فصل پنجم

مدل[1]

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

۱ ــ مدل و نقش مدلسازی را در صنعت ریخته‌گری بیان کند.

۲ــ انواع تقسیم‌بندی مدل را توضیح دهد. (جنس و شکل ظاهری)

۳ــ اضافات مجاز را در مدلسازی توضیح دهد.

۴ــ استاندارد رنگ مدل‌ها را بیان کند.

۵ــ روش نگه‌داری مدل‌ها و بایگانی مدل‌های مادر را بیان کند.

۱ــ ۵ ــ 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 درپی آن نسبت به ساخت آن‌ها اقدام می‌گردد.

۱ــ Pattern

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

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

۲ــ ۵ ــ انواع مدل

مدل‌ها را می‌توان به روش‌های مختلف دسته‌بندی نمود که یکی از این دسته‌بندی‌ها بر اساس جنس و شکل ظاهری می‌باشد :

۱ــ۲ــ ۵ ــ دسته‌بندی مدل‌ها براساس جنس: معمولاً موادی که برای تهیه و ساخت مدل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند بایستی از ویژگی‌های معینی برخوردار باشند. این ویژگی‌ها عبارتنداز : سهولت در شکل پذیری، داشتن استحکام کافی در مقابل فشار، ضربه، سایش و عوامل محیطی و نیز دارا بودن ارزش اقتصادی مطلوب.

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

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

ب ــ دقت ابعادی مورد نیاز در مدل.

ج ــ مشخصات روش تولید (نوع روش تولید و مشخصات ماشین‌های قالب‌گیری)

د ــ اندازه و شکل قطعه مورد نیاز.

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

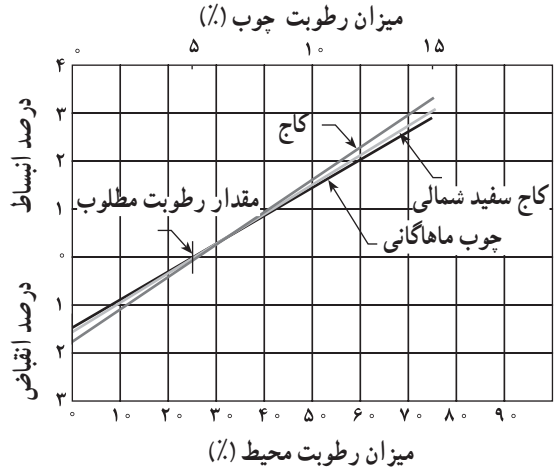
جدول ۱ــ۵ــ مشخصات عمومی مواد مورد استفاده در ساخت مدل‌ها

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

www.Iran_mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

انواع مدل از لحاظ جنس عبارتند از :

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



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

همان‌گونه که دراین شکل مشاهده می‌شود، در صورتی‌که رطوبت موجود در چوب زیاد شود و به ۱۰ در صد 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.

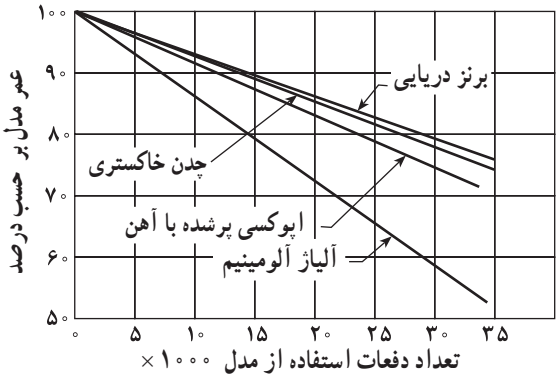
عیب دیگر چوب دوام کم و در نتیجه از دست دادن دقت اولیه آن است. زیرا در اثر سایش مواد قالب‌گیری (ماسه) فرسوده شده و دقت ابعادی خود را از دست می‌دهد. همچنین مدل‌های چوبی به دلیل اعمال نیروهای ضربه‌ای به هنگام کوبیدن ماسه و نیز خارج نمودن مدل از قالب، تغییر فرم داده و گاهی می‌شکنند. لازم به ذکر است که با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

www.Iran_mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

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

ـ 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 (۱ـ 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 می باشند. در شکل (۲ـ ۵) عمر مدل‌های ساخته شده از چند ماده مختلف، براساس دفعات قالب‌گیری نشان داده شده است.



شکل ۲ـ ۵ ـ عمر مدل‌های ساخته شده از چهار ماده‌ی مختلف

ـ مدل‌های پلاستیکی: این مدل‌ها از انواع رزین‌ها ساخته می‌شوند. رزین‌هایی که برای ساخت مدل‌های پلاستیکی به‌کار 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 به‌مهارت 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.

www.Iran_mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

قبل از این‌که مواد پلاستیکی به داخل این قالب ریخته شوند، برای جلوگیری از چسبیدن مواد به قالب، آن را با مواد مخصوصی پوشش می‌دهند. معمولاً پس از ریختن مواد به داخل قالب، برای سخت شدن، آن را به مدت ۲ تا ۱۲ ساعت در درجه حرارت اتاق قرار می‌دهند. به منظور کاهش هزینه، رزین‌ها را با مواد پرکننده‌ای از قبیل مواد معدنی و یا پودر فلزات مخلوط نموده و به کار می‌برند.

علاوه بر روش مذکور، برای ساخت مدل‌های پلاستیکی از روش پوسته‌ای ماهیچه‌دار استفاده می‌شود. دراین روش، ماهیچه از چوب و یا مواد دیگر تهیه می‌گردد و سپس با قراردادن این ماهیچه در قالب، مواد رزینی مناسب به داخل آن ریخته می‌شود. بدین ترتیب با کاهش یافتن مواد رزینی، هزینه کاهش می‌یابد و از انقباض زیاد مواد رزینی جلوگیری می‌گردد. قابل ذکر است که از روش اخیر، بیشتر برای ساخت مدل‌های پلاستیکی با اندازه‌ی کوچک و یا متوسط و نیز شکل‌های ساده، استفاده می‌شود.

