

### ماه‌یچه<sup>۱</sup>

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.

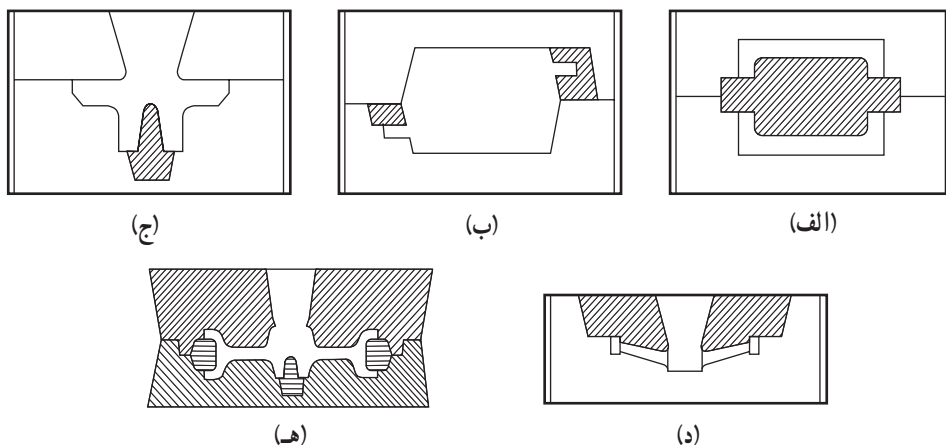
#### ۴-۱- تعریف

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.

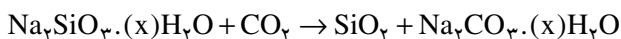
به طور کلی چسب‌های متداول در ماهیچه‌سازی را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود:

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  $\text{CO}_2$  به کار می‌رود برای هدف‌های خاصی در مایه‌سازی 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  $\text{CO}_2$  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 مایه‌های تهیه شده با چسب سیلیکات سدیم، بالا است ولی به این نکته مهم نیز بایستی توجه شود که این مایه‌ها از قابلیت از هم پاشیدگی بسیار کمی برخوردار هستند و از این نظر برای ساخت مایه‌های داخلی توصیه نمی‌شوند.

از سیمان پرتلند، برای ساخت مایه‌های 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 مورد نظر باشد. برای تهیه مایه‌ها با چسب سیمان، حدود ۱۲ درصد سیمان و ۸۸ درصد ماسه سیلیسی را با مقدار کافی آب مخلوط نموده، سپس مایه‌ها مورد نظر با روش‌های معمول ساخته می‌شود. مایه‌های 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 مایه‌ها 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. مایه‌ها 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 مایه‌ها 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 ۱۵۰°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).



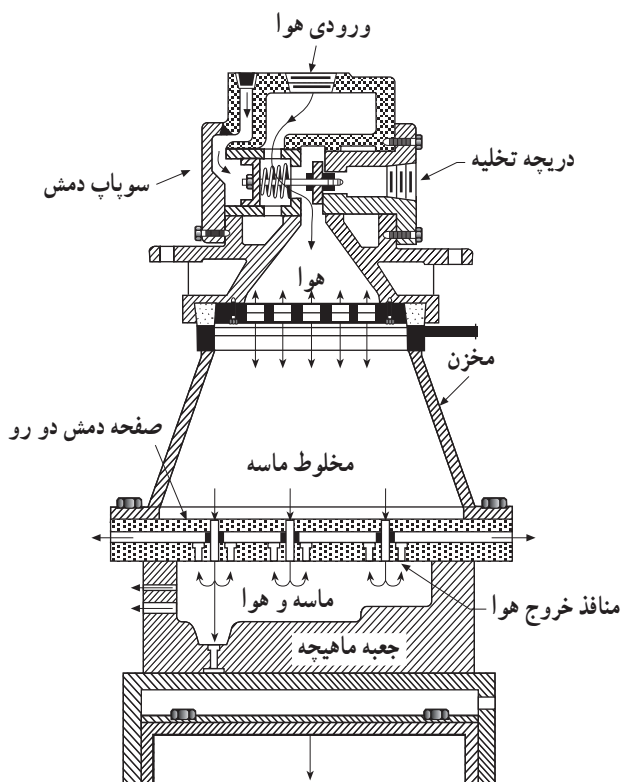
در این روش مخلوط ماسه ماهیچه به داخل جعبه ماهیچه (که در قسمت آخر این فصل شرح آن آمده است) ریخته شده و سپس با کوبه‌های دستی فشرده و متراکم می‌گردد و پس از ماهیچه‌گیری با استفاده از صفحه ماهیچه، جعبه ماهیچه از ماهیچه جدا می‌شود. براساس نوع چسب مصرفی، در صورتی که ماهیچه به حرارت دادن (پختن) نیاز داشته باشد،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

