

Gating System

سیستم راهگاهی (Gating System)

برای مذاب رسانی به داخل قالب باید مسیری در درون آن تعبیه شود تا بتوان مذاب را به نحو مطلوبی به درون فضای خالی قالب هدایت نمود. به این مسیر مذاب رسانی، سیستم راهگاهی می گویند. پس مجموعه را ههایی که مذاب برای ورود به محفظه قالب از آنها عبور میکند را سیستم راهگاهی گویند.

سیستم راهگاهی علاوه بر اینکه مسیری برای ذوب رسانی به درون قالب است، وظایف مهمی هم در ریخته گری بر عهده دارد. از جمله وظایف سیستم راهگاهی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

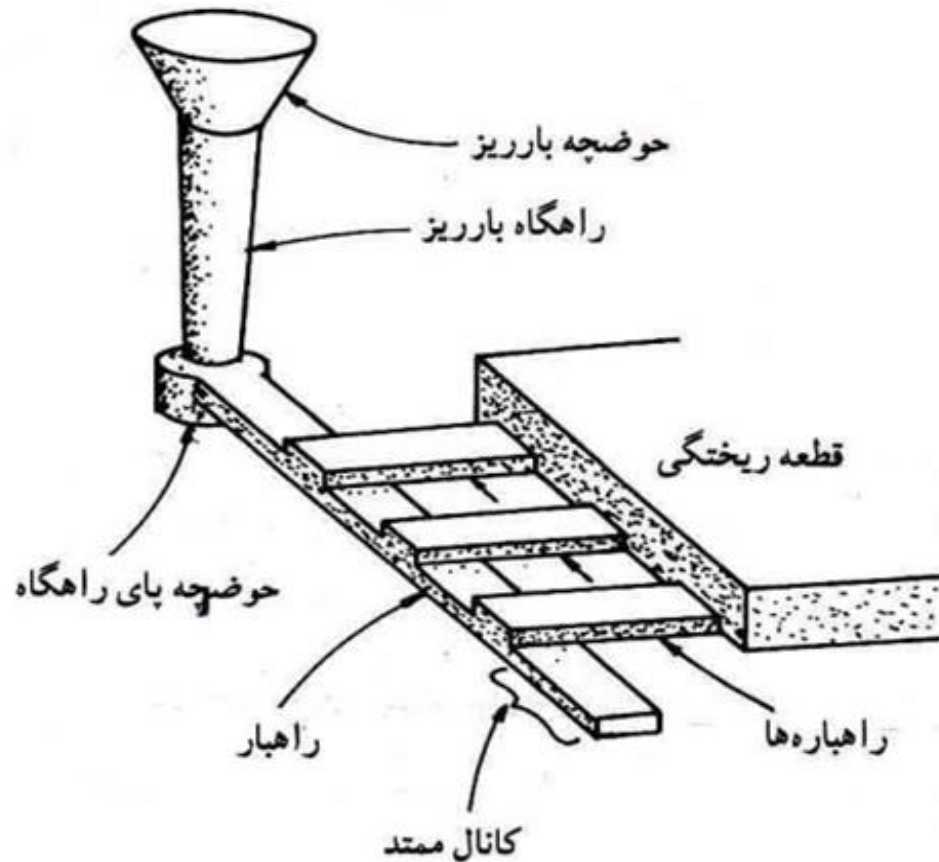
1. ایجاد جریانی آرام و یکنواخت از مذاب با حداقل آشفتگی و تلاطم در قالب تا از جذب هوا، اکسیداسیون فلز مذاب و ماسه شویی دیواره ی قالب جلوگیری شود.
 2. تنظیم سرعت و جهت جریان مذاب به نحوی که قبل از انجماد ، از پر شدن کامل قالب اطمینان حاصل شود.
 3. جلوگیری از ورود آخال ها، اکسیدهای سرباره ای، ذرات و مواد قالب به درون آن
 4. ایجاد شیب دمایی مناسب از قطعه به تغذیه و در مواردی که از تغذیه استفاده نمی شود، از قطعه به طرف مجرای ورود مذاب به قالب
 5. اقتصادی کردن تولید قطعه با رعایت راندمان مناسب ریخته گری و کاهش هزینه های تمیزکاری
- در صورتی که سیستم راهگاهی به درستی طراحی و پیاده نشود، باعث بروز انواع عیوب ریخته گری (از جمله حفرات و مک های گازی و انقباضی، عیوب ناشی از ورود سرباره، آخال، ماسه و ناخالصی ها به قطعه، پر نشدن کامل قالب و بروز عیوب کم آمد و نیامد مذاب و ...) و کاهش راندمان ریخته گری و افزایش دور ریز قطعه، افزایش هزینه های تمیزکاری و غیره می شود.



ویژگی طراحی درست سیستم راهگاهی	معایب طراحی غلط سیستم راهگاهی
1) هدایت جریان مذاب بصورت آرام و یکنواخت و بدون تلاطم	1) وارد شدن ماسه ، سرباره و آخال به همراه مذاب به درون محفظه قالب
2) پرکردن به ترتیب و کامل اجزای سیستم راهگاهی	2) خشن شدن سطح قطعه ریختگی
3) جلوگیری از تشکیل اکسید ، آخال ، سرباره ، گاز و جلوگیری از ورود آنها به محفظه قالب	3) انحلال گاز در مذاب و ایجاد مک و حفره در قطعه ریختگی
4) تنظیم شیب دمایی مناسب به منظور ایجاد انجماد جهت دار	4) اکسید شدن بیش از حد مذاب
5) سهولت جداکردن سیستم راهگاهی از قطعه	5) ایجاد حفره انقباضی در قطعه ریختگی
6) اقتصادی بودن وزن سیستم راهگاهی	6) پر نشدن کامل قالب
7) تولید قطعه سالم	7) نفوذ مذاب به درون ماهیچه و وارد شدن ذرات پیش جامد شده به محفظه قالب

اجزای سیستم راهگاهی

سیستم راهگاهی انواع و قسمت های مختلفی دارد که توسط طراح تکنولوژی ریخته گری مشخص و در قالب ایجاد می شود. اجزای یک سیستم راهگاهی کامل در شکل زیر نشان داده شده است و عبارتند از:



1. حوضچه بارریز یا حوضچه بالای راهگاه بارریز (pouring basin)

2. راهگاه بارریز یا لوله راهگاه (sprue)

3. حوضچه پای راهگاه یا پایاب (sprue base)

4. راهبار یا کانال اصلی (runner/cross gate)

5. کانال ممتد (runner extension)

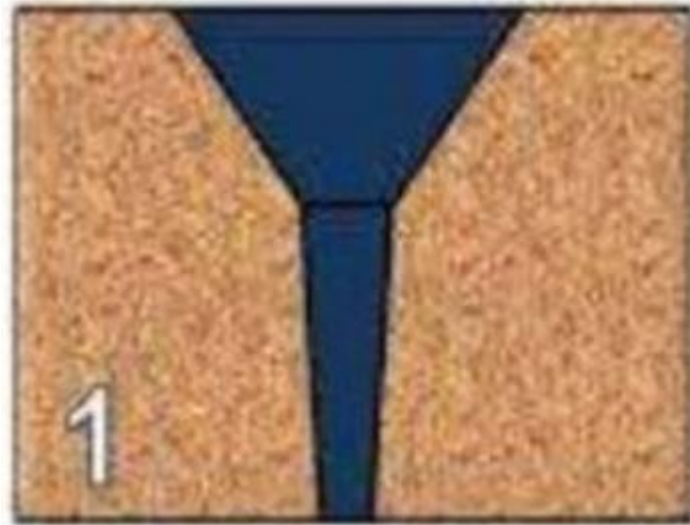
6. راهباره یا کانال فرعی (in gate)

اجزای اصلی یک سیستم راهگاهی

1. حوضچه بارریز (pouring basin)

- حوضچه بارریز در بالای لوله راهگاه بارریز و در سطح درجه بالایی قالب قرار می گیرد.
- وظایف اصلی حوضچه بارریز:
 - 1) سهولت ریختن مذاب از بوته و یا پاتیل به داخل راهگاه بارریز است.
 - 2) این حوضچه باعث کاهش فشار و سرعت اولیه مذاب ناشی از باریزی می شود.
 - 3) جلوگیری از ورود سرباره ، شلاکه و آخال به درون قالب از طریق شناورسازی در سطح مذاب
 - 4) جلوگیری از به دام افتادن هوا به درون مذاب و ورود آن به درون قالب . پس این حوضچه همواره باید پرنگه داشته شود.
- حوضچه بارریز معمولاً در دو شکل قیفی (بیشتر برای آلیاژهای آهنی) و گلابی (بیشتر برای آلیاژهای غیر آهنی) استفاده می شود.
- این حوضچه ها در اکثر ریخته گری ها به صورت مواد پیش ساخته به کار گرفته می شوند، هر چند که ممکن به صورت دستی نیز در سطح درجه بالایی قالب ایجاد شود.





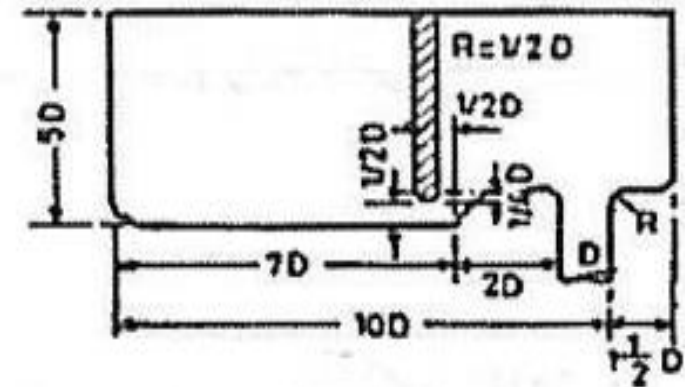
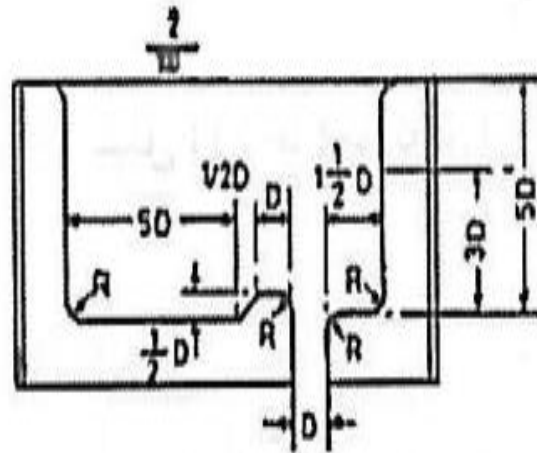
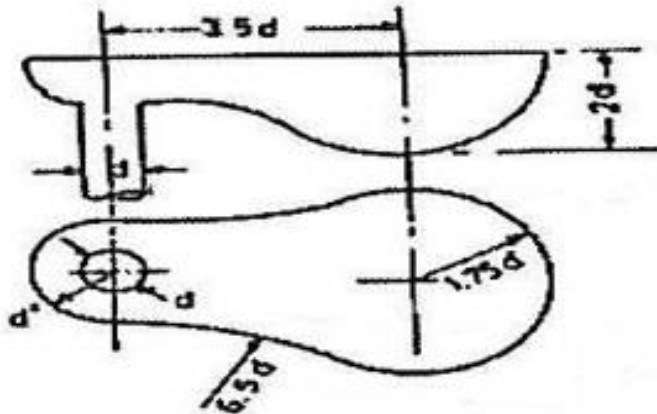
الف) حوضچه قیفی

ب) حوضچه گلابی

ج) حوضچه لگنی ساده

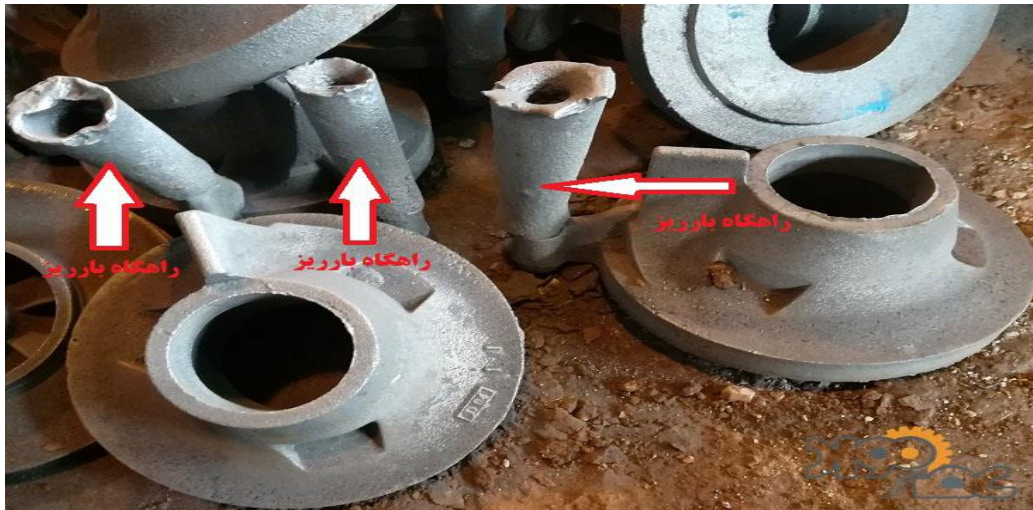
د) حوضچه لگنی با مانع

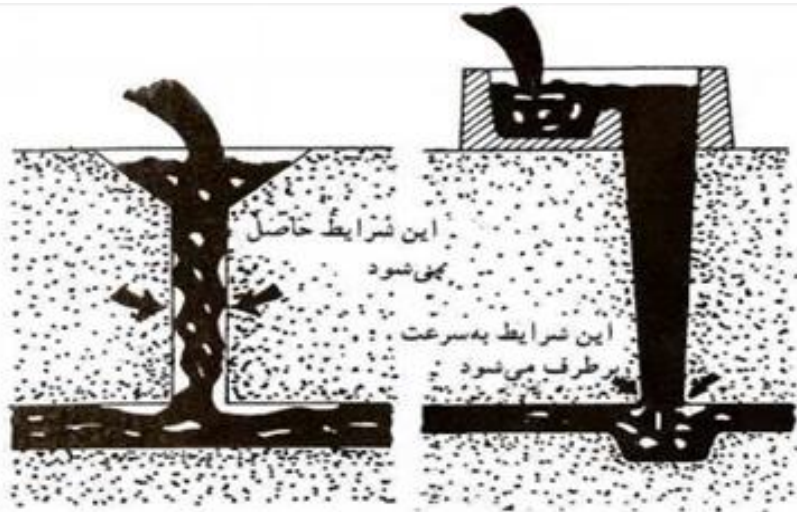
انواع حوضچه بار ریز



2. راهگاه بارریز (sprue)

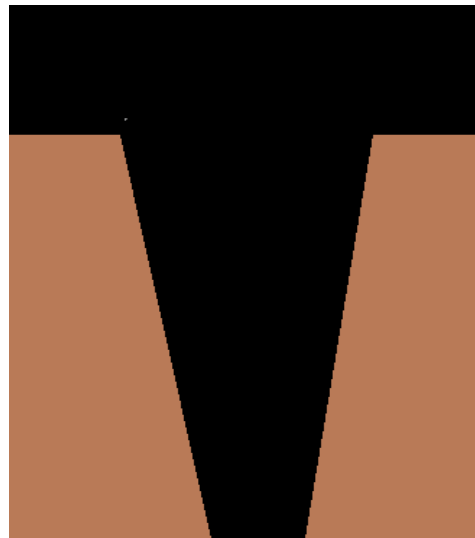
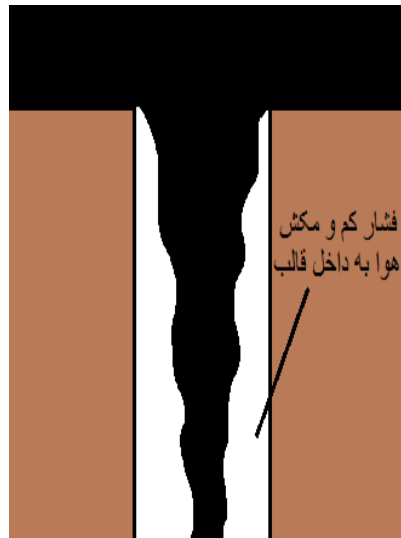
- مجرای عمودی است که از حوضچه بالای راهگاه (حوضچه بارریز) شروع و تا حوضچه پای راهگاه امتداد دارد.
- راهگاه بارریز معمولاً مخروطی شکل است و سطح مقطع آن از بالا به پایین کاهش می یابد.
- دلیل مخروطی شکل بودن راهگاه بارریز، پر نگه داشتن آن و جلوگیری از ورود هوا به داخل آن است.
- سطح مقطع راهگاه بارریز می تواند به شکل دایره و یا مستطیل باشد.
- توصیه شده است سطح مقطع راهگاه بارریز تا قطر 20 میلی متر باید به شکل دایره باشد.
- راهگاه بارریز دایره ای شکل به دلیل دیرتر سرد شدن نسبت به راهگاه بارریز مستطیلی شکل، عمل مذاب رسانی به قطعه را به نحو مطلوب تری انجام می دهد. این در حالی است که از نظر کاهش تلاطم جریان مذاب و در نتیجه جلوگیری از حبس هوا در مذاب، راهگاه بارریز مستطیلی به شکل بهتری عمل می کند.





کمانال مخروطی از جذب هوا جلوگیری می‌کند. کمانال استوانه‌ای، هوا جذب می‌کند.

شکل ۴-۵ - نحوه‌ی جریان مذاب در انواع راهگاه‌های استوانه‌ای و مخروطی



مثال ساده برای تبیین این موضوع، جریان آب از یک شیر باز است. همه مشاهده کرده ایم که با دور شدن آب از ابتدای خروجی شیر، سطح مقطع آب به دلیل افزایش سرعت جریان کوچک تر می شود. بنابراین به دلیل اینکه همین اتفاق برای جریان مذاب در داخل راهگاه هم اتفاق می افتد، به منظور پر نگه داشتن راهگاه و جلوگیری از ورود هوا به داخل آن، راهگاه بارریز را به جای شکل استوانه ای به شکل مخروطی درست می کنند.