۲ــ۲ــ ۵ ــ دسته‌بندی مدل‌ها براساس شکل ظاهری آن‌ها: مدل‌ها را می‌توان از نظر تشابه آن‌ها با شکل قطعه ریختگی (نقشه مکانیکی) به دو گروه اصلی تقسیم نمود :

ــ مدل‌های ساده: این نوع مدل‌ها، از نظر شکل ظاهری کاملاً شبیه قطعه ریختگی هستند و با استفاده از مدل قسمت‌های داخلی و خارجی قطعه قالب‌گیری می‌شوند.

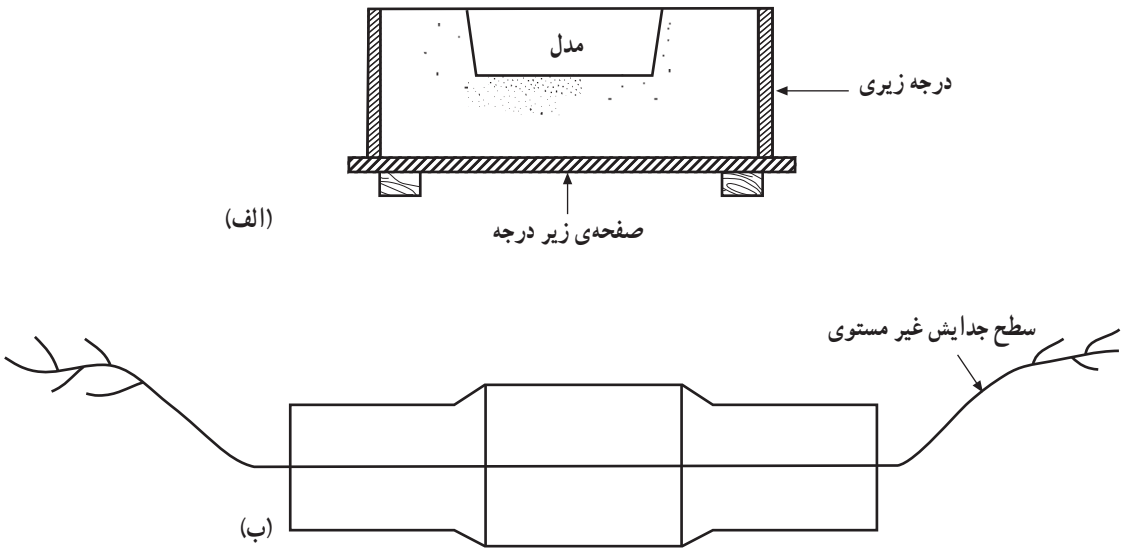
ــ مدل‌های ماهیچه‌دار: این نوع مدل‌ها شباهت چندانی به قطعه‌ی ریختگی ندارد که یکی از علت‌های آن وجود زائده‌هایی به نام تکیه‌گاه یا ریشه ماهیچه می‌باشد.

۳ــ۲ــ ۵ ــ انواع مدل براساس سطح جدایش آن: این مدل‌ها عبارتند از : یک تکه، دوتکه، با قطعات آزاد، با سیستم راهگاهی، صفحه‌ای و مخصوص.

ــ مدل یک تکه : این مدل‌ها که به صورت جسمی یک پارچه یا یک تکه ساخته می‌شوند، براساس شکل و چگونگی شیب آن‌ها، ممکن است در یک لنگه درجه و یا در دولنگه درجه قرارگیرند. در اغلب این مدل‌ها، خط جدایش یا محل تغییر شیب مدل، در قسمت فوقانی آن تعبیه می‌شود. به عبارت دیگر، مدل دارای شیب یک طرفه است. خط جدایش مدل، که معمولاً قالب توسط آن به دو قسمت تقسیم می‌شود، در این مدل‌ها به‌صورت یکنواخت و یا غیر یکنواخت است (شکل ۳ــ ۵).

به طور کلی قالب‌گیری با مدل‌های یک تکه، به ویژه آن‌هایی که دارای خط جدایشی غیریکنواخت هستند به طور دستی صورت می‌گیرد. از این رو تهیه قالب به مهارت و تجربه قالب‌گیر بستگی دارد. به دلیل پایین بودن دقت و سرعت عمل و در نتیجه بالارفتن هزینه، از این مدل اغلب برای تولید تعداد

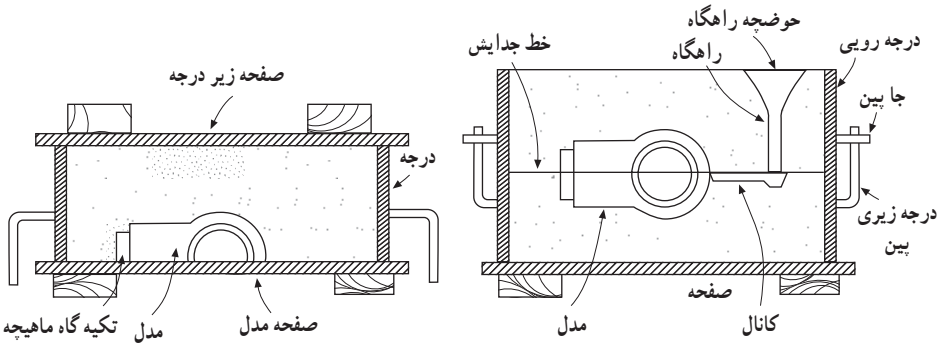
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



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

محدودی از قطعات استفاده می‌شود.

ــ مدل‌های دو تکه (یا چند تکه): در صورتی که طرح و شکل قطعه پیچیده باشد به‌گونه‌ای که قالب‌گیری آن در یک لنگه درجه مشکل و غیر ممکن باشد و همچنین تعداد قطعه‌های موردنیاز 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 بدین‌صورت 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 (۴ــ ۵) یک نمونه از قالب‌گیری با مدل دو تکه نشان داده شده است.

