



دانشگاه صنعتی اراک

# اصول ریخته گری

استاد: دکتر حامد دیلمی

تهیه و تنظیم: انجمن علمی

مکانیک ساخت و تولید

زمستان ۱۳۹۰



دانشگاه صنعتی اراک



انجمن علمی مکانیک ساخت و تولید



ترجمه: انجمن علمی مکانیک ساخت و تولید

## فهرست:

### 1.2. روشهای ریخته گری

- ❖ 1.1.2. ریخته گری ماسه ای
- ❖ 2.1.2. (ریخته گری پوسته ای) shell-mold casting.
- ❖ 3.1.2. ریخته گری با مدل های مصرفی ( فرایند lost foam )
- ❖ 4.1.2. ریخته گری با قالب گچی
- ❖ 5.1.2. ریخته گری با قالب سرامیکی
- ❖ 6.1.2. ریخته گری با دوغاب سرامیکی (lost wax process)
- ❖ 7.1.2. ریخته گری با خلاء
- ❖ 8.1.2. ریخته گری با قالب دائمی
- ❖ 9.1.2. die casting
- ❖ 10.1.2. ریخته گری سانتریفیوژی

### 2.2. طراحی و کیفیت ریخته گری

- ❖ 1.2.2. گوشه ها زاویه ها و ضخامت مقطع
- ❖ 2.2.2. از مناطق تخت و بزرگ باید اجتناب شود
- ❖ 3.2.2. drafts and tapers
- ❖ 4.2.2. انقباض
- ❖ 5.2.2. parting lined
- 3.2.2. ضمیمه (واژه نامه)

ترجمه ی casting (pdf) 2- مربوط به مبانی ریخته گری فلزی

## مبانی ریخته گری فلز:

### ۱.۲. روشهای ریخته گری

فرایند ریخته گری فلز با ایجاد یک قالب، که معکوس شکل قسمتی است که ما نیاز داریم، آغاز می شود. قالب از یک ماده ی نسوز ساخته می شود، مثل ماسه. فلز در یک کوره (اجاق) گرما داده می شود تا ذوب شود و فلز ذوب شده داخل حفره ی قالب ریخته می شود. مایع شکل حفره را می گیرد، که شکل همان قسمتی است که ما احتیاج داریم. در نهایت بخش فلزی منجمد شده، از حفره ی قالب جدا می شود. شمار زیادی از اجزای فلزی در طرح هایی که ما هر روز استفاده می کنیم، با فرایند ریخته گری ساخته می شوند. دلایل این موضوع عبارتند از:

- (a) ریخته گری می تواند قطعات دارای شکل هندسی پیچیده ، با حفره های داخلی و بخشهای تو خالی تولید کند.
- (b) این روش می تواند برای ساخت قطعاتی با سایز کوچک (چند صد گرم) و با سایز بزرگ (هزاران کیلوگرم) به کار رود.
- (c) این روش مقرون به صرفه و با اتلاف بسیار کم است: در هر قالب گیری فلزات اضافی مجددا ذوب شده و مورد استفاده قرار می گیرد.
- (d) فلز قالب ایزوتروپیک است - که دارای همان خواص فیزیکی و مکانیکی در هر جهت است. (مترجم: یعنی جنس قالب می تواند متناسب با مقصود مورد نظر باشد)

مثالهای رایج: دستگیره های در، قفلها، پوشش بیرونی موتور ها، پمپها و .... چرخ بسیاری از ماشینها. ریخته گری در صنعت اسباب بازی برای ساخت قطعات نیز کاربرد زیادی دارد، مثل هواپیماها و ماشینهای اسباب بازی و غیره.

جدول ۱- انواع مختلف روش های ریخته گری ، فواید، زیان و ضررها و مثال ها را خلاصه میکند.

مثالها	زیان و ضررها	فواید	فرآیند
بلوکهای موتور، سر سیلندر ها	پرداخت ضعیف، تولرانس زیاد(نامحدود/ وسیع)	محدوده ی وسیعی از فلزات، اندازه ها و شکلها،هزینه ی کم	ماسه
شاتون ، محفظه دنده	اندازه ی محدود قطعات ( قطعات با اندازه ی محدود)	پرداخت و دقت بهتر، نرخ تولید بالاتر	قالب پوسته ای
سر سیلندر ها، اجزای موتور	مدل ها دارای استحکام پایین هستند	محدوده ی وسیعی از فلزات، اندازه ها، اشکال	Expendable مدل
نمونه ی اولیه قطعات مکانیکی	فلزات غیر آهنی، نرخ تولید پایین	اشکال پیچیده، پرداخت سطحی خوب	قالب گچی
پروانه ها، <b>injection mold tooling</b>	اندازه های کوچک	اشکال پیچیده، دقت بالا، پرداخت خوب	قالب سرامیکی
جواهرات	قطعات کوچک، گران	اشکال پیچیده، پرداخت عالی	دوغاب سرامیکی
موتورها، محفظه ی موتورها	قالب گران، فقط اشکال مشابه	پرداخت خوب، تخلخل پایین، نرخ تولید بالا	قالب دائمی
چرخ دنده های دقیق، بدنه ی دوربین، چرخ های خودرو	Die های گران ، قطعات کوچک، فلزات غیر آهنی	دقت بعدی بالا، نرخ تولید بالا	Die
لوله ها، دیگهای بخار، <b>flywheel</b> (چرخ لنگر /طیار)	گران، اشکال محدود	قطعات لوله ای بزرگ، کیفیت خوب	سانتریفیوژی (گریز از مرکز)

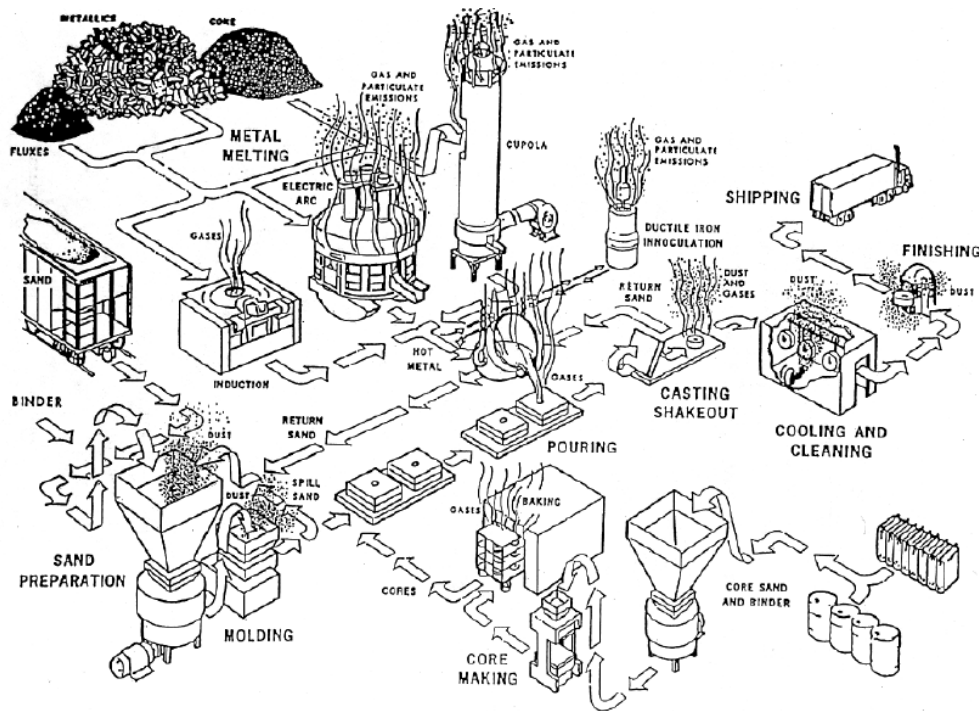


Figure 1. Work flow in typical sand-casting foundries [source: www.p2pays.org]

شکل ۱. روند کار در ریخته گری ماسه ای معمول (منبع: [www.p2pays.org](http://www.p2pays.org))

ریخته گری ماسه از ماسه ی طبیعی یا مصنوعی ( شن و ماسه دریاچه) که اکثرا یک ماده ی نسوز به نام سیلیکا ( $SiO_2$ ) است استفاده می کند. دانه های ماسه باید به قدر کافی کوچک باشد تا بتواند به طور متراکم بسته بندی شود، در عین حال حال دانه ها باید به اندازه ی کافی بزرگ بوده تا اجازه دهد گازهای تشکیل شده در حین ریختن فلز از طریق منافذ فرار کند. قالبهای بزرگ سایز از ماسه ی سبز استفاده می کنند( مخلوطی از ماسه، خاک رس و مقداری آب). ماسه می تواند دوباره استفاده شود ، و فلز اضافی ریخته شده نیز قطع شده و دوباره مورد استفاده قرار می گیرد.