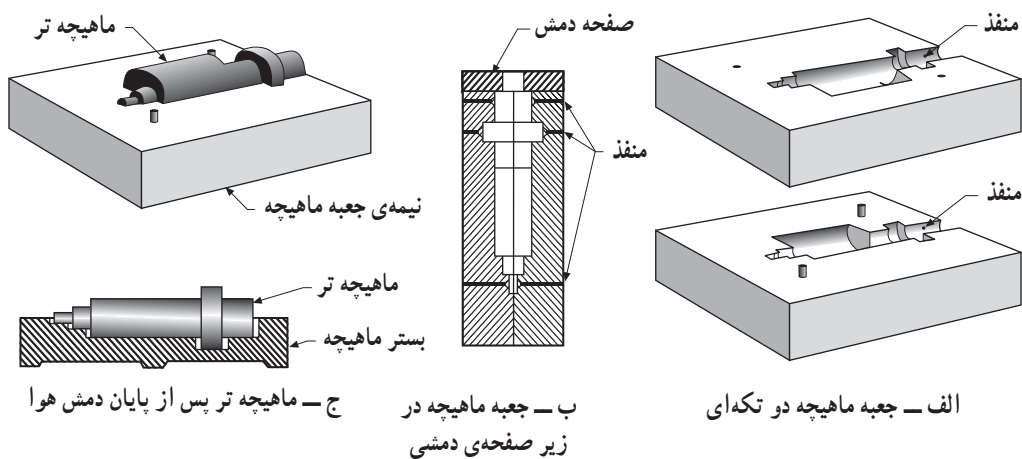
— ماهیچه‌سازی به روش دمشی<sup>۱</sup>: به استثنای تولید با حجم کم و نیز تولید ماهیچه‌های بسیار بزرگ، در سایر موارد، مخلوط ماسه با استفاده از دمش هوا با فشار بالا در داخل جعبه ماهیچه متراکم و فشرده می‌گردد. در این روش، ذرات ماسه به صورت معلق در جریانی از هوا با سرعتی زیاد از طریق حفره‌هایی به داخل جعبه 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<sup>۱</sup> 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  $18^{\circ}\text{C}$  تا  $26^{\circ}\text{C}$  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<sup>۱</sup> 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  $\text{CO}_2$  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 $\text{CO}_2$	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.

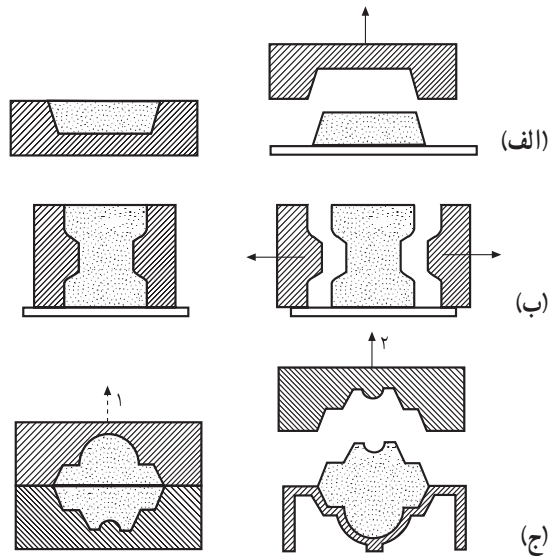
#### ۴-۴- جعبه ماهیچه (قالب ماهیچه)

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»<sup>۱</sup> 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<sup>۱</sup>

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.

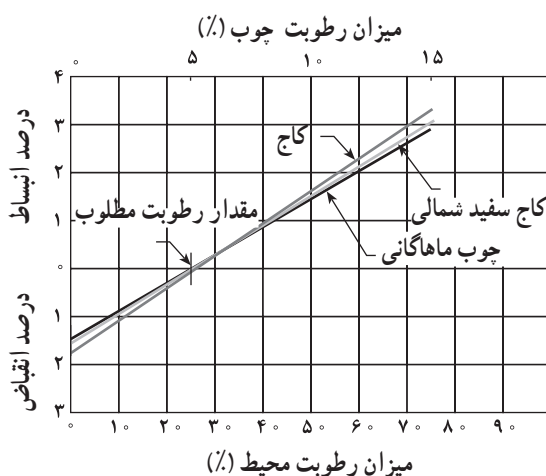
در جدول (۱-۵)، مشخصات عمومی مواد معمول و متداول برای ساخت مدل به منظور مقایسه، داده شده است.

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 شکل‌پذیری، 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.

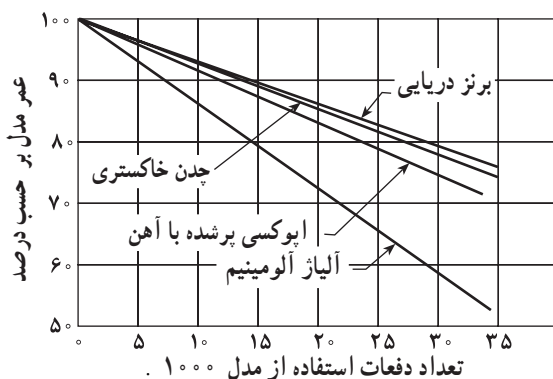
عیب دیگر چوب دوام کم و در نتیجه از دست دادن دقت اولیه آن است. زیرا در اثر سایش مواد قالب‌گیری (ماسه) فرسوده شده و دقت ابعادی خود را از دست می‌دهد. همچنین مدل‌های چوبی به دلیل اعمال نیروهای ضربه‌ای به هنگام کوبیدن ماسه و نیز خارج نمودن مدل از قالب، تغییر فرم داده و گاهی می‌شکنند. لازم به ذکر است که با 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.

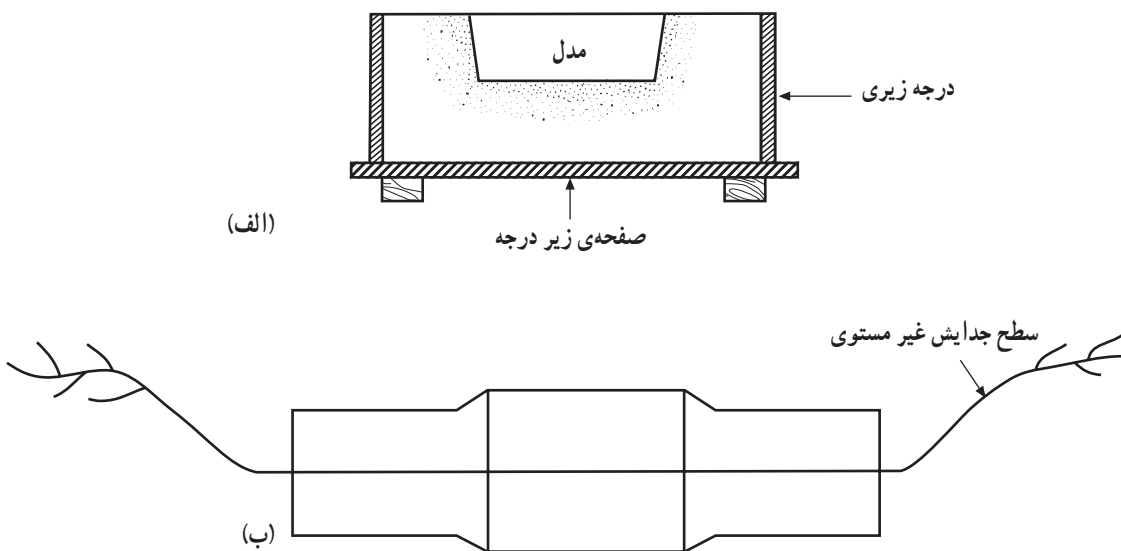
۲-۲-۵ — دسته بندی مدل ها براساس شکل ظاهری آن ها: مدل ها را می توان از نظر تشابه آن ها با شکل قطعه ریختگی (نقشه مکانیکی) به دو گروه اصلی تقسیم نمود:

— 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.

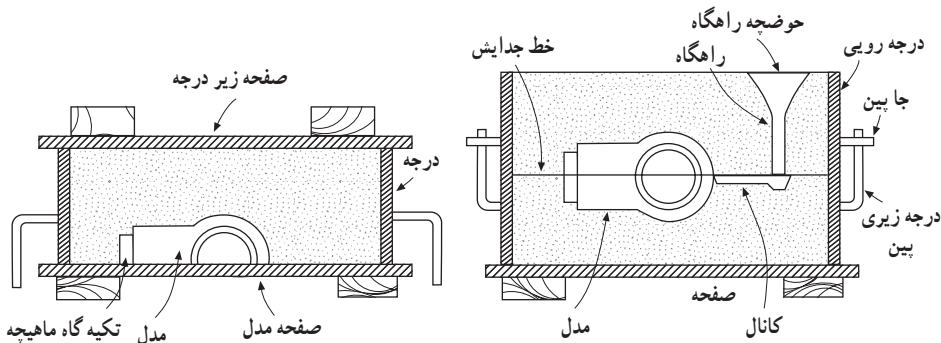
— مدل یک تکه: این مدل ها که به صورت جسمی یک پارچه یا یک تکه ساخته می شوند، براساس شکل و چگونگی شیب آن ها، ممکن است در یک لنگه درجه و یا در دولنگه درجه قرار گیرند. در اغلب این مدل ها، خط جدایش یا محل تغییر شیب مدل، در قسمت فوقانی آن تعبیه می شود. به عبارت دیگر، مدل دارای شیب یک طرفه است. خط جدایش مدل، 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

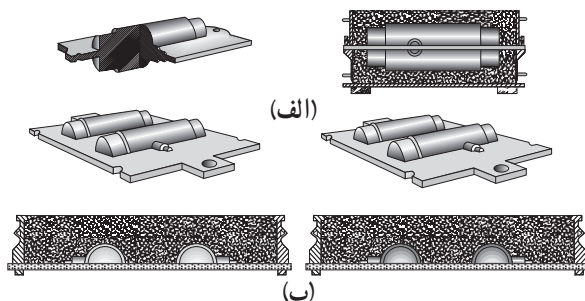
محدودی از قطعات استفاده می‌شود.

— 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.



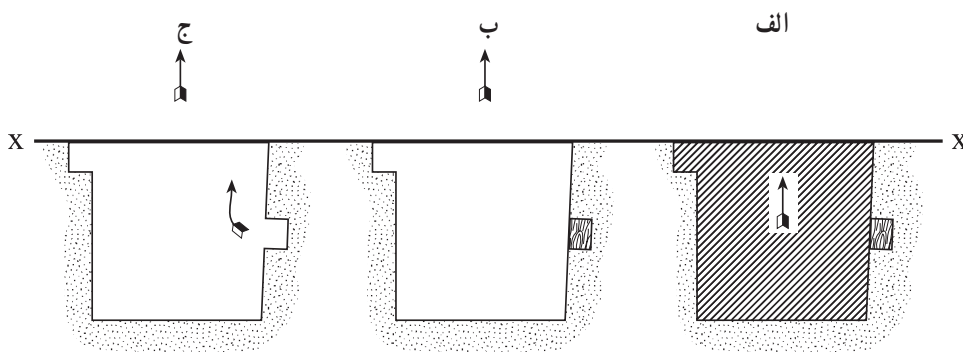
شکل ۴-۵ - قالب‌گیری مدل دو تکه‌ای

— 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)

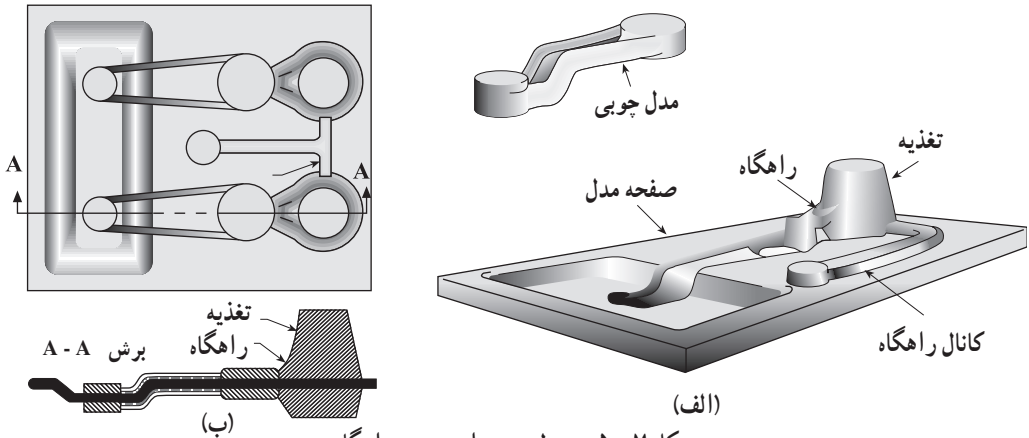
— مدل با قطعه آزاد: ساختمان بعضی از مدل‌ها طوری است که قالب‌گیری آن‌ها به صورت یک تکه امکان‌پذیر نیست. در این صورت این گونه قسمت‌ها به صورت قطعه آزاد روی مدل تعبیه می‌شوند، به طوری که به هنگام خارج نمودن مدل از ماسه ابتدا قسمت اصلی مدل خارج می‌شود (در این حالت قطعه‌های آزاد هنوز در ماسه قرار دارند) و 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.



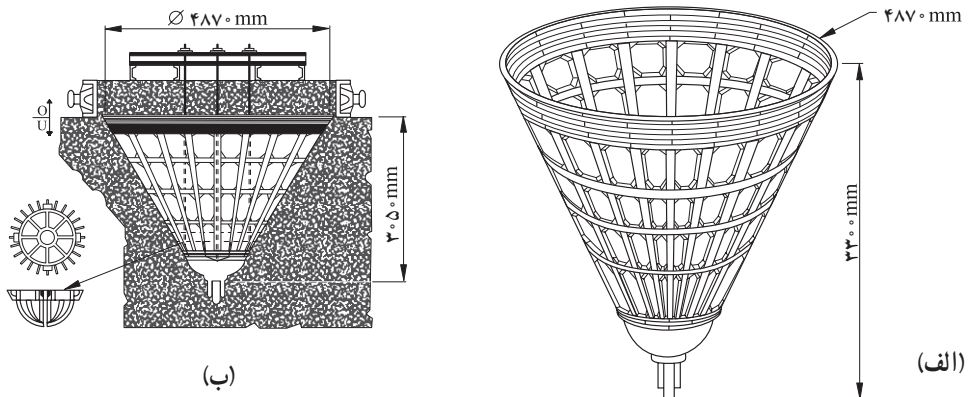
شکل ۷-۵ — مدل به همراه سیستم راهگاهی

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

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

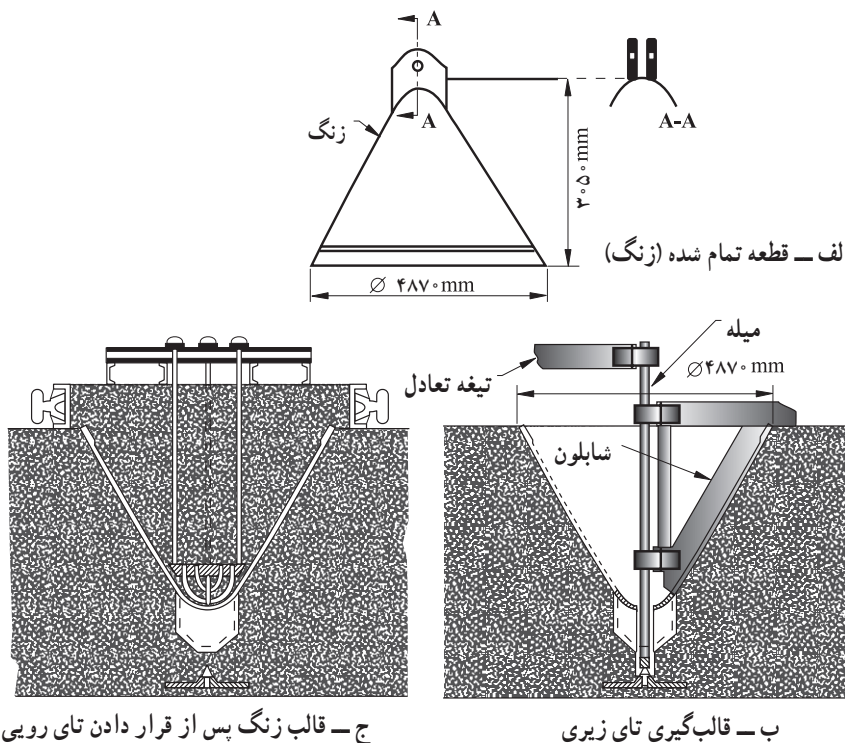
— مدل‌های مخصوص: در مواردی که مدل‌های ذکر شده در قسمت‌های قبل، برای قالب‌گیری مناسب نباشند و یا این که قطعه مورد نظر به اندازه‌ای بزرگ باشد که تهیه و ساخت مدل آن مشکل بوده و یا هزینه‌ی زیادی را موجب گردد، از مدل‌های مخصوص استفاده می‌شود. مدل‌های مخصوص ممکن است به صورت‌های مختلفی ساخته شوند که مهم‌ترین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



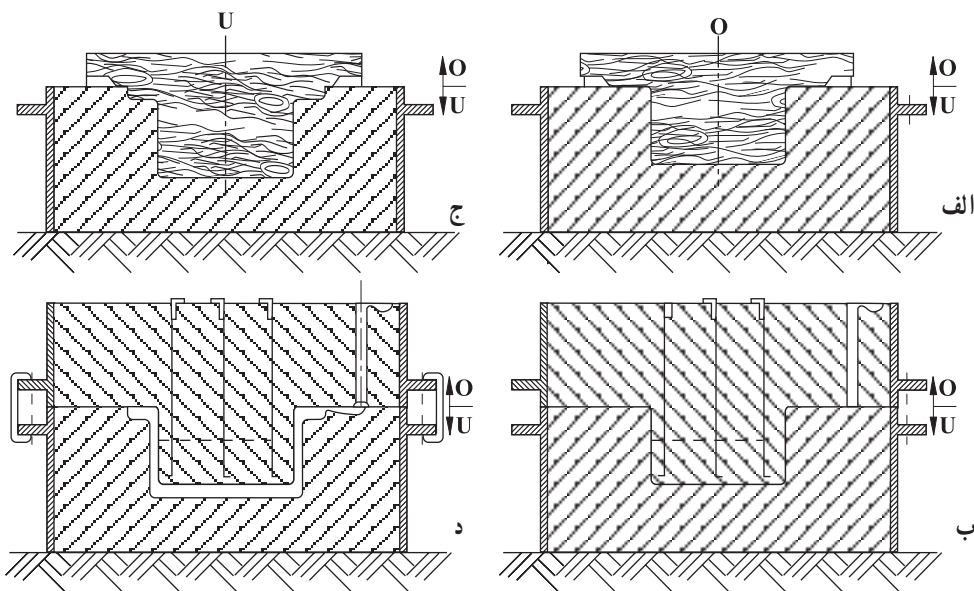
شکل ۸-۵ — (الف) مدل اسکلتی و (ب) موقعیت آن در قالب

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»<sup>۱</sup> 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  $\nabla$  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.

**۳-۳-۵- 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.

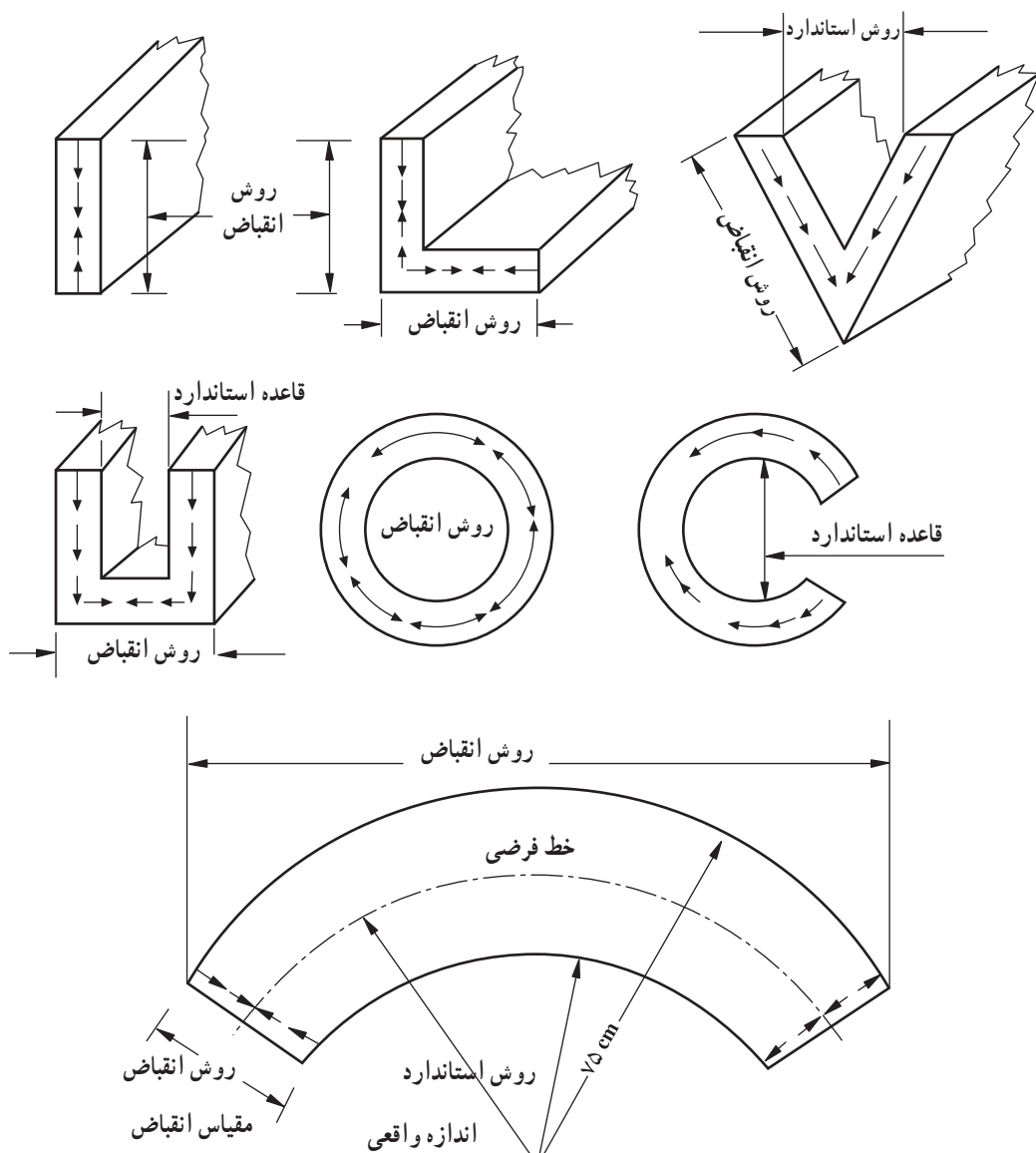
با توجه به این که همواره خارج نمودن مدل از ماسه (قالب) آسان‌تر از عکس این عمل می‌باشد، لذا شیب قسمت‌هایی از مدل که در لنگه‌ی زیرین قرار می‌گیرند کمتر از شیب قطعه‌هایی است که در لنگه رویی مستقر می‌شوند. همچنین مقدار شیب در سطح‌های داخلی بیشتر از سطح‌های خارجی است. مقدار شیب مجاز برای مدل‌هایی که فقط در 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 (۵-۱۱) به روش معمولی انجام نمی‌شود؛ برای روشن‌تر شدن موضوع چند نوع آن به شرح زیر توضیح داده می‌شود:



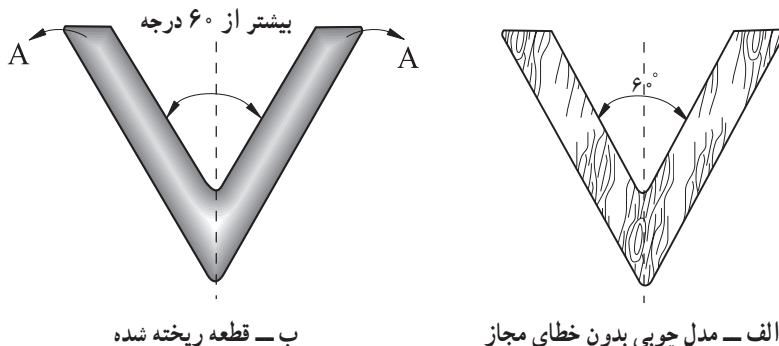
شکل ۵-۱۱ - نمونه‌هایی از خطای مجاز در مدل‌سازی

— 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).



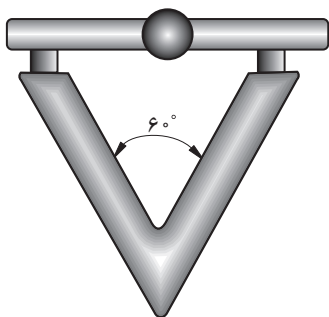
شکل ۵-۱۲

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).

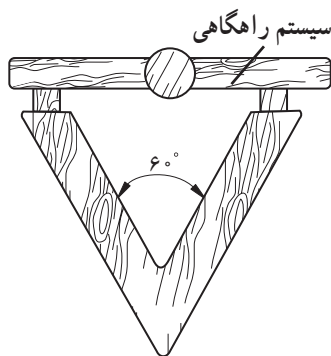


شکل ۵-۱۳

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).



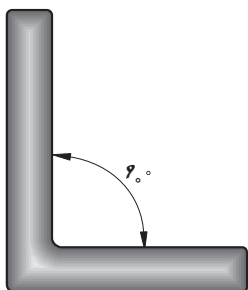
ب — قطعه ریخته شده با سیستم راهگاهی



الف — مدل چوبی با سیستم راهگاهی

شکل ۱۴-۵

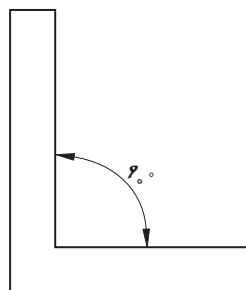
— تعیین مقدار انقباض در قطعات L شکل: زاویه داخلی قطعه کمتر از  $90^\circ$  درجه در نظر گرفته می‌شود. (طبق فرمول یا جدول) کسری اندازه باید به گونه‌ای محاسبه شود که پس از ریخته شدن قطعه، اندازه داخلی آن مجدداً به حالت  $90^\circ$  درجه برگردد (شکل ۱۵-۵).



ج — قطعه ریخته شده

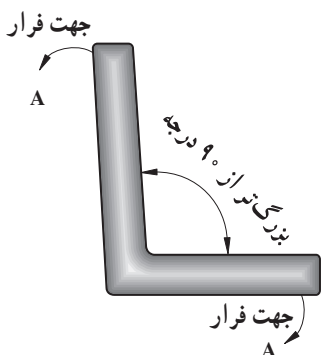


ب — مدل چوبی با خطای مجاز

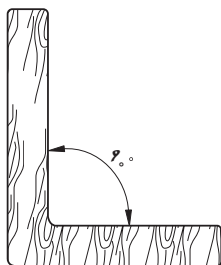


الف — نقشه مکانیکی

شکل ۱۵-۵



ب — قطعه ریخته شده معیوب

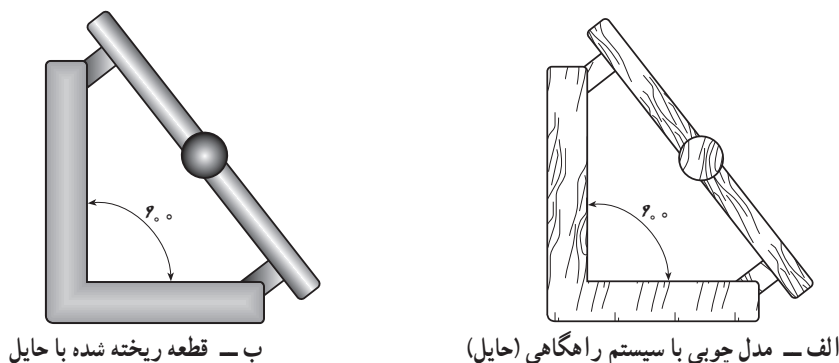


الف — مدل چوبی بدون خطای مجاز

شکل ۱۶-۵

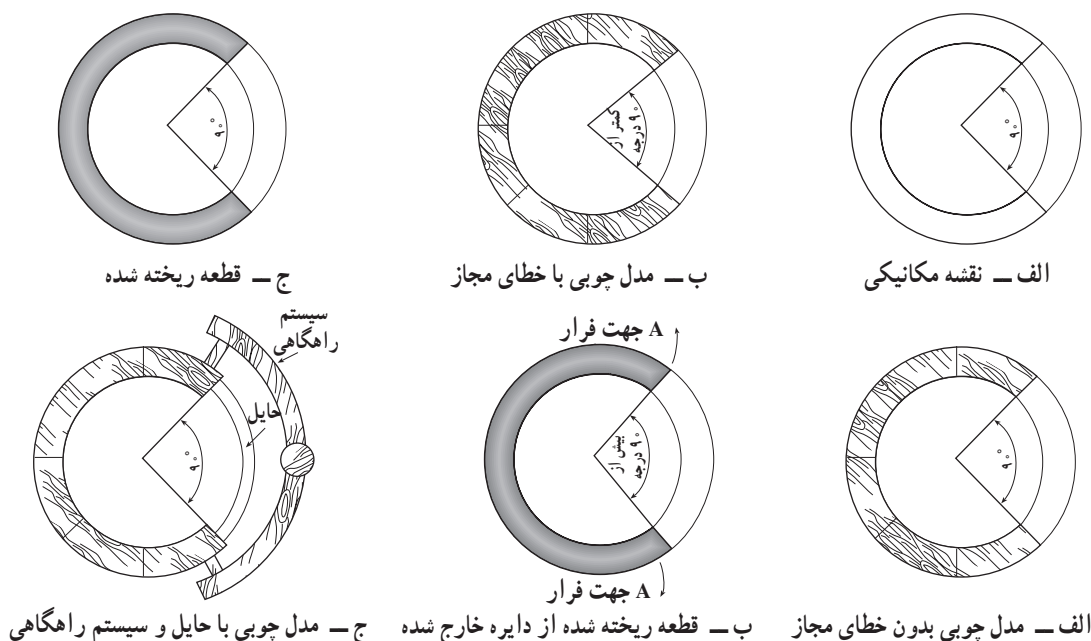
توجه: اگر اندازه زاویه داخلی مدل برابر زاویه داخلی نقشه مکانیکی در نظر گرفته شود و از هیچگونه حایلی استفاده نگردد پس از ریخته شدن قطعه اندازه زاویه داخلی آن بزرگ‌تر از اندازه زاویه داخلی مدل می‌شود (شکل ۱۶-۵).

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

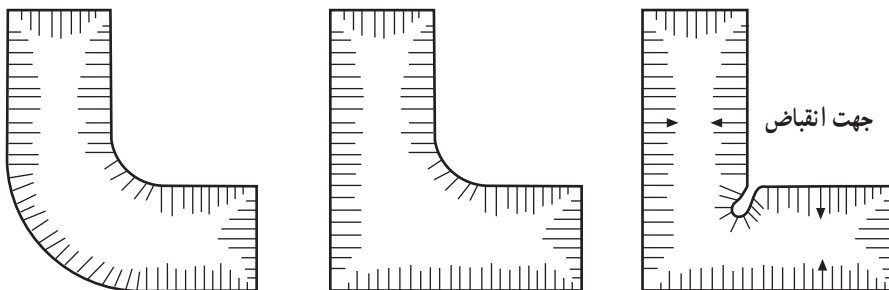
— تعیین مقدار انقباض در قطعات C شکل: قطعاتی که دایره‌ای شکل هستند، اما به صورت دوران کامل ریخته‌گری نمی‌شوند اصطلاحاً C شکل نامیده می‌شوند. محاسبه انقباض با خطای مجاز در این گونه قطعات به‌ویژه قطعات بزرگ آن قابل اهمیت است و چنانچه برای این گونه قطعات محاسبات با خطای مجاز انجام نشود و یا از حایل‌ها استفاده 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.