عیوب ناشی از انتخاب غیر اصولی راهگاه بارریز:

(الف) حرکت اغتشاشی مذاب

(ب) جذب گاز (مکندگی هوا به داخل قالب)

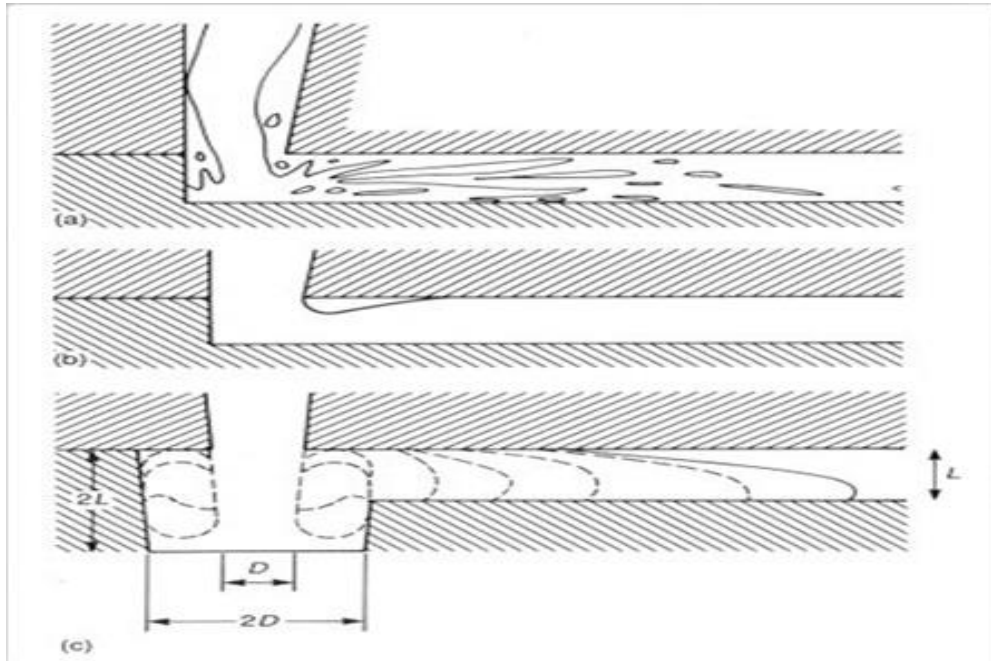
(ج) تخریب قالب

(د) کاهش راندمان (بزرگ بودن بیش از حد نیاز)

(ه) پر نشدن قالب

3. حوضچه پای راهگاه (sprue base)

- وقتی مذاب در راهگاه بارریز جریان یافته و سقوط آزاد می کند، سرعت آن در قسمت پایین راهگاه بارریز به بیشترین مقدار خود می رسد.
- در نتیجه این سرعت زیاد، جریان مذاب می تواند با تلاطم و آشفته‌گی وارد راهبار شده و تخریب قالب و جذب هوا در خود را به دنبال داشته باشد. برای جلوگیری از وقوع این اتفاق، حوضچه ای در انتهای راهگاه بارریز تعبیه می شود تا تلاطم مذاب گرفته شود و مذاب با سرعتی مناسب و بدون جذب هوا و تخریب قالب وارد راهبار و سپس حفره قالب شود.

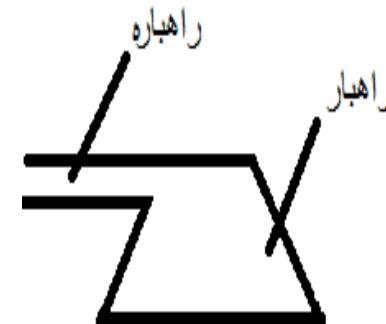
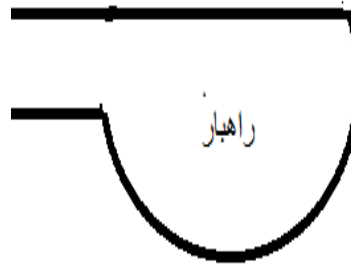


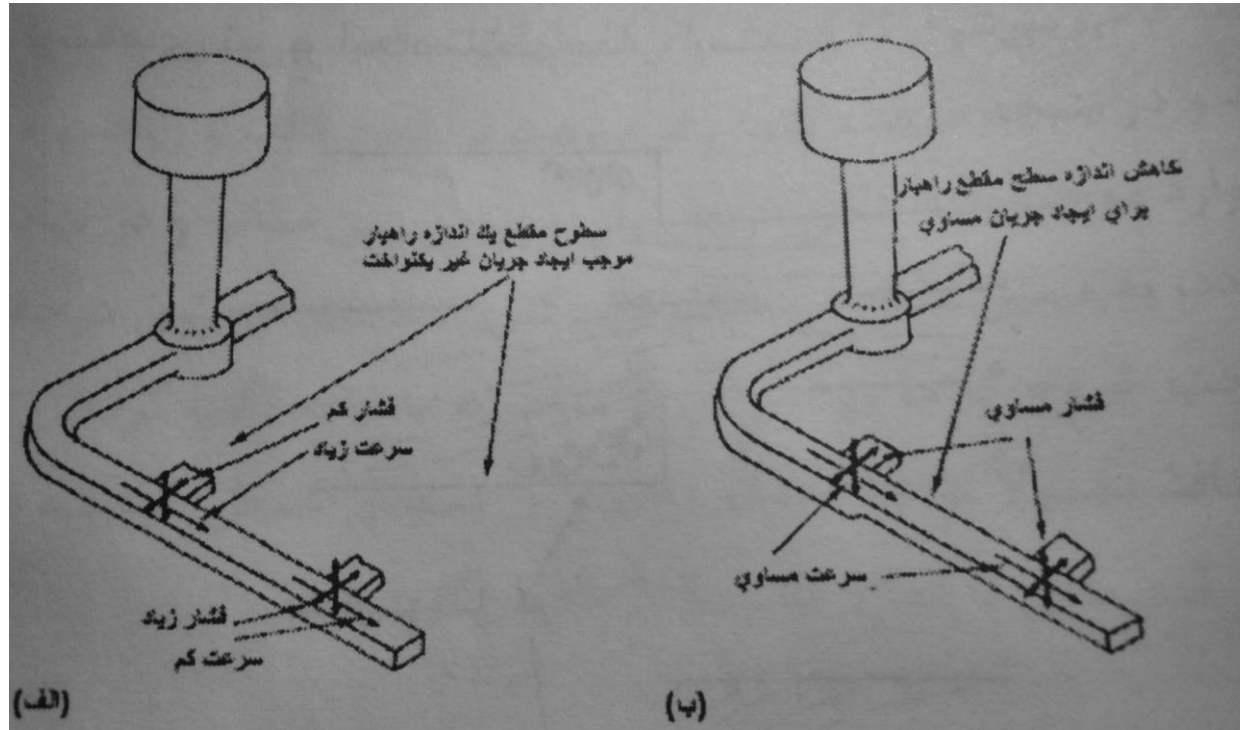
مبانی طراحی حوضچه پای راهگاه:

- معمولا قطر این حوضچه دو برابر قطر راهگاه بار ریزی و ارتفاع آن دو الی چهار برابر ارتفاع راهبار است.
- استفاده از حوضچه پای راهگاه با سطح مسطح نسبت به سطوح شیب دار و نیم گرد در کاهش آشفته‌گی مذاب بسیار موثر است.

6.4. راهبار و راهباره (runner/cross gate - in gate)

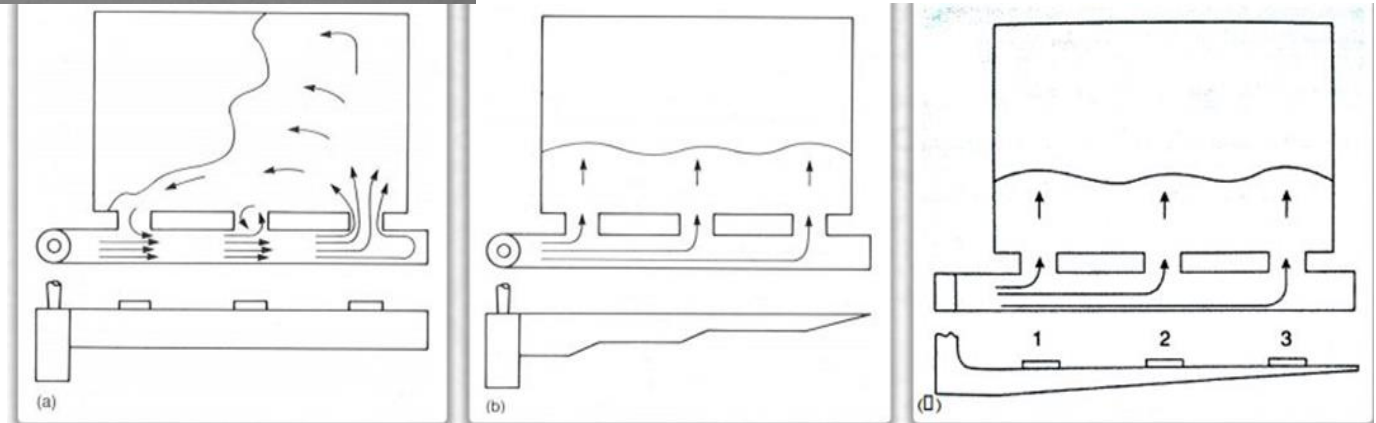
- مذاب با خروج از حوضچه پای راهگاه در یک کانال اصلی جریانی می یابد تا اینکه از طریق کانال های فرعی دیگری وارد حفره قالب شود. به این کانال اصلی راهبار یا راهگاه اصلی و به کانال های فرعی که از این کانال اصلی منشعب شده و به حفره قالب (یا قطعه) متصل می شوند، راهباره یا راهگاه فرعی می گویند.
- راهبار با کنترل تلاطم و آشفته گی جریان مذاب، موجب انتقال آرام مذاب به درون حفره قالب و جلوگیری از ورود و حبس هوا در درون مذاب و همچنین تخریب سطوح قالب می شود.
- راهبار معمولاً به شکل مقطع مستطیلی، دوزنقه ای، نیم دایره روی سطح جدایش در تای رویی یا زیرین قالب ایجاد می شود.
- راهباره لبه ای، کاردکی، مدادی و شاخی شکل از انواع متداول راهباره ها هستند.





وظیفه یک راهبار این است که:

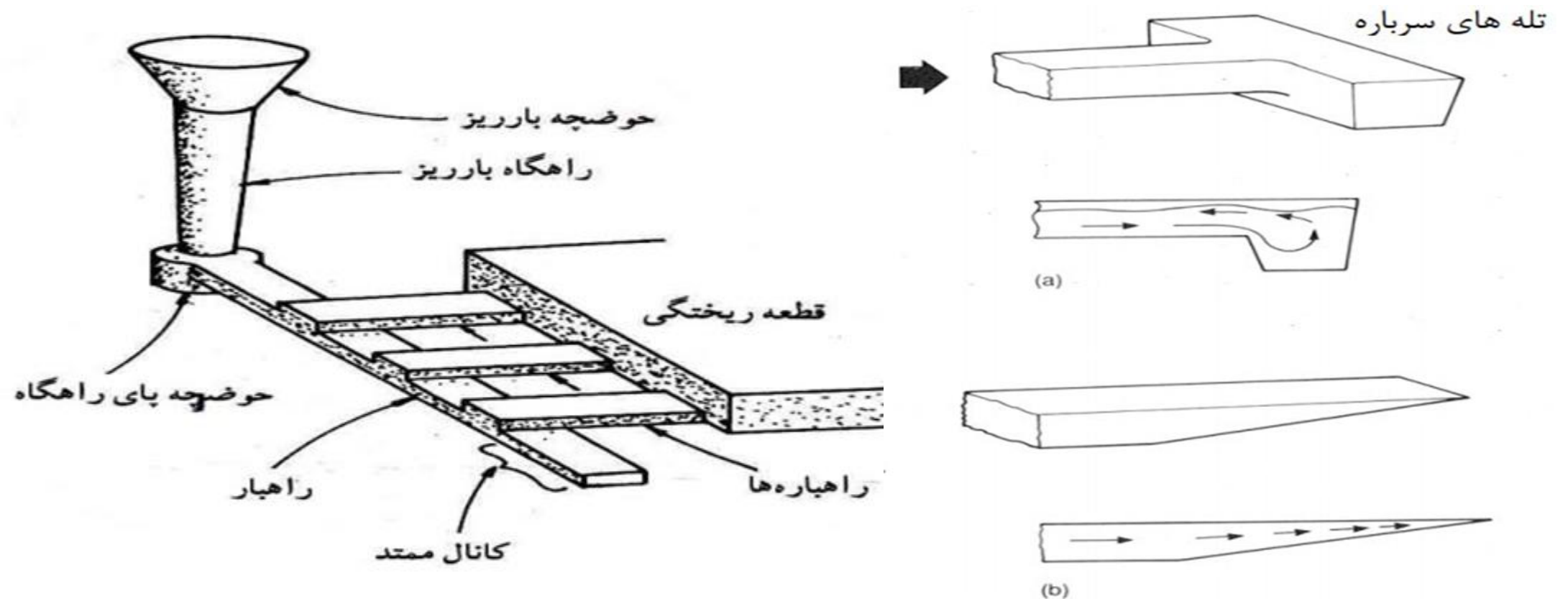
1. باید به محل مناسب وصل شود.
2. وظیفه پرکردن و تغذیه رسانی
3. از تمرکز حرارتی جلوگیری کند.
4. از جدایش جلوگیری کند.



(a) انتقال غیر مناسب مذاب به درون محفظه قالب در نتیجه طراحی نادرست راهبار (b) استفاده از راهبار پله ای که باعث

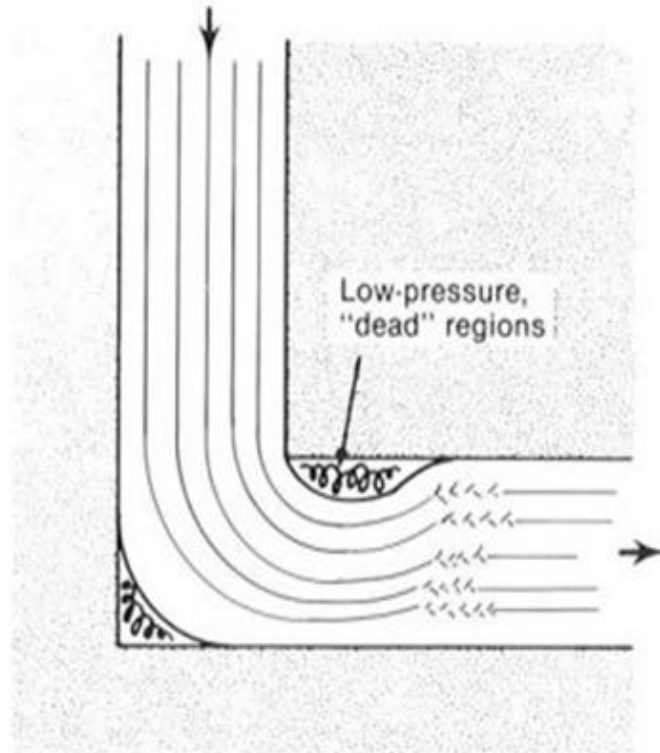
5. کانال ممتد

معمولاً راهبار پس از آخرین راهبار، کمی امتداد پیدا می کند که به آن کانال ممتد می گویند. کانال ممتد کمک می کند تا سرباره، شلاکه و مواد ناخواسته موجود در مذاب به این قسمت انتهایی کشیده شده و از طریق راهبارها به درون قطعه راه نیابد. می توان شکل انتهایی کانال ممتد را بصورت های زیر ایجاد کرد تا همانند تله ای برای به دام انداختن مواد ناخواسته، شلاکه و سرباره باشد.

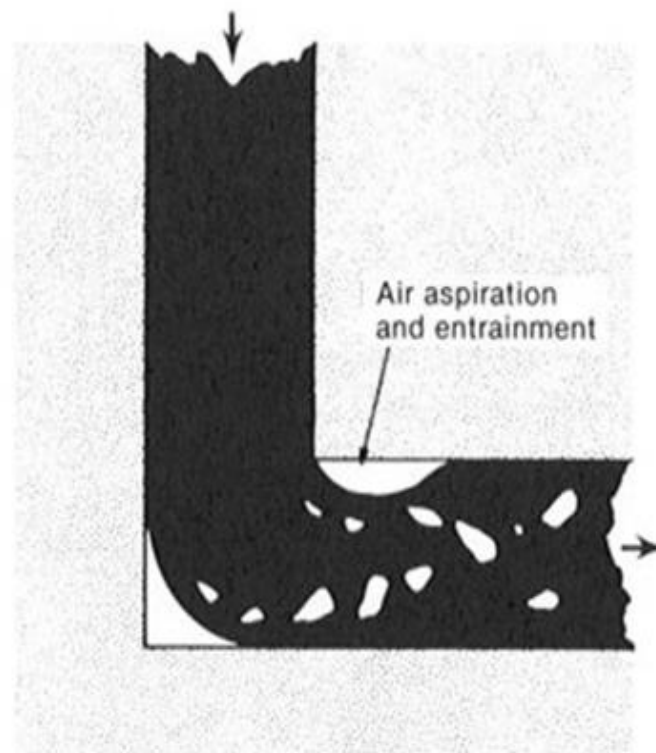


- طبق مطالعات اخیر مشخص شده است که حوضچه های پای راهگاه باعث ایجاد اکسید فیلم دو لایه و رد حباب می شوند.

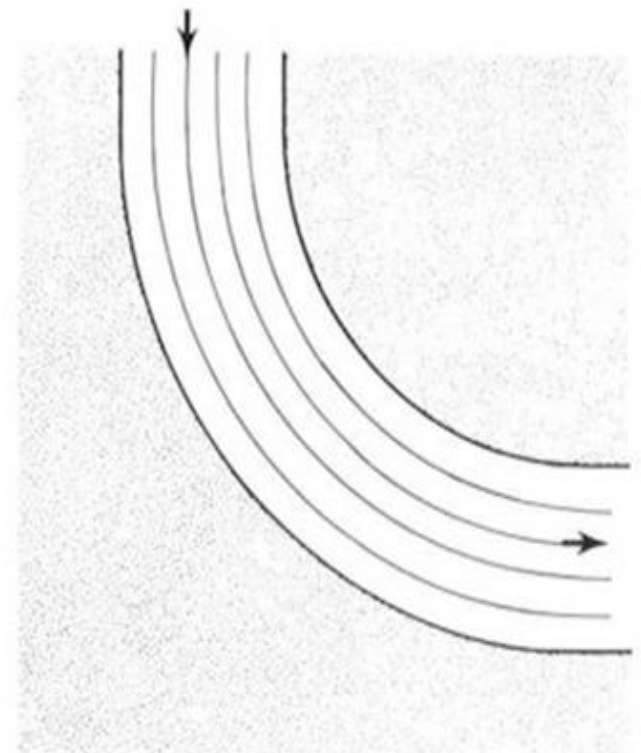
- مطالعات نشان داده اند که اگر در یک سیستم راهگاهی باریک راهگاه بارریز با انحنایی مناسب به راهبار متصل گردد کشش سطحی مذاب باعث می شود تا انسجام جبهه ی حرکت مذاب درون سیستم راهگاهی حفظ شده و از ایجاد هرگونه اغتشاش سطحی جلوگیری شود. (مطابق شکل) . این قاعده باید در طراحی سایر اجزا سیستم راهگاهی هم رعایت شود یعنی در هنگام ساخت و قالبگیری سیستم راهگاهی از ایجاد گوشه های تیز پرهیز کنیم.



(a)



(b)



(c)

انواع سیستم راهگاهی:

یکی از شرایط لازم برای عملکرد درست یک سیستم راهگاهی، این است که سطوح مقاطع مربوط به راهگاه بارریز، راهبار و راهبارة ها دارای نسبت مناسبی باشد. به این نسبت، نسبت راهگاهی می گویند و عامل موثری در کنترل سرعت و فشار مذاب است. بر اساس این نسبت، سیستم های راهگاهی به چهار نوع فشاری (همگرا)، غیر فشاری (واگرا)، غیر فشاری-فشاری و فشاری - غیر فشاری دسته بندی می شود.

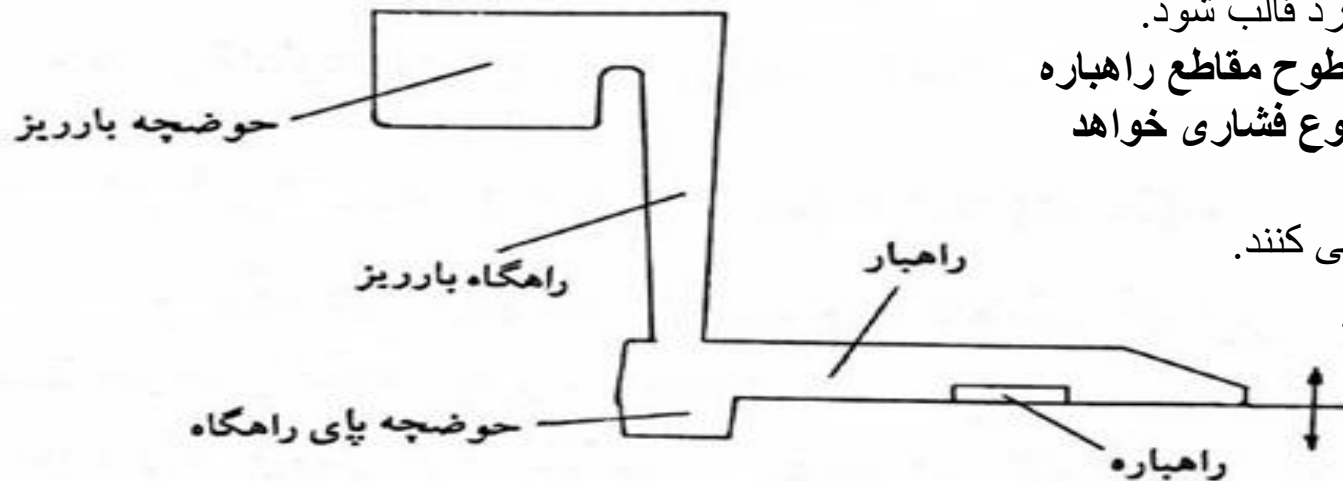
1 - سیستم فشاری

در سیستم فشاری، مجموع سطوح راهبارة ها دارای کمترین سطح مقطع است، بنابراین بیشترین فشار مذاب هم در راهبارة ها خواهد بود. در نتیجه مذاب به صورت جت سیال وارد حفره قالب می شود. در این سیستم، ترجیحاً قسمت تحتانی راهبار و راهبارة در یک سطح قرار می گیرند تا مذاب تمیز پس از شناوری سرباره، از قسمت زیرین وارد قالب شود.

(یا به عبارتی هرگاه در يك سیستم راهگاهی، مجموع سطوح مقاطع راهبارة ها از سطح مقطع راهگاه بارریز کمتر باشد، سیستم از نوع فشاری خواهد بود.)

از این سیستم بیشتر برای فلزات آهنی مانند چدن استفاده می کنند.

نمونه ای از نسبت راهگاهی فشاری بصورت 3:2:1 است.



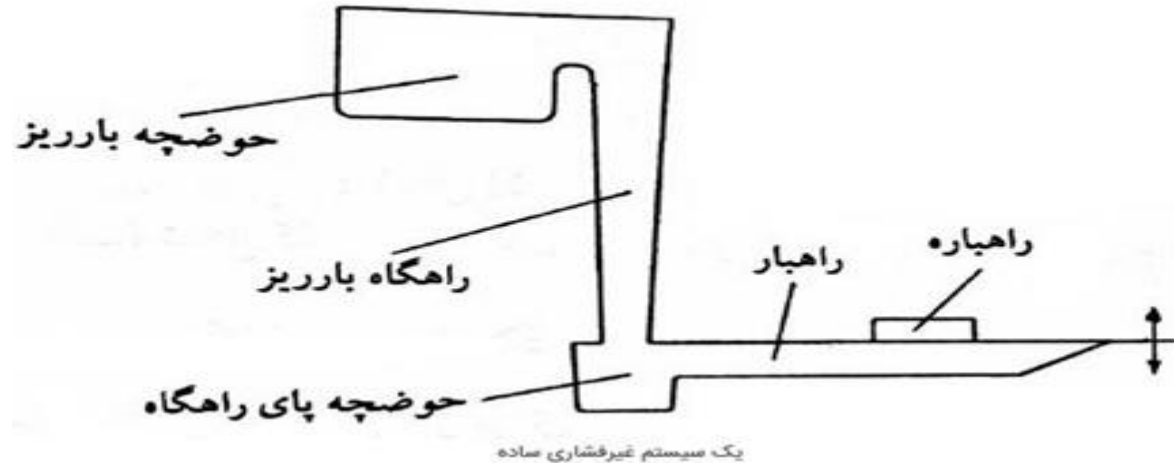
یک سیستم فشاری ساده

2 - سیستم غیر فشاری

در سیستم غیر فشاری، کانال ها در هر مرحله نسبت به مرحله قبلی بزرگ تر می شوند، بنابراین سرعت حرکت مذاب در هر مرحله کمتر می شود و مذاب قبل از رسیدن به حفره قالب فرصت بیشتری جهت آرام شدن پیدا می کند. پس در این سیستم، مجموع سطوح راهباره ها دارای بیشترین سطح مقطع و کمترین فشار مذاب است. در این سیستم، معمولاً راهبار در درجه پایین و راهباره در درجه بالا قرار می گیرد، لذا مذاب قبل از پر کردن کامل راهبار امکان جریان یافتن در راهباره را ندارد. (یا به عبارتی عکس حالت سیستم فشاری را از نوع غیر فشاری گویند). این سیستم بیشتر برای فلزات غیر آهنی مانند آلومینیم و منیزیم استفاده می شود.

می توان به عنوان تغذیه استفاده کرد. (برای قطعات کوچک)

نسبت 1:2:2 نمونه ای از سیستم غیر فشاری است.



3- سیستم غیر فشاری-فشاری و سیستم فشاری - غیر فشاری

سیستم غیر فشاری-فشاری، ترکیبی از مزایای دو سیستم غیر فشاری و فشاری را در بردارد. در این سیستم، ابتدا کنترل جریان مذاب توسط پای راهگاه صورت می گیرد و پس از پر شدن راهبار، مذاب به محفظه قالب ورود پیدا می کند؛ که راهباره ها این عمل را انجام می دهند.



مزایا و معایب سیستم فشاری

مزایا

1. پر شدن سریع سیستم از مذاب و کاهش زمان تماس سطح مذاب با اتمسفر محیط
2. عبور جریان مذاب به یک اندازه از راهبره ها
3. سهولت جداسازی اجزای سیستم راهگامی
4. افزایش راندمان تولید بدلیل حجم پایین مذاب مصرفی

معایب

1. ایجاد تلاطم و آشفته‌گی در جریان مذاب بدلیل سرعت بالا و در نتیجه حبس هوا و شستن مواد قالبگیری و انتقال آن به قالب
2. عدم فرصت جدا شدن آخال و مواد ناخواسته

مزایا و معایب سیستم غیر فشاری عکس سیستم فشاری است.



بر اساس نسبت سطح مقطع اجزای سیستم راهگاهی $\leftarrow S(\text{Sprue}):R(\text{Runner}):G(\text{Gate})$ دو نوع سیستم راهگاهی فشاری غیرفشاری (واگرا) داریم.

سیستم فشاری

- مجموع سطوح مقاطع راهبارها (Gates) به عنوان تنگه عمل می کند.
- تمامی مقاطع سیستم راهگاهی کاملاً پر هستند و همواره فشاری پشت مذاب اعمال می گردد.

سیستم غیرفشاری

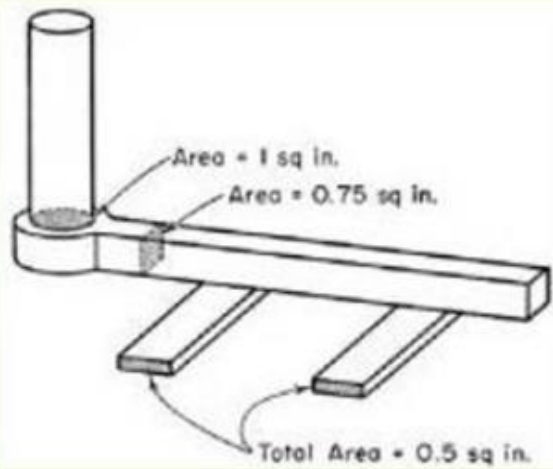
- تنگه در پای راهگاه بارریز یا نزدیک آن قرار می گردد که باعث پر شدن سریع راهگاه بارریز و پایداری دبی جریان می شود.
- معمولاً راهبار در درجه پایین و راهبار در درجه بالا قرار دارد و مذاب قبل از پر کردن کامل راهبار امکان جریان یافتن در راهبار را نخواهد داشت.

مزایای سیستم فشاری بر غیر فشاری

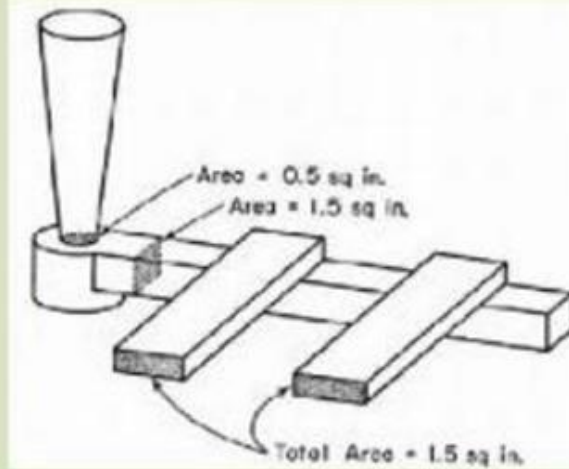
- راندمان ریخته گری بیشتر

مزایای سیستم غیرفشاری بر فشاری

- کمتر بودن تلاطم و اثرات مضر ناشی از آن
- سرعت کمتر جریان مذاب و کمتر بودن احتمال ایجاد عیوب فیلم اکسید دو لایه
- پرشدن ترتیبی سیستم راهگاهی و کاهش ورود هوا
- راندمان کل بالاتر به علت ضایعات کمتر



pressurised system



unpressurised system



برخی از انواع فیلتر ها

فیلتر های ریخته گری

- توری ها، فیلتر های سرامیکی تخت و فیلتر های سرامیکی اسفنجی

- این فیلتر ها می توانند تحت زوایای متفاوتی نسبت به راهبار قرار گیرند.

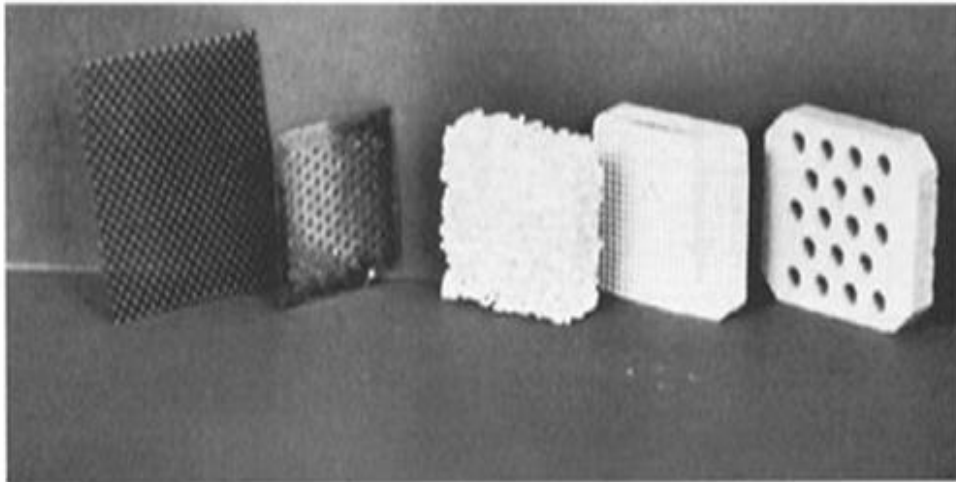
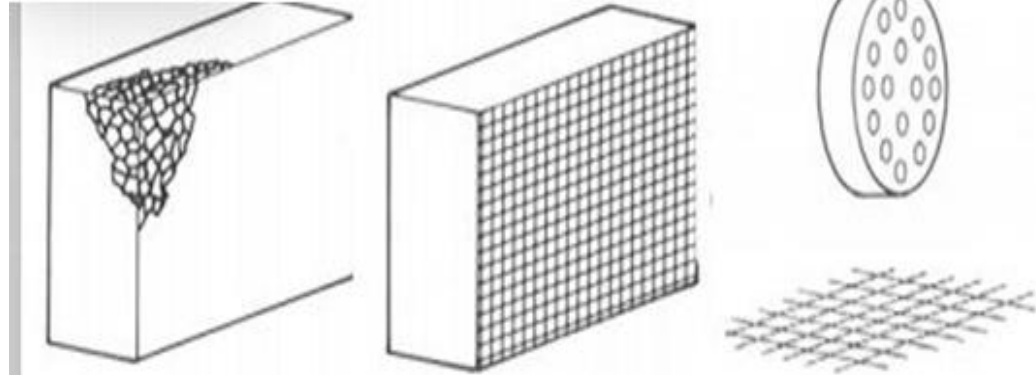
تاثیر فیلتر های سرامیکی

(۱) کاهش سرعت مذاب در سیستم راهگاهی (در صورت طراحی صحیح سیستم راهگاهی)

(۲) کاهش زمان پرشدن راهگاه بارریز و حذف تلاطم سطحی در آن

(۳) کاهش نوسان سرعت جریان در سیستم راهگاهی

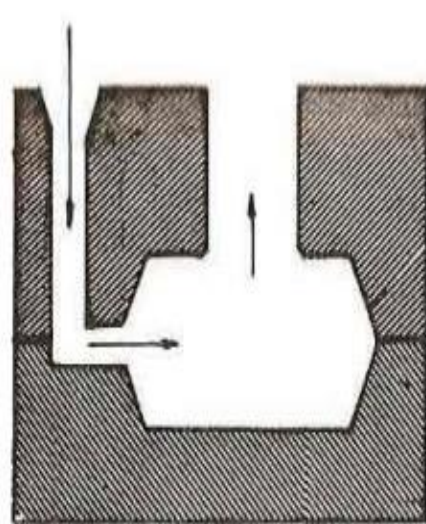
(۴) حذف آخال از مذاب درون سیستم راهگاهی



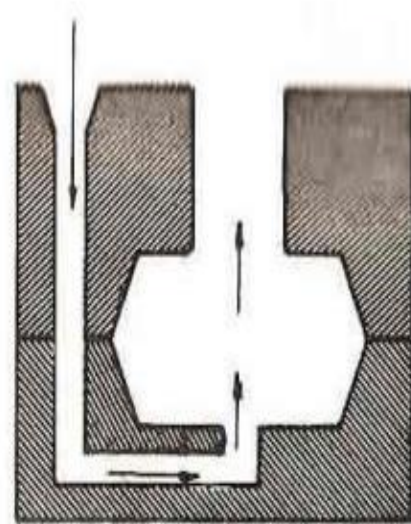
Several common filtration and flow modification devices (from left to right): strainer core, extruded ceramic filter, ceramic foam filter, mica screen, and woven fabric screen. The two types of ceramic filters are by far the most widely used.

شیوه تعبیه کردن سیستم راهگاهی

براساس نوع فلز، فرم، ابعاد و وزن قطعه ریختگی و همچنین مواد مذاب، تعبیه سیستم راهگاهی ممکن است به سه شیوه صورت پذیرد، که عبارت است از:



(ج)



(ب)



(الف)

الف - راهگاه گذاري از بالا

ب - راهگاه گذاري از پايين

ج - راهگاه گذاري در سطح جدایش

روش های راهگاه گذاری



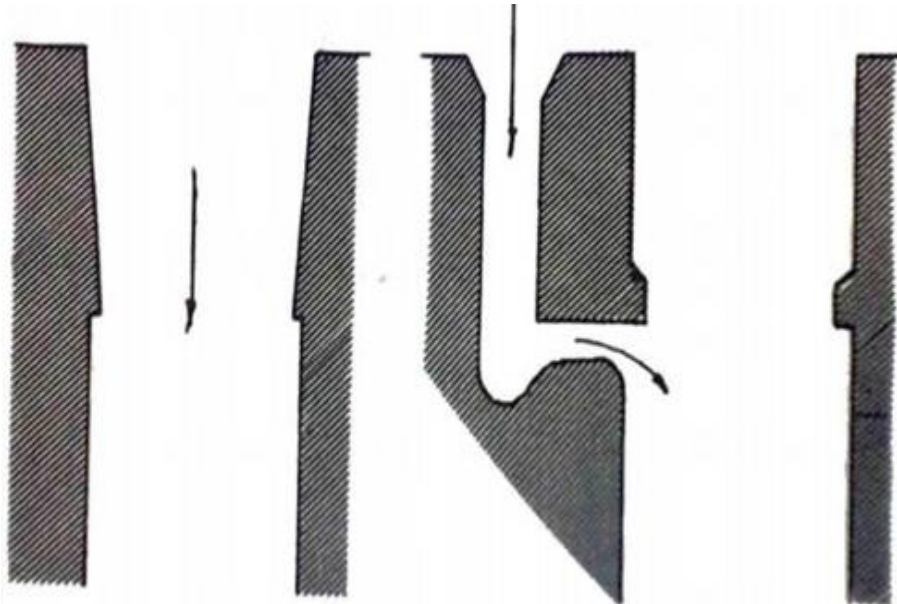
شیوه راهگاه گذاری از بالا:

در این روش که انواع متفاوت آن به طور شماتیک در فرم زیر نشان داده شده است. مواد مذاب از قسمت فوقانی، مستقیماً وارد قالب می گردند.

