فصل ششم

روش‌های ریخته‌گری (۱)

ریخته‌گری در قالب‌های موقت

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود پس از پایان این فصل بتواند :
۱ــ روش‌های ساخت و ریخته‌گری انواع قالب‌های موقت را توضیح دهد.
۲ــ مزایا و محدودیت‌های روش‌های ریخته‌گری در قالب‌های موقت را شرح دهد.

۱ــ۶ــ مقدمه

فرآیندهای 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 ــ 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 ــ 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.

۲ــ۶ــ ریخته‌گری در قالب‌های ماسه‌ای‌تَر

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

و غیرآهنی را می‌توان توسط این روش تولید نمود.

۱ــ ۲ــ۶ــ مزایا و محدودیت‌ها : فرآیند ریخته‌گری در قالب ماسه‌ی تر برای تولید قطعه‌های مختلف و متنوع به‌کار می‌رود. این روش در مقایسه با سایر روش‌های ریخته‌گری دارای مزیت‌ها و محدودیت‌هایی است که اهم آن‌ها از این قرارند :

مزیت‌ها

۱ــ پایین بودن هزینه ساخت قالب نسبت به روش‌های دیگر.

۲ــ در این روش به عملیات خشک کردن عمقی نیاز نبوده لذا نسبت به روش‌های ماسه خشک پیچیدگی قالب کمتر اتفاق می‌افتد.

۳ــ در این روش قابلیت انعطاف زیاد است.

۴ــ در این روش امکان تولید قطعه‌های نسبتاً بزرگ وجود دارد.

۵ــ در صورت استفاده از مدل‌های صفحه‌ای دقت ابعادی نسبتاً خوب است.

۶ــ نسبت به سایر روش‌ها، عیب ترک خوردن در قالب کمتر است.

۷ــ تولید قطعه‌ها در تعداد کم یا زیاد امکان‌پذیر می‌باشد.

۸ــ امکان تولید قطعه‌های پیچیده، که توسط روش‌های دیگر امکان‌پذیر نمی‌باشد.

۹ــ در بسیاری از موارد نسبت به روش‌های دیگر اقتصادی‌تر می‌باشد.

محدودیت‌ها

۱ــ کنترل ماسه نسبت به روش ماسه‌ی خشک از حساسیت بیشتری برخوردار است.

۲ــ صافی سطح در این روش نسبت به روش‌های دیگر کمتر است.

۳ــ برآمدگی‌های نازک و طویل توسط مذاب شسته می‌شود.

۴ــ در این روش استحکام قالب جهت تولید قطعه‌های بسیار بزرگ کافی نمی‌باشد.

۵ــ در این روش عیب‌های سطحی قطعه‌های ریخته‌گری زیاد است.

۶ــ با افزایش وزن قطعه‌های ریختگی دقت ابعادی کاهش می‌یابد.

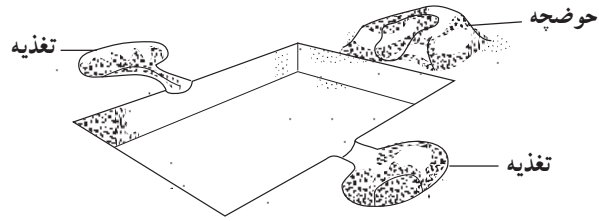
۲ــ۲ــ۶ــ روش‌های قالب‌گیری با ماسه‌ی‌تر : معمولاً روش‌های قالب‌گیری با ماسه‌ی‌تر به دو گروه روش‌های دستی و روش‌های ماشینی تقسیم می‌شود :

الف ــ روش‌های قالب‌گیری دستی

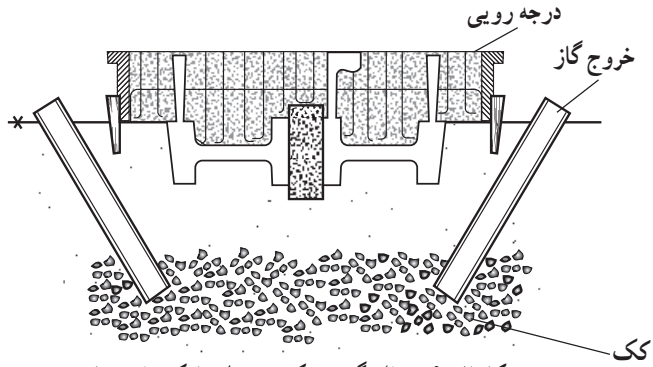
تعریف: در این روش کلیه مراحل قالب‌گیری که عبارتند از کوبیدن ماسه، خارج کردن مدل و تخلیه‌ی قالب تماماً توسط دست انجام می‌شود.

ویژگی‌ها: این روش عموماً برای ساخت قطعه‌ها با تعداد محدود به‌کار 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.

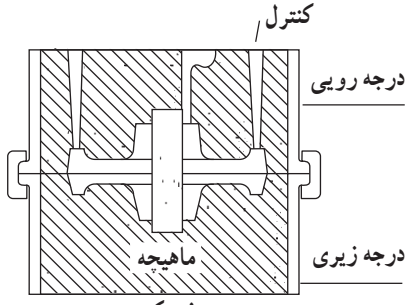
تقسیم بندی: قالب‌گیری دستی به چند روش تقسیم می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از : قالب‌گیری روباز (شکل ۱ــ۶)، قالب‌گیری یک درجه‌ای (یک تا زمین)، (شکل ۲ــ۶)، قالب‌گیری دو درجه‌ای (شکل ۳ــ۶)، سه درجه‌ای (شکل ۴ــ۶)، چند درجه‌ای، قالب‌گیری شابلونی (شکل ۵ــ۶)، قالب‌گیری با مدل اسکلتی (شکل ۶ــ۶).



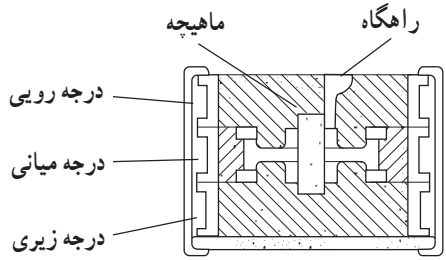
شکل ۱ــ۶ــ قالب‌گیری روباز



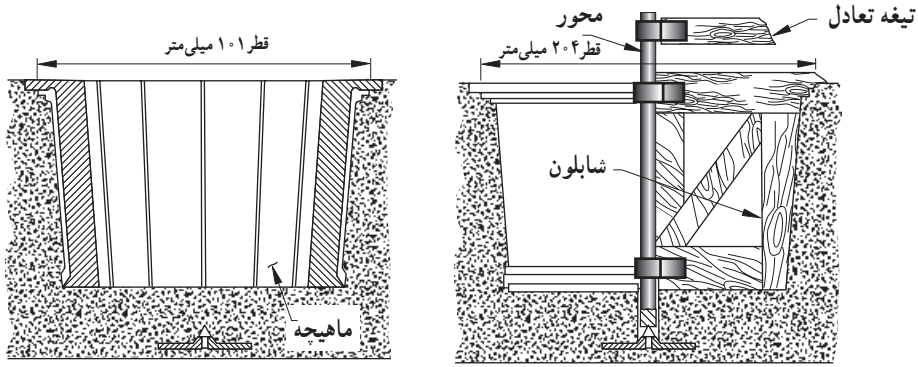
شکل ۲ــ۶ــ قالب‌گیری یک درجه‌ای (یک تازمین)



شکل ۳ــ۶ــ قالب‌گیری دو درجه‌ای

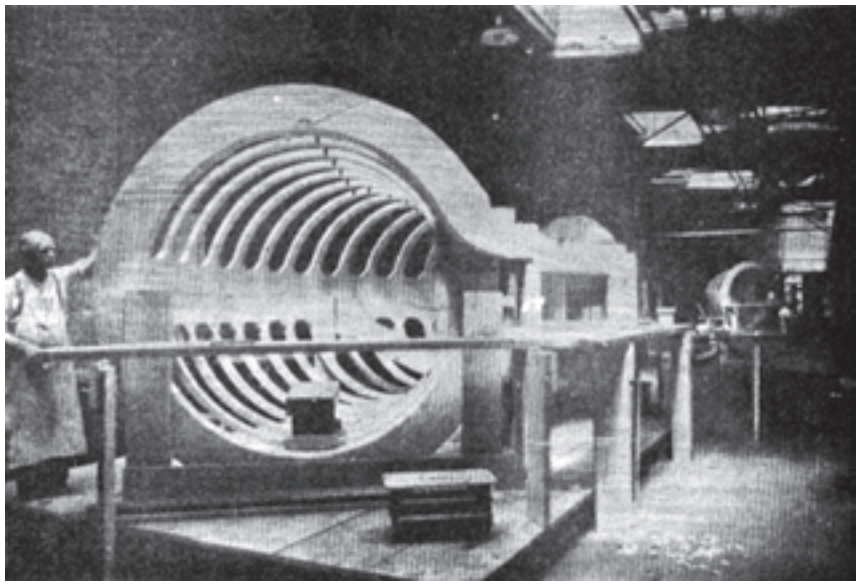


شکل ۴ــ۶ــ قالب‌گیری سه درجه‌ای



الف ــ قالب‌گیری شابلونی ب ــ ماهیچه‌گذاری و ریخته‌گری

شکل ۵ــ۶ــ قالب‌گیری شابلونی



شکل ۶ــ۶ــ قالب‌گیری با استفاده از مدل اسکلتی برای تولید قطعات بزرگ

ب ــ روش‌های قالب‌گیری ماشینی

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

اهداف: اصولاً قالب‌گیری دستی یک روش قدیمی بوده و سرعت تولید در آن پایین است. از طرف دیگر تولید قطعات یکنواخت به‌صورت تولید انبوه به این روش امکان‌پذیر نبوده و کیفیت قطعه بستگی زیادی به مهارت کارگر دارد. استفاده از روش‌های ماشینی می‌تواند تا حدودی عیب‌های فوق را برطرف نماید.

به‌طورکلی می‌توان گفت هدف اصلی قالب‌گیری ماشینی، متراکم کردن ماسه‌ی قالب‌گیری به‌طور یکنواخت با سختی موردنظر و سرعت زیاد می‌باشد.

روش کار: اساس کار قالب‌گیری ماشینی از این قرار است :

ــ فشردن ماسه در داخل درجه و اطراف مدل به وسیله نیروهای ضربه‌ای، فشاری، ارتعاشی، پرتابی و یا ترکیب هم‌زمان چند نیرو.

ــ لق کردن مدل توسط سیستم‌های ارتعاشی.

ــ خارج کردن مدل.

ــ برگرداندن و چرخاندن درجه‌ها.

ماشین‌های قالب‌گیری دارای طرح‌های مختلف هستند و با توجه به نحوه عمل کوبیدن و فشردن ماسه در قالب، لق کردن و خارج کردن مدل از قالب، مکانیزم چرخاندن درجه‌ها متفاوت می‌باشند.

انواع ماشین‌های قالب‌گیری عبارتند از : ماشین‌های قالب‌گیری ضربه‌ای ساده، فشاری ساده، ضربه‌ای ــ فشاری و ماسه‌پران.

ماشین‌های قالب‌گیری ضربه‌ای ساده: در شکل (۷ــ۶) یک نوع از این ماشین‌ها نشان داده شده است. در این ماشین‌ها مدل صفحه‌ای روی صفحه‌ی میز ماشین محکم می‌شود. آن‌گاه روی این صفحه یک لنگه درجه قرار می‌گیرد سپس درجه کاملاً از ماسه پر می‌شود. شیر متصل به هوای فشرده باز شده و با فشار زیاد پیستون را همراه با صفحه‌ی میز و مدل و درجه چند سانتی‌متر به بالا می‌برد. در ارتفاع معینی راه هوای متراکم به خارج باز می‌شود. پیستون همراه با میز، صفحه مدل، درجه و ماسه‌ی داخل آن تحت تأثیر نیروی وزن به پایین برمی‌گردد. این عملیات چندین بار و با سرعت زیاد تکرار می‌شود تا ماسه به اندازه‌ی کافی در اطراف مدل فشرده و متراکم شود. در پایان

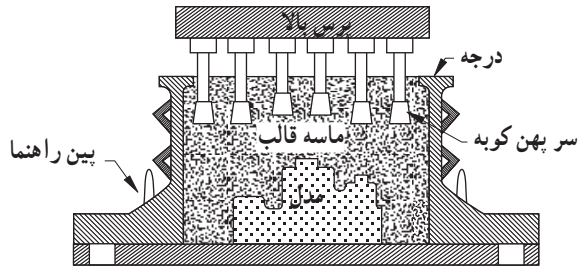
یک سیستم ارتعاشی مدل را از ماسه آزاد می‌کند و پین‌های خارج‌کننده، درجه همراه با ماسه را از سطح مدل خارج می‌کنند. اصولاً فشردن و متراکم کردن ماسه در این‌گونه ماشین‌ها توسط نیروی جنبشی انجام می‌شود. فشردگی ماسه در اطراف مدل نسبت به روش‌های دستی بیشتر است.

شکل ۷ــ۶ــ ماشین قالب‌گیری ضربه‌ای

در این روش تولید قالب به تعداد انبوه و به‌صورت یکنواخت و تکرارپذیر صورت می‌گیرد. نکته قابل توجه در این نوع ماشین‌ها این است که به‌دلیل این‌که فشردگی ماسه فقط به وسیله‌ی 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.

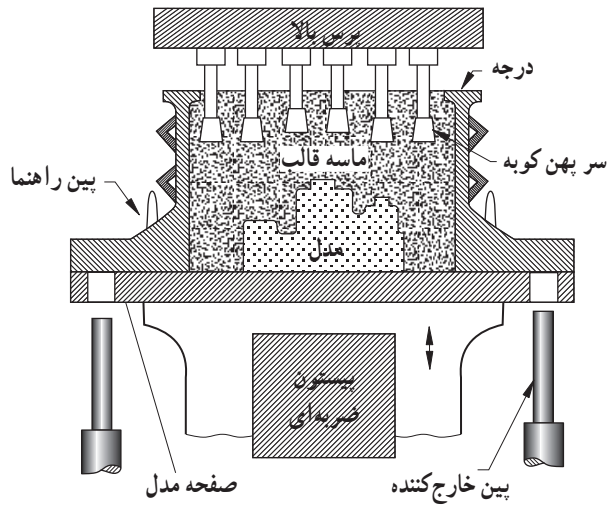
ماشین‌های قالب‌گیری فشاری: شکل (۸ــ۶) به طور شماتیک طرز کار این ماشین را نشان می‌دهد. روش کار در این نوع ماشین همانند ماشین‌های ضربه‌ای بوده با این تفاوت که به‌جای استفاده از سیستم ضربه در صفحه‌ی پایین، از سیستم فشار در صفحه‌ی بالا استفاده می‌شود. به این ترتیب که پس از پرشدن درجه از ماسه توسط پرس فشاری 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 به‌صورت یکنواخت توزیع می‌گردید ولی با توجه به این‌که ماسه‌ی قالب‌گیری از مخلوط ذرات ماسه و چسب و آب تشکیل یافته است لذا قادر نیست انرژی دریافت شده را به‌صورت مساوی و یکنواخت به تمام قسمت‌های درجه منتقل نماید درنتیجه در قسمت‌های کناری مدل و نزدیک صفحه مدل فشردگی ماسه کم بوده و برعکس در قسمت‌های سطح قالب، فشردگی بیشتر می‌باشد. به هرحال ماشین‌های فشاری ساده معمولاً برای قالب‌گیری قطعه‌های

کم‌ارتفاع و یکنواخت به‌کار می‌رود.



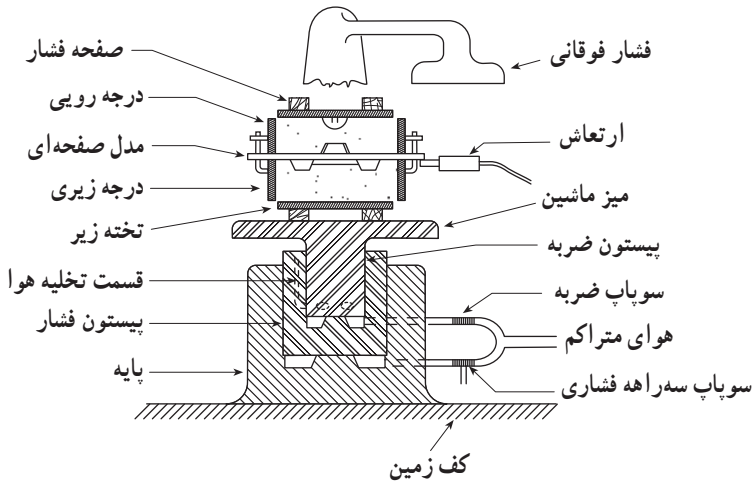
شکل ۸ــ۶ــ قسمتی از یک ماشین قالب‌گیری فشاری

ماشین‌های قالب‌گیری ضربه‌ای ــ فشاری: تجهیزات و ضمایم مدل و صفحه و درجه در این نوع ماشین کاملاً شبیه ماشین‌های قالب‌گیری ضربه‌ای است، با این تفاوت که پس از عملیات فشردن ماسه به طریق ضربه‌ای یک سیستم فشاری همانند ماشین‌های فشاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این‌ترتیب معایبی که در هرکدام از ماشین‌های ضربه‌ای و فشاری وجود دارد برطرف شده و با ترکیب دو مکانیزم ضربه‌ای و فشاری می‌توان استحکام و سختی یکنواختی را در تمام قسمت‌های قالب و مجاور مدل ایجاد نمود. شکل‌های (۹ــ۶ و ۱۰ــ۶) دو نوع ماشین ضربه‌ای و فشاری را نشان می‌دهد. سرعت تولید در این نوع ماشین‌ها بالا بوده و به ۳۰۰ قالب در ساعت می‌رسد این نوع ماشین‌ها در اندازه‌های مختلف ساخته شده است.



شکل ۹ــ۶ــ قسمتی از یک ماشین ضربه‌ای ــ فشاری

(الف)

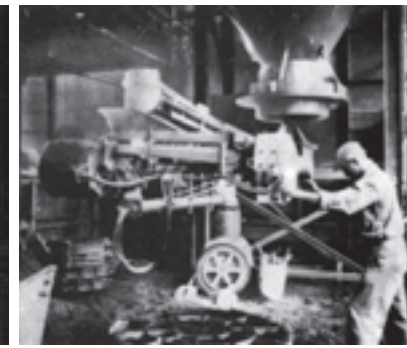


(ب)

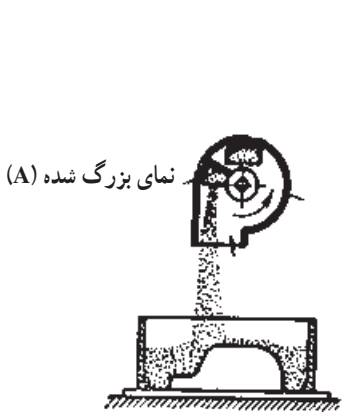
شکل ۱۰ــ۶ــ ماشین ضربه‌ای فشاری الف ــ تصویر واقعی ب ــ شکل شماتیک

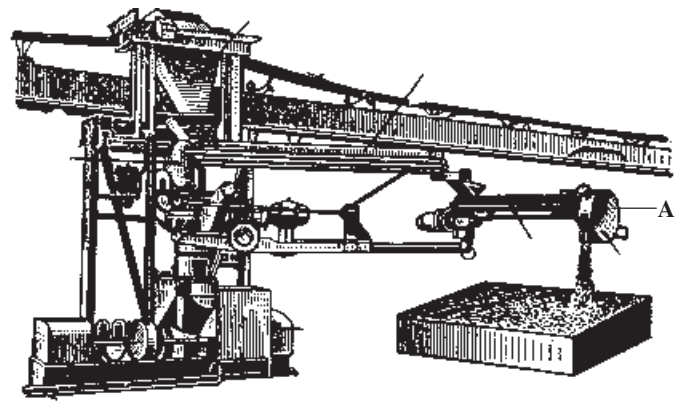
ماشین ماسه پرتاب‌کن: در این نوع ماشین ماسه به وسیله دستگاه ماسه پرتاب‌کن با سرعت زیاد داخل درجه در اطراف مدل فشرده می‌شود. شدت پرتاب ماسه گاه به ۳۰۰ هزار سانتی‌متر مکعب در دقیقه می‌رسد و چنین شدتی باعث فشردگی زیاد ماسه می‌شود. در این فرآیند ماسه به وسیله نقاله به دستگاه پرتاب‌کن با قطر محفظه ۵ الی ۵۵ سانتی‌متر و پره‌هایی به اندازه ۱۰ تا ۱۵ 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 (شکل۱۱ـ۶). نوع متحرک این ماشین‌ها روی ریل حرکت می‌کنند. اصولاً ماشین‌های ماسه پرتاب‌کن برای تولید قطعه‌های متوسط و بزرگ به‌کار می‌رود. عمل خارج کردن مدل از ماسه توسط جرثقیل انجام می‌شود.

(ب)



(الف)





(ج)

شکل ۱۱ـ۶ـ ماشین قالب‌گیری ماسه پرتاب‌کن
الف ـ نوع متحرک ب ـ نوع ثابت ج ـ شکل شماتیک

۳ــ۶ــ ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای خشک

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

۱ــ۳ــ۶ــ 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 به‌تدریج 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.

۲ــ۳ــ۶ــ 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 ماسه‌ی تر تهیه می‌شوند و سپس در کوره‌های مخصوص در درجه‌ی حرارت ۱۵۰°C تا ۳۷۰°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 ریختگی 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 :

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

۲ــ نسبت به روش ماسه‌ی تر قطعه‌ها از دقت ابعادی بهتری برخوردار می‌باشند.

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

۴ــ 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 :

۱ــ به دلیل نیاز به کوره‌های خشک‌کن، تجهیزات و لوازم بیشتری مورد لزوم است.

۲ــ 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.

۳ــ سرعت تولید در این روش کم است.

۴ــ سرعت انجماد این روش نسبت به روش ماسه‌ی تر کمتر می‌باشد.

۴ــ۶ــ ریخته‌گری در قالب‌های CO_2 (دی اکسید کربن)

در فرآیند دی‌اکسیدکربن، به جای استفاده از خاک (بنتونیت،...) به عنوان چسب از سیلیکات‌سدیم استفاده شده و قالب و ماهیچه را توسط گاز CO_2 خشک و مستحکم می‌نمایند.

۱ــ۴ــ۶ــ 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 به‌وجود 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 دی‌اکسید 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.

۲ــ۴ــ۶ــ روش کار: مراحل تهیه قالب به روش CO_2 به این شرح است :

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

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

ج ــ توسط دمیدن گاز دی‌اکسیدکربن قالب‌ها کاملاً مستحکم می‌شوند به گونه‌ای که استحکام خشک قالب به حدود PSI ۲۰۰ می‌رسد.

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

۳ــ۴ــ۶ــ مزیت‌ها و محدودیت‌ها

الف ــ مزیت‌ها: مهم‌ترین مزیت‌های روش سیلیکات سدیم نسبت به روش‌های دیگر به‌ویژه ماسه‌ی‌تر از این قرارند :

۱ــ 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.

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

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

۴ــ ماهیچه‌ها و قالب‌ها بلافاصله پس از ساخت قابل استفاده می‌باشند و نیازی به‌خشک کردن ندارند.

۵ــ فضای لازم کارگاهی حداقل می‌باشد.

۶ــ هزینه‌های غیرمستقیم کارگری کم است.

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

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

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

۲ــ عمر مفید مخلوط ماسه و دی‌اکسیدکربن نسبت به سایر مخلوط ماسه‌ی قالب و ماهیچه کمتر است.

۳ــ 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.

۴ــ در مقایسه با دیگر ماهیچه‌ها و قالب‌ها، قابلیت از هم‌پاشیدگی پس از ریخته‌گری آن کمتر است.

۴ــ۴ــ۶ــ 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 ماسه‌ی‌تر). 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 :

$$Na_2SiO_3.(x)H_2O + CO_2 \rightarrow SiO_2 + Na_2CO_3.(x)H_2O \qquad (۶ــ۱)$$

که در آن x می‌تواند ۳، ۴ یا ۵ باشد.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود محصول تولید شده در واکنش ۱ــ۶ 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 هرحال همان‌گونه که در قسمت ۳ــ۴ــ۶ گفته شد عمر مفید مخلوط ماسه و سیلیکات سدیم کم است چرا که در مدت چند ساعت به‌تدریج مخلوط ماسه با دی‌اکسیدکربن موجود در محیط واکنش ۱ــ۶ را انجام داده و مخلوط ماسه خود به خود سخت شده و بلااستفاده می‌گردد.

۵ــ۴ــ۶ــ 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 ــ ماسه‌ی مورد استفاده بایستی همیشه خشک و عاری از رطوبت باشد حداکثر رطوبت مجاز ۰/۲۵ درصد است.

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

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

د ــ 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 درحالی 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 ۲ــ۶ آمده است.

(۲ــ۶) ۲۶ + تا ۶۴ درصد سیلیس (SiO_2) + ۱۷ تا ۶۷ درصد آب (H_2O)

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 $\frac{SiO_2}{Na_2O} = \frac{1}{2}$ تا $\frac{SiO_2}{Na_2O} = \frac{1/2}{2}$ می‌باشد. بیشتر فلزات در برابر خوردگی توسط سیلیکات سدیم مقاوم می‌باشند لذا به‌راحتی 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 چغندرقند را نام برد.

خاک کائولن: باعث تغییر نقطه ذوب مخلوط SiO_2 و Na_2O به $810^\circ C$ شده و نیز پایداری ماسه را افزایش می‌دهد.

اکسید آلومینیم: سبب افزایش استحکام چسب در درجه‌ی حرارت حدود $810^\circ C$ 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
اکسیدآلومینیم (۳۲۵ تا ۶۰۰ مش)	۱/۷درصد
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 به‌خصوص آلیاژهای آهنی می‌باشد.

۶ــ۴ــ۶ــ آماده سازی ماسه: در روش CO_2 ، ماسه، سیلیکات سدیم و افزودنی‌ها را توسط مخلوط کن‌های 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 به‌طول 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 ــ ملاس چغندر به ماسه اضافه می‌شود و به مدت یک دقیقه با هم مخلوط می‌شوند.

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

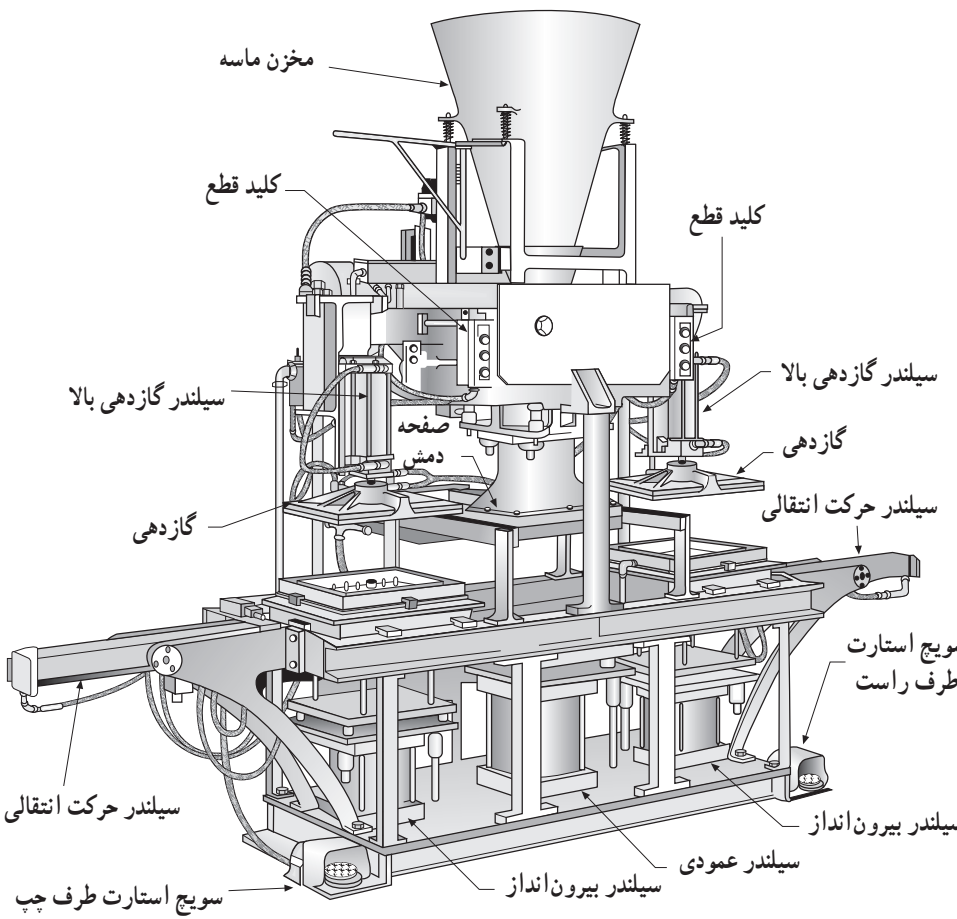
ج ــ سیلیکات سدیم به مخلوط فوق اضافه شده و به مدت یک دقیقه مخلوط می‌شوند. لازم به‌تذکر است که هر مقدار بتوان زمان مخلوط کردن را کاهش داد بدون این‌که در کیفیت مخلوط اثر بگذارد، نتایج مطلوب‌تر خواهد بود. برعکس با افزایش زمان مخلوط کردن ماسه خشک شده و کیفیت کاهش می‌یابد.

راندمان خوب در روش CO_2 به مقدار زیادی بستگی به برنامه‌ریزی دقیق در نحوه‌ی مخلوط کردن و قالب‌گیری دارد. درصورتی که مخلوط آماده شده مدت طولانی بلااستفاده انبار شود، به‌تدریج 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.

۷ــ۴ــ۶ــ 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 **۲ــ۲ــ۶** 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.

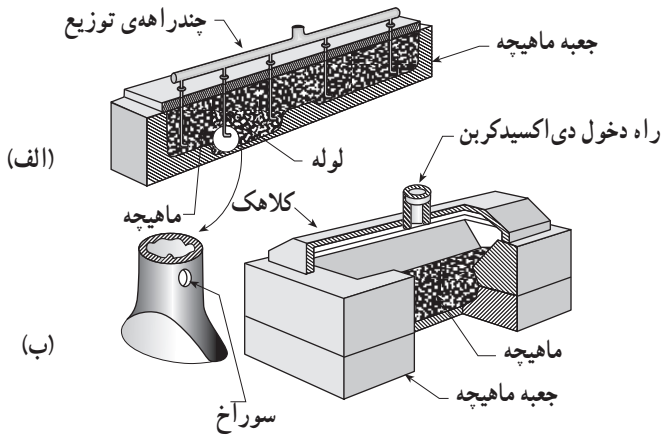
به‌طورکلی مخلوط ماسه‌ی سخت شده به مدل نمی‌چسبد و در صورت نیاز به مواد جدایش می‌توان از آب استفاده نمود. اگر چه به‌دلیل سادگی روش CO_2 در کارگاه‌های کوچک و برای تعداد کم قطعات قابل استفاده است، در عین حال جهت تولید انبوه کاربرد زیادی دارد. شکل (۱۲ــ۶) یک ماشین اتوماتیک که شامل مراحل پرتاب ماسه، کوبیدن ماسه، گازدهی و خارج کننده‌ی قالب و ماهیچه است را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲ــ۶ــ 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 قالب‌گیری است، لذا یک جایگاه برای قالب‌گیری و دو جایگاه برای گازدهی در آن درنظر گرفته شده است.

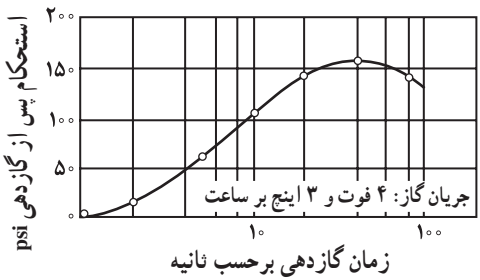
هنگامی که هدف تولید قطعه‌ها به تعداد کم و یا قطعه‌های بزرگ و یا هر دوی آن‌ها باشد، روش‌های گازدهی متفاوت است. شکل (۱۳ــ۶) تجهیزات گازدهی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳ــ۶ــ دو روش جهت گاز دهی ماهیچه

الف ــ گازدهی توسط لوله‌ی چند شاخه ب ــ استفاده از کلاهک گازدهی ماهیچه‌های کوچک

فشار گاز در داخل بین ۲۰ تا ۴۰ PSI می‌باشد 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 می‌شود. دمیدن گاز بیش از اندازه نیز باعث کاهش استحکام ماسه می‌شود. منحنی ۱۴ــ۶ اثر زمان دمیدن گاز را روی استحکام ماسه نشان می‌دهد.



نمونه مورد آزمایش گازدهی از مخلوط ماسه‌ای با ترکیب زیر می‌باشد :
۳۳ درصد سیلیکات سدیم، ۱/۷ درصد اکسید آلومینیم،۱/۷ درصد خاک کائولین، ۲ درصد ملاس چغندر

شکل ۱۴ــ۶ــ تأثیر زمان گازدهی بر استحکام ماهیچه

مقدار گاز مورد استفاده همیشه از مقدار قابل محاسبه در فرمول (۱ـ۶) 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. به‌طور 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.

۵ـ۶ـ 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. بدین‌طریق 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.

۱ـ۵ـ۶ـ 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 ـ مزایا

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

ـ صافی سطح نسبت به روش ماسه‌ی‌تر بهتر است.

ـ مصرف ماسه در این روش نسبت به فرآیند ماسه‌ی‌تر کمتر است.

ب ـ محدودیت‌ها و معایب

ـ در اندازه و وزن قطعات ریختگی محدودیت وجود دارد.

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

۲ـ ۵ـ۶ـ 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 روان کننده اجزای اصلی آن می‌باشند.

الف ـ ماسه: ماسه‌ی مورد استفاده در فرآیند پوسته‌ای سیلیسی و یا زیرکنی 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 به‌استحکام کافی، مقدار مصرف رزین افزایش می‌یابد.

به‌جز در مورد آلیاژهای آلومینیم بهترین نتیجه هنگامی به‌دست 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 درنتیجه 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 ـ 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 فنل‌فرمالدئید 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 ـ 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[1] 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.

۳ــ۵ــ۶ــ تهیه مخلوط ماسه و رزین: مخلوط ماسه و رزین برای قالب‌های پوسته‌ای به‌دو روش تهیه می‌شود.

الف ــ 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، قالب‌پر می‌گردد، امکان‌پذیر نبوده و فقط برای تهیه قالب‌های dump-box استفاده می‌شود.

ب ــ 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 روان کننده توسط مخلوط‌کن انجام می‌شود. نحوه‌ی مخلوط کردن متفاوت است، ممکن است بعضی از اجزای مخلوط به صورت مایع باشند اما هنگامی که از مخلوط کن 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 به‌حمل 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 می شوند 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 این‌که بتواند ماسه را پوشش بدهد سخت می‌شود.

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

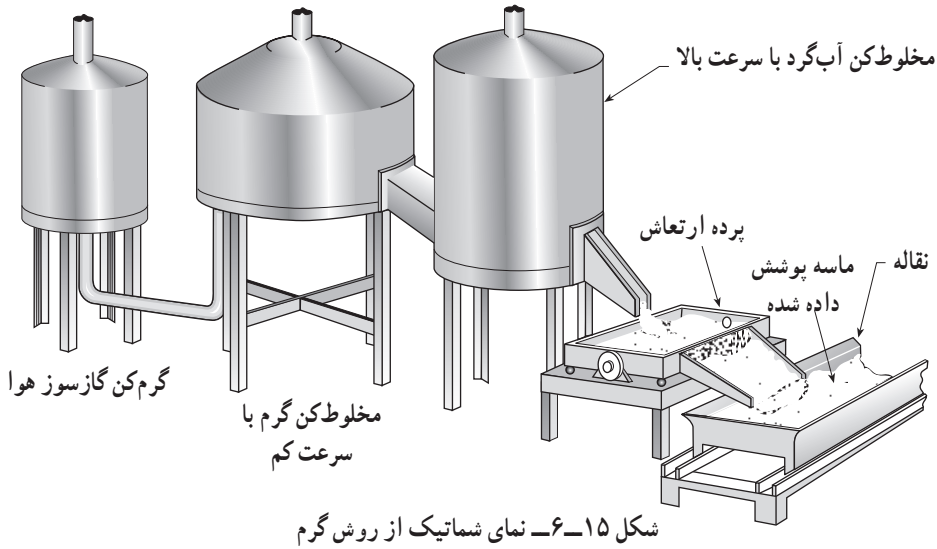
۱ــ Calcium Stearate

سانتی‌گراد با هم مخلوط می‌شوند (شکل ۱۵ــ۶). این روش حداقل سه مزیت نسبت به روش سرد دارد.

اوّل این که استحکام کششی ماسه‌ی پوشش داده شده حدود ۲۵ درصد افزایش می‌یابد.

دوّم این‌که گردوغبار در این روش کمتر است.

سوم این که به دلیل عدم استفاده از الکل امکان آتش‌سوزی در آن کمتر است.



شکل ۱۵ــ۶ــ نمای شماتیک از روش گرم

۴ــ۵ــ۶ــ عملیات تهیه‌ی قالب و ماهیچه: به منظور تولید قالب و ماهیچه‌ی پوسته‌ای ماشین‌های مختلفی وجود دارد که از نظر جزییات عملیاتی و درجه‌ی اتوماسیون با هم تفاوت دارند. در تمام این ماشین‌ها طراحی به‌گونه‌ای 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 به‌ترتیب عملیات عبارتند از :

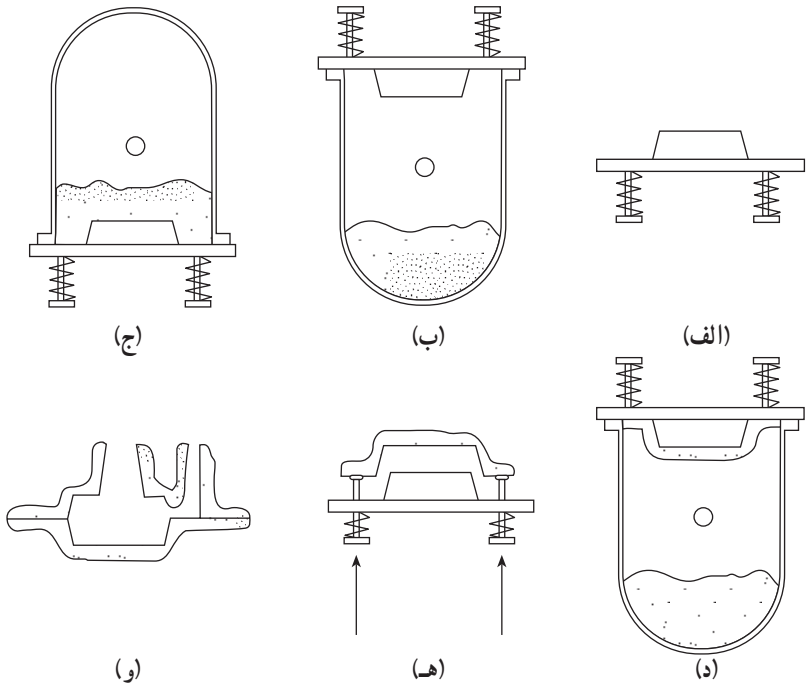
الف ــ مخلوط ماسه، رزین و دیگر مواد با مدل فلزی گرم شده در تماس قرار می‌گیرند. این عمل ممکن است توسط روش مخزن جعبه‌ای و یا روش دمیدن انجام شود. در این روش مقدار مخلوط ماسه خیلی بیشتر از مقدار مورد نیاز می‌باشد (شکل ۱۶ــ۶). رزین‌ها در تماس با مدل گرم، ذوب شده و باعث چسبیدن ذرات ماسه به هم و نیز به مدل می‌شوند. درجه‌ی حرارت و زمان با توجه به ضخامت پوسته‌ی مورد نیاز تنظیم می‌شود (شکل c ــ۱۶ــ۶).

ب ــ هنگامی که ضخامت پوسته به اندازه‌ی مورد نظر رسید، مدل ۱۸۰° می‌چرخد (شکل d ــ ۱۶ــ۶) و مخلوط ماسه‌ی اضافی به داخل مخزن برمی‌گردد.

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

د ــ پس از پایان عملیات پخت، قالب پوسته‌ای توسط سیستم بیرون انداز از مدل جدا می‌شود (شکل e ــ۱۶ــ۶).

هـ ــ در عملیات پایانی، ماهیچه‌ها در داخل قالب قرار می‌گیرد و سپس نیمه‌های قالب پوسته‌ای به وسیله‌ی چسب مناسب دقیقاً به هم متصل می‌شوند. در این حالت قالب آماده‌ی باریزی است.



شکل ۱۶ــ۶ــ 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 (هـ) عملیات جدا کردن قالب از مدل (و) عملیات جفت کردن قالب.

۵ــ۵ــ۶ــ روش‌های قالب‌گیری پوسته‌ای: به طورکلی در قالب‌گیری پوسته‌ای دو روش وجود دارد. روش مخزن جعبه‌ای[۱]، روش دمشی[۲].

۱ــ Dump - Box Molding ۲ــ Molding Blowing

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

ــ ساده بودن عملیات

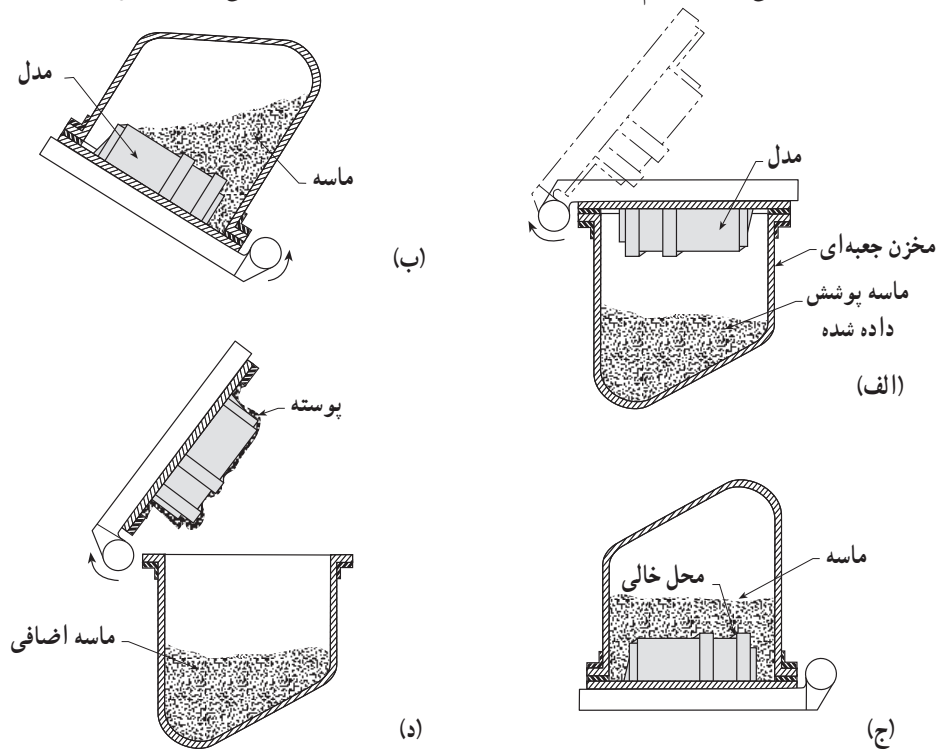
ــ ارزان‌تر بودن تجهیزات

ــ کمتر بودن مواد دورریز قالب

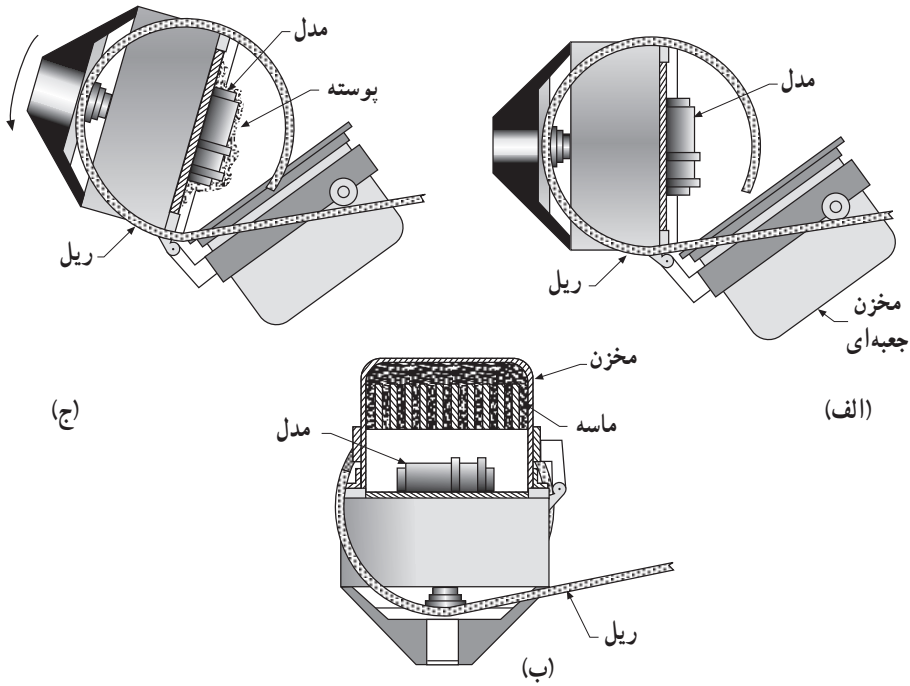
ــ کنترل بهتر سختی قالب

ــ عیوب ریختگی در آن کمتر است.

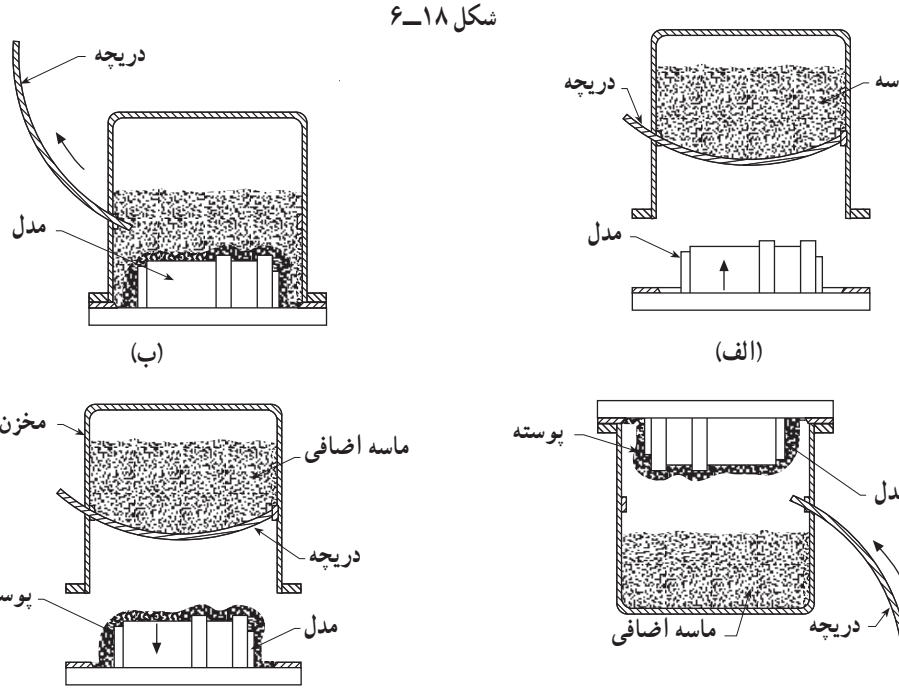
شکل‌های (۱۷ــ۶، ۱۸ــ۶ و ۱۹ــ۶) سه نوع فرآیند مختلف از روش مخزن جعبه‌ای را نشان می‌دهند. اگر مانند شکل (۱۷ــ۶) مدل و مخزن جعبه‌ای 180° حول محور خود بچرخند (۱۷ــ۶ ــ الف)، ماسه روی مدل به تدریج لغزیده و آن‌را پر می‌کند (۱۷ــ۶ ــ ب) ، (۱۷ــ۶ ــ ج) درصورتی که مدل دارای گوشه‌های تیز باشد ممکن است در گوشه‌ها جای خالی ایجاد شود. این پدیده در شکل (۱۷ــ۶ ــ د) نشان داده شده است. این عیب به‌دلیل نحوه‌ی حرکت و نیز سرعت کم ماسه است. وجود جاهای خالی باعث به هم خوردن دقت ابعادی و پوسته شدن قالب می‌شود (شکل ۱۷ــ۶ ــ د).



شکل ۱۷ــ۶



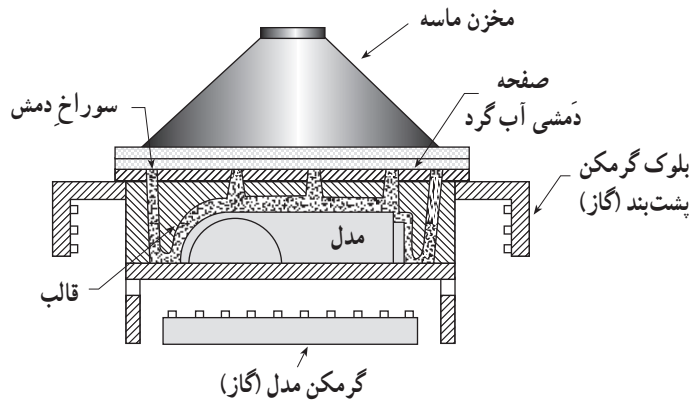
شکل ۱۸ــ۶



شکل ۱۹ــ۶

شکل‌های ۱۷ــ۶، ۱۸ــ۶ و ۱۹ــ۶ــ روش‌های ریخته‌گری در قالب پوسته‌ای

ب ــ روش دمشی قالب: قالب‌های پوسته‌ای را همچنین می‌توان با دمیدن ماسه روی سطح گرم شده به‌دست آورد. شکل (۲۰ــ۶) به‌طور شماتیک نوعی از این‌گونه ماشین‌ها را نشان می‌دهد. مخلوط ماسه از منافذ مخصوص روی قالب گرم شده، دمیده می‌شود.



شکل ۲۰ــ۶ــ 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.

۶ــ۶ــ 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 محفظه‌ی 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.

۱ــ Investment casting

۱ــ۶ــ۶ــ مزایا و محدودیت‌ها

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

ــ تولید انبوه قطعات با اشکال پیچیده که توسط روش‌های دیگر ریخته‌گری نمی‌توان تولید نمود توسط این فرآیند امکان‌پذیر می‌شود.

ــ مواد قالب و نیز تکنیک بالای این فرآیند، امکان تکرار تولید قطعات با دقت ابعادی و صافی سطح یکنواخت را می‌دهد.[۱]

ــ این روش برای تولید کلیه فلزات و آلیاژهای ریختگی به‌کار می‌رود. همچنین امکان تولید قطعاتی از چند آلیاژ مختلف وجود دارد.

ــ 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.

ــ در این روش امکان تولید قطعات با خواص متالورژیکی بهتر وجود دارد.

ــ قابلیت تطابق برای ذوب و ریخته‌گری قطعات در خلأ وجود دارد.

ــ خط جدایش قطعات حذف می‌شود و نتیجتاً موجب حذف عیوبی می‌شود که در اثر وجود خط جدایش به وجود می‌آید.

ب ــ مهم‌ترین محدودیت‌های روش ریخته‌گری دقیق عبارتند از :

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

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

۲ــ۶ــ۶ــ 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.

۳ــ۶ــ۶ــ فرآیند قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی در ریخته‌گری دقیق: برای تولید قطعات ریختگی فولادی ساده‌ی کربنی، فولادهای آلیاژی، فولادهای زنگ نزن، مقاوم به حرارت و دیگر آلیاژهایی با نقطه ذوب بالای $1100^{\circ}C$ این روش به‌کار می‌رود، شکل‌های (۲۱ــ۶ و ۲۲ــ۶) به طور

۱ــ «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.

۲ــ Shell investment Process

۳ــ Solid investment Process

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

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

ب ــ 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 ۲۱ــ۶ ــ ب) و ۲۴ــ۶ ــ 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 ۲۳ــ۶).

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 ــ مدل خوشه‌ای و ضمائم آن در داخل دوغاب سرامیکی فرو برده می‌شود. درنتیجه یک لایه‌ی دوغاب سرامیکی روی مدل را می‌پوشاند (شکل‌های ۲۱ــ۶ ج و ۲۲ــ۶ مرحله ۴).

د ــ در این مرحله مدل خوشه‌ای در معرض جریان باران ذرات ماسه‌ی نسوز قرار می‌گیرد، تا یک لایه‌ی نازک در سطح آن تشکیل شود (شکل‌های ۲۱ــ۶ د و ۲۲ــ۶ مرحله ۵).

هـ ــ پوسته‌ی سرامیکی ایجاد شده در مرحله‌ی قبل کاملاً خشک می‌شود تا سخت و محکم شود و مراحل «ج»، «د»، «هـ» 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 به‌تدریج 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 ــ مدل مومی یا پلاستیکی توسط ذوب یا سوزاندن از محفظه قالب خارج می‌شوند، به این عملیات موم‌زدایی می‌گویند (شکل‌های ۲۱ــ۶ــ هـ و ۲۲ــ۶ مرحله ۷). در عملیات موم‌زدایی بایستی توجه نمود که انبساط موم سبب تنش و تَرَک در قالب نشود.

ز ــ در قالب‌های تولید شده عملیات باررریزی مذاب انجام می‌شود (شکل‌های ۲۱ــ۶ــ و ۲۲ــ۶ مرحله ۹).

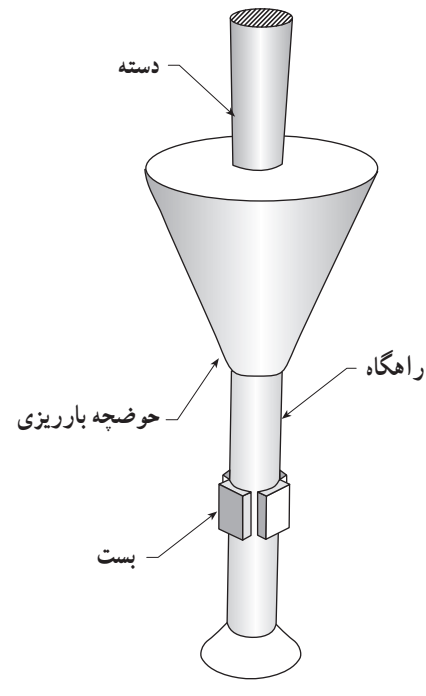
ح ــ پس از انجماد مذاب، پوسته سرامیکی شکسته می‌شود (شکل‌های ــ۲۱ــ۶ــ ز و ۲۲ــ۶ مرحله ۱۰).

ط ــ در آخرین مرحله قطعات از راهگاه جدا می‌شوند (شکل‌های ۲۱ــ۶ ح و ۲۲ــ۶ مرحله ۱۱).

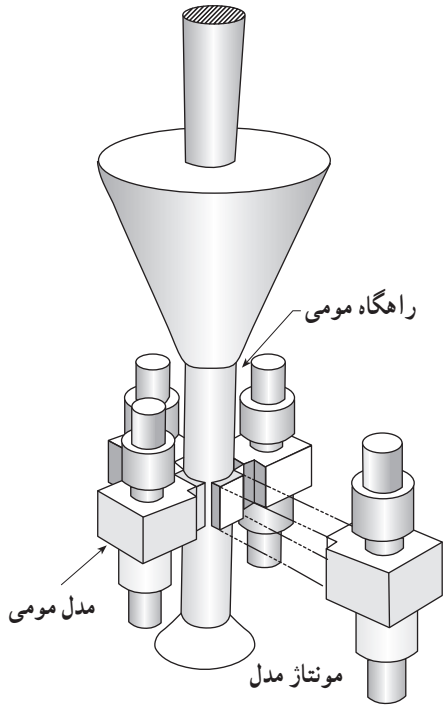
مواد نسوز در فرآیند پوسته‌ای دقیق: نوعی سیلیس به‌دلیل انبساط حرارتی کم به‌طور گسترده به‌عنوان نسوز در روش پوسته‌ای دقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ماده‌ی نسوز برای ریخته‌گری آلیاژهای آهنی و آلیاژهای کبالت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

زیرکنیم شاید بیشترین کاربرد را به‌عنوان نسوز در فرآیند پوسته‌ای دارد. این ماده بهترین کیفیت را در سطوح قطعه ایجاد نموده و در درجه‌ی حرارت‌های بالا پایدار بوده و نسبت به خوردگی توسط مذاب مقاوم است.

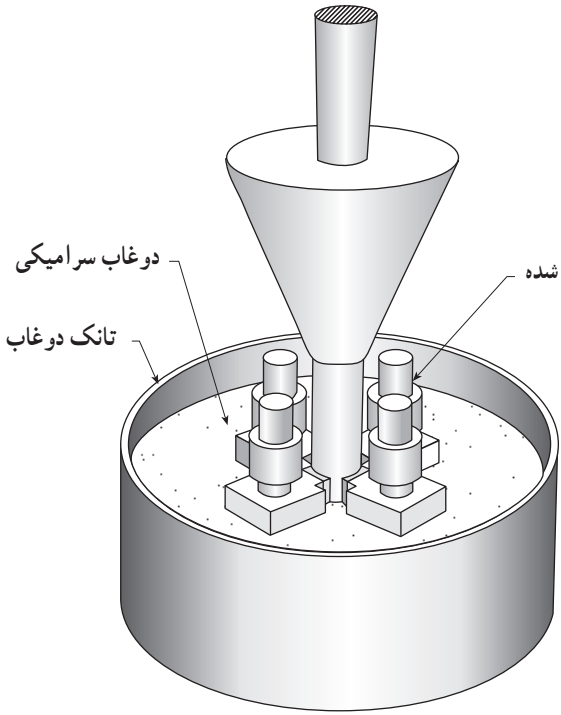
آلومین به‌دلیل مقاومت کم در برابر شوک حرارتی کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. به هر حال در برخی موارد به دلیل مقاومت در درجه‌ی حرارت بالا (تا حدود) $1760^{\circ}C$ مورد استفاده قرار می‌گیرد.



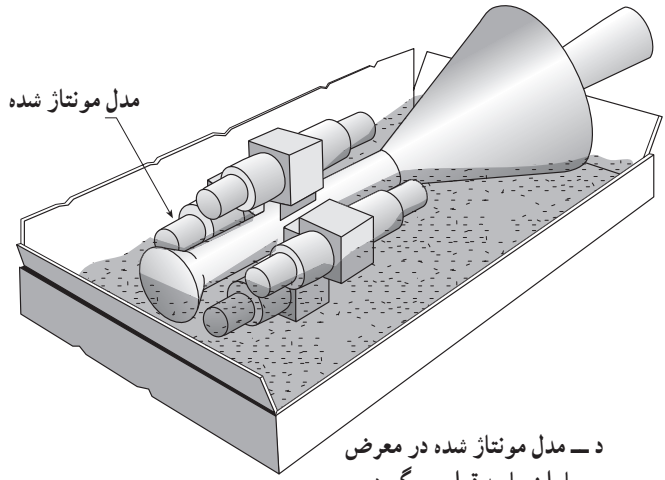
الف ــ مدل راهگاه مومی



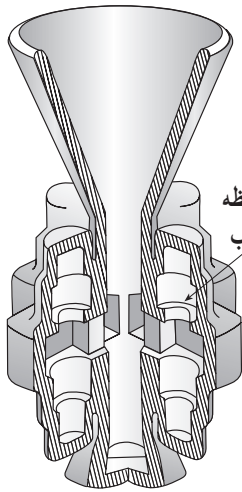
ب ــ مدل‌های مومی به راهگاه مومی چسبانده می‌شوند



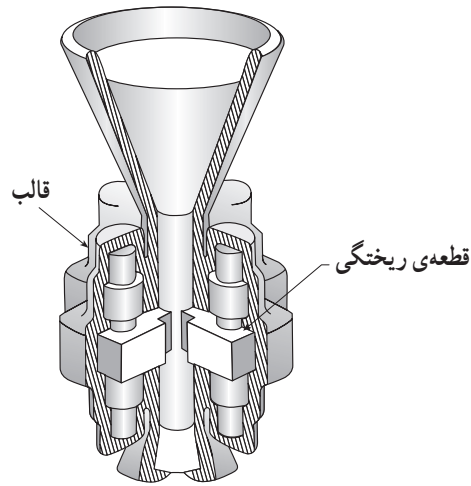
ج ــ مدل مونتاژ شده به داخل دوغاب سرامیکی غوطه‌ور می‌شوند



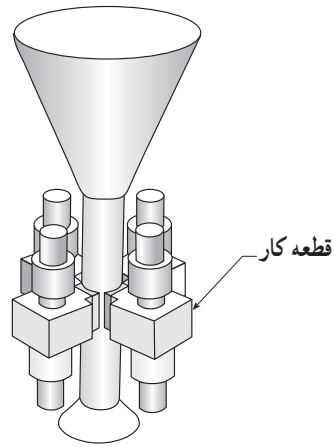
د ــ مدل مونتاژ شده در معرض باران ماسه قرار می‌گیرد



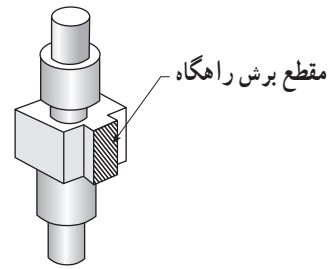
هـ ــ قالب آماده شده بعد از موم‌زدایی



و ــ قالب پس از باز‌ریزی

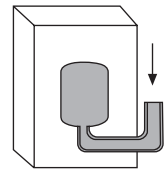


ز ــ قطعه‌ی جامد پس از شکستن پوسته‌ی قالب

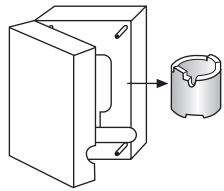


ح ــ یک قطعه‌ی ریخته شده پس از جداسازی از راهگاه

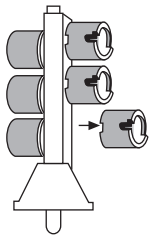
شکل ۲۱ــ۶ــ مراحل تولید قطعات در فرآیند قالب‌های پوسته‌ای سرامیکی دقیق



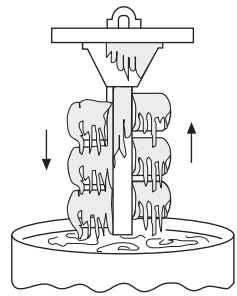
تزریق مواد مدل
مرحله ۱



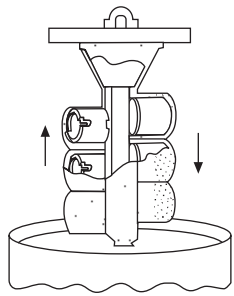
خارج کردن مدل
مرحله ۲



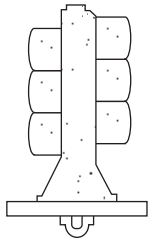
مونتاژ مدل
مرحله ۳



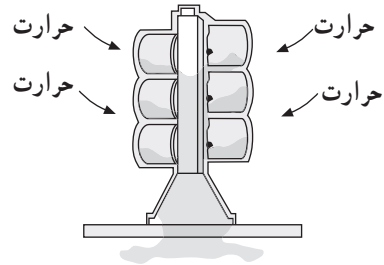
پوشش دوغاب
مرحله ۴



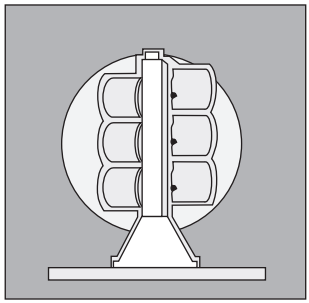
پوشش ماسه
مرحله ۵



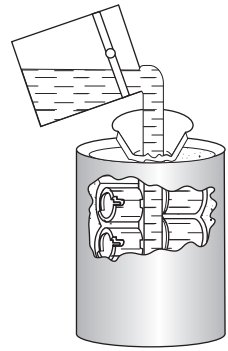
قالب کامل شده
مرحله ۶



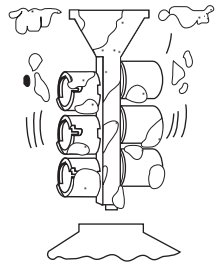
موم‌زدایی
مرحله ۷



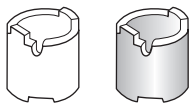
گرم کردن قالب
مرحله ۸



بارریزی مذاب
مرحله ۹

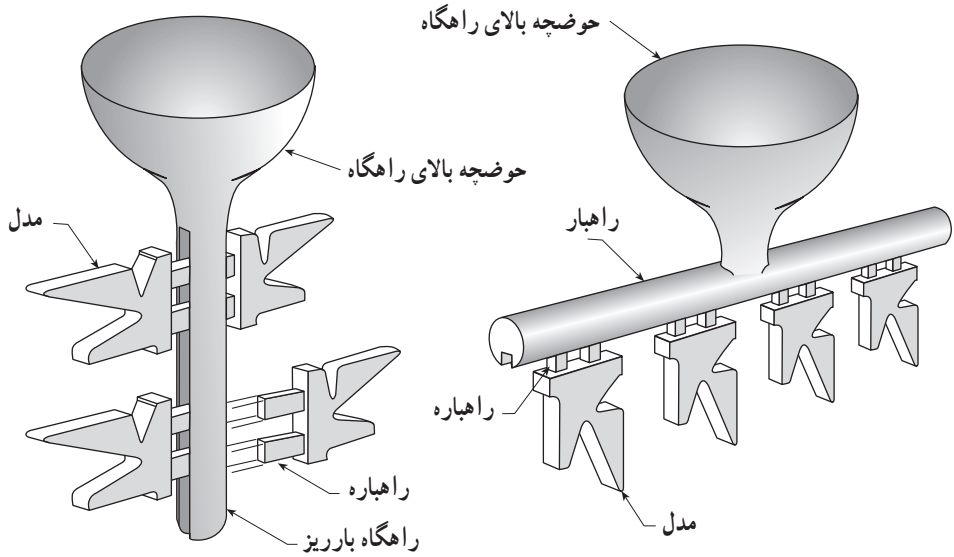


تخلیه
مرحله ۱۰



محصول تمام شده
مرحله ۱۱

شکل ۲۲ــ۶ــ مراحل تولید قطعات در روش ریخته‌گری دقیق پوسته‌ای



شکل ۲۳ــ۶ــ عملیات مونتاژ 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 کلوئیدی. سیلیکات اتیل باعث پیدایش سطح تمام شده بسیار خوب می‌شوند. سیلیس کلوئیدی نیز باعث به‌وجود آمدن سطح تمام شده‌ی عالی می‌شود.

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

ــ مواد کنترل‌کننده‌ی ویسکوزیته.

ــ مواد ترکننده جهت کنترل سیالیت دوغاب و قابلیت مرطوب‌سازی مدل.

ــ مواد ضد کف جهت خارج کردن حباب‌های هوا.

ــ مواد ژلاتینی جهت کنترل در خشک شدن و تقلیل ترک‌ها.

۴ــ۶ــ۶ــ فرآیند تهیه قالب‌های توپر در ریخته‌گری دقیق: شکل‌های (۲۴ــ۶ و ۲۵ــ۶) به طور شماتیک مراحل تهیه‌ی قالب به روش توپر را نشان می‌دهد که عبارتند از :

الف ــ تهیه‌ی مدل‌های ذوب شونده (شکل ــ۲۴ ــ۶الف).

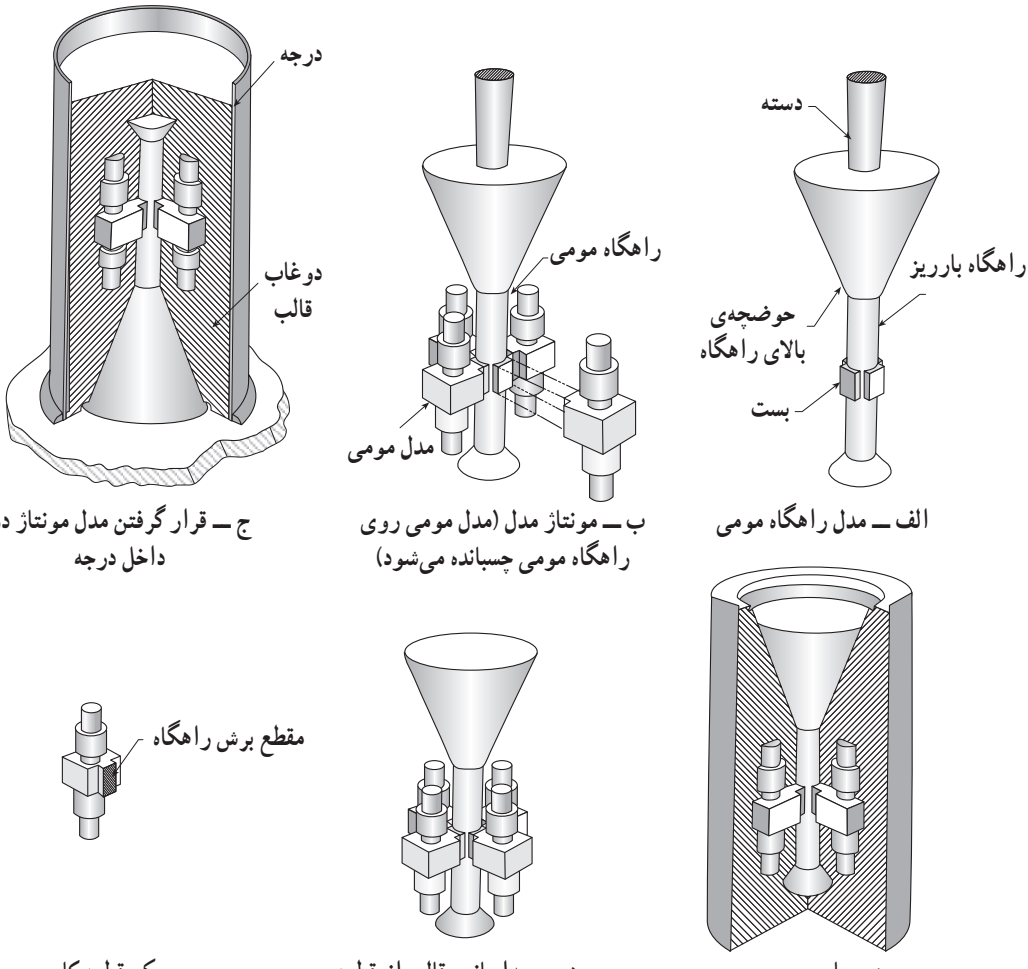
ب ــ مونتاژ مدل‌ها : این عملیات در قسمت ۳ ــ۶ ــ۶ ج توضیح داده شده (شکل ۲۴ــ۶ ب).

ج ــ مدل‌های خوشه‌ای و ضمائم آن در داخل درجه‌ای قرار می‌گیرد و دوغاب سرامیکی اطراف آن ریخته می‌شود تا درجه با دوغاب دیرگداز پر شود. به این دوغاب، دوغاب پشت بند نیز گفته می‌شود. این دوغاب در هوا سخت می‌شود و بدین ترتیب قالب به اصطلاح توپر تهیه می‌شود (شکل ۲۴ــ۶ ــ ج).

د ــ عملیات بارریزی انجام می‌شود (شکل ۲۴ــ۶ ــ د).

هـ ــ قالب سرامیکی پس از انجماد مذاب شکسته می‌شود (شکل ۲۴ــ۶ ــ هـ).

و ــ قطعات از راهگاه جدا می‌شوند (شکل ۲۴ــ۶ ــ و).



الف ــ مدل راهگاه مومی

ب ــ مونتاژ مدل (مدل مومی روی راهگاه مومی چسبانده می‌شود)

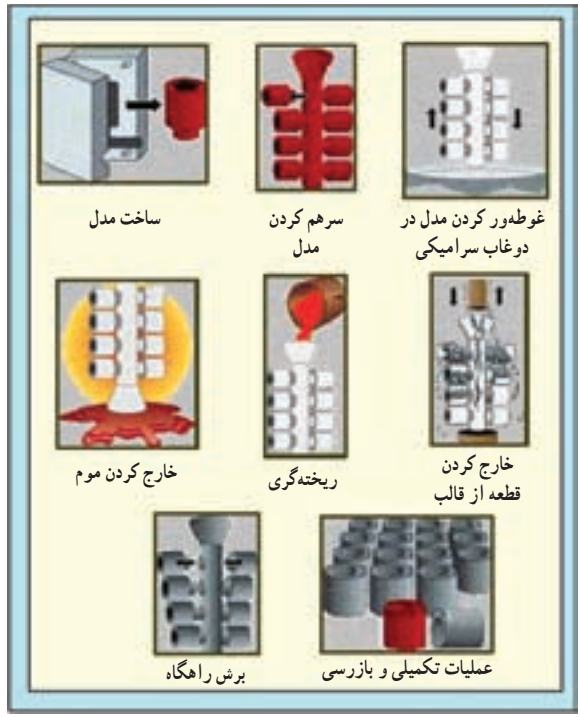
ج ــ قرار گرفتن مدل مونتاژ در داخل درجه

د ــ بارریزی

هـ ــ جداسازی قالب از قطعه

و ــ یک قطعه کار

شکل ۲۴ــ۶ــ مراحل تولید قطعات در روش قالب‌های توپر ریخته‌گری دقیق



شکل ۲۴ــ۶ــ مراحل شماتیک تولید قطعات در روش قالب‌های توپر ریخته‌گری دقیق

پرسش‌ها

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

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