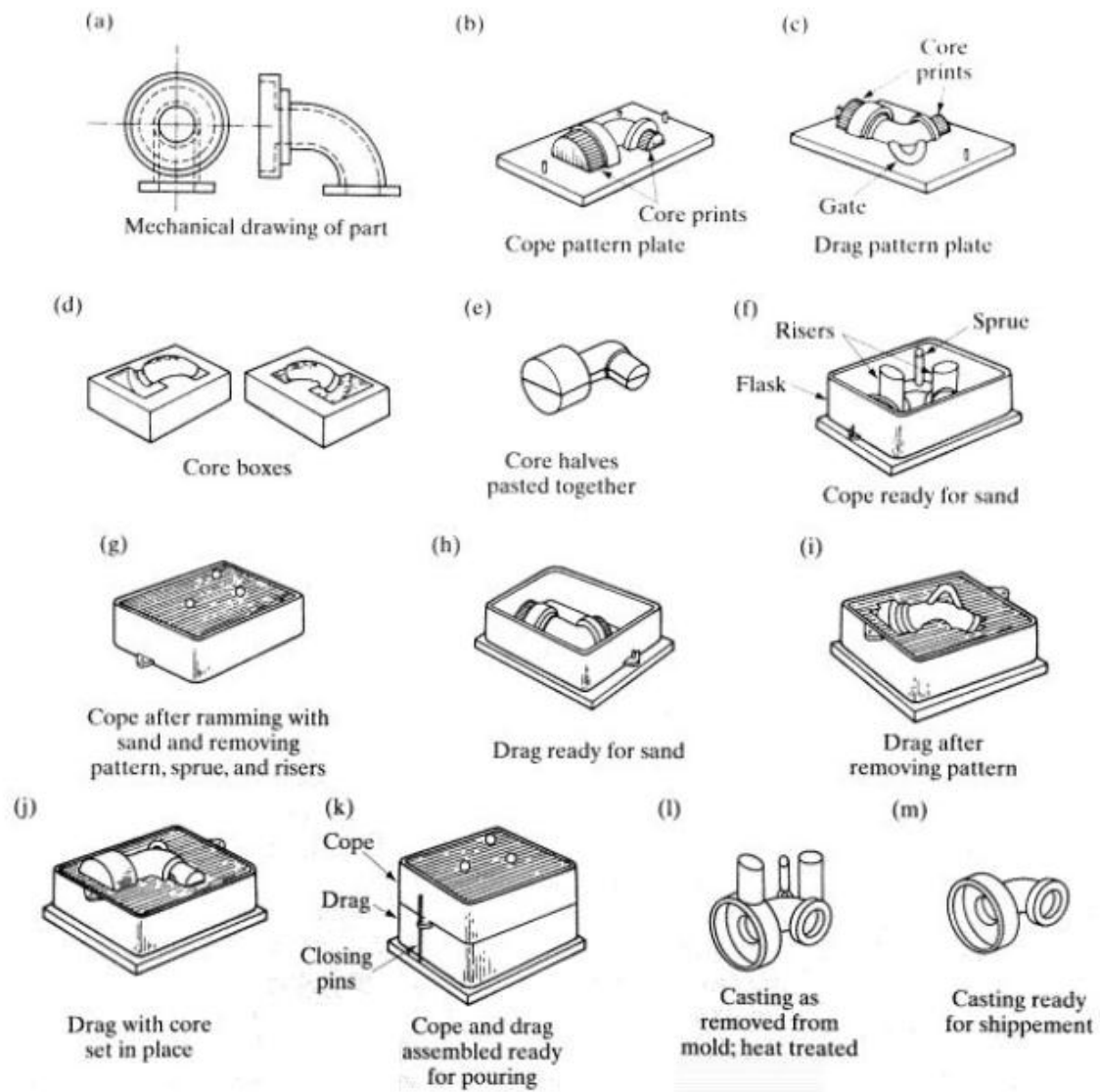


Figure 2. Schematic showing steps of the sand casting process [source: Kalpakjian and Schmid]

شکل ۲. نمایش شماتیک مراحل فرایند ریخته گری ماسه ای (منبع: Kalpakjian and

- (a) طراحی مکانیکی قطعه
- (b) صفحه نمونه ی cope
- (c) صفحه نمونه ی drag
- (d) جعبه های core
- (e) دو نیمه ی core به هم چسبانده می شوند
- (f) Cope برای ماسه آماده می شود
- (g) پس از دژکوب شدن با ماسه و خروج مدل و تغذیه و راهگاه اصلی
- (h) Drag آماده برای ماسه
- (i) Drag پس از خروج مدل
- (j) Drag به همراه cope قرار گرفته در جای خود

(k) Cope و drag مونتاژ شده و آماده برای ریختن (ریختن فلز)

(l) مدل ریخته گری شده ی جداشده از قالب پرداخت نشده

(m) مدل ریخته گری شده آماده مصرف

قالب های ماسه ای معمول دارای بخشهای زیر می باشند (شکل ۲):

- قالب از دو بخش تشکیل شده، نیمه ی بالایی که cope نامیده می شود، و بخش پایینی که drag است.
- مایع در فضای خالی بین این دو بخش که cavity نامیده می شود جریان می یابد. شکل هندسی cavity با استفاده از یک شکل چوبی به نام pattern (مدل) ساخته می شود. شکل این Pattern ها تقریبا همانند شکل همان قسمتی است که ما می خواهیم بسازیم.
- Cavity قیفی شکل: قسمت بالای قیف Pouring cup است؛ گردن لوله مانند قیف sprue است - فلز مایع داخل pouring cup ریخته شده و به سمت پایین (sprue) جریان می یابد.
- Runner ها کانالهای افقی توخالی هستند که پایین sprue را به cavity قالب متصل می کند. ناحیه ای که هر runner به cavity می پیوندد gate نامیده می شود.
- تعدادی cavity اضافه، در اتصال به سطح بالای قالب ساخته می شوند. فلز اضافی ریخته شده در قالب در داخل این cavity ها که riser نامیده می شوند جریان می یابد. آنها به عنوان مخزن عمل می کنند؛ هنگامی که فلز داخل cavity جامد می شود، (کوچک می شوند) منقبض شده و فلز اضافی از طریق riser ها عقب نشینی می کند تا از (ایجاد) سوراخ ها در قطعه ی ریخته گری شده جلوگیری کند.
- Vent ها سوراخهای باریکی هستند که cavity را، جهت خروج گازها و هوا از cavity، به اتمسفر مرتبط می کند.
- Core ها: بسیاری از بخشهای قالب دارای سوراخهای داخلی (بخشهای توخالی)، یا حفرات دیگر در شکل خود هستند که به طور مستقیم از هر دو قطعه از قالب در دسترس نیستند. چنین سطوح داخلی توسط insert هایی به نام core تولید می شوند. Core ها بواسطه ی پختن ماسه با مقداری binder ساخته می شود تا بتواند شکل خود را هنگامی که مورد استفاده قرار می گیرد حفظ کنند. قالب با قرار دادن core داخل (cavity) حفره ی drag، و سپس با قرار دادن cope در بالا، و قفل کردن قالب مونتاژ می شود. پس از آنکه ریخته گری (انجام شد، ماسه shake off می شود، core بیرون کشیده شده و معمولا قطع می شود.

## ملاحظات مهم ریخته گری:

(a) چطور pattern را می سازیم؟

معمولا صنعتگران شکل قطعات را با دست و ماشین آلات می تراشند تا به سایز دقیق برسد.

(b) چرا pattern دقیقا همانند part shape (شکل قطعات) نیست؟

شما فقط باید سطوح خارجی را با pattern بسازید، سطوح داخلی توسط core ساخته می شوند.

شما باید بگذارید تا انقباضات ریخته گری پس از جامد شدن فلز انجام شود.

(c) اگر شما صفحه ای را که بوسیله ی سطوح جفت شده ی cope و drag با قطعات ریخته گری شکل گرفته از وسط قطع کنید، از قطعه یک مقطع عرضی گرفته اید. بخش خارجی طرح کلی این مقطع عرضی، خط (فراق) جدا کننده (parting line) نامیده می شود. طراحی قالب اول با تعیین خط فراق انجام می شود. (چرا؟)

(d) به منظور جلوگیری از آسیب زدن به سطح قالب در حین خارج کردن pattern و قطعات چوبی برای vent ها، pouring cup و sprue، riser و ... شیب دار کردن سطوح عمودی شکل هندسیه قطعه مهم است. این شیب (کم) taper نامیده می شود. اگر می دانید که قطعه ی شما با ریخته گری ساخته خواهد شد، باید سطوح را در طراحی قطعه ی اصلی کاهش دهید.



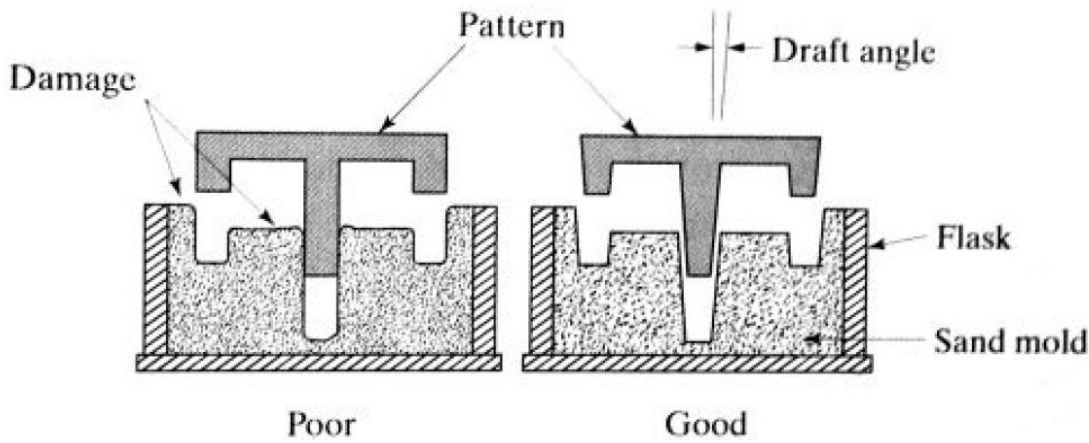


Figure 3. Taper in design

شکل ۳. شیب در طراحی

(e) Core با شکل‌های هندسی حمایت کننده ای (نگهدارنده‌های) به نام core prints در موقعیت خود نگه داشته می شود (شکل زیر را ببینید). اگر طرح به گونه ای باشد که تکیه گاه کافی برای نگهداشتن core در موقعیت خود وجود نداشته باشد، تکیه گاه‌های فلزی به نام chaplet به کار می روند. Chapletها داخل قطعه ی نهایی جاسازی می شوند.

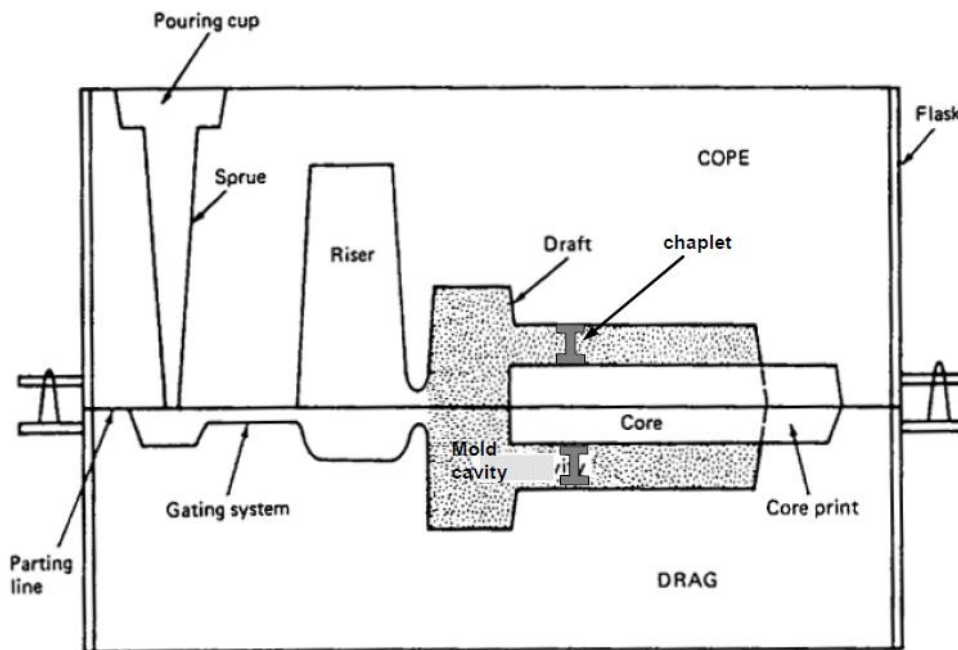


Figure 4. Design components of a mold showing chaplets

شکل ۴. اجزای طرح یک قالب که chaplet ها را نشان می دهد

(f) پس از آنکه ریخته گری حاصل شد، باید با استفاده از جت هوا یا انفجار شن و ماسه تمیز شود.

(g) نهایتاً، فلزات اضافی نزدیک gate، riser ها و vent ها باید قطع شوند، و سطوح حساس جهت دستیابی به پرداخت سطح و تولرانس مناسب ماشین کاری می شوند.

## ۲.۱.۲. ریخته گری پوسته ای

ریخته گری پوسته قالب، کیفیت پرداخت سطح و تولرانس بهتری را حاصل می کند. فرایند به شرح زیر است:

- pattern دو قطعه ای از فلز ساخته شده (مثل فولاد یا استیل)، بین ۱۷۵ تا ۳۷۰ درجه سانتی گراد گرما داده شده و با یک روان کننده پوشش داده می شود مثل اسپری کردن سیلیکون.

- هر کدام از دو قسمت pattern که حرارت داده شده، با مخلوطی از ماسه و چسباننده های (binder) اپوکسی / رزین گرما سخت ( ترموست) پوشیده می شود. binder لایه ای از ماسه را به pattern می چسباند، تشکیل یک پوسته. این فرایند ممکن است تا دست یافتن به یک پوسته ی ضخیم تر تکرار شود.

- مونتاژ پخته می شود تا cure it .

- pattern ها خارج شده و دو نیمه ی پوسته (shell) به هم متصل شده تا قالب را تشکیل دهند؛ فلز داخل قالب ریخته می شود.

- وقتی فلز منجمد شد، پوسته شکسته می شود تا قطعه بدست بیاید.

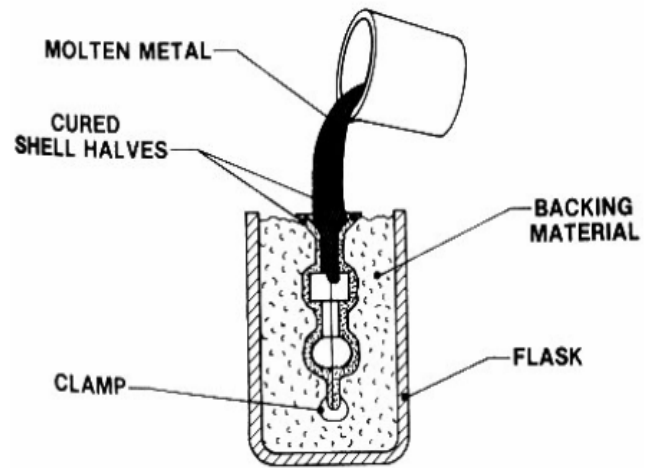
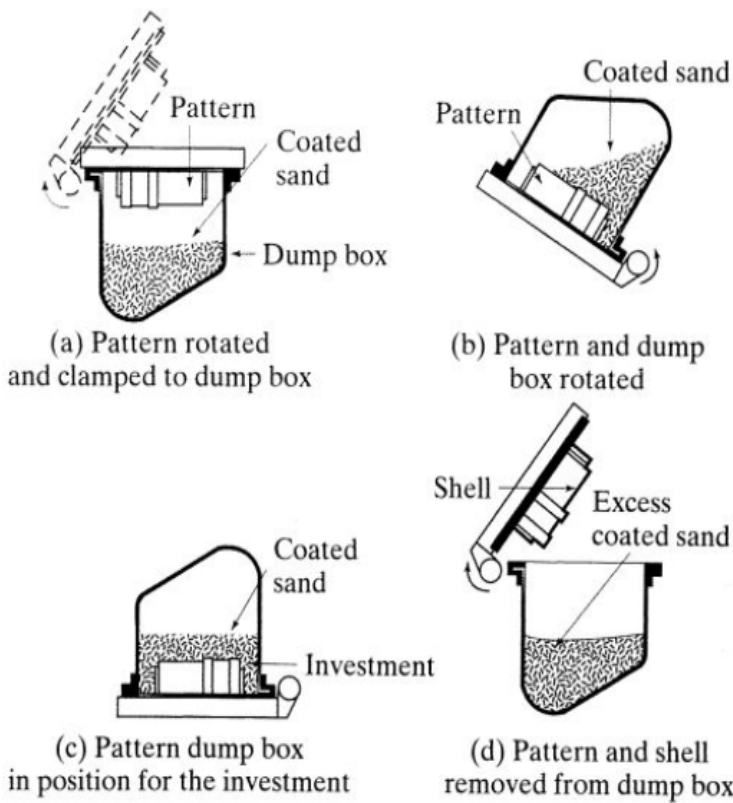


Figure 5. Making the shell-mold [Source: Kalpakjian & Schmid] Figure 6. Shell mold casting

شکل ۵. ساخت پوسته ی قالب (منبع: Kalpakjian & Schmid)

شکل ۶. ریخته گری پوسته ی قالب

(a) مدل چرخیده و محکم به dump box بسته می شود

(b) مدل و dump box چرخیده می شود

(c) مدل

(d) مدل و پوسته از dump box جدا می شود

۳.۱.۲. ریخته گری با مدل های مصرفی ( فرایند lost foam )

مدلهایی که در این فرایند استفاده می شوند از پلی استایرن ساخته شده اند ( ماده بسته بندی سبک و سفیدی است که جهت بسته بندی لوازم الکترونیکی داخل جعبه ها به کار می رود). فوم پلی استایرن ۹۵٪ حباب هوا است، و خود ماده وقتی که فلز مایع روی آن ریخته می شود تبخیر می شود.

خود مدل با ریخته گری ساخته می شود- دانه های پلی استایرن و پنتان داخل یک قالب آلومینیومی قرار داده شده و حرارت می بینند؛ و جهت پر کردن قالب منبسط می شود و شکل cavity را می گیرد. مدل خارج شده و برای فرایند ریخته گری استفاده می شود، به شرح زیر:

- مدل در دوغ آب و خاک رس ( و یا سایر غلات مقاوم) غوطه ور شده، اینها خشک می شوند، تا یک پوسته ی سخت را اطراف مدل ایجاد شود.

- مدل ی که اطراف آن با shell(پوسته) پوشیده شده، در ظرفی با ماسه جهت پشتیبانی (تکیه گاه) قرار داده می شود. و فلز مایع از سوراخی در بالا به داخل ریخته می شود.

- فوم هنگامی که فلز داخل پوسته ریخته می شود تبخیر می شود؛ پس از سرد شدن و انجماد، قطعه با شکستن پوسته خارج می شود.

این فرایند بسیار مفید است زیرا بسیار ارزان بوده و به خوبی می تواند پرداخت سطح خوب و شکل‌های هندسی پیچیده را حاصل می کند. هیچ riser، runner، gating یا parting line وجود ندارد- در فرایند طراحی مختصر شده است. این فرایند به منظور تولید میل لنگ برای موتورها، بلوک موتورهای آلومینیومی، منیفولدها و غیره به کار می رود.

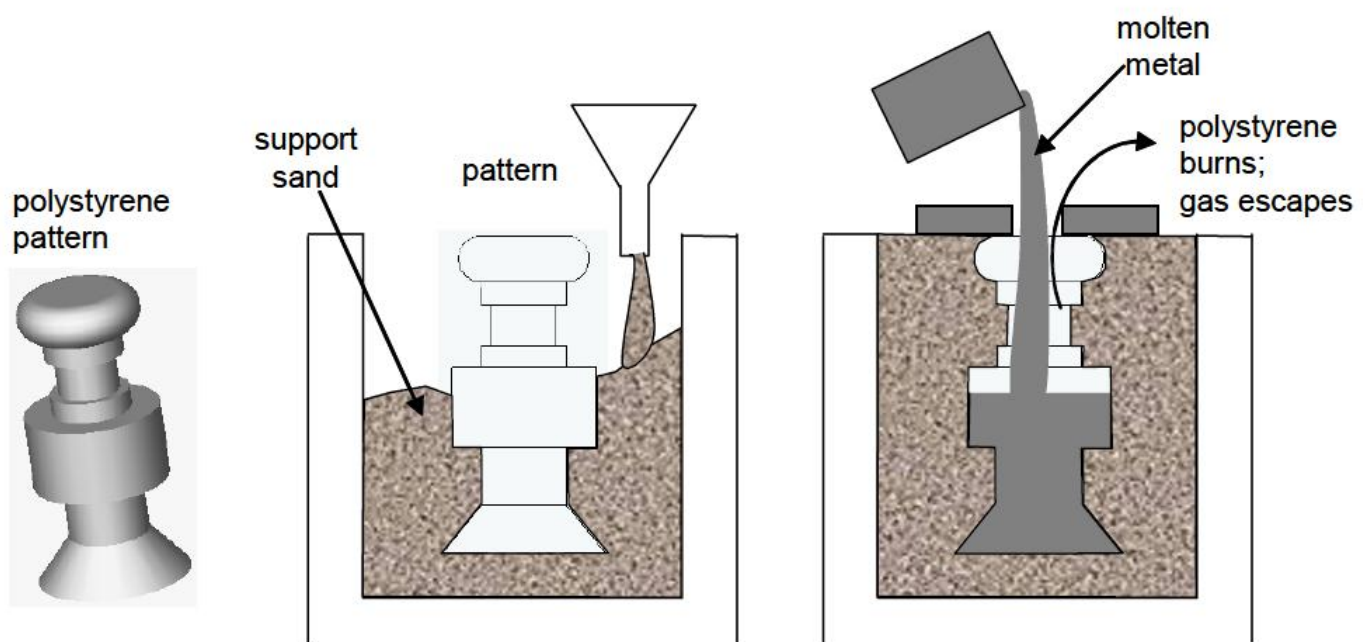


Figure 7. Expendable mold casting

شکل ۷.؟

## ۴.۱.۲. ریخته گری با قالب گچی

قالب از اختلاط گچ پاریس ( plaster of paris ) ( caso4 ) با تالک و آرد سیلیس ساخته می شود، این بودری سفید است که وقتی با آب مخلوط می شود انسجامی رس مانند به خود می گیرد و می تواند اطراف مدل شکل بگیرد ( این همان ماده ای است که جهت گچ گرفتگی استخوان شکسته ی انسان به کار می رود). قالب گچی می تواند پرداخت شود تا پرداخت سطح و دقت ابعادی خوبی را حاصل کند. با این حال این (این نوع قالب) نسبتاً نرم است و در دمای بالای ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد به قدر کافی قوی نیست، بنابراین این روش به طور عمده جهت ریخته گری فلزات غیر آهنی مثل روی، مس، آلومینیوم و منیزیم کاربرد دارد. از آنجا که گچ هدایت حرارتی کمتری دارد، ریخته گری به آرامی خنک می شود، و در نتیجه ساختار دانه ای یکنواخت تری دارد ( یعنی warpage کمتر و استرس کمتر اجزا).

## ۵.۱.۲. ریخته گری با قالب سرامیکی

همانند ریخته گری با قالب گچی است با این تفاوت که در این روش مواد سرامیکی استفاده می شود ( مثل سیلیس یا پودر زیر کون ZrSiO<sub>4</sub> ). سرامیکها مقاوم هستند ( مثل خاک رس hotpot که در رستورانهای چینی برای پخت بعضی از غذاها به کار می رود)، و همچنین قدرت بالاتری (استحکام) نسبت به گچ دارد.

- دوغاب سرامیکی ( shell ) پوسته ای را اطراف مدل تشکیل می دهد;
- این در دمای پایین کوره (اوون) خشک شده و مدل خارج می شود
- سپس به منظور استحکام بیشتر با خاک رس حمایت شده و جهت سوختگی (سوزاندن) هرگونه مواد فرار، در دمای بالای اوون پخته می شود.
- فلز مانند ریخته گری گچی، ریخته گری می شود.

این فرایند می تواند جهت ریخته گری فولاد یا حتی فولاد ضد زنگ با کیفیت بالا مورد استفاده قرار گیرد؛ این روش برای قطعاتی از قبیل تیغه های پیش برنده

( impellor blade ) به کار می رود ( برای توربین ها، پمپها، روتورهای قایق های موتوری) .

## ۶.۱.۲. investment casting( lost wax process)

این فرایند قدیمی است، و از زمانهای قدیم برای ساخت جواهرات استفاده می شده- از اینرو این روش برای HK از اهمیت بالایی برخوردار است. این فرایند همچنین جهت ساخت سایر چیزهای کوچک ( چند گرمی، هر چند می تواند برای قطعات چند کیلوگرمی هم به کار رود) نیز به کار رود. مراحل این فرایند در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

یکی از فواید این روش این است که موم جزییات بسیار ریز را هم می تواند حمل کند- بنابراین این فرایند نه تنها تحمل (تولرانس) ابعادی خوبی را فراهم می کند، بلکه پرداخت سطحی بسیار عالی را هم میسر می کند؛ در واقع، تقریبا هر نوع بافت سطحی به خوبی لوگوها و ... می تواند با سطح بالایی از جزییات تکثیر (باز تولید) شود.

## ۷.۱.۲. ریخته گری با خلاء

این فرایند ریخته گری ضد گرانش نیز نامیده می شود. این فرایند، به جز در مرحله ی پر کردن قالب، اساسا مشابه ریخته گری investment است (مرحله ی e در بالا). در این حالت، ماده توسط پمپ خلا به سمت بالا درون قالب مکیده می شود. شکل ۹ در پایین ایده ی پایه را نشان می دهد- توجه کنید که قالب در موقعیتی معکوس از فرایند ریخته گری معمول، چگونه به نظر می رسد، و با فلز مذاب داخل فلاسک کاهش داده می شود.

یکی از فواید ریخته گری خلا این است که، با آزاد کردن فشار در مدت کوتاهی پس از اینکه قالب پر شد، ما می توانیم فلز منجمد نشده را به داخل فلاسک بر گردانیم (رها سازی کنیم). این به ما اجازه ایجاد ریخته گری تو خالی را می دهد. از آنجاییکه بیشتر گرما به خارج از سطح بین قالب و فلز هدایت می شود، به همین دلیل فلز نزدیک به سطح قالب همیشه اول جامد می شود؛ قسمت جامد جلویی به داخل cavity منتقل می شود. بنابراین، اگر این مایع در مدت کوتاهی پس از پر شدن تخلیه شود، شیء تو خالی با دیواره ی بسیار نازکی را به دست خواهیم آورد (شکل ۱۰).



(a) مدل‌های مومی تولید شده بوسیله ی ریخته گری تزریقی

(b) مدل‌های چند گانه روی sprue مومی مرکزی مونتاژ می شوند

(c) پوسته با فرو بردن منتاز در دوغاب سرامیکی مایع و سپس در بستری از ماسه ی بسیار ریز ، ساخته می شود. چندین لایه ممکن است مورد نیاز باشد.

(d) سرامیک خشک و موم ذوب شده است؛ سرامیک در معرض آتش قرار گرفته تا همه ی موم را بسوزاند.

(e) پوسته بواسطه ی ریزش گرانشی، با فلز ذوب شده پر می شود.

(f) پس از آنکه فلز منجمد شد، پوسته ی سرامیک بواسطه ی لرزش یا انفجار آب شکسته می شود .

(g) قطعات با استفاده از اره ی اصطکاک سرعت بالا از sprue قطع می شوند.

Figure 8. Steps in the investment casting process [source: [www.hitchiner.com](http://www.hitchiner.com)]

شکل ۸. مراحل فرایند ریخته گری investment



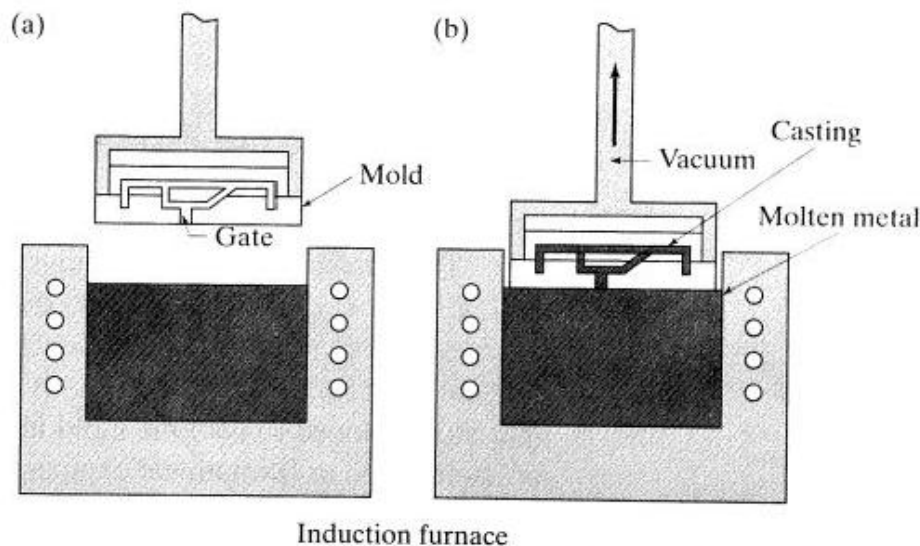


Figure 9. Vacuum casting [source: Kalpakjian & Schmid]

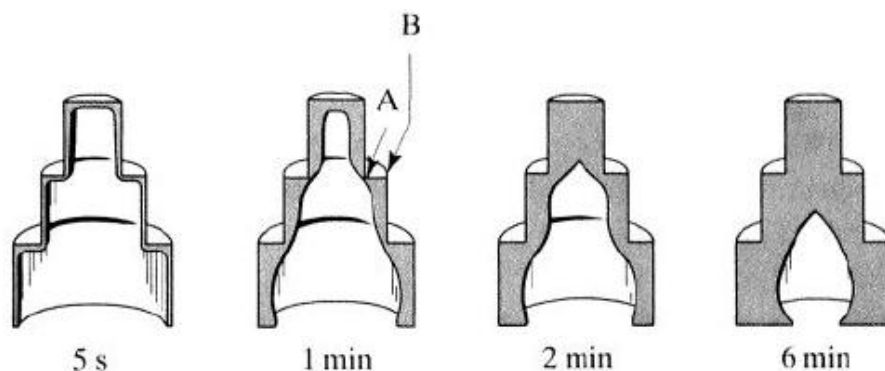


Figure 10. Draining out metal before solidification yields hollow castings [source: Kalpakjian & Schmid]

شکل ۹. ریخته گری با خلاء (منبع: Kalpakjian & Schmid)

شکل ۱۰: تخلیه ی فلز قبل از انجماد، ریخته گری تو خالی را حاصل می کند. (منبع: Kalpakjian & Schmid)

## ۸.۱.۲. ریخته گری با قالب دائمی

در اینجا، دو نیمه ی قالب از جنس فلزاتی از قبیل چدن، فولاد، یا آلیاژهای مقاوم هستند. cavity که در بردارنده ی runner ها و gating system است به نیمه های قالب ماشین کاری می شود. برای قطعات تو خالی، یا هسته ی دائم (ساخته شده از فلز) و یا آنهایی که به ماسه باند شده، بسته به اینکه هسته را بتوان بعد از ریخته گری بدون آسیب از قطعه جدا کرد یا نه، به کار می روند. سطح قالب با خاک رس یا سایر مواد نسوز و مقاوم پوشیده می شود- این امر باعث افزایش طول عمر قالب می شود. قبل از ریخته گری، سطح با اسپری کردن سیلیس یا گرافیت که به عنوان روان کننده عمل می کنند پوشیده می شود. این کار ۲ هدف را دنبال می کند- جریان فلز مایع را بهبود بخشیده، و به قطعه ی قالب گیری شده اجازه می دهد تا راحتتر از



قالب خارج و جدا شود. این پروسه می تواند به صورت خودکار انجام شده، و میزان بالای توان را حاصل می کند. همچنین، این پروسه می تواند تحمل (تولرانس) و پرداخت سطحی خوبی را (صافی سطحی) فراهم کند. این فرایند برای تولید پیستونهای به کار رفته در موتور اتومبیلها، صفحه دنده، سر سیلندر، و سایر قطعات ساخته شده از فلزات با نقطه ی ذوب پایین مثل مس، برنز، آلومینیوم و غیره به کار می رود.

## ۹.۱.۲ die casting

این فرایند یک نوع بسیار رایج ریخته گری با قالب دائم است. این فرایند جهت تولید بسیاری از قطعات لوازم خانگی (مانند پلوپز، اجاق گاز، فن ها، ماشین لباسشویی و خشک کن ها، و یخچال ها)، موتورها، اسباب بازی ها و ابزارآلات دستی استفاده می شود - از زمانی که دلتای رود مروارید بزرگترین تولید کننده ی چنین محصولاتی در این جهان شد، این تکنولوژی توسط بسیاری از شرکتهای مبتنی بر HK استفاده می شود.

تولرانس و پرداخت سطح قطعاتی که با این روش قالب گیری می شوند در حدی خوب است که تقریباً هیچ پس پردازشی نیاز نیست (در پایان کار هیچ پردازشی نیاز نیست). قالبهای مورد استفاده در این نوع ریخته گری گران هستند، و زمان قابل توجهی را برای ساخت احتیج دارد؛ آنها معمولاً die نامیده می شوند. دو نوع رایج از این نوع ریخته گری وجود دارد: die casting محفظه گرم و سرد.

- در فرایند محفظه گرم (مورد استفاده برای آلیاژهای روی، منیزیم) محفظه ی فشار که متصل به حفره ی die است، به طور دائم با فلز مذاب پر می شود. چرخه ی پایه ای این عملیات به شرح زیر است: (i) die بسته شده و سیلندر شبیه گردن گاز با فلز مذاب پر می شود؛ (ii) پیستون فلز مذاب را از طریق گذرگاه و دهانک شبیه گردن گاز به داخل حفره ی die هل می دهد؛ فلز تا زمانی که منجمد شود تحت فشار باقی می ماند؛ (iii) die باز شده و core، در صورت وجود به عقب کشیده می شود؛ ریخته گری (شده) در die تزریق کننده می ماند؛ پیستون برمی گردد و فلز مذاب را از طریق نازل (دهانک) و gooseneck (هرچیزی شبیه گردن گاز) به عقب می کشد؛ (iv) سوزنهای تزریق (کننده) ریخته گری (شده) را به خارج از die تزریق کننده هل می دهند. هنگامیکه پیستون سوراخ ورودی را کشف کرد، فلز مذاب مجدداً سیلندر gooseneck را پر می کند. فرایند محفظه داغ برای فلزاتی که (a) نقطه ی ذوب پایینی دارند و (b) با مواد die آلیاژ نمی دهند، فولاد؛ مثالهای رایج عبارتند از: قلع، روی و سرب.

در فرایند محفظه سرد، فلز مذاب در هر چرخه، داخل محفظه ی سرد ریخته می شود. چرخه ی این عملیات به این صورت است (i) die بسته شده و فلز مذاب با ملاقه داخل سیلندر محفظه ی سرد ریخته می شود؛ (ii) سیلندر فلز مذاب را داخل حفره ی die هل می دهد؛ فلز مذاب تا هنگام انجماد تحت فشار بالا باقی می ماند؛ (iii) die باز شده و پیستون می رود تا گلوله ی بی شکل منجمد شده را از سیلندر با فشار هل دهد، اگر core وجود داشته باشد، به عقب کشیده می شود؛ (iv) سوزنهای تزریق ریخته گری (شده) را به

خارج از die تزریق هل داده و سیلندر به موقعیت اولیه بر می گردد. این فرایند به طور ویژه برای فلزات با نقطه ذوب بالا مثل آلومینیوم، و مس مورد استفاده است (و الیایزهای آن).

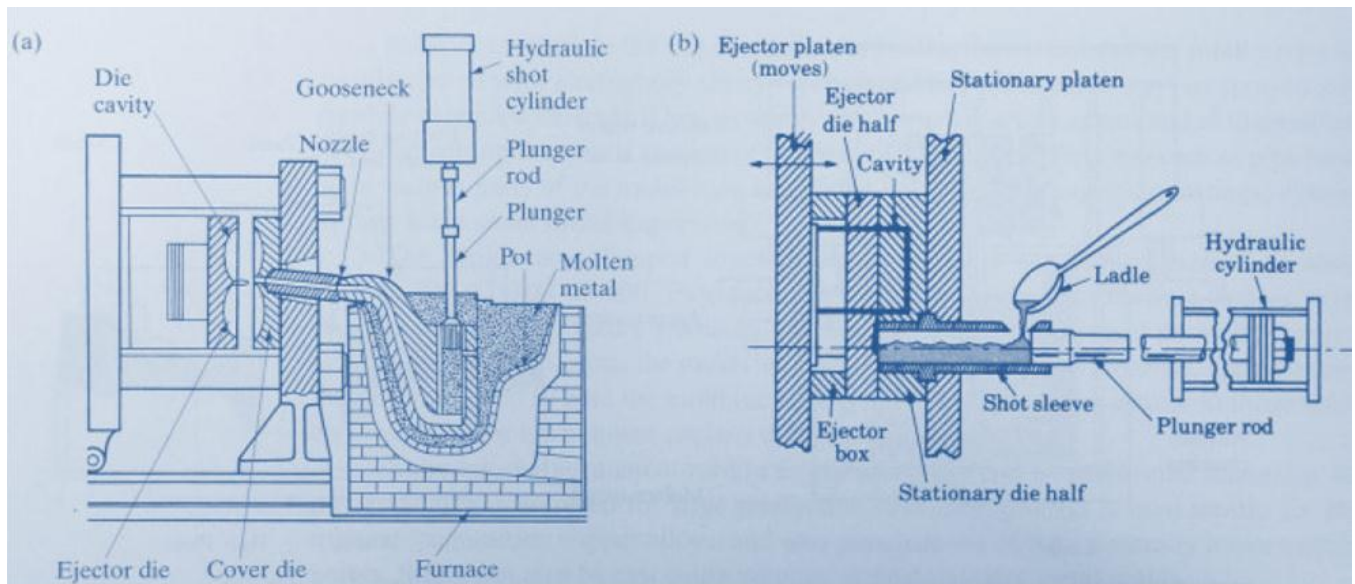


Figure 11 (a) Hot chamber die casting (b) Cold chamber die casting [source: Kalpakjian & Schmid]

شکل ۱۱. (a) ریخته گری با die محفظه داغ (b) ریخته گری با die محفظه سرد

## ۱۰.۱.۲. ریخته گری سانتریفیوژی

این فرایند از یک قالب دائمی که با سرعتی حدود ۳۰۰-۳۰۰۰ rpm، حین ریختن فلز مایع، حول محور خود میچرخد استفاده می کند. نیروهای گریز از مرکز باعث می شوند که فلز به دیواره ی قالب، جاییکه پس از خنک شدن منجمد می شود، فشرده شود. قطعه ی قالب گیری شده با این روش، دارای ریز ساختارهای دانه ریز است، که در برابر خوردگی اتمسفری مقاوم است؛ از اینرو این روش جهت تولید لوله ها مورد استفاده قرار می گیرد. از آنجا که فلز از ناخالصی سنگینتر است، بسیاری از ناخالصی ها و inclusions به قطر داخلی نزدیکترند و می توانند ماشین کاری شوند. پرداخت سطح در امتداد قطر داخلی نیز بسیار بدتر از پرداخت در امتداد سطح بیرونی است.

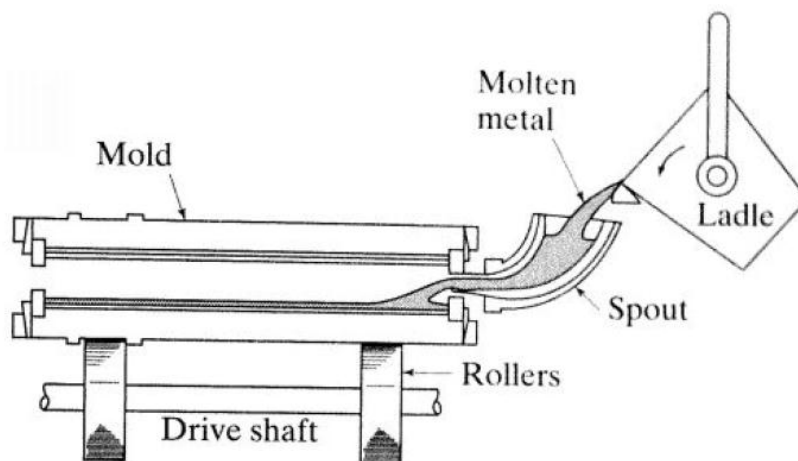


Figure 12. Centrifugal casting schematic [source: Kalpakjian & Schmid]

شکل ۱۲: شکل شماتیک ریخته گری سانتریفیوژی (منبع: Kalpakjian & Schmid)  
 ۲.۲. طراحی و کیفیت ریخته گری

عوامل متعددی بر کیفیت و عملکرد قطعات قالب گیری شده (ریخته گری شده) تاثیر می گذارد - بنابراین طراحی قطعاتی که باید با ریخته گری تولید شوند، و همچنین طراحی قالبهای ریخته گری و die ها (نوعی قالب) باید در این زمینه حساب شوند. شما ممکن است اینها را به عنوان دستور العملهای طراحی در نظر بگیرید، و مبنای علمی آنها در تجزیه م تحلیل نهفته است - قدرت و رفتار مواد.

### ۱.۲.۲. گوشه ها زاویه ها و ضخامت مقطع

بسیاری از فرایندهای ریخته گری منجر به نواقص سطحی کم (blisters, scars scabs or blows)، یا حفرات و ناخالصی های کوچک در داخل می شوند (inclusions, cold-shuts, shrinkage cavities). این نواقص مشکلزا هستند اگر که قطعه با چنین نقصی مورد بارهای مختلف در حین استفاده باشد. تحت چنین شرایطی، احتمال می رود که این نواقص به عنوان ترکهایی عمل کرده که تحت تنش مکرر انتشار یافته و باعث شکست حاصل از فرسودگی شوند. احتمال دیگر این است که سوراخهای داخلی به عنوان متمرکز کنندگان تنش عمل کرده و استحکام واقعی قطعه را به کمتر از استحکامی که از طرح انتظار می رفته کاهش می دهند. شکل ۱۴ تغییرات تنش را در هنگام وجود سوراخها، به منظور نشان دادن مشکل، نمایش می دهد.

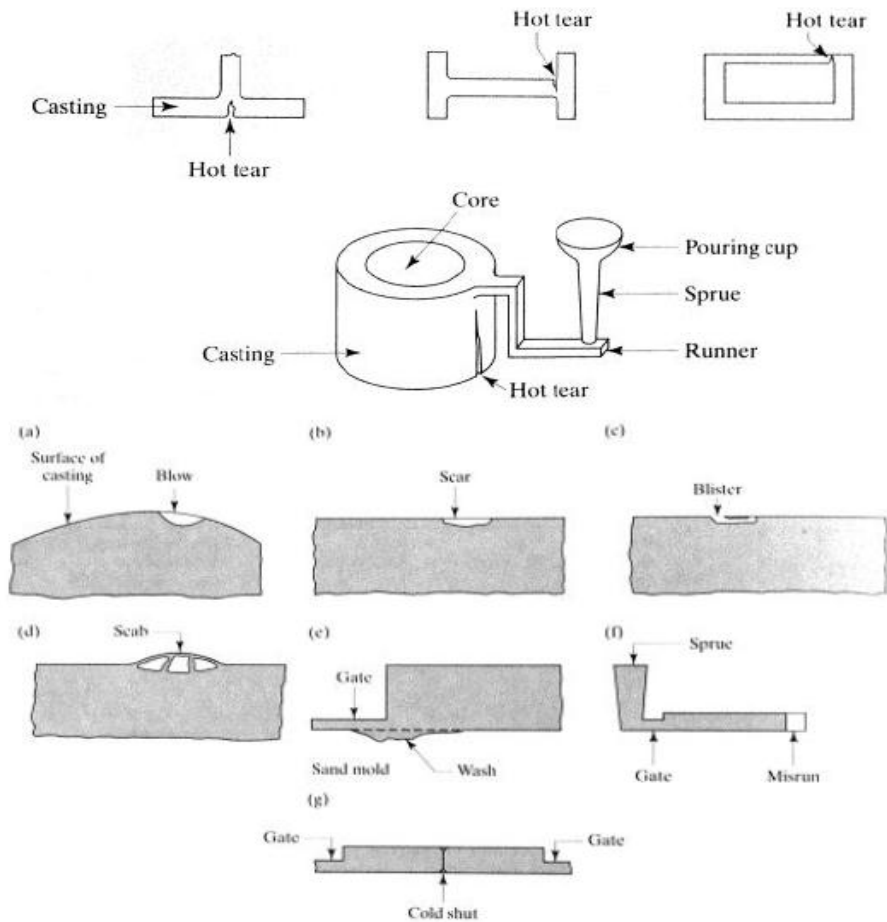


Figure 13. Typical defects in casting [source: Kalpakjian & Schmid]

شکل ۱۳. نواقص معمول در ریخته گری (منبع: Kalpakjian & Schmid)

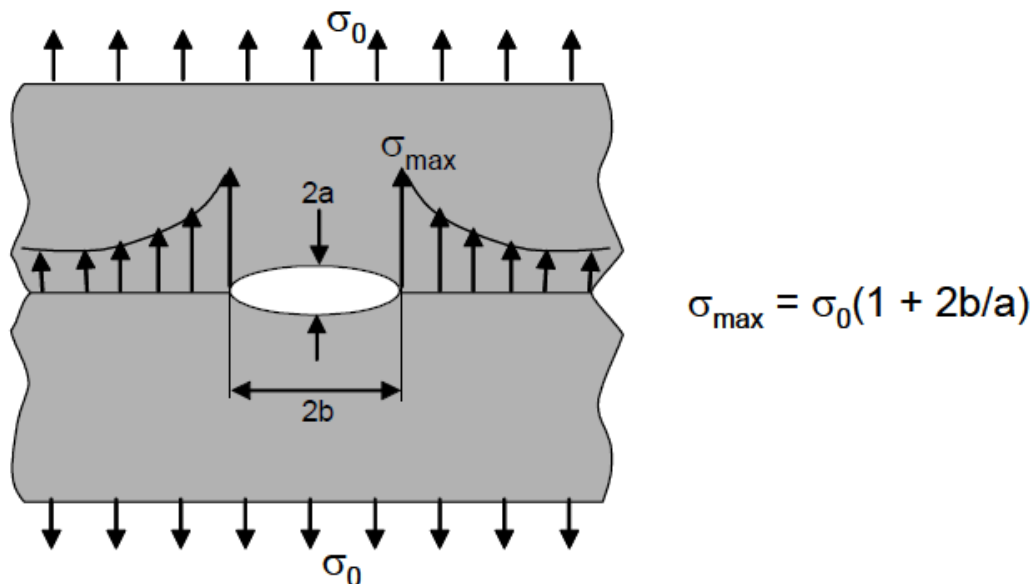


Figure 14. Stress concentration near an elliptical defect

شکل ۱۴. تمرکز تنش در نزدیکی یک نقص بیضوی

به منظور جلوگیری از این مشکلات

(a) از گوشه های تیز اجتناب شود (این ها مثل ترکها عمل کرده و باعث تمرکز تنش می شوند)

(b) تغییرات مقطع/بخش باید با استفاده از fillet ها به طور یکنواخت مخلوط شوند.  
 (c) باید از تغییرات سریع در ناحیه ی مقطع عرضی اجتناب شود؛ چنانچه این امر اجتناب ناپذیر باشد، قالب باید طوری طراحی شود تا اطمینان حاصل شود که فلز می تواند به تمام مناطق جریان یافته و مکانیسم برای سرد شدن سریع و یکنواخت در طول انجماد ارائه شود. این را می توان با استفاده از خنک کننده ها یا ادغام کردن لوله های fluid-cooled به دست آورد. این اصول در شکل زیر نشان داده شده است.

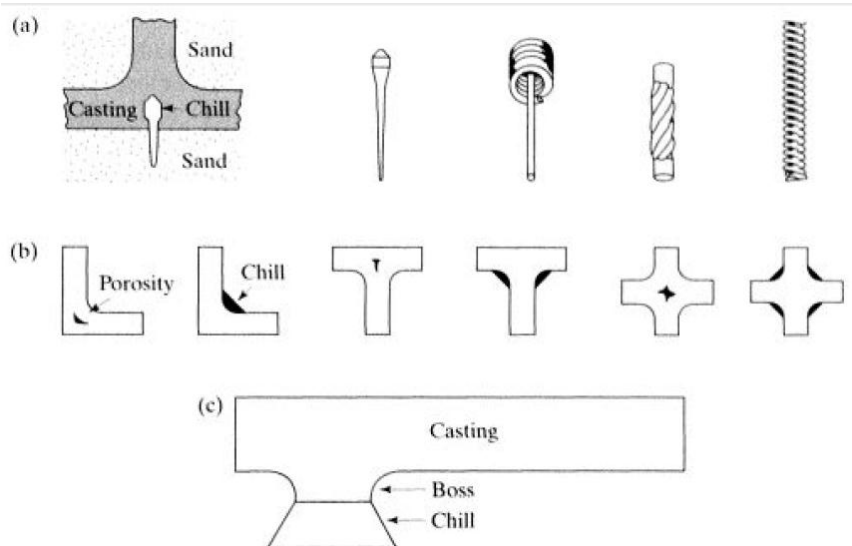


Figure 15. Chills [source: Kalpakjian & Schmid]

شکل ۱۵. خنک کننده ها (منبع: Kalpakjian & Schmid)

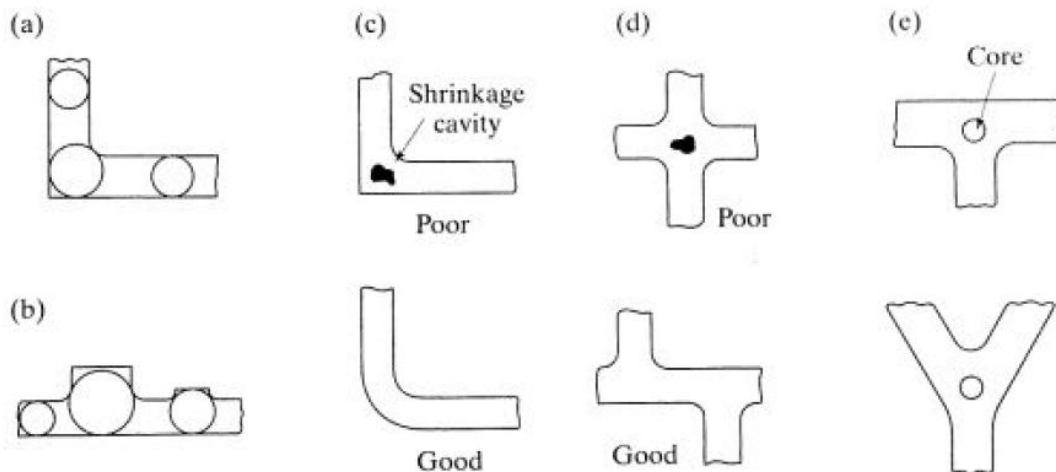


Figure 16. Poor and preferred design examples [source: Kalpakjian & Schmid]

شکل ۱۶. نمونه هایی از طراحی های ضعیف و ترجیح داده شده (بهتر)

۲.۲.۲. از مناطق تخت و بزرگ باید اجتناب شود، چرا که آنها به علت تنشهای پس ماند تمایل به پیچ و تاب دارند.

- چرا قطعات ریخته گری شده دارای تنشهای پس ماند هستند؟

در شکل زیر با افزودن ۳ قطعه میله مقاومت ریخته گری آن افزایش یافته است.

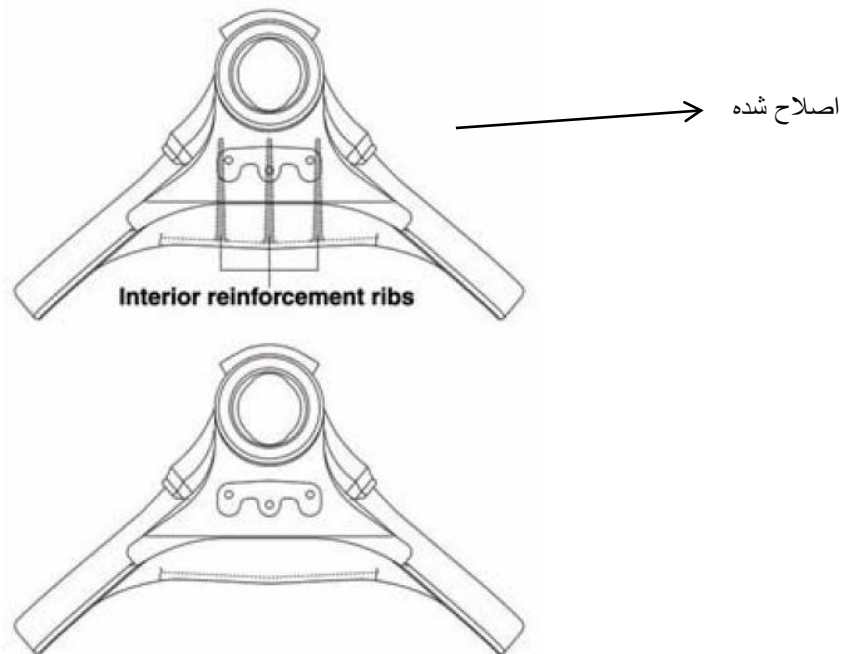


Figure 17. Adding ribs to flat region decreases warping and increases stiffness against bending moments  
شکل ۱۷. افزودن دنده ها به ناحیه ی مسطح باعث کاهش تاب برداشتن و افزایش سختی در زمان خم شدن می شود

### ۳.۲.۲. drafts and tapers

داشتن سطوحی که عمودند بر جهتی که قطعه در امتداد آن از قالب خارج می شود، در ریخته گری خوب نیست. این امر ممکن است باعث شود که قطعه به قالب بچسبد و به زور خارج کردن آن باعث آسیب به قطعه می شود (و همچنین قالب، اگر قالب قابل استفاده مجدد باشد). از اینرو تمام اینگونه سطوح با زاویه ی کمی شیبدار می شوند (بین ۰.۵ و ۲ درجه) تا اجازه دهند خروج (تخلیه) به آسانی صورت گیرد. زوایای draft در سطوح داخلی قطعه بالاتر هستند، چون قطعه ی ریخته گری شده نیز در حین انجماد و خنک شدن کمی به سمت core عقب می کشند. نمایی از این اصل در شکل ۳ نشان داده شده است.

### ۴.۲.۲. انقباض



در ریخته گری، حین خنک شدن، فلز منقبض می شود. برای فلزات رایج ریخته گری، ۱٪ انقباض مجاز در تمام ابعاد خطی طراحی شده است (.....). هنگامی که جبهه ی انجماد، یعنی سطحی که در مرز بین فلز مایع و منجمد قرار دارد، از سطح قالب به ناحیه ی داخلی قطعه مهاجرت می کند، طرح باید از لحاظ عدم ایجاد cavity هنگام انقباض اطمینان بخش باشد.

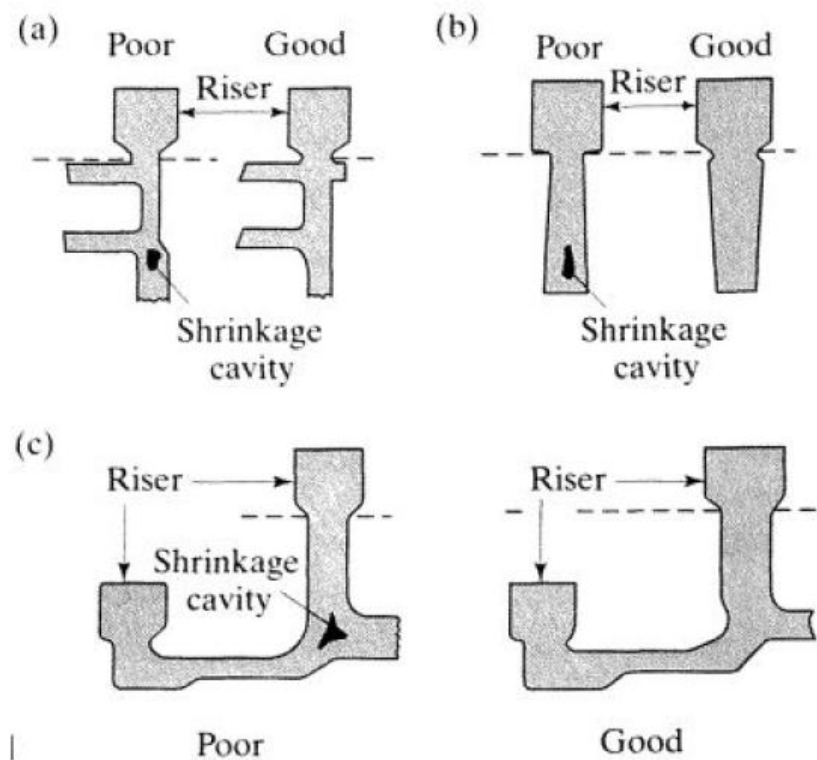


Figure 18. Poor and preferred design examples [source: Kalpakjian & Schmid]

شکل ۱۸. نمونه هایی از طراحی های ضعیف و ترجیح داده شده

## ۵.۲.۲ parting lined.

Parting line مرزی است که cope، drag، و قطعه به هم می رسند، اگر سطح cope و drag مسطح (۲ وجهی) باشد، پس parting line نمای کلی مقطع عرضی قطعه در امتداد سطح است. شما می توانید به آسانی parting line را برای بسیاری از قطعات ریخته گری شده و قالب گیری شده به طور معمول استفاده می کنید ببینید. مرسوم است که partingline باید در صورت امکان دو وجهی(مسطح) باشد. مقدار کمی از فلز همیشه از بین cope و drag در هر ریخته گری به خارج از قالب نشت می کند. این flash نامیده می شود. اگر flash در امتداد سطح خارجی باشد، باید بواسطه ی برخی از عملیاتهای پرداخت، ماشین کاری شود. اگر parting line در امتداد لبه ای از قطعه باشد، کمتر قابل مشاهده است – این بیشتر ترجیح داده می شود.

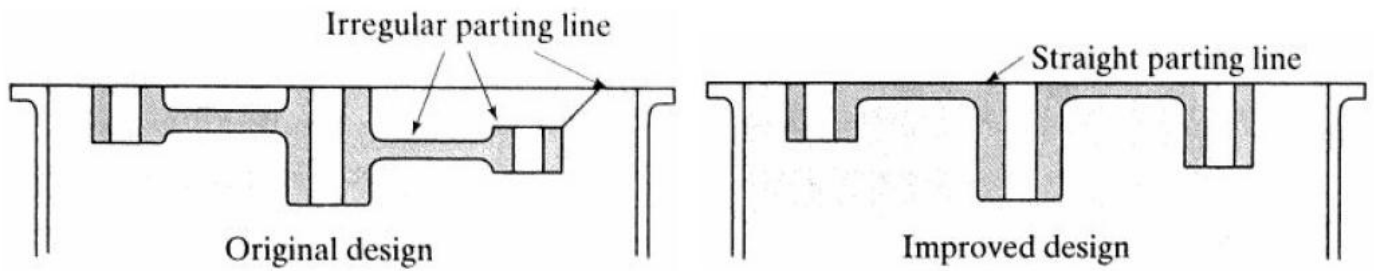


Figure 19. Parting line examples [source: Kalpakjian & Schmid]

شکل ۱۹. نمونه هایی از parting line

۳.۲. ضمیمه (واژه نامه)

واژه نامه			
ozenite	اوزنیت	wad	آستری
olivine	اولیوین	wrought iron	آهن کارشده
pouring	پارریزی	heart trowel	ایزار قاشقی
yield	بازده	lifter	ایزار قاشقی سرکج
retempering, recycling	بازیابی	reducing atmosphere	اتمسفر احیایی
pin lift	بالابر خاری	bandsaw	اره نواری
core daubing	بشانه ماهیچه	green strength	استحکام تر
brush	برس	dry strength	استحکام خشک
bulb sponge	برس اسفنجی، آبدان	compression strength	استحکام فشاری
wire hand brush	برس سیمی دستی	tensile strength	استحکام کششی
yellow brass	برنج زرد	chisel	اسکنه، قلم
red brass	برنج سرخ	phosphoric acid	اسید فسفریک
bronwite	برونویت	carbonic acid	اسید کربنیک
coke bed	بسترکک	ornamental items	اشیاء زینتی
balsam	بلسان	shrinkage allowance	اضافه انقباض
core rise	بلند شدن ماهیچه	machining allowance	اضافه ماشینکاری
crucible	بوته	kindling	اگزوترم، گرمازا
shake out	بیرون آوردن، نکاندن	furfural alcohol	الکل فورفورال
stripper	بیرون انداز	tongs	انبر
bleeder	بیرون زدگی	solidification	انجماد
run out	بیرون زدن	pattern shrinkage	انقباض مدل



oil binder	چسب روغنی	shovel	بیلچه
chemical binder	چسب شیمیایی	curing	پخت
natural binder	چسب طبیعی	riveting	پرچمکاری
rubber cement	چسب لاستیک	core drier	سب قالب ماهیچه
cohesiveness	چسبندگی	steel wool	پشم فولاد
rawhide mallet	چکش پلاستیکی	plumbago	پلامباگو، سرب سیاه
grab	چنگک، فلاپ	chaptlet	پل، قانچاق
bubble	حباب	parting powder	پودر جداکننده
mold cavity	حفره قالب	parting dust	پودر جداکننده
wood flour	خاک آزه	shell	پوسته
clay	خاک رس	slush casting	پوسته ریزی
thumb screw	خروسک	coating	پوشش
shrink ruler	خطکش انقباض	mold wash	پوشش قالب
double shrink ruler	خطکش انقباض مضاعف	pumice	پرمیس
strike off bar	خطکش صاف	screw	پیچ، پیچ مدل درآر
cereal	خمیر آرد	tub	تاب، وان
Flask	درجه	talc	تالک
floor flask	درجه زمینی	blister	تاول
snap flask	درجه ضامن دار	chemical analysis	تجزیه شیمیایی
two-part flask	درجه دونگه	core blow	تخلخل ماهیچه
peep hole	دریچه بازرسی	fancy	تزیینی
slag hole	دریچه تخلیه سرباره	metal injection	تزریق فلز
tap hole	دریچه تخلیه (مذاب)	riser	تغذیه
tuyere cover	دریچه مجرای دمش	bott	توبن
peep hole	دریچه بازدید	grid	توری
red heat	دمای سرخ	downdraft	تهویه از زیر
lance	دمش (گان)	bar	تیرک
durability	دوام	lifting	جابجایی
smoke	دود	split box	جعبه دونگه
stack	دودکش	loose piece box	جعبه ماهیچه آزاد
drop	دورریز	gang core box	جعبه ماهیچه دارای چند حفره
investment	دوغاب، ماده سرامیکی	welding	جوشکاری
dolomite	دولومیت	chuck	چاک
pinch	دیلم	gray iron	چدن خاکستری
broken casting	راه شکن	binder	چسب

vent wire	سیخک	gate	راهگاه
silicate of soda	سیلیکات سدیم ، چسب شیشه	runner	راهگاه اصلی
sillimanite	سیلیمانیت	sprue	راهگاه اصلی ، راهگاه بارزیز
natural cement	سیمان طبیعی	set gate pattern	راهگاه مدلدار
breast	سینه	resin	رزین
hot short	شکنندگی در حالت داغ	regulator	رگولاتور
shellac	شلاک	rosin	روزین ، گلو فون
gate cutter	شیاربر	linseed oil	روغن بزرک
draft	شیب	linseed oil	روغن بزرک
pattern draft	شیب مدل	sulfite oil	روغن سولفیتی
back draft	شیب منفی	fish oil	روغن ماهی
hose	شیبک	mineral oil	روغن معدنی
follow board	صفحه زیر قالب ، صفحه پس قالب	vegetable oil	روغن نباتی
core plate	صفحه ماهیچه	die casting	ریخته گری تحت فشار
molding board	صفحه مدل	shell mold casting	ریخته گری در قالب پوسته ای
match plate	صفحه مدل ، مدل صفحه ای دورو	sand casting	ریخته گری در قالب ماسه ای
parting plane	صفحه جدایش ، سطح جدایش	core print	ریشه ماهیچه ، تکیه گاه ماهیچه
bottom board	صفحه زیر مدل	zamak	زاماک
grain fineness	عدد ریزی	tab	زبان
casting defect	عیوب ریخته گری	blacking, mold wash scab	زخمه رنگ
Process	فرایند ، روش	brazing	زردجو شکاری
croning process	فرایند کروینگ	strip time	زمان بیرون کشی
collapsibility	فروریزی	work time	زمان عملیات
hydrostatic pressure	فشار هیدرواستاتیک	tuyere	زیورک
flux	فلاکس ، کمک ذوب ، گذار آور	pendulum tuyere	زیورک آونگی
super heated metal	فلز فوق گذار	zircon	زیورکن
phenol-formaldehyde	فنول فرمالدئید	slag	سرباره
blow can, bellow	فونک	cold shut	سردجو شسی
slick, oval spoon	قاشقک	gassing cup	سرمشعل
mold, mould	قالب	riddle	سرد
upset	قالب پشت درجه	pottery	سفالگری
no-bake mold	قالب جمعه سرد	copper ore	سنگ معدن مس
skin dried mold	قالب خشک رویه	lignin sulphite	سولفیت لیگنین
permanent mold	قالب دائمی	probe	سوند
cement mold	قالب سیمانی	file	سوهان



mull	مالات، گل	dumbbel core	ماهپچه دمبلی
melting zone	منطقه ذوب	swept core	ماهپچه شابلونی
chased	منقوش	ram-up core	ماهپچه کلاهکی
magnesite	منیزیت	false coring	ماهپچه گذاری موقت
manifold	منیفولد	cover core	ماهپچه مخفی
pattern dowel	میخچه مدل	roded core	ماهپچه مسلح
draw pin	میخ مدل کش	chill	مبرد
cutter	میله راهگاه	cold chamber	محفظه سرد
gate cutter	میله راهگاه فرعی	hot chamber	محفظه گرم
tubular sprue cutter	میله راهگاه مدور لوله‌ای	sand loam	مخلوط خاک رس و شن
sprue stick	میله راهگاه	mixing	مخلوط سازی
spout	ناودانی	pattern	مدل
sap	نرم مغز		مدل تیخیرشونده، مدل مومی
melt ratio	نسبت ذوب	expendable pattern	
starch	نشاسته	production pattern	مدل تولید
starch	نشاسته	split pattern	مدل چندتکه، مدل دوتکه
permeability	نفوذپذیری	gated pattern	مدل راهگاه دار
permeability	نفوذپذیری	sweep pattern	مدل شابلونی
bas-relief	نقش برجسته	mounted pattern	مدل صفحه‌ای
buoyancy	بیروی شناوری	skeleton pattern	مدل کلافی، مدل اسکلتی
semi-finished	نیمه تمام	recessed pattern	مدل گلوپس دار
weight	وزنه	master pattern	مدل مادر
weighting	وزنه گذاری	medium pattern	مدل متوسط، مدل ارزان قیمت
blowing	هوا زدن	blow	مک
core vent	هواکش ماهپچه	porosity	مک، نخلخل
vent wax	هواکش مومی	sucker	مکنده