

روشهای تولید و کارگاه

فهرست

- (۱) روشهای قالبگیری و ریخته گری فلزات
- (۲) روشهای قالبگیری پلیمرها
- (۳) روشهای شکل دهی فلزات
- (۴) روشهای ماشینکاری
- (۵) روشهای پیشرفته تولید

قابگیری و ریخته گری

- طراحی مدل و تهیه قالب.
- ریخته گری در قالب ماسه ای.
- قالب گیری پوسته ای.
- ریخته گری در قالب گچی.
- ریخته گری دقیق.
- ریخته گری گریز از مرکز.
- ریخته گری در قالب دائمی.
- ریخته گری تحت فشار.
- ریخته گری قطعات تو خالی.
- ریخته گری قطعات ریز.

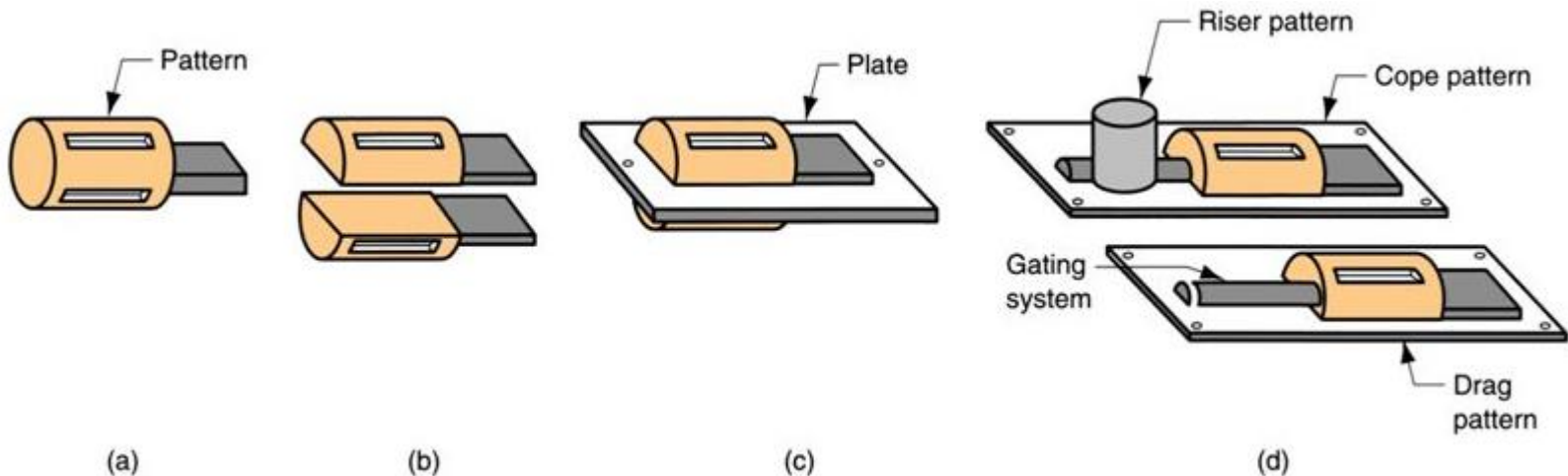
تعریف ریخته گری و قالبگیری

- فرآیندی که طی آن، یک ماده با ویسکوزیته معین بصورت مذاب در فضای خالی بین قالب ریخته شده تا پس از انجماد سرد شود و شکل قالب را به خود بگیرد ریخته گری (Casting) یا قالبگیری نامیده می شود.
- این فرآیند را فلز ریزی و مذاب ریزی نیز می نامند.
- فلزات، پلیمرها و کامپوزیتها قابل ریخته گری هستند.
- در ریخته گری ممکن است ساختار مولکولی ماده در حین انجماد تغییر کند.



طراحی مدل و تهیه قالب

- مدل (pattern) مانند قطعه است که با استفاده از آن، حفره قالب (Cavity) ساخته می شود.
 - (۱) مدل مسطح و یک تکه: کاربرد ساده تر.
 - (۲) مدل دو تکه: برای قالب سازی قطعات قوس داری که خارج کردن قطعه یا مدل مسطح مشکل است از آن استفاده می کنیم.
 - (۳) مدل صفحه ای: مدل بصورت دائمی روی صفحه ای محکم شده است.
- ✓ در مدل صفحه ای می توان سیستم راه گاهی برای حرکت مذاب در فضای خالی قالب را روی مدل نصب کرد.
- ✓ مدل ها را از چوب، گچ یا پلاستیک می توان ساخت.
- ✓ در مورد مدل های پلاستیکی از پلی استیل اسفنجی و مومی استفاده می شود.



- (a) solid pattern
- (b) split pattern
- (c) match-plate pattern
- (d) cope and drag pattern

مراحل قالبگیری

(a) نقشه قطعه.

(b) صفحه بالایی مدل.

(c) صفحه پایینی مدل.

(d) قالب ساخت نیم ماهیچه.

(e) دو نیم ماهیچه بر روی هم.

(f) صفحه مدل بالایی به همراه

مدلهای راهگاه، تغذیه در

داخل نیمه بالایی قالب قرار

داده شده و آماده برای ماسه

ریزی.

(g) نیمه بالایی از ماسه پر شده و

مدل ها از قالب خارج میشود.

(h) صفحه پایینی مدل در نیمه

پایینی قالب.

(i) ماسه ریزی و در آوردن مدل

پایینی.

(j) قرار دادن ماهیچه در نیمه

پایینی قالب.

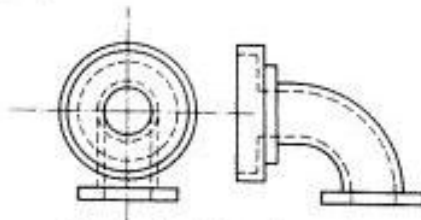
(k) بستن دو نیمه قالب و مذاب

ریزی

(l) قطعه تولید شده

(m) قطعه تمیزکاری شده

(a)



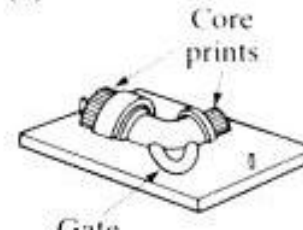
Mechanical drawing of part

(b)



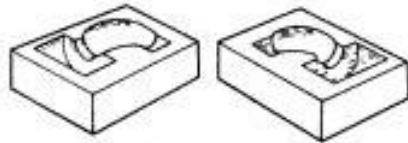
Cope pattern plate

(c)



Drag pattern plate

(d)



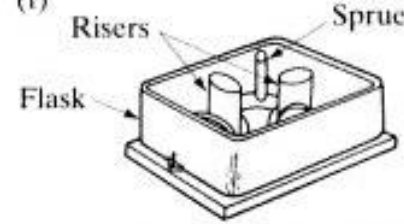
Core boxes

(e)



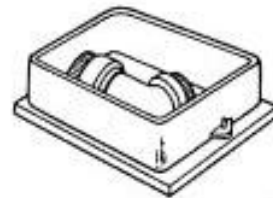
Core halves
pasted together

(f)



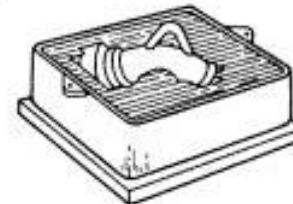
Cope ready for sand

(h)



Drag ready for sand

(i)



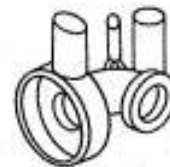
Drag after
removing pattern

(g)



Cope after ramming with
sand and removing
pattern, sprue, and risers

(l)



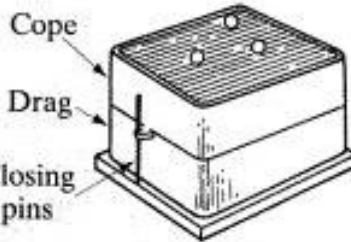
Casting as
removed from
mold; heat treated

(m)



Casting ready
for shipment

(k)



Cope and drag
assembled ready
for pouring

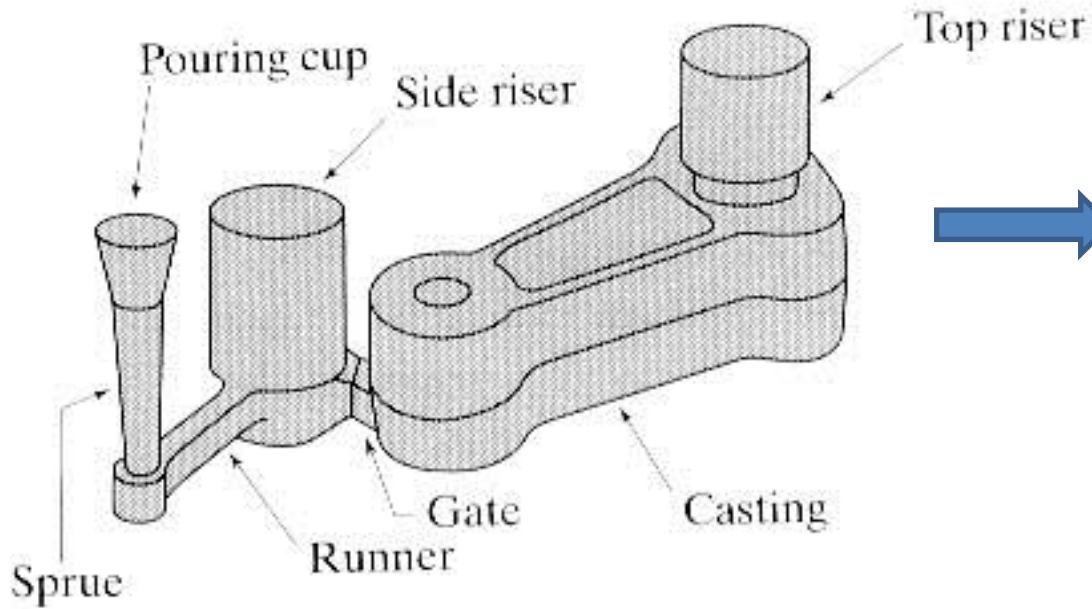
Drag with core
set in place

Closing
pins

مراحل ریخته گری

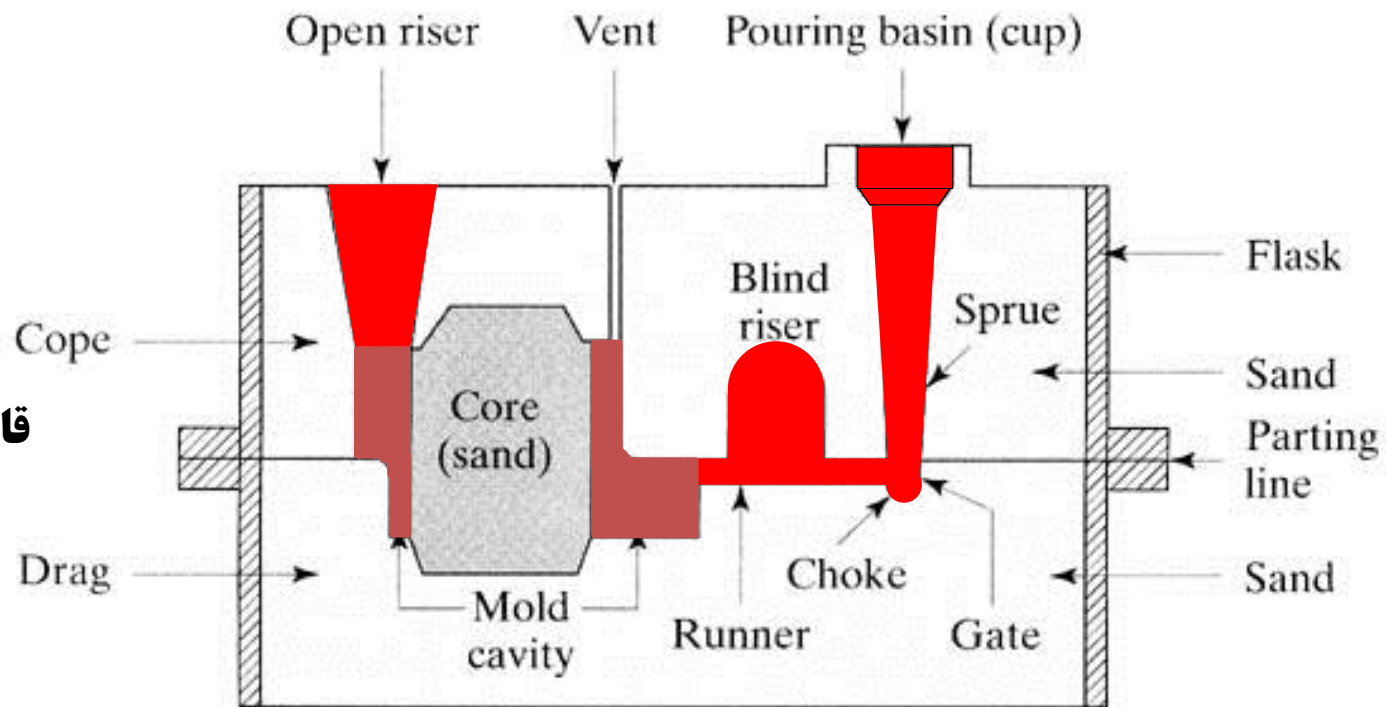
ریخته گری دارای ۴ عملیات اصلی است.

- ۱- قالب گیری: هدف از ساخت قالب ایجاد یک حفره با ابعاد دقیق جهت نگه داشتن مذاب تا رسیدن به نقطه انجماد و تشکیل قطعه است.
 - قالب از موادی چون ماسه، گچ یا فلز ساخته می شود.
 - یک راهگاه یا دهانه ورودی مذاب (Pouring cup, Sprue, Runner & Gate) معمولاً بعد از برداشتن مدل در قالب ایجاد میشود. در مواردی بخشی از راهگاه همراه با مدل ساخته میشود.
- ۲- ماهیچه سازی: ماهیچه (Core) جزئی از قالب است و قبل از ریختن مذاب انجام می شود.
 - ماهیچه برای ایجاد حفره در قطعه ریختگی یا به عنوان تکیه گاهی در مواردی که سطح حفره قالب نامنظم، یا ایجاد شکل آن در ماسه سخت است از ماهیچه استفاده می شود.
 - جهت استحکام ماهیچه مخلوط های ماسه ماهیچه باید تحت عملیات ویژه ای فرآوری شوند.
 - ماسه ماهیچه با موادی مخلوط می شود که توانایی قرار گرفتن در قالب را بدون ریزش داشته باشند.
 - مخلوط ماسه با قالب خاص کوبیده می شود تا استحکام آن بالاتر رود. سپس ماهیچه را از جعبه خارج کرده و در کوره جهت پخت قرار می دهیم.
 - سپس بعد از پختن ماهیچه آنرا در قالب قرار می دهیم تا بصورت قسمتی از شکل نهایی عمل کند.
- ۳- مذاب سازی و ریختن مذاب:
 - عمل ذوب کردن در کوره های نفتی ، گازی، ذغالی یا برقی انجام می شود.
 - بعد از خارج کردن ناخالصی ها از مذاب ، آنرا از طریق مدخل قالب در درون حفره قالب می ریزیم.
- ۴- تمیز کاری و پرداخت کردن:
 - پس از سرد شدن قطعه و خارج شدن آن با عملیات ویژه، تمیز کردن و پرداخت قطعه را انجام می دهیم.



قطعه ریخته گری شده همراه با
اجزای قالب گیری

قالب ماسه ای همراه با اجزای
آن



Cope : نیمه بالایی قالب.

Drag : نیمه پایینی قالب.

Parting line : خط جدایش دو نیمه قالب.

Pouring cup : محل ریختن مذاب در قالب.

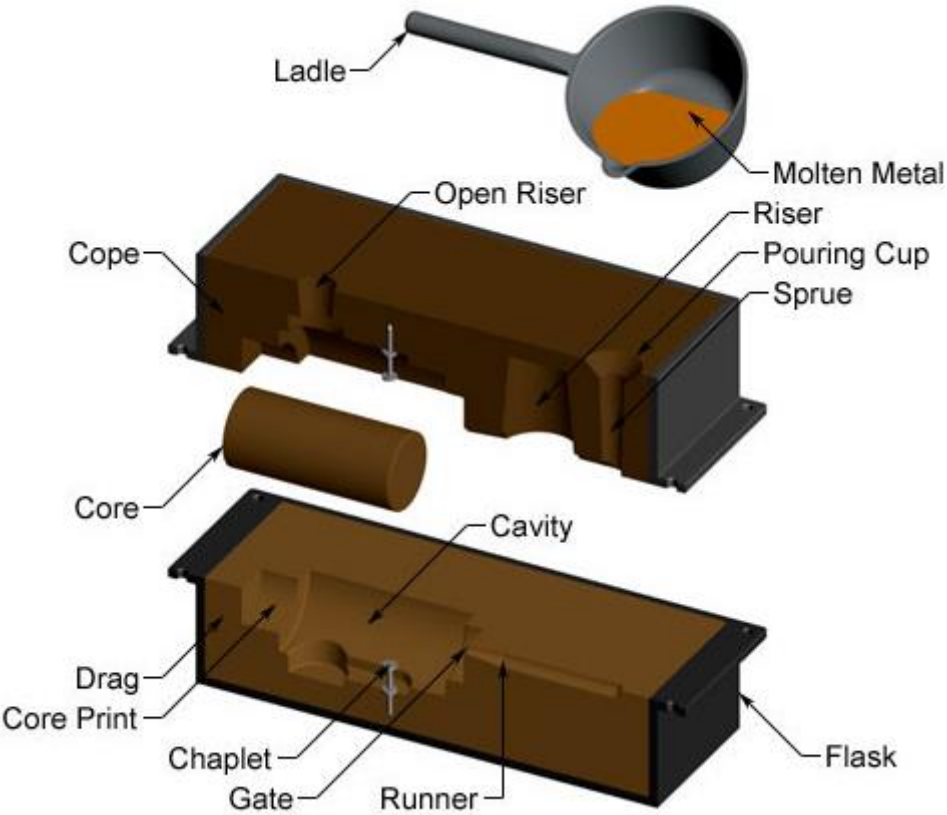
Sprue : سوراخ انتقال مذاب به راهگاه یا به حفره.

Runner : راهگاه - سوراخ انتقال مذاب به گیت یا حفره.

Gate : محل اتصال راهگاه به حفره.

Core : ماهیچه - برای ایجاد قسمتهای توخالی در قطعه.

Chaplet : نگهدارنده ماهیچه درون حفره. پس از مذاب ریزی داخل قطعه می ماند.

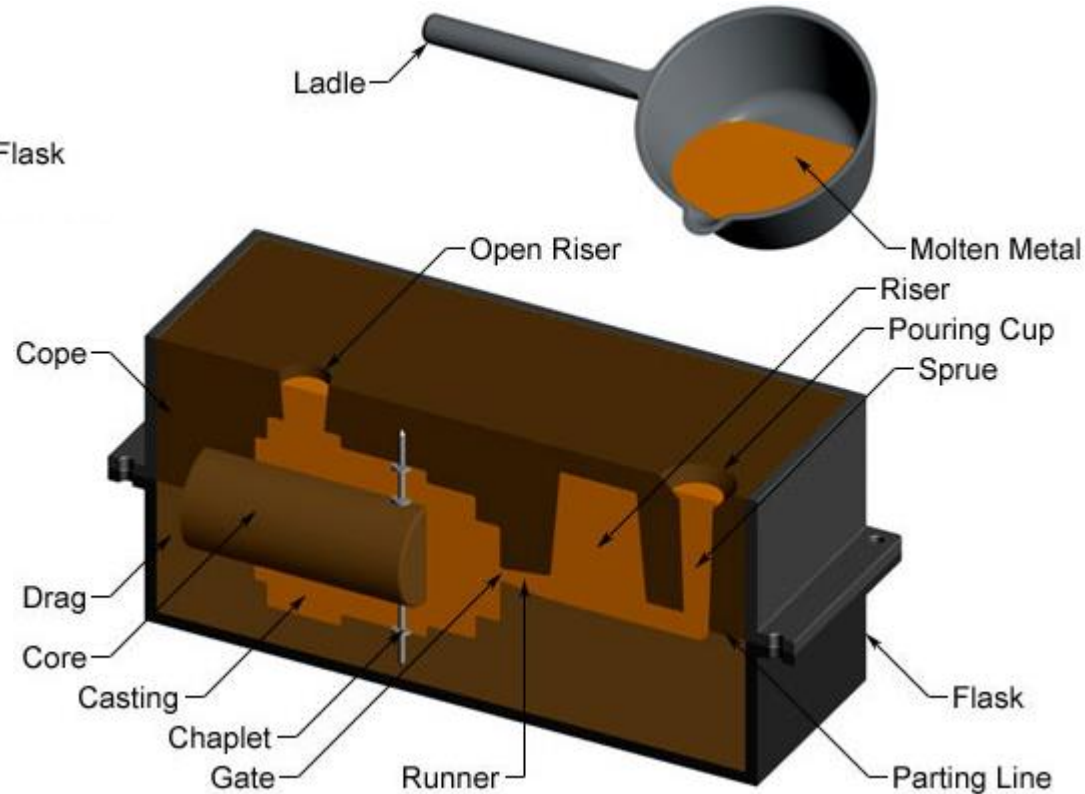


Flask : پوسته فلزی یا چوبی قالب.

Core Print : نشیمنگاه ماهیچه.

Cavity : حفره قالب.

Riser : تغذیه قالب. جبران مذاب در هنگام پر شدن قالب و انجماد.



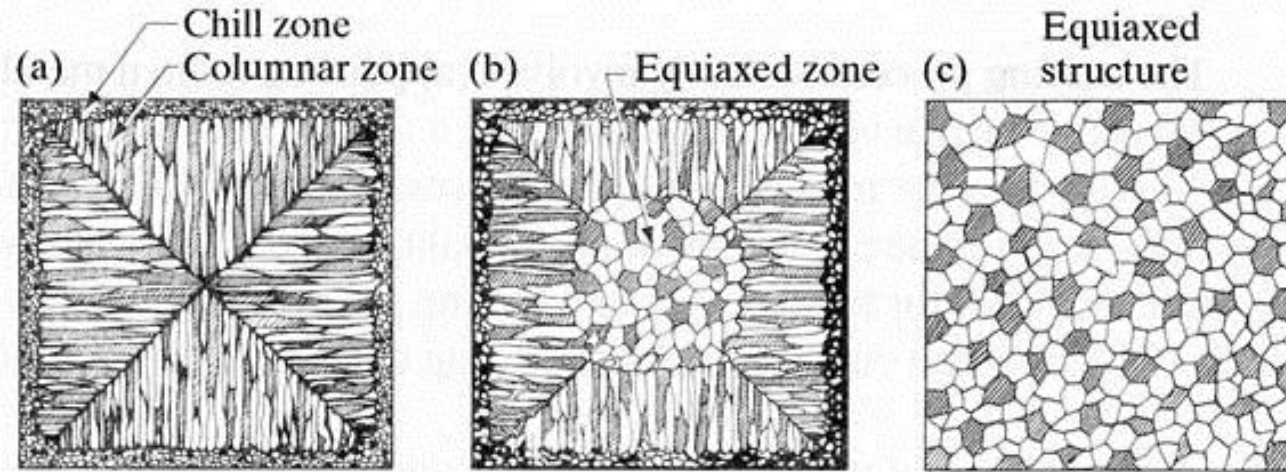
فرآیند انجماد و شکل گیری قطعه

- قطعه ریخته شده بصورت پوسته ای از لایه های خارجی به سمت داخل منجمد شده، و به تدریج شکل می گیرد.
- -آهنگ انجماد قطعه به جرم قطعه ، مساحت سطح مقطع و آهنگ انجماد فلز بستگی دارد.
- -با توجه به انقباض قطعه به هنگام انجماد، مذاب ریزی باید بیشتر از قطعه مورد نظر باشد.
- -این فلز اضافی در تغذیه قالب (Riser) ذخیره می شود تا در هنگام انقباض حجمی، کمبود ماده مذاب را تامین کند و انجماد کامل قطعه صورت پذیرد.
- -ضریب انقباض مدل باید این انقباض قطعه را جبران کند تا قطعه از اندازه مورد نظر کوچکتر نشود.
- -این انقباض باعث تنش در مقاطع مختلف قطعه می شود. زیرا مقاطع ضخیم تر دیرتر منجمد می شوند.
- -انجماد بیشتر فلزات با تشکیل بلورها همزمان است.
- -اندازه بلورها به زمان سرد شدن قطعه بستگی دارد.
- -ساختار بلورین مقاطع ضخیم تر، بدلیل انجماد طولانی، درشت تر از ساختار بلوری مقاطع نازک تر است و همین تفاوت ساختار بلورین مقاطع، باعث بروز خواص مکانیکی ضعیف در قطعه می شود. بنابراین قواعد طراحی قطعه باید رعایت شود.

(a) فلز خالص

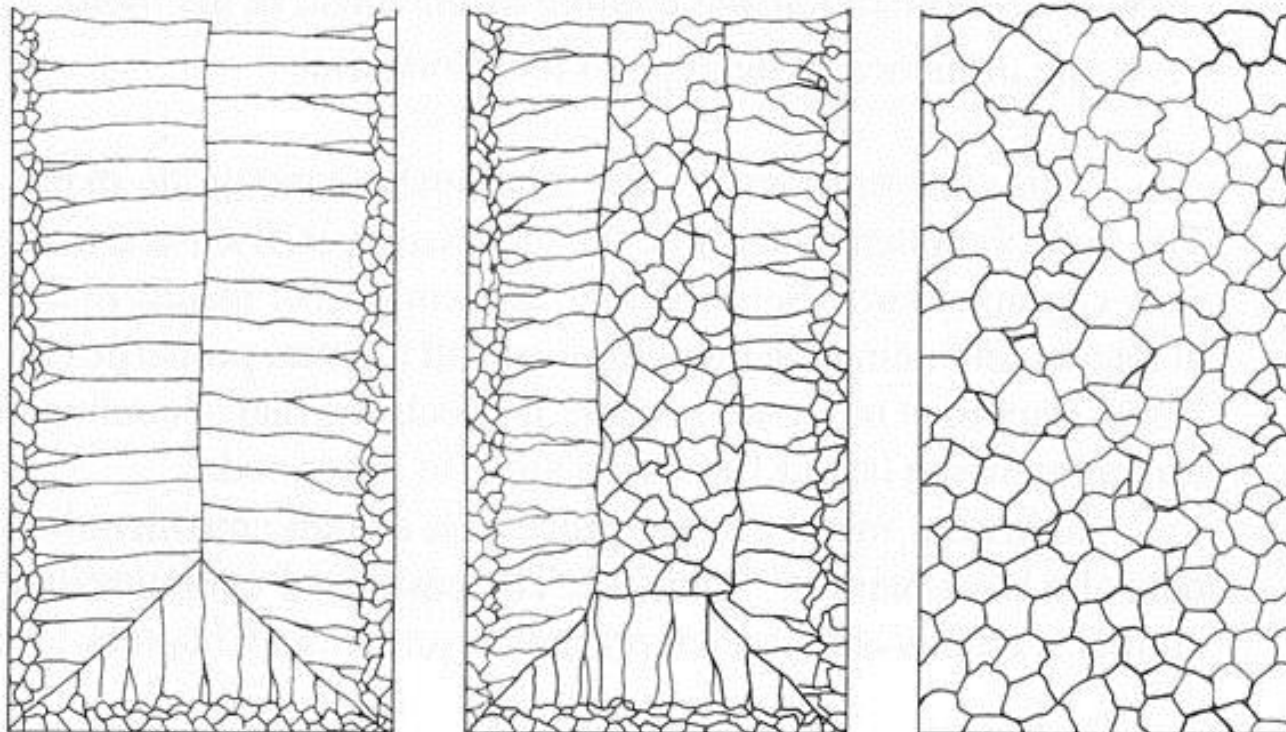
(b) فلز آلیاژی

(c) فلز همراه با عناصر هسته ای کننده



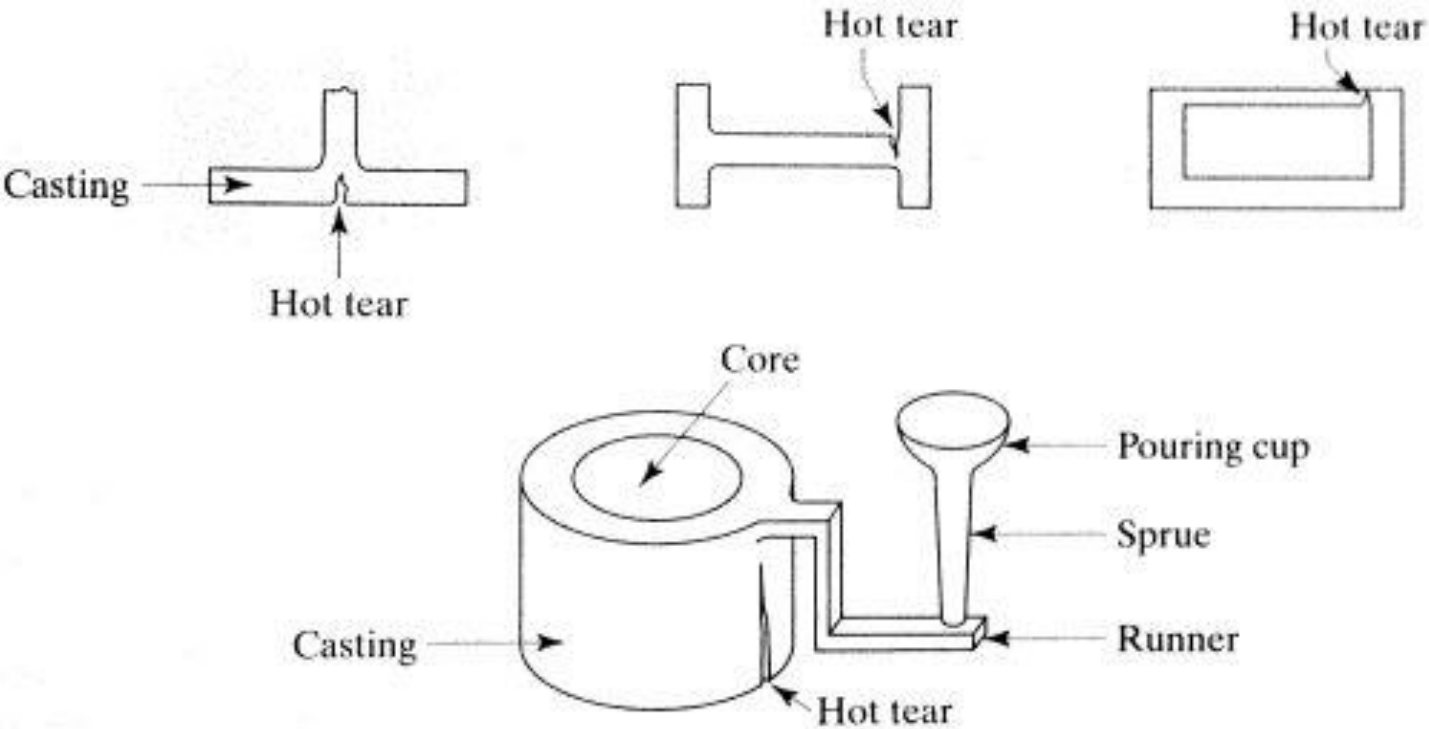
۱- هرچه سرعت سرد شدن بیشتر باشد دانه ها با ابعاد ریزتر متبلور می شوند.
۲- دانه های ریزتر دارای استحکام بالاتری هستند.

۳- ضعیف ترین منطقه قطعه محلی است که دانه های عمودی و افقی با هم تلاقی می کنند.

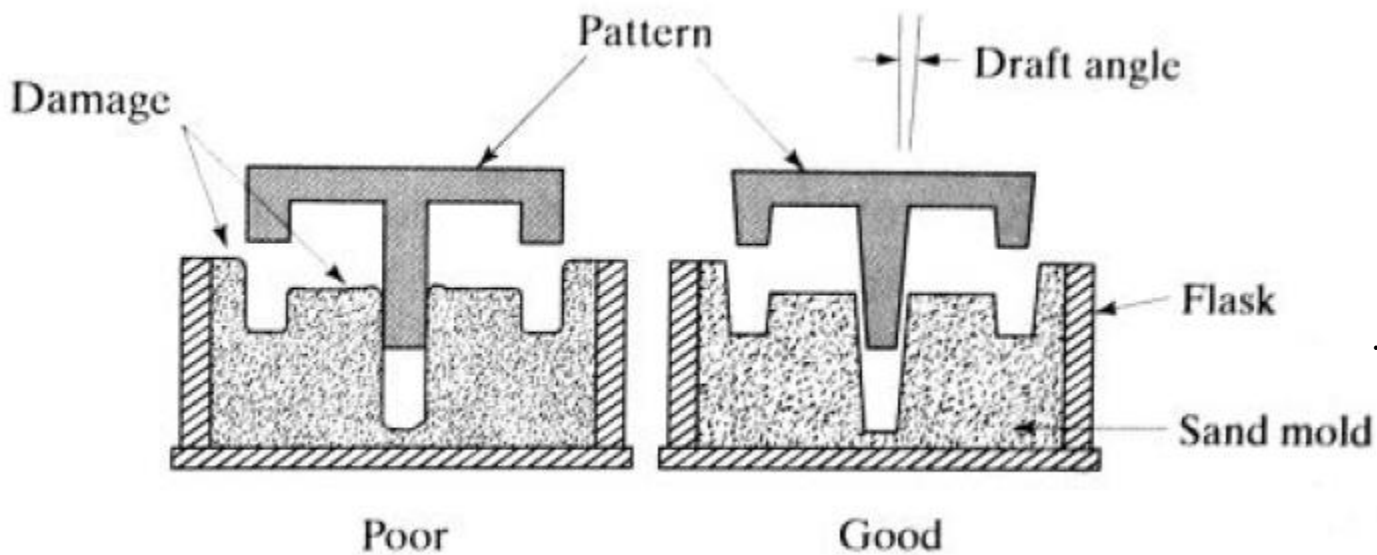


طراحی قطعات ریخته گری

- ۱- عدم استفاده از زوایای تیز با استفاده از شیب های تدریجی. گوشه های گرد برای ایجاد ساختار مولکولی و بلوری مناسب تر هستند. امکان پر نشدن گوشه های تیز وجود دارد.
 - ۲- در نظر گرفتن انقباض مذاب در طراحی ابعاد مدل.
 - ۳- ضخامت قطعه به سمت راهگاه و اسپرو زیاد می شود. مقاطع بزرگتر و ضخیم تر قطعه، نزدیک تر به رانر و اسپرو باشد. مقاطع بزرگتر یا ضخیم تر قطعه باید بصورت شیبدار و به تدریج به مقاطع کوچکتر تبدیل شود.
 - ۴- قطعاتی که دارای طول زیادی هستند و امکان دسترسی مذاب به مقاطع و نقاط انتهایی قطعه مشکل است باید به شکل شیبدار طراحی شوند.
 - ۵- سطح مقاطع مختلف قطعه حتی المقدور یکنواخت باشد تا روند مذاب ریزی هماهنگ باشد و همینطور طول قطعه نباید از حد مجاز تجاوز کند.
 - ۶- مقاطع مختلف قطعه نباید از حد مجاز بزرگتر باشد.
 - ۷- برای ایجاد قطعه ای با جرم یکنواخت در طول قطعه، یا عدم ایجاد جرم زیاد در یک مقطع خاص، باید حتی المقدور زائده های قطعه هم راستا نباشند.
 - ۸- بیش از سه اتصال در یک مقطع نداشته باشیم. زیرا باعث مشکلات انقباض ناهماهنگ و تخلخل در قطعه می شود.
 - ۹- حتی المقدور در اتصالات مقاطع از گرده استفاده شود. بدلیل ساختار بلوری مذاب در گوشه ها و اطمینان از پر شدن قالب.
 - ۱۰- در تمام زوایای داخلی مقاطع در کل قطعه باید از گرده استفاده کرد. اندازه گرده به عواملی همچون نوع فلز، ضخامت مقطع دیواره، شکل و اندازه قطعه کلی بستگی دارد.
 - ۱۱- شعاع گرده باید $1/2$ تا $1/3$ ضخامت مقاطع دیواره باشد.
 - ۱۲- گرده های بزرگ موجب ایجاد ضخامت های نامنظم و سرد شدن غیر یکنواخت و نهایتاً باعث کاهش استحکام قطعه ریختگی می شود.
 - ۱۳- باید (حتی المقدور) از منظور کردن برآمدگی ها روی قطعه جلوگیری شود چون این برآمدگی ها باعث عدم یکنواختی انجماد و ضخامت بیشتر از نیاز فلز در آن مقطع می شوند و در نتیجه آن ساختار بلورین درشت دانه و متفاوت از نقاط نزدیک به برآمدگی ایجاد می شود. در صورت حتمی بودن این برآمدگی، باید گرده ها طوری طراحی شوند که شیبدار و به تدریج صاف شوند.
- در صورت داشتن عملیات ماشین کاری بعد از ریخته گری، مقطعی که قرار است ماشین کاری شوند در نیمه پایینی قالب ریخته شوند.

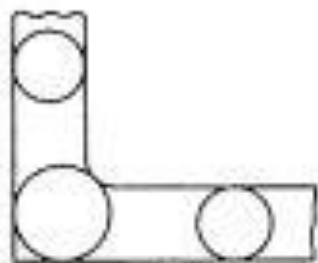


ترک گرم:



استفاده از سطح شیبدار ($1-5^\circ$)
برای راحتی در خروج قطعه از قالب.

(a)



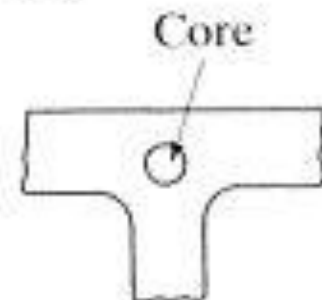
(c)



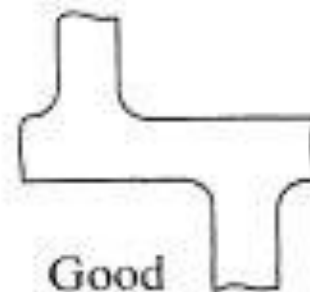
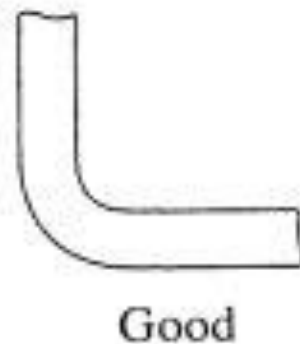
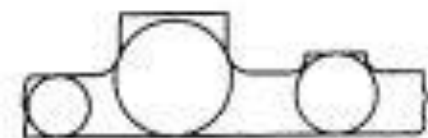
(d)



(e)



(b)



به علت کاهش درجه حرارت و کاهش حجم مواد مذاب در هنگام انجماد حفره هایی در وسط قطعه به وجود می آید. با طراحی صحیح قطعه می توان از ایجاد این حفره جلوگیری کرد.

ریخته گری در ماسه تر

- مخلوط ماسه : 68 تا 86 درصد ماسه + 10 تا 20 درصد خاک رس + 3 تا 6 درصد آب + 1 تا 6 درصد مواد افزودنی دیگر مثل پودر سیلیس و گرافیت و ...
- درصد فوق برای ریخته گری فلزات آهنی و غیر آهنی متفاوت است.
- جنس ماسه : سیلیس (ارزان، کم کیفیت) ، زیرکونیم (شکلگیری خوب، نسوز) ، کرومید (کیفیت خوب، نسوز).
- خصوصیات ماسه: نسوز، قابلیت عبور گازها، شکلگیری خوب، استحکام خوب، قابلیت مصرف دوباره.



ریخته گری در ماسه خشک

- ماسه: مخلوطی از ماسه و چسب پلیمری است.
- شبیه به قالبگیری ماسه تر می باشد فقط پس قالبگیری آنرا در کوره قرار داده و تا دمای 650°C پخت میدهند.
- اگر قالب بزرگ باشد با شعله آنرا پخت می دهند.
- نسبت به قالبهای ماسه تر محکمتر هستند.
- سطح و دقت قطعه ریخته گری شده بهتر از نوع ماسه تر است.
- احتمال اعوجاج قالب (به دلیل حرارت پخت) بیشتر است.
- زمان تولید بالاتر است.
- احتمال عیب پارگی گرم (Hot tearing) در قطعه بیشتر است.
- ماسه بدون عملیات شیمیایی قابل بازیافت نیست.



ریخته گری با ماسه CO₂

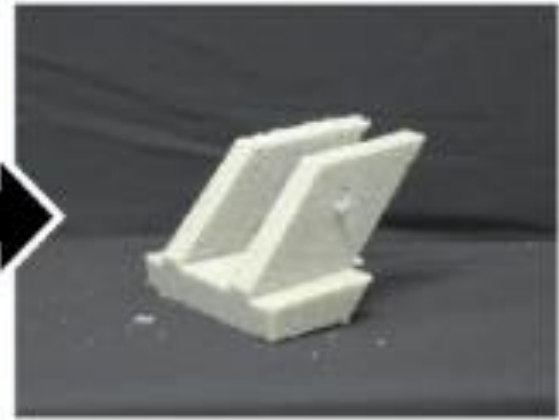
- به جای خاک رس، 1.5 تا 6 درصد سیلیکات سدیم (Na₂O, SiO₂) به ماسه اضافه می شود.
- قالبگیری مشابه ماسه تر می باشد.
- بعد از قالبگیری، گاز CO₂ را از داخل آن عبور می دهند. سیلیکات سدیم در مجاورت گاز CO₂ سخت شده و باعث استحکام قالب می شود.
- زمان لازم برای سفت شدن قالب در حدود چند دقیقه است.
- از این روش برای تولید ماهیچه قالبهای دیگر نیز استفاده می شود.
- اگرچه ماسه سفت شده قابل بازیافت است ولی به راحتی ماسه تر نیست.
- سرعت تولید بیشتر از ماسه تر است.



1



2



3

خصوصیات قطعات ریخته گری شده با ماسه

- جنس: اغلب فلزاتی که قابلیت ریخته گری داشته باشند. فلزات آهنی و غیر آهنی.
- وزن: بستگی به توانایی و یا محدودیتهای کارگاه ریخته گری دارد. از چند گرم تا چند تن.
- تolerانس: بستگی به ابعاد قطعه ریخته گری شده دارد و از رابطه زیر تبعیت می کند:

$$T = \pm \left(1.5 + \frac{6D}{1000} \right) \text{ mm, } D < 250\text{mm}$$

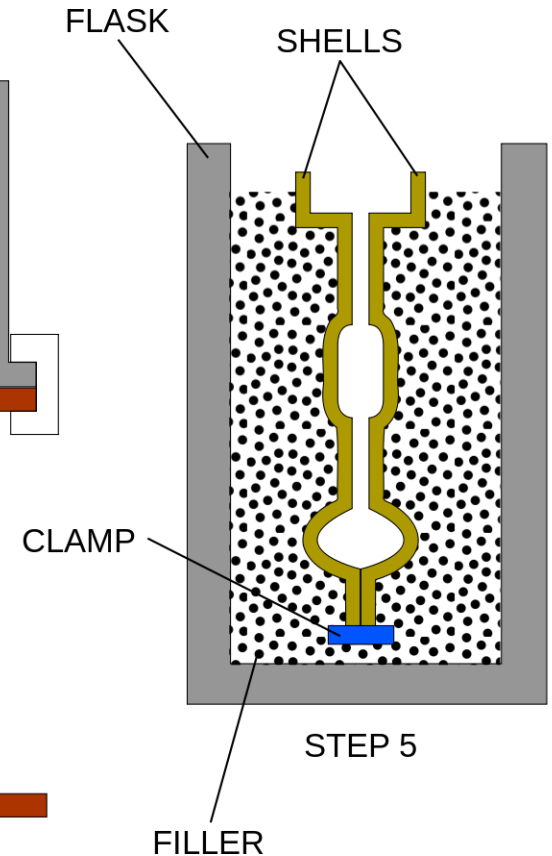
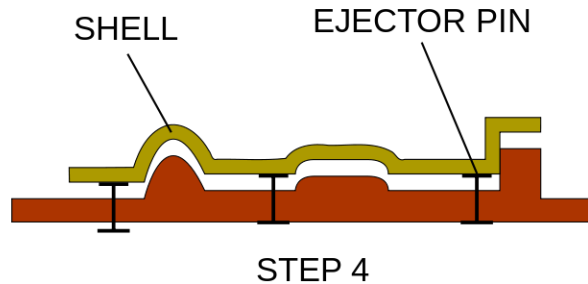
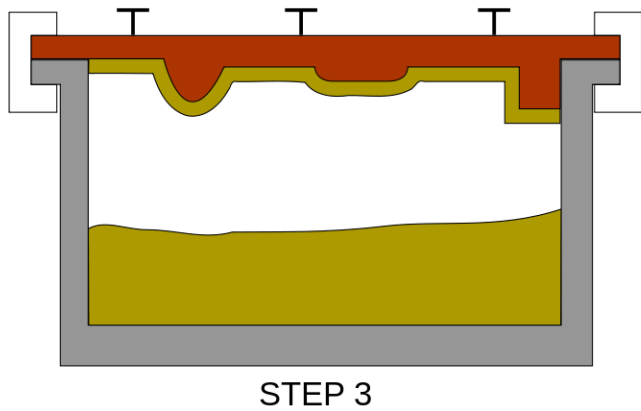
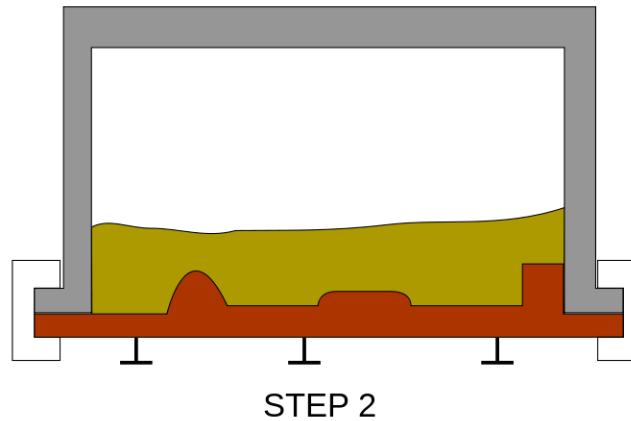
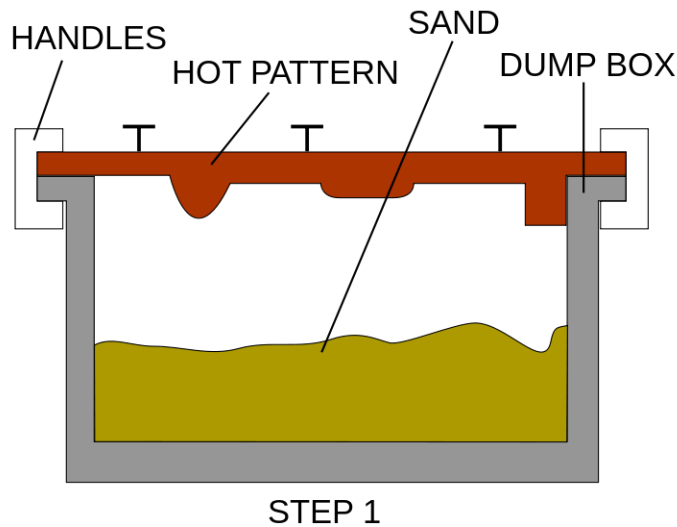
$$T = \pm \left(2.0 + \frac{6D}{1000} \right) \text{ mm, } 250 < D < 1000\text{mm}$$

$$T = \pm \left(2.5 + \frac{6D}{1000} \right) \text{ mm, } D > 1000\text{mm}$$

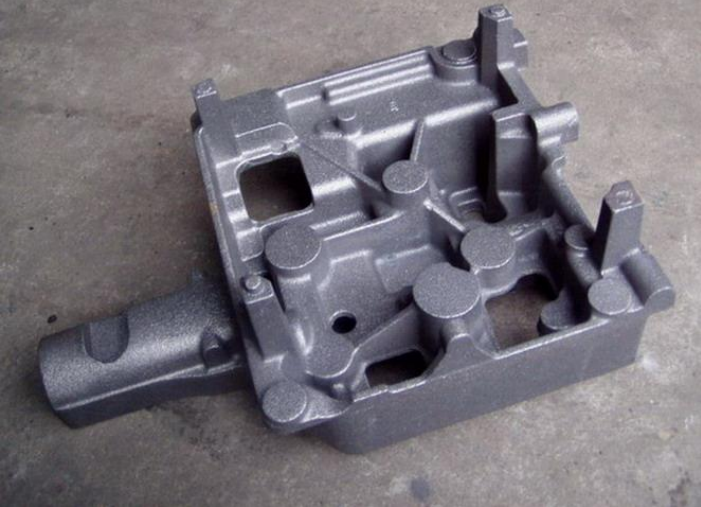
- صافی سطح : 50 Ra – 6
- زاویه سطوح : 5° - 1
- حداقل ضخامت: فلزات غیر آهنی 3 – 6.5mm و فلزات آهنی 6.5 – 9.5mm

ریخته گری در قالبهای پوسته ای

- (۱) مدل از جنس آهن یا آلومینیم است و تا دمای $175-370^{\circ}\text{C}$ حرارت داده می شود.
- (۲) سطح مدل داغ را به روشی در شکل نشان داده شده با سیلیکون + ترموست پوشش داده و برای تقویت استحکام پوسته ، آنرا در کوره پخت می دهند. ضخامت این پوسته 5-10mm است.
- (۳) پوسته ها را در قالب ماسه قرار داده و فضای خالی بین پوسته ها را مذاب ریزی می کنند.



قطعات با کیفیت و دقت بالا را می توان تولید کرد.
کاهش هزینه های تمیزکاری و ماشینکاری.
قطعاتی نظیر پوسته ها، سیلندر و سر سیلندر، شیرآلات، سه راهی های صنعتی.



خصوصیات قطعات ریخته گری شده با قالب پوسته ای

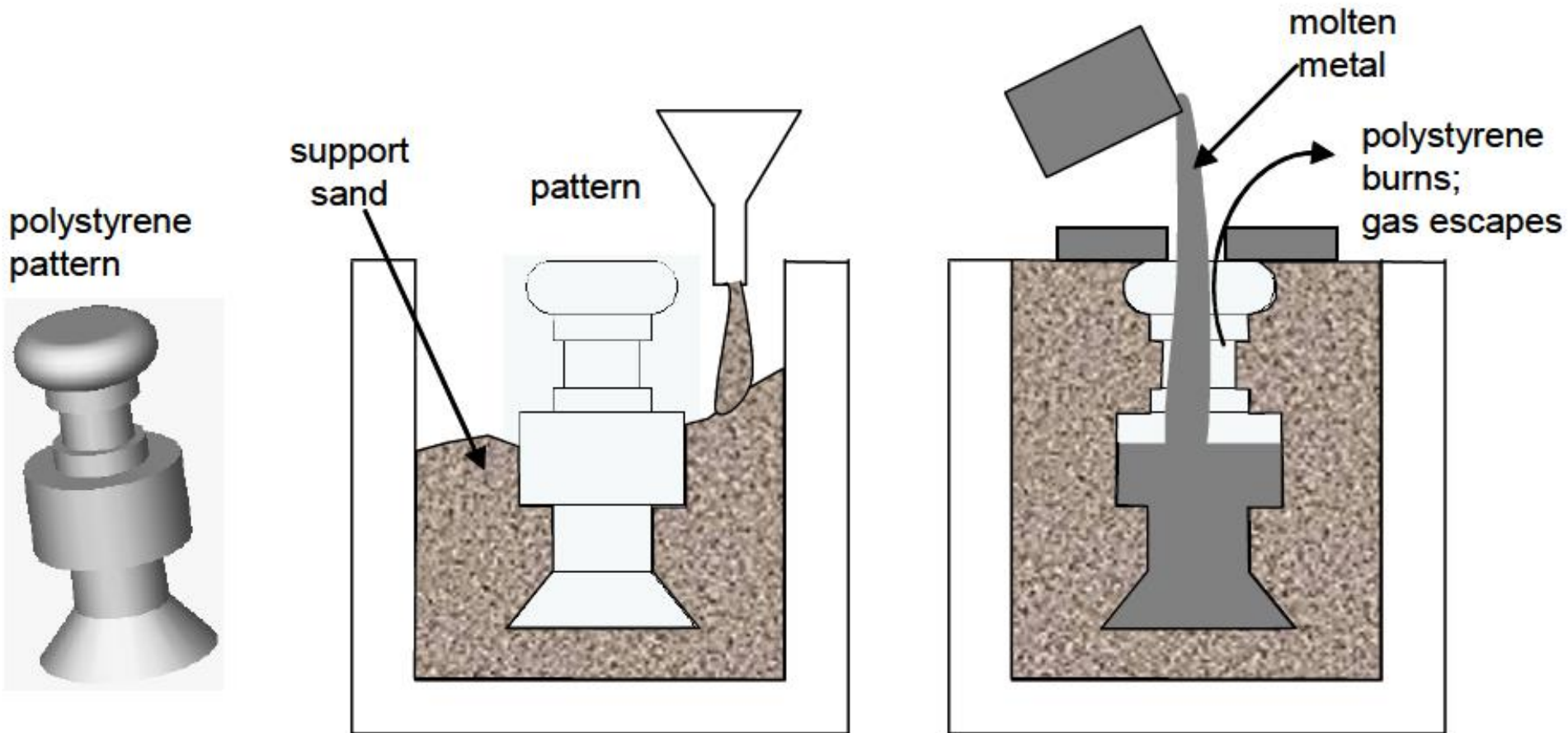
- جنس: انواع فلزات قابل ریخته گری.
- وزن: چند گرم تا چند ده کیلوگرم.
- قطعات با کیفیت و دقت بالا را می توان تولید کرد.
- تلرانس: بستگی به ابعاد قطعه دارد:

$$T = \pm \left(0.13 + \frac{6D}{1000} \right) \text{ mm}$$

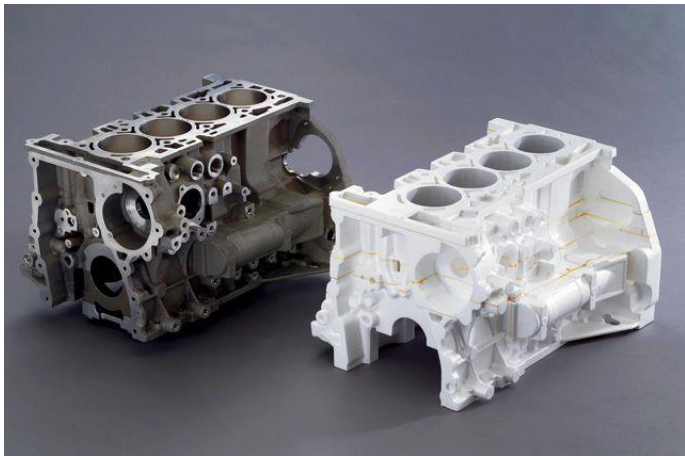
- کاهش هزینه های تمیزکاری و ماشینکاری.
- صافی سطح : $1 - 25Ra$

ریخته گری با مدل مصرفی فومی

- (۱) مدل از جنس فوم پلی استایرن است که 95% از حجم آنرا حبابهای هوا تشکیل داده است.
- (۲) مدل توسط فرآیند تزریق پلاستیک در قالبهای فلزی ساخته می شود.
- (۳) سپس مدل را در دوغاب خاک رس فرو برده تا لایه نازکی از گل رس بر روی آن تشکیل شود.
- (۴) مدل را در قالب ماسه ای قرار داده و اطراف آنرا با ماسه پر می کنند.
- (۵) در هنگام مذاب ریزی، حرارت مذاب باعث تبخیر مدل فومی شده و فضای اشغال شده توسط مدل فومی در قالب جای خود را به مذاب می دهد.



- این روش برای تولید قطعات با کیفیت سطح خوب مناسب است.
- این روش نسبتاً ارزان و بدون نیاز به سیستم راهگاه و تغذیه می باشد.
- این روش برای تولید پوسته ها، بلوک سیلندر، میل لنگ، مانیفولد، پره های توربین و پمپ است.



خصوصیات قطعات ریخته گری شده با مدل مصرفی

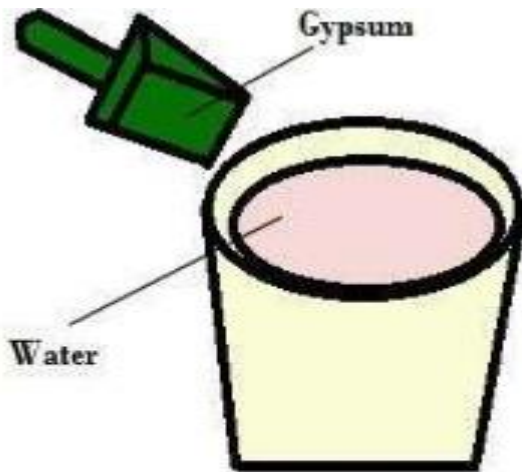
- جنس: تقریباً بیشتر فلزاتی که قابلیت ریخته گری دارند.
- وزن: از چند گرم تا چند ده کیلوگرم.
- تلرانس: بستگی به ابعاد قطعه دارد:

$$T = \pm \left(0.13 + \frac{6D}{1000} \right) \text{ mm}$$

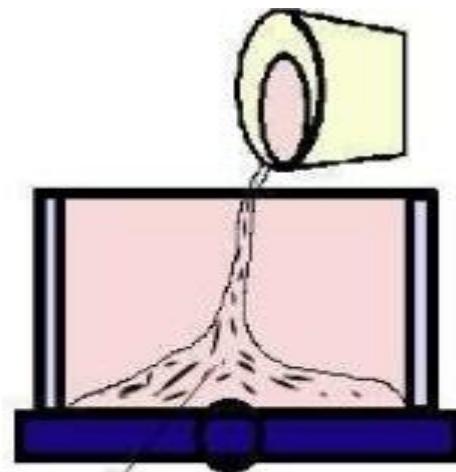
- صافی سطح: 4 - 8Ra
- این روش برای تولید قطعات با کیفیت سطح خوب مناسب است.
- این روش نسبتاً ارزان و بدون نیاز به سیستم راهگاه و تغذیه می باشد.

ریخته گری در قالبهای پلاستر و گچی

۱. جنس پلاستر از نوعی گچ + پودر سیلیس است که با آب مخلوط شده است. گاهی تا 30% پودر تالک نیز به آن اضافه میشود.
 ۲. سطح مدل فلزی را روغنی کرده و آنرا درون فلاسک قرار می دهند.
 ۳. پلاستر را درون فلاسک ریخته و به مدت نیم ساعت صبر کرده تا شکل مدل را به خود بگیرد.
 ۴. مدل را از درون قالب گچی خارج کرده و قالب گچی را تا حدود 200°C حرارت می دهند. قالب گچی برای مذاب ریزی آماده است.
- زمان ساخت قالب طولانی است.
 - برای فلزاتی که نقطه ذوب آنها کمتر از 1100°C مثل آلومینیم، برنج، مس و ... مناسب است.
 - به دلیل پایین بودن ضریب انتقال حرارت، زمان انجماد طولانی تر است.
 - به دلیل طولانی بودن زمان انجماد، جاهای ظریف و مقاطع نازک قطعه کاملاً شکل می گیرد.
 - قطعه با کیفیت سطح خوب ریخته گری می شود و هزینه عملیات تمیزکاری و پرداخت نهایی را کاهش می دهد.

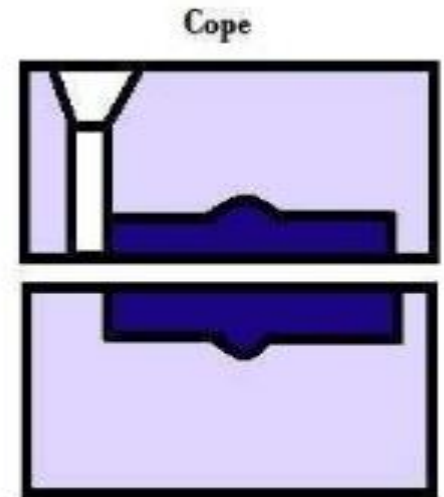


Making of Plater Slurry



Plaster Slurry

Ceramic Mould Making

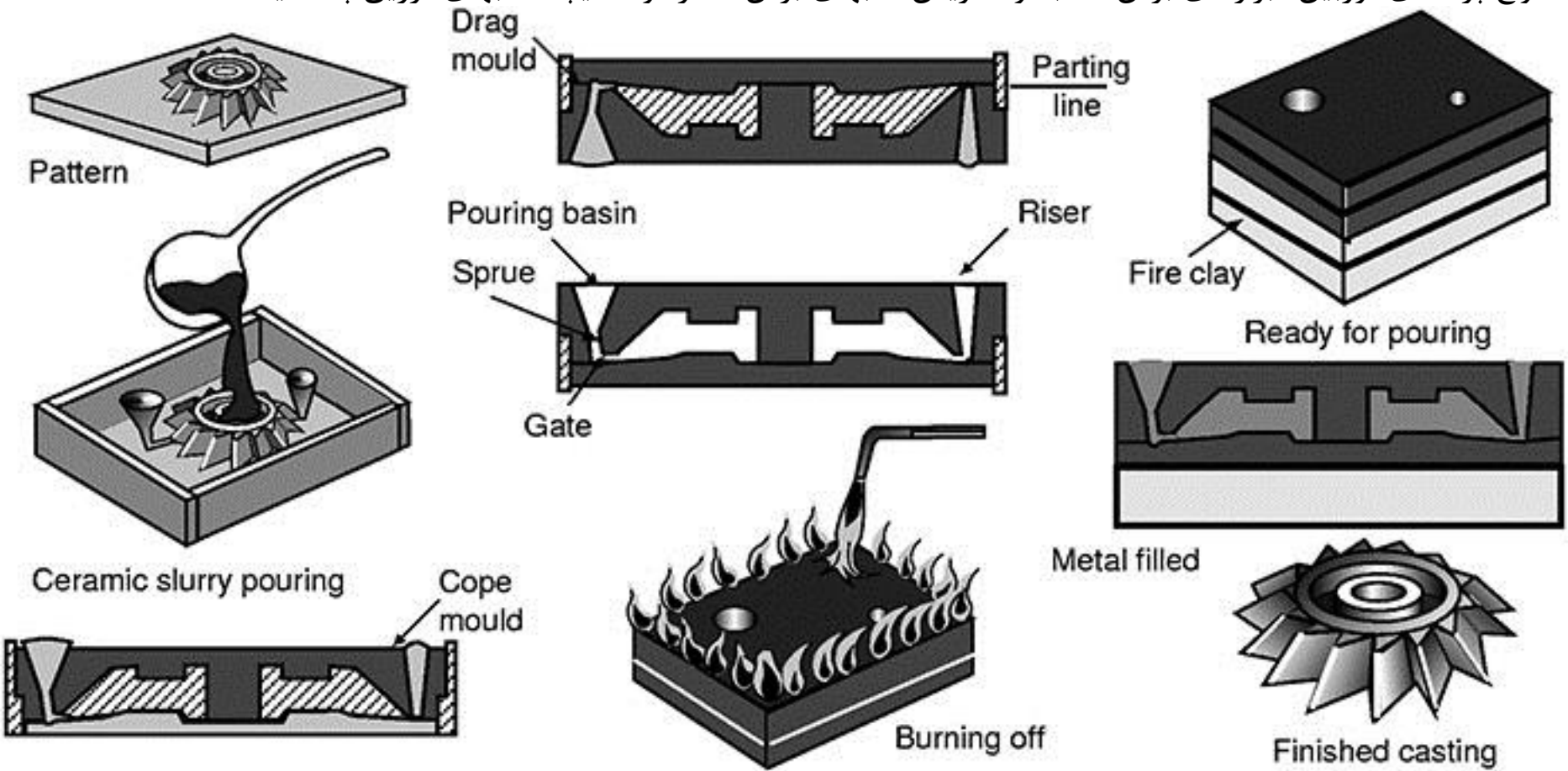


Drag

Final Part Production

ریخته گری در قالبهای سرامیکی

- مشابه قالبگیری گچی و یا پلاستر است با این تفاوت که مواد قالبگیری مخلوطی از پودر مواد سرامیکی (زیرکون $ZrSiO_4$) + اکسید آلومینیم + نوعی رزین + آب است.
- پس از قالبگیری مدل را خارج کرده و قالب آنرا حرارت می دهند تا سخت شود. مواظبت از قالب لازم است چون شکننده است.
- مقاومت این قالبها بالاست و برای ریخته گری فولادهای زنگ نزن و آلیاژی (نقطه ذوب بالا) مناسب است.
- قطعه ریخته گری شده دارای کیفیت سطح خوب و دقت بالا است.
- قطعات با اشکال پیچیده را می توان تولید کرد ولی هزینه تولید بالاست.
- انواع پره های توربین، ابزارهای برش، سنبه و ماتریس قالبهای برش، حفره و ماهیچه قالبهای تزریق پلاستیک.



خصوصیات قطعات ریخته گری شده با قالب گچی و سرامیکی

- جنس: قالب گچی برای فلزاتی که نقطه ذوب آنها کمتر از 1100°C مثل آلومینیم، برنج، مس و ... مناسب است. قالب سرامیک برای فلزات آهنی و غیر آهنی هم کاربرد دارد.
- وزن: قطعات با وزن چند گرم تا چند صد کیلوگرم.
- تلرانس: بستگی به ابعاد قطعه دارد:

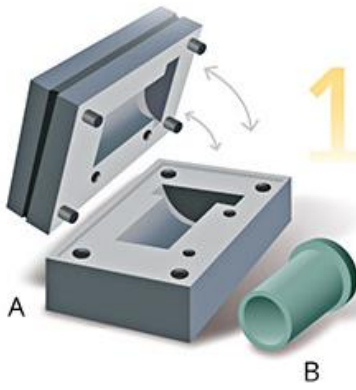
$$T = \pm \left(0.13 + \frac{6D}{1000} \right) \text{ mm}$$

- صافی سطح: $2 - 6 \text{ Ra}$

ریخته گری دقیق Investment Casting

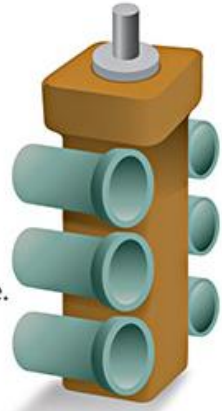
- ابتدا الگوی قطعه ساخته می شود. الگو از موم یا پلاستیک (نظیر پلی استایرن) با روشهای مدلسازی (یا مدلسازی سریع) ساخته میشود.
- برای بالا بردن تیراژ، تعدادی از مدلها را بر روی یک پایه سوار می کنند (درخت مدل).
- درخت مدل را در دوغاب سرامیک فرو برده تا لایه سرامیکی بر روی آن قرار گیرد. سپس آنرا در ماسه نرم فرو می برند تا لایه ای از ماسه نرم به روی لایه اکسید ایجاد شود. ممکن است چندین بار عملیات لعاب سرامیک و ماسه نرم انجام شود.
- درخت مدل را در کوره قرار داده تا لایه یا لایه های سرامیک پخت شود. در هنگام پخت سرامیک به دلیل حرارت بالا، مدل مومی و یا پلاستیکی ذوب شده و از درخت مدل خارج می شود.
- مذاب فلز را در حفره های قالب ریخته و زمان کافی برای انجماد داده می شود.
- پس از انجماد، پوسته سرامیکی با ضربه و یا به صورت ارتعاشی شکسته می شود.
- قطعات با اره از پایه جدا شده و پس از عملیات پرداخت کمی، آماده استفاده می شود.



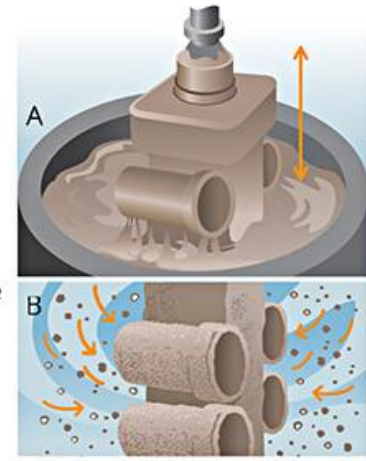


1 Tooling and Pattern Making
A tool is built to customer-provided specifications (A). Cold wax is then injected into the tool to create a wax pattern/prototype (B) that will hold precise dimensional requirements in the final casting.

2 Pattern Assembly
The wax patterns are assembled onto the sprue.



3 Dipping and Coating
Successive layers of ceramic (A) and stucco (B) are applied to the sprue assembly to form a hard shell.



4 De-Waxing and Firing
The molds are flash-fired to remove the wax and sprue materials and then heated to 1,800° and placed on a sand bed, ready for pouring.

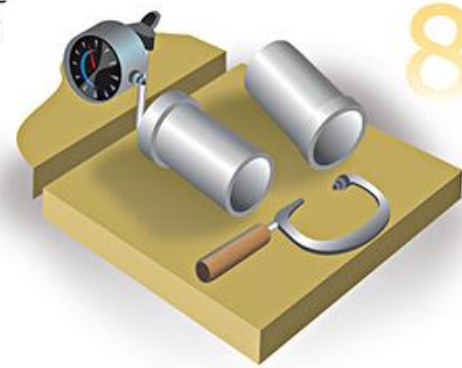
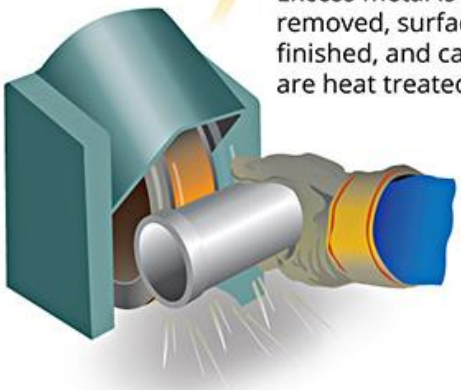


5 Casting
Molten metal, up to 3,000°, is poured into the hollow mold and then cooled.



6 Knockout
The ceramic shell is broken off, and the individual castings are cut away.

7 Finishing
Excess metal is removed, surfaces are finished, and castings are heat treated.



8 Testing and Inspection
Castings undergo thorough testing and inspection to ensure that they meet dimensional tolerances and specifications.



9 Packing and Shipping
Castings are securely packaged for shipping to the customer.

خصوصیات قطعات ریخته گری شده با قالب دقیق

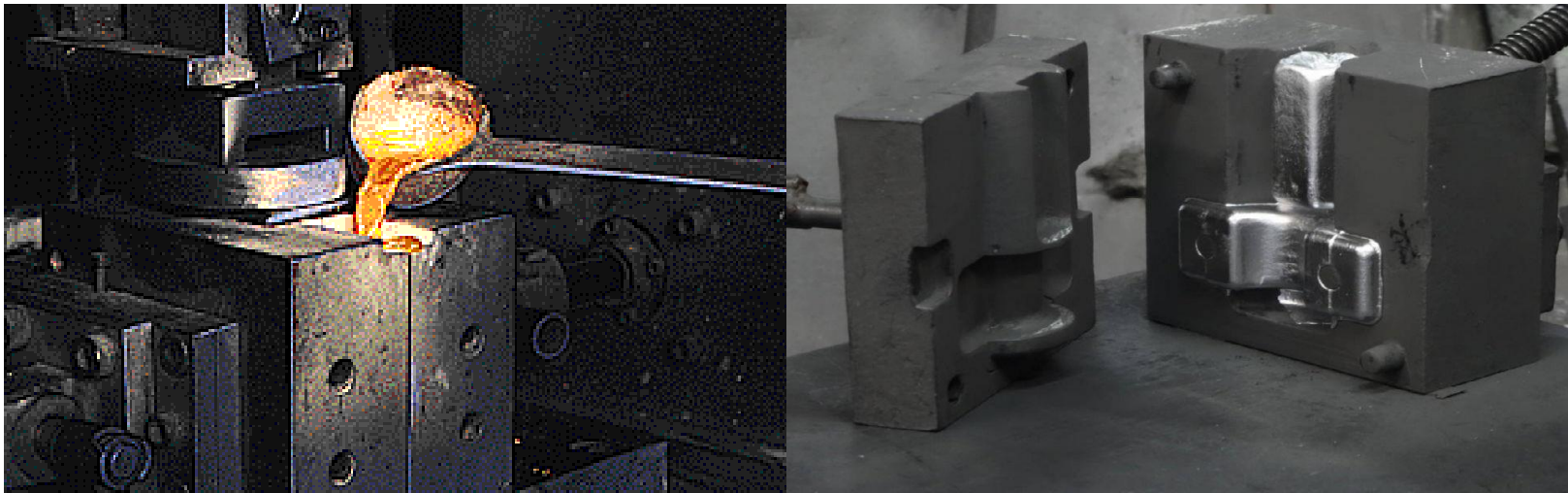
- جنس: انواع فلزاتی که قابلیت ریخته گری شدن داشته باشند
- وزن: از چند گرم تا چند ده کیلوگرم.
- قطعات با دقت بالا و کیفیت خوب را می توان تولید نمود.
- نوشته ها و علائم روی قطعه را با جزئیات دقیق می توان ریخته گری کرد.
- تolerانس: بستگی به ابعاد قطعه دارد:

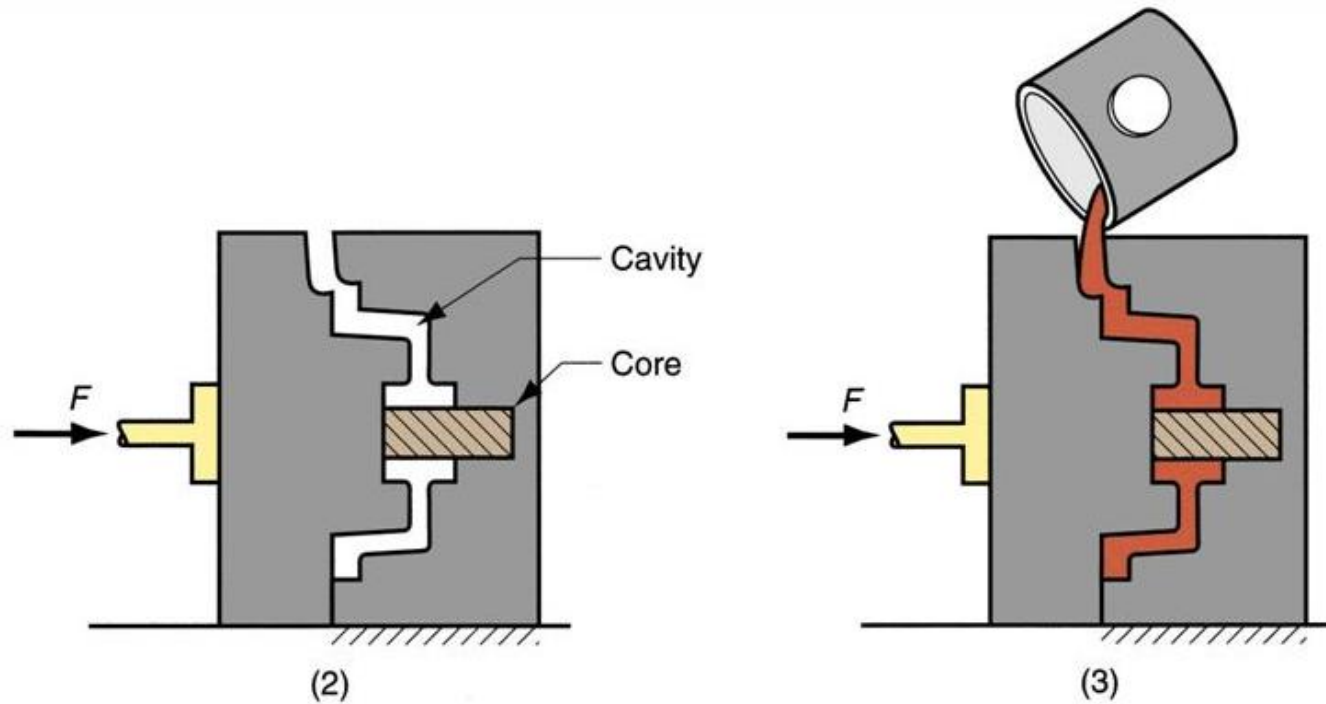
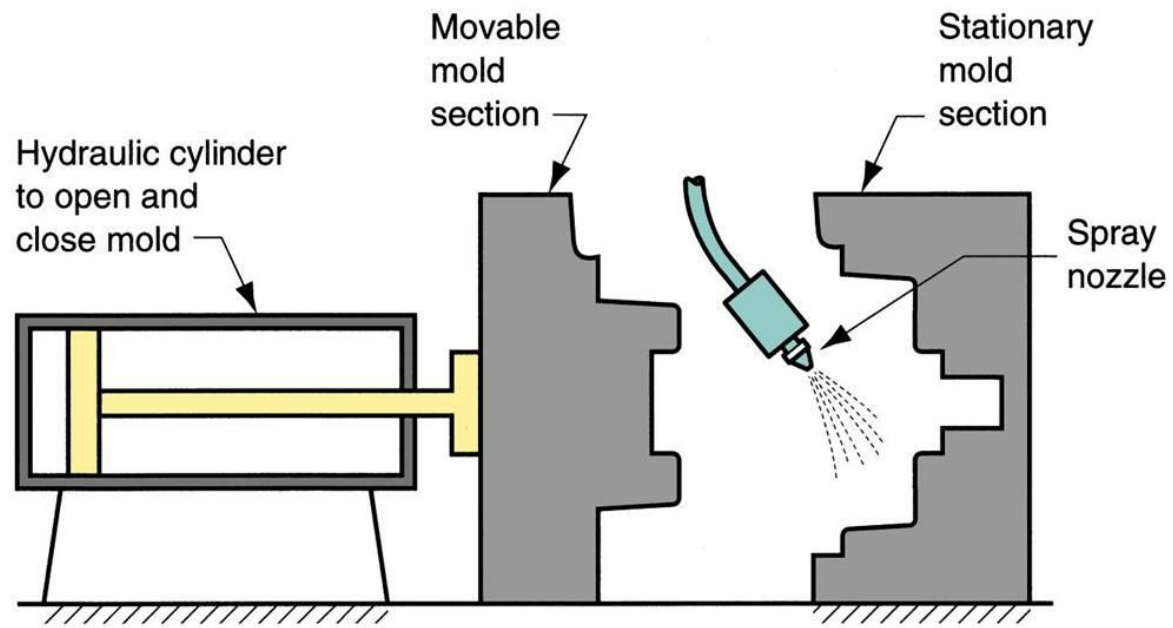
$$T = \pm \left(0.13 + \frac{6D}{1000} \right) \text{ mm}$$