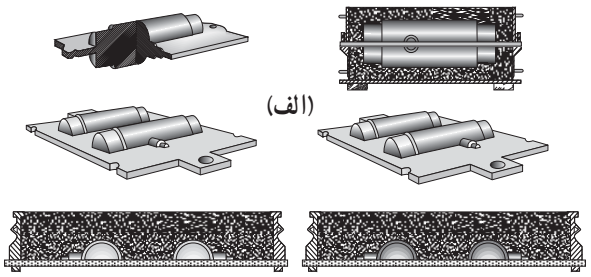


شکل ۴ــ ۵ ــ قالب‌گیری مدل دو تکه‌ای

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

ــ **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 حالی‌که 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 این‌که 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 توجّه به این‌که، مدل‌های صفحه‌ای هر یک برای درجه‌های مخصوصی تنظیم می‌شوند، بنابراین، هر نوع از آن‌ها را نمی‌توان برای انواع مختلف درجه‌های کوچک و بزرگ به‌کاربرد. مدل‌های صفحه‌ای اغلب در روش‌های قالب‌گیری ماشینی مورد استفاده قرار می‌گیرند و با توجه به بالابودن 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 هریک 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 (۵ــ۵) نمونه‌های مختلفی از مدل صفحه‌ای نشان داده شده است.

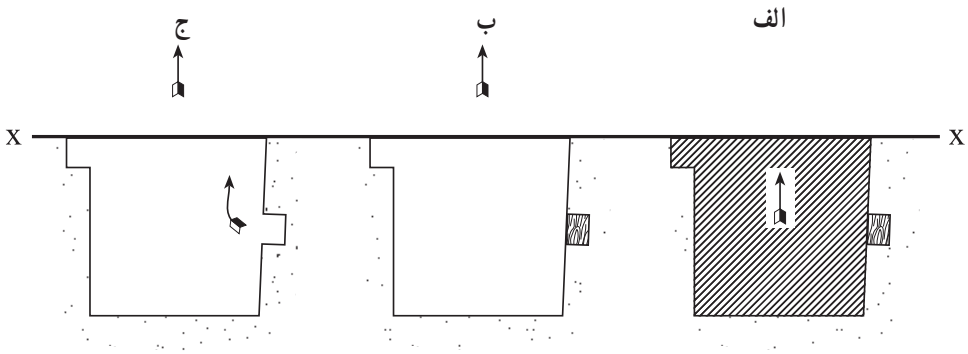


شکل ۵ ــ ۵ ــ چند نمونه از مدل‌های صفحه‌ای و نحوه قالب‌گیری آن‌ها

الف ــ مدل صفحه‌ای دو رو (تعداد متوسط) **ب ــ مدل صفحه‌ای دو صفحه‌ای (برای تولید انبوه)**

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

ــ **مدل با قطعه آزاد:** ساختمان بعضی از مدل‌ها طوری است که قالب‌گیری آن‌ها به صورت یک تکه امکان‌پذیر نیست. در این صورت این‌گونه قسمت‌ها به صورت قطعه آزاد روی مدل تعبیه می‌شوند، به‌طوری‌که 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 (۶ ــ ۵) این نوع مدل نشان داده شده است.

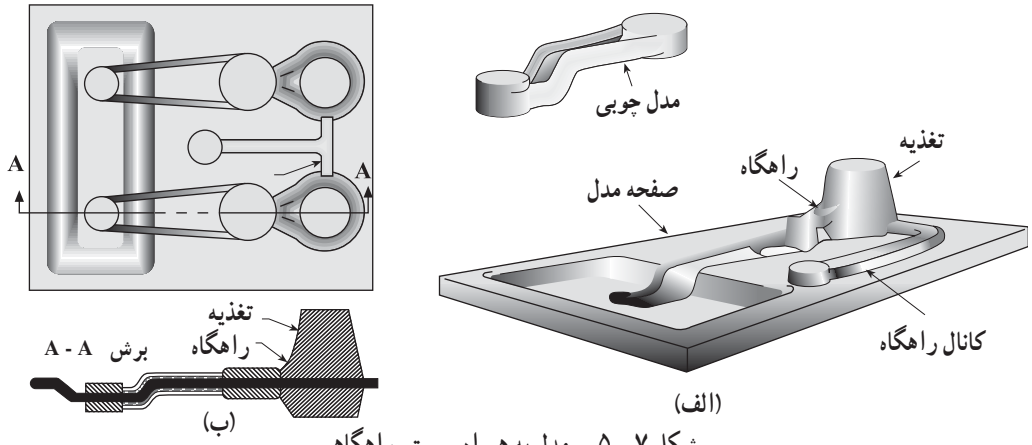


شکل ۶ ــ ۵ ــ مدل با قطعه آزاد

ــ **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 این‌که 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 (۷ــ ۵) نشان داده شده‌اند .

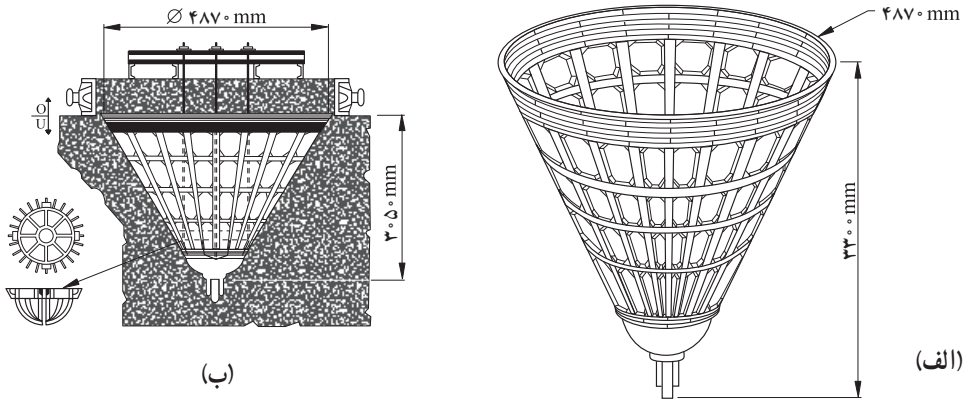
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل ۷ــ ۵ ــ مدل به همراه سیستم راهگاهی
الف ــ صفحه مدل شامل راهگاه و تغذیه برای یک مدل چوبی (تعداد کم)
ب ــ مدل صفحه‌ای فلزی شامل راهگاه و تغذیه (تعداد زیاد)

ــ مدل‌های مخصوص: در مواردی که مدل‌های ذکر شده در قسمت‌های قبل، برای قالب‌گیری مناسب نباشد 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 تُوپر).