با توجه به شیوه ی انتقال مواد مذاب به داخل قالب، در هنگام استفاده از چنین روشی، باید به دو نکته اساسی دقت کرد:

1. به علت ریزش مستقیم مواد مذاب و امکان تخریب قالب، قالب حتماً باید از استحکام و مقاوت کافی برخوردار باشد.
2. به علت به وجود آوردن جریان آشفته، عیوبی مانند جذب هوا و گاز و نیز اکسید شدن فلز تشدید می شود.

توجه کنید با ایجاد یک راهبارة مدادی هم می توان عمل شلاکه گیری را انجام داد و هم از تخریب قالب جلوگیری کرد.



مزایا

1. سادگی سیستم راهگاهی
2. افزایش راندمان ریختگی
3. ایجاد انجماد جهت دار از قطعه به سمت راهگاه و در نتیجه تجمع حفره انقباضی و مک در راهگاه

معایب

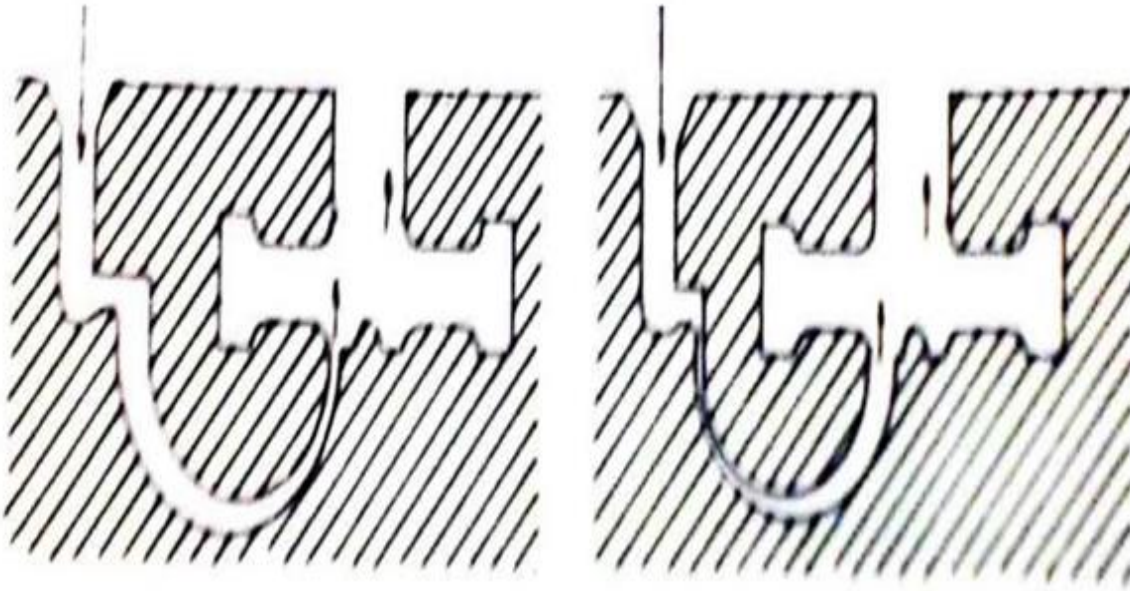
1. تخریب کف قالب در اثر ریزش مستقیم مذاب در نتیجه برای آلیاژهای سنگین مناسب نیست.
2. جذب گاز و هوا بدلیل تلاطم
3. ایجاد ذرات اکسیدی بدلیل برخورد مذاب به کف قالب و پرتاب شدن آن

روش راهگاه گذاری از پایین:

در این شیوه، مواد مذاب از پایین ترین نقطه قالب وارد آن میشود. به همین علت مهمترین ویژگی آن ایجاد جریانی آرام و با حداقل تلاطم و آشفته‌گی از مواد مذاب است.

مزایا

1. کاهش اکسایش فلز مذاب بدلیل عدم وجود ارتفاع
2. صافی سطوح قطعات ریخته‌گی

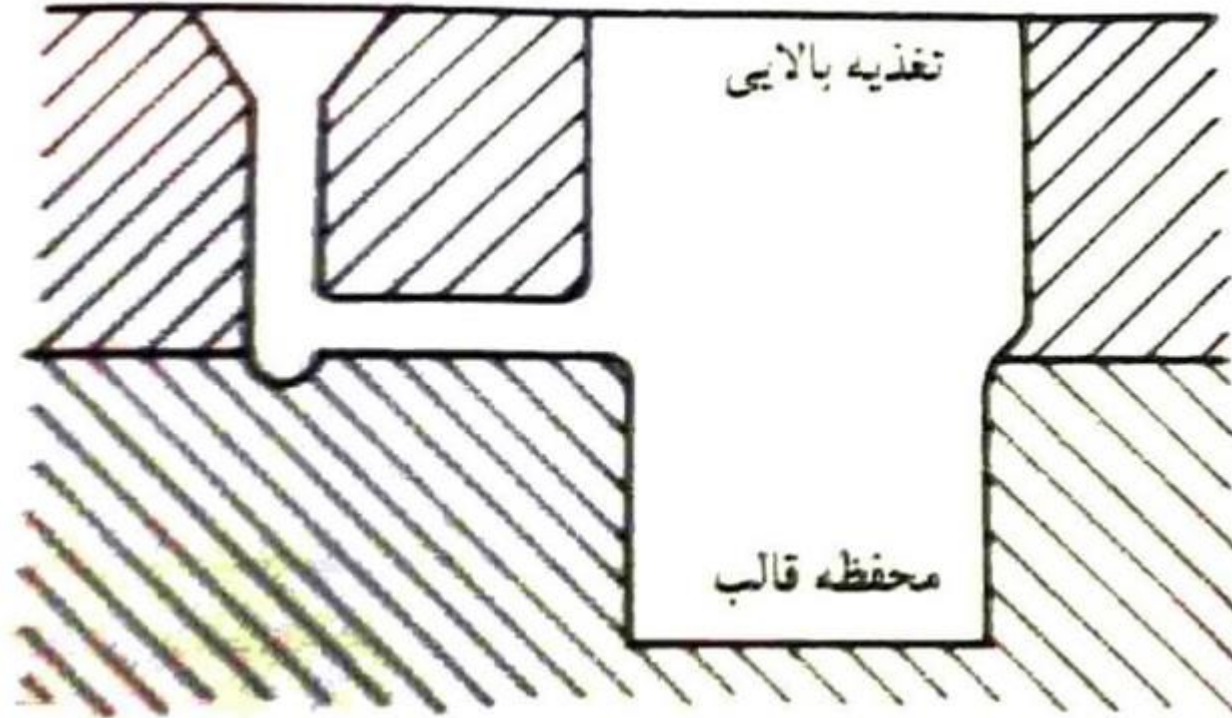


معایب

1. احتمال قطع شدن جریان مذاب و ناقص ماندن قسمت فوقانی قطعه
2. ایجاد شیب دمایی نامناسب و فراهم نشدن انجماد جهت دار

روش راهگاه گذاری در سطح جدایش:

در این شیوه مواد مذاب از ارتفاع اندکی (از سطح جدایش قالب) وارد محفظه قالب می شوند. پس در نتیجه مشکلات مربوط به شیوه راهگاه گذاری از بالا نیز کاهش می یابد.



مزایا

1. سهولت تعبیه سیستم راهگاهی چون در سطح جدایش قرار دارد.
2. سهولت اتصال راهگاه به تغذیه
3. صرفه جویی در فلز مصرفی

معایب

1. ایجاد جریانی متلاطم در صورتی که ارتفاع قسمت زیری قالب زیاد باشد.

قانون بقای انرژی

برطبق این قانون در یک سیستم بسته (محیط کاملاً منفرد که با محیط بیرون کار و گرما مبادله نمی کند) برای مایعات ایده آل، جمع جبری انرژی همواره مقدار ثابتی است. پس به عبارتی انرژی های موجود در یک سیستم از بین نمی روند بلکه از حالتی به حالت دیگر تبدیل می شوند، در حالی که جمع جبری این انرژی ها ثابت است.

بطور کلی هر مایع در حال جریان در یک سیستم بسته سه نوع انرژی: پتانسیل، جنبشی و فشاری دارد.

قانون تریچلی

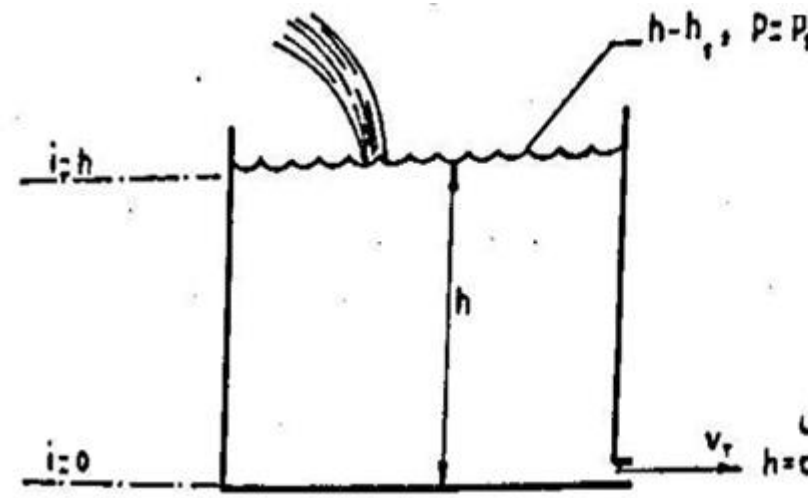
براساس این قانون اگر ما ظرفی از مایع به ارتفاع h_1 فرض کنیم که در قسمت پایینی آن سوراخی برای خروج مایع داشته باشد (h_0) و مایع خروجی از سوراخ ته ظرف بصورت مداوم از بالا اضافه شود خواهیم داشت:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

V = سرعت خروج مایع از ته ظرف (متر بر ثانیه)

g = شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه)

h = ارتفاع مایع در ظرف (متر)



نکته ۵-۲۶ - سرعت خروج مایع از انتهای یک ظرف با ارتفاع ثابت h

قانون تداوم یا پیوستگی

براساس این قانون حجم مذاب جاری از هر مقطع در واحد زمان مقدار ثابتی است

$$Q = V/t$$

$$Q = \text{دبی (بده) (متر مکعب بر ثانیه)}$$

$$V = \text{حجم مذاب (متر مکعب)}$$

$$t = \text{زمان عبور حجم مذکور از مذاب (ثانیه)}$$

از آنجا که حجم (V) برابر است با حاصلضرب سطح در ارتفاع (A.L) پس رابطه بالا را بصورت زیر نیز نوشته می شود:

$$Q = \frac{A.L}{t} = A \cdot \frac{L}{t} = A \cdot V$$

$$V = \text{سرعت خطی مذاب (متر بر ثانیه)}.$$

$$A = \text{مساحت سطح مقطعی که مذاب با سرعت مذکور از آن عبور می کند}.$$



قانون پاسکال:

براساس این قانون در داخل ظرفی پر از مایع (مانند قالب پر شده از فلز مذاب) فشار در همه نقاط ظرف یکسان است به شرطی که ظرف در حالت افقی باشد.

$$P = P_a + \gamma H$$

P = فشار در هر نقطه از یک سطح افقی (نیوتن بر متر مربع)

P_a = فشار اتمسفر (نیوتن بر متر مربع)

γ = (گاما) وزن مخصوص مذاب (نیوتن بر متر مربع)

H = فاصله ای عمودی نقطه تا سطح آزاد مایع (متر)

چون فشار هوای خارجی در تمام نقاط قالب معادل فشار اتمسفر است بنابراین این فشار مطلق که به یک نقطه در درون مایع در تمام جهات وارد می شود برابر با

$$P = \gamma h$$

h = فاصله عمودی یک نقطه از سطح مذاب درون قالب تا سطح آزاد مایع (سطح مذاب در حوضچه بار ریزی)

و فشار در هر نقطه ی دلخواه از قالب نسبت به سطح آزاد مذاب قرار دارد برابر است با

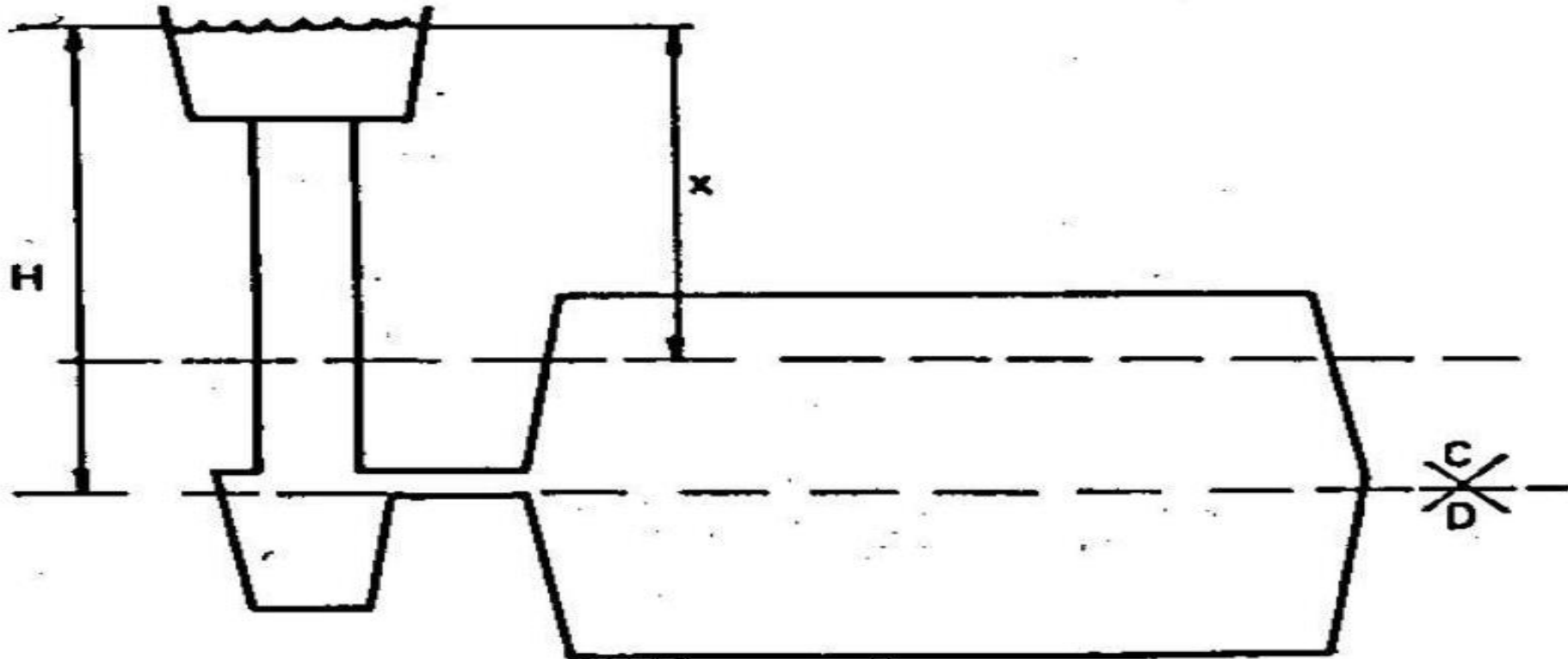
$$P = \gamma X$$

X = فاصله هر قسمت از سطح مذاب درون قالب تا سطح آزاد مذاب (حوضچه بار ریزی)

و فشار وارد بر هر نقطه مذاب که در سطح جدایش قرار دارد برابر است با

$$P = \gamma H$$

H = ارتفاع مذاب موجود در سطح جدایش تا سطح آزاد مذاب



شکل ۲۹-۵ - نمایش شماتیکی قطعه ریختگی / راهگاههایی که از فلز مذاب بر گردیده‌اند

جریان آرام و اغتشاشی مذاب

- جریان هر مایعی درون یک کانال می تواند به دو صورت آرام یا اغتشاشی صورت گیرد. جریان آرام جریان مایعی است که سرعت آن در یک کانال از دیواره کانال تا مرکز آن به تدریج افزایش یابد.
- به عنوان مثال سرعت آب در حال جریان در کناره یک لوله بسیار کم است و این سرعت بتدریج تا رسیدن به مرکز لوله افزایش می یابد تا اینکه در مرکز لوله به حداکثر خود می رسد. (برای مذاب درون سیستم راهگاهی هم همین گونه است).
- پس اگر ما مقدار جریان مذاب کنار دیواره های سیستم راهگاهی را صفر کنیم این مقدار در مرکز مقطع سیستم راهگاهی به حداکثر میزان خود می رسد.
- این پدیده طبق قانون طبیعت رخ می دهد یعنی مذاب گرمی که درون سیستم راهگاهی در حال حرکت است (به دلیل کم بودن انرژی پیوند بین اتمی و حرکت لغزشی مایع با سرعت های متفاوت روی هم) به راحتی و با حداقل اصطحاک در حال حرکت است و طبق قاعده بالا عمل می کند.
- حال اگر مقدار متوسط سرعت مایع افزایش یابد (افزایش بیش از حد سرعت بار ریزی یا ایجاد تلاطم در هنگام بار ریزی) این جریان آرام به یک جریان اغتشاشی تبدیل می گردد.

این حرکت اغتشاشی توسط رینولدز مورد بررسی قرار گرفت و رابطه زیر از این بررسی ها بدست آمد:

$$R_e = p \cdot D \cdot V \cdot \frac{1}{\eta}$$

R_e = عدد رینولدز (بدون بعد)

p = جرم مخصوص مایع (کیلو گرم بر متر مکعب)

D = قطر کانال (متر)

V = سرعت جریان مایع (متر بر ثانیه)

η = ویسکوزیته دینامیکی مایع (کیلوگرم بر (متر.ثانیه))

اگر مقطع غیر دایره ای باشد آنگاه رابطه بصورت:

$$D_e = \frac{\text{مساحت سطح مقطع} \cdot 4}{\text{محیط مقطع}} = \frac{4 \cdot A}{C}$$

اگر عدد بدست آمده از معادله ها از 3000 کمتر باشد جریان سیال آرام و بدون اغتشاش است ، اما اگر بیشتر از این مقدار باشد یعنی جریان کاملاً اغتشاشی است.

مثال: مذابی از چدن خاکستری با جریان آرام $Re = 2000$ در راهگاه اصلی یک سیستم راهگلاهی با مقطع مستطی شکل به ابعاد 2 و 3 سانتی متر جاری شده است. با توجه به اینکه گرانیوی دینامیکی و جرم مخصوص مذاب چدن خاکستری به ترتیب برابر 0.03 گرم به سانتی متر ثانیه (پوآز) و 2.45 گرم بر سانتی متر مکعب باشد. سرعت خطی مذاب را محاسبه کنید:

$$D_e = \frac{4 \times A}{2(2+3)} = \frac{24}{10} = 2.