- صافی سطح: 1.6 – 3.2 Ra
- نیاز به شیبدار کردن سطوح قطعه برای خروج از قالب ندارد.
- حداقل ضخامت: برای سطوح کوچک: 0.8mm و برای سطوح بزرگ: 1.5mm

ریخته گری با قالبهای دائمی Permanent Mold Casting

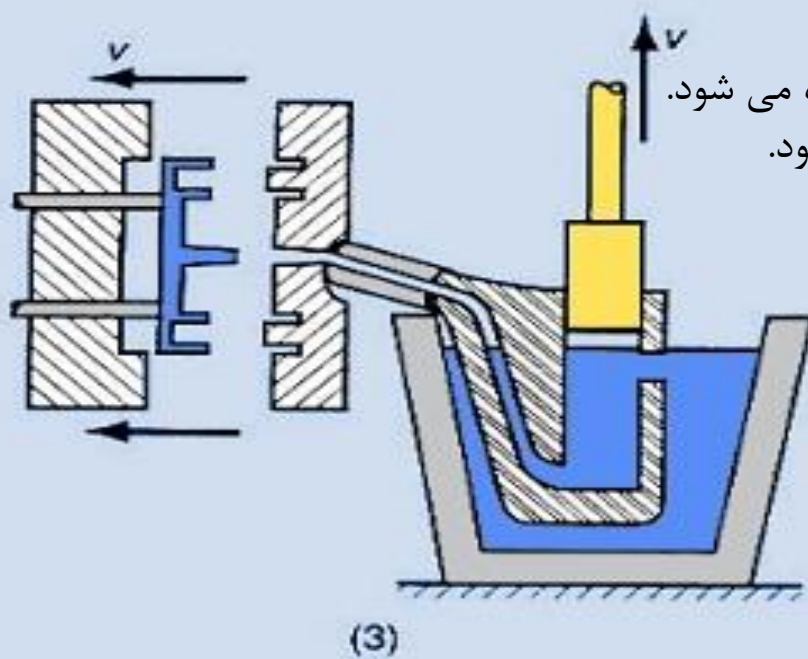
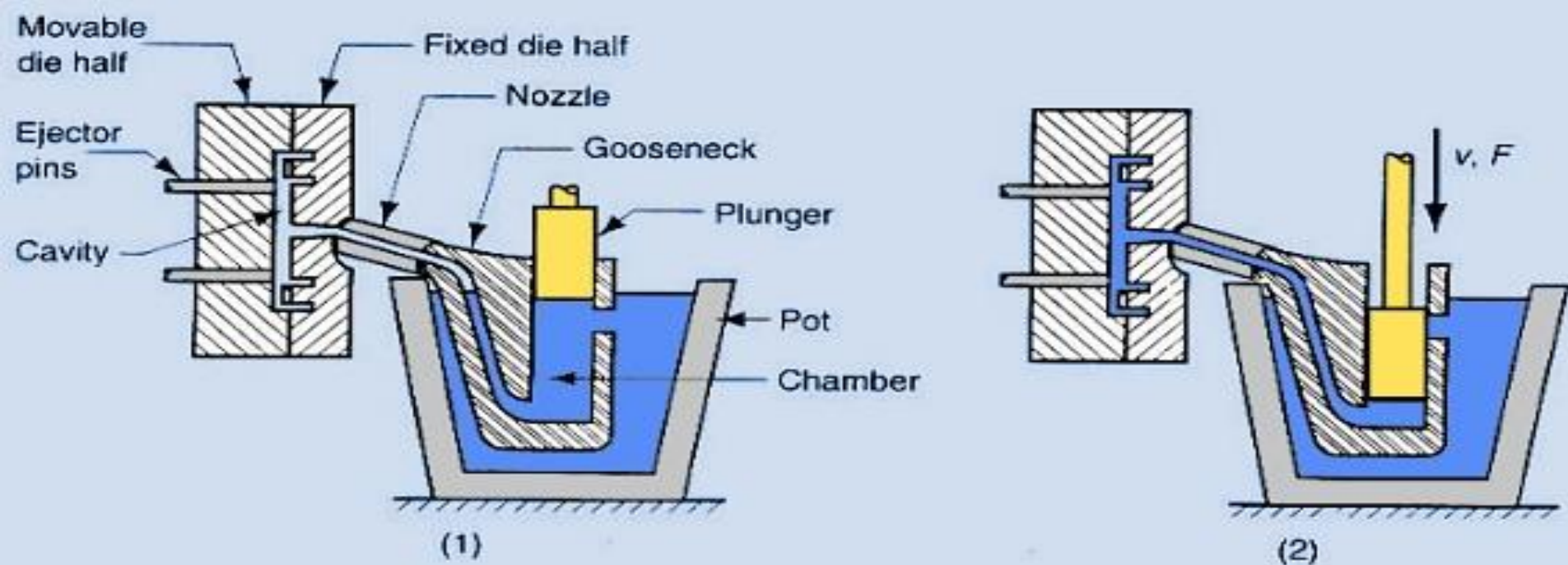
- قالبهای دائمی به صورت مکرر مورد استفاده قرار میگیرند.
- این قالبها به گونهای طراحی میشوند که قطعه ریخته گری شده را بتوان به آسانی از داخل آن برداشت و دوباره بتوان از قالب برای ریخته گری قطعه بعدی استفاده نمود.
- برای ساخت این قالبها از فلزاتی که در دماهای بالا استحکام دارند استفاده میشود. در قالبهای دائمی دو نیمه قالب از موادی نظیر فولاد، برنز و گرافیت ساخته میشوند.
- از آنجاییکه قالبهای فلزی دارای هدایت حرارتی بهتری نسبت به قالبهای غیردائمی میباشند، انجماد قطعه سریع انجام میشود که این موضوع بر روی میکروساختار و اندازه دانه ریختگی تاثیر میگذارد.
- حفرههای قالب و سیستم راهگاهی در داخل قالب ماشینکاری میشوند.
- معمولاً از چدن خاکستری، فولاد کم کربن و فولاد گرمکار به عنوان ماهیچه استفاده میشود. استفاده از چدن خاکستری به عنوان ماده خام ماهیچه معمولتر است.
- برای افزایش عمر قالبهای دائمی، سطوح حفرههای قالب توسط دوغابی از مواد مقاوم پوشانده میشود.
- قبل از ریخته گری سطوح راهگاه و حفره قالب را با اسپری سیلیکا و یا گرافیت روانکاری می کنند.
- با این فرایند میتوان قطعاتی یکنواخت با کیفیت سطح خوب، تolerانسهای کم و خواص مکانیکی خوب در تیراژ بالا تولید نمود.
- قطعات معروف تولید شده با این روش پیستونهای موتورهای احتراق داخلی، سرسیلندر و وسایل آشپزخانه میباشد.



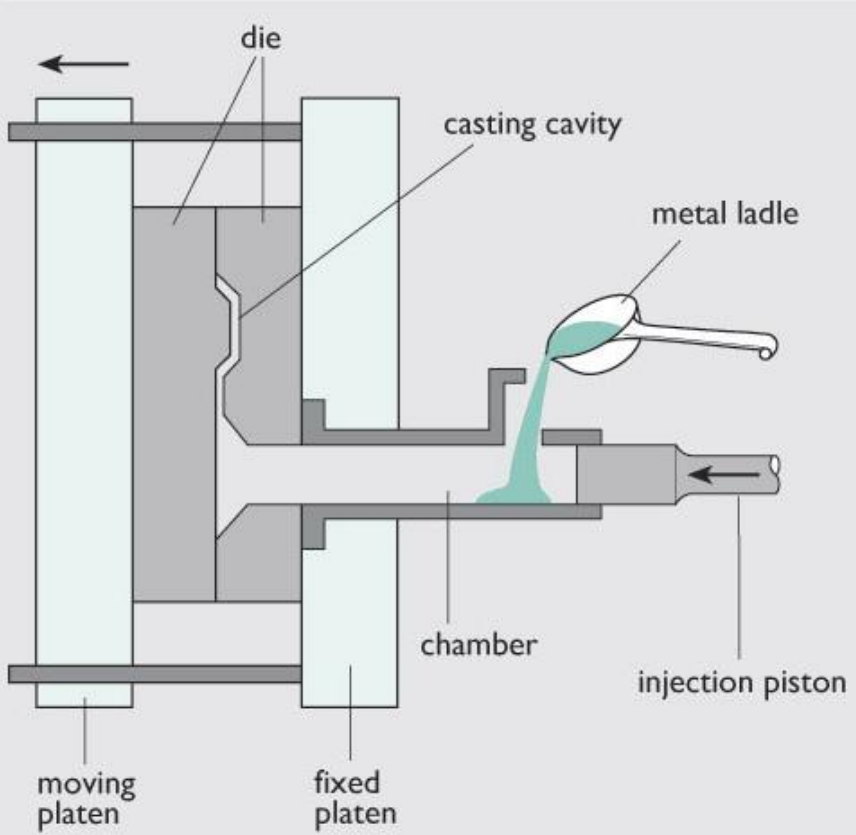


قالبگیری تحت فشار – Die Cast

- در این روش، حجم معینی از مواد مذاب توسط یک سیلندر و پیستون به درون قالب تزریق می شود.
- قالب از جنس فولاد ساخته می شود و بر روی ماشین دایکست نصب می شود.
- ماشین دایکست دارای سه بخش اصلی مذاب سازی، تزریق و گیره بندی است.
- ابتدا سیستم گیره بندی ماشین دایکست قالب را می بندد. سپس مواد مذاب توسط پیستون با فشار به درون قالب تزریق می شود. پس مدت زمان معینی که انجماد کامل شد سیستم گیره بندی قالب را باز کرد و قطعه تولید شده از درون قالب پران می شود.
- قطعات تولید شده معمولاً از جنس آلومینیم هستند و یا آلیاژهایی که دمای ذوب آنها در همین حدود باشد.
- تیراژ تولید باید بالا باشد تا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد.
- قالب می تواند چند حفره ای باشد تا در هر ضرب بیش از یک قطعه تولید شود و تیراژ تولید افزایش یابد.
- وزن قطعات از چند گرم تا 25 کیلوگرم قابل تولید است.
- کیفیت سطح قطعات تولید شده نسبتاً خوب است.
- قطعات با ضخامتهای کم را می توان تولید نمود.
- تolerانس قطعات تولید شده نسبتاً بسته و دقت بالاست.
- دو نوع ماشین دایکست وجود دارد: ماشین دایکست با محفظه سرد و ماشین دایکست با محفظه گرم.

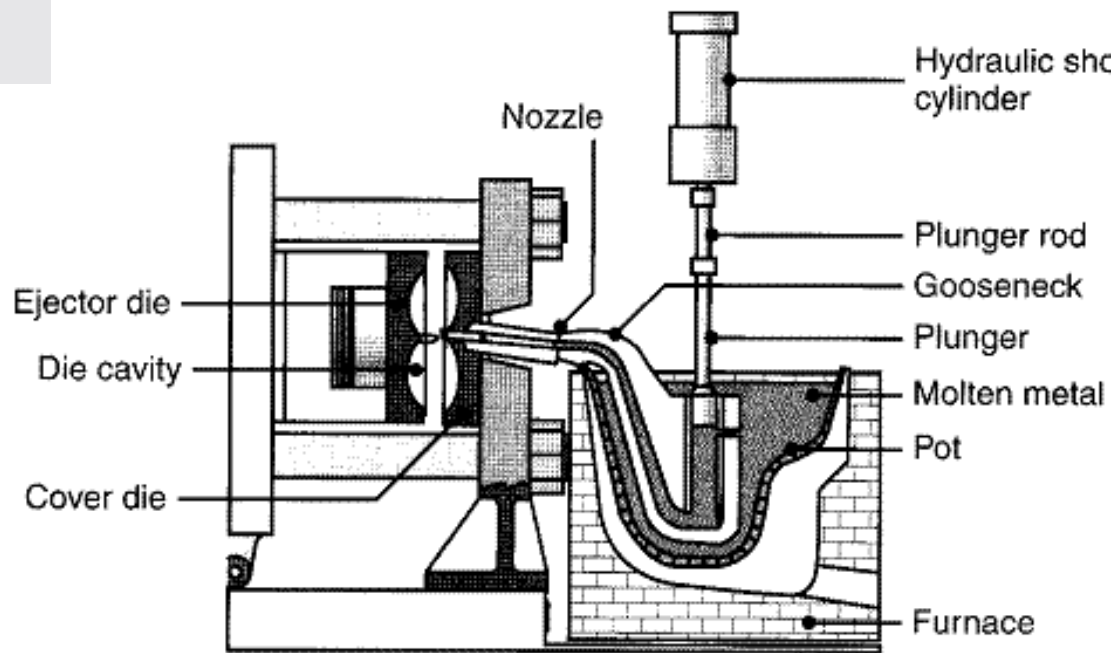


- (۱) قالب بسته می شود.
- (۲) تزریق انجام می شود. زمان کافی برای انجماد داده می شود.
- (۳) قالب باز می شود و قطعه منجمد شده پُران می شود.
- (۴) قطعه با کیفیت تولید شده است.



سیستم دایکست با محفظه سرد.

مواد مذاب به صورت دستی داخل سلندر ریخته شده و پیستون مواد مذاب را با فشار به درون قالب بسته تزریق می کند.



سیستم دایکست با محفظه گرم.

قسمت مذاب ساز، مذاب را آماده کرده سپس پیستون مواد مذاب را با فشار به درون قالب بسته تزریق می کند.

خصوصیات قطعات ریخته گری شده با دایکست

- جنس: آلومینیم، روی، منیزیم و برنج
- اندازه قطعات: قطعات با سطوح کمتر از 300 mm^2
- وزن: قطعات از چند گرم تا 25 kg
- تolerانس قطعات بسته به جنس تغییر می کند به ازای هر میلیمتر:

Al & Mg : $\pm 0.05 \text{ mm}$

Zinc: $\pm 0.04 \text{ mm}$

Brass: $\pm 0.025 \text{ mm}$

- صافی سطح: $0.8 - 1.6 \text{ Ra}$
- حداقل ضخامت قطعات: بستگی به جنس دارد:

Al & Mg: $0.8 - 1.5 \text{ mm}$

Zinc: $0.8 - 1.15 \text{ mm}$

Brass: $0.6 - 1 \text{ mm}$

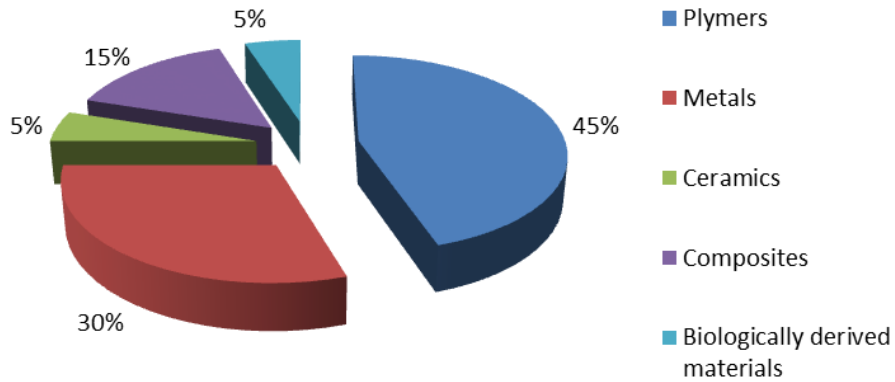
قالبگیری پلیمرها

- مقدمه
- مواد پلیمر
- فرآیند تزریق پلاستیک
- فرآیند قالبگیری بادی
- فرآیند قالبگیری حرارتی با وکیوم

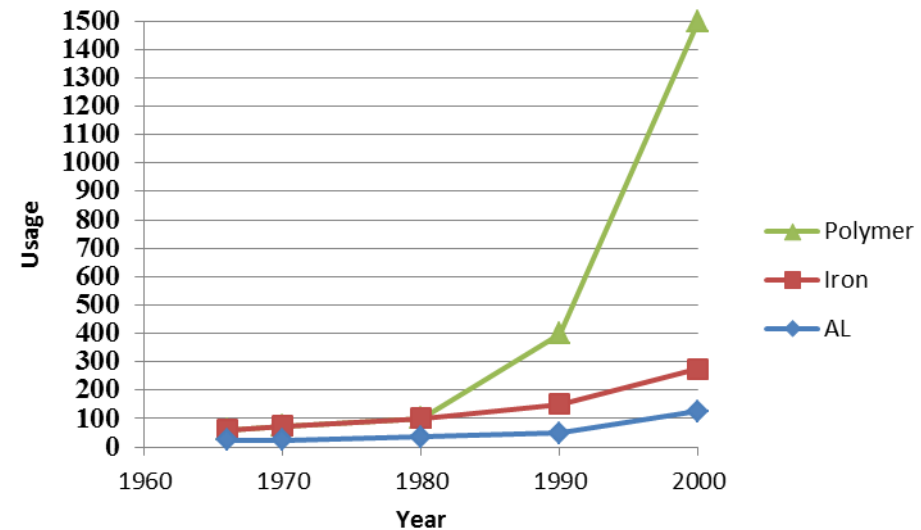
مقدمه ای بر پلاستیکها

عصر پلاستیکها

Material Usage



• میزان مصرف جهانی پلیمرها

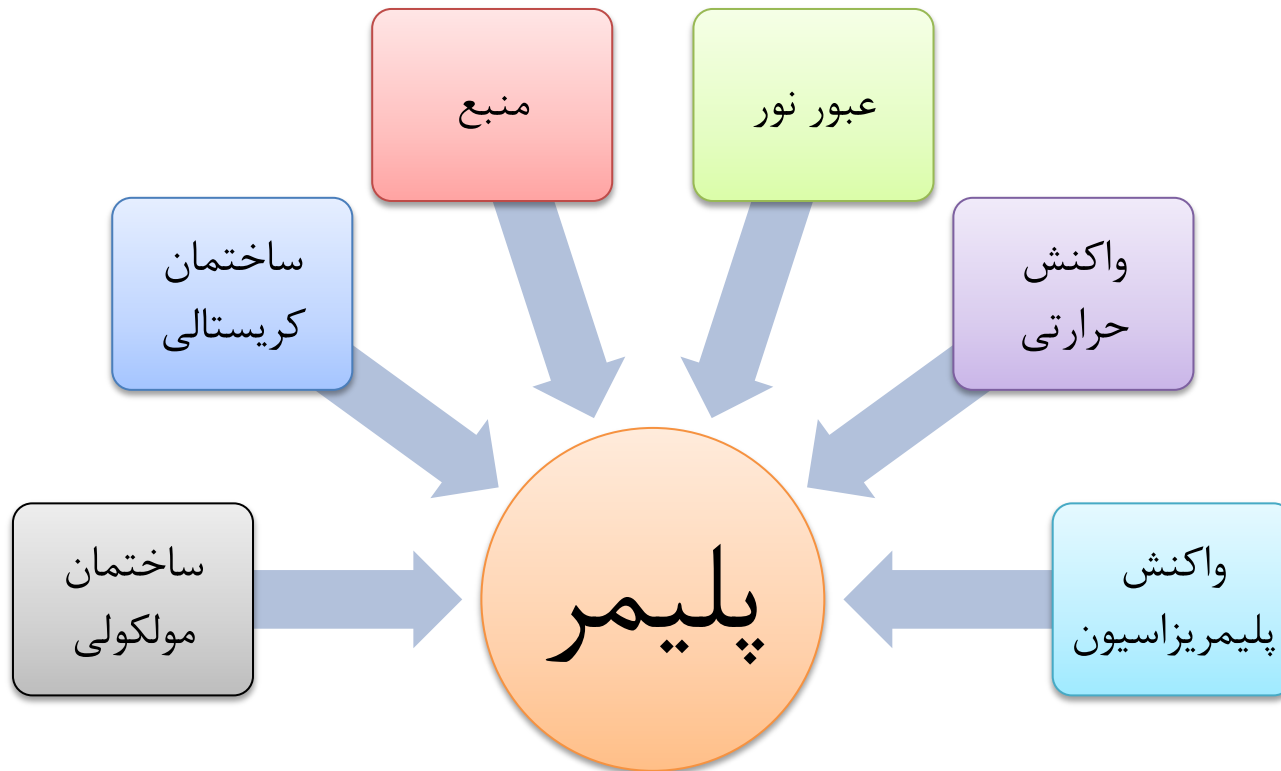


مواد پلیمری – تاریخچه و کاربرد

تاریخ	مواد	کاربرد
۱۸۶۸	نیترات سلولز	قاب عینک
۱۹۰۹	فنل فرمالدئید	دستگاه تلفن
۱۹۰۹	قالب گیری سرد	کلیدها و دستگیره‌ها
۱۹۱۹	کازئین	سوزنهای بافندگی
۱۹۲۶	آلکید	بدنه قطعات الکتریکی
۱۹۲۶	آنالین فرمالدئید	ترمینالهای الکتریکی
۱۹۲۷	سلولز استات	مسواک – بسته بندی
۱۹۲۷	پلی وینیل کراید	البسه ضد آب
۱۹۲۹	اوره- فرمالدئید	سرپیچ لامپ
۱۹۳۵	اتیل سلولز	بدنه چراغ قوه
۱۹۳۶	اکریلیک	برس چرم
۱۹۳۶	پلی وینیل استات	پوسته فلاش عکاسی
۱۹۳۸	سلولز استات بوتیریت	لوله آبیاری
۱۹۳۸	پلی استایرن یا استایرن	ظروف آشپزخانه
۱۹۳۸	نایلون یا پلی آمید	پوشاک
۱۹۳۸	پلی وینیل استال	لایه میانی شیشه‌های ایمنی
۱۹۳۹	پلی وینیل کلراید	تودوزی اتومبیل
۱۹۳۹	ملامین فرم آلدئید	ظروف دستی
۱۹۴۲	پلی استر	بدنه قایق
۱۹۴۲	پلی اتیلن	بطریهای قابل فشرده شدن
۱۹۴۳	فلوئوروکربن	واشرهای صنعتی
۱۹۴۳	سیلیکون	عایق موتور
۱۹۴۵	سلولز پروپیونات	خودکار
۱۹۴۷	اپوکسی	ابزارآلات
۱۹۴۸	اکریلونیتریل- بوتادین- استایرن	چمدان
۱۹۴۹	آلیلیک	اتصالات الکتریکی
۱۹۵۴	پلی اورتان یا اورتان	بالش اسفنجی

۱۹۵۶	استال	قطعات خودرو
۱۹۵۷	پلی پروپیلن	کلاههای ایمنی
۱۹۵۷	پلی کربنات	اجزاء لوازم
۱۹۵۹	پلی اتر کلردار	شیرها و اتصالات
۱۹۶۲	فنوکسی	بطریها
۱۹۶۲	پلی آلومر	بدنه ماشین تحریر
۱۹۶۴	آیونومر	بسته بندی پوششی
۱۹۶۴	پلی فنیل اکساید	بدنه باتری
۱۹۶۴	پلی آمید	باتاقانها
۱۹۶۴	اتیلن- وینیل استات	ورقهای ضخیم قابل ارتجاع
۱۹۶۵	پارلین	قطعات الکتریکی و الکترونیک
۱۹۶۵	پلی متیل پنتن	کیسه مواد غذایی
۱۹۷۰	پلی آمید	فیلمها
۱۹۷۰	پلی استر گرمانرم	قطعات الکتریکی و الکترونیک
۱۹۷۲	پلی آمید گرمانرم	چمن مصنوعی
۱۹۷۲	پرفلوئوروآلکوکسی	پوششها
۱۹۷۲	پلی آریل اتر	کلاههای تفریحی
۱۹۷۳	پلی اتر سولفون	درب فر
۱۹۷۴	پلی استرهای آروماتیک	صفحات مدار چاپی
۱۹۷۴	پلی بوتیلن	لوله‌ها
۱۹۷۵	رزینهای نیتریل	بسته بندی
۱۹۷۶	پلی متیل سولفون	اجزای تجهیزات هوا فضا
۱۹۷۸	بیسمالامید	صفحات مدار چاپی
۱۹۸۲	پلی اتر آمید	ظروف نسوز
۱۹۸۳	پلی اتر اترکتون	پوشش سیم
۱۹۸۳	شبکه‌های نفوذ یافته داخلی (IPN)	وسایل حمام
۱۹۸۳	پلی آریل سولفون	حبابه‌های لامپ
۱۹۸۴	پلی آمید سولفون	اتصال نقله
۱۹۸۵	پلی کتون	قطعات اتوماتیک موتورها
۱۹۸۵	پلی اتر سولفونامید	چرخ دنده
۱۹۸۵	پلیمرهای کریستال مایع	اجزای الکترونیکی

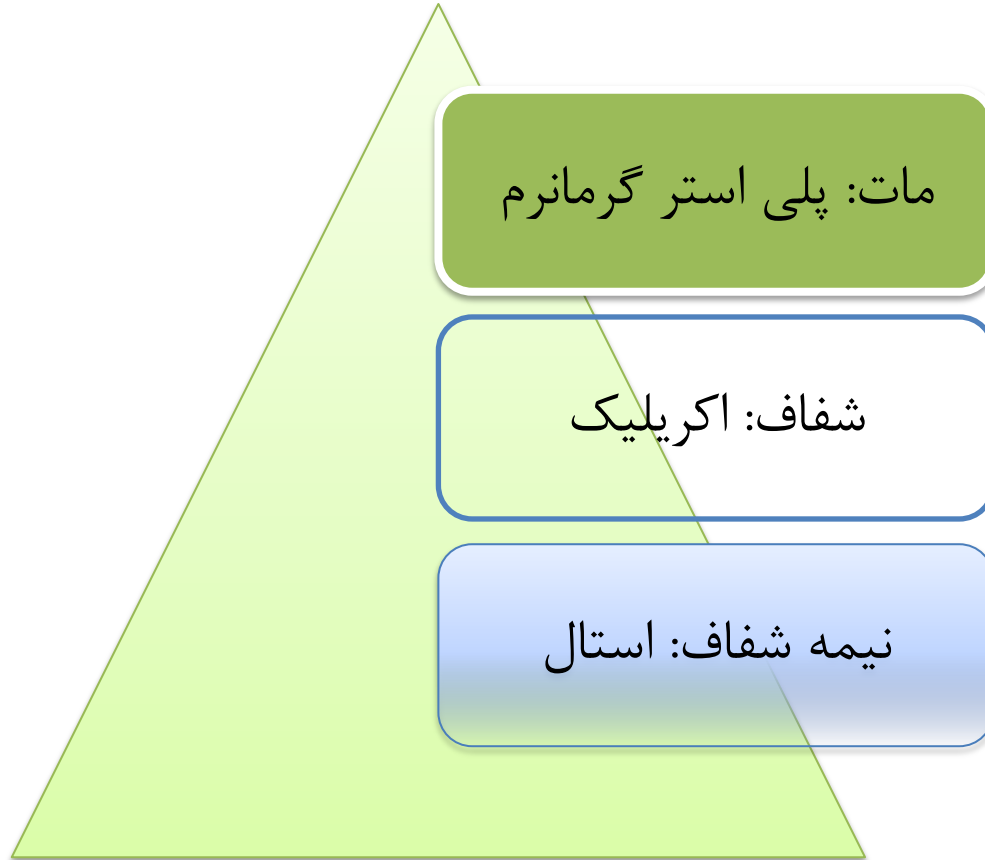
دسته بندی پلیمرها



منبع

منشأ	منبع	گروه
صمغ درختان خانواده کاج، تخریب ساختار گیاهان در زمان طولانی، رزین حاصل از درختان گرمسیری، پیونددهنده رزینی در سلول های چوب، فرآورده های جنبی حشرات، رسوبات طبیعی در زمان طولانی،	کهربا آسفالت سندروس بلوری لیگنین لاک شیشه ای قیر	طبیعی
سرشیر پنبه دانه، خمیرچوب، ساقه ذرت استخوان، سم و پوست حیوانات مو، پر، استخوان عصاره شیری رنگ لاتکس درخت هوا	کازئین سلولز ژلاتین پروتئین لاستیک	طبیعی اصلاح شده
اسیدهای چرب، الکلهای، فرمالدئیدها، گلسیرین بنزن، تولوئن، کک، نفتالین استیلن و متان پروپیلن، بوتن، استیلن، تولوئن	فرآورده های کشاورزی فرآورده های زغال سنگ فرآورده های گاز طبیعی فرآورده های نفتی	مصنوعی

عبور نور



واکنش حرارتی

پلاستیک های گرمانرم (Thermoplastics)

- با حرارت دادن نرم می شوند.
- به شکل گرانول هستند.
- گرانولها پس از ذوب شدن در دستگاه تزریق (بیش از ۱۵۰ درجه سانتیگراد) به داخل قالب تزریق می شوند.
- آنها را می توان خرد کرد و با مواد نو مخلوط کرد و مجدد مورد استفاده قرار داد (بازیافت).
- اکریلیکها، پلی آمیدها، پلی استایرن، پلی اتیلن، پلی کربنات و ...

پلاستیک های گرما سخت (Thermosets)

- برای مواد گرما سخت امکان اینکه دوباره حرارت ببینند و مجدداً نرم شوند وجود ندارد و برای یک بار که شبکه ساختمانی آن تثبیت شد دیگر نمی تواند تغییر شکل یابد.
- ترموستها را نمی توان دوباره آسیاب کرده و قطعه جدیدی از آن بدست آورد زیرا در مقابل حرارت آنقدر از خود مقاومت نشان می دهد تا به نقطه سوزش می رسد و فاسد می شود.
- علاوه بر دستگیره و ظروف آشپزخانه، انواع وسایل برقی از قبیل کلید و پریز، دوشاخه، سرپیچ لامپ و ... از آنها ساخته می شود.
- به صورت پودر و یا سیال موجود می باشد.
- باکالیت، ملامین، آمینوها، کازئین ، اپوکسی پلی استر، سیلیکون ها

واکنش پلیمریزاسیون

پلیمریزاسیون اضافی (Hemopolymers)

- بیشتر پلیمرها به روش پلیمریزاسیون اضافی تولید می‌شوند.
- در پلیمریزاسیون اضافی هیدروکربنهای غیر اشباع موجب تشکیل مولکولهای بزرگ می‌شوند.
- پلی اتیلن، پلی استال، پلی آمید، پلی کربنات، پلی پروپیلن، پلی استایرن، پلی سولفاید، پلی وینیل کلراید و ... از جمله پلیمرهایی هستند که به روش اضافی تولید می‌شوند.

پلیمریزاسیون تراکمی (Copolymers)

- فرآیند پلیمریزاسیون تراکمی یک واکنش شیمیایی است که طی آن یک مولکول کوچک، اغلب آب، از پلیمر حذف می‌گردد و به این دلیل آنرا یک عمل تراکمی می‌شناسند.
- فنل فرمالدئید، پلی استال، پلی آمید، پلی ایماید، پلی آمید-ایماید، پلی کربنات، پلی استر، پلی سولفاید و ... از پلیمرهایی هستند که به روش تراکمی تولید می‌شوند.
- تذکر: بعضی پلیمرها را می‌توان به هر دو روش تولید نمود.

ساختمان مولکولی

خطی

- ساختمان خطی، زنجیر طولی از مولکولها، چیزی شبیه طناب، بدون هیچ ضمیمه‌ای می‌باشد. مثال: پلی‌استال

پیوند عرضی یا شبکه ای

- حضور کربن جهت ایجاد پیوند عرضی از نکات برجسته این ساختار می‌باشد. پیوندهای عرضی از حرکت نسبی زنجیرهای مجاور ممانعت به عمل می‌آورد. ساختمان مولکولی گرماسختها به صورت عرضی می‌باشد.

شاخه ای

- این پلیمرها دارای شاخه‌های سه بعدی از زنجیرهای خطی می‌باشند. پلی‌اتیلن LDPE یک پلیمر شاخه‌ای است زیرا شاخه‌های فقط پلی‌اتیلن در طول زنجیر پخش شده‌اند.

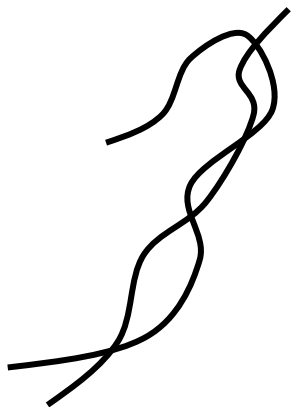
گرافت (Graft)

- مشابه پیوند عرضی و شاخه‌ای است. قسمت گرافت اشاره به مواد افزوده شده دارد که جهت تغییر خواص به پلیمر اضافه می‌شود. این زنجیرهای جانبی اجازه حرکت کمتری را می‌دهد.

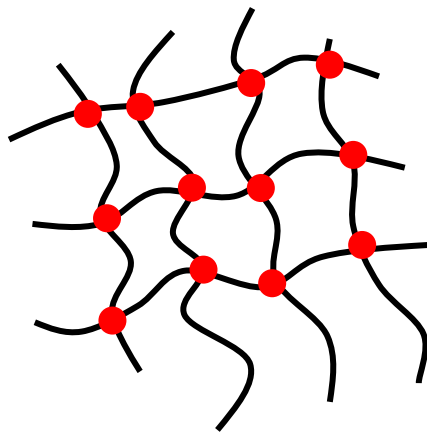
متداخل

- شبکه پلیمر متداخل، یک امتزاج در هم تنیده از دو پلیمر پیوند عرضی است که با هم پیوندی ندارد. تکنیک ایجاد شبکه متداخل باعث تولید یک آلیاژ پلاستیکی می‌شود. در این تکنیک دو پلیمر دارای خصوصیات فیزیکی متفاوت هستند ولی اغلب دارای یک اثر مضاعف در بهبود فرآیند یا کیفیت دارند. نیازی نیست که دو پلیمر از نظر شیمیایی حتماً با هم قابل انطباق باشند.

ساختمان مولکولی



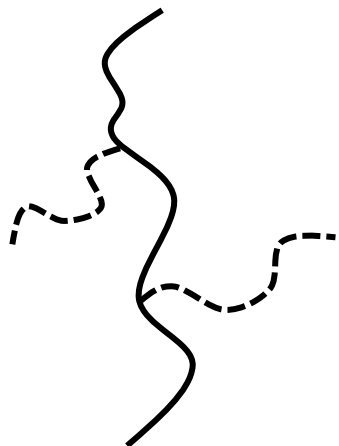
خطی



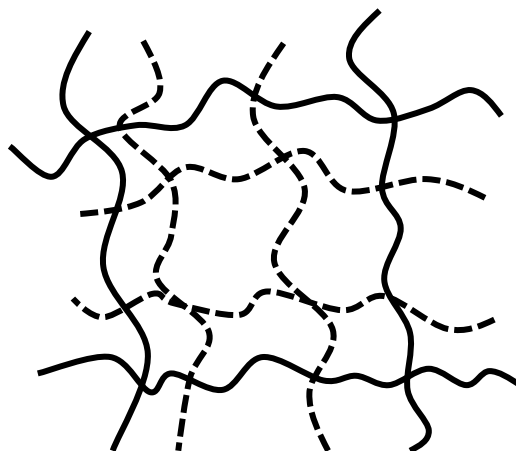
پیوند عرضی



شاخه ای



گرافت



متداخل

آلیاژهای پلیمری

ضربه پذیری	مقاومت حرارتی	مدول الاستیسیته	آلیاژ
12	250	3.2	PC/SMA
10	246	3.7	PC/ABS
5	175	3	ABS/SMA
12.5	147	3.2	ABS/PVC
-	-	-	ABS/PA
18	190	3	PC/PET
9.5	302	3.5	PSF/ABS
6.5	225	3.5	PPO/HIPS
2	200	3.5	ASA/PC
5	265	3.6	PPO/PS
10	-	3.3	ABS/PC
15	210	3	PC/PBT
17	160	2.5	PA/PO

ساختمان کریستالی

پلیمرهای کریستالی و نیمه کریستالی

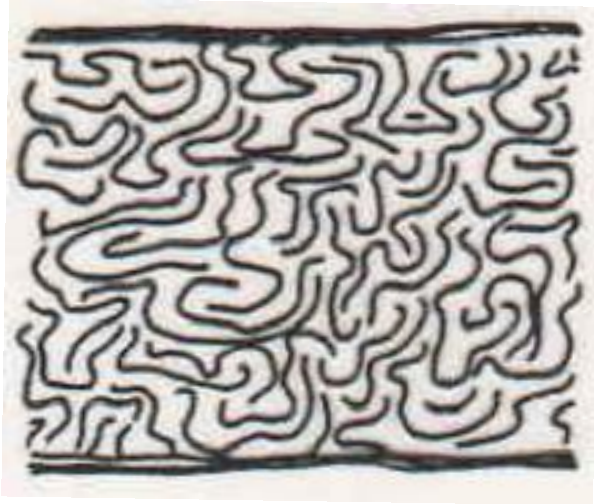
- به دلیل طولیل بودن مولکولها در پلیمر، پلیمرها کمتر دارای ساختار کریستالی هستند.
- در پلاستیکهای دارای ساختار کریستالی، به دلیل طولیل بودن زنجیره‌های مولکولی و کم نظمی آنها، در حالت جامد شفاف نیستند.
- این پلیمرها دارای مقاومت کششی و سختی بیشتر هستند.
- پلاستیکهای نیمه کریستالی نیمه شفاف تا مات هستند.

پلیمرهای بی شکل (Amorphous)

- این پلیمرها دارای اتمها و مولکولهایی هستند که کریستالی نشده‌اند و دامنه منظمی ندارند.
- ساختمان مولکولی این پلیمرها مشابه مقداری مقداری اسپاگتی پخته شده است.
- این پلیمرها در حالت جامد شفاف هستند.
- پلیمرهای بی‌شکل از پلیمرهای کریستالی سختی و مقاومت کششی کمتری دارند.
- پلی‌استایرن، پلی‌متیل متاکریلات، پلی‌استر، پلی‌اورتان، اوره‌فرم‌آلدئید، اپوکسی

نکته: پلیمرها (چه کریستالی و چه بی‌شکل) در حالت مذاب بی‌شکل هستند و چنانچه سریعاً سرد شوند، اغلب حالت بی‌شکل را حفظ می‌کنند و شفاف می‌شوند.

ساختمان کریستالی



بی شکل



کریستالی



مخلوط کریستالی و بی شکل

مقایسه پلیمرهای کریستالی و آمورف

بی شکل

کریستالی



محدوده گسترده تر دمای نرم شدن ☐

نقطه ذوب مشخص ☐

معمولاً شفاف ☐

معمولاً مات ☐

جمع شدگی کمتر ☐

جمع شدگی زیاد ☐

مقاومت شیمیایی کمتر ☐

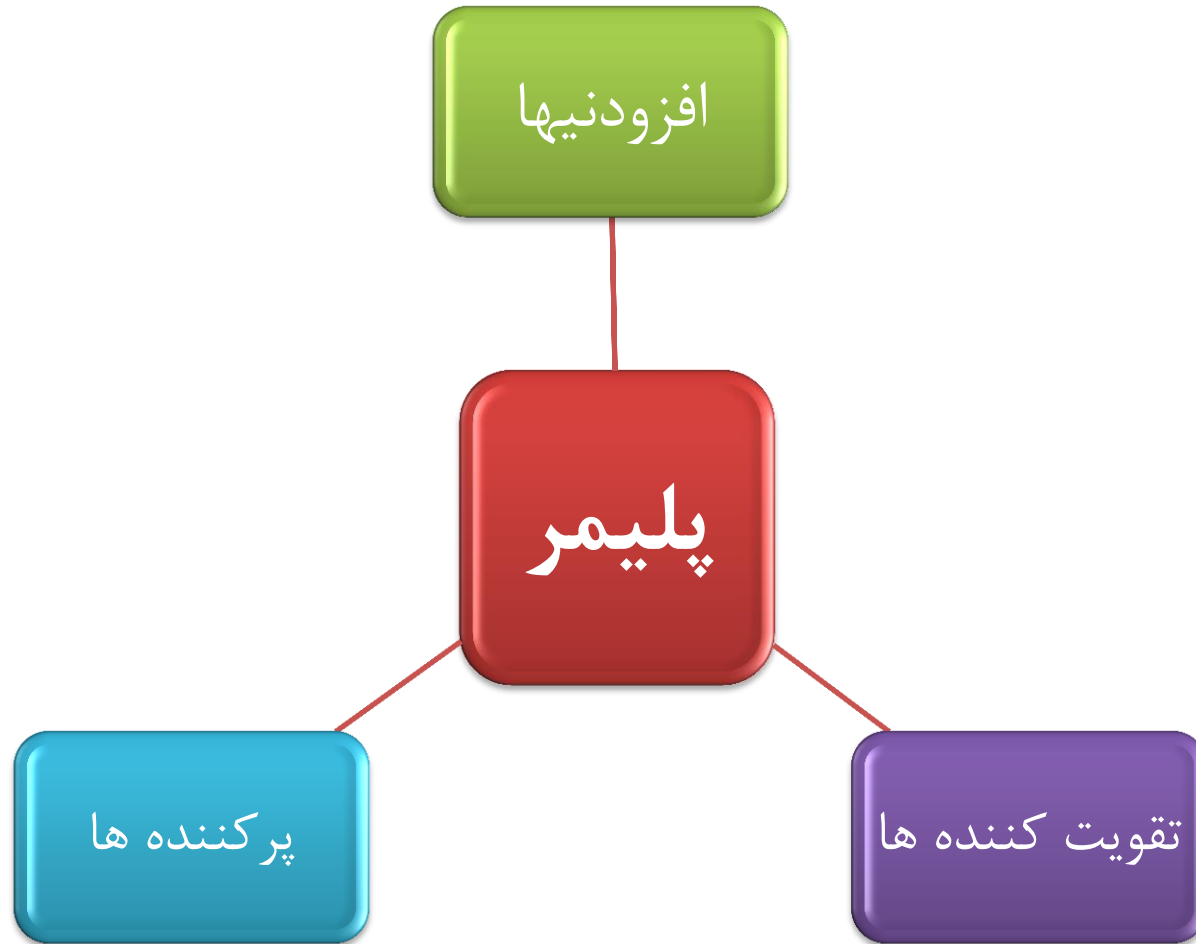
مقاومت شیمیایی زیاد ☐

مقاومت کم در برابر سایش و خستگی ☐

مقاوم در برابر سایش و خستگی ☐

بی شکل	کریستالی
پلی وینیل کلراید (PVC)	پلی اتیلن (PE)
پلی استایرن (PS)	پلی پروپیلن (PP)
پلی کربنات (PC)	پلی آمید (PA)
اکریلیک (PMMA)	استال (POM)
اکریلونیتریل-بوتادی ان-استایرن (ABS)	پلی استر (PETP , PBTP)
پلی فنیلن (PPO)	فلئوروکربن ها (FET , PFA , PTFE , ETFE)

اجزای تشکیل دهنده پلاستیکها



مزایای عمومی پلیمرها

- مقاومت خوردگی.
- خواص عایق حرارتی و الکتریکی خوب.
- به صورت ایزوتروپیک (همسانگرد) و آنیزوتروپیک (ناهمسانگرد) ساخته می شود.
- نسبت مقاومت به جرم خوب.
- وزن سبک.
- سهولت فرآوری.
- قابل دسترس بودن به شکلهای گوناگون.
- قابلیت تخلخل و ارتجاع.
- امکان تهیه به صورت شفاف، نیمه شفاف، مات.
- رنگ پذیری خوب.

معایب عمومی پلیمرها

- بی ثباتی ابعادی (قابل رفع با اضافه کردن مواد افزودنی).
- محدودیت در تحمل دما (قابل رفع با اضافه کردن مواد افزودنی).
- شکنندگی، ترک ، خراشیدگی (قابل رفع با اضافه کردن مواد افزودنی).
- قابلیت سوختن.
- جذب رطوبت.
- غیر قابل تخریب.
- مقاومت شیمیایی اندک (قابل رفع با اضافه کردن مواد افزودنی)
- ایجاد بو و گاز بعضاً سمی و خطرناک در هنگام تولید و حتی پس از تولید.
- بازیابی مشکل مخصوصاً گرماسخت‌ها.
- هزینه تولید نسبتاً بالا.

تشخیص پلاستیکها

نام تجاری

- نام شرکت سازنده: مثلاً آلترامید برای پلی آمید

وضع ظاهری

- آثار فیزیکی: شفافیت، سفتی و سختی
- شکل ظاهری: گرانول (ترموپلاستیکها) یا پودر و رزین (ترموستها)

اثر حرارت

- نرم شدن در اثر حرارت (ترموپلاستیک)
- آزمایش سوزاندن: شکل و رنگ شعله، بو و رنگ دود، تداوم شعله

اثر حلال

- آزمایش حلالیت: بعضی پلیمرها در مقابل بعضی حلالها مقاوم هستند.
- به دلیل خطرات اشتعال، بخارات سمی و صدمات پوستی کمتر مورد توجه است.

دانسیته

- آزمایش دانسیته: با توجه به افزودنیهایی که به پلیمر اضافه می شود این آزمایش صرفاً برای خاص بودن یا نبودن پلیمر کاربرد دارد.

انتخاب پلیمر

مشخص کردن هدف و نقش کاربردی قطعه نهایی با توجه به شرایط کاری و محیطی.

ارزیابی و بررسی دقیق مواد برگزیده شده با آن اهداف و شرایط.

خواص مکانیکی: استحکام، سفتی، خستگی، سختی، چقرمگی و اثر دما بر روی این پارامترها.

حساسیت در برابر خوردگی و تجزیه و تخریب مولکولی.

خواص اصطکاکی و مقاومت در مقابل فرسودگی.

خواص اختصاصی هر پلاستیک مانند خواص گرمایی، الکتریکی، مغناطیسی و قابلیت ضربه خوری و جذب انرژی.

قالبگیری و سایر روشهای شکل دادن.

هزینه تمام شده با توجه به مواد انتخاب شده و روش ساخت آن.

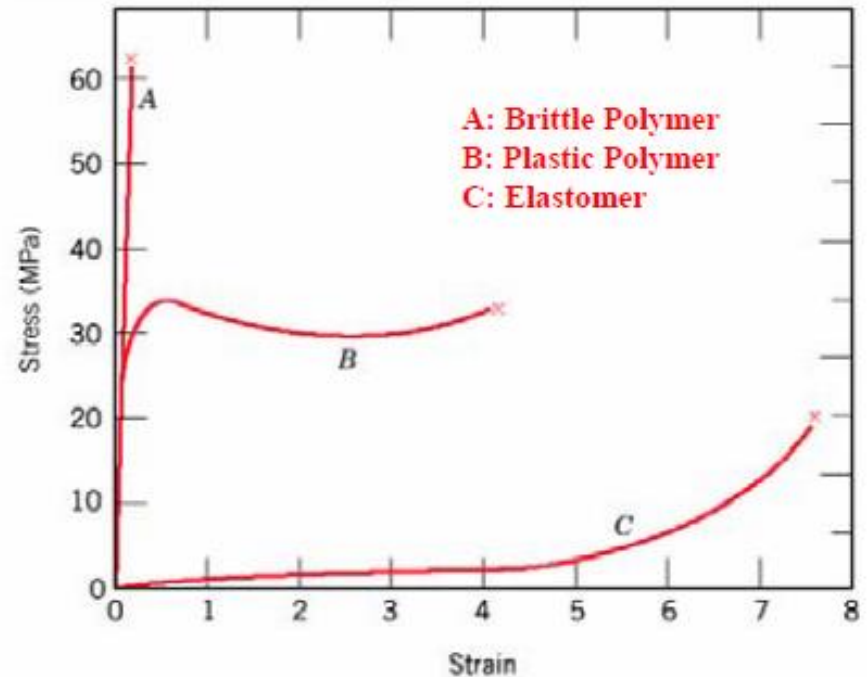
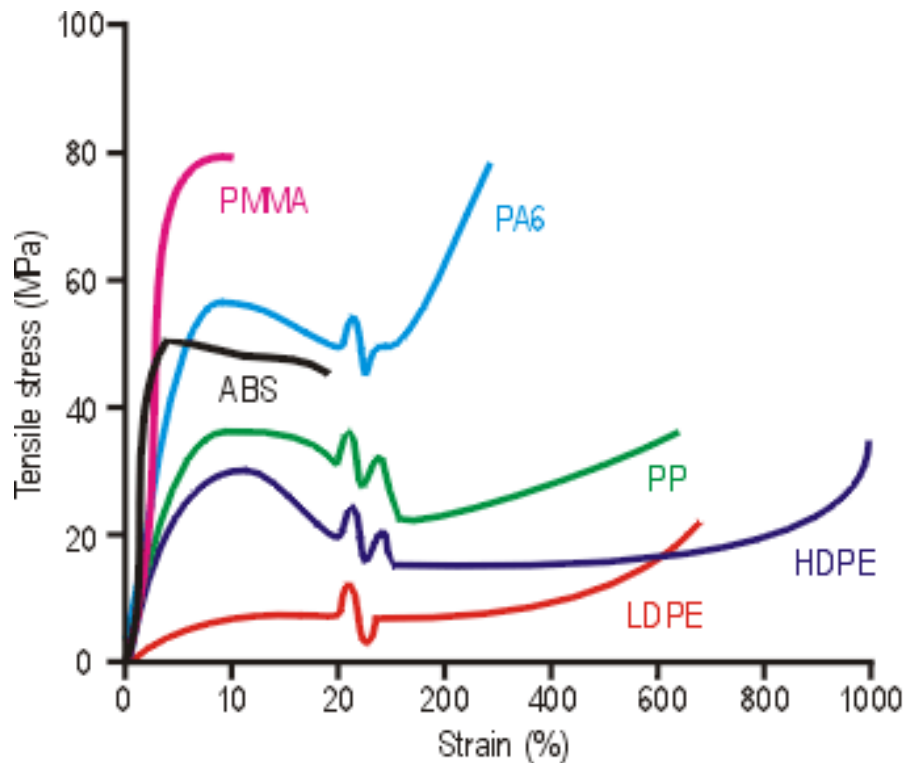
جمع شدگی

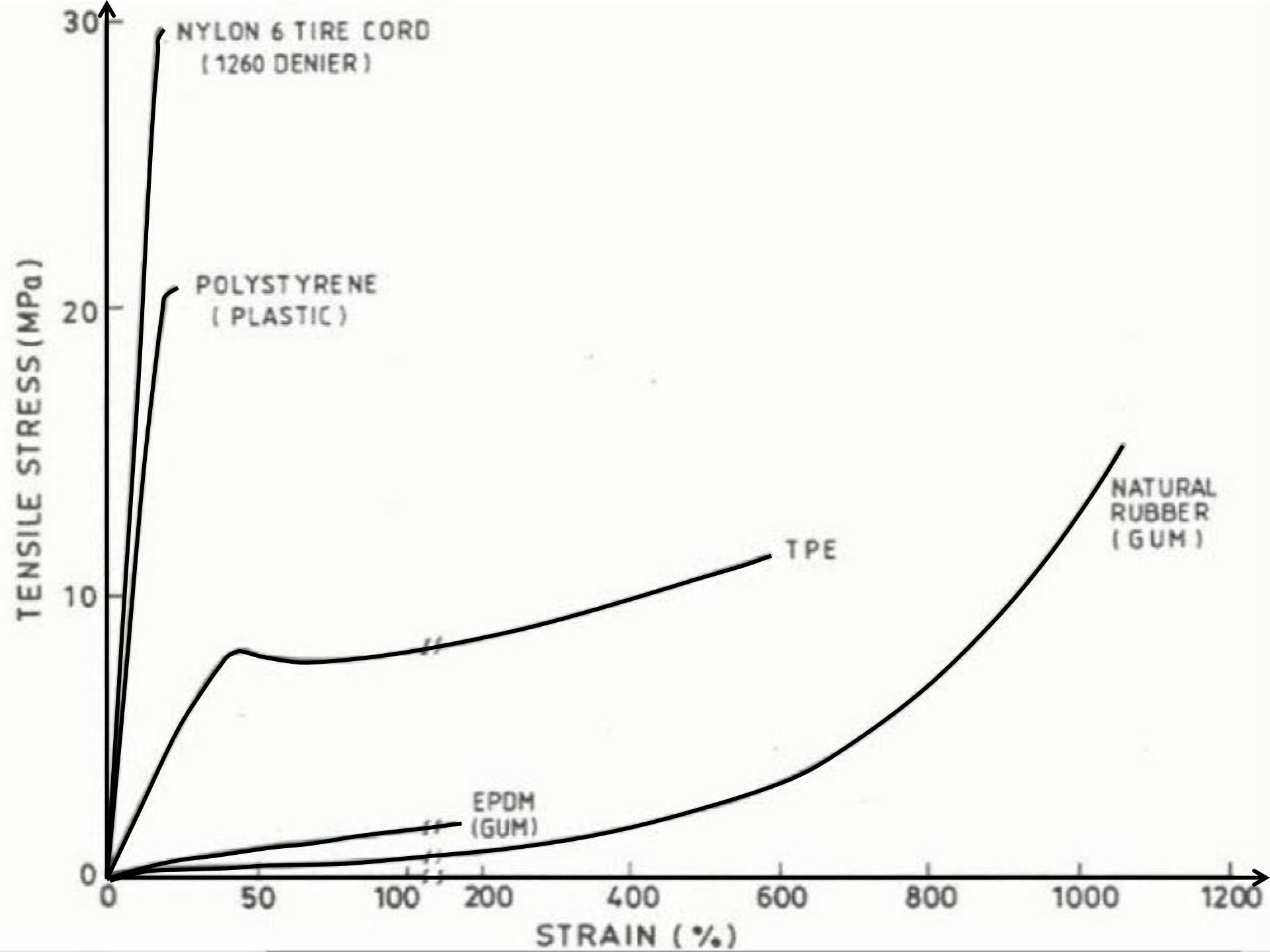
SHRINKAGE VALUES FOR MISCELLANEOUS RESINS	
MATERIAL	SHRINK in/in
ABS High Impact	0.005 - 0.007
ABS Heat Resistant	0.004 - 0.005
ABS Medium Impact	0.005
ACETAL	0.020 - 0.035
ACRYLIC General Purpose	0.002 - 0.009
ACRYLIC Heat Resistant	0.003 - 0.010
ACRYLIC High Impact	0.004 - 0.008
ETHYLENE VINYL ACETATE	0.010 - 0.030
IONOMER	0.003 - 0.020
NYLON 6/6	0.010 - 0.025
NYLON 6/6	0.007 - 0.015
NYLON 6/10	0.010 - 0.025
NYLON 11	0.010 - 0.025
NYLON 12	0.008 - 0.020
NYLON Glass Filled	0.005 - 0.010
POLYBUTYLENE	0.020 (molded)
POLYBUTYLENE	0.040 (aged)
POLYCARBONATE	0.005 - 0.007
PET (Amorphous, petg, pctg)	0.003 - 0.005

POLYESTER .025 - .050 THICK	0.006 - 0.012
POLYESTER .050 - .100 THICK	0.012 - 0.017
POLYESTER .100 - .180 THICK	0.016 - 0.022
POLYESTER PBT	0.010 - 0.020
POLYESTER PET 30% GF	0.001 - 0.002
POLYESTER PBT 30% GF	0.003 - 0.005
POLYETHERIMIDE	0.005 - 0.007
POLYETHYLENE Low Density	0.015 - 0.035
POLYETHYLENE High Density	0.015 - 0.030
PPO/STYRENE CO (NORYL)	0.005 - 0.007
POLYPROPYLENE	0.010 - 0.030
PPO/STYRENE G.P.	0.002 - 0.008
PPO/STYRENE Heat Resistant	0.002 - 0.008
PPO/STYRENE Impact Mod	0.003 - 0.006
POLYSULPHONE	0.008
POLYURETHANE	0.010 - 0.020
PVC Rigid	0.002 - 0.004
PVC Semi-Rigid	0.005 - 0.025
PVC Flexible	0.015 - 0.030
SAN	0.002 - 0.006

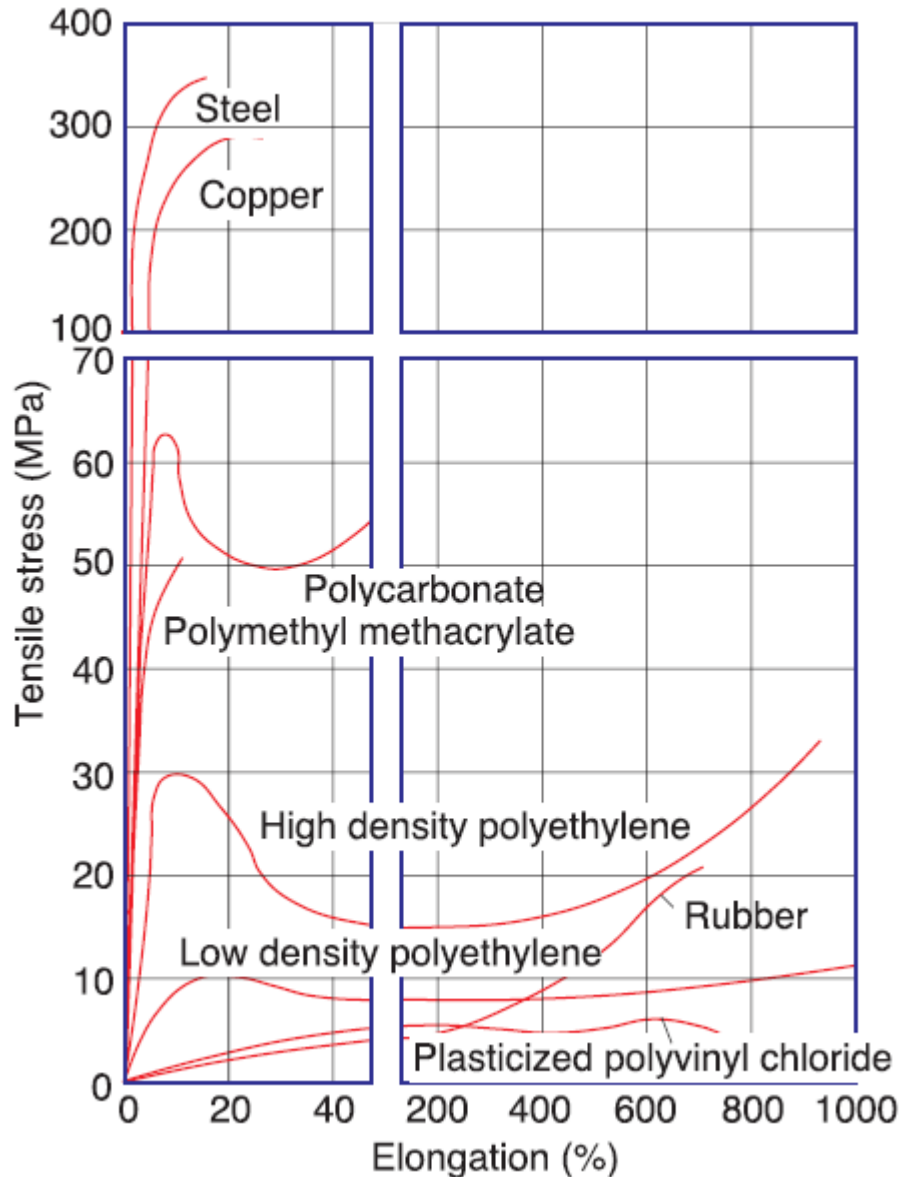
خواص مکانیکی پلاستیک ها

- ترموپلاستیکها موادی ویسکوالاستیک هستند. اگر گرمانرمی تحت تنش قرار گیرد رفتار سیال ویسکوز که انرژی را هدر می دهد و تغییر مکان الاستیک جامدی که انرژی را ذخیره می کند از خود به نمایش می گذارد.
- عموماً در کارهای طراحی در صورت در دست نبودن مقدار کرنش قبل از شکست، برای گرمانرمها آنرا حدود 0.5-1 درصد و برای گرماسختها 0.2-0.3 درصد در نظر می گیرند.





مقایسه پلیمر با فلز

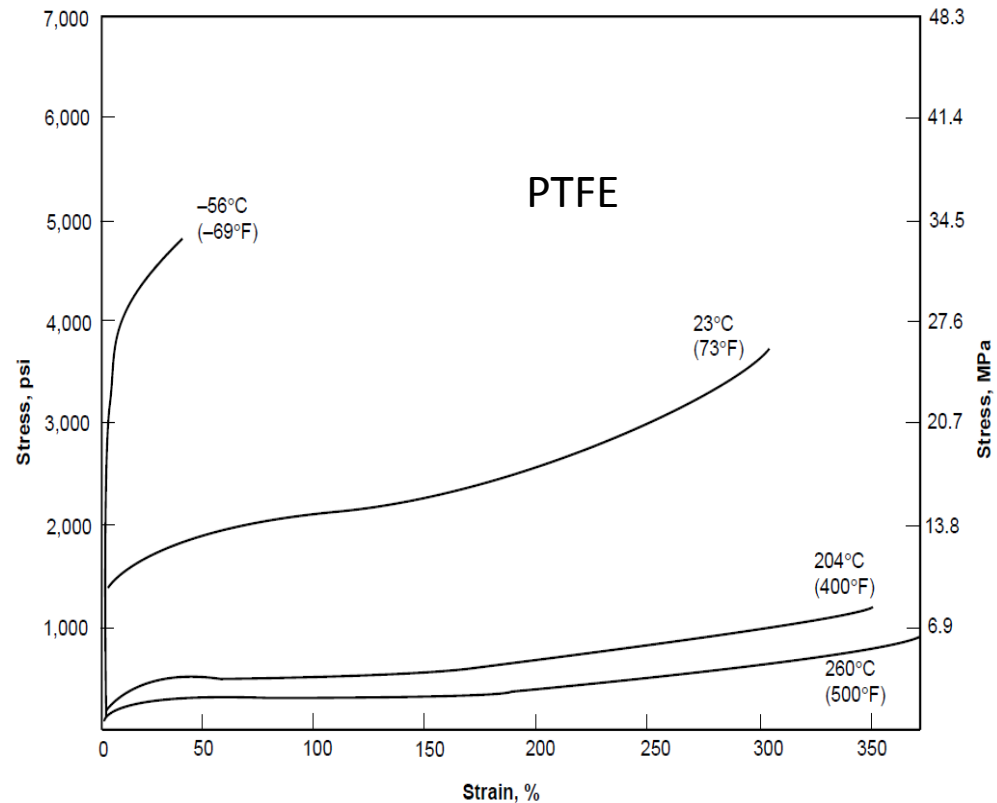
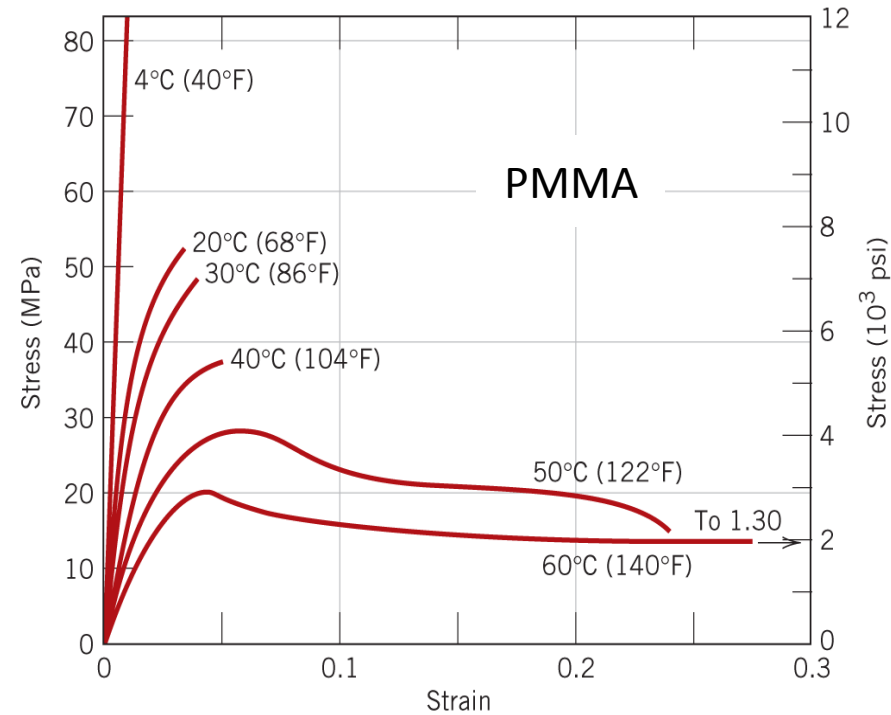


اگرچه پلیمرها در مقایسه با فلزات دارای استحکام کششی کمتری هستند اما در عوض مقدار ازدیاد طولشان قبل از شکست بسیار بیشتر از فلزات است.

به نظر شما از این قابلیت پلیمرها چگونه و در چه کاربردهایی می توان استفاده کرد؟

اثر درجه حرارت بر استحکام

با افزایش درجه حرارت، پلیمر بسیار انعطاف پذیر شده و تحت تنش معین، تغییر شکل بیشتری می دهد.



پلاستیک های گرمانرم

ردیف	گروه پلیمر
۱	پلی استال ها (پلی اکسی متیلن) Acetal(polyoxymethylene)
۲	اکریلیک ها Acrylic
۳	اکریلیک-استایرن-اکریلونیتریل (acrylic-styren-acrilonitril)
۴	اکریلونیتریل-پلی اتیلن استایرن کلردار
۵	سلولزیک ها Cellulosic
۶	پلی اتر کلردار Chlorinated polyether
۷	پلاستیک های کومارون-ایندن Cumarone-Indene
۸	اسید اتیلن Ethylene Acid
۹	اتیلن-اتیل اکریلات Ethylene-Ethyl Acrylate
۱۰	اتیلن-متیل اکریلات Ethylene-methyl Acrylate
۱۱	اتیلن-وینیل استات athylen-vinyl acetate
۱۲	فلوئور پلاستیک ها fluorplastic
۱۳	آیونومرها Ionomer
۱۴	پلاستیک های نیتربل غیر قابل نفوذ
۱۵	فنوکسی phenoxy
۱۶	پلی آلومر polyallomer
۱۷	پلی آمید polyamide
۱۸	پلی آریل سولفون polyarylosulfone
۱۹	پلی اتر اترکتون polyetheretherktone
۲۰	پلی اتر ایماید polyetherimide
۲۱	پلی کربنات ها polycarbonate
۲۲	پلی فینیل اتر polyphenylen ether
۲۳	پلی متیل پنتن polymethylpentene
۲۴	پلی اولفینها polyolefin
۲۵	پلی فنیل اکسایدها polyphenylene oxide
۲۶	پلی استایرن polystyrene
۲۷	پلی سولفون ها polysulfone
۲۸	پلی وینیل ها polyvinyl
۲۹	استایرن-مالئیک آن هیدرید
۳۰	استایرن-بوتادین
۳۱	پلی استرهای گرمانرم
۳۲	پلی ایمایدهای گرمانرم

خشک کردن Drying

- خلوص و خشک بودن مواد و طریقه بسته‌بندی آن در مرغوبیت محصول نهایی تأثیر به سزایی دارد.
- معمولاً مواد در پاکتهای کاغذی ضخیم و چند لایه که ممکن است لایه داخلی از جنس نایلون باشد، هر یک با وزن خالص ۲۵ کیلوگرم به فروش می‌رسد. در بعضی مواد به جای پاکت کاغذی فقط از پاکت نایلونی استفاده می‌شود که این کیسه‌ها به خاطر ارزانی و مقاومت در برابر رطوبت و راحتی در حمل و نقل کاربرد بیشتری یافته است.
- بعضی از مواد مثل پلی‌آمیدها، پلی‌کربنات‌ها، اکریلیک‌ها، ABS و POM جاذب رطوبت هستند و باید قبل از مصرف، در کوره‌های مولد هوای گرم یا خشک‌کن باید خشک یا گازگیری شوند.

دستگاه خشک کن

- **خشک کن کابینتی:** این خشک کن به شکل یک کابینت است که دارای کشوهای متعددی جهت خشک کردن گرانولها است. در داخل خشک کن، مولد حرارت که با گاز یا جریان برق کار می کند، قرار دارد. مواد را برای خشک کردن یا گازگیری کردن در داخل کشوهای آن ریخته و با درجه حرارت و طول زمان مشخص، عمل خشک کردن یا Drying را انجام می دهند.
- **برج خشک کن:** به شکل یک برج است. مواد پلیمر به وسیله دمش هوای گرم به داخل برج، خشک و گاز گیری می شود.
- **قیف خشک کن:** بعضی از ماشینهای تزریق، قیف مخصوص برای خشک کردن دارند که با هوای گرم کار می کند در این صورت می توان با تنظیم درجه حرارت قیف، مواد را به جای خشک کن مستقیماً داخل قیف ماشین ریخت و این روش به مراتب بهتر از خشک کن جداگانه است زیرا در این روش امکان مخلوط شدن پلاستیک با مواد خارجی وجود ندارد.

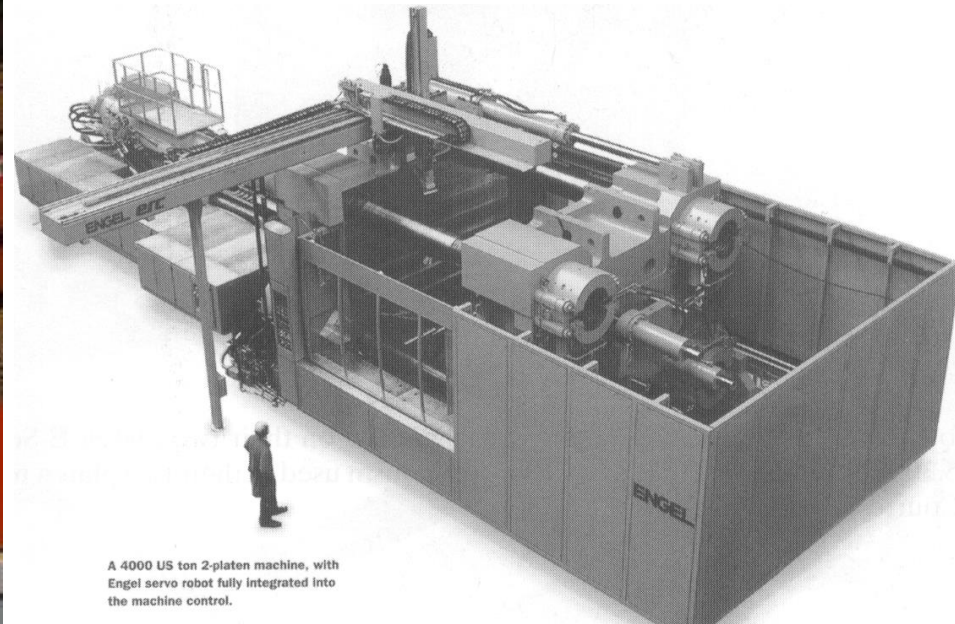


جدول برخی پلیمرها که باید قبل از مصرف خشک و گازگیری شوند

Polymer	Temperature °C	Time (h)
PS	60-80	1-3
SAN	70-90	1-4
ABS	70-80	4
PMMA	70-100	8
POM	80-120	3-6
PC	100-120	8
PA	80-100	16
CAB	60-80	2-4
CA	60-80	2-4
PPO	100	2
PSU	120-150	3-4
PET	120-140	2-12
EVA	70-80	3
PEEK	150	8

ماشین های تزریق پلاستیک

- ماشینهای تزریق پلاستیک بر حسب نیاز در اندازه های مختلفی ساخته می شوند



A 4000 US ton 2-platen machine, with Engel servo robot fully integrated into the machine control.



ابعاد ماشین های تزریق پلاستیک

- ماشینهای تزریق پلاستیک به صورت پیش ساخته یا سفارشی در ابعاد مختلف ساخته می شوند

سایز دستگاه های تزریق

بر حسب حداکثر مقدار گرم مواد مذاب پلیمر که در یک مرحله به درون قالب تزریق می شود.
امروزه از ۲۰ گرم تا ۵۰ کیلوگرم ساخته شده است.

بر حسب توانای نیروی گیره بندی. امروزه از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰ تن ساخته شده اند

انواع ماشین های تزریق پلاستیک

• ماشینهای تزریق پلاستیک بر حسب نیاز به شکلهای مختلف ساخته می شوند



(۱) بر حسب شکل: افقی، عمودی

۱-۱- تزریق افقی - گیره افقی

۲-۱- تزریق افقی - گیره عمودی

۳-۱- تزریق عمودی - گیره عمودی

۴-۱- تزریق عمودی - گیره افقی

(۲) بر حسب واحد تزریق:

۱-۲- سیستم مارپیچی

۲-۲- سیستم جک هیدرولیک

(۳) بر حسب واحد گیره بندی

۱-۳- سیستم بازویی

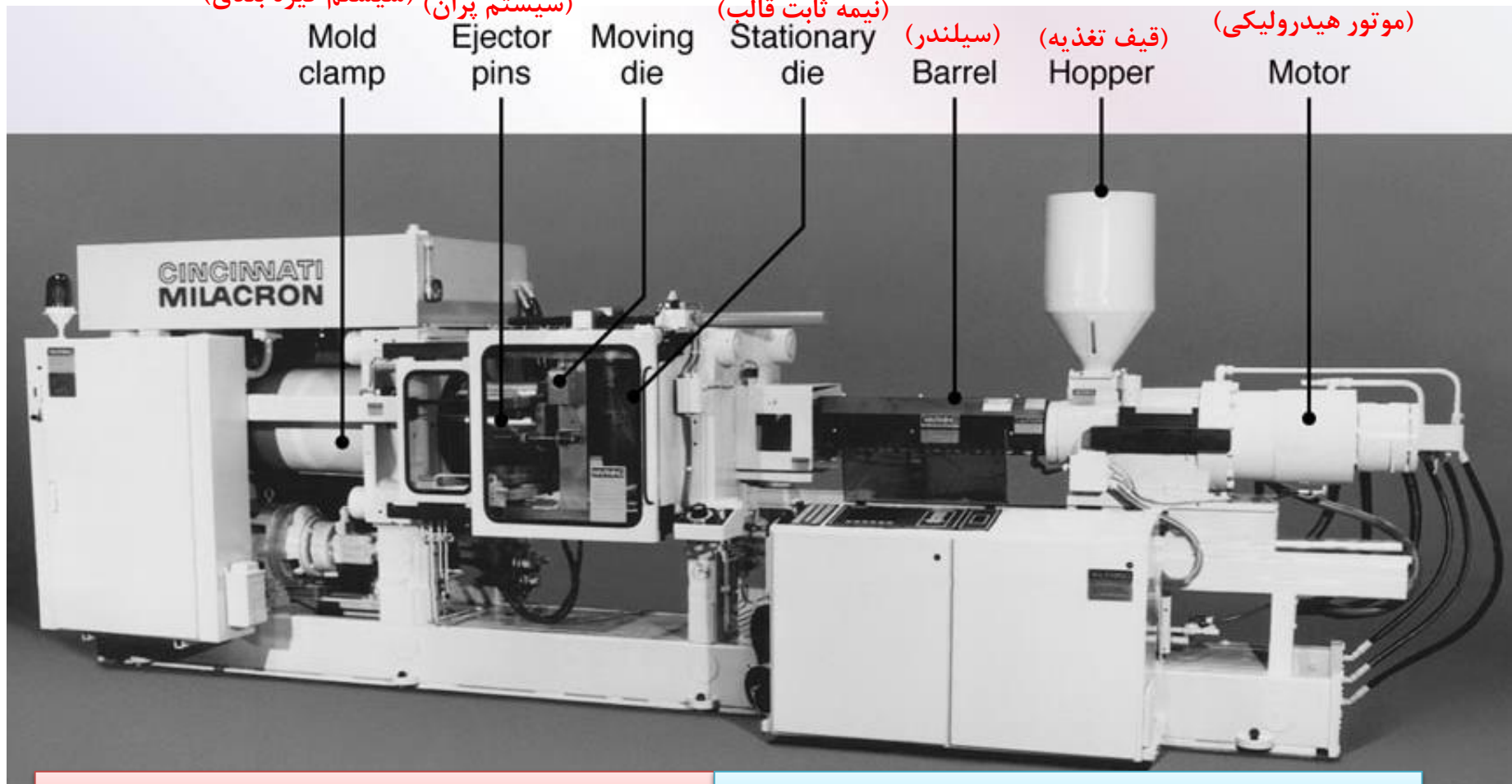
۲-۳- سیستم جک هیدرولیک



قسمتهای ماشین های تزریق پلاستیک

- ماشینهای تزریق پلاستیک به صورت پیش ساخته یا سفارشی در ابعاد مختلف ساخته می شوند.

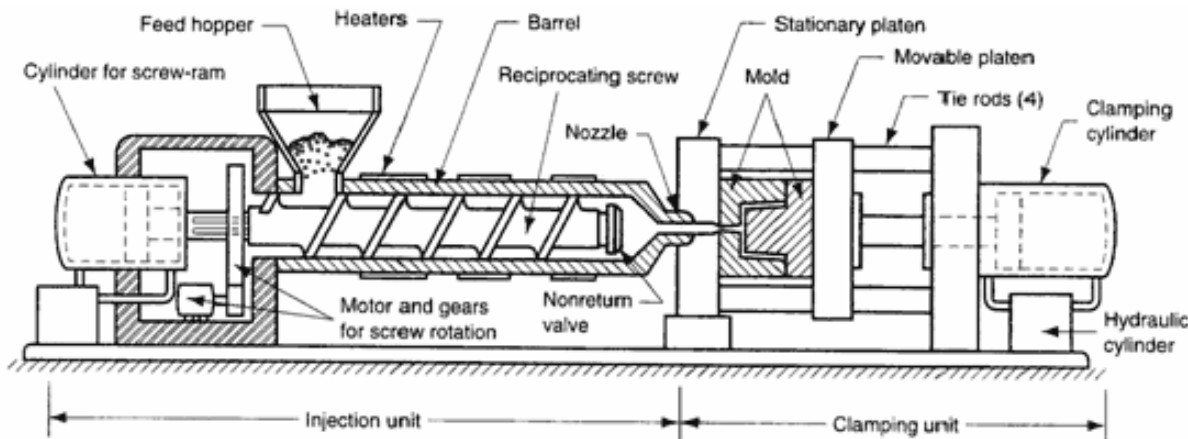
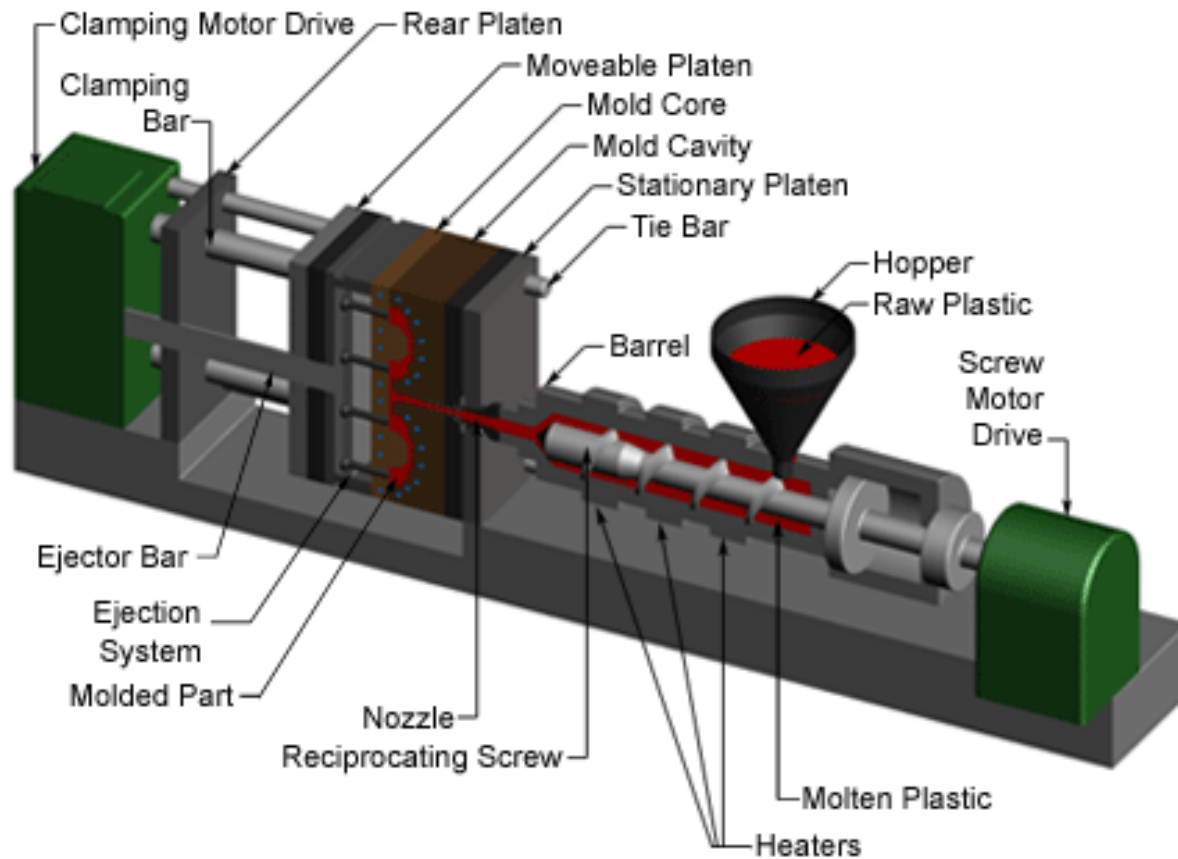
(سیستم گیره بندی) Mold clamp
(سیستم پران) Ejector pins
(نیمه متحرک قالب) Moving die
(نیمه ثابت قالب) Stationary die
(سیلندر) Barrel
(قیف تغذیه) Hopper
(موتور هیدرولیکی) Motor



واحد گیره بندی دستگاه تزریق

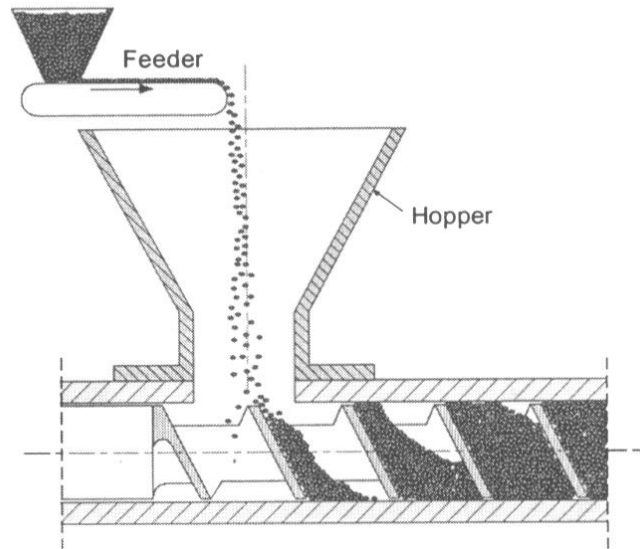
واحد آماده سازی مذاب و تزریق پلاستیک

قسمتهای مختلف ماشین با
جزئیات بیشتر دیده می شود.



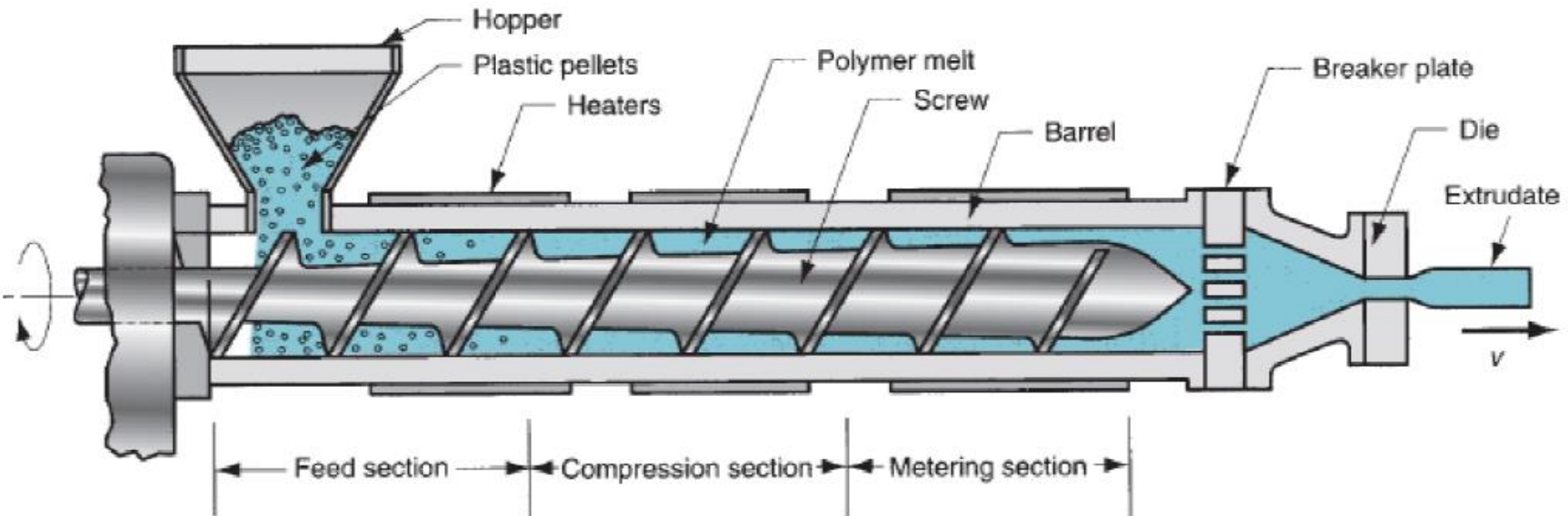
واحد آماده سازی مذاب و تزریق پلاستیک-۱

در این قسمت عمل ذوب و اختلاط و تزریق مواد انجام می‌گیرد به این ترتیب که ابتدا مواد پلاستیک داخل قیف (Hopper) ریخته شده و از قیف بتدریج بداخل سیلندر تزریق راه می‌یابد و با گردش مارپیچ به جلو رانده می‌شود.



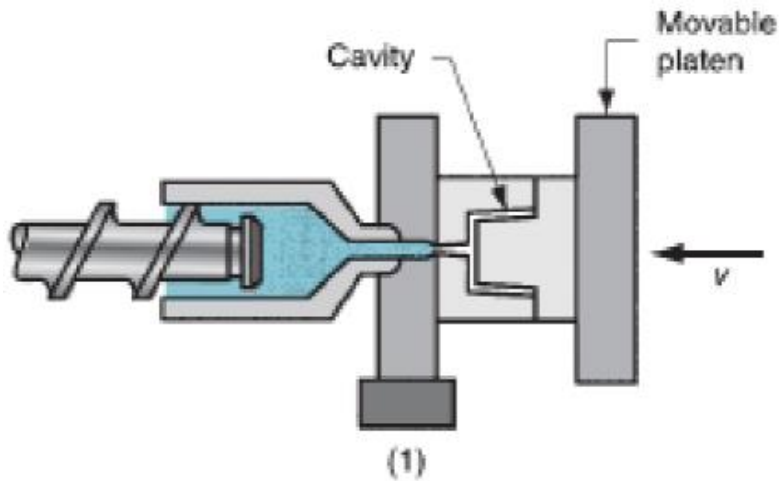
واحد آماده سازی مذاب و تزریق پلاستیک-۲

- سیلندر بوسیله گرمکنهای برقی (Heater bands) که در جدار خارجی سیلندر قرار گرفته‌اند کاملاً گرم می‌شود.
- مارپیچ (Screw) با چرخش بدور خود عمل تغذیه مواد پلیمر به قسمت جلوی سیلندر را انجام می‌دهد.
- مواد پلیمر همراه با چرخش مارپیچ در داخل سیلندر، به دلیل حرارت سیلندر و تماس با جدار داخلی آن بتدریج ذوب شده و به قسمت نازل در جلوی سیلندر می‌رسد.
- پس از آماده شدن مذاب پلیمر، حرکت چرخشی مارپیچ متوقف شده و حرکت خطی آن با فشار به سمت جلو آغاز می‌شود.
- در حالیکه مارپیچ به جلو می‌رود مواد مذابی که قبلاً در جلوی سیلندر و پشت نازل (Nozzle) جمع شده‌اند در اثر فشار مارپیچ به داخل قالب تزریق می‌شود.
- بعد از مدت معینی، فشار پشت مارپیچ قطع شده و مارپیچ جهت تجدید عمل موادگیری، ضمن چرخش، به عقب بر می‌گردد.

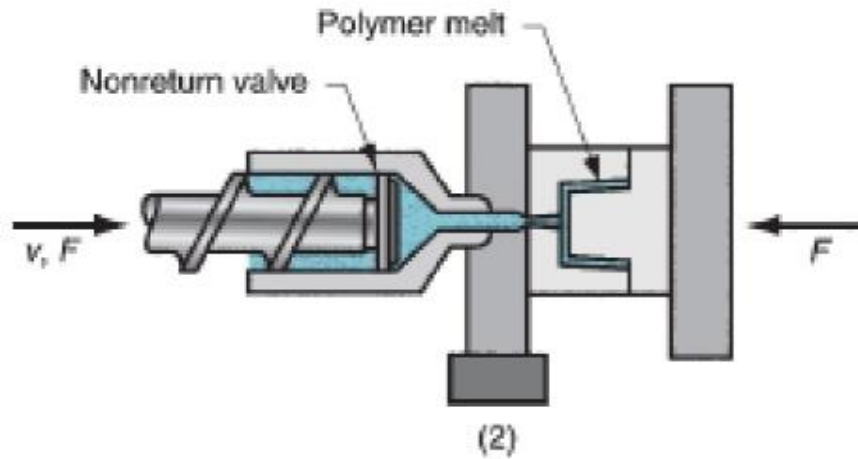


مراحل تزریق پلاستیک

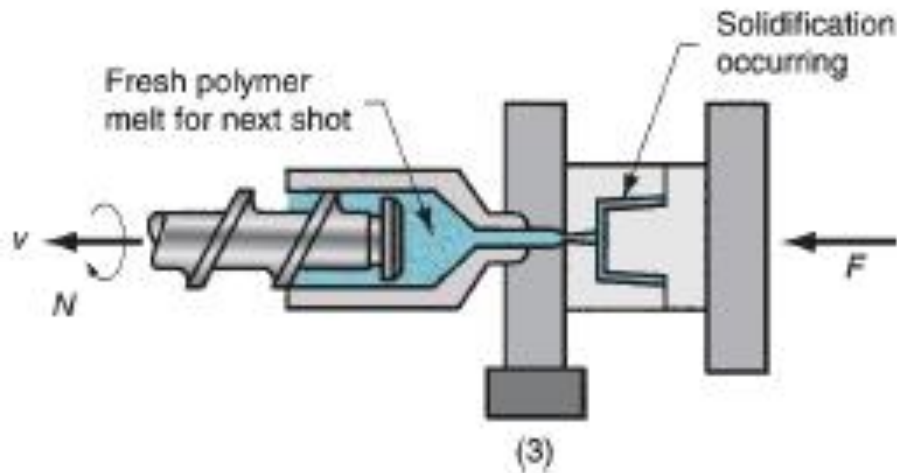
۱- بسته شدن قالب



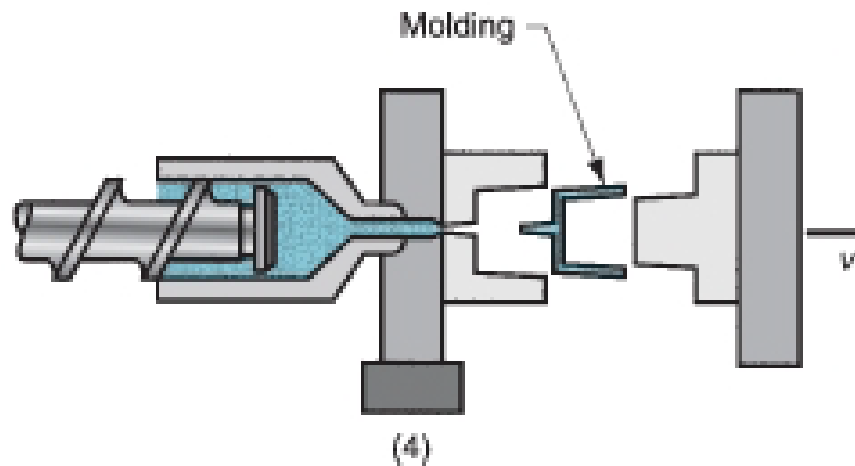
۲- با حرکت خطی میله مارپیچ رو به جلو، پلاستیک مذاب به جلو رانده میشود. شیر یک طرفهای که در انتهای مارپیچ قرار دارد، به پلاستیک ذوب شده اجازه نمیدهد به عقب برگردد، بنابراین میله مارپیچ با این حرکت، پلاستیک داغ مذاب را به داخل حفره قالب تزریق میکند. میله مارپیچ، اعمال فشار به پلاستیک را آنقدر ادامه میدهد تا پلاستیک تزریق شده در حفره قالب منجمد شود و بدین ترتیب ارتباط فشار قطع گردد. طولانی شدن بیشتر زمان، باعث اتلاف وقت میشود.



مراحل تزریق پلاستیک

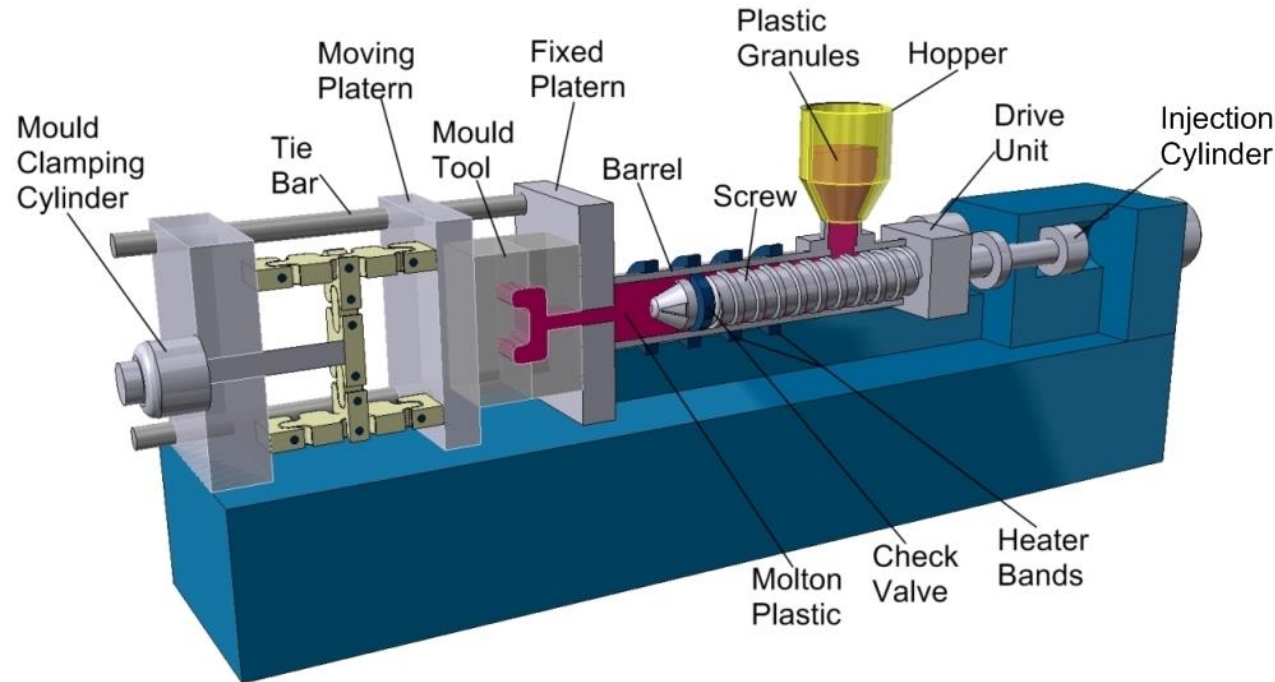


۳- فشار تزریق قطع شده و میله مارپیچ شروع به گردش میکند تا مواد مذاب جدید را از قیف تغذیه نماید. گردش میله ادامه یافته و مواد رو به جلو رانده میشود تا در سیکل بعدی حجم کافی از مواد پلاستیکی برای تزریق به قالب مهیا گردد. سپس میله اندکی به عقب حرکت میکند تا مواد پلاستیک مذاب به داخل کانال قالب نریزد.



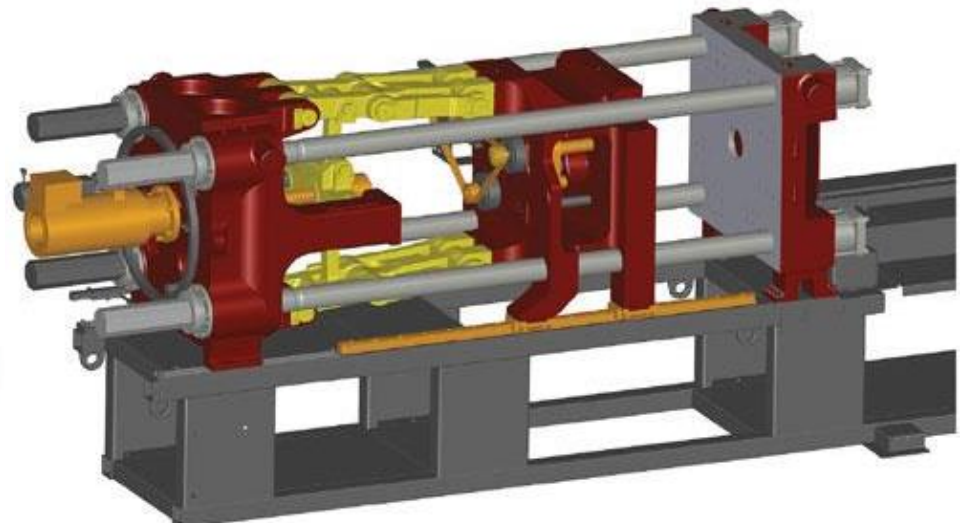
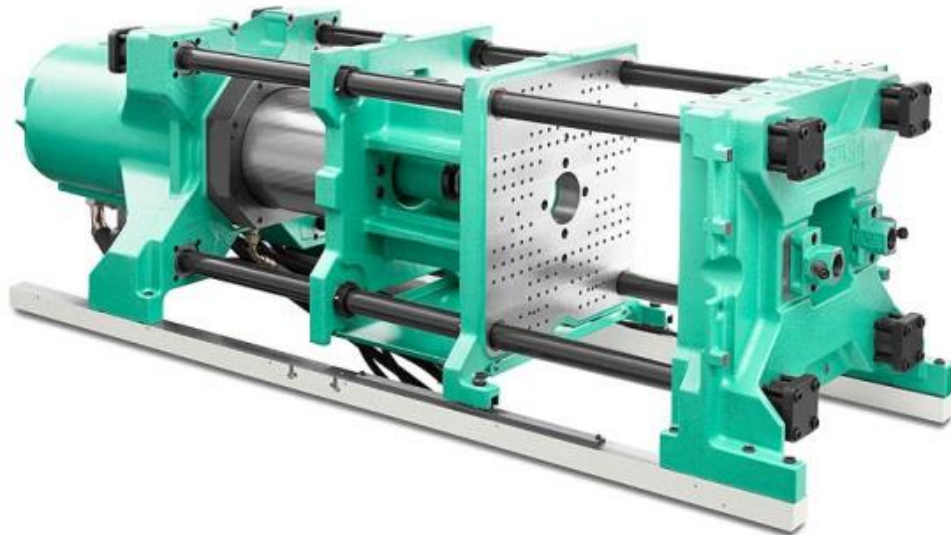
۴- قالب باز شده و پینهای بیرون انداز قطعه کار بیرون می اندازند.

بخش گیره بندی ماشین تزریق پلاستیک

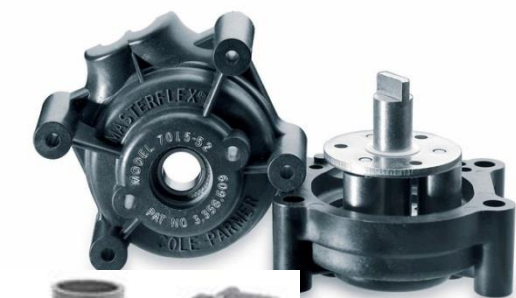


برای انجام مراحل تولید قطعات پلاستیک به روش تزریق، لازم است که قالب تزریق در زمان مناسب بسته و باز شود. وقتی قالب بسته شد باید تحت فشار مناسبی قرار گیرد تا بتواند در مقابل نیروی فشار تزریق مقاومت کند. بعد از مرحله تزریق و سرد شدن قطعه، قالب باید باز شود و قطعه پلاستیک از درون قالب پران شود. بنابراین سه وظیفه مهم بخش گیره بندی عبارتند از:

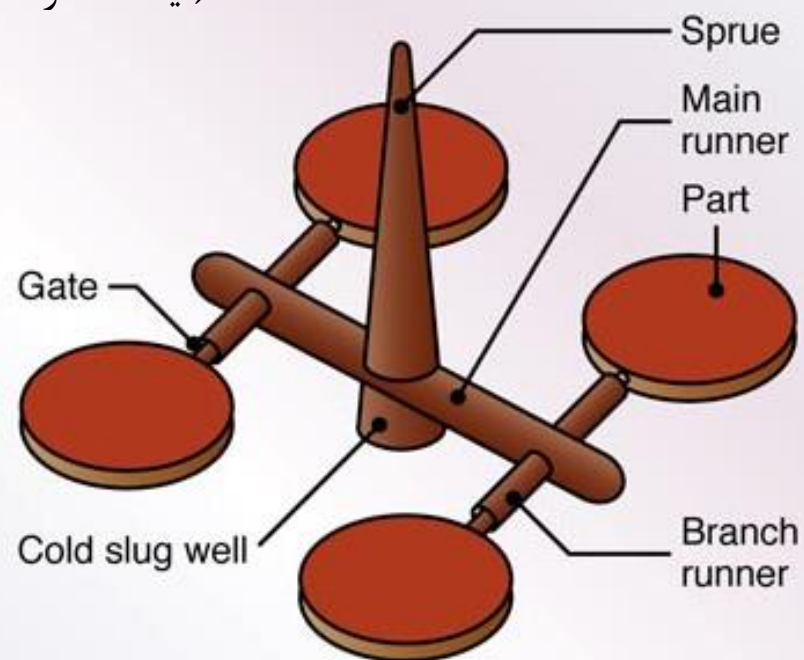
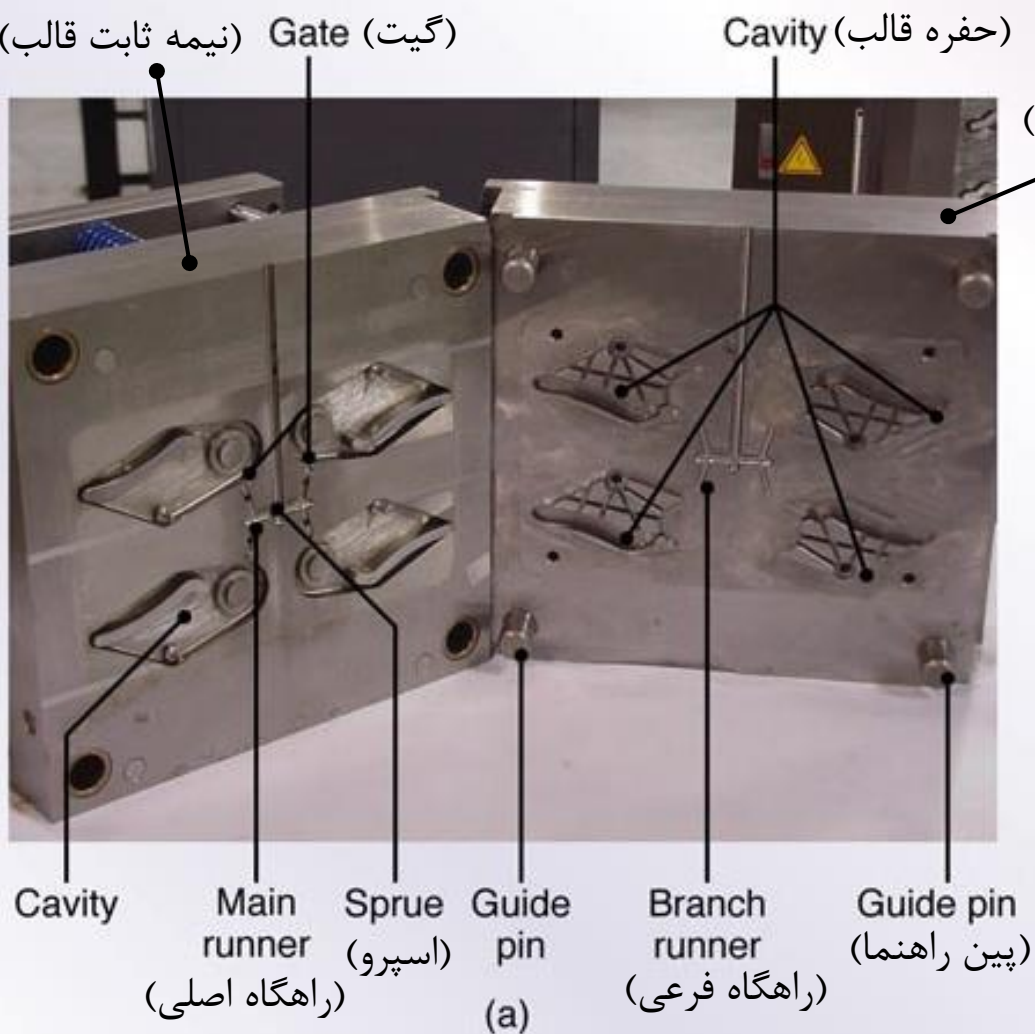
- ۱- باز و بست قالب در زمان مناسب
- ۲- تحت فشار قرار دادن مناسب قالب
- ۳- پران قطعه از درون قالب



قالبهای تزریق پلاستیک - تنوع محصولات

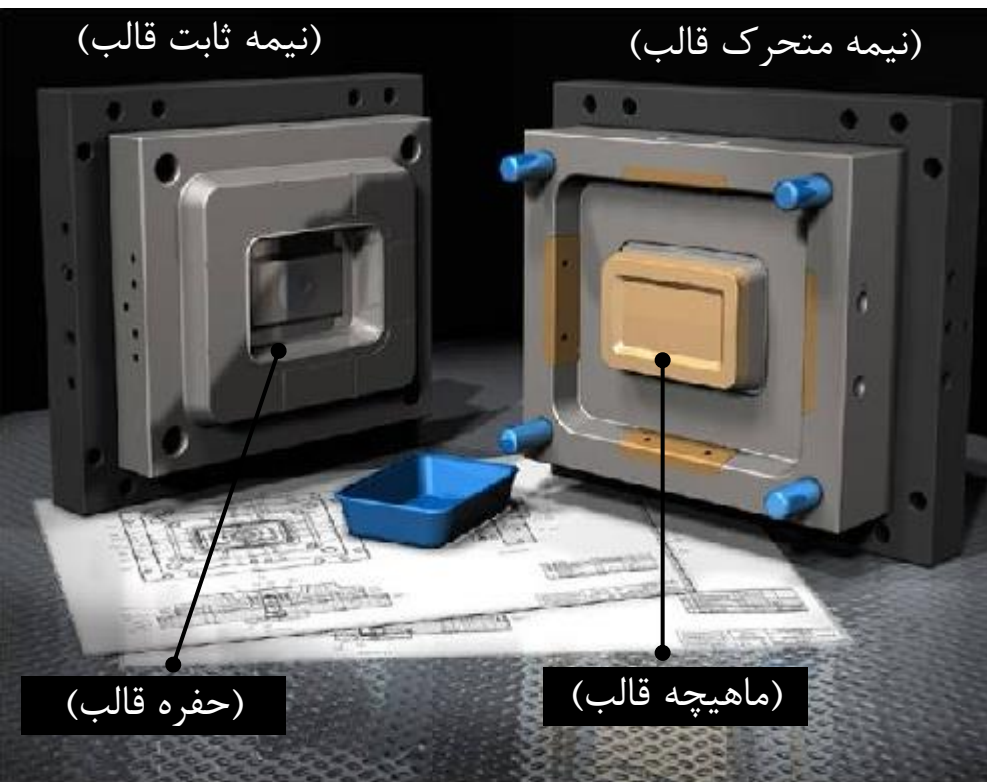


قالبهای تزریق پلاستیک - معرفی قسمتها



(b)

قالبهای تزریق پلاستیک



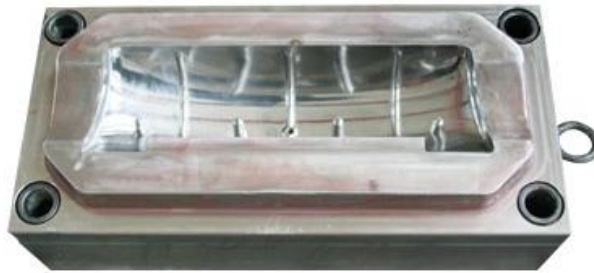
- بر اساس موقعیت خط جدایش قطعه، طراح قالب تصمیم می گیرد که کدام بخش قطعه در نیمه ثابت قالب و کدام بخش در نیمه متحرک جانمایی شود.
- خط جدایش قطعه بر خط جدایش قالب منطبق است.
- محفظه قالب متشکل از مجموعه ای از حفره و ماهیچه است.
- با توجه به اینکه معمولاً سیستم پران ماشین تزریق بر روی صفحه متحرک گیره ماشین قرار دارد بنابراین بخش پران قالب معمولاً بر روی نیمه متحرک طراحی می شود. به همین دلیل طراح قالب به گونه ای محفظه قالب را طراحی می کند که پس از باز شدن قالب، قطعه از نیمه ثابت جدا شده و بر روی نیمه متحرک باقی بماند.
- با توجه به اینکه قطعه پس از تزریق بر روی ماهیچه منقبض (shrinkage) می شود بنابراین یکی از ملاحظات طراحی این است که ماهیچه یا مجموعه ای از ماهیچه ها بر روی نیمه متحرک و مجموعه حفره بر روی نیمه ثابت قالب قرار گیرد.
- پس از طراحی، بخش حفره و ماهیچه قالب بر روی صفحه حفره و ماهیچه قالب ماشینکاری می شود. گاهی حفره و ماهیچه به روش اینسرتی ساخته و مونتاژ می شود که باعث کاهش هزینه تعمیر و نگهداری قالب در صورت خراب شدن حفره یا ماهیچه می گردد.

تعداد حفره: عوامل زیر در طراحی تعداد حفره قالب موثر است:

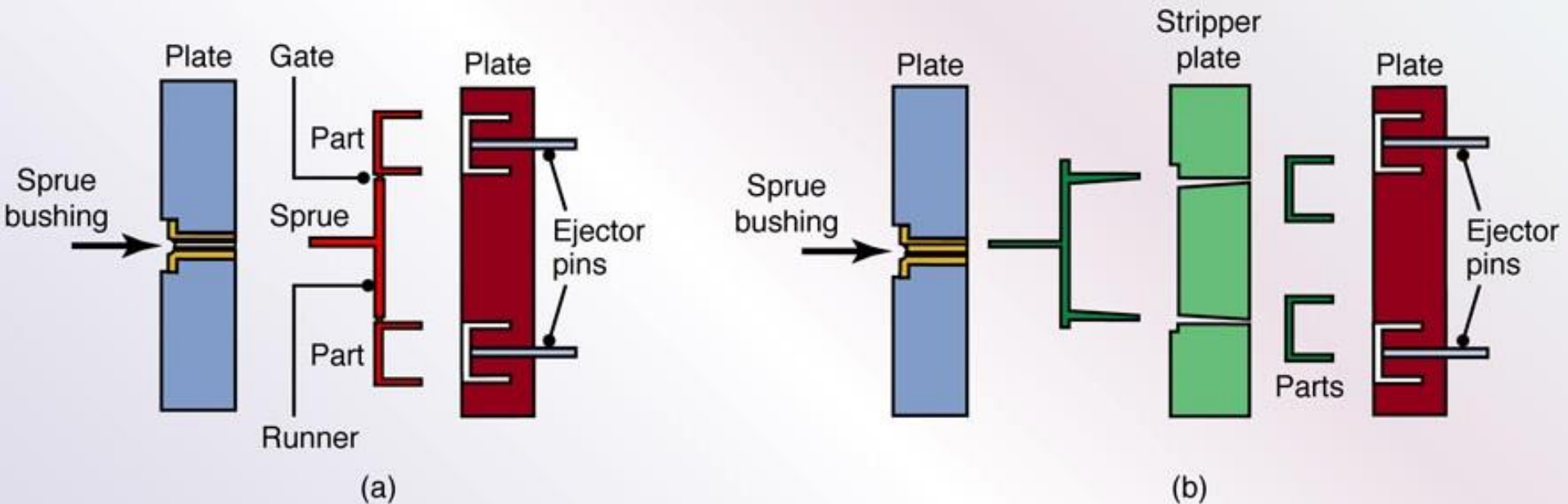
- ۱- تعداد قطعه مورد نیاز
- ۲- تاریخ تحویل
- ۳- اقتصاد تولید و سود دهی
- ۴- سرعت مذاب سازی ماشین تزریق
- ۵- وزن مواد در یک کورس تزریق
- ۶- نیروی گیره بندی ماشین تزریق

محفظه قالب

- قالب تک حفره ای
- قالب چند حفره ای

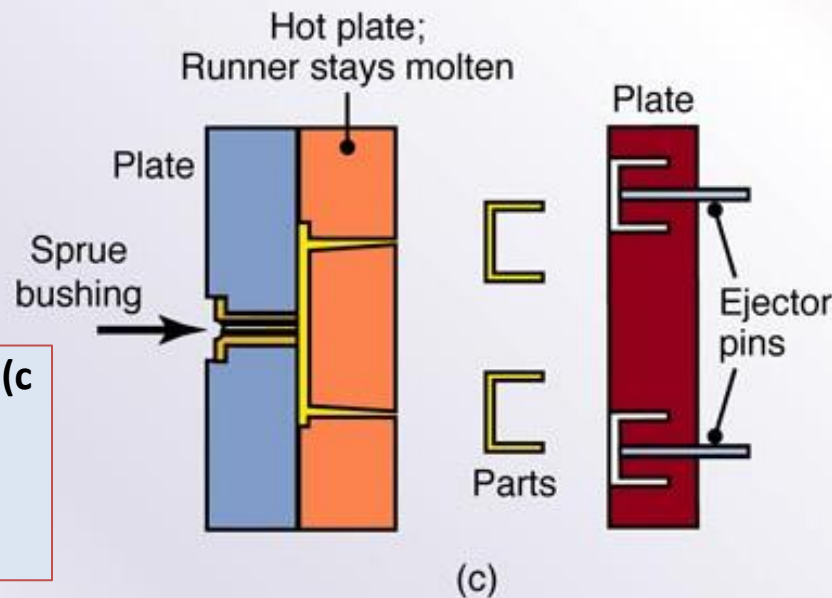


صفحات قالب



(a) قالب دو صفحه ای: دارای یک خط جدایش است. راهگاه چسبیده به قطعه از داخل قالب پران می شود. نیاز به عملیات دستی جداسازی قطعات از راهگاه است.

(b) قالب سه صفحه ای: دارای دو خط جدایش اصلی و فرعی است. خط جدایش اصلی بر روی قطعه و خط جدایش فرعی بر روی راهگاه است. در هنگام باز شدن قالب، راهگاه از قطعه جدا شده و به طور جداگانه از داخل قالب پران می شوند. راندمان تولید افزایش می یابد.



(c) قالب دو صفحه با راهگاه گرم: راهگاه به حالت مذاب باقی می ماند و ضایعات کاهش و راندمان تولید افزایش می یابد.

(c)

اجزای قالبهای تزریق

- (۱) محفظه (Barrel) : به بخشی از قالب گفته می‌شود که به شکل قطعه تزریقی است و مذاب پلاستیک پس از ورود به داخل آن سرد شده و قطعه شکل می‌گیرد. محفظه با تداخل دو عضو قالب به وجود می‌آید:
الف: حفره (Cavity) : قسمت مادگی قالب است و شکل بیرونی قطعه را به وجود می‌آورد.
ب: ماهیچه (Core) : قسمت نر قالب است و شکل داخلی قطعه را به وجود می‌آورد.
- (۲) صفحه حفره و ماهیچه (Cavity Retainer Plate & Core Retainer Plate) : در داخل یک صفحه، حفره ایجاد شده و در داخل صفحه دیگر ماهیچه تعبیه شده است. زمانی که قالب بسته می‌شود، بین فضای حفره و ماهیچه فضایی به شکل قطعه تزریقی که به آن محفظه نیز گفته می‌شود به وجود می‌آید.
نکته: در بعضی قالبها بنا به محدودیتهای طراحی، قسمتهایی از حفره و ماهیچه داخل یک صفحه و قسمتهای دیگر حفره و ماهیچه داخل صفحه دیگر قرار دارد. بنابراین یک تعریف کلی برای صفحه حفره و صفحه ماهیچه عبارت است از: صفحاتی از قالب که وقتی قالب بسته می‌شود محفظه را به وجود می‌آورد.
- (۳) بوش تزریق (Sprue Bush) : در هنگام تزریق، مواد پلاستیک از طریق مسیری از نازل ماشین به قالب وارد می‌شود. ساده‌ترین نوع این مسیر یک سوراخ مخروطی شکل در داخل یک بوش است. به این بوش که دارای سوراخ مخروطی است بوش تزریق و به مواد موجود در این مسیر، اسپرو گفته می‌شود.
- (۴) سیستم راهگاه (Runner System) : مذاب پلاستیک پس از عبور از بوش تزریق وارد مسیری می‌شود که منتهی به محفظه است. این مسیر راهگاه نام دارد. البته باید توجه داشت که سیستم راهگاهی در مورد قالبهای چند محفظه‌ای بیشتر کاربرد دارد و در مورد قالبهای تک محفظه‌ای انتهای اسپرو در ورودی محفظه است و راهگاه وجود ندارد. با این حال قالبهای تک محفظه‌ای نیز وجود دارند که به دلیل محدودیت‌های قطعه، از راهگاه نیز استفاده شده است.

اجزای قالبهای تزریق – ادامه

- (۵) حلقه تنظیم (Locating Ring) : برای اینکه مذاب پلاستیک بدون هیچ مانعی وارد قالب شود، نازل ماشین و بوش تزریق قالب باید هم مرکز باشند. برای این منظور قالب باید در مرکز صفحه ثابت گیره ماشین قرار گیرد. این هم مرکزی با استفاده از رینگ به نام رینگ تزریق امکان پذیر است. رینگ تزریق بر روی صفحه ثابت قالب و دور بوش تزریق قرار می گیرد طوری که بوش تزریق و رینگ هم مرکز هستند. نازل ماشین نیز با سوراخ موجود بر روی صفحه ثابت گیره هم مرکز است. وقتی قالب بر روی ماشین تزریق نصب می گردد رینگ تنظیم در سوراخ صفحه ثابت گیره قرار گرفته و بوش تزریق قالب را با نازل ماشین هم مرکز می کند.
- (۶) میله ها و بوشهای راهنما (Guide Pin & Guide Bush) : در قالبگیری قطعه ای که ضخامت آن مهم است، اطمینان از انطباق دقیق حفره و ماهیچه امری الزامی است. در این باره با استفاده از میله ها و بوشهای راهنما در دو لنگه قالب، از انطباق دقیق حفره و ماهیچه و در هنگام بسته شدن قالب اطمینان حاصل می شود.
- (۷) نیمه ثابت و نیمه متحرک (Fixed Half & Moving Half) : نیمه ای از قالب که بر روی صفحه ثابت گیره ماشین قرار دارد نیمه ثابت و نیمه ای از قالب که بر روی صفحه متحرک گیره قالب بسته می شود و همراه صفحه به عقب و جلو حرکت می کند تا قالب باز و بسته شود، نیمه متحرک قالب نام دارد. بعضی از اجزای قالب بر روی نیمه متحرک و بعضی دیگر بر روی نیمه ثابت قالب قرار دارد. به عنوان مثال صفحه ماهیچه بر روی نیمه متحرک و صفحه حفره بر روی نیمه ثابت قرار دارد زیرا در زمان سرد شدن قالب قطعه تزریقی منقبض شده و بر روی ماهیچه می چسبد. خواه صفحه ماهیچه بر روی نیمه ثابت و خواه بر روی نیمه متحرک قالب قرار گرفته باشد این عمل اتفاق می افتد. به دلیل این انقباض، قطعه درون قالب گیر کرده و برای بیرون آمدن آن نیاز به سیستم پران می باشد. چون سیستم پران ماشین بر روی صفحه متحرک گیره ماشین نصب است، بهتر است پس از باز شدن قالب، قطعه بر روی نیمه متحرک قالب بماند تا بتوان راحت تر عمل پران را انجام داد.

اجزای قالبهای تزریق – ادامه

۸) سیستم پران (Ejector System) : به دلیل انقباض پلاستیک پس از سرد شدن، قطعه درون قالب گیر کرده و برای بیرون آمدن آن نیاز به سیستم پران می باشد. سیستم پران با توجه به حساسیت و محدودیت های قطعه و قالب در انواع مختلفی طراحی و ساخته می شود. بعضی از آنها عبارتند از:

الف: میل پران (Ejector Pin) : پران قطعه از درون قالب می تواند توسط میله یا میله هایی به نام میل پران انجام می شود. سر میل پران که قطعه را از درون قالب خارج می کند با توجه به حساسیت و محدودیت های قطعه در شکل های مختلفی طراحی و ساخته می شود.

ب: پران صفحه ای (Stripper Plate) : در این طرح پران قطعه از درون قالب توسط یک صفحه انجام می شود.

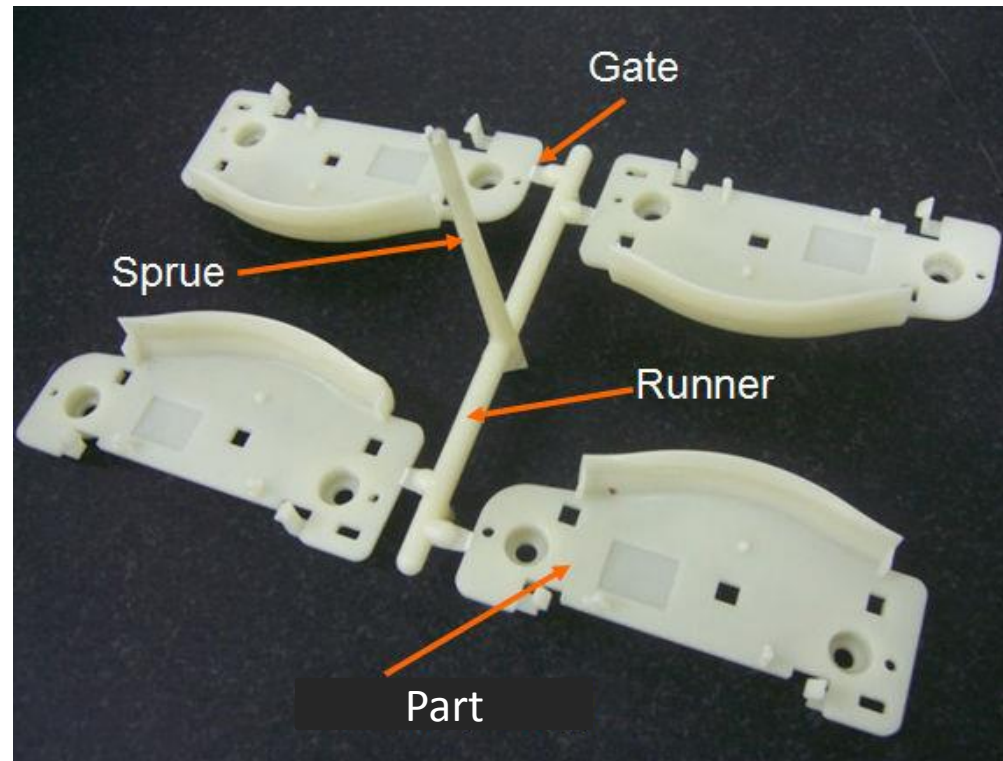
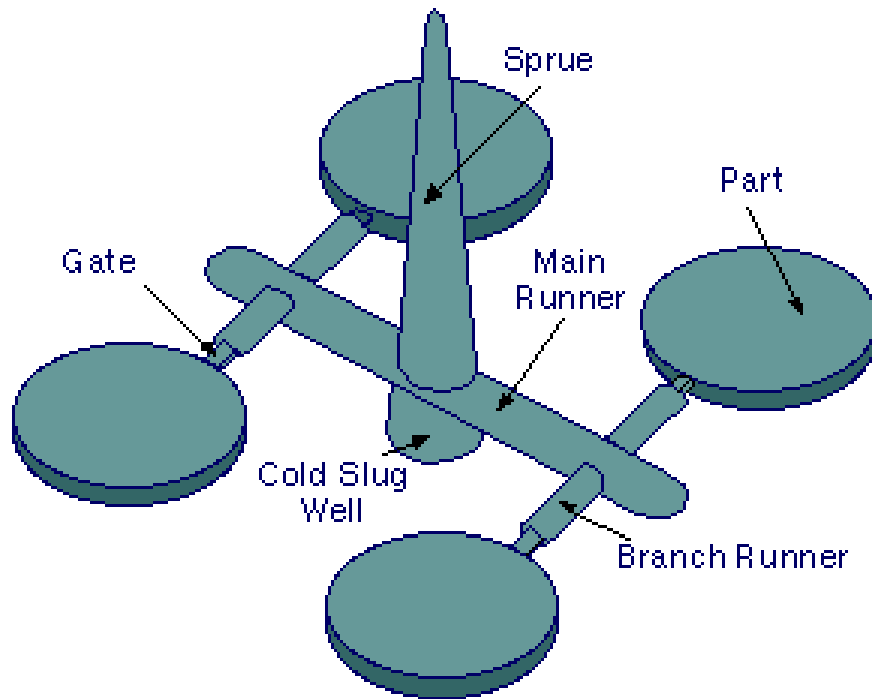
ج: صفحه نگهدارنده پران (Ejector Retainer Plate) : معمولاً میله های پران در درون صفحه ای به نام صفحه پران استقرار می یابند.

۹) سیستم خنک کاری قالب (Cooling System) : مذاب پلیمر وقتی وارد قالب می شود چیزی حدود 200 تا 300 درجه سانتی گراد (بسته به نوع ماده) دما دارد. در شروع کار تولید چون قالب سرد است مشکلی پیش نمی آید ولی پس تولید چند قطعه (بسته به مقدار دما، وزن و حجم قطعه) دمای اجزای درون قالب با دمای مذاب یکسان خواهد شد و باعث انبساط اجزا می شود که این باعث صدمه دیدن قالب و کیفیت بد قطعات تولیدی می شود. از طرف دیگر زمان انجماد افزایش می یابد که در نتیجه زمان تولید افزایش می یابد. بنا به دلایل فوق قالب نیاز به سیستم خنک کاری دارد. در این باره کانال های عبور آب در داخل قالب تعبیه می شود.

۱۰) راهگاه کش (اسپروکش) (Sprue Puller) : در قالب هایی که دارای راهگاه هستند سر اسپرو در ابتدای راهگاه قرار دارد. وقتی عمل تزریق انجام شد و قالب برای انجام مرحله پران باز می شود به دلیل عدم استحکام راهگاه و نیز گیرشی که اسپرو در بوش تزریق دارد، اسپرو از راهگاه جدا شده و در بوش تزریق می ماند و سرد می شود و کار تولید بعدی را با مشکل روبرو می کند. از این رو میله ای به نام راهگاه کش در قالب تعبیه می کنند که سر این میله که به شکل خاصی است در مجرای ورودی اسپرو به راهگاه قرار می گیرد. این میله در هنگام باز شدن قالب، باعث بیرون کشیدن اسپرو از بوش تزریق می شود.

طراحی سیستم تغذیه

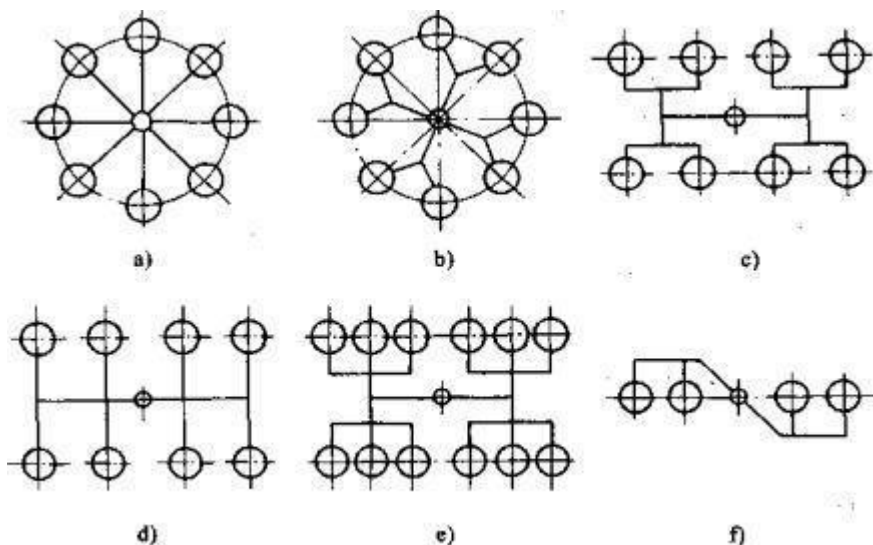
- به مسیر عبور مذاب پلیمر از نازل ماشین تزریق تا محفظه قالب **سیستم تغذیه قالب** گفته می‌شود. سیستم تغذیه شامل **اسپرو، راهگاه و گیت** است. در طراحی سیستم تغذیه، همواره سعی کنید، طول مسیری که مذاب پلیمر طی می‌کند تا به محفظه برسد حداقل باشد تا کمترین کاهش فشار و افت حرارتی را داشته باشد. در قالبهای چند حفره‌ای، آرایش حفره‌ها در طراحی سیستم تغذیه نقش مستقیم دارد.



طراحی سیستم تغذیه – جانمایی راهگاه

• جانمایی راهگاه یا جانمایی حفره‌ها (Runner Layout Or Cavity Layout)

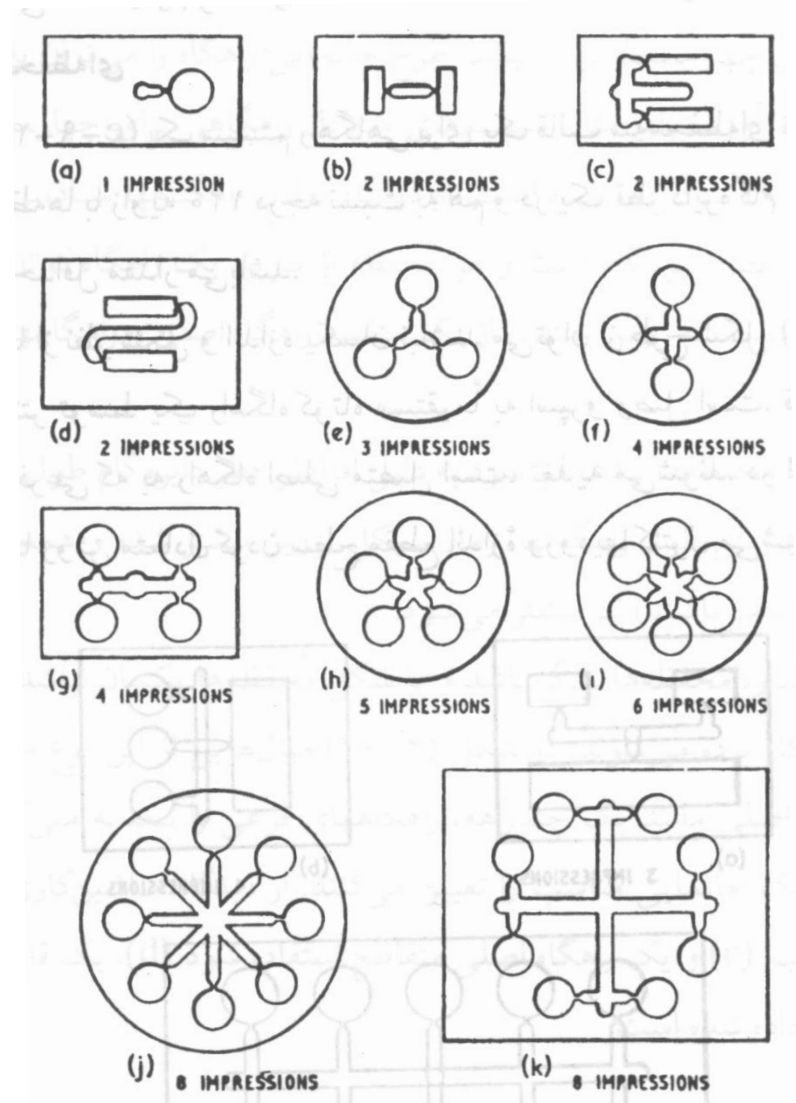
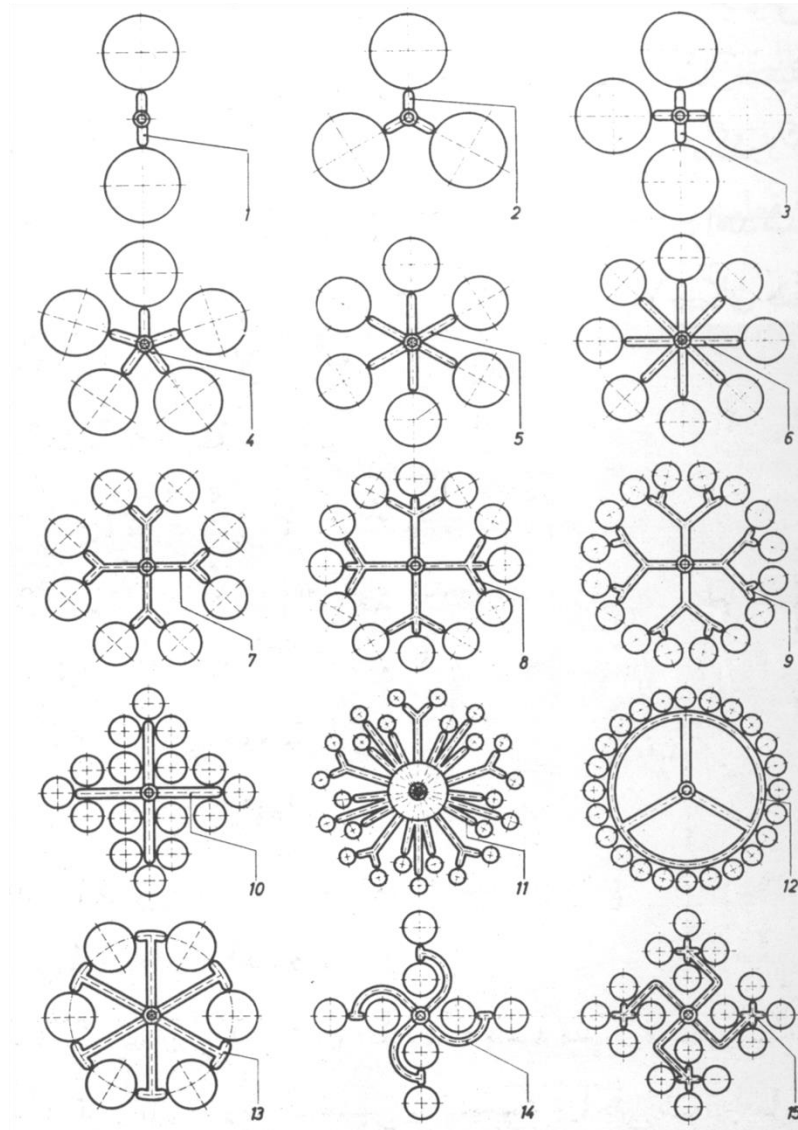
- راهگاه، کانالی است که در صفحه قالب ایجاد می‌شود تا اسپرو را به گیت (ورودی) محفظه قالب متصل کند. راهگاه ممکن است در سطح جدایش (در قالبهای ساده) و یا زیر سطح جدایش (در قالبهای پیچیده) قرار گیرد. راهگاه نباید مقاومتی در برابر جریان مذاب ایجاد کند بنابراین سطح تماس آن با مذاب باید پرداخت شود.



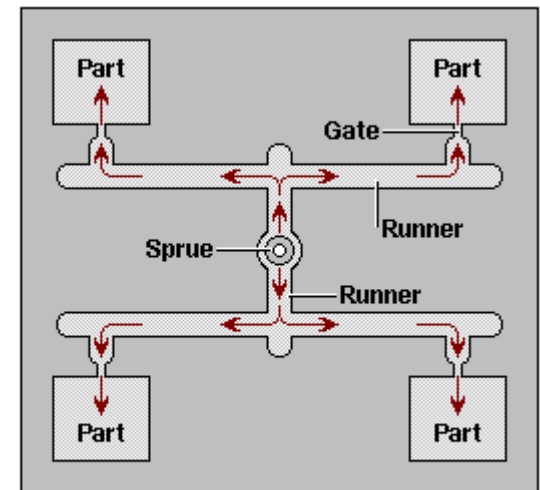
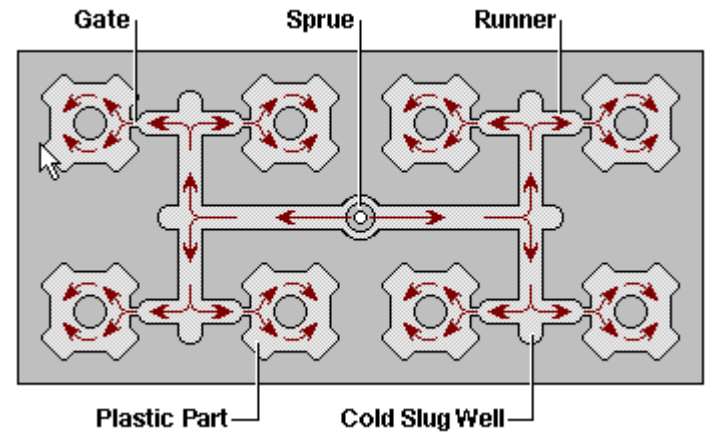
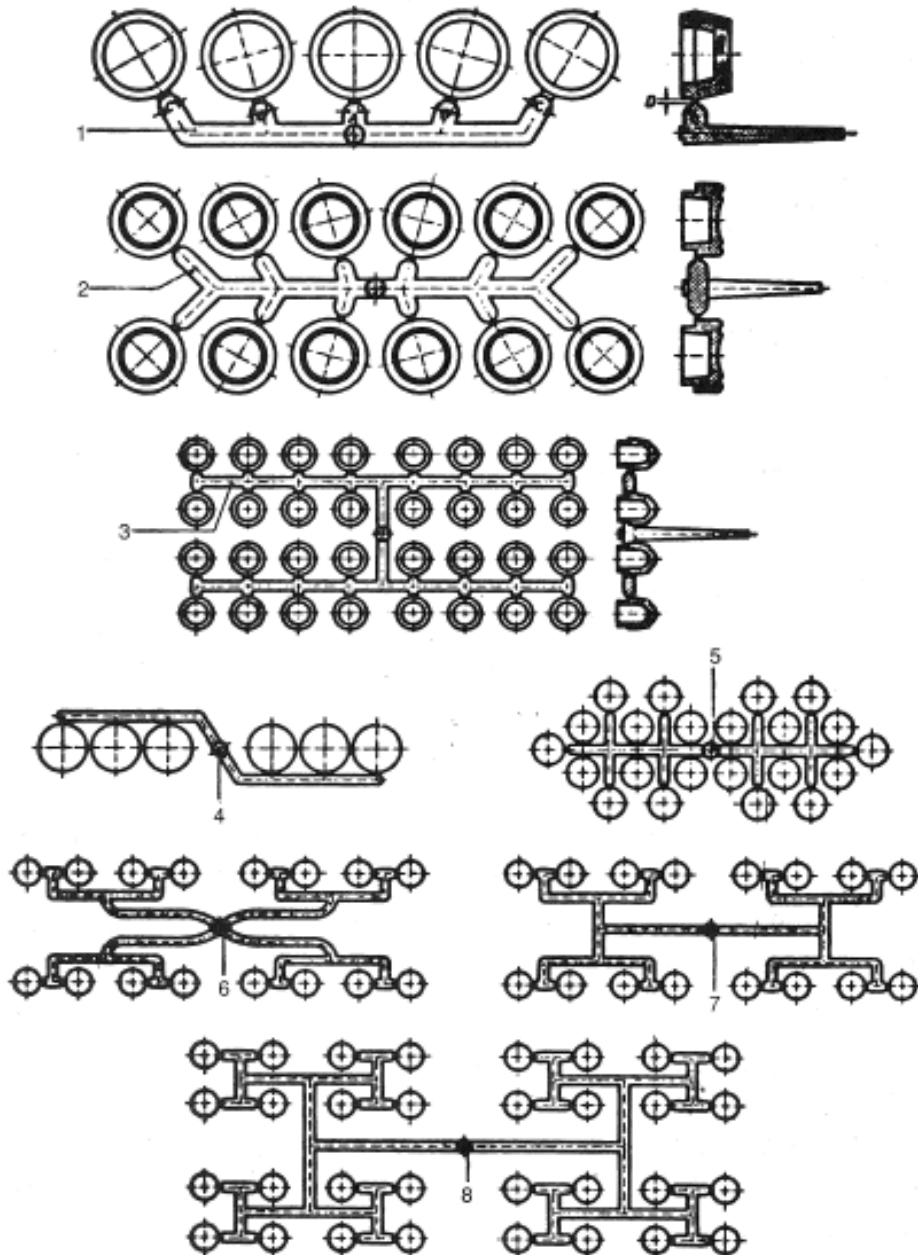
- جانمایی سیستم راهگاه به عوامل زیر بستگی دارد:

- (۱) تعداد محفظه
 - (۲) شکل قالب (استوانه‌ای، مکعبی)
 - (۳) نوع قالب (دو صفحه‌ای و یا سه صفحه‌ای)
 - (۴) نوع گیت
- در طراحی جانمایی راهگاه نکات زیر را باید در نظر گرفت:
- (۱) تمام حفره‌ها باید به صورت هم زمان و با مذابی که دمای یکسان دارد پر شوند. (اصل تعادل)
 - (۲) طول راهگاه باید کمترین مقدار را داشته باشد. این به خاطر کاهش افت فشار و به حداقل رساندن ضایعات است.
 - (۳) فاصله یک حفره از حفره دیگر به اندازه کافی زیاد باشد تا فضای لازم برای کانالهای خنک کاری و میله‌های پران وجود داشته باشد و نیز سطح مقطع کافی برای تحمل نیروهای حاصل از فشار تزریق وجود داشته باشد.
 - (۴) برآیند نیروها باید در مرکز ثقل راهگاه باشد.

طراحی سیستم تغذیه - جانمایی راهگاه

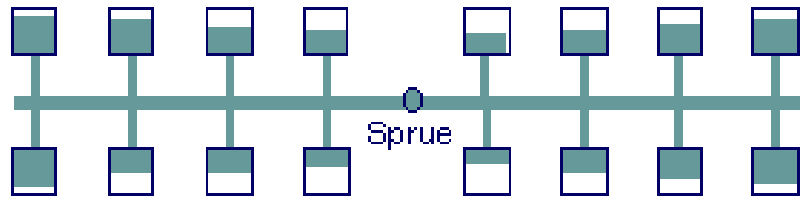


طراحی سیستم تغذیه - جانمایی راهگاه

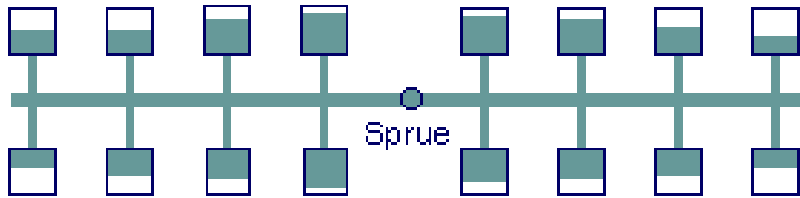


BALANCED H PATTERN RUNNER SYSTEM

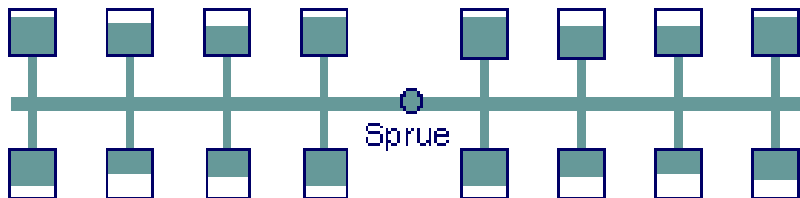
طراحی سیستم تغذیه - جانمایی راهگاه



Slow Injection Rate, farthest parts fill first



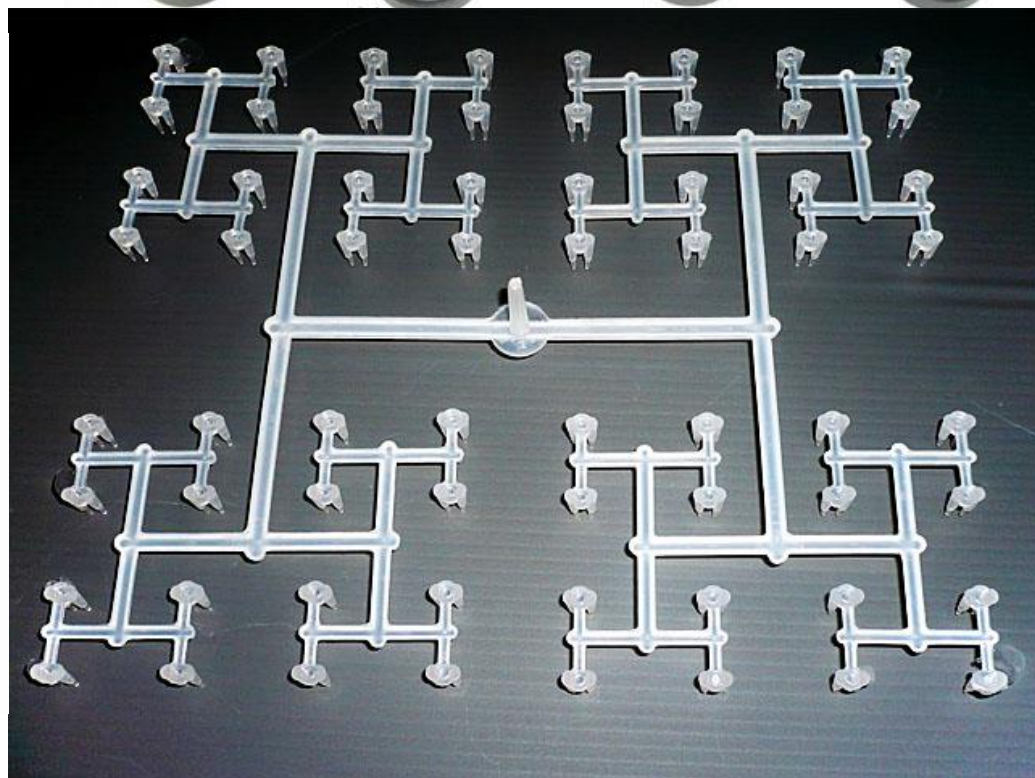
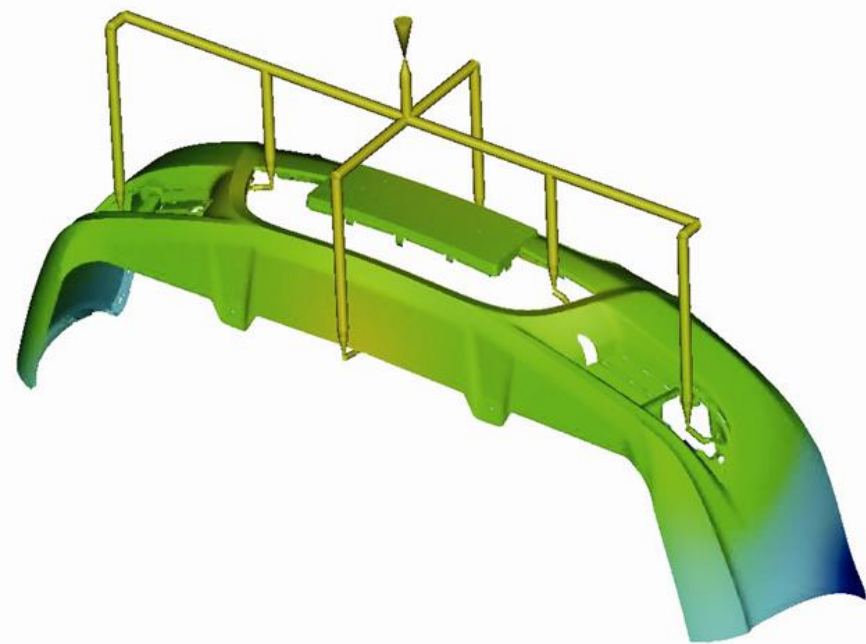
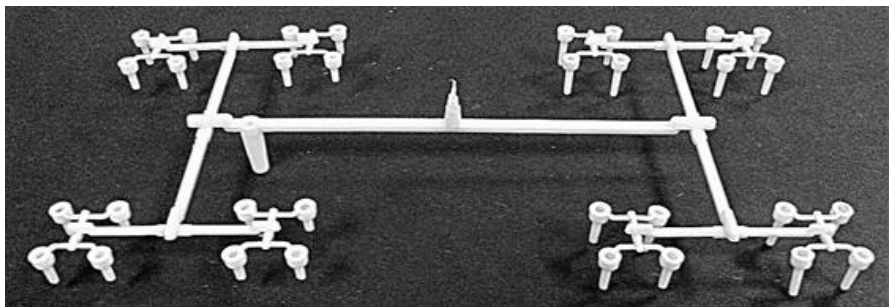
Fast Injection Rate, closest parts fill first



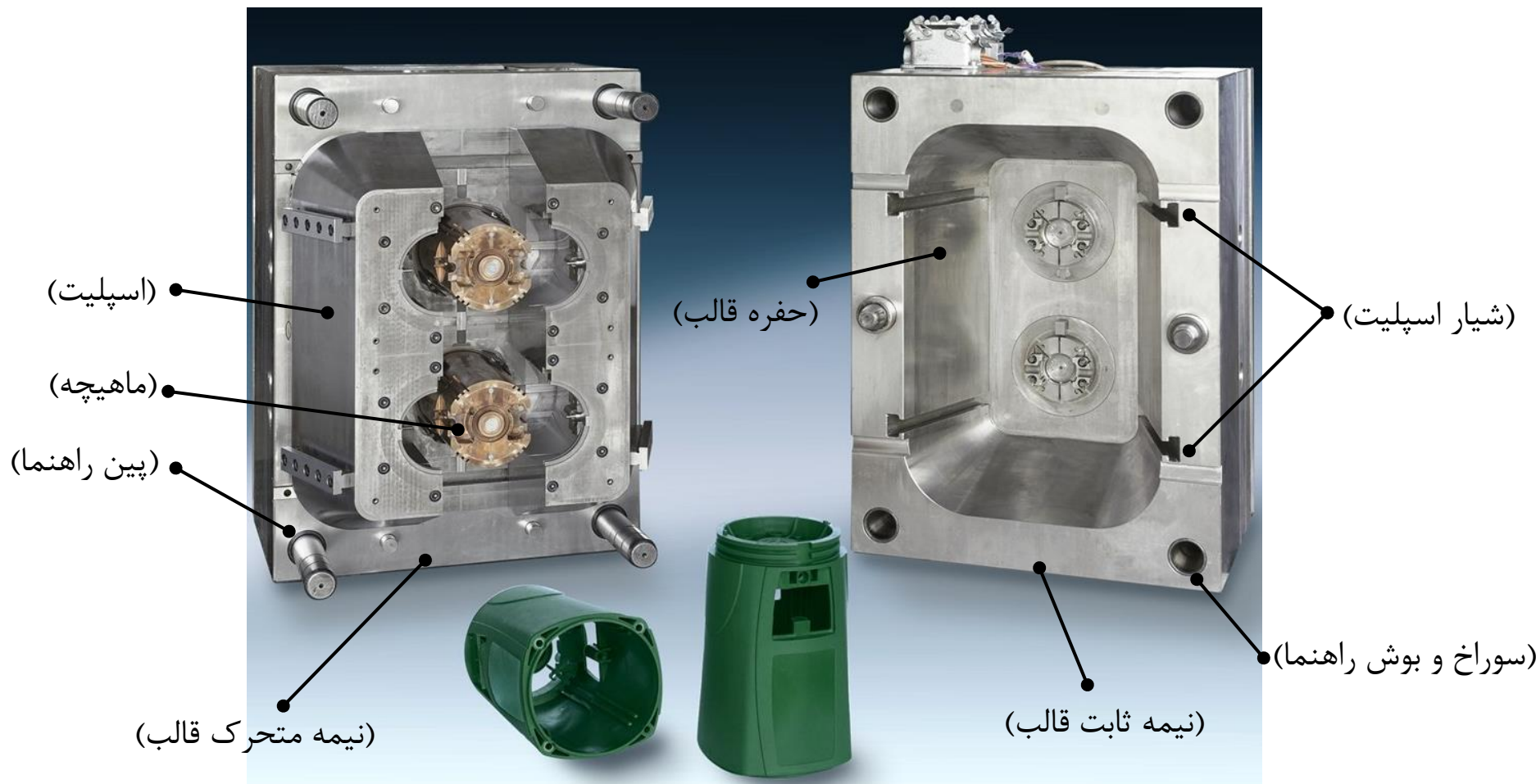
As close to balance as the process can get



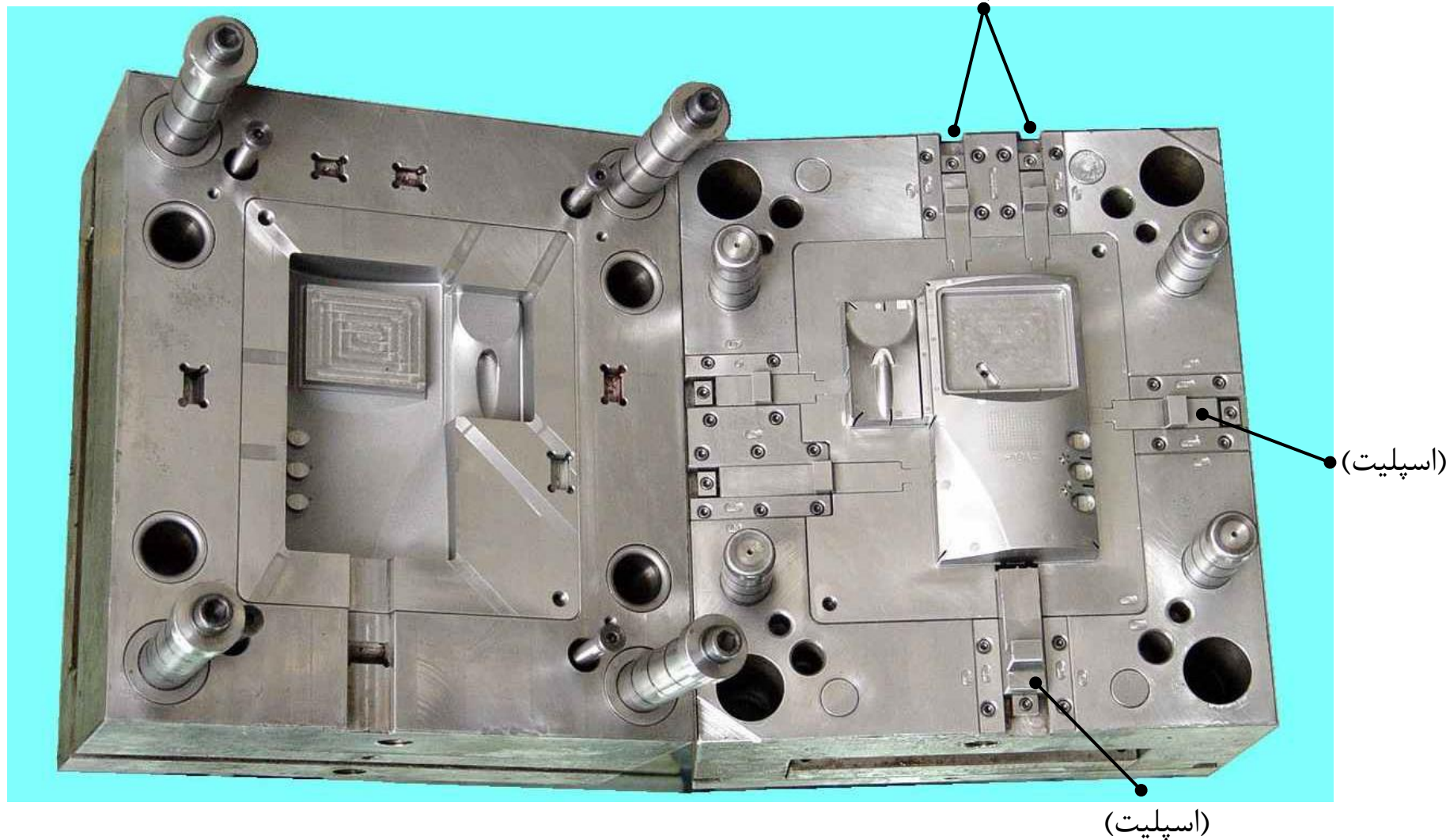
طراحی سیستم تغذیه - جانمایی راهگاه



طراحی محفظه قالب - قالبهای اسپلیتی

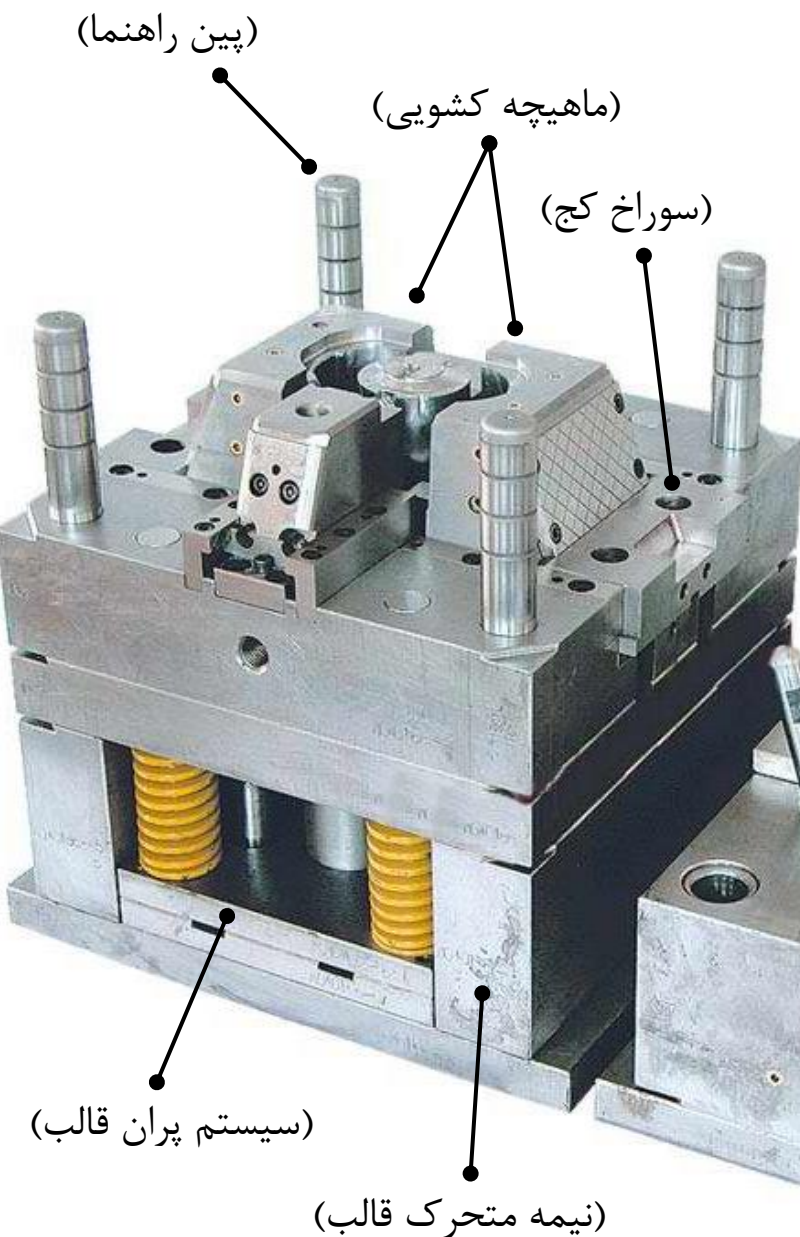


- اگر قطعه دارای شیارها و سوراخهایی بر محیط جانبی خود باشد به گونه ای که نیازمند به ماهیچه و حفره جانبی باشد از مکانیزم کشویی اسپلیت استفاده می شود.
- نمونه ای از این قالب با قطعه تولید شده در شکل نشان داده شده است.
- همراه با بسته شدن دو نیمه اصلی قالب، دو عدد کشویی در شیار مربوطه و به دلیل شیب حفره قالب به سمت همدیگر در مرکز قالب حرکت کرده و همزمان با بسته شدن کامل قالب در موقعیت خود قرار گرفته و محفظه قالب را تشکیل می دهند.
- پس از مرحله تزریق و شکل گیری قطعه درون محفظه، قالب شروع به باز شدن می نماید. همراه با باز شدن دو نیمه اصلی قالب، اسپلیتها در مسیر کشویی خود نیز باز شده و قطعه آماده پران می شود.

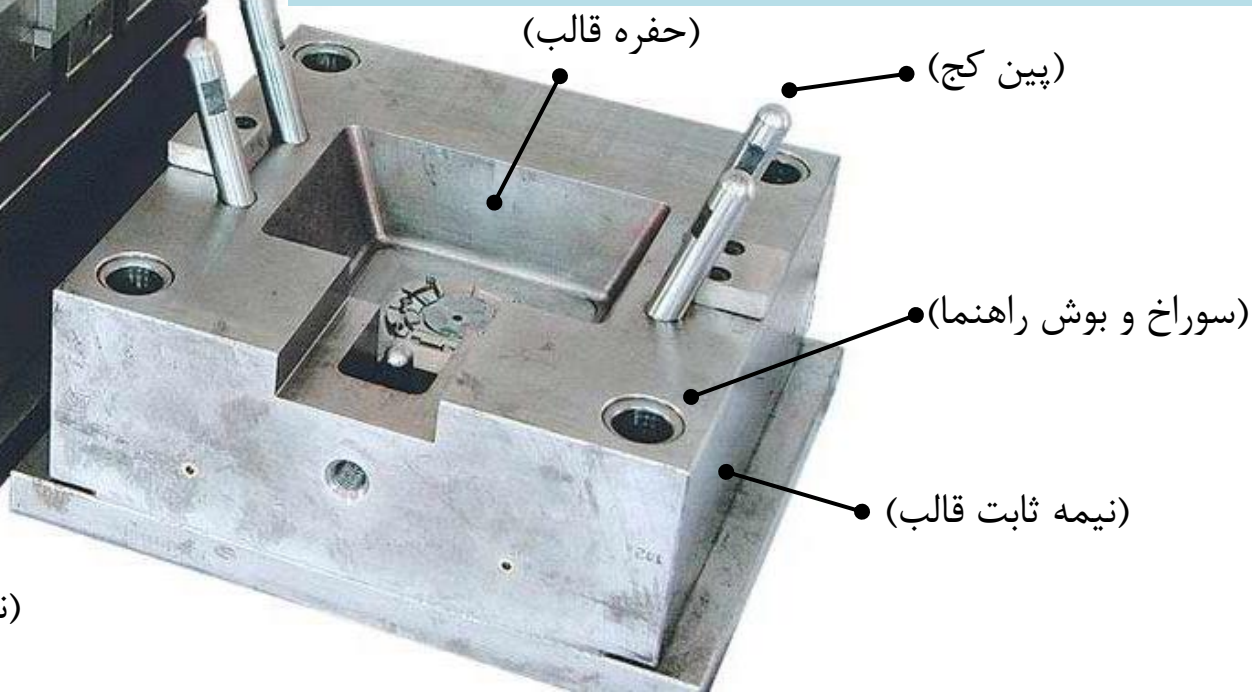


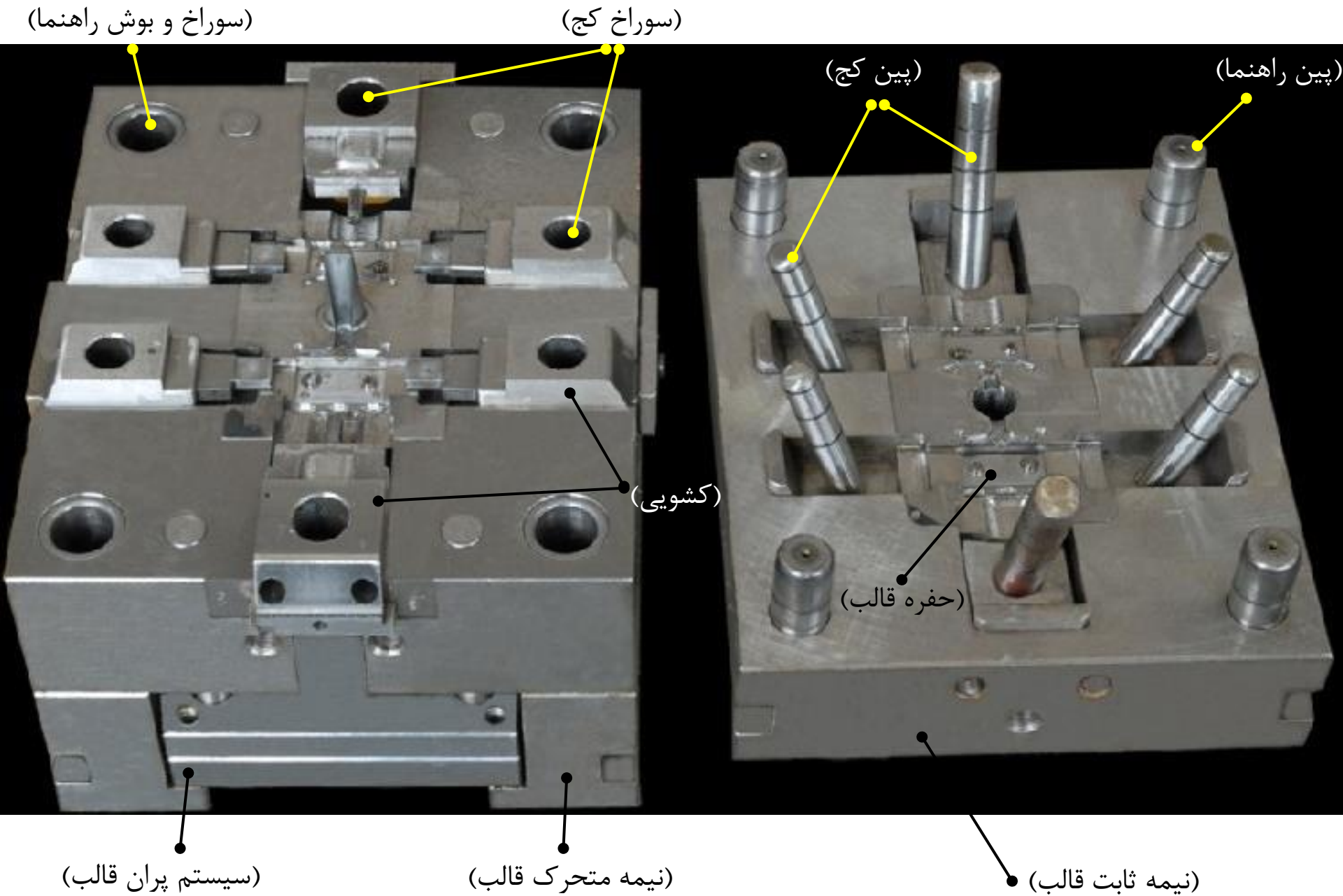
نمونه ای دیگر از قالبهای اسپلیتی: قاب موبایل دارای شیرها و زبانه های کوچک جانبی است که باعث جفت شدن دو قاب رویی و پشتی موبایل بر روی هم می شود. برای ایجاد این شیرها و زبانه های جانبی در قالب از اسپلیت استفاده می شود.

طراحی محفظه قالب - قالبهای کشویی با پین کج



- یکی دیگر از تکنیکهای طراحی قالب با ماهیچه و حفره جانبی برای قطعاتی که دارای شیار و سوراخهای جانبی هستند، استفاده از پین کج می باشد.
- نمونه ای از این قالب در شکل آمده است.
- در این قالبها، همراه با بسته شدن دو نیمه اصلی قالب، دو عدد پین کج وارد سوراخ کج کشویی ها شده و باعث حرکت کشویی ها به سمت همدیگر در مرکز قالب شده و همزمان با بسته شدن قالب در موقعیت خود قرار گرفته و حفره قالب شکل می گیرد.
- زاویه پین های کج بین ۷ تا ۲۰ درجه طراحی می شوند. بهترین زاویه ۱۰ تا ۱۵ درجه است.
- کشویی ها مجهز به فنر برگشت دهنده و نیز محدود کننده کورس حرکت هستند.

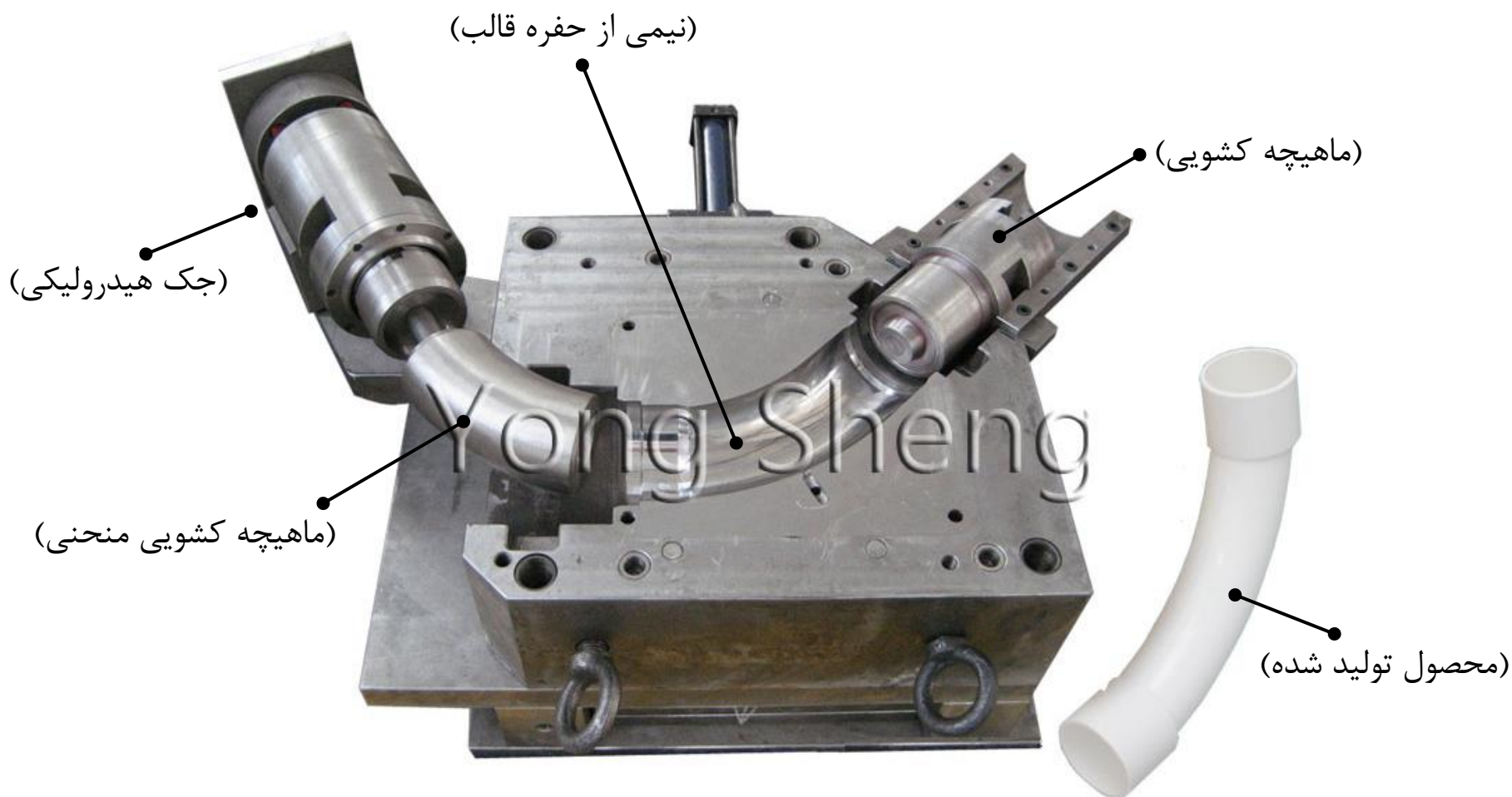




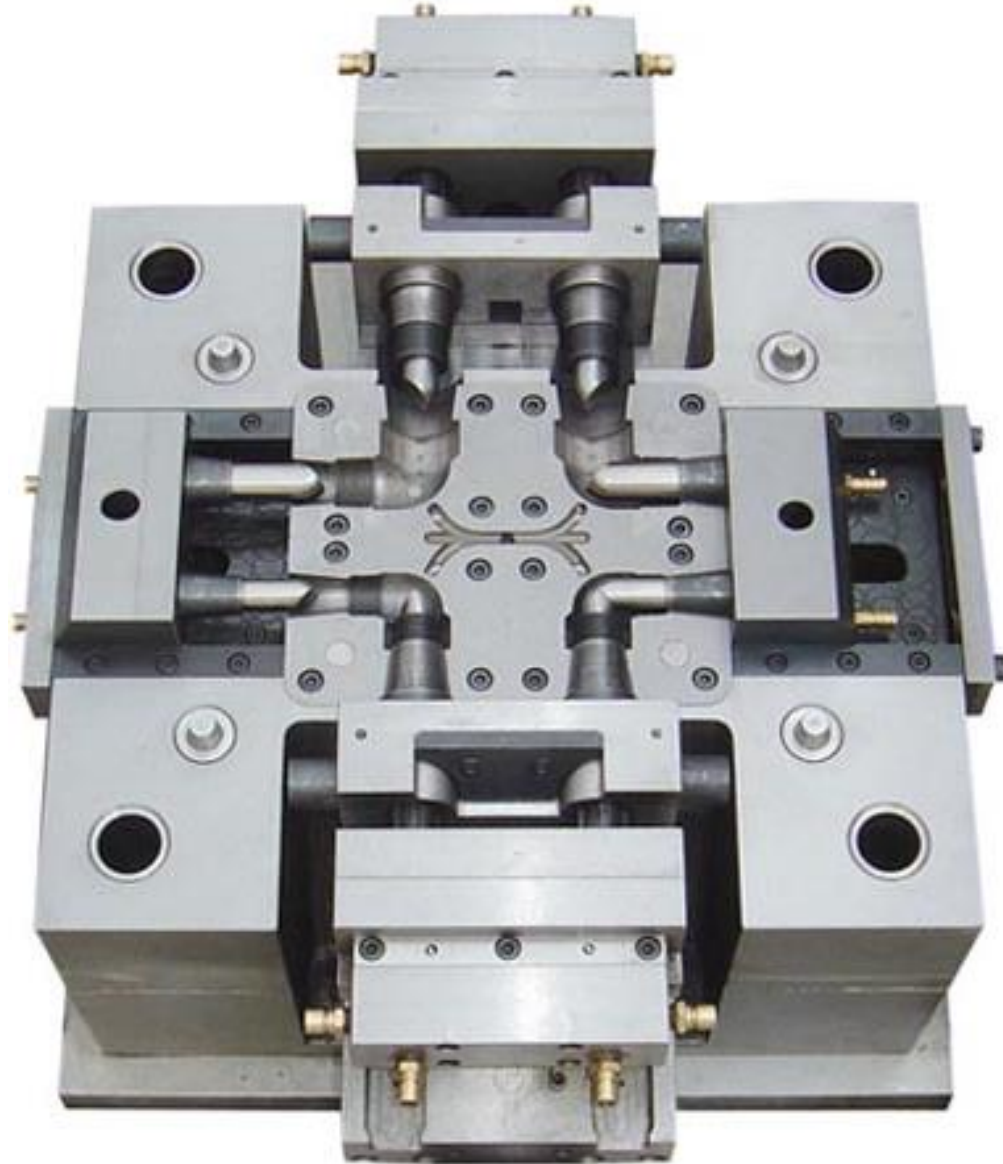
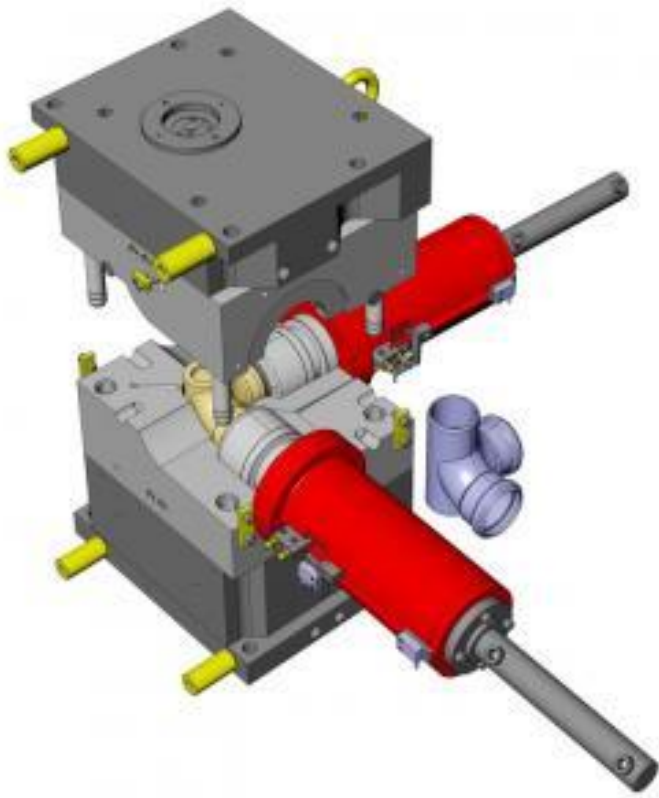
نمونه ای دیگر از قالبهای کشویی با پین کج: قالب دو حفره ای است. شش عدد کشویی با استفاده از مکانیزم پین کج در هنگام بسته شدن قالب به طرف مرکز قالب کشیده می شوند و حفره های قالب را تشکیل می دهند.

طراحی محفظه قالب - قالبهای با کشویی هیدرولیکی

- در بسیاری از قطعات به دلیل بلند بودن کورس حرکتی کشویی امکان استفاده از پین کج وجود ندارد و یا ممکن است به دلیل تعدد و تأخر و توالی حرکت اجزای قالب، لازم باشد تا کشویی ها حرکتی مستقل داشته باشند در این حالت از کشویی هایی که به سیلندر و پیستون هیدرولیکی (جک) مجهز گردیده اند استفاده می گردد.



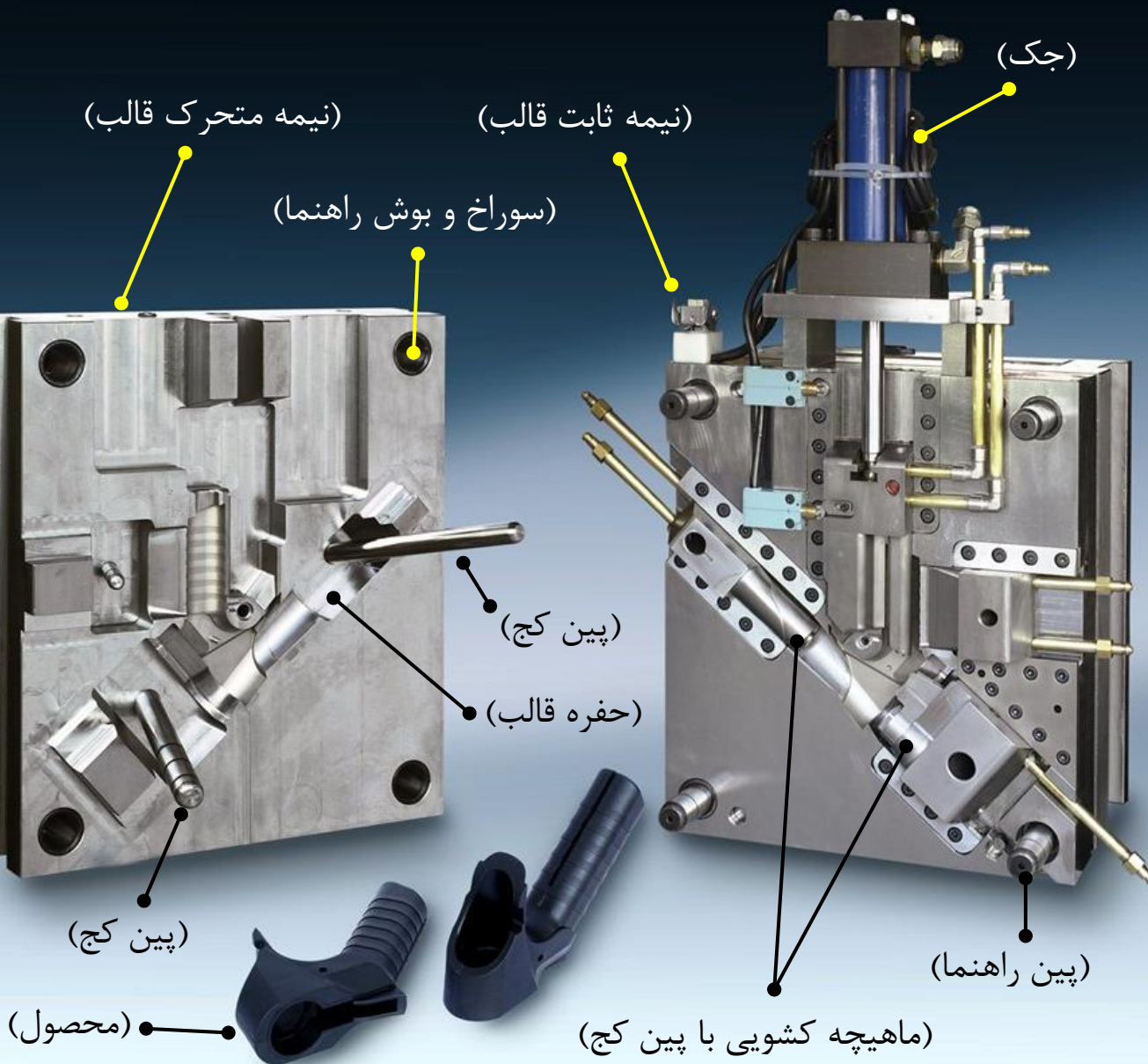
- در قالب زیر: از هر دو مکانیزم پین کج و جک هیدرولیک برای حرکت کشویی ها استفاده شده است. کشویی چپ و راست از مکانیزم پین کج و کشویی های بالا و پایین از جک هیدرولیک استفاده می کند.



- در قالب بالا: از دو عدد جک هیدرولیک برای حرکت کشویی های جانبی استفاده شده است تا لوله های جانبی قطعه تولید شود.

طراحی محفظه قالب - قالبهای پیشرفته

- در برخی از قالبها به دلیل پیچیدگی قطعه، نیاز به استفاده از ترکیبی از سیستمهای کشویی با پین کج و هیدرولیکی می باشد.
- در این قالب به دو دلیل از سیستم کشویی هیدرولیکی استفاده شده است: ۱- طول ماهیچه نسبتاً بلند بوده است و ۲- با توجه به شکل قطعه و حرکت قالب، ابتدا بایستی قبل از باز شدن قالب، ماهیچه بلند توسط سیستم هیدرولیک از قالب خارج شده و سپس قالب شروع به باز شدن نماید و همزمان با باز شدن قالب، سه عدد پین کج باعث خارج شدن دو ماهیچه کوچک جانبی و کشویی از داخل قطعه شوند تا قطعه بتواند پران شود.



قابگیری بادی – محصولات



قالبگیری بادی – مشخصات محصولات و فرآیند

عنوان	مشخصات
شکل هندسی	استوانه ای جدار نازک مکعبی جدار نازک ترکیبی جدار نازک
ابعاد حجمی	از چند mm^3 تا 32000mm^3
نوع پلیمر	ترموپلاستیک
صافی سطح	$6.35 - 12.7 \mu\text{m}$
تولرانس	± 0.25 to ± 1
حداکثر ضخامت دیواره	$0.4\text{mm} - 6\text{mm}$
تیراژ تولید	1000 - 1000000
مزایای محصول و فرآیند	^(۱) شکلهای پیچیده با ضخامت یکنواخت ^(۲) سرعت تولید بالا ^(۳) هزینه نیروی کار کم ^(۴) ضایعات کم
معایب محصول و فرآیند	^(۱) محدود به تولید محصولات توخالی، نازک و درجه تقارن بالا. ^(۲) کنترل ضعیف بر ضخامت دیواره. ^(۳) کنترل ضعیف بر کیفیت سطح ^(۴) تعداد محدودی پلیمر را می توان به کار گرفت ^(۵) هزینه بالای قالبسازی و تجهیزات
کاربرد	انواع بطریها، مخازن، لوله ها و هر محصول توخالی جدار نازک

قالبگیری بادی

سه روش اصلی قالبگیری بادی عبارتند از:

- (۱) قالبگیری بادی تزریقی
- (۲) قالبگیری بادی کششی
- (۳) قالبگیری بادی اکستروژن

مراحل عملیات قالبگیری بادی:

- (۱) ذوب پلیمر
- (۲) ساخت پیش شکل (پریفর্ম یا پاریزن) که به آن روده مواد هم گفته میشود. این پیش شکل توسط ذوب پلیمر در روش قالبگیری تزریقی ساخته میشود.
- (۳) دمش باد در روده مواد در قالب تا قطعه نهایی شکل بگیرد.
- (۴) پران قطعه از قالب
- (۵) جدا سازی پلیسه ها و عملیات تکمیلی بر روی قطعه

انواع پلیمرهایی که می توان در فرآیند قالبگیری بادی استفاده نمود:

Low Density Polyethylene (LDPE)

High Density Polyethylene (HDPE)

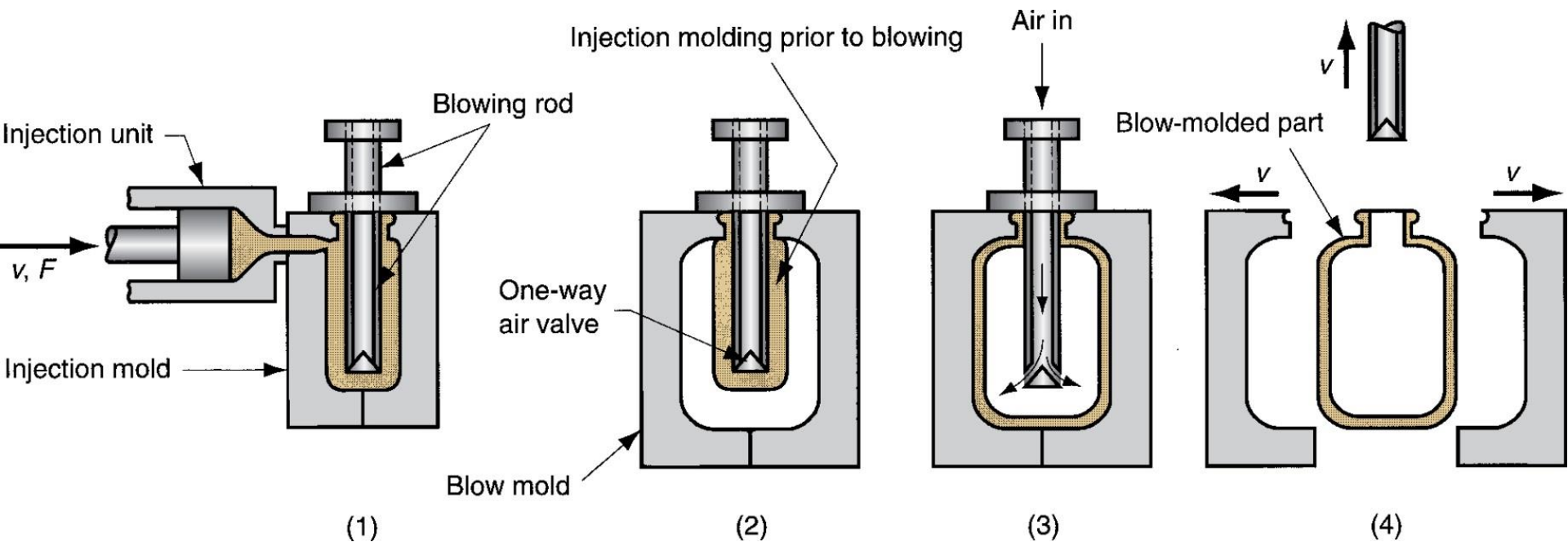
Polyethylene Terephthalate (PET)

Polypropylene (PP)

Polyvinyl Chloride (PVC)

قالبگیری بادی تزریقی

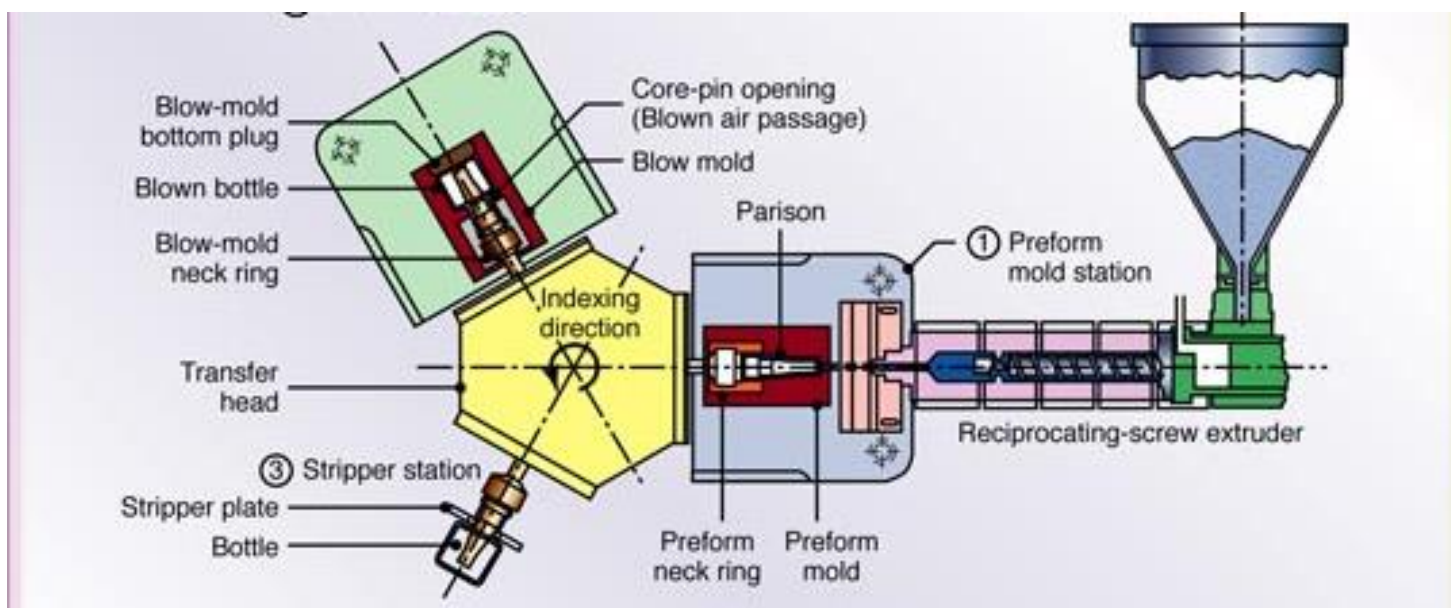
فرآیند با تزریق یک پریفرم اولیه یا پاریزن آغاز می گردد. این پریفرم پس از انتقال به ایستگاه دوم بوسیله یک سنبه و با کمک فشار هوا ظرف نهایی را تولید میکند. به جای هوا می توان از وکیوم (ایجاد خلاء) استفاده کرد. بدین معنی که سنبه، پریفرم را باد میکند و سپس وکیوم آنرا به شکل ظرف نهایی در می آورد. (پریفرم باید گرم باشد).



- (۱) پریفرم توسط دستگاه و قالب تزریق پلاستیک به دور سنبه ایجاد می شود.
- (۲) پریفرم به همراه سنبه در حالت گرم به قالب بادی منتقل می شود.
- (۳) هوا از طریق سنبه به داخل پریفرم نرم دمیده می شود تا پریفرم به دیواره داخلی حفره قالب بچسبد.
- (۴) ابتدا سنبه از داخل قالب خارج شده و سپس قالب باز می شود و قطعه تولید شده از داخل قالب خارج می گردد.



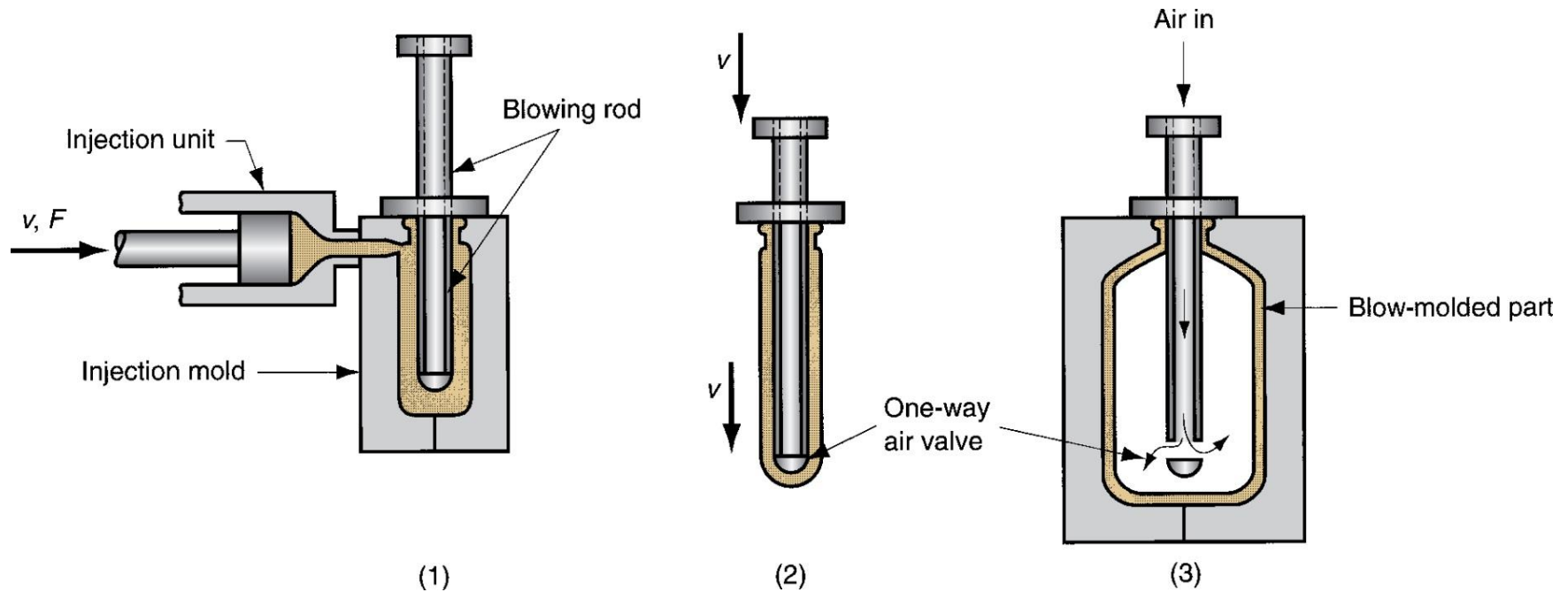
برخی محصولات تولید شده به روش قالبگیری بادی تزریقی همراه با پریفرم نشان داده است.



سه مرحله تولید در یک دستگاه تولید بطری به روش قالب بادی تزریقی را نشان می دهد.

قالبگیری بادی کششی

نخست پریفرم در دستگاه قالبگیری تزریقی تولید می شود و توسط یک سنبه کمی کشیده میشود و سپس بلافاصله در قالب بادی، بوسیله دمش باد شکل بطری نهایی را بدست میآورد. در بسیاری از حالات، مرحله دوم و سوم فرآیند، بلافاصله پس از تزریق پریفرم صورت می گیرد. ولی در برخی موارد پریفرم از ماشین تزریق جدا و دوباره برای مراحل بعدی گرم می شود.



(۱) پریفرم توسط دستگاه و قالب تزریق پلاستیک به دور سنبه ایجاد می شود.

(۲) پریفرم به همراه سنبه در حالت گرم کمی کشیده می شود. نامگذاری این روش به دلیل همین مرحله است.

(۳) سنبه به همراه پریفرم به داخل قالب منتقل شده و قالب بسته می شود. هوا از طریق سنبه به داخل پریفرم نرم دمیده می شود تا پریفرم به دیواره داخلی حفره قالب بچسبد. باز شدن قالب شبیه به باز شدن قالب در روش قبل است.



STEP 1

Injection

Moulding



STEP 2

Stretch-Blow

Moulding



گرانول PET



پریفرم به روش تزریق
پلاستیک تولید می شود



پریفرم توسط قالب بادی
کششی به شکل بطری در
می آید

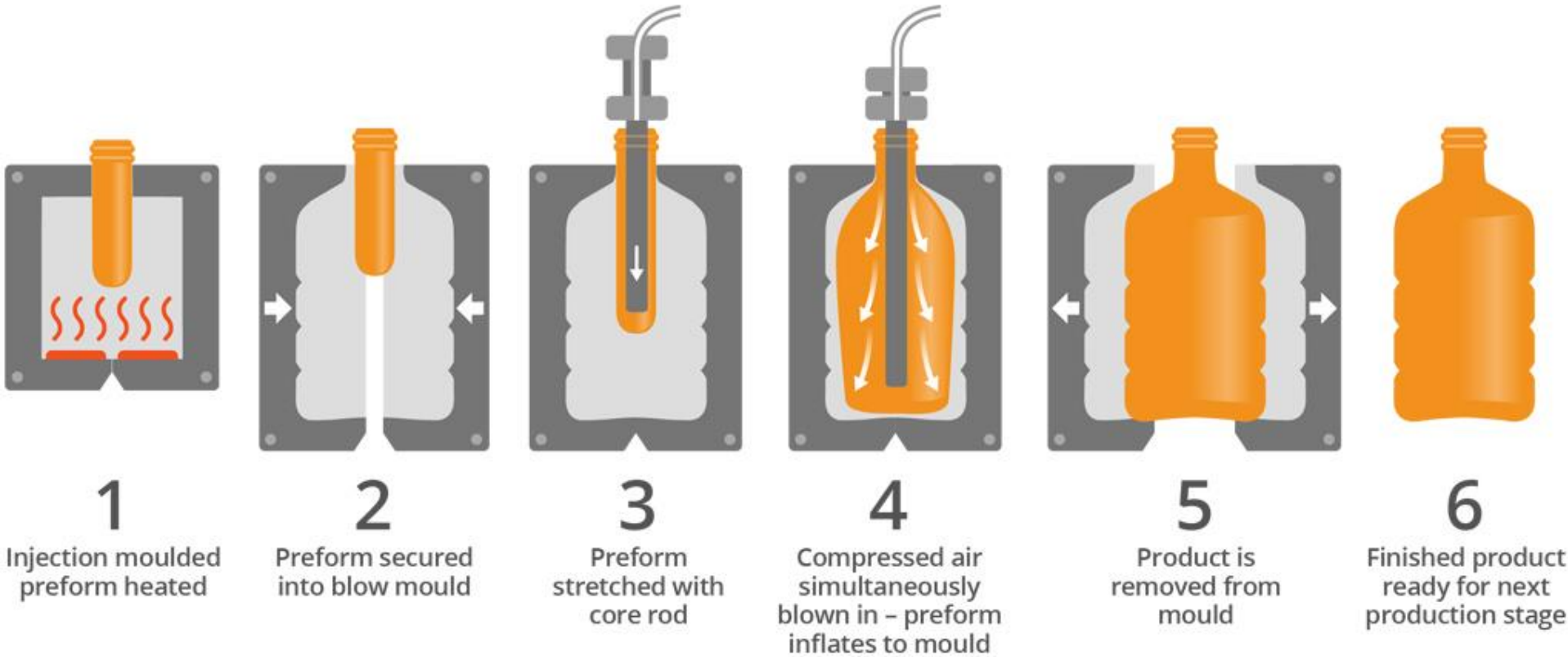
(۱) تفاوت قالب بادی کششی با قالب بادی تزریقی در مرحله کشش پاریزن است.

(۲) کشش پاریزن باعث ایجاد خصوصیات مثل ساختار سفت، شفافیت و مقاومت به ضربه در بطری تولید شده می شود.

(۳) در این روش (تولید بطری) اغلب از پلیمر پلی اتیلن ترفتالات PET استفاده می شود زیرا مقاومت ضربه ، شفافیت ، سفتی ، نفوذ ناپذیری گازها ، خزش و دیگر پارامترهای در حین فرایند شکل دهی بهینه سازی میشوند .

(۴) پلیمر در حالت کشش فقط یکبار سخت و محکم می شود و خواص مطلوب را در بطری PET ایجاد می کند . چنانچه PET کشیده شده در دمای بالای 75 سانتیگراد نگهداشته شود و به طور آهسته بلوری شده و پلیمر به شکل مات ، سفت ، محکم و با انعطاف پذیری کمتر در می آید که به آن PET بلوری یا CPET گفته می شود . این شکل از پلیمر قابلیت تحمل دماهای بالاتر را دارد و می تواند برای تولید سینی ها و ظروف مورد استفاده در اجاق گازها و ماکروویوها بسیار خوب و مناسب می باشند.

قالبگیری بادی کششی - مثال دیگر



(۱) پریفرم، گرم شده تا نرم شود.

(۲) پریفرم در حالت گرم در داخل قالب بادی قرار داده می شود و قالب بسته می شود.

(۳) سنبه به داخل پریفرم گرم وارد می شود و آنرا به سمت کف قالب می کشد.

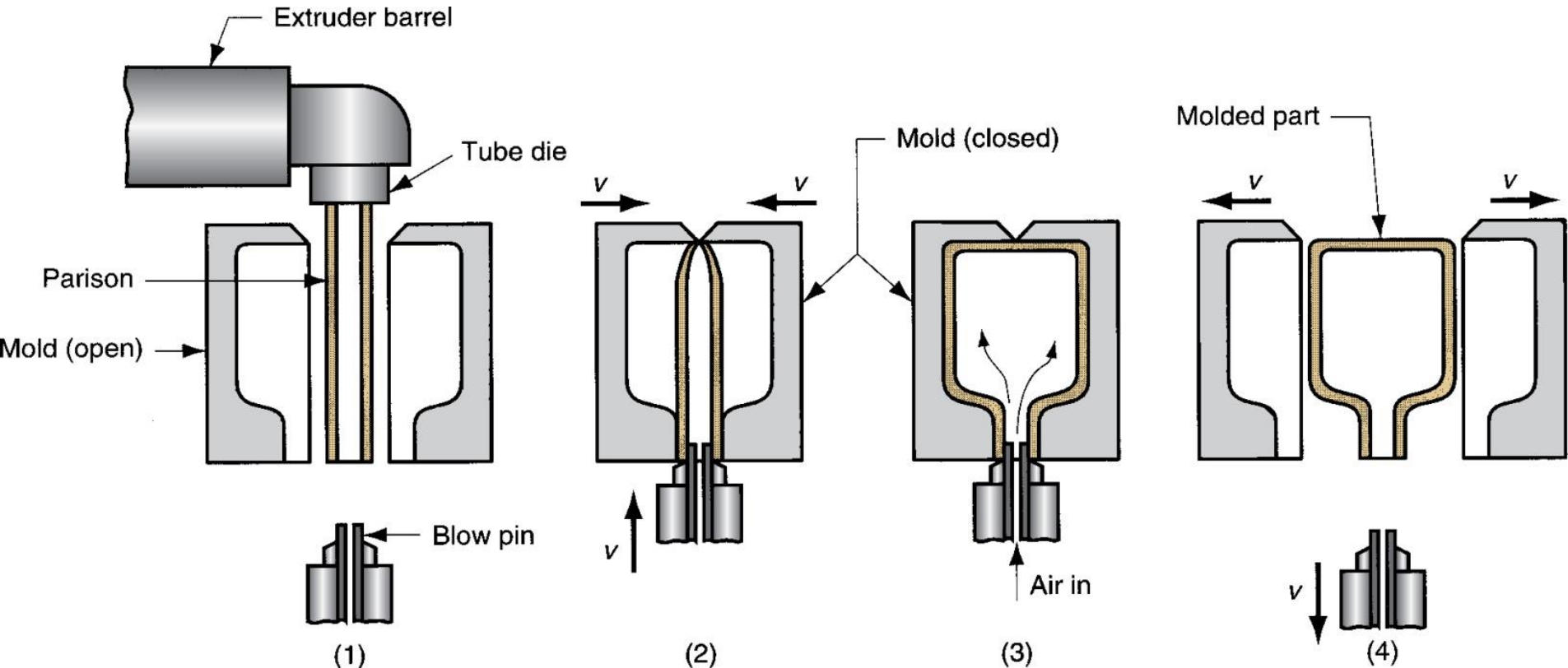
(۴) در حالیکه سنبه پریفرم گرم را به پایین می کشد هوای فشرده وارد پریفرم شده و آنرا باد می کند تا شکل حفره قالب را به خود بگیرد.

(۵) قالب باز شده و محصول تولید شده خارج می شود.

(۶) محصول تولید شده.

قالبگیری بادی اکستروژن

در این روش، پریفرم تزریقی مانند یک لوله نرم (پاریزن) به صورت طولی و در حالیکه قالب باز است به سمت پایین و بین دو نیمه قالب رها میشود. سپس همانطور که قالب بسته می شود قسمت بالای پاریزن توسط لبه قالب و قسمت پایین آن توسط سنبه دمنده هوا آبدی می شود و بدین ترتیب قالب، پاریزن را در بر میگیرد. سپس هوا از طریق به داخل پاریزن دمیده می شود و پاریزن شکل حفره قالب را به خود می گیرد. نهایتاً قالب باز شده و بطری بیرون انداخته میشود.



- (۱) در حالیکه قالب بادی باز است، پریفرم (پاریزن) توسط دستگاه و قالب اکستروژن بین دو نیمه قالب بادی آویزان می شود.
- (۲) قالب بادی بسته شد و بالا و پایین پاریزن توسط لبه قالب و سنبه دمنده هوا آبدی می شود.
- (۳) هوا توسط سنبه به داخل پاریزن دمیده شده و پاریزن شکل حفره قالب را پیدا می کند.
- (۴) قالب باز شده و محصول تولید شده از آن خارج می شود.

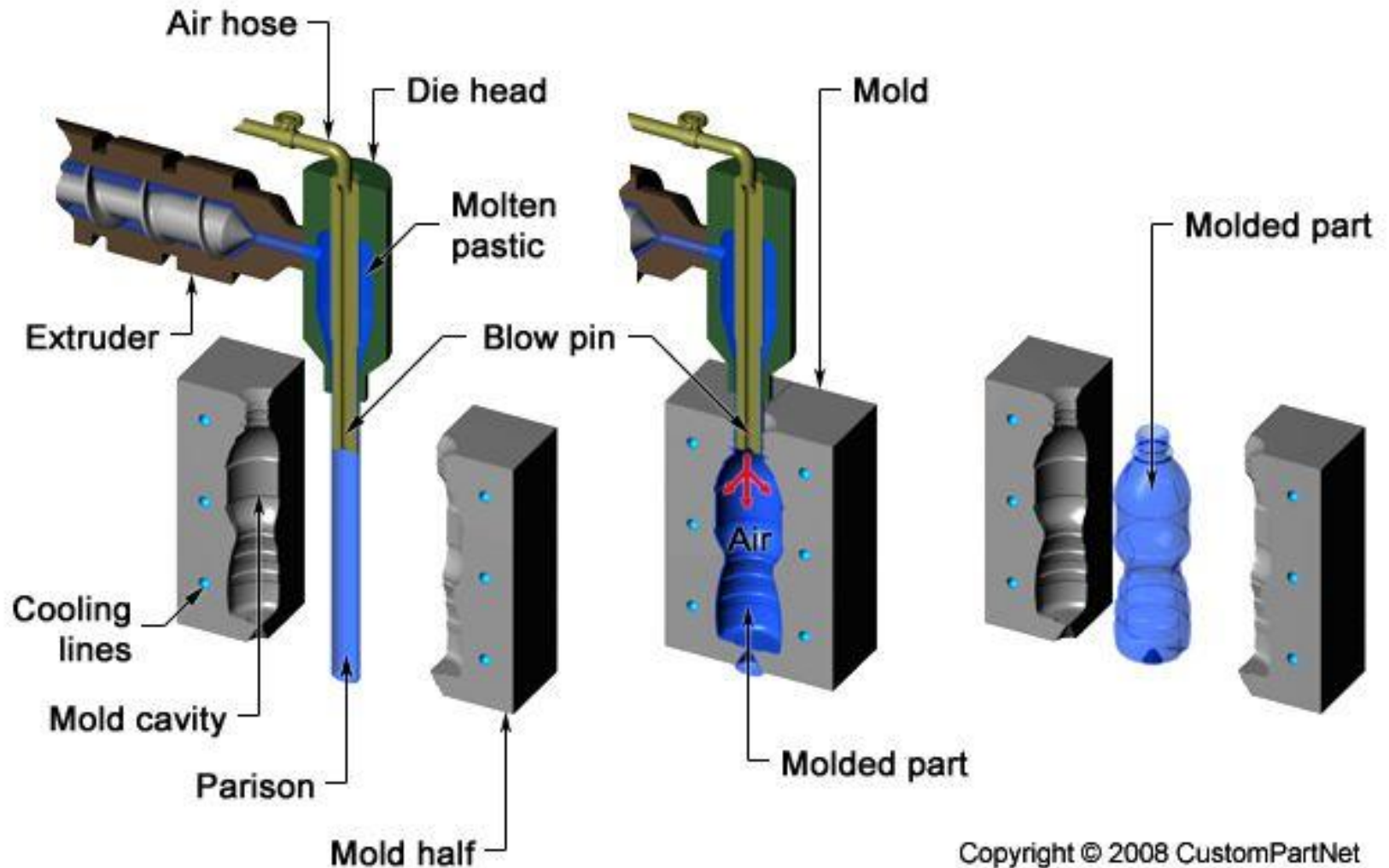
Parison Extrusion

(Cross-section)

Blow Molding

(Cross-section)

Part Formed



دو نمونه از قالب تولید بطری آب دیده می شود.



مراحل تولید پاریزن و محصول لحظه به لحظه دیده می شود.

مخزن تولید شده به روش قالب بادی اکستروژن.



قالبگیری گرمایی با وکیوم – محصولات



قالبگیری گرمایی با وکیوم – مشخصات محصولات

- ❑ فقط ورقهای ترموپلاستیک را می توان در این روش استفاده نمود. ورقهای ترموست و لاستیک به دلیل اینکه یکبار فرم دهی شده اند و ساختار کریستالی آنها تثبیت شده است را نمی توان در این روش به کار گرفت.
- ❑ ورقهای ترموپلاستیک با ضخامت بین 0.51mm تا 12.7mm را می توان فرم دهی کرد.
- ❑ قطعات با حداکثر ابعاد 1200*2500*5000 میلیمتر را می توان با این روش فرم دهی کرد.

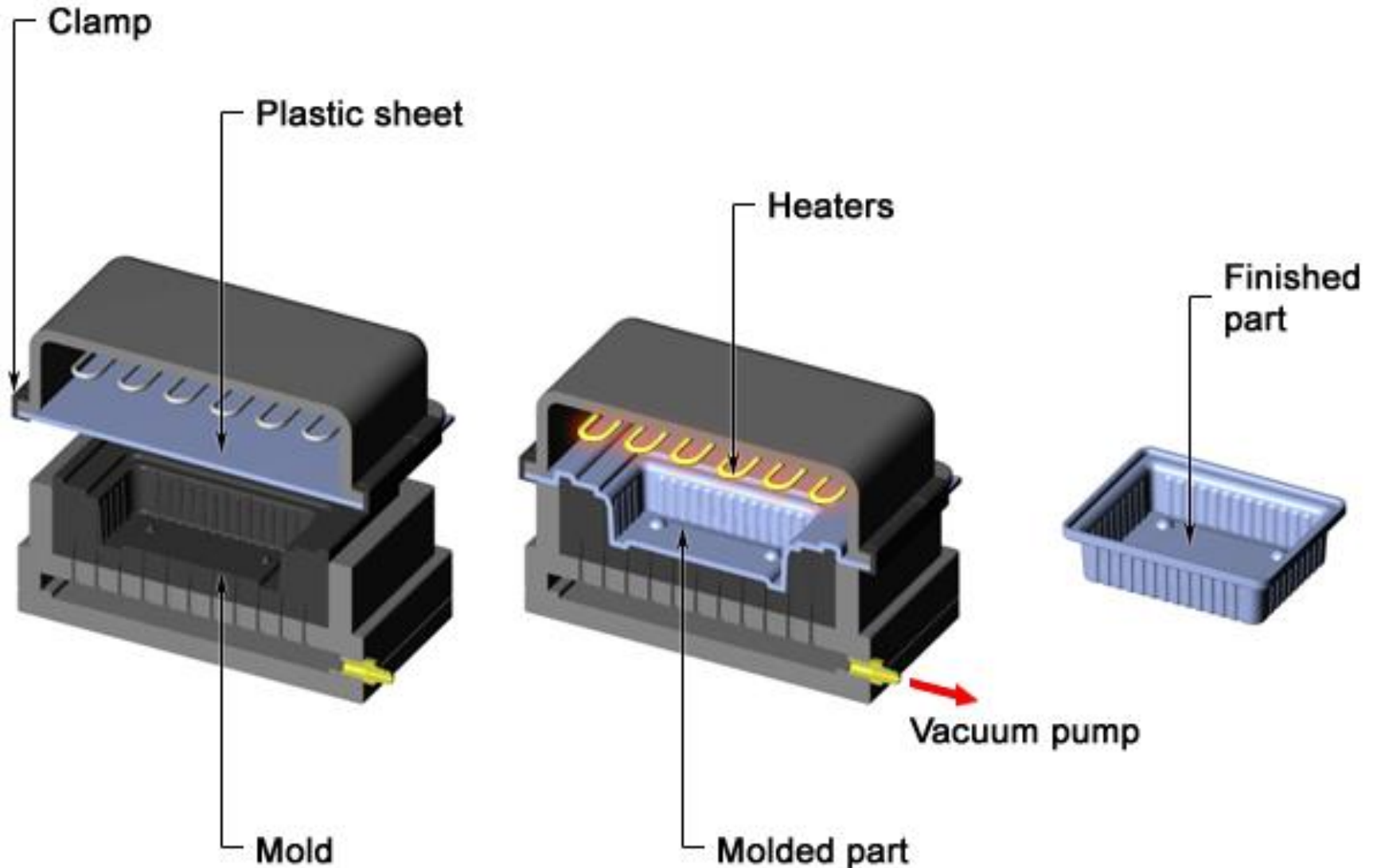
انواع ورقهای ترموپلاستیک که معمولاً در این روش استفاده می شوند:

- پلی استایرن PS
- سلولز استات CA
- سلولز استات بوتیریت CAB
- ای بی اس ABS
- پی وی سی PVC
- اکریلیک AC
- پلی متیل متاکریلات PMMC
- پلی اتیلن PE
- پلی پروپیلن PP

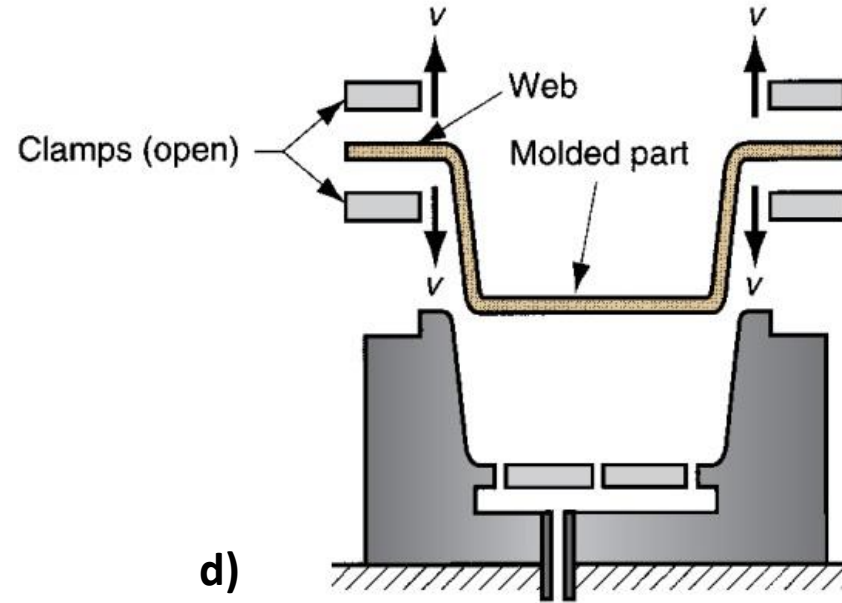
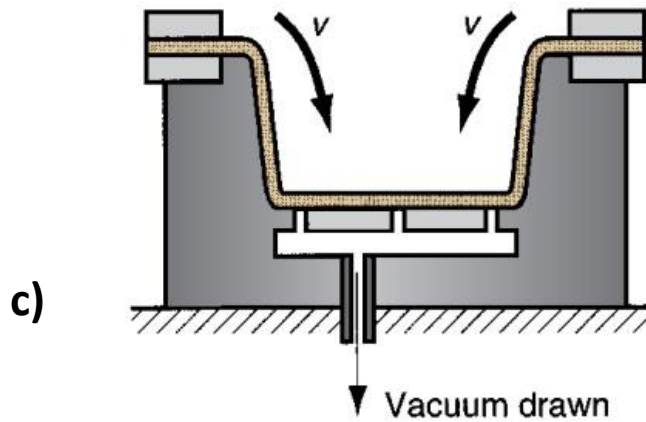
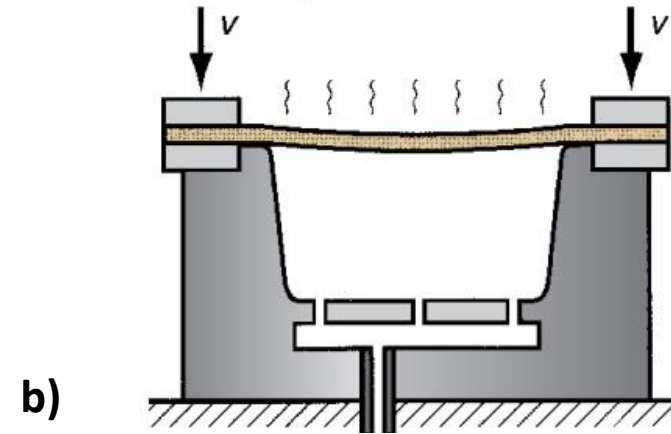
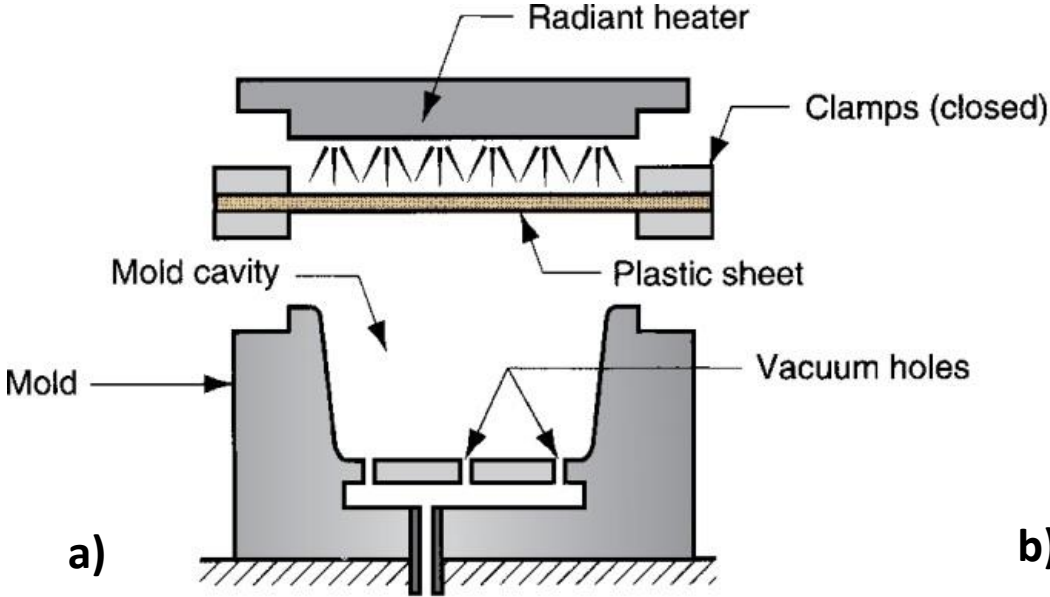
قالبگیری گرمایی با وکیوم

این روش، روش تولید ظروف، لیوانهای نازک یکبار مصرف و پوسته های محافظ میباشد

یک ورق پلاستیکی تخت بر روی حفره یک قالب بوسیله رشته های حرارتی (المنتهای حرارتی) گرم و نرم شده و توسط فشار خلاء که از زیر حفره قالب اعمال میشود، به داخل حفره کشیده شده و به شکل ظرف یا لیوان در می آید.

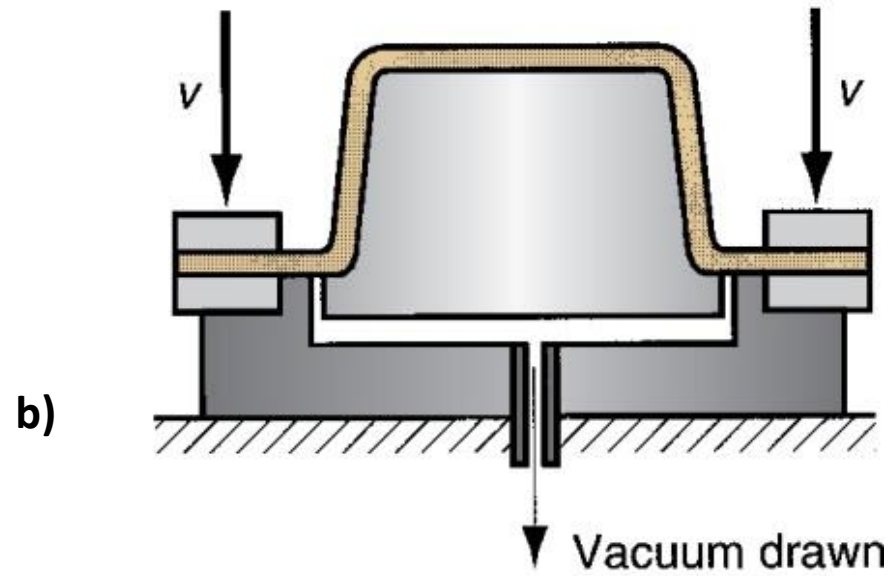
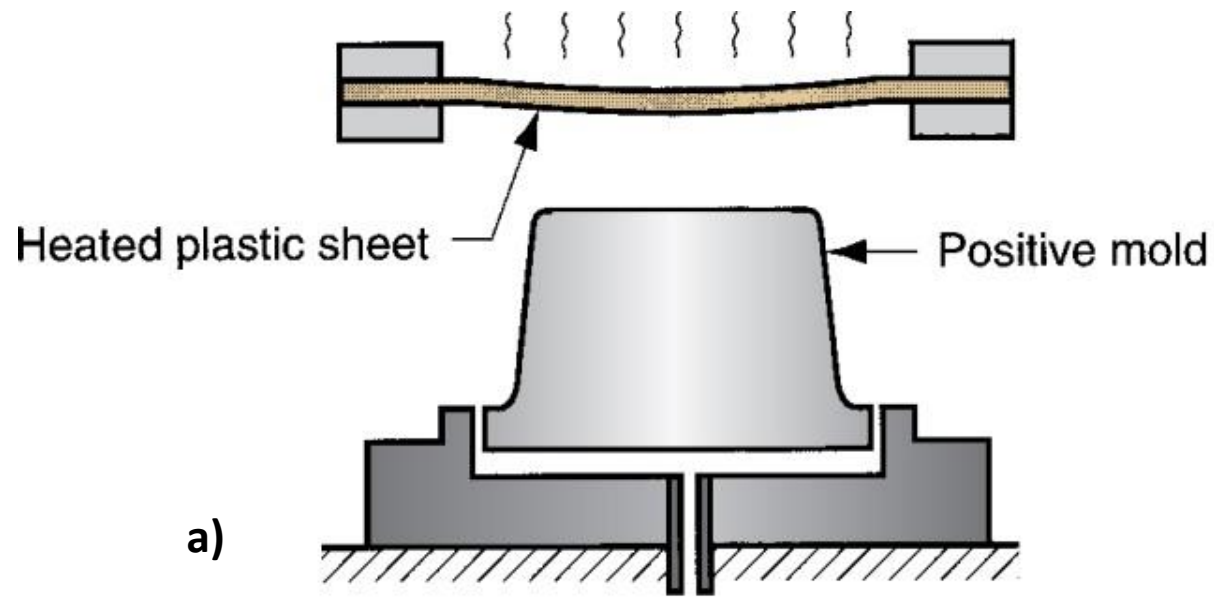


قالب فرم دهی گرمایی وکیوم با حفره منفی



(d) قطعه تولید شده از قالب خارج می شود.

- (a) ورق پلیمر با حرارت نرم می شود.
 (b) ورق نرم گرم شده بر روی حفره قالب آبندی می شود.
 (c) هوای داخل حفره از زیر قالب تخلیه می شود و ورق شکل حفره قالب را به خود می گیرد.



قالب فرم دهی گرمایی وکیوم با حفره مثبت.