید قطعات یکنواخت.
 - ۳- دقت ابعادی خوب.
 - ۴- سطح تمام شده‌ی مناسب.
 - ۵- خواص فیزیکی و مکانیکی بالا.
 - ۶- عیوب ریختگی کم.
- ب - محدودیت‌ها و معایب :
- ۱- عدم امکان تولید کلیه آلیاژها.
 - ۲- غیر اقتصادی بودن تولید در تعداد کم^۲.
 - ۳- عدم امکان تولید قطعات بزرگ و سنگین.
 - ۴- عدم امکان تولید قطعاتی با شکل‌های خاص^۳.
 - ۵- لزوم استفاده از پوشش قالب.

۲-۲-۷- فلزات و آلیاژهای مناسب برای ریخته‌گری در قالب ریژه: فلزات و آلیاژهای مناسب برای ریخته‌گری در قالب‌های ریژه عبارتند از :

الف) آلیاژهای آلومینیم: در تولید انبوه این آلیاژها را می‌توان تا وزن ۷۰ کیلوگرم در قالب

۱- Gravity Die Casting

۲- ساخت قالب در این روش پر هزینه بوده لذا در تعداد کم غیر اقتصادی است.

۳- به عنوان مثال قطعاتی با سطح جدایش پیچیده، یا قطعاتی که خارج کردن آن‌ها از قالب مشکل است.

ریژه تولید نمود. البته در برخی موارد تا حدود ۳۴۵ کیلوگرم پوسته‌ی موتور در قالب ریژه ریخته‌گری شده است.

ب) آلیاژهای منیزیم: آلیاژهای منیزیم نیز علی‌رغم پایین بودن قابلیت ریخته‌گری آن‌ها، در قالب‌های ریژه ریخته‌گری می‌شوند. تولید قطعاتی تا وزن ۱۰ کیلوگرم به صورت انبوه توسط این روش معمول و متداول می‌باشد. البته ریخته‌گری قطعاتی تا حدود ۳۰ کیلوگرم نیز توسط این روش گزارش شده است.

ج) آلیاژهای مس: ریخته‌گری برخی آلیاژهای مس به ویژه برنج‌ها در قالب ریژه معمول می‌باشد. درجه‌ی انجماد آلیاژهای مس نسبتاً بالا بوده و سرعت انجماد در آن زیاد است. ماهیچه‌های فلزی بایستی بلافاصله پس از ریختن مذاب و انجماد از داخل قالب خارج شوند زیرا انقباض باعث گیرکردن ماهیچه در داخل قطعه می‌شود. معمولاً تولید قطعات بزرگ‌تر از ۱۰ کیلوگرم توسط این روش غیر معمول است.

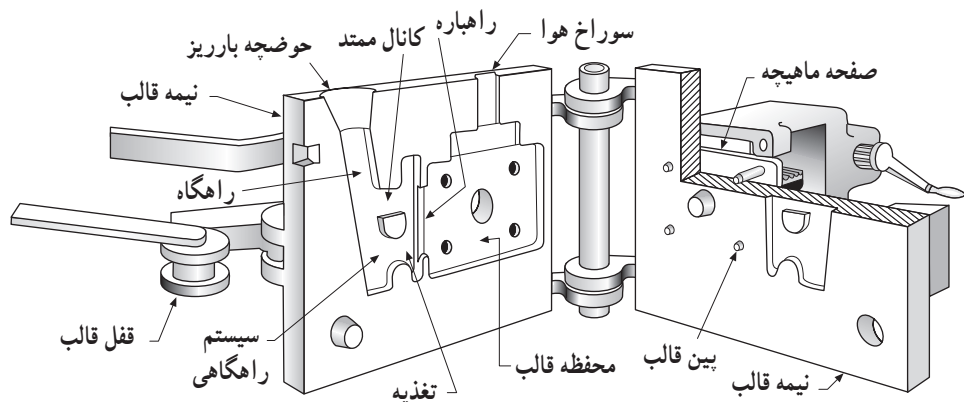
د) آلیاژهای روی: آلیاژهای روی را نیز می‌توان توسط این فرآیند ریخته‌گری نمود، اما به دلیل این که این آلیاژها بیشتر توسط روش ریخته‌گری تحت فشار تولید می‌شوند، روش ریژه در مورد آلیاژهای روی کمتر متداول است.

هـ) چدن‌های خاکستری: ریخته‌گری چدن‌های خاکستری هیپواتکتیک^۱ در تعداد زیاد و تا وزن حدود ۱۴ کیلوگرم توسط روش ریژه معمول می‌باشد. علت محدود بودن وزن قطعه‌ی ریختگی در این روش هزینه‌ی قالب، اندازه‌ی قالب و همچنین زمان سرد شدن قطعه در قالب است که در قطعات بزرگ زیاد بوده و حتی از ۱۰ دقیقه هم بیشتر می‌شود.

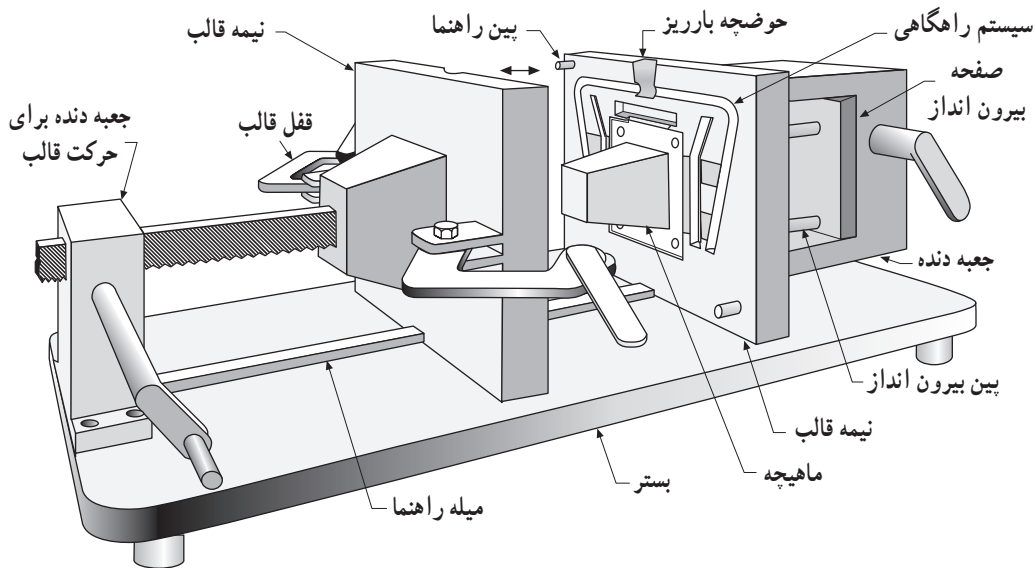
۳-۲-۷- روش‌های ریخته‌گری ریژه: ریخته‌گری در قالب‌های ریژه را می‌توان به سه گروه روش‌های دستی، روش‌های نیمه اتوماتیک و روش‌های تمام اتوماتیک تقسیم نمود. در این قسمت به بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود.

روش دستی: ریخته‌گری در قالب‌های ریژه به طریق دستی دارای طرح‌های نسبتاً ساده‌ای بوده و متناسب با ضخامت قطعه ساخته شده است. شکل (۷-۱-الف) یک روش ساده‌ی کتابی را نشان می‌دهد، این روش برای تولید قطعات، ریختگی با ضخامت کم و نازک مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل (۷-۱-ب) نوع دیگر از ماشین‌های ریخته‌گری ریژه دستی را نشان می‌دهد که برای تولید قطعات با ضخامت زیاد استفاده می‌شود.

۱- چدن‌هایی هستند که درصد کربن در آن‌ها کمتر از ۴/۳ درصد است.



(الف)

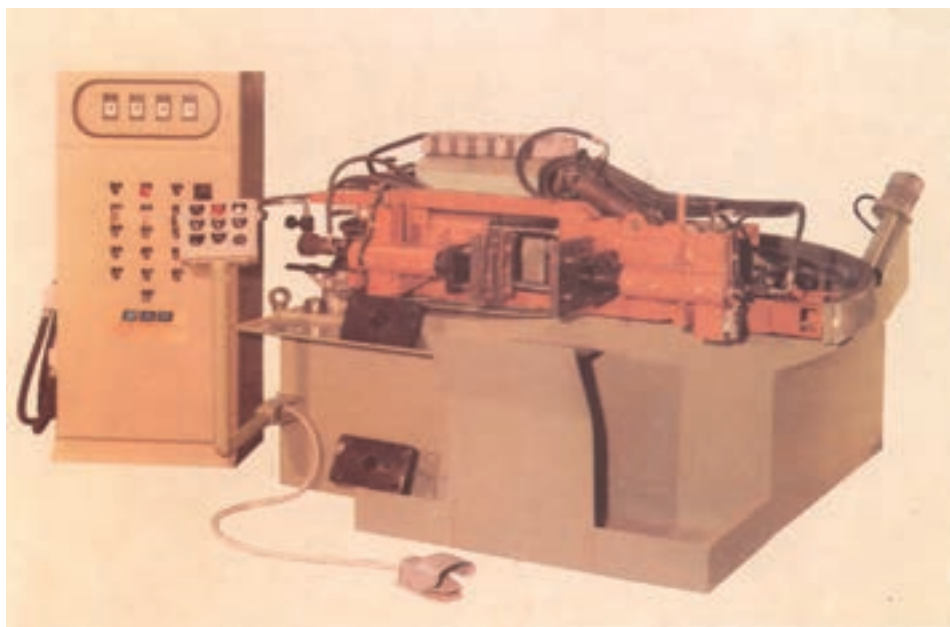


(ب)

شکل ۱-۷- دو نوع ماشین ریخته‌گری ریزه‌ی دستی (الف) قالب نوع کتابی ساده برای تولید قطعات با ضخامت کم (ب) برای تولید قطعات با ضخامت زیاد

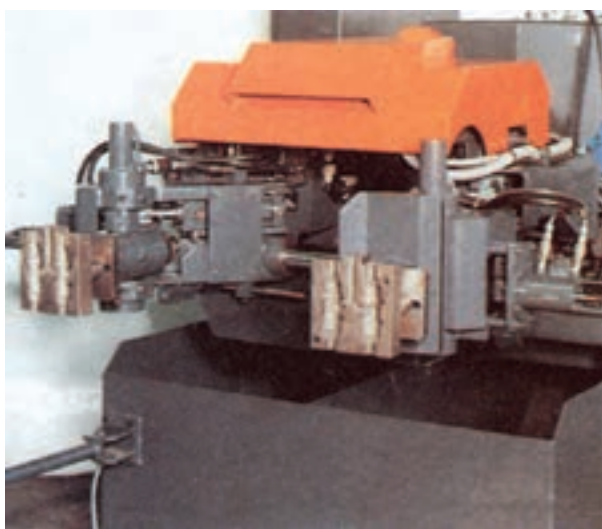
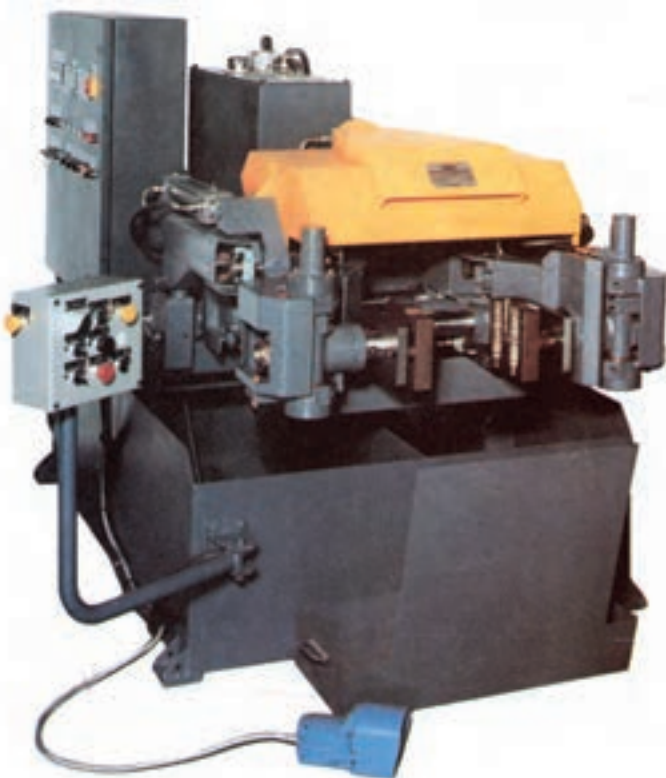
روش‌های ریخته‌گری ریژه‌ی دستی علی‌رغم سادگی، کاربردی وسیع دارد و امروزه درصد بالایی از قطعات ریختگی به این روش تولید می‌شود.

— روش نیمه اتوماتیک: برای تولید انبوه قطعات، روش‌های نیمه اتوماتیک جایگزین روش‌های دستی شده است. در این روش‌ها جهت باز و بسته شدن قالب از سیستم‌های هیدرولیکی یا پنوماتیکی استفاده می‌شود. پر کردن قالب و نیز خارج کردن قطعات ریخته شده از قالب توسط دست انجام می‌شود. شکل (۷-۲) یک نوع از این ماشین‌ها را نشان می‌دهد.



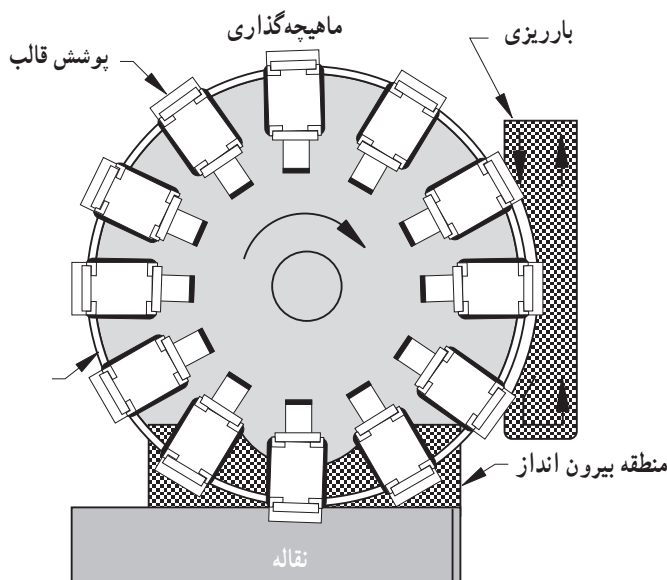
شکل ۷-۲— ماشین ریخته‌گری ریژه نیمه اتوماتیک

روش خودکار (اتوماتیک): در این نوع ماشین اکثر کارها توسط ماشین و حتی رباط‌ها انجام می‌شود. شکل (۷-۳) یک نوع از این ماشین را نشان می‌دهد. از این نوع ماشین به منظور تولید انبوه قطعات مختلف کوچک و بزرگ استفاده می‌شود.



شکل ۳-۷- ماشین ریخته‌گری ریزه تمام اتوماتیک

شکل (۷-۴) نوع دیگر از یک ماشین اتوماتیک با میزگردان را نشان می‌دهد. در این روش ایستگاه‌های مختلف در ریخته‌گری شامل بار ریزی، پوشش قالب، ماهیچه‌گذاری، انجماد و بیرون انداز بدنال یکدیگر قرار گرفته‌اند.



شکل ۷-۴- تصویر شماتیک یک ماشین ریخته‌گری ریزه اتوماتیک با ۱۲ قالب

۴-۲-۷- جنس قالب: عوامل اساسی در انتخاب جنس قالب و ماهیچه عبارتند از:

الف - درجه‌ی حرارت بار ریزی مذاب.

ب - اندازه‌ی قطعه‌ی ریختگی.

ج - تعداد قطعات ریختگی در هر قالب.

د - قیمت مواد قالب.

جدول ۷-۱ براساس عوامل فوق جنس قالب معمول برای آلیاژهای مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۷-۱- مواد پیشنهادی برای قالب‌های ریژه

تعداد تولید			آلیاژهای ریختگی
۱۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	
برای قطعات ریختگی کوچک (حداکثر ابعاد ۲۵ میلی متر)			
چدن خاکستری – فولاد ۱۰۲۰	چدن خاکستری – فولاد ۱۰۲۰	چدن خاکستری – فولاد ۱۰۲۰	روی و آلیاژهای آن
چدن خاکستری با سوپاپ AISI H14 – فولاد ۱۰۲۰	چدن خاکستری – فولاد ۱۰۲۰	چدن خاکستری – فولاد ۱۰۲۰	آلیاژهای آلومینیم – آلیاژهای منیزیم
چدن خاکستری آلیاژی برتر آلومینیم – برتر برلیم	چدن خاکستری	چدن خاکستری	آلیاژهای مس
معمولاً به این تعداد امکان تولید در یک قالب نیست	چدن خاکستری آلیاژی	چدن خاکستری آلیاژی	چدن خاکستری
برای قطعات متوسط و بزرگ (تا ابعاد ماکزیمم ۹/۵ میلی متر)			
چدن خاکستری (الف) AISI H11 ؛	چدن خاکستری (الف) AISI H11 ؛	چدن خاکستری (الف) AISI H11 ؛	آلیاژهای روی
چدن خاکستری (ب) AISI H11 یا H14؛	چدن خاکستری	چدن خاکستری	آلیاژهای آلومینیم – آلیاژهای منیزیم
آلیاژ چدن خاکستری (ج)	آلیاژ چدن خاکستری	آلیاژ چدن خاکستری	آلیاژهای مس
چدن خاکستری آلیاژی	چدن خاکستری آلیاژی	چدن خاکستری آلیاژی	آلیاژهای چدن خاکستری
(الف) در قطعات با اندازه متوسط هنگامی که پرداخت لازم است از AISI H11 استفاده می شود.			
(ب) برای اندازه های متوسط و برای قطعات بزرگ پیشنهاد می شود از چدن خاکستری با H11 استفاده شود.			
(ج) برای قطعات با اندازه متوسط و قطعات بزرگ در این تعداد قابلیت تولید در یک قالب را ندارند.			

۵-۲-۷- عمر قالب: عمر قالب از موضوعات مهم در ریخته‌گری قالب‌های ریژه می‌باشد، چرا که عامل اصلی و مهم در تعیین قیمت تمام شده‌ی قطعات می‌باشد. عمر قالب نیز همانند جنس قالب به چهار عامل ذکر شده در قسمت ۴-۱-۷ بستگی دارد. عمر قالب می‌تواند از ۱۰۰ تا ۲۵۰۰۰ بار ریختن و حتی بیشتر باشد. به عنوان مثال قالب‌های مورد استفاده در پیستون‌های

آلومینیومی می‌تواند ۲۵۰۰۰۰ قطعه بدون نیاز به تعمیرات اساسی را تولید نماید و با تعمیرهای مکرر تولید را می‌توان تا ۳/۵ میلیون قطعه افزایش داد. مهمترین عواملی که می‌تواند در عمر قالب موثر باشد عبارتند از :

- درجه‌ی حرارت بارریزی : درجه‌ی حرارت بالا باعث کاهش عمر قالب می‌شود.
- وزن قطعه‌ی ریختگی : با افزایش وزن قطعه‌ی ریختگی عمر قالب کاهش می‌یابد.
- شکل قطعه‌ی ریختگی : انتقال حرارت در قسمت‌های ضخیم نسبت به قسمت‌های نازک قالب بیشتر بوده بنابراین هنگامی که قطعه ریختگی دارای اختلاف سطح مقاطع زیاد باشد، در قسمت‌های مختلف قالب اختلاف درجه‌ی حرارت به وجود آمده و عمر قالب کاهش می‌یابد.
- روش سرد کردن : نحوه‌ی سرد کردن قالب در عمر آن‌ها موثر است به عنوان مثال سرد کردن قالب توسط آب نسبت به هوا عمر قالب را کاهش می‌دهد.
- پیش گرم کردن قالب : با پیش گرم کردن، عمر قالب افزایش می‌یابد.
- پوشش قالب: پوشش از خوردگی و جوش خوردن فلز مذاب به قالب جلوگیری می‌کند و عمر آن را افزایش می‌دهد.
- جنس قالب : در این رابطه به جدول ۱-۷ مراجعه شود.
- انبار کردن : انبار نمودن قالب در محل‌های نامناسب باعث زنگ زدگی و خراب شدن آن می‌شود.

— تمیز کردن قالب : عمل تمیز کردن قالب به وسیله‌ی پاشیدن مواد ساینده و فرو بردن قالب در محلول سود و تمیز کاری با برس سیمی انجام می‌شود. تمیز کاری بایستی با دقت انجام شود در غیر این صورت باعث ساییدگی و کاهش عمر قالب می‌شود.

- سیستم راهگاهی : طراحی صحیح سیستم راهگاهی عمر قالب را افزایش می‌دهد.
 - نوع عملیات ریختگی : عمر قالب در روش‌های اتوماتیک نسبت به روش‌های دستی بیشتر است به گونه‌ای که ممکن است عمر قالب در روش‌های اتوماتیک تا دو برابر روش‌های دستی برسد.
- ۶-۲-۷- درجه‌ی حرارت قالب :** درجه‌ی حرارت قالب در سلامت قطعه‌ی ریختگی تأثیر قابل توجهی دارد. در صورتی که درجه‌ی حرارت قالب پایین باشد باعث به وجود آمدن عیوبی مانند پر نشدن قالب (نیامد) و ترک می‌شود و بر عکس اگر درجه‌ی حرارت قالب بالا باشد عیوبی مانند مک و کاهش خواص متالورژیکی قطعه را به وجود می‌آورد. به طور کلی عوامل زیر درجه‌ی حرارت قالب را تعیین می‌کند :

— درجه‌ی حرارت بارریزی : با افزایش درجه‌ی حرارت بارریزی درجه‌ی حرارت قالب افزایش می‌یابد.

— تعداد دفعات ریخته‌گری : هر چه دوره‌ی عملیات ریخته‌گری سریعتر باشد درجه‌ی حرارت قالب افزایش می‌یابد.

— شکل قطعه‌ی ریختگی : مقاطع ضخیم، گوشه‌های تیز نه تنها درجه‌ی حرارت کلی قالب را افزایش می‌دهد، بلکه یک شیب حرارتی نامناسب ایجاد می‌کند.

— ضخامت قطعه‌ی ریختگی : با افزایش ضخامت قطعه‌ی ریختگی درجه‌ی حرارت قالب افزایش می‌یابد.

— ضخامت دیواره‌ی قالب : با افزایش ضخامت دیواره‌ی قالب درجه‌ی حرارت قالب کاهش می‌یابد.

— ضخامت پوشش قالب : با افزایش ضخامت پوشش قالب درجه‌ی حرارت قالب افزایش می‌یابد.

۷-۲-۷ — درجه‌ی حرارت بارریزی : کنترل درجه‌ی حرارت بارریزی در ریخته‌گری در قالب‌های ریژه از اهمیت به سزایی برخوردار می‌باشد. درجه‌ی حرارت بارریزی همانگونه که قبلاً اشاره شد در عمر قالب تأثیر دارد. از طرف دیگر این درجه‌ی حرارت در کیفیت قطعه‌ی ریختگی عامل تعیین کننده می‌باشد. در صورتی که درجه حرارت بارریزی پایین‌تر از حد لازم باشد محفظه قالب پر نشده، راهگاه و تغذیه قبل از آخرین قسمت قالب منجمد می‌شود و قسمت‌های نازک قالب با سرعت منجمد می‌شود. و در نهایت درجه‌ی حرارت پایین منجر به عیوبی مانند پر نشدن قالب، مک، ترک و کاهش خواص قطعه می‌شود.

اگر درجه‌ی حرارت بارریزی از مقدار لازم بیشتر باشد، باعث انقباض و تاب برداشتن قالب می‌شود در نتیجه دقت ابعادی کاهش می‌یابد. از طرف دیگر زمان انجماد طولانی شده و در نتیجه سرعت تولید کاهش می‌یابد. همچنین عیوبی مانند مک، کاهش خواص مکانیکی و متالورژیکی نیز بر اثر افزایش درجه‌ی حرارت بارریزی به وجود می‌آید.

۷-۳ — ریخته‌گری تحت فشار^۱

تعریف : ریخته‌گری تحت فشار به روشی اطلاق می‌شود که در آن مذاب تحت فشار معین محفظه‌ی قالب را پر نماید. فشار در این روش متغیر بوده و به عوامل مختلف بستگی دارد.

ویژگی: در این روش از قالب‌های فلزی استفاده می‌شود. تفاوت اساسی روش‌های تحت فشار و ریژه در نحوه‌ی پر کردن قالب است. در روش ریژه پر شدن قالب بر اساس نیروی ثقلی مذاب (وزن مذاب) می‌باشد در حالی که در ریخته‌گری تحت فشار پر شدن قالب در اثر فشار وارد بر مذاب بوده و انجماد نیز تحت فشار انجام می‌گیرد. به همین دلیل در روش ریخته‌گری تحت فشار امکان تولید قطعات پیچیده‌تر وجود داشته و از لحاظ مک و حفره‌های گازی و انقباضی و نیز خواص مکانیکی شرایط بهتری نسبت به ریخته‌گری در قالب‌های ریژه دارد.

ریخته‌گری تحت فشار بر اساس نیروی فشار اعمال شده به دو روش تقسیم می‌شود:

— ریخته‌گری تحت فشار زیاد^۱

— ریخته‌گری تحت فشار کم^۲

روش ریخته‌گری تحت فشار زیاد کاربرد وسیع‌تری نسبت به روش ریخته‌گری تحت فشار کم دارد و در صنعت اصطلاحاً به آن «ریخته‌گری تحت فشار» و یا «دایکاست» گفته می‌شود. بنابراین زمانی که اصطلاح ریخته‌گری تحت فشار آورده شد، مقصود ریخته‌گری تحت فشار زیاد می‌باشد. در این فصل به طور مفصل روش ریخته‌گری تحت فشار زیاد بررسی می‌شود و در پایان فصل به روش ریخته‌گری تحت فشار کم نیز اشاره خواهد شد.

۱—۳—۷ — مزایا و محدودیت‌ها: فرآیند ریخته‌گری تحت فشار علاوه بر مزایا و محدودیت‌های روش ریخته‌گری در قالب‌های ریژه، نسبت به روش ریخته‌گری در قالب‌های موقت و نیز روش ریژه دارای مزایا و محدودیت‌هایی است که عبارتند از:

(الف) مزایا:

— قابلیت تولید قطعات با شکل‌های پیچیده‌تر نسبت به روش ریژه.

— امکان تولید قطعات نازک و با ضخامت کم و طول و نیز دقت ابعادی بالاتر نسبت به روش‌های دیگر.

— بالا بودن راندمان تولید در این روش به ویژه هنگامی که از قالب با چند محفظه استفاده شود.

— تولید قطعات با کیفیت سطوح بهتر نسبت به ریژه و کاهش عملیات تمام کاری و تقلیل محوطه‌ی کار.

— قابلیت تکرار تولید قطعات یکنواخت.

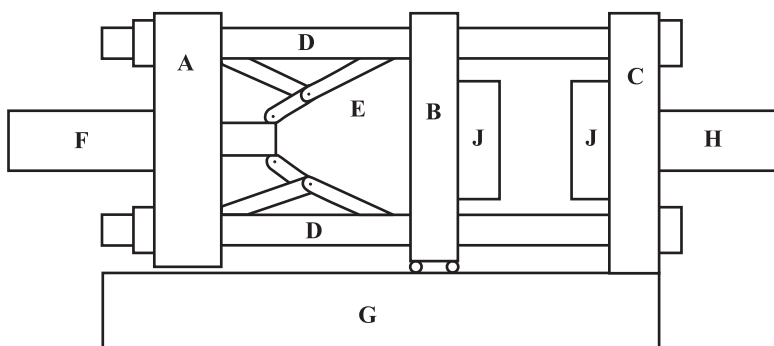
۱ — High Pressure Die Casting

۲ — Low Pressure Die Casting

- کاهش سیستم‌های راهگاهی و در نتیجه کاهش مصرف مذاب.
- کاهش قیمت تمام شده ی قطعه.
- بهبود خواص مکانیکی قطعه ی ریخته گری نسبت به روش های دیگر.
- ب) محدودیت ها و معایب :
- محدودیت ابعاد و وزن قطعات ریخته گری حتی نسبت به روش ریژه.
- وابستگی شدید به طراحی قطعات ریخته گری و سیستم راهگاهی.
- گران بودن تجهیزات (ماشین، قالب ها و ...) بنابراین فقط در تعداد زیاد مقرون به صرفه می باشد.

- با چند استثناء، استفاده ی تجاری از این روش در فلزات با نقطه ذوب بالاتر از مس عملی نمی باشد.

۲-۳-۷- طرز کار ماشین های ریخته گری تحت فشار: در این قسمت به منظور درک بهتر روش کار ماشین های تحت فشار به تشریح یک سیستم ساده از آن پرداخته می شود. اگر چه جزییات ماشین های ریخته گری تحت فشار زیاد با هم تفاوت دارد اما اساس کار همه ی آنها مشابه می باشد. شکل ۵-۷ به طور شماتیک قسمت های اصلی ماشین ریخته گری تحت فشار را نشان می دهد.



شکل ۵-۷- تصویر شماتیک از قسمت های اصلی ماشین ریخته گری تحت فشار

همانگونه که در این شکل مشاهده می شود یک ماشین ریخته گری تحت فشار از قسمت های زیر تشکیل شده است :

(G): بستری یا پایه که سایر قطعات بر روی آن سوار می‌باشد.

(A): صفحه‌ی تنظیم که به سیستم قفل کننده اتصال دارد.

(B): صفحه‌ی متحرک که بر روی پایه‌ی ماشین سُر خورده و حرکت می‌کند.

(C): صفحه‌ی ثابت که به سیستم تزریق H متصل است. این صفحه‌ها به وسیله‌ی چهار راهنمای D به یکدیگر متصل هستند. در روی صفحه‌ی ثابت (C) سیستم تزریق قرار دارد.

(F): سیستم قفل کننده‌ی (F) در پشت صفحه‌ی تنظیم (A) قرار دارد. و نیروی لازم را برای به حرکت درآوردن صفحه‌ی تنظیم فراهم می‌آورد.

(E): بین صفحه‌ی تنظیم (A) و صفحه‌ی متحرک (B) سیستم اتصالات زانوئی^۱ (E) قرار دارد که وظیفه‌ی آن انتقال نیرو از صفحه‌ی تنظیم به صفحه‌ی متحرک می‌باشد.

(j): دو نیمه‌ی قالب (j) یکی روی صفحه‌ی ثابت و دیگری به روی صفحه‌ی متحرک نصب شده و هنگامی که نیمه‌های قالب بر روی یکدیگر توسط مکانیزم قفل سازی سیلندر و اتصالات زانوئی محکم می‌شوند، ماشین قفل می‌کند.

طرز کار ماشین به طور خلاصه به شرح زیر است :

الف : « دو نیمه قالب » توسط سیستم قفل کننده کاملاً به هم محکم می‌شوند.

ب : مذاب لازم توسط سیستم تزریق H به داخل قالب تحت فشار وارد شده و تمام قسمت‌های قالب را پر می‌کند.

ج : پس از انجماد مذاب، سیستم قفل کننده صفحه‌ی متحرک B را به عقب حرکت می‌دهد.

د : قطعه‌ی ریخته شده توسط پران‌های مخصوص از سطح قالب جدا می‌شود.

هـ : قالب تمیز شده و توسط اسپری پوشش داده می‌شود.

و : عملیات فوق مجدداً تکرار می‌شود.

۳-۷- انواع ماشین‌های ریخته‌گری تحت فشار: ماشین‌های ریخته‌گری تحت فشار

براساس نحوه‌ی تزریق مذاب به داخل محفظه‌ی قالب به دو دسته تقسیم می‌شوند :

الف : ماشین‌های ریخته‌گری تحت فشار با محفظه‌ی گرم^۲.

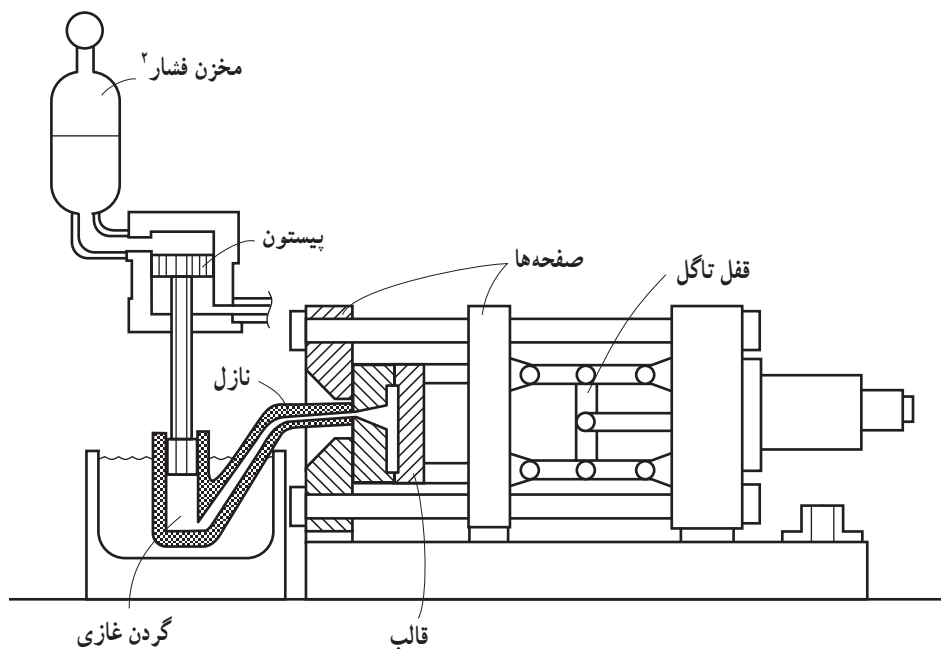
ب : ماشین‌های ریخته‌گری تحت فشار با محفظه‌ی سرد^۳.

۱- Toggle link

۲- Hot Chamber Process

۳- Cold Chamber Process

الف : ماشین‌های ریخته‌گری تحت فشار با محفظه گرم : این روش دارای کوره‌ای است که وظیفه‌ی آن نگهداری مذاب در درجه‌ی حرارت مطلوب می‌باشد (شکل ۷-۶). (شکل ۷-۷) سیستم پمپ مذاب به داخل محفظه‌ی قالب را نشان می‌دهد. این سیستم شامل سیلندر فشار، پیستون تزریق مذاب^۱، گردن غازی و نازل می‌باشد. در داخل گردن غازی سیلندر فشار و نیز پیستون تزریق مذاب که در داخل مذاب غوطه‌ور است، قرار دارد و بنابراین درجه‌ی حرارت این مجموعه به اندازه‌ی درجه‌ی حرارت مذاب خواهد بود. این سیستم به مذاب این امکان را می‌دهد که در حداقل زمان و با حداقل کاهش درجه‌ی حرارت، مذاب به داخل قالب تزریق گردد.

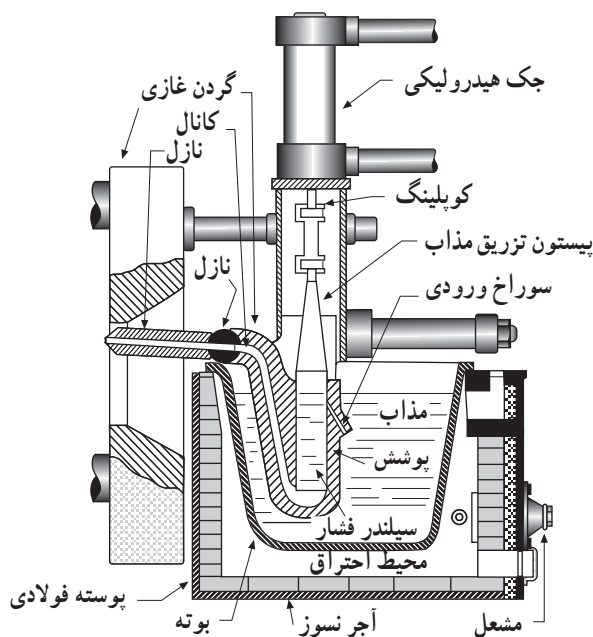


شکل ۷-۶- نمای شماتیک از قسمت‌های اصلی ماشین ریخته‌گری تحت فشار با محفظه گرم

هنگامی که پیستون تزریق مذاب در قسمت بالا قرار دارد (شکل ۷-۷) مذاب از داخل بوتۀ توسط سوراخ مدخل ورودی به داخل سیلندر وارد می‌شود. هنگامی که قالب بسته و قفل می‌شود، جک هیدرولیکی نیروی لازم را برای به حرکت در آوردن پیستون تزریق مذاب به طرف پایین فراهم می‌آورد. در این حالت «مدخل ورودی» بسته می‌شود. با به حرکت در آمدن پیستون تزریق مذاب به طرف پایین مذاب تحت فشار وارد قسمت «گردن غازی» شده و پس از عبور از نازل وارد محفظه‌ی

۱- Plunger

۲- Accumulator

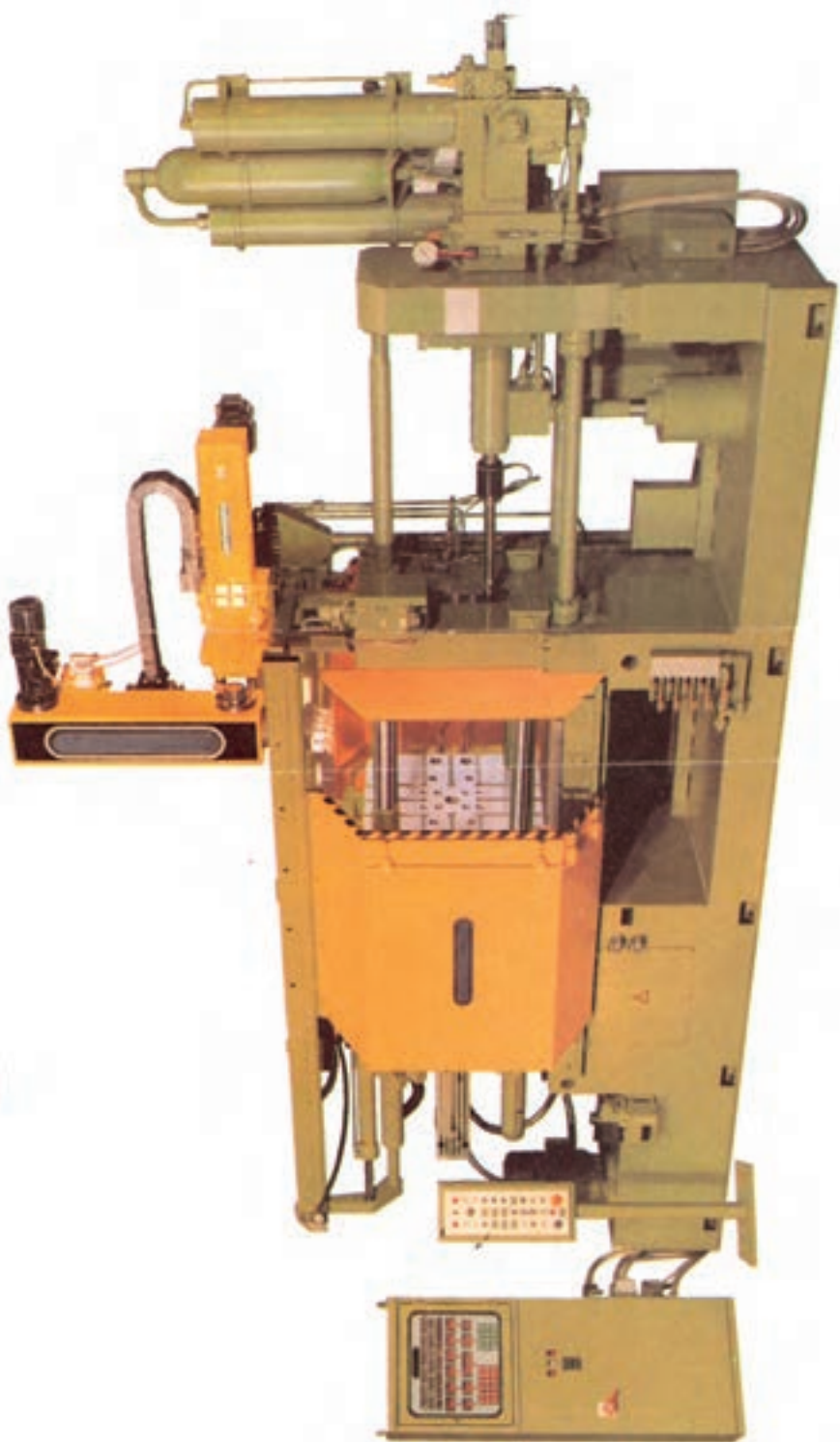


شکل ۷-۷- قسمت‌های اصلی تزریق مذاب در روش محفظه‌ی گرم

قالب می‌شود. بعد از عمل تزریق و پس از منجمد شدن مذاب در داخل محفظه‌ی قالب، جک هیدرولیکی در جهت معکوس عمل نموده و پیستون تزریق مذاب را به طرف بالا هدایت می‌کند. در این هنگام درب مدخل ورودی باز شده و مذاب لازم وارد «سیلندر فشار» می‌شود. در این حالت ماشین برای عملیات بعدی آماده است.

اندازه‌ی قطعات ریختگی تولید شده توسط فرآیند محفظه‌ی گرم می‌تواند از چند گرم تا حدود ۲۵ کیلوگرم باشد. فلزات و آلیاژهایی که توسط این روش تهیه می‌شوند به دلیل تماس قسمت‌هایی از ماشین با مذاب بایستی دارای نقطه‌ی ذوب پایین باشند و معمولاً آلیاژهای روی، سرب، قلع و اخیراً منیزیم را می‌توان به این روش تولید نمود.

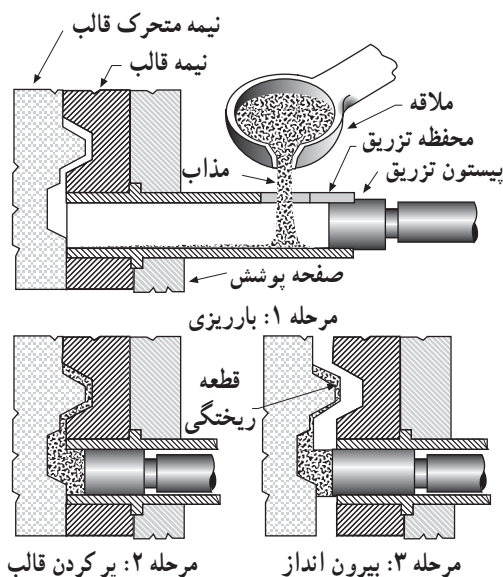
روش ریخته‌گری تحت فشار با محفظه‌ی سرد: ماشین‌های ریخته‌گری تحت فشار با محفظه سرد کاربرد وسیع‌تری دارد و توسط آن می‌توان آلیاژهایی دارای نقطه ذوب بالاتر (تا حدود مس) را تولید نمود. شکل (۸-۷) یک ماشین با محفظه‌ی سرد را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۷- ماشین ریخته‌گری تحت فشار با محفظه‌ی سرد

شکل (۷-۹) سیستم تزریق این نوع ماشین را به طور شماتیک نشان می‌دهد. در این ماشین‌ها محفظه‌ی تزریق از طریق مذاب گرم می‌شود.

با بسته و قفل شدن قالب، مذاب از دریچه‌ی بارریزی به داخل محفظه تزریق، وارد می‌شود. (مرحله ۱ در تصویر ۷-۹). در این حالت جک هیدرولیک، پیستون تزریق را در داخل محفظه‌ی تزریق به طرف جلو هدایت می‌کند. «پیستون تزریق» ابتدا دریچه‌ی بارریزی را می‌بندد و سپس مذاب را با فشار به داخل محفظه‌ی قالب می‌راند (مرحله ۲ در تصویر ۷-۹). پس از انجماد مذاب، قالب باز شده و پیستون به حالت اولیه خود برمی‌گردد.



شکل ۷-۹- دوره‌ی عملیات ریخته‌گری یک ماشین ریخته‌گری تحت فشار با محفظه‌ی سرد

روش ریخته‌گری تحت فشار با محفظه‌ی سرد برای آلیاژهای آلومینیم، منیزیم و مس کاربرد زیادی دارد. مهم‌ترین مزیت روش محفظه‌ی سرد این است که تجهیزات در تماس دائم با مذاب نمی‌باشد (زیرا محفظه‌ی تزریق و پیستون در داخل مذاب غوطه‌ور نیستند). از دیگر مزیت‌های این فرآیند بالا بودن فشار تزریق است.

مهم‌ترین محدودیت‌های این روش عبارتند از :
- زمان طولانی‌تر تزریق نسبت به روش محفظه‌ی گرم.

— امکان ایجاد عیوب در قطعات به علت کاهش درجه‌ی حرارت مذاب.

۴-۳-۷- قالب: قالب‌های مورد استفاده در ریخته‌گری تحت فشار از دو نیمه تشکیل شده

است.

نیمه اول قالب ثابت است و قسمت تزریق مذاب در آن تعبیه شده و با محفظه تزریق به وسیله نازل ارتباط دارد. نیمه دوم قالب متحرک است و سیستم بیرون انداز در آن قرار دارد و در بیش‌تر موارد راه باره‌ها نیز روی آن تعبیه شده است. محفظه‌ی قالب در دو نیمه طوری ساخته می‌شود که هنگام باز کردن قالب قطعه‌ی ریختگی جامد از نیمه ثابت قالب آزاد شده و روی نیمه‌ی متحرک قالب باقی بماند و سپس به وسیله‌ی بیرون انداز که در نیمه‌ی متحرک قالب قرار دارد، از قالب جدا می‌شود. اگر محور ماهیچه‌ها موازی با جهت حرکت قالب باشند، نیازی به خارج کردن آن‌ها قبل از باز کردن قالب نیست. که به آن‌ها ماهیچه‌های ثابت می‌گویند و با باز شدن دو نیمه قالب، آن‌ها نیز از قطعه‌ی ریختگی جدا می‌شوند. ماهیچه‌هایی که دارای محور غیر موازی با جهت حرکت قالب هستند، ماهیچه‌های متحرک نامیده می‌شوند. این ماهیچه‌ها به وسیله سیستم جداگانه‌ای قبل از خارج شدن قطعه‌ی ریختگی از آن جدا می‌شوند.

۵-۳-۷- ریخته‌گری تحت فشار کم: فشار تزریق مذاب در این روش کمتر از یک اتمسفر

می‌باشد. لذا محدودیت موجود در روش ریخته‌گری تحت فشار بالا در استفاده از ماهیچه‌های موقت (ماسه‌ای) حذف می‌گردد. به این ترتیب امکان تولید کلیه قطعاتی که توسط روش ریژه تولید می‌گردد، توسط این فرآیند و با کیفیت بالاتر وجود دارد. بعلاوه امکان تولید قطعات پیچیده که به دلیل پرنشدن قالب، در روش ریژه وجود ندارد، با کمک این روش امکان پذیر می‌گردد. از دیگر مزایای این روش نسبت به روش ریژه می‌توان از کیفیت بالاتر سطوح ریختگی، خواص مکانیکی و متالورژیکی بالاتر، سرعت تولید زیادتر نام برد.

محدودیت اصلی این روش، بالا بودن قیمت تجهیزات و قالب نسبت به روش ریخته‌گری در قالب ریژه می‌باشد. شکل (۱۰-۷) این روش را نشان می‌دهد.

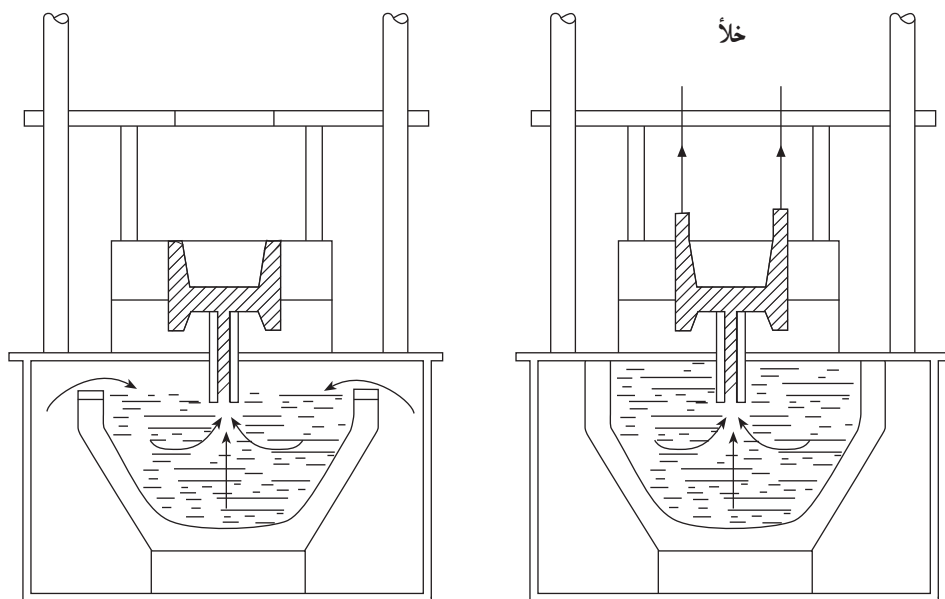
روش کار: در شکل (۱۱-۷) به طور شماتیک روش کار این فرآیند نشان داده شده است.

در این روش قالب پس از ماهیچه گذاری و بسته شدن، 180° چرخیده و به طور معکوس روی کوره القایی مخصوص قرار می‌گیرد. از قسمت دیگر کوره فشار هوا بر سطح مذاب در کوره اعمال می‌گردد، بدین ترتیب مذاب از پایین با فشار کم (حدود $5/0^{\circ}$ اتمسفر) به داخل قالب تزریق می‌شود.



- ۱- ریخته‌گری
- ۲- باز شدن قالب و خارج شدن قطعه
- ۳- سرد کردن و پوشش دادن قالب
- ۴- ماهیچه گذاری

شکل ۱۰-۷- ماشین ریخته‌گری تحت فشار کم



شکل ۱۱-۷- نمای شماتیک از روش کار ماشین ریخته‌گری تحت فشار کم

پس از انجماد کامل قطعه، قالب 18° چرخیده و به حالت اولیه خود برمی‌گردد، دو نیمه قالب باز شده و قطعه توسط بیرون انداز از قالب جدا می‌شود. آنگاه دو نیمه‌ی قالب در داخل مواد پوششی غوطه‌ور شده تا پوشش لازم در سطح قالب به وجود آید. در پایان عملیات ماهیچه‌گذاری در آن انجام می‌شود و دوره‌ی عملیات جدید آغاز می‌گردد. ماشین‌های ریخته‌گری تحت فشار کم معمولاً دارای چند ایستگاه کاری بوده و در نتیجه سرعت تولید در آن‌ها افزایش می‌یابد.

۷-۴- ریخته‌گری گریز از مرکز^۱

تعریف: روش ریخته‌گری گریز از مرکز به روشی گفته می‌شود که در آن قالب تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز برمی‌شود.

به طور کلی در فرآیند ریخته‌گری گریز از مرکز دو روش وجود دارد که عبارتند از :

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

۱-۴-۷- روش گریز از مرکز افقی: این روش که قالب حول محور افقی خود می چرخد، برای اولین بار در سال ۱۸۰۹ میلادی در انگلستان به ثبت رسید. این روش ابتدا برای تولید لوله‌های چدن خاکستری، چدن نشکن و برنج با ضخامت کم مورد استفاده قرار گرفت. با پیشرفت صنایع و استفاده از تجهیزات مدرن جهت بهبود بخشیدن به خواص متالورژیکی، پیشرفت چشمگیری در قابلیت تولید لوله‌های بزرگ و دقت ابعادی آن‌ها به وجود آمد.

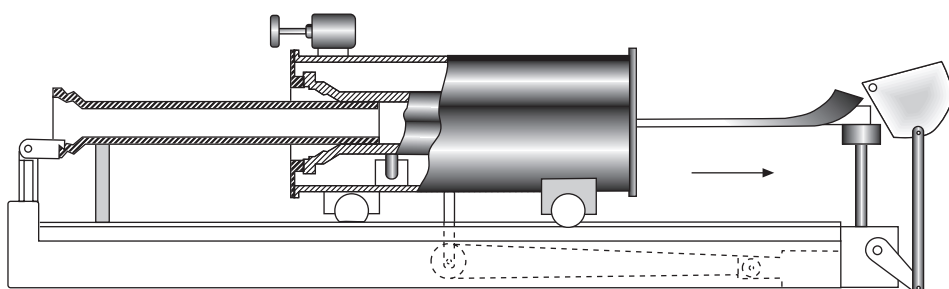
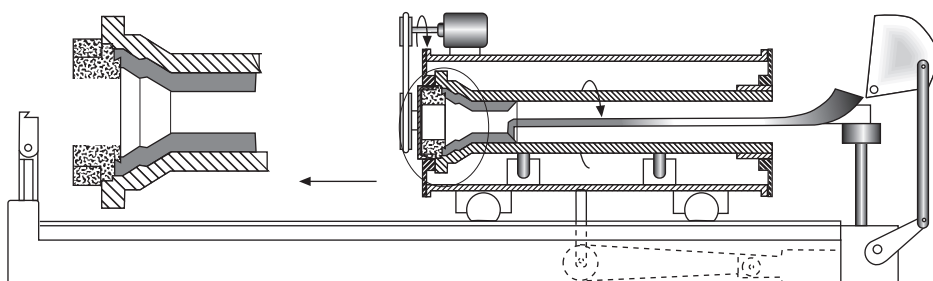
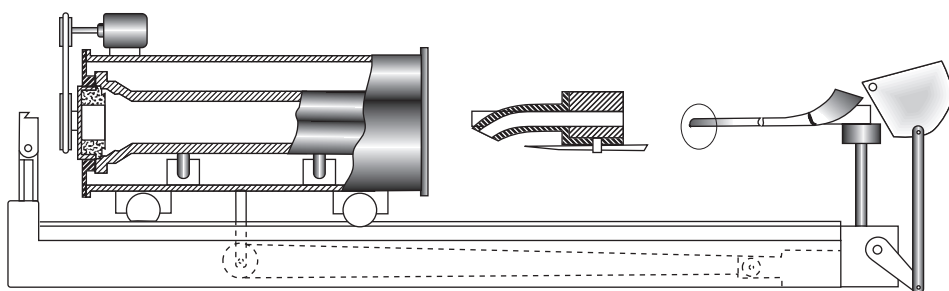
روش کار: یک ماشین ریخته‌گری گریز از مرکز افقی باید قابلیت تکرار چهار عمل را با دقت داشته باشد که عبارتند از:

- قالب تحت سرعت مشخص حول محور افقی بچرخد.
- وسیله‌ای برای بار ریزی مذاب در داخل قالب در حال چرخش وجود داشته باشد.
- به محض پر شدن قالب، انجماد از یک قسمت آغاز و در یک قسمت دیگر به پایان برسد.
- قطعه‌ی منجمد شده با سرعت از داخل قالب خارج شود.

شکل (۱۲-۷) یک نوع از ماشین‌های گریز از مرکز را نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود، ماشین دو حرکت دارد، حرکت چرخشی و حرکت رفت و برگشت که روی یک ریل مخصوص انجام می‌گیرد و در قسمت وسط این شکل نیز نمایان است. در حالی که قالب در حول محور خود با سرعت مشخص می چرخد، مذاب توسط یک ناودانی مخصوص به تدریج در قالب ریخته می‌شود. در همین زمان قالب روی ریل با سرعت معین شروع به عقب رفتن می‌کند. این عمل تا آنجا ادامه می‌یابد که مذاب به همه‌ی قسمت‌های قالب برسد. پس از انجماد مذاب، لوله توسط سیستم بیرون کش مخصوص، از داخل قالب خارج می‌شود.

شکل (۱۳-۷) سیستمی را نشان می‌دهد که قالب فقط حول محور خود می چرخد و حرکت رفت و برگشتی در آن وجود ندارد. در این گونه ماشین‌ها مذاب به یکباره به داخل قالب ریخته می‌شود.

جنس قالب: جنس قالب معمولاً از فولاد، مس یا گرافیت می‌باشد. قالب‌های فولادی برای تولید قطعه‌ها به تعداد زیاد و برای ریخته‌گری آلیاژهایی که دارای نقطه انجماد بالایی هستند، به کار می‌رود. قالب‌های فولادی نسبت به شوک حرارتی حساس بوده و برای کاهش آن سطح قالب باید کاملاً پوشش داده شود.



شکل ۱۲-۷- یک نوع ماشین گریز از مرکز افقی جهت لوله ریزی چدن



شکل ۱۳-۷- نوع دیگری از ماشین گریز از مرکز افقی

روش‌های بارریزی : بارریزی مذاب در داخل قالب می‌تواند از یک طرف یا دو طرف و یا به وسیله یک کانال در طول قالب انجام گیرد. سرعت بارریزی متغیر بوده و به عامل‌هایی نظیر جنس و اندازه قطعه بستگی دارد. سرعت‌های بارریزی کمتر باعث شکل‌گیری مک‌های گازی و چروک خوردن سطح می‌شوند و برعکس سرعت‌های زیاد بارریزی منجر به ترک‌های طولی می‌گردند. درجه‌ی حرارت ریختگی: درجه‌ی حرارت بارریزی تابعی از فلز یا آلیاژ ریختگی، اندازه‌ی قالب و خواص فیزیکی مواد قالب است.

درجه‌ی حرارت قالب: درجه‌ی حرارت قالب نیز در خواص قطعه ریختگی مؤثر بوده و درجه‌ی حرارت اولیه‌ی قالب به جنس مذاب، ضخامت قالب و ضخامت لوله‌ی ریختگی بستگی دارد.

۲-۴-۷- ریخته‌گری گریز از مرکز عمودی: در این فرآیند قطعات ریختگی در اثر بارریزی مذاب در داخل یک قالب گردان عمودی به وجود می‌آید. نیروی گریز از مرکز که ناشی از چرخش قالب است، فشار لازم برای پرکردن محفظه‌ی قالب (یا محفظه‌های قالب) را فراهم می‌آورد. این فشار تا انجماد کامل فلز داخل قالب باقی می‌ماند. قطعات تولید شده به این روش نسبت به روش‌های استاتیکی دارای خواص مکانیکی برتری می‌باشند. از طرف دیگر این روش برای تولید قطعه‌های خاص اقتصادی‌تر است.

از ویژگی‌های این روش همسویی خواص فیزیکی، مکانیکی قطعه‌ها و نیز بالا رفتن چگالی آن‌ها می‌باشد. از طرف دیگر قطعه‌ها از اکسیدها، مک‌های گازی و دیگر ناخالصی‌ها عاری می‌باشد. از مزیت‌های مهم این روش، عدم استفاده از راهگاه و تغذیه و در نتیجه بالا رفتن راندمان تولید است.

امکان تولید کلیه‌ی آلیاژها در روش گریز از مرکز از دیگر مزیت‌های این روش است. فولادهای ساده‌ی کربنی و آلیاژی، فولادهای پر آلیاژ و مقاوم به خوردگی و حرارت، چدن‌های خاکستری، نشکن، فولادهای پر آلیاژ، فولادهای ضد زنگ، فولادهای نیکلی، آلیاژهای آلومینیم، مس، منیزیم، نیکل تماماً امکان تولید توسط روش گریز از مرکز عمودی را دارند. مواد غیرفلزی نظیر سرامیک‌ها، شیشه‌ها، پلاستیک‌ها و ... و در حقیقت تمام موادی که می‌توانند حالت مذاب داشته باشند، امکان تولید توسط این روش را دارند.

قالب‌ها: قالب‌ها در روش گریز از مرکز عمودی می‌توانند ماسه‌ای، نیمه دائمی و دائمی باشند. انتخاب نوع قالب به شکل قطعه، کیفیت مورد نیاز و نیز تعداد تولید بستگی دارد.

تقسیم‌بندی روش گریز از مرکز عمودی : روش گریز از مرکز عمودی به سه دسته تقسیم می‌شود :

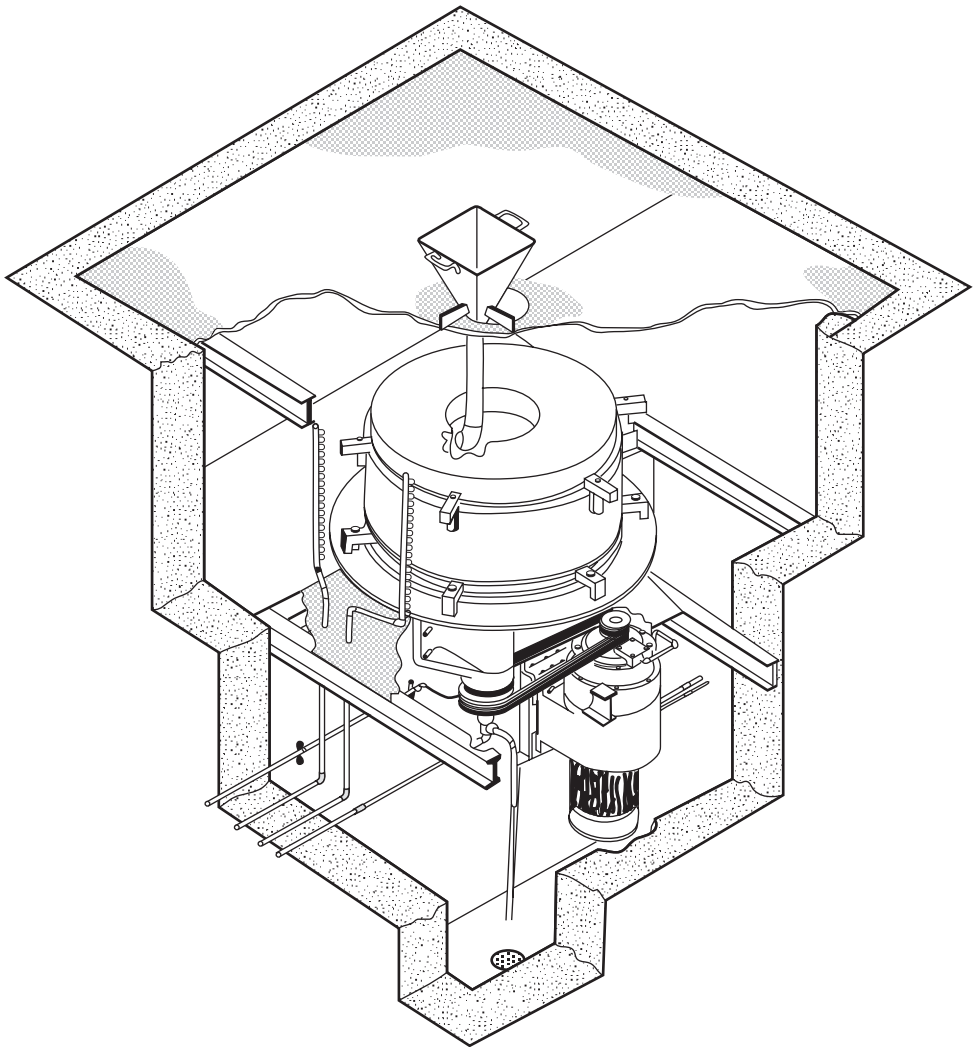
– ریخته‌گری گریز از مرکز واقعی.

– ریخته‌گری نیمه گریز از مرکز.

– ریخته‌گری چرخشی گریز از مرکز.

الف) ریخته‌گری گریز از مرکز واقعی: در این روش قالب حول محور عمودی خودش

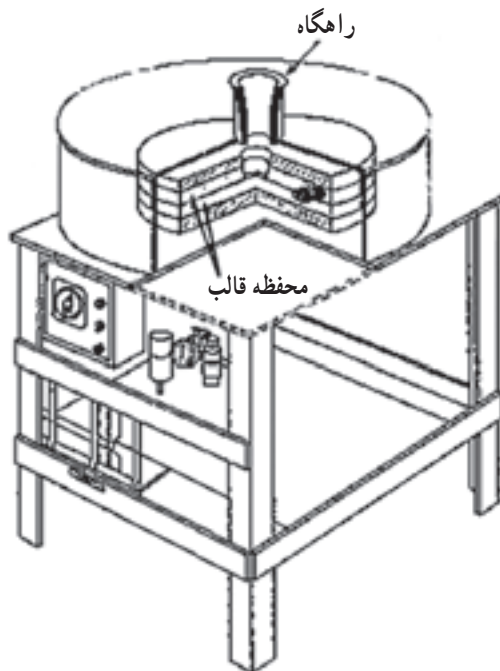
می‌چرخد و قطعه‌های استوانه‌ای شکل و یا لوله‌ای تولید می‌نماید. استفاده از ماهیچه در این روش محدود است. شکل (۷-۱۴) یک نوع از این گونه ماشین‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۱۴- ماشین ریخته‌گری گریز از مرکز عمودی واقعی

در این روش انجماد از پوسته‌ی خارجی آغاز شده و در قسمت داخلی به پایان می‌رسد. این نحوه‌ی انجماد باعث فراهم آوردن قطعه‌ها با کیفیت عالی، عاری از عیب‌های ریختگی و بدون انقباض می‌شود.

ب) **ریخته‌گری نیمه‌گریز/از مرکز:** این روش به منظور تولید قطعه‌هایی به کار می‌رود که شکل داخل و خارج آن تماماً توسط قالب ایجاد می‌شود. در این روش قالب و قطعه حول محور خود می‌چرخد که در این رابطه از یک محور چرخان عمودی استفاده می‌شود. اگر قطعه دارای سوراخ باشد، از ماهیچه استفاده می‌شود (شکل ۱۵-۷).

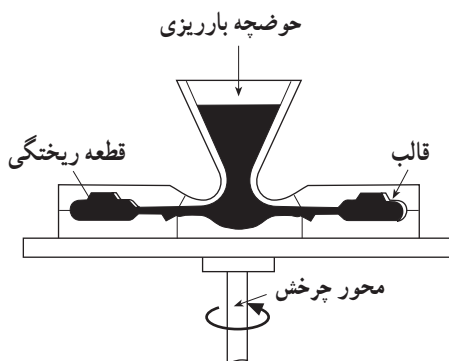


شکل ۱۵-۷ — ماشین ریخته‌گری نیمه‌گریز از مرکز عمودی

قطعه‌هایی مانند لقمه‌های چرخ دنده، چرخ تسمه‌ی شیاردار، پروانه‌ها و روتور موتورهای الکتریکی را می‌توان توسط این فرآیند تولید نمود.

ج) **روش ریخته‌گری چرخشی گریز از مرکز:** در این روش محفظه‌های قالب در اطراف محور، مانند پره‌هایی اطراف چرخ چیده شده‌اند (شکل ۱۶-۷). به این ترتیب در هر بار چندین قطعه تولید می‌شود. نیروی گریز از مرکز، فشار لازم را برای پر کردن قالب مانند روش نیمه‌گریز از مرکز

فراهم می‌آورد. این روش نوعاً برای تولید بدنه‌ی شیرآلات، ماهک‌ها، بست‌ها و ... به کار می‌رود.



شکل ۱۶-۷- روش ریخته‌گری چرخشی گریز از مرکز

پرسش‌ها

- ۱- ریخته‌گری در قالب‌های دائمی را تعریف نمایید.
- ۲- ریخته‌گری در قالب‌های ریژه را تعریف نمایید.
- ۳- مزیت‌ها و محدودیت‌های روش ریخته‌گری ریژه را نام ببرید.
- ۴- روش‌های ریخته‌گری در قالب‌های ریژه را نام ببرید.
- ۵- عامل‌های مؤثر در انتخاب جنس قالب و ماهیچه در روش ریژه را نام ببرید.
- ۶- عامل‌های مؤثر در عمر قالب ریژه را نام ببرید.
- ۷- عامل‌های مؤثر در تعیین درجه‌ی حرارت قالب ریژه را نام ببرید.
- ۸- ریخته‌گری تحت فشار را تعریف نموده و ویژگی‌های آن را توضیح دهید.
- ۹- مزیت‌ها و محدودیت‌های ریخته‌گری تحت فشار را نام ببرید.
- ۱۰- طرز کار ماشین‌های ریخته‌گری تحت فشار را به طور مختصر توضیح دهید.
- ۱۱- انواع ماشین‌های ریخته‌گری تحت فشار را نام ببرید.
- ۱۲- ویژگی‌های ماشین ریخته‌گری تحت فشار با محفظه‌ی گرم را توضیح دهید.
- ۱۳- ویژگی‌های ماشین‌های ریخته‌گری تحت فشار با محفظه‌ی سرد را توضیح دهید.
- ۱۴- ویژگی‌های ماشین‌های ریخته‌گری تحت فشار کم را توضیح دهید.
- ۱۵- ریخته‌گری گریز از مرکز را تعریف نموده و انواع آن را نام ببرید.
- ۱۶- روش کار ماشین ریخته‌گری گریز از مرکز افقی را توضیح دهید.
- ۱۷- انواع روش‌های ریخته‌گری گریز از مرکز عمودی را نام ببرید.

پوشش دادن قالب و ماهیچه

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود، پس از پایان این فصل بتواند:

- ۱- هدف از پوشش دادن قالب‌های موقت و دائمی را شرح دهد.
- ۲- مواد پوششی مورد استفاده در قالب را شرح دهد.
- ۳- روش‌های پوشش دادن قالب را توضیح دهد.

۱- ۸- مقدمه

مشخصات فلز مذاب، به ویژه هنگامی که از درجه‌ی حرارت بالا وارد قالب می‌شود، به گونه‌ای است که ممکن است به انجام فعل و انفعالات فیزیکی و شیمیایی میان مذاب و مواد قالب یا ماهیچه منجر شود.

بدیهی است انجام این واکنش‌ها می‌تواند به خواص متالورژیکی و مکانیکی قطعه، آسیب رسانده و از تولید قطعه‌ی سالم و بدون عیب جلوگیری نماید. ایجاد سطوح زبر و خشن (در قطعه) یکی از این موارد است که در قالب و ماهیچه‌های ماسه‌ای به طور شایع و گسترده مشاهده می‌شود. فلز بدلیل دارا بودن ویژگی‌های حالت مذاب (مایع) مواد قالب و ماهیچه را ترنموده و به داخل آن نفوذ می‌کند. قابل ذکر است که در بعضی از موارد نفوذ مذاب از طریق ترک‌های ایجاد شده در اثر انبساط حرارتی در سطح قالب صورت می‌گیرد. پس از نفوذ فلز مذاب به داخل قالب یا ماهیچه، فعل و انفعالات شیمیایی میان فلز و اجزای تشکیل دهنده‌ی قالب یا ماهیچه یعنی ماسه و چسب صورت می‌گیرد که محصول این فعل و انفعالات به سطح قطعه چسبیده و موجب زبری و ناهمواری سطوح آن می‌شود.

بنابراین، بدیهی است که برای جلوگیری از ایجاد چنین عیبی در قطعه‌ی ریختگی، بایستی به طریقی از انجام فعل و انفعال میان فلز مذاب و قالب یا ماهیچه ممانعت به عمل آورد. هر چند با توجه به پیشرفت‌های حاصل شده در زمینه‌های مواد و فرآیند که با انتخاب ماسه و چسب مرغوب و نیز

کنترل روش قالب‌گیری می‌توان این عیب را تا حدود زیادی محدود نمود ولی به دلیل بالا رفتن هزینه‌ی تولید، استفاده از این روش اقتصادی نمی‌باشد از این رو، مناسب‌ترین روش برای جلوگیری از عیب یاد شده، پوشش دادن سطح‌های قالب و ماهیچه با مواد دیرگداز معینی است که ضمن اقتصادی بودن، از تماس فلز مذاب با قالب و ماهیچه و در نتیجه انجام فعل و انفعالات فیزیکی – شیمیایی میان آن‌ها جلوگیری می‌کند.

در مورد قالب‌های دائمی، پوشش قالب از ویژگی و اهمیت خاصی برخوردار است. اگر چه فعل و انفعالات شیمیایی بین مذاب و قالب در این گروه از اهمیت کمتری برخوردار است. با این حال پوشش قالب در افزایش عمر قالب و نیز جلوگیری از چسبیدن قطعه‌ی ریختگی به قالب و نیز سطح تمام شده‌ی خوب، نقش تعیین‌کننده‌ای دارد.

به هر حال در این فصل پوشش قالب و ماهیچه در روش‌های موقت و دائمی به طور جداگانه مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۸- انواع مواد پوشش در قالب‌های موقت

به طور کلی مواد پوشش قالب و ماهیچه را می‌توان به دو گروه جامد و مخلوط مایع تقسیم نمود.

مواد پوششی جامد که بیشتر در قالب‌های ماسه‌ای تر به کار می‌روند، شامل مواد دیرگدازی همچون مواد سیلیکاتی، مواد کربنی و مواد اکسیدی می‌باشند. این مواد با استفاده از غربال‌های بسیار ریز و یا کیسه‌ی پودر به سطح قالب پاشیده می‌شوند و یا با ابزار و وسایل مخصوص به سطح قالب پوشش داده می‌شوند و پودر اضافی توسط فوتک یا هوای فشرده از محفظه قالب خارج می‌گردد. قابل ذکر است که پس از پوشش دادن قالب با این روش، بایستی مدل مجدداً درون محفظه قالب قرار داده شود تا قسمت‌های ظریف و پستی و بلندی‌های مدل در داخل قالب از بین نرود. در جدول ۱- ۸ انواع مواد پوششی جامد (پودر) به همراه شرایط کاربردی آن‌ها درج شده‌اند. مواد پوششی مخلوط مایع اصولاً در قالب‌های ماسه‌ای خشک و نیز ماهیچه‌ها به کار می‌روند. این مواد از چهار جزء اصلی تشکیل می‌شوند که عبارتند از:

الف – ماده‌ی پرکننده‌ی دیرگداز^۱.

۱ Refractory Filler

جدول ۸-۱ - انواع مواد پوششی جامد برای قالب های موقت

مواد سیلیکاتی	مواد کربنی	مواد اکسیدی
سیلومینیت	گرافیت	SiO_2 پودر سیلیس
شاموت	پودر زغال	Al_2O_3 پودر آلومین
مولوکیت	آنتراسیت	MgO پودر اکسید منیزیم
کائولن	پودر کک	$\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ پودر کرمیت
ترکیبات Al_2O_3 ، SiO_2		$\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ پودر زیرکنت
H_2O و که نسبت آن ها در هر یک متفاوت است.		$3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2$ پودر تالک
		$2\text{H}_2\text{O}$
آرد، تالک، مواد سیلیکاتی، سنگ گچ	غیر آهنی ها	
مواد کربنی	چدن ها	
مواد غیر کربنی، اکسیدها و سیلیکات ها	فولادها	

ب - عامل غوطه‌ور سازی^۱.

ج - چسب^۲.

د - ماده حامل یا واسطه^۳ (آب، الکل، روغن).

علاوه بر اجزای یاد شده، ممکن است مواد دیگری نیز به منظور بهبود بخشیدن کیفیت پوشش به آن اضافه شوند که عبارتند از: ماده‌ی فعال در سطح قالب (به عنوان مثال ماده‌ای که در تغییر تنش سطحی مذاب مؤثر می‌باشد) موادی برای بهبود خاصیت چسبندگی، مواد جلوگیری کننده از کف کردن پوشش و ...

مواد دیرگداز، علاوه بر دارا بودن شکل و اندازه‌ی مناسب، بایستی تا حد امکان از وزن مخصوص پایین‌تری برخوردار باشند تا غوطه‌ور شدن آن‌ها در داخل ماده‌ی حامل یا واسطه به آسانی صورت گیرد. انبساط حرارتی این مواد باید پایین بوده و از نظر شیمیایی نسبت به مذاب خنثی باشند. بدیهی است در کنار ویژگی‌های فوق الذکر، فراوانی و پایین بودن قیمت نیز از اهمیت قابل توجهی برخوردار می‌باشد.

۱ - Suspension Agent

۲ - Binder Agent

۳ - Carrier - Vehicle

بر اساس نوع فلز مذاب و نیز شرایط ریخته‌گری آن، ممکن است از مواد دیرگداز مختلف استفاده شود. این مواد عبارتند از: پودر سیلیس، زیرکن، کرومیت، آلومین، شاموت الیون، منیزیت و کروم - منیزیت.

با توجه به اینکه توزیع یکنواخت ذرات مواد دیرگداز در سراسر مخلوط پوششی، برای دستیابی به پوشش یکنواخت، امری ضروری است لذا، به دلیل اختلاف موجود در وزن مخصوص مواد دیرگداز و ماده‌ی حامل یا واسطه، از موادی به نام عامل غوطه‌ورسازی استفاده می‌گردد. در مواردی که ماده حامل یا واسطه آب باشد، معمولاً بنتونیت به عنوان عامل غوطه‌ورسازی به کار می‌رود.

نقش عامل چسبی در مخلوط مواد پوششی این است که باعث چسبیدن ذرات مواد دیرگداز به یکدیگر و نیز اتصال آن‌ها به سطح قالب یا ماهیچه می‌شود. میزان چسب مورد نیاز معمولاً به اندازه‌ی ذرات مواد دیرگداز بستگی دارد. ولی به هر حال به دلیل اثرات نامطلوب ناشی از مقادیر زیاد مواد چسبی بایستی سعی شود تا مقدار این مواد در مخلوط مواد پوششی به کمترین مقدار، کاهش یابد.

در تهیه مواد پوششی از چسب‌های متعددی استفاده می‌شود. در مواردی که ماده‌ی حامل یا واسطه آب باشد، موادی همچون خاک‌های مختلف، دکستین (نشاسته)، ملاس چغندر قند، شکر، سیلیکات سدیم (آب شیشه) و رزین‌های (صمغ‌ها) محلول یا نامحلول در آب به عنوان چسب به کار می‌رود. علاوه بر این از روغن‌هایی که در اثر حرارت و یا در مجاورت هوا خودگیر می‌شوند نیز می‌توان استفاده نمود.

صرف نظر از نوع فلز مذاب و شرایط ریخته‌گری آن، مخلوط مایع پوششی باید دارای مشخصات ذیل باشد:

الف - مخلوط پوششی باید از خاصیت غوطه‌وری کافی برخوردار بوده و در صورت ته نشین شدن ذرات جامد با به هم زدن، این مواد به آسانی به صورت معلق درآمده و توزیع یکنواختی از آن در ماده‌ی حامل حاصل گردد.

ب - از نظر غلظت و وزن مخصوص باید متناسب با روش پوشش دادن باشند.

ج - ماده پوششی باید غیر سمی بوده و دارای بوی بد و نامطبوع نباشد.

د - پوشش باید صاف و صیقلی بوده و فاقد حباب‌های حبس شده‌ی هوا و غیره باشد.

ه - مواد پوششی باید از خاصیت چسبندگی کافی به سطح قالب و ماهیچه برخوردار باشند. همچنین در اثر خشک شدن یا گرم شدن سریع، در اثر تابش حرارت و یا تماس با مذاب نباید ترک بخورد و یا از جداری قالب و سطوح ماهیچه جدا گردد.

و - گاز متصاعد شده از پوشش به هنگام تماس با مذاب باید در کمترین حد ممکن باشد تا از ایجاد ناهمواری در سطوح قطعه جلوگیری گردد.

ز - مواد پوششی باید در درجه‌ی حرارت بالا از خواص مناسب و مطلوبی برخوردار باشند، برخی از این خواص عبارتند از: حفظ ثبات و استحکام دیرگدازی، عدم تمایل به واکنش با مذاب. در جدول ۲-۸ مشخصات انواع مواد پوششی مخلوط مایع برای بعضی از آلیاژها درج شده است.

جدول ۲-۸- مشخصات مواد پوششی مخلوط مایع

درصد آب	مواد پوششی (درصد)	نوع آلیاژ
۶۷	۲۰ تالک - ۶/۵ پودر زغال - ۶/۵ ملاس	آلیاژهای مس
۵۷	۱۱/۵ خاک چینی - ۲۳ مواد کربنی - ۸/۵ ملاس	برنز سرب یا فسفر
۵۶	۲۲ تالک - ۱۱ پودر گچ - ۱۱ ملاس	آلیاژهای آلومینیم
۷۰	۲۲ پودر زغال - ۴ بنتونیت - ۴ دکسترین	چدن
۶۶	۲۱ پودر زغال - ۶/۵ خاک نسوز - ۶/۵ گرافیت	پوشش سطحی (نازک)
۶۷	۲۰ شاموت - ۶/۵ خاک نسوز - ۶/۵ گرافیت	پوشش سطحی
۶۳	۲۵ پودر سیلیس - ۶ بنتونیت - ۳ دکسترین	پوشش ضخیم
	۳ روغن بزرک	پوشش ضخیم
۶۴	۳۰ پودر زیرکون و یا پودر سیلیس - ۱/۵ بنتونیت	فولاد
	۴/۵ روغن ماهیچه	پوشش نازک
۵۰	۴۲/۵ نیتريت - ۵ بنتونیت - ۲/۵ دکسترین	فولاد منگنز
	برای ریخته‌گری آلیاژهای منیزیم معمولاً ماسه را با ۱ درصد اسیدبوریک و ۱ درصد اسید سولفوریک مخلوط می کنند در بعضی موارد نیز قالب را در معرض گاز SO_2 قرار می دهند.	منیزیم

۳-۸- روش‌های پوشش دادن قالب و ماهیچه

روش‌های معمول پوشش دادن قالب و ماهیچه توسط مواد پوششی مخلوط مایع را می توان به سه دسته‌ی اصلی تقسیم نمود که عبارتند از: پوشش با استفاده از قلم مو و اسفنج، روش پاشیدن و

روش غوطه‌وری.

۱-۳-۸- روش پوشش دادن با استفاده از قلم مو و اسفنج: این روش در بسیاری از کارگاه‌های ریخته‌گری متداول است. در این روش به‌هنگام پوشش دادن، ذرات مواد دیرگداز بخوبی حفره‌های موجود در سطح قالب یا ماهیچه را پر می‌کند. روش پوشش دادن با استفاده از اسفنج، مفیدترین روش برای پوشش دادن داخل شیارهای پیچیده و زوایای داخلی می‌باشد. در هر حال، کارآیی این روش‌ها به مهارت شخص پوشش دهنده، بستگی دارد.

۲-۳-۸- پوشش دادن به روش پاشیدن (پاششی): این روش، به عنوان روشی سریع، بطور گسترده در کارگاه‌ها و کارخانه‌های ریخته‌گری بکار می‌رود. به دلیل فشار مکانیکی کمتر برای ورود ذرات مواد دیرگداز به درون منافذ دانه‌های ماسه در سطح قالب یا ماهیچه، انتخاب نوع پوشش، باید با توجه و دقت زیادی صورت گیرد. در این روش، فشار هوا به هنگام پاشیدن ذرات مواد دیرگداز، از رسوب این مواد در محفظه قالب، به ویژه داخل شیارهای عمیق، جلوگیری می‌کند که با استفاده از سیستم پاششی بدون هوا این مشکل به مقدار زیادی برطرف خواهد شد. قابل ذکر است که استفاده از مواد جامد و یا مواد غلیظ در این روش در مقایسه با روش‌های قبلی از محدودیت بیشتری برخوردار است.

۳-۳-۸- پوشش دادن به روش غوطه‌ورسازی: این روش سریعترین روش برای پوشش دادن ماهیچه‌ها می‌باشد و به همین دلیل در کارخانه‌های ریخته‌گری با تولید انبوه از آن استفاده می‌گردد. به دلیل وجود فشار ناشی از وزن مواد پوششی نفوذ سطحی تا حدودی بهتر از روش پاششی انجام می‌شود.

۴-۸- پوشش قالب‌های ریژه

در قالب‌های ریژه پوشش قالب به عنوان مانعی در برابر نفوذ و تماس فلز مذاب و قالب عمل می‌کند. به طور کلی پوشش قالب برای چهار منظور به کار می‌رود:

الف- جلوگیری از انجماد سریع فلز مذاب.

ب- کنترل سرعت و نحوه‌ی انجماد و در نتیجه کیفیت بهتر قطعه.

ج- به حداقل رساندن شوک‌های حرارتی در قالب.

د- جلوگیری از جوش خوردن مذاب به قالب.

۱-۴-۸- انواع مواد پوششی در قالب ریژه: مواد پوششی مورد استفاده در قالب‌های

ریژه معمولاً دو نوع هستند که عبارتند از: عایق‌کننده‌ها و روان‌کننده‌ها. در برخی موارد از هر دو نوع پوشش استفاده می‌شود. ماده‌ی پوششی عایق‌کننده‌ی خوب می‌تواند از مخلوط یک قسمت وزنی سیلیکات سدیم با دو قسمت وزنی کائولن کلئیدی همراه با آب کافی به وجود آید.

مواد پوششی روان‌کننده مطلوب معمولاً شامل گرافیت در یک حامل (واسطه) می‌باشد.

در جدول ۳-۸، پانزده ترکیب مناسب از مواد پوششی نشان داده شده است. به دلیل هدف‌های

مختلف در پوشش یک قالب معمولاً از ترکیب چند ماده‌ی پوششی استفاده می‌شود و در برخی موارد هر قسمت قالب را می‌توان توسط یک نوع ماده، پوشش داد.

جدول ۳-۸- ترکیب پوشش قالب‌های ریژه

درصد ترکیب وزنی (باقیمانده آب)										شماره‌ی پوشش
روان کارها					عایق‌ها					
اسید بوریک	گرافیت	میکا	پودر تالک	سنگ صابون نما	پودر سیلیس	اکسید فلزی	گل آتش خوار	گل گیوه	سیلیکات سدیم	
۷	۱	۵	۵	۱۴	۴۱	۶۰	۴		۲	۱
							۴		۸	۲
								۷		۳
								۹	۱۲	۴
								۱۱	۵	۵
									۹	۶
									۱۱	۷
								۴		۸
								۱	۷	۹
									۲۳	۱۰
									۳۰	۱۱
									۱۸	۱۲
									۸	۱۳
									۷	۱۴
								۵۳	۲۰	۱۵

۲-۴-۸- مشخصه‌های مواد پوششی : مهم‌ترین مشخصه‌های مواد پوششی جهت قالب‌های ریژه عبارتند از :

الف- برای افزایش عمر قالب، مواد پوششی نباید باعث خوردگی قالب شود.

ب- مواد پوششی باید به راحتی به سطح قالب چسبیده و در عین حال پس از عملیات ریخته‌گری به راحتی از قالب جدا شوند.

ج- مواد پوششی باید از تماس مستقیم مذاب و قالب ممانعت نماید.

د- ماده‌ی پوششی باید خنثی بوده و تولید گاز مضر ننماید.

۳-۴-۸- روش‌های پوشش دادن : قبل از پوشش قالب، سطح آن بایستی کاملاً تمیز

و عاری از هرگونه چربی و روغن باشد. در صورتی که قالب توسط اسپری پوشش داده شود، باید سطوح قالب به اندازه‌ی کافی گرم شود (حدود 250°C). به این ترتیب آب موجود در مواد پوشش کاملاً بخار می‌شود.

پوشش قالب را می‌توان توسط روش اسپری و قلم‌مو و یا غوطه‌ور نمودن قالب در مواد پوششی انجام داد.

۴-۴-۸- عمر مواد پوششی : عمر مواد پوششی بستگی به عامل‌هایی مانند درجه‌ی

حرارت مذاب، اندازه و پیچیدگی قالب و سرعت بارریزی مذاب دارد. در برخی قالب‌ها در آغاز هر شیفت و یا دوره‌ی کاری نیاز به پوشش قالب وجود دارد و در بسیاری از موارد هر چند روز یک بار این پوشش انجام می‌شود. و برای برطرف نمودن پوشش و تمیز کردن قالب از سند بلاست نرم استفاده می‌شود.

۵-۴-۸- مواد پوششی برای آلیاژهای مختلف ریختگی : جنس فلز و یا آلیاژی که

در قالب ریخته می‌شود، در تعیین نوع مواد پوششی نقش اصلی را دارد. در ریخته‌گری آلومینیم و منیزیم معمولاً یک نوع ماده در قالب‌های ریژه استفاده می‌شود و در برخی موارد ممکن است از دو پوشش در قالب استفاده نمود.

در آلیاژهای مس به دلیل بالا بودن درجه‌ی حرارت ریخته‌گری آن‌ها و مشخصه‌های انجماد این نوع آلیاژها، باید از پوشش‌های عایق برای قالب‌های ریژه استفاده نمود.

در قالب‌های ریژه‌ی برای ریخته‌گری چدن‌های خاکستری دو نوع پوشش مورد استفاده قرار می‌گیرد : پوشش اولیه که معمولاً قبل از هر شیفت کاری استفاده می‌شود و پوشش ثانویه که قبل از هر بارریزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پوشش اولیه شامل سیلیکات سدیم (آب شیشه) و گل سفید به نسبت حجمی یک به چهار به همراه آب کافی می باشد. آب را به منظور تسهیل در استفاده توسط اسپری به مخلوط اضافه می نمایند. مخلوط پوشش فوق در سطح قالب گرم شده تا حدود 25°C اسپری می گردد. پوشش ثانویه شامل لایه های کرین پوشش داده شده روی سطح قالب می باشد. این لایه ی پوشش بر اثر احتراق گاز استیلن در سطح قالب ایجاد می شود.

۵-۸- پوشش قالب های ریخته گری تحت فشار

۵-۸-۱- ویژگی ها: در قالب های دایکاست نیز همانند قالب های ریژه، مواد پوششی به منظور جلوگیری از تماس مستقیم مذاب و قالب و ایجاد سطح صاف در قطعه های ریخته گری، مورد استفاده قرار می گیرد. از طرف دیگر با انتخاب صحیح مواد پوششی می توان هدایت بهتر مذاب را در داخل قالب تضمین نمود.

مواد پوشش قالب بر اساس عواملی نظیر درجه ی حرارت بارریزی مذاب، درجه ی حرارت قالب و نوع آلیاژ ریخته گری تعیین می گردد.

زمانی که فلز مذاب با مواد پوششی روغنی در تماس قرار گیرد، برخی از ترکیبات تشکیل دهنده ی مواد پوششی، تجزیه شده و یک لایه ی کرینی ایجاد می شود که پس از عملیات ریخته گری به صورت پودر کرینی در سطح قطعه ی ریخته گری باقی می ماند. این پودر کرینی توسط فشار باد از سطح قطعه جدا می شود. در صورتی که مواد پوششی دارای نقطه اشتعال مناسب باشند، مقدار کافی از آن ها در سطح قالب به گونه ای باقی می ماند که بتواند حداقل برای ۵ یا ۶ بار تزریق کافی باشد. در صورتی که درجه ی حرارت کربوریزه شدن مواد پوششی خیلی بالا باشد، مواد پوششی توسط سطح قطعه ی ریخته گری جذب می شود و برعکس اگر درجه ی حرارت کربوریزه شدن خیلی پایین باشد، تمام مواد پوششی در همان تزریق اولیه مصرف می شوند. قسمت های متحرک قالب دایکاست مانند بیرون اندازها، پیستون تزریق ماهیچه ها باید توسط مواد پوششی با درجه ی حرارت کربوریزه شدن بالا پوشش داده شوند تا از جوش خوردگی آن ها به قالب جلوگیری شود. گرافیت های کلئیدی با مواد روغنی معلق عموماً برای این هدف به کار می روند. گرافیت های سنگین به صورت گریس برای روغن کاری و پوشش پیستون تزریق به کار می رود.

۲-۵-۸- مواد پوششی در آلیاژهای مختلف:

الف- مواد پوششی در ریخته گری آلیاژهای روی: مواد پوششی قالب برای ریخته گری

آلیاژهای روی به دو گروه تقسیم می‌شوند که عبارتند از: محلول‌های مخصوص و ترکیبات قابل حل در آب. ترکیب اصلی محلول‌های مخصوص را الکل‌های معدنی و روغن یا نفت و روغن همراه با گرافیت تشکیل می‌دهد. این ترکیب در جدا سازی قطعه از قالب بسیار مؤثر بوده و نیز باعث روانکاری بین‌های بیرون انداز می‌شود ولی تأثیری در سرد شدن قالب ندارد.

محلول‌های قابل حل در آب (گرافیت‌های کلئیدی یا سیلیس‌های معلق) در سرد شدن قالب نقش بسیار مؤثری داشته و جدا سازی قطعه از قالب را نیز به نحو مطلوب انجام می‌دهند. اما نمی‌توانند بخوبی بین‌های بیرون انداز را روغنکاری نمایند. هنگامی که از این نوع محلول‌های پوششی استفاده می‌شود، بهتر است برای روانکاری بین‌ها از مواد دیگری استفاده نمود.

ب - مواد پوششی در ریخته‌گری آلیاژهای آلومینیم: چهار نوع مواد پوششی در ریخته‌گری آلیاژهای آلومینیم در قالب‌های دایکاست به کار می‌رود که عبارتند از:

ترکیبات ماده‌ی رنگی، گریس گرافیتی، گرافیت کلئیدی در روغن و ترکیبات محلول در آب. ترکیبات ماده‌ی رنگی مخلوطی از رنگ دانه همراه با روغن می‌باشند. نقطه ذوب این ترکیب نسبت به آلیاژ ریختگی بسیار بالاتر است و در نتیجه به سطح قطعه‌ی ریختگی نفوذ نمی‌کند. روغن موجود در ترکیب، تجزیه شده و کربن کافی را فراهم می‌آورد و در نتیجه حرکت بیرون اندازها را تسهیل می‌نماید.

عیب اصلی این نوع پوشش چسبیدن رنگ به قالب و کاهش دقت ابعادی آن است که البته با تمیز کردن متناوب قالب این مشکل قابل حل می‌باشد. گریس گرافیتی برای قالب‌هایی که باید تا درجه‌ی حرارت محیط سرد شوند بسیار مناسب است. ترکیبات مومی در این ماده به عنوان عامل مرطوب کننده عمل نموده و روغن و گرافیت در جهت روانکاری و پوشش عمل می‌کند.

معمولاً این ترکیب با نفت سفید به نسبت ۱۵ قسمت نفت و یک قسمت گریس گرافیتی مخلوط می‌شوند و سپس روی سطح قالب اسپری می‌شوند. مخلوط ساخته شده باید به طور مرتب به هم زده شود تا از جدا شدن گرافیت جلوگیری شود.

گرافیت‌های کلئیدی در روغن در مواردی که محدوده‌ی درجه‌ی حرارت قالب از درجه حرارت محیط تا درجه‌ی حرارت‌های بالا می‌تواند متغیر باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. عمل کربوریزه شدن در این ترکیب به آهستگی صورت گرفته و اگر قالب به اندازه‌ی کافی گرم نباشد، در سطح قطعات روغن مشاهده می‌شود.

— اسپری‌های قابل حل در آب از ترکیبات گرافیت‌های کلئیدی یا سیلیس‌های معلق تشکیل

شده‌اند و در سرد کردن و پوشش دادن قالب نقش مهمی دارند. نسبت مخلوط شدن این ترکیبات با آب معمولاً ۱ به ۳۰ تا ۱ به ۱۰۰ می باشد. برای روانکاری و پوشش پیستون تزریق می‌توان از مواد پوششی فوق به جز اسپری حلال در آب استفاده نمود که در این ارتباط گرافیت کلئیدی در روغن بیشترین کاربرد را دارا می‌باشد.

ج- مواد پوششی در آلیاژهای منیزیم : در ریخته‌گری تحت فشار آلیاژهای منیزیم برای قالب‌ها به مواد پوششی کمی نیاز است (اغلب اوقات اصلاً مواد پوششی نیاز نمی‌باشد) و بیشترین عیب در تولید این آلیاژها در اثر استفاده زیاد از مواد پوششی به وجود می‌آید.

د- مواد پوششی در آلیاژهای مس : مواد پوششی مورد استفاده برای قالب‌های ریخته‌گری تحت فشار آلیاژهای مس همان مواد مورد استفاده در آلیاژهای آلومینیم می‌باشد.

پرسش‌ها

- ۱- هدف اصلی پوشش قالب و ماهیچه را توضیح دهید.
- ۲- انواع مواد پوشش در قالب‌های موقت را نام ببرید.
- ۳- اجزاء اصلی تشکیل دهنده‌ی مواد پوشش را نام ببرید.
- ۴- نقش اصلی چسب در مواد پوشش کدام است.
- ۵- نقش اصلی عامل غوطه‌ورسازی در پوشش کدام است.
- ۶- مشخصه‌های اصلی مواد دیرگداز در مواد پوشش را توضیح دهید.
- ۷- مشخصات عمومی یک مخلوط مایع پوششی را نام ببرید.
- ۸- روش‌های پوشش دادن قالب و ماهیچه را نام برده و در مورد آن‌ها توضیح دهید.
- ۹- هدف‌های اصلی در پوشش قالب‌های ریژه را نام ببرید.
- ۱۰- انواع مواد پوششی در قالب ریژه را نام ببرید.
- ۱۱- مهم‌ترین مشخصه‌های مواد پوششی در قالب‌های ریژه را توضیح دهید.
- ۱۲- مواد پوششی قالب ریخته‌گری تحت فشار برای آلیاژهای روی را توضیح دهید.
- ۱۳- مواد پوششی قالب ریخته‌گری تحت فشار آلیاژهای آلومینیم را توضیح دهید.

عیوب قطعات ریختگی

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود، پس از پایان این فصل بتواند:

۱- عیوب قطعات ریختگی و انواع آن‌ها را توضیح دهد.

۲- علت وقوع عیوب را شرح دهد.

۳- روش‌های جلوگیری از ایجاد عیوب را شرح دهد.

۹-۱- مقدمه

قطعات ریختگی نیز مانند سایر قطعه‌های تولید شده از فرایندهای متالورژیکی در شرایط معمولی شامل نارسایی‌ها و نواقصی هستند که در بسیاری موارد باعث مردود شناخته شدن قطعه گردیده و در نتیجه تولید کاهش می‌یابد. عیوب قطعات ریختگی از مشکلات اصلی کارگاه‌ها و کارخانه‌های ریخته‌گری بوده و هر ریخته‌گر به تناوب با یک یا چند عیب مشترک روبه‌رو است. بدیهی است اصطلاح عیوب ریختگی و یا عیوب ریخته‌گری قطعات اختصاص به شرایط فنی و علمی داشته و عیوب حاصل از حوادث و سوانح و یا عملیات پیش‌بینی نشده نظیر قطع برق، خراب شدن دستگاه و ... را شامل نمی‌شود. یک عیب ممکن است مستقیماً از یک اشکال و یا نارسایی مشخص حاصل شود که در این حال بررسی آن بسیار ساده خواهد بود ولی اغلب یک عیب به تنهایی می‌تواند از چندین منشأ مختلف ایجاد گردد که تجزیه و تحلیل و تشخیص منشأ بروز آن عیب به مطالعات و تجربیات بیش‌تری نیازمند است.

مدیر یک واحد تولیدی ریخته‌گری موظف است که میزان خرابی‌های ناشی از عدم دقت و یا سایر تجهیزات را کاهش دهد، بنابراین در یک کارگاه خوب، مدیر همواره سعی می‌کند که:

الف - محل کار را از نظر وسعت، تمیزی هوا، درجه حرارت و سایر شرایط محیط کار به بهترین وجه ممکن آماده سازد.

ب - در کاربرد دستگاه‌ها و تجهیزات ریخته‌گری و ذوب و همچنین وسایل کمکی مناسب،

قسمت فنی را یاری دهد.

ج - مواد اولیه مناسب و صحیح را انتخاب نماید.

د - به ثبت و ضبط شرایط تولیدی روزانه و راندمان آن مبادرت نماید.

ه - زمینه‌های آموزشی لازم را برای ارتقاء مهارت و سطح دانش کارگران فراهم سازد.

بدین ترتیب مشخص می‌گردد که در یک کارگاه با مدیریت صحیح همواره سعی می‌شود که از ایجاد عیوب قبل از وقوع آن‌ها جلوگیری شود و یا با تنظیم شرایط محیط کار، بسیاری از عیوب که از بی‌دقتی، خستگی و افسردگی کارگران حاصل می‌گردد کاهش یابد. علاوه بر محیط کار سالم، مواد اولیه و دستگاه‌های مناسب، آموزش کارگران در افزایش توان کار و راندمان تولید بسیار مؤثر خواهد بود. در مواردی که عیوبی به صورت مداوم و یا با تناوب زیاد قسمتی از تولید را دربر می‌گیرد، اولین قدم‌ها تشخیص و محدود ساختن عیب به یک یا دو عامل اصلی است که عبارتند از:

الف - در نظر گرفتن تمام نکات جاری و برنامه‌ریزی شده مراحل تولید

ب - ارزیابی و تحلیل هر عیب به صورت کاملاً تئوری بدون توجه به امکانات کارگاه

ج - مرور مجدد تمام امکانات کارگاهی، وسایل، تجهیزات، نیروی انسانی، شرایط ذوب و کنترل کیفیت و در نتیجه تشخیص منشأ عیب

۹-۲- دسته‌بندی عیوب ریختگی

اغلب قطعات ریختگی، مستقیماً بعد از ریخته‌گری مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. معمولاً فرایندهایی از قبیل تراشکاری، شکل دادن و عملیات حرارتی، بر روی قطعه ریختگی انجام می‌شود، بنابراین قطعات معیوب، باید در هر قسمت تولید و یا در پایان هر فرایند، به‌طور دقیق کنترل شوند تا از انجام هزینه اضافی بر روی آن‌ها اجتناب شود.

در حالت کلی عیوب را به سه دسته تقسیم می‌کنند:

الف - عیوب قابل تشخیص در سطح قطعه ریختگی (عیوب ظاهری).

ب - عیوبی که در زیر سطح قرار داشته و پس از تراشکاری، مقطع زدن و یا متالوگرافی ظاهر می‌شوند.

ج - عیوبی که تحت شرایط مکانیکی و کاربردی ایجاد می‌گردند.

در این کتاب بیشتر به عیوب قطعات ریختگی در ماسه اکتفا می‌شود و در هر مرحله سعی می‌گردد با توضیحات اضافی خصوصیات هریک مطرح گردد.

عیوب به دو صورت بررسی می‌شود : ۱- بررسی منشأ بروز عیوب ۲- بررسی نوع عیوب
۱-۲-۹- بررسی منشأ بروز عیوب عبارتند از:

۱- عیوب حاصل از شرایط ذوب و عملیات کیفی مذاب.

۲- عیوب حاصل از طراحی قطعه ریختگی.

۳- عیوب حاصل از مدل و جعبه ماهیچه (یا قالب به‌طور عام).

۴- عیوب حاصل از درجه و تجهیزات کمکی

۵- عیوب حاصل از سیستم راهگاهی و تغذیه‌گذاری

۶- عیوب حاصل از ماسه قالب (مواد قالب)

۷- عیوب حاصل از ماهیچه و ماهیچه‌گذاری

۸- عیوب حاصل از عملیات قالب‌گیری

۹- عیوب حاصل از ترکیب شیمیایی فلزات

۱۰- عیوب حاصل از بارریزی

۱۱- عیوب حاصل از تخلیه قالب، برش راهگاه و ...

۲-۲-۹- بررسی نوع عیوب که در اغلب فلزات و آلیاژها تحت شرایط تولیدی، بخصوص

در قالب‌گیری با ماسه حاصل می‌گردند عبارتند از :

۱- سوسه و مک Blows, Blowholes

۲- کشیدگی (ناشی از انقباض) به صورت متمرکز یا پراکنده (حفره‌های انقباضی) Shrinkage Cavities

۳- نیامد (سرد جوشی) «اتصال سرد» Misruns or Cold Shuts

۴- آخال Inclusion

۵- تخلخل - مک گازی Pinhole Gas Porosity

۶- ماسه انداختن - ماسه شوری و ماسه ریزی Drops - Cuts: Washes - Erosion Scabs

۷- ماسه سوزی و ماسه جوشی Fusion = Sand Burning

۸ - پلیسه Fash - Fin

۹- زبری، نفوذ مذاب Metal Penetration, Rough Surface

۱۰- ساچمه Shot Metal

۱۱- ترک گرم Hot Tears = Hot Cracks

۱۲- ترک سرد Cold Cracks

۱۳- سخت‌ریزه Hardspots

۱۴- پیچیدگی - تاب برداشتن Warped Castings

۱۵- درشت دانگی Coarse grain Structure

۱۶- طبله یا زخمه Buckles and Expansion Scab

۱۷- خردشدگی Crushes

۱۸- تکان خوردن Shift

۱۹- بلند شدن ماهیچه (قالب) Core rise

۲۰- بیرون زدن Bleeder - Runouts

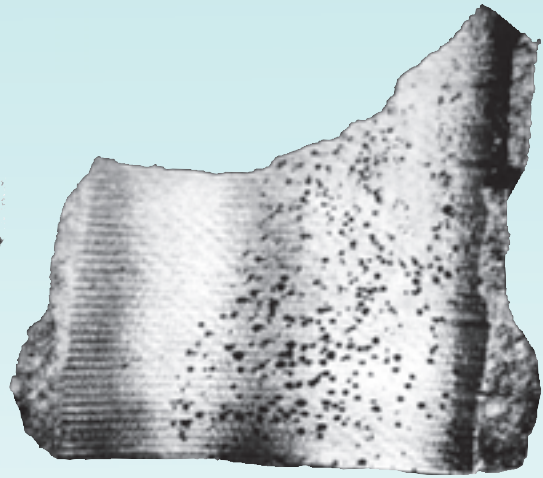
به این ترتیب مشخص می‌گردد که در ریخته‌گری عیوب مختلفی وجود دارند که هر کدام به یک یا چند منشأ وابستگی دارند. در این قسمت به بررسی هریک از عیوب اشاره می‌شود.

سوسه و مک (جوشیدن): این عیوب معمولاً در اثر جوشیدن مواد قابل تبخیر موجود در قالب (نظیر آب) در هنگام بارریزی ایجاد می‌گردد. همچنین انبساط هوای قالب و گازهای وارد شده در هنگام بارریزی منشأ دیگری برای بروز این عیوب هستند. چنانچه قالب قابلیت نفوذ کمی داشته باشد و یا آن که هواکش به اندازه کافی در آن تعبیه نشده باشد، گازهای حاصل از بخار آب و سایر منابع، فرصت خروج نیافته و در نتیجه در حرکت مذاب وقفه ایجاد می‌کنند. این پدیده باعث می‌گردد که قسمت‌هایی از قالب پر نشده و فشار گازهای متراکم در قالب مانع از رسیدن مذاب به تمام قسمت‌ها شود.

سوسه‌ها معمولاً در رویه و در زیر سطح قطعه تشکیل می‌گردند و منشأ اصلی آن‌ها رطوبت و چسب ماهیچه است. استفاده از مبرد و یا پل (چپلت) که ممکن است حاوی رطوبت نیز باشند، جوشیدن مذاب و تولید مک (سوسه) را تشدید می‌کند (شکل ۱-۹).



ب- جوشیدن حاصل از سیستم راهگامی
ناصحیح، رطوبت زیاد و هواکش ناکافی



الف- مک حاصل از رطوبت زیاد ماسه قالب



ج- مک حاصل از رطوبت زیاد ماسه و کوبیدگی زیاد و قابلیت نفوذ کم

شکل ۱-۹- مک و سوسه

روش های جلوگیری: تنظیم مقدار رطوبت ماسه، تعبیه هواکش برای خروج گاز در قالب و ماهیچه ها، استفاده از مبردها و پل های تمیز و خشک، کنترل کامل بر مواد قابل تبخیر در ماسه و ماهیچه، کنترل و دقت در بارریزی، جلوگیری از تلاطم مذاب و محبوس شدن هوای قالب، کنترل کوبیدگی ماسه قالب و ماهیچه.

— کشیدگی (حفره انقباضی): اغلب آلیاژها در هنگام انجماد و تبدیل از مذاب به جامد با کاهش حجم روبه‌رو هستند. برحسب شرایط انجماد و حصول انجماد جهت‌دار و یا همه‌جانبه و همچنین برحسب نوع آلیاژ، کاهش حجم ناشی از انقباض به دو صورت پراکنده و متمرکز در قطعه‌ی ریخته‌شده مشاهده می‌شود. کشیدگی متمرکز عموماً در سطح قطعه و یا در زیر سطح تشکیل می‌شود در حالی که کشیدگی‌های پراکنده به صورت مک و تخلخل در قسمت‌های داخلی قطعه پراکنده هستند. وجود حفره‌های انقباضی باعث تضعیف خواص مکانیکی قطعه می‌گردد (شکل ۲-۹).



شکل ۲-۹— کشیدگی و حفره‌های انقباضی

روش‌های جلوگیری؛ تعبیه سیستم راهگاهی صحیح، محاسبه تغذیه در اندازه و محل مناسب، ایجاد انجماد جهت‌دار با استفاده از مبردها، تنظیم درجه حرارت فوق ذوب و بارریزی مناسب.

— نیامد «اتصال سرد»، «سرد جوشی»: این عیوب از کافی نبودن سیالیت مذاب و کلیه عوامل مؤثر بر کاهش جریان مذاب در پر کردن قالب حاصل می‌گردد. پایین بودن سیالیت و انجماد زودهنگام مذاب سبب بروز اشکالات ذیل می‌گردد:

۱- قالب کاملاً پر نشود. (نیامد Misrun)

۲- قالب پر شده ولی جریان مذاب از دو راهباره به هم آمیخته نمی‌شود: «سردجوشی Cold shut».

۳- ظاهراً قطعه کاملاً پر شده و چسبیدگی نیز حاصل شده است ولی از نظر داخلی اتصال کامل نیست و با آن که گوشه‌ها و لبه‌های فوقانی و یا حتی سطح فوقانی به صورت آزاد منجمد شده است «لب گرد Cold lip».

درجه حرارت مذاب مهم‌ترین عامل نیامد محسوب می‌شود، طراحی ناصحیح سیستم راهگاهی و عدم توجه به تعداد راهباره‌ها، وجود آخال و مواد اکسیدی دیگر، سرد بودن قالب و افزایش زمان بارریزی نیز از عوامل مؤثر دیگر در بروز این عیب محسوب می‌شود (شکل ۳-۹).



ب- نیامد و سردجوشی ناشی از عوامل فوق

الف- نیامد ناشی از بار سرد، راهباره‌های نازک

ج- نیامد ناشی از بار سرد

شکل ۳-۹- نیامد و سردجوشی

— آخال (سرباره، ماسه و سایر مواد ناخواسته): آخال به طور کلی هر نوع ماده غیرفلزی است که در شکل‌ها و حالت‌های مختلف درون قطعه ریختگی حضور می‌یابد. از نظر کلی وجود آخال در قطعه ریختگی را در دو حالت بررسی می‌کنند:

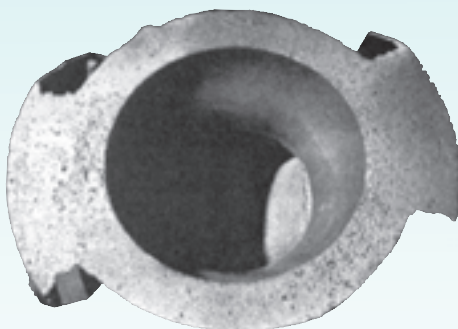
۱— آخال‌های داخلی (ترکیبی): این آخال‌ها در جریان ذوب و آلیاژسازی به دلیل ترکیب عناصر آلیاژی با هوا، یا مواد گاززدا و ... حاصل شده و بیشتر ترکیبات اکسیدی و سیلیکاتی هستند.

۲— آخال‌های خارجی: این آخال‌ها از کثیف بودن بار و آغشته بودن آن‌ها به ماسه، شکسته شدن بوته، مواد نسوز و یا ماسه شوری در قالب و کنده شدن پوشش قالب حاصل می‌شوند (شکل ۴-۹).

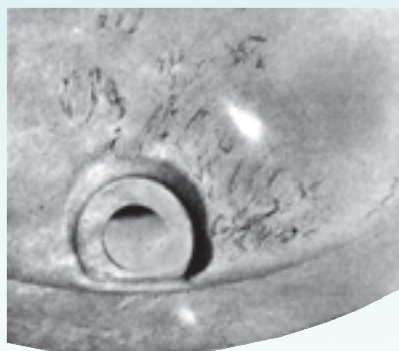
آخال‌های اکسیدی خود به دو صورت ورقه‌ای و یا ذره‌ای در قطعه ریختگی ایجاد می‌شود.



الف — سرباره و بار کثیف



ج — سرباره و ماسه



ب — لایه اکسید و سرباره

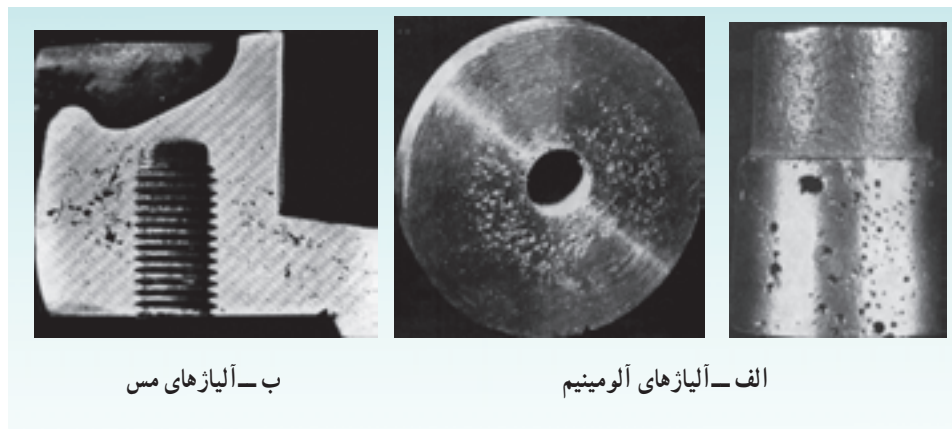
شکل ۴-۹— سه مورد از آخال‌های موجود در قطعات ریختگی

روش‌های جلوگیری: در عمل حضور آخال‌های داخلی را با استفاده از مواد اکسیدزدا «Flux» و یا کنترل درجه فوق ذوب مناسب، شارژ نسبتاً درشت و سیستم راهگاهی صحیح کنترل می‌کنند و برای ورود آخال‌های خارجی می‌توان با افزایش استحکام ماسه قالب و ماهیچه، تمیز کردن

قالب قبل از بارریزی، استفاده از بار تمیز، سیستم راهگاهی صحیح، کانال ممتد و به‌طور کلی با تعبیه ماهیچه‌های رویه‌گیر، حفره آشغال‌گیر، فیلتر و ... جلوگیری نمود.

— **تخلخل، مک‌گازی:** تخلخل و مک‌گازی عیبی است عمومی که در اکثر فلزات ریختگی نظیر فولاد، آلومینیم، مس، منیزیم و آلیاژهای آن‌ها مشاهده می‌شود. علت اصلی بوجود آمدن آن خروج گازهای محلول در مذاب و تشکیل ترکیبات گازی در اثر واکنش‌های موجود در مذاب می‌باشد. انواع گازها به‌خصوص هیدروژن در مذاب فلزات و آلیاژها حل می‌شوند که پس از بارریزی و پرسیدن قالب، در زمان انجماد آلیاژ با کاهش درجه حرارت، حلالیت گاز در فلز جامد شدیداً کاهش یافته و از آن خارج می‌شود. چون امکان خروج تمام یا قسمتی از گازها وجود ندارد، حباب‌های تشکیل شده در داخل قطعه محبوس و در نتیجه مک‌گازی و تخلخل ایجاد می‌شود که برحسب نوع آلیاژ و شرایط سرد شدن متفاوت، ممکن است به‌صورت ریز مک^۱ ظاهر شوند. مک‌های درشت نیز به‌سهولت بعد از تراشکاری مشاهده می‌شوند (شکل ۵-۹).

اگر تمام شرایط مساوی و مشابه باشند، افزایش درجه حرارت بارریزی در ایجاد مک‌های گازی بسیار مؤثر است.



شکل ۵-۹- مک‌های گازی ناشی از ذوب غلط و عدم گاززدایی

روش‌های جلوگیری: انجام عملیات ذوب صحیح، گاززدایی مناسب، افزایش قابلیت نفوذ قالب، کم کردن رطوبت ماسه و همچنین افزایش سرعت انجماد در کاهش مک‌های گازی بسیار مؤثر است.

— ماسه شوری، ماسه ریزی، ماسه انداختن: این عیوب از ریزش، خرد شدن و کنده شدن ماسه قالب یا ماهیچه و همچنین وجود ماسه آزاد و غیر فشرده در راهگاه بار ریز، راهبار و راهبارها و یا در گوشه ها و زوایای قطعه ریختگی حاصل می شوند (شکل ۶-۹).



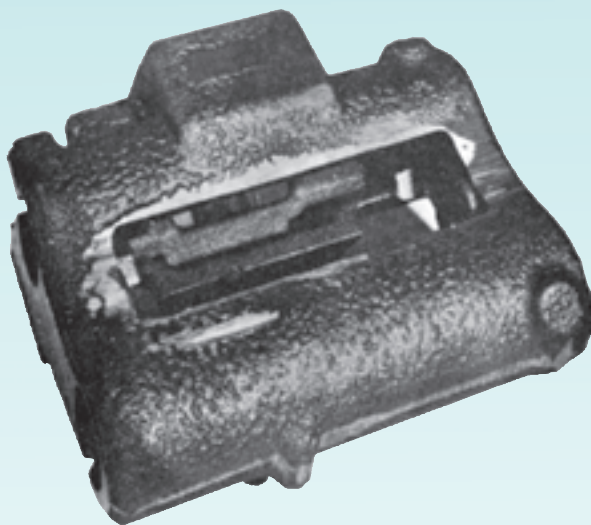
شکل ۶-۹ — چند عیب از ماسه

— ماسه شوری: ماسه شوری در سطوح فوقانی و یا دیواره ها، سطح قطعه را ناهموار کرده و سبب جمع شدن فلز اضافی در آن می شود این پدیده تحت عنوان زخمه^۱ نامیده شده و در سمت مقابل و عموماً در زیر آخال ماسه ایجاد می شود. این عیب را با استحکام بیشتر ماسه می توان برطرف کرد.

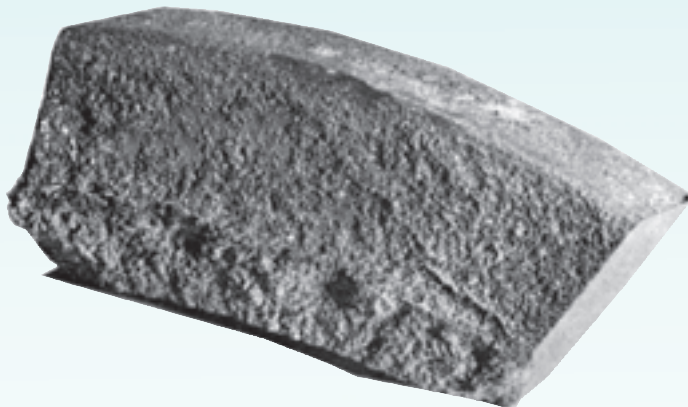
— ماسه انداختن: ماسه انداختن با کنده شدن قسمتی از قالب و ریختن آن به کف قالب همراه است. این پدیده اغلب در ماهیچه های آویز حاصل می شود و به وسیله آرماتور و قانجاق می توان از بروز آن جلوگیری نمود.

— ماسه ریزی: ماسه ریزش، ذرات ماسه است که به صورت پراکنده سطح قطعه ریختگی را با حضور دانه های ماسه ناهموار می سازد.

ماسه سوزی: در مواردی که درجه حرارت مذاب نسبت به نقطه‌ی زینتر^۱ (تف جوشی) ماسه بالا باشد و همچنین زمان انجماد قطعه طولانی و افت درجه حرارت آن به آهستگی انجام گیرد (در قطعات ضخیم)، ماسه‌ی دیواره‌ی قالب خمیری شده و سطح ناهموار شیشه‌ای ماندی در قطعه ریختگی ایجاد می نماید (شکل ۷-۹).



الف - ماسه سوزی به دلیل نقطه زینتر پایین ماسه (چدن مالی بل - چکش خوار)



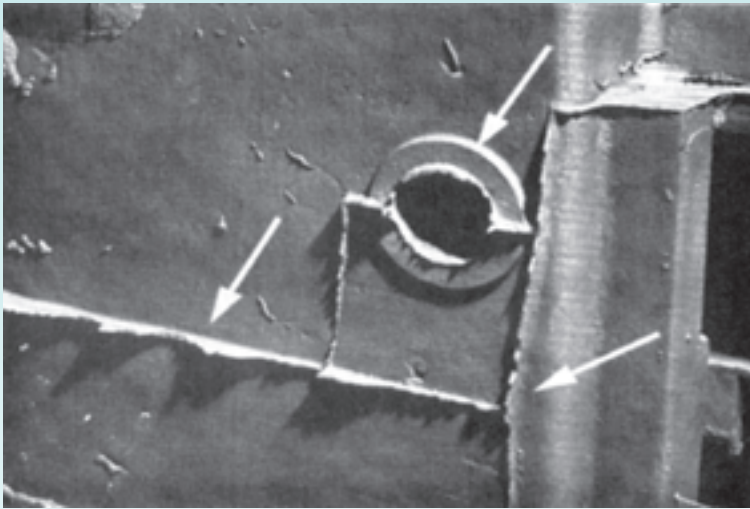
ب - ماسه سوزی به دلیل ترکیب شیمیایی ماسه (چدن خاکستری)

شکل ۷-۹ - ماسه سوزی

روش های جلوگیری: استفاده از ماسه قالب و ماهیچه با درجه نسوز خوب و پوشش دادن قالب.

^۱ Sinter

— پلیسه: پلیسه، تکه نازک و زائد فلزی است که معمولاً در محل خط جدایش قالب — ماهیچه و تکیه‌گاه ماهیچه ایجاد می‌شود. دلایل عمده‌ی تشکیل پلیسه عبارتند از: خوب جفت نشدن درجه‌ها، نبود اتصال کامل قطعات ماهیچه، منطبق نبودن تکیه‌گاه مدل با ریشه ماهیچه و به عبارت دیگر کوچک بودن ریشه ماهیچه نسبت به تکیه‌گاه ماهیچه. در بعضی مواقع شکستگی و ترک قالب یا ماهیچه نیز شرایط تشکیل پلیسه را ایجاد می‌کند (شکل ۸-۹).



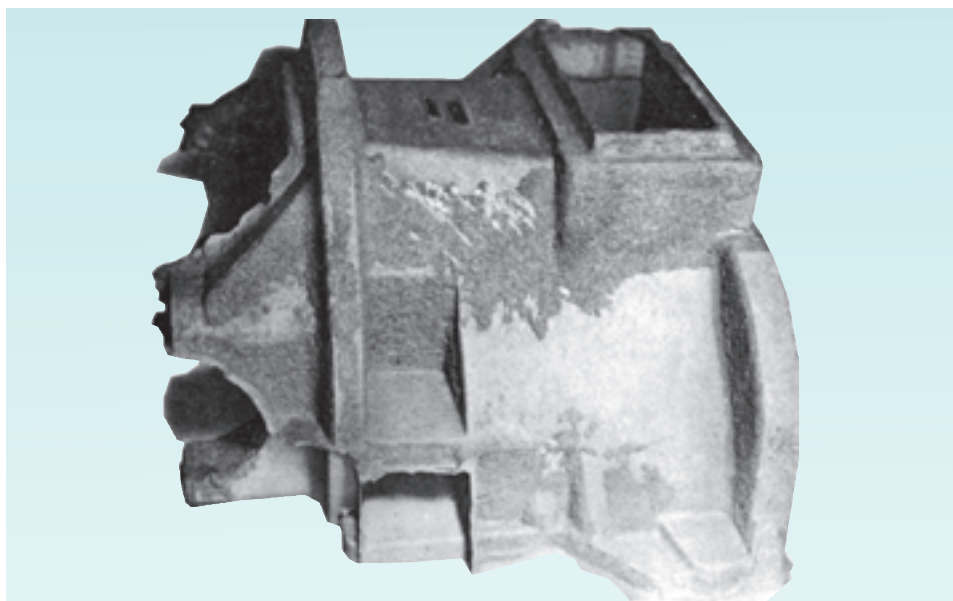
الف — پلیسه به دلیل خوب جفت نشدن و جاگذاری ماهیچه



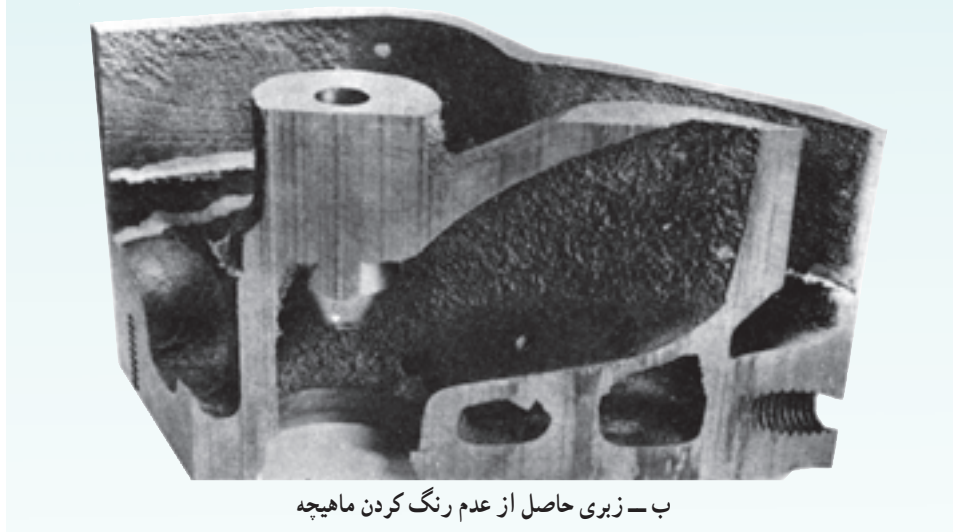
ب — پلیسه به دلیل ترک قالب ناشی از خاک و ذرات بسیار ریز در ماسه

شکل ۸-۹ — پلیسه

— زبری، نفوذ ماسه، ریشه کردن: این عیب سطحی است و هنگامی حاصل می‌شود که ذرات ماسه درشت بوده و فلز مذاب فضای بین ذرات ماسه را پر می‌کند (شکل ۹-۹).



الف — نفوذ ماسه — ریشه کردن ناشی از کوبش کم



ب — زبری حاصل از عدم رنگ کردن ماهیچه

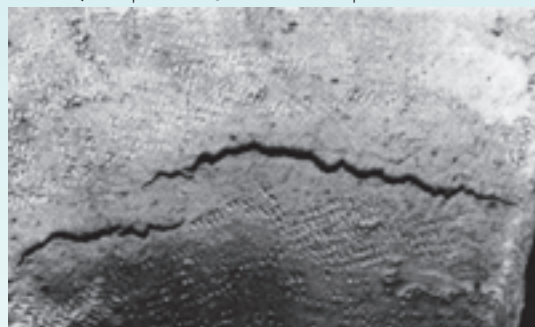
شکل ۹-۹ — زبری — نفوذ ماسه

روش‌های جلوگیری: استفاده از ماسه نرم‌تر، قابلیت نفوذ کمتر و پوشش دادن قالب این عیب را برطرف می‌سازد.

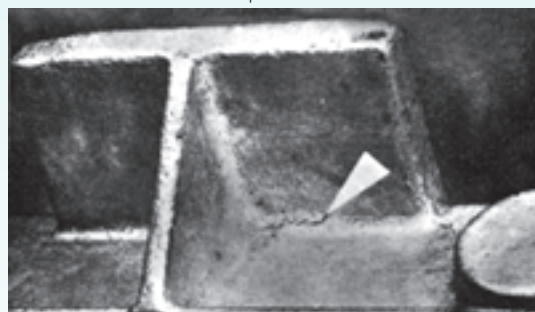
— ترک گرم: تنش‌های حرارتی ناشی از انقباض بلافاصله بعد از انجماد موجب شکستگی قطعه ریختگی می‌گردد. در چنین درجه حرارتی قطعه‌ی ریختگی در حداقل مقاومت و استحکام قرار دارد. ترک گرم دارای شکل خطی نامنظم و غیرمستقیم می‌باشد و همچنین سطوح ترک، اکسید شده می‌باشد. ترک گرم نیز ممکن است داخلی و یا بیرونی باشد که نوع داخلی آن به دلیل عدم تشخیص اولیه و احتمال کاربردهای بعدی خطرناک‌تر است. در عمل با تغییر ضخامت موضعی قطعه می‌توان ایجاد این عیب را محدود کرد (شکل ۱۰-۹).



الف — ترک گرم در فولاد به دلیل استحکام ماهیچه



ب — ترک گرم در برنز



ج — ترک گرم گوشه‌ها در آلومینیم

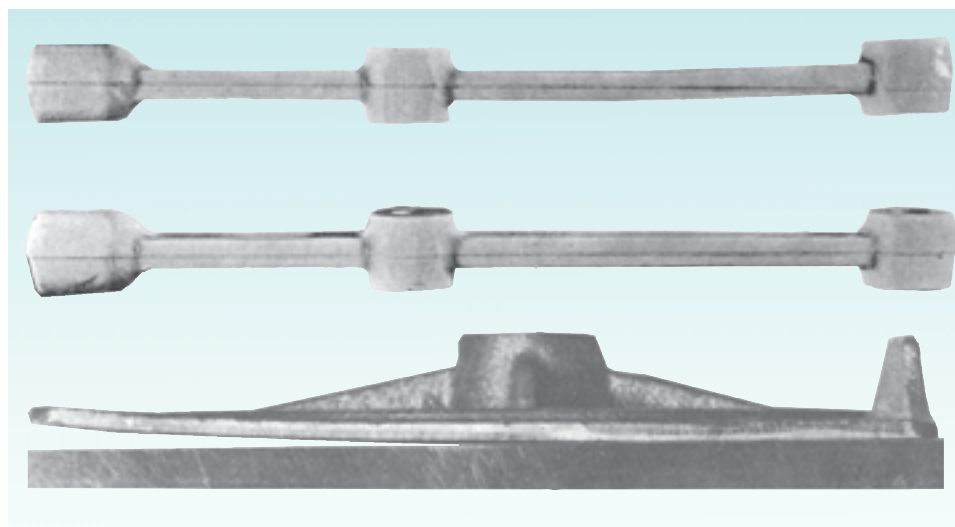
شکل ۱۰-۹ — ترک گرم

— **ساجمه:** ذرات گرد و ساجمه‌ای شکل هستند که درون قطعه ریختگی و یا سطح ریختگی تشکیل شده و با بدنه قطعه کاملاً یکپارچه نشده‌اند. در هنگام بارریزی و در مواردی که سیستم راهگاهی صحیح طراحی نشده باشد، مقداری از فلز پراکنده شده و حالت گلوله‌ای به خود می‌گیرد، این گلوله‌ها در پیشاپیش مذاب حرکت کرده و چنانچه درجه حرارت برای ذوب مجدد آن‌ها پایین باشد، این عیب ایجاد می‌شود.

روش جلوگیری: طراحی سیستم راهگاهی صحیح مانع از حضور این عیب می‌گردد.
— **سخت‌ریزه:** ذرات بسیار سخت هستند که در قطعه ریختگی به صورت پراکنده وجود داشته و قابلیت ماشین‌کاری را کاهش می‌دهند؛ عوامل مؤثر در بروز سخت‌ریزه‌ها عبارتند از:

- ۱- تبریدهای موضعی که به خصوص در چدن خاکستری ذرات سمانتیت را ایجاد می‌نماید.
- ۲- وجود عناصر آلیاژی ناخواسته که با هم ترکیب شده و ترکیبات بین فلزی سخت ایجاد می‌کنند.
- ۳- عدم تلقیح کامل مواد جوانه‌زا (ریزکننده) و درشت بودن آن‌ها.
- ۴- ساجمه که قبلاً بدان اشاره شد نیز حالت خاصی از سخت‌ریزه است.

— **پیچیدگی، تاب برداشتن:** انحراف قطعه ریختگی نسبت به نقشه اصلی را که عموماً با تغییر زوایا و یا تاب برداشتن سطح همراه است، پیچیدگی می‌نامند. علت اصلی این عیب را باید در طراحی مدل یا قالب جستجو نمود. ولی خارج کردن سریع قطعه از داخل قالب و عدم استحکام قالب به خصوص در مورد قطعات با ضخامت کم نیز از عوامل اصلی بروز این عیب محسوب می‌شوند (شکل ۹-۱۱).



شکل ۹-۱۱- پیچیدگی قطعه ریختگی حاصل از طراحی غلط

— درشت‌دانگی: عیبی است که در اثر سرد کردن بسیار آهسته و یا استفاده از مواد جوانه‌زای نامناسب ایجاد می‌شود. این عیب سختی آلیاژ را کاهش می‌دهد، و ماشین‌کاری را مشکل می‌سازد. درشت‌دانگی ممکن است کامل و یا موضعی باشد.

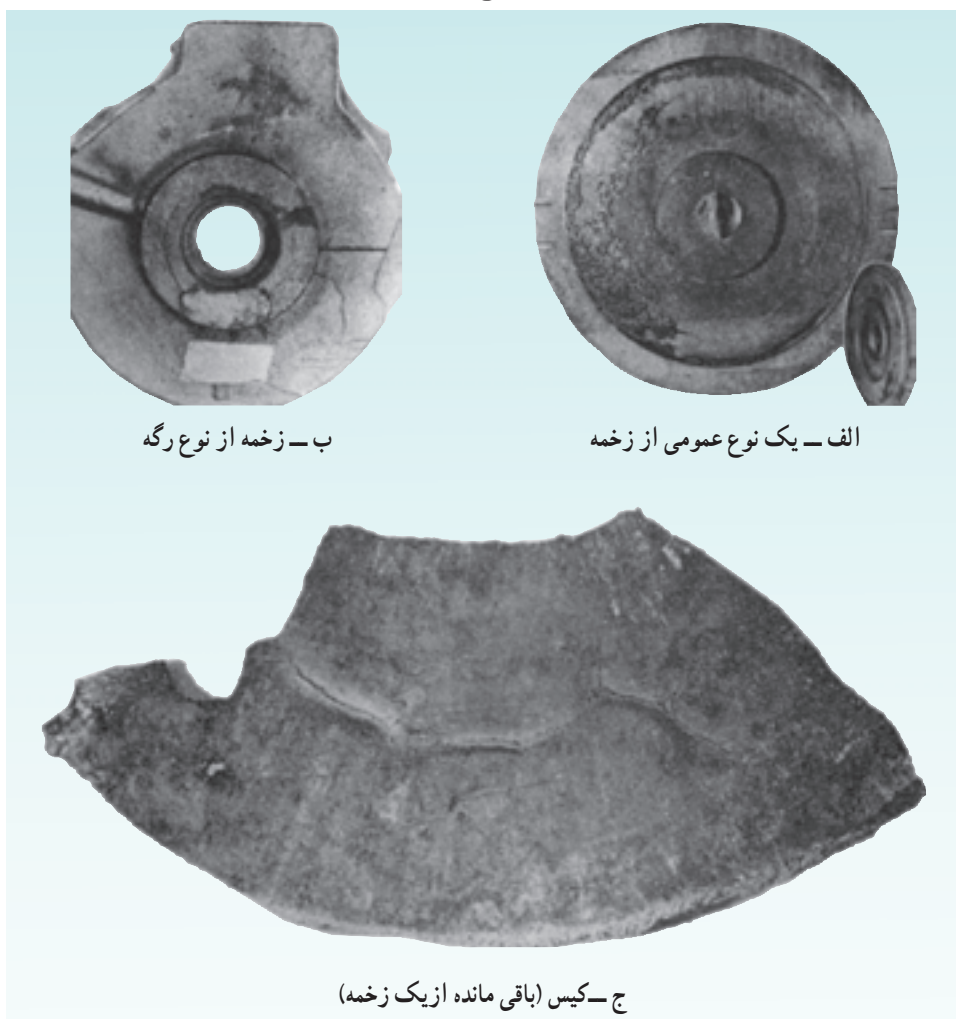
روش جلوگیری؛ انطباق ضخامت مقاطع مختلف، تنظیم سرعت سرد کردن، ماهیچه‌گذاری، تنظیم سیستم راهگاهی، تغذیه‌گذاری و استفاده از جوانه‌زا در مرحله ذوب می‌تواند این عیب را به مقدار زیادی کاهش دهد.

— ترک سرد: نوعی ترک خطی است که در درجه حرارت‌های پایین تر از نقطه‌ی ذوب (حداقل 15°C زیر نقطه ذوب)، در اثر مقاومت قالب در مقابل انقباض فاز جامد، یا تأثیر ضربه و عوامل خارجی در قطعه ریختگی ایجاد می‌شود. علت اصلی بروز این عیب ضخامت کم قطعه، استحکام بیش از اندازه‌ی ماهیچه‌ها، تخلیه زود هنگام قالب و خارج کردن قطعه می‌باشد (شکل ۹-۱۲).



شکل ۹-۱۲- ترک سرد حاصل از مقاومت ماهیچه در مقابل انقباض فاز جامد

— طببله، زخمه: انبساط مواد قالب که به‌خصوص در ریخته‌گری فلزات و آلیاژهای دیرذوب نظیر فولاد و گاه چدن حاصل می‌شود باعث می‌گردد که قسمتی از قالب شکسته شده و مذاب به درون آن نفوذ کند و لایه نازکی از ماسه را درون خود محبوس نماید. با اولین مراحل تراشکاری ماسه پدیدار گشته و برحسب عمق آن ممکن است قطعه غیرقابل استفاده باشد. عوامل مؤثر در بروز این عیب عبارتند از: بزرگی سطح قالب، زاویه‌های تند، آرماتوربندی و قانجاق‌گذاری غلط، جریان نامنظم مذاب، رطوبت زیاد ماسه، استحکام کم قالب به دلیل کمبود چسب و کوبش غیریکنواخت قالب، بارریزی آهسته، درجه حرارت زیاد و پوشش نامناسب سطح قالب (شکل ۱۳-۹).



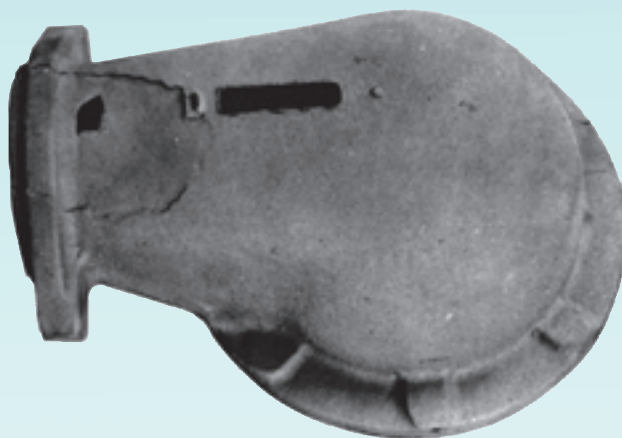
ب- زخمه از نوع رگه

الف- یک نوع عمومی از زخمه

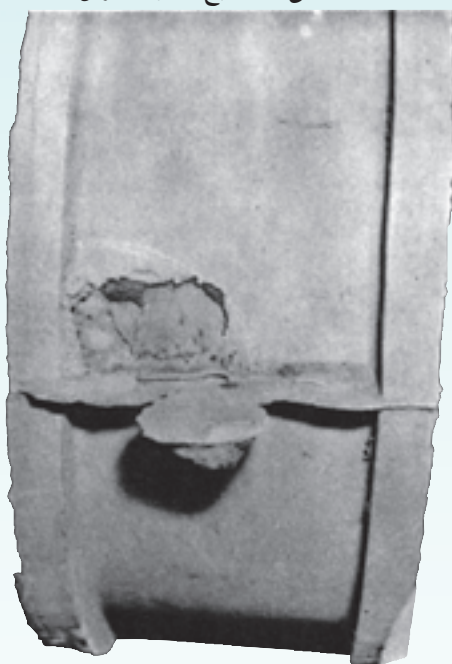
ج- کیس (باقی مانده از یک زخمه)

شکل ۱۳-۹- چند نمونه از طببله و زخمه در قطعه ریختگی

— خردشدگی (در قالب): در مواردی که درجه رویی دقیق جفت نشود، باعث می‌گردد قسمت‌هایی از ماسه خرد شده و تغییر شکل دهند. این پدیده به‌خصوص در ماهیچه‌گذاری، چپ‌گذاری و جفت کردن قالب‌های ماهیچه‌دار حائز اهمیت است. در بعضی موارد ناهمواری سطح زیرین نیز باعث این عیب می‌گردد (شکل ۹-۱۴).



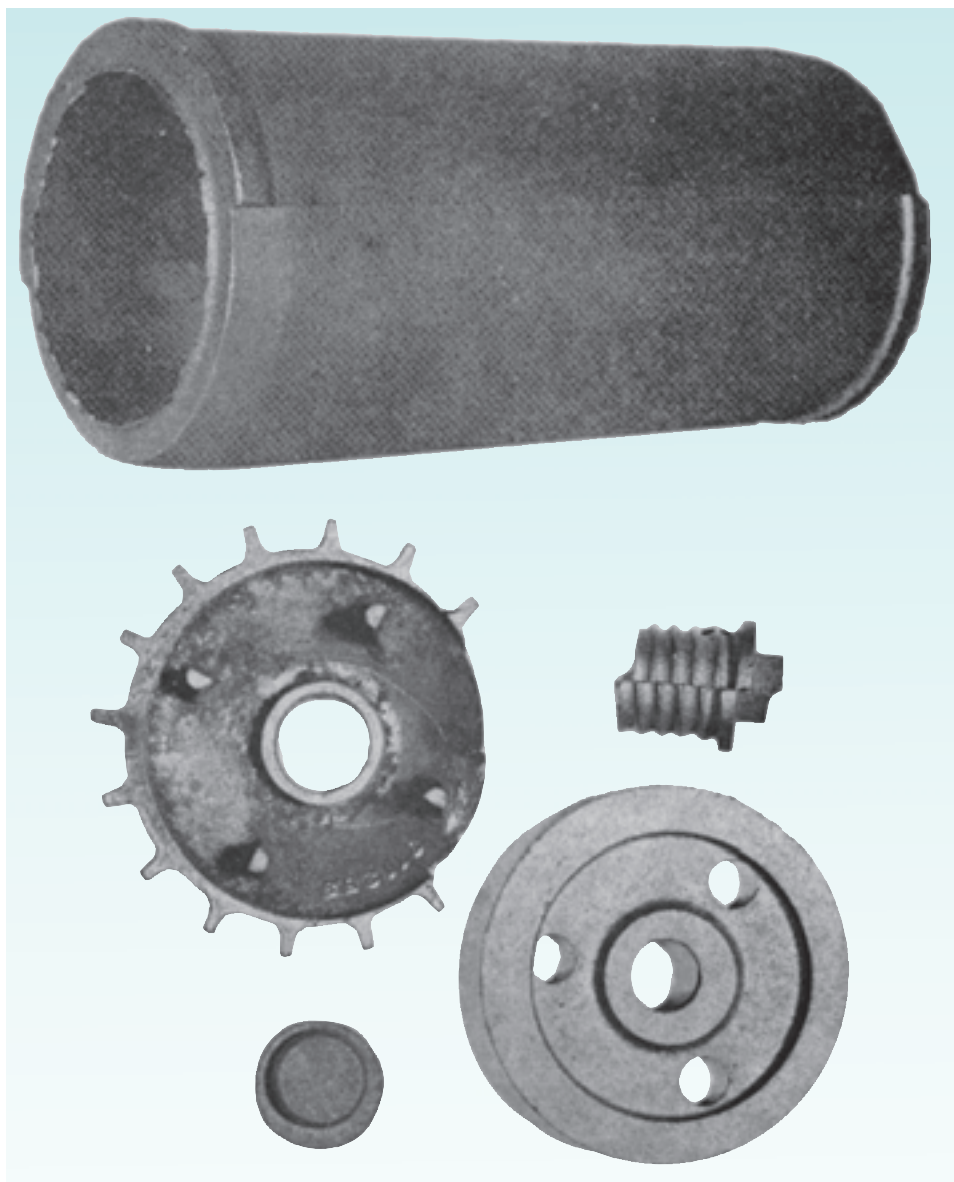
الف — ناشی از سطوح ناهموار زیرین



ب — ناشی از عدم دقت در حمل و نقل قالب

شکل ۹-۱۴ — خردشدگی

— **تکان خوردن:** تکان خوردن پدیده‌ای است که از درست جفت نشدن درجه‌ها، لقی بین‌ها و از ساخت غلط قطعات مدل و یا پین‌گذاری ناصحیح ایجاد می‌شود. تکان خوردگی معمولاً در مواردی که ماهیچه وجود دارد بیشتر دیده می‌شود. در این حالت ریشه ماهیچه از ماهیچه کوچک‌تر بوده و در جریان ماهیچه‌گذاری و یا بارریزی، ماهیچه‌ها از محل خود جابه‌جا می‌شوند (شکل ۹-۱۵).



شکل ۹-۱۵—چند نمونه از تکان خوردگی قالب و ماهیچه

— بلند شدن: در مواردی که تکیه‌گاه‌ها و پل‌های تعبیه‌شده نتوانند نیروهای ایستایی فلز را تحمل کنند، در اثر فشار مذاب، ماهیچه‌ها کمی از جای خود بلند شده و در نتیجه صحت ابعاد و شکل قطعه ریختگی را از بین می‌برند.

عوامل اصلی در ایجاد این عیب عبارتند از: ساخت غلط مدل و جعبه ماهیچه (قالب و ماهیچه)، انطباق نادرست تکیه‌گاه مدل و ریشه ماهیچه، جریان نامنظم و متلاطم مذاب، قانجاق‌گذاری نادرست و سایر عملیات قالب‌گیری (شکل ۱۶-۹).



شکل ۱۶-۹- بلند شدن ماهیچه

— بیرون زدن: بیرون زدن مذاب از سطح جدایش دو لنگه درجه و یا کف قالب به دو صورت

تقسیم می شود :

الف: بیرون زدن مذاب در هنگام بارریزی.

ب: بیرون زدن مذاب پس از اتمام بارریزی.

عوامل اصلی ایجاد این عیب درست جفت نکردن درجه ها و کمبود استحکام ماسه قالب می باشد. عواملی مانند قالب گیری غلط استفاده از درجه نامناسب و غیریکنواختی سطوح جدایش، تعبیه سیستم راهگاهی در نزدیک دیواره ی درجه و فشار زیاد مذاب در به وجود آمدن این عیب مؤثر هستند (شکل ۱۷-۹).



چدن خاکستری — ماسه خشک.

بعد از پر شدن کامل محفظه قالب، حفره داخلی ماهیچه (مغزه) محتوی زغال کک، شکسته و مذاب به داخل آن رسوخ کرده است.



چدن خاکستری — ماسه تر.

سرپوش یا تاقان از چدن خاکستری. قسمتی از مذاب محفظه قالب بعد از پر شدن قالب، بیرون زده است. وزنه یا بست کافی تعبیه کنید.



چدن چکش خوار «مالی بل» — ماسه تر.

جعبه دیفرانسیال از چدن چکش خوار، قسمتی از مذاب به دلیل شکستگی سطح جدایش نزدیک به راهبار، بیرون زده است.



آلیاژ آلومینیم — ریژه.

آلیاژ پیستون در قالب فلزی بیرون زدن را به دلیل باز کردن زود هنگام نشان می دهد.

شکل ۱۷-۹

پرسش‌ها

- ۱- عیوب ریختگی را تعریف کنید.
- ۲- منشأ بروز عیوب ریختگی چیست؟
- ۳- عیوب ریختگی را نام ببرید.
- ۴- سوسه چیست؟ علت به وجود آمدن آن را شرح دهید.
- ۵- کشیدگی را تعریف کنید.
- ۶- علت نیامد کردن چیست؟
- ۷- آخال را تعریف کنید.
- ۸- علت اصلی ایجاد تخلخل در قطعه ریختگی چیست؟
- ۹- روش‌های برطرف کردن ماسه‌سوزی را شرح دهید.
- ۱۰- خُرَدشدگی را تعریف کنید.
- ۱۱- علت تکان خوردن قالب چیست؟
- ۱۲- علت بلندشدن قالب چیست؟
- ۱۳- علت بیرون زدن مذاب را توضیح دهید.

فهرست منابع و مراجع

الف (منابع فارسی

- ۱ - حجازی، جلال - پرویز دوامی - سیاوش نظم دار شهری - علی اکبر عسکریزاده - درس فنی سال های سوم و چهارم - شرکت چاپ و نشر ایران - کرج - ۱۳۶۹.
- ۲ - جامعه ریخته گران ایران - تحلیل علمی و آماری - جامعه ریخته گران - تهران.
- ۳ - دوامی، پرویز - حجازی، جلال - اطلس عیوب ریخته گری - جامعه ریخته گران ایران.

ب (منابع خارجی

- 1 - Beely.R/"Foundry Technology "/ Buther Worths /1972.
- 2 - Metals Hand book / 8th Edition, Vol.5/ASM.
- 3 - Metals Hand book /4th Edition, Vol.15/ASM.
- 4 - Rosent al.ph, R. Heine /"Principles of Metal castings" Mac Graw Hill / 1965.
- 5 - Foseco/"The Foseco Foundry Men's Hand book" Foseco /1991.
- 6 - Strauss.k/" Applied Science in The Casting of Metals"/ Foseco International Ltd.Birmingham /1970.
- 7 - Bupton /"Pressure Die Casting"/ Pergamon Press /First Edition /1982.