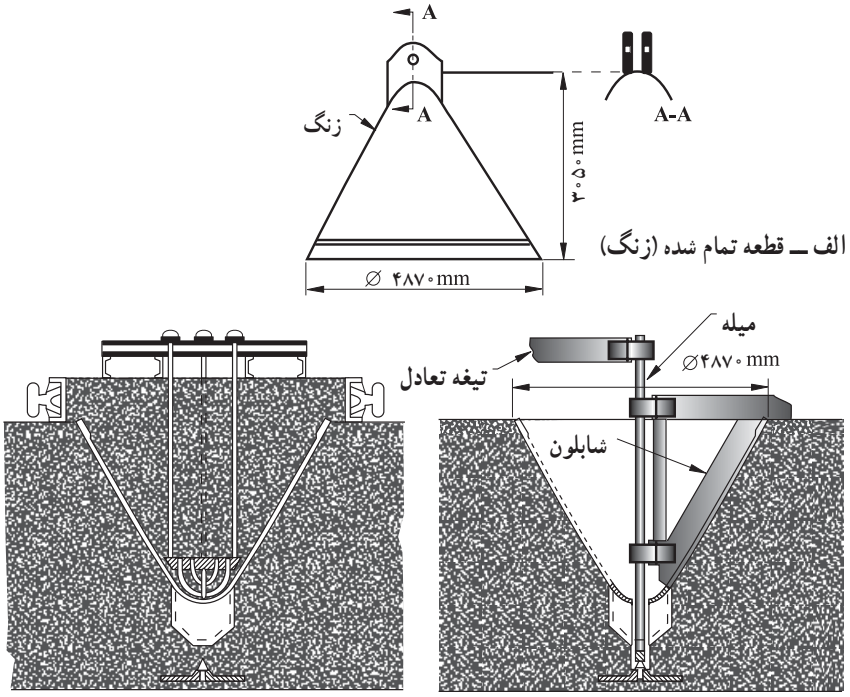
الف ــ مدل اسکلتی: این مدل به طور عمده برای تهیه قطعه‌های بسیار بزرگ به کار می‌رود که به جای ساختن مدل کامل، از اسکلت آن استفاده می‌شود. در این مدل‌ها، خط‌های اصلی مدل را به‌وسیله تسمه‌های آهنی و یا باریکه‌های چوب تهیه می‌کنند و قسمت‌های داخلی را از طریق عملیات قالب‌گیری و یا حتی عملیات بنایی مطابق شکل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



شکل ۸ ــ۵ ــ (الف) مدل اسکلتی و (ب) موقعیت آن در قالب

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

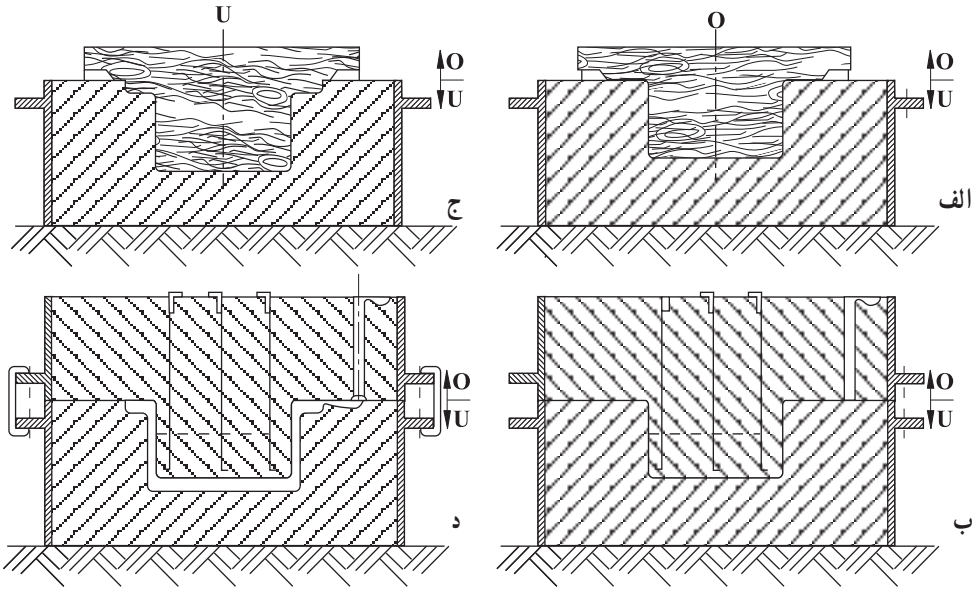
ب ــ مدل‌های شابلونی: استفاده از این مدل‌ها در تهیه قطعه‌ها، بیشتر به عنوان یک فرآیند قالب‌گیری مطرح است تا این‌که در گروه مدل‌ها مورد بررسی قرار گیرند. در هر حال این نوع مدل‌ها شامل دو نوع چرخشی و کششی می‌باشند. در نوع چرخشی که برای تهیه قطعه‌های استوانه‌ای شکل و یا قطعه‌های متقارن استفاده می‌شود، نحوه 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 ۹ــ ۵).



شکل ۹ــ ۵ ــ 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 (۱۰ــ ۵) قالب‌گیری با استفاده از شابلون کششی برای تهیه یک درپوش نشان داده شده است.

www.Iran_mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



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

شکل ۱۰ــ ۵ ــ قالب‌گیری با شابلون کششی

ج ــ مدل‌های پلی استیرن (در فرآیندهای قالب‌گیری تُوپُر): در این روش، مدل قطعه مورد نظر همراه با اجزاءِ 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 پرشدن مذاب، ایجاد می‌گردد. از ویژگی‌های این مدل‌ها، حذف مهارت در قالب‌گیری و محدودیت‌های مربوط به‌طراحی قطعه می‌باشد.

۳ــ ۵ ــ اضافه‌ها و تغییرهای مجاز در مدل

هر چند، مدل به منظور تولید یک قطعه با ابعاد معین به کار می‌رود ولی در عمل بنا به‌دلایل متالورژیکی و مکانیکی ابعاد آن با قطعه ریختگی یکسان نیست. علت این امر آن است که قطعه ریختگی به هنگام سردشدن در داخل قالب، بر اساس خاصیت ذاتی اغلب فلزها و آلیاژها دچار کاهش حجم یا انقباض می‌گردد. علاوه براین، 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 به‌اندازه‌ی جسم حقیقی ساخته

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

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 مدلِ یک قطعه، با توجه به جنس، شکل، ابعاد و نیز شرایط کاربردی آن، اضافه‌ها و تغییرهای معینی، موسوم به «اضافه‌ها و تغییرهای مجاز[1]» بر روی آن اعمال می‌گردد.

۱ــ۳ــ ۵ ــ 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، به‌منظور 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، به‌اضافه 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 ــ ۵) میزان اضافه مجاز انقباضی مربوط به چند آلیاژ صنعتی درج شده است .

جدول ۲ــ۵ــ 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	۰/۸ ۰/۷ ۲	برای قطعه‌های بین ۱۰۰۰ــ۱۰۰ میلی‌متر برای‌قطعه‌های بزرگ‌تر از ۱۰۰۰ میلی‌متر برای قطعه‌های بزرگ به اندازه‌ی ۰/۵٪ 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 برابر۱=۱ــ ۲ در صد می‌باشد .
آلومینیم و آلیاژهای آن	۱/۶	این مقدار برای قطعه‌های بزرگ‌تا ۰/۵ درصد کاهش می‌یابد.
برنز	۲	این مقدار برای قطعه‌های بزرگ تا ۰/۵ درصد کاهش می‌یابد.
برنج	۱/۶	این مقدار برای قطعه‌های بزرگ‌تا ۰/۵ درصد کاهش می‌یابد.
فولاد	۲	این مقدار برای قطعه‌های بزرگ‌تا ۰/۵ درصد کاهش می‌یابد.

۱ــ Pattern Allowances

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

لازم به ذکر است که به منظور سهولت کار در مدلسازی از خط‌کش‌های مدرجی که مقدار انقباض فلز بر روی آن مشخص شده است، استفاده می‌شود. به عنوان مثال به‌ازای میزان انقباض برابر یک درصد، هر درجه از این خط کش به اندازه‌ی ۰/۰۱ از اندازه‌ی واقعی آن بیشتر است.

در مواردی که ابتدا یک مدل چوبی (اولیه) تهیه شده و سپس از روی آن مدل‌های فلزی ساخته می‌شوند، اضافه مجاز انقباضی که در ساخت مدل چوبی در نظر گرفته می‌شود به اندازه‌ی مجموع اضافه‌های مربوط به فلز مورد استفاده برای مدل ثانویه و فلز یا آلیاژ ریختگی می‌باشد.

۲ــ۳ــ ۵ ــ اضافه مجاز ماشین‌کاری : قطعه‌های ریختگی، معمولاً از کیفیت سطحی مطلوبی برخوردار نیستند و پس از ریخته‌گری بایستی تحت عملیات ماشین‌کاری قرارگیرند. از این رو، در سطح‌هایی که بایستی ماشین‌کاری شوند، اضافه مجازی به نام اضافه مجاز ماشین‌کاری در نظر گرفته می‌شود. میزان این اضافه مجاز به عامل‌هایی همچون جنس و طرح قطعه ریختگی و روش ریخته‌گری و تمیزکاری آن بستگی دارد. در جدول (۳ــ ۵) میزان اضافه مجاز ماشین‌کاری برای فلزات و آلیاژهای مختلف برحسب میلی‌متر درج شده است .

جدول ۳ــ۵ــ میزان اضافه مجاز ماشین‌کاری آلیاژهای صنعتی (برحسب میلی‌متر)

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

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

سطح‌هایی که بایستی ماشین‌کاری شوند، در نقشه مکانیکی با علامت مخصوصی به‌شکل $\sqrt{}$ 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 بیشتراست. در هر حال با توجه به این‌که انجام عملیات ماشین‌کاری باعث بالارفتن هزینه ساخت یک قطعه می‌گردد، لذا بایستی سعی شود تا این عملیات به حداقل ممکن کاهش پیدا کند.

۳ــ۳ــ۵ ــ 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 این‌که 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، درصورتی 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، درنظر گرفتن شیب مناسب در سطح‌های مدل، ضروری می‌باشد.

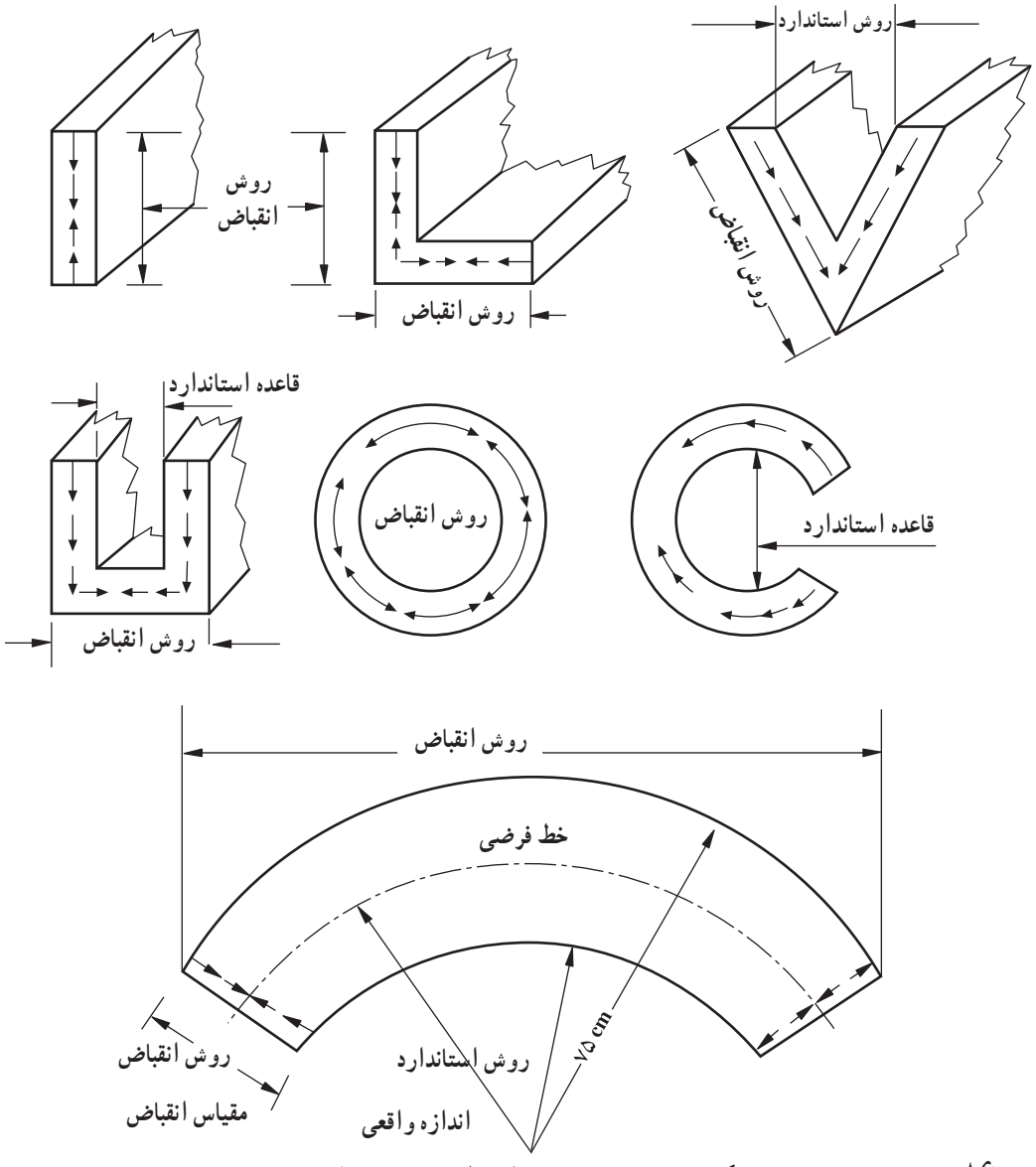
با توجه به این‌که همواره خارج نمودن مدل از ماسه (قالب) آسان‌تر از عکس این عمل می‌باشد، لذا شیب قسمت‌هایی از مدل که در لنگه‌ی زیرین قرار می‌گیرند کمتر از شیب قطعه‌هایی است که در لنگه رویی مستقر می‌شوند. همچنین مقدار شیب در سطح‌های داخلی بیشتر از سطح‌های خارجی است. مقدار شیب مجاز برای مدل‌هایی که فقط در 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 ولی‌در هرحال، نباید به دقت و شکل قطعه، لطمه‌ای وارد سازد. معمولاً شیب براساس شکل و اندازه قطعه ممکن است به‌سه نوع اضافی، میانی و نقصانی تقسیم گردد که شرح آن در کتاب تکنولوژی مدلسازی آمده است.

۴ــ۳ــ۵ ــ 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 به‌درستی ابعاد قطعه ریختگی لطمه نزند.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

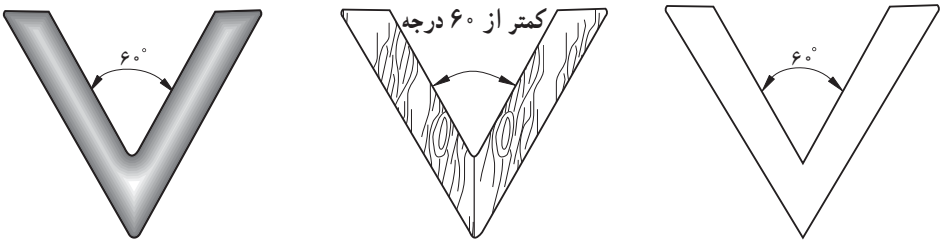
۵ــ۳ــ۵ــ خطای مجاز: طرح بعضی از قطعه‌های ریختگی به گونه‌ای است که پس از ریخته‌گری، در اثر انقباض از اندازه اصلی خود خارج می‌شوند. در چنین مواردی مدل با کمی خطا ساخته می‌شود تا اندازه قطعه ریختگی درست به‌دست آید. خطای مجاز را استثنائات انقباض نیز می‌نامند. به عنوان مثال تعیین مقدار انقباض در قطعات شکل (۱۱ــ۵) به روش معمولی انجام نمی‌شود ؛ برای روشن‌تر شدن موضوع چند نوع آن به شرح زیر توضیح داده می‌شود :



شکل ۱۱ــ۵ــ نمونه‌هایی از خطای مجاز در مدلسازی

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

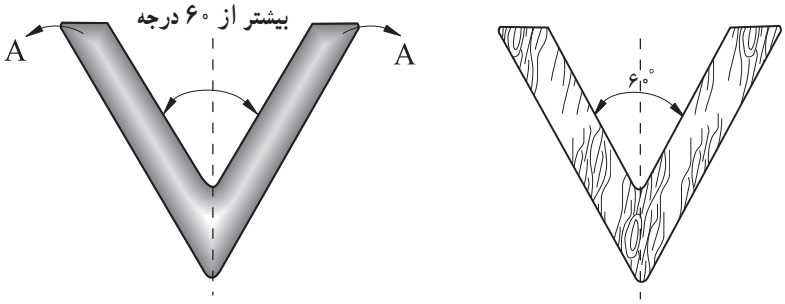
ــ تعیین مقدار انقباض در قطعات V شکل: در نقشه مدلسازی زاویه داخلی مدل، در حد مجاز کوچک‌تر (تنگ‌تر) از اندازه اصلی قطعه در نظر گرفته می‌شود. پس از ساخته شدن مدل و پایان مراحل قالب‌گیری و ریخته‌گری، اندازه زاویه داخلی قطعه به حالت اول برمی‌گردد (شکل ۱۲ــ ۵).



الف ــ نقشه مکانیکی　　ب ــ مدل چوبی با خطای مجاز　　ج ــ قطعه ریخته شده

شکل ۱۲ــ ۵

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 بزرگ‌تر می‌شود (شکل ۱۳ــ۵).



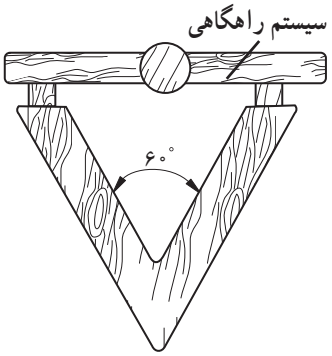
ب ــ قطعه ریخته شده　　الف ــ مدل چوبی بدون خطای مجاز

شکل ۱۳ــ ۵

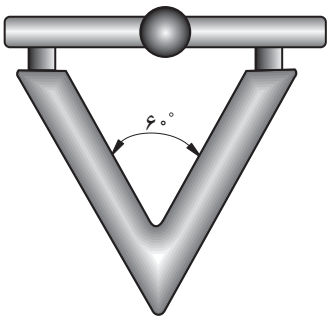
همان‌طوری که در شکل مشاهده می‌شود یال‌های قطعه، هنگام ریخته‌گری و پس از سرد شدن قطعه در جهت A تغییر اندازه می‌دهد و باعث بزرگ‌تر شدن زاویه داخلی قطعه می‌شود که آن‌را اصطلاحاً فرار یال‌ها و یا حرکت قسمت‌های باز قطعه پس از سرد شدن می‌نامند. مقدار اندازه فرار یال‌ها بسته به بزرگی و کوچکی قطعه ریختگی متفاوت است، که از فرمول یا جداول مخصوص به‌دست می‌آید.

چنانچه مجاز به ایجاد سیستم راهگاهی در قسمت یال قطعه باشند، این سیستم، نقش حایل (نگه‌دارنده) پیدا می‌کند و مانع از فرار یال‌ها می‌شود. در این حالت مدلساز مجاز است انقباض فلز را به‌طور معمولی محاسبه نماید (شکل ۱۴ــ ۵).

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



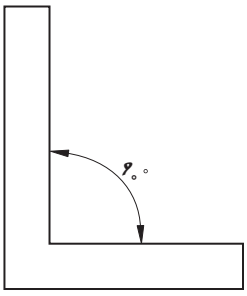
الف ــ مدل چوبی با سیستم راهگاهی



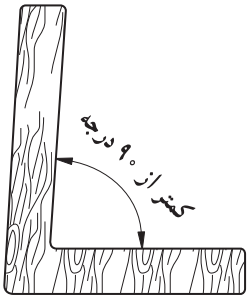
ب ــ قطعه ریخته شده با سیستم راهگاهی

شکل ۱۴ــ ۵

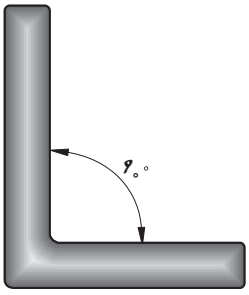
ــ تعیین مقدار انقباض در قطعات L شکل: زاویه داخلی قطعه کمتر از ۹۰ درجه در نظر گرفته می‌شود. (طبق فرمول یا جدول) کسری اندازه باید به گونه‌ای محاسبه شود که پس از ریخته شدن قطعه، اندازه داخلی آن مجدداً به حالت ۹۰ درجه برگردد (شکل ۱۵ــ ۵).



الف ــ نقشه مکانیکی



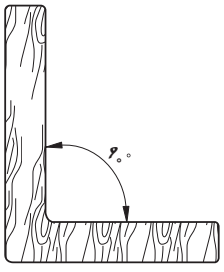
ب ــ مدل چوبی با خطای مجاز



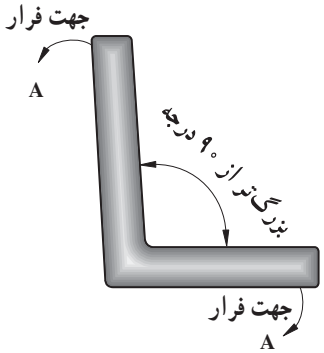
ج ــ قطعه ریخته شده

شکل ۱۵ــ 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 ۱۶ــ ۵).



الف ــ مدل چوبی بدون خطای مجاز

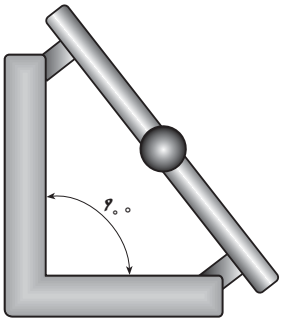


ب ــ قطعه ریخته شده معیوب

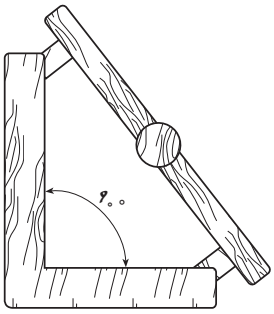
شکل ۱۶ــ ۵

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

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 ۱۷ــ ۵).



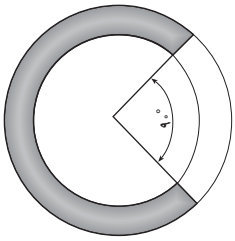
ب ــ قطعه ریخته شده با حایل



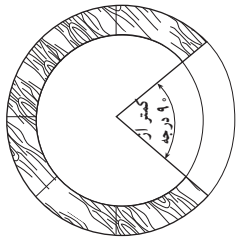
الف ــ مدل چوبی با سیستم راهگاهی (حایل)

شکل ۱۷ــ ۵

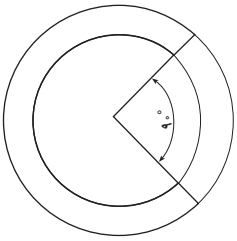
ــ تعیین مقدار انقباض در قطعات C شکل: قطعاتی که دایره‌ای شکل هستند، اما به‌صورت دوران کامل ریخته‌گری نمی‌شوند اصطلاحاً C شکل نامیده می‌شوند. محاسبه انقباض با خطای مجاز در این‌گونه قطعات به‌ویژه قطعات بزرگ آن قابل اهمیت است و چنانچه برای این‌گونه قطعات محاسبات با خطای مجاز انجام نشود و یا از حایل‌ها استفاده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



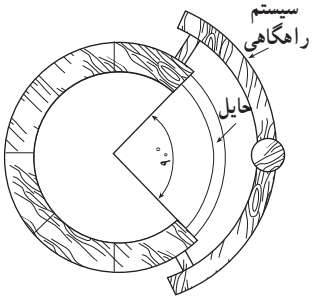
ج ــ قطعه ریخته شده



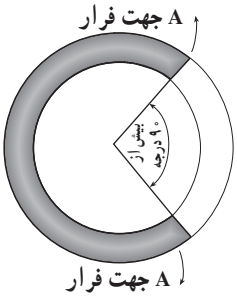
ب ــ مدل چوبی با خطای مجاز



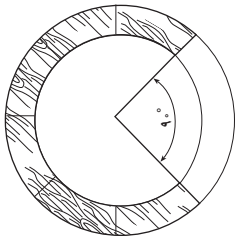
الف ــ نقشه مکانیکی



ج ــ مدل چوبی با حایل و سیستم راهگاهی



ب ــ قطعه ریخته شده از دایره خارج شده



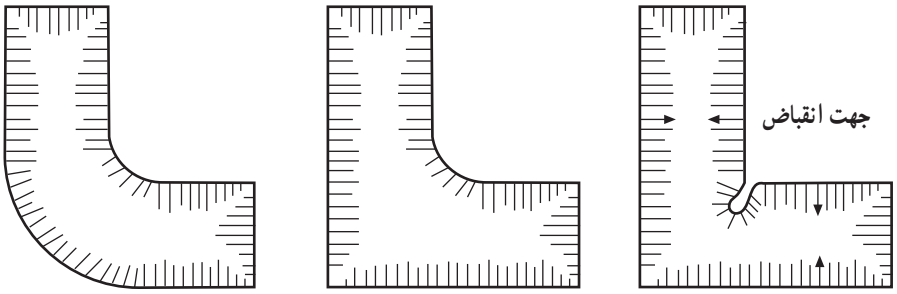
الف ــ مدل چوبی بدون خطای مجاز

شکل ۱۸ــ ۵

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

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 ۱۹ــ۵).

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



الف ــ طرح نادرست (ایجاد ترک در گوشه داخلی)

ب ــ طرح نادرست (ایجاد ترک در گوشه خارجی)

ج ــ طرح درست

شکل ۱۹ــ ۵ ــ تبدیل گوشه‌های تیز به گوشه‌های گرد برای جلوگیری از تنش و تَرَک

۴ــ ۵ ــ 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 ــ رنگ قهوه‌ای روشن (لاک الکل) برای نشان دادن سطح‌های جانبی اجسام ریخته شده که به ماشین‌کاری نیاز ندارند، به کار می‌رود.

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

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

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

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

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۵ ــ۵ــ نگاه‌داری مدل

با توجه به این‌که 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 نگه‌داری گردد. به همین منظور، نگه‌داری 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 ــ مشخصات ساخت (تاریخ شروع و خاتمه ساخت مدل).

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

ج ــ 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 نگه‌داری می‌گردد. نمونه‌ای از این کارت‌ها در شکل (۲۰ــ ۵) نشان داده شده است.

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

شکل ۲۰ــ ۵ ــ نمونه‌ای از کارت شناسایی یک مدل

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

پرسش‌ها

۱ــ مدل را تعریف نموده و اهمیت آن را در صنعت ریخته‌گری به اختصار توضیح دهید.

۲ــ انواع تقسیم‌بندی مدل کدامند؟ نام ببرید.

۳ــ مواد مصرفی در ساخت مدل‌ها بایستی دارای چه ویژگی‌های عمومی باشند؟

۴ــ در انتخاب جنس یک مدل، به چه نکات اساسی بایستی توجه گردد؟

۵ ــ مواد متداول در ساخت مدل‌ها را نام ببرید و ویژگی‌های هر یک را به اختصار توضیح دهید.

۶ ــ انواع مدل را براساس شکل ظاهری آن‌ها نام ببرید.

۷ــ ویژگی‌های مدل‌های یک تکه و دو تکه را با یکدیگر مقایسه نمایید.

۸ ــ در چه مواردی از مدل‌های صفحه‌ای استفاده می‌گردد؟ انواع این مدل‌ها را ذکرنمایید.

۹ــ مدل‌های مخصوص به چه مدل‌هایی گفته می‌شود؟ موارد استفاده آن‌ها را به‌اختصار توضیح دهید.

۱۰ــ منظور از اضافه مجاز انقباضی در مدل چیست؟ میزان این اضافه مجاز به چه عواملی بستگی دارد؟

۱۱ــ شیب مجاز در مدل چیست و مقدار آن به چه عواملی بستگی دارد؟

۱۲ــ خطای مجاز در مدلسازی چیست؟ ضمن یک مثال توضیح دهید.

۱۳ــ رنگ زدن مدل‌ها به چه منظوری انجام می‌شود؟ توضیح دهید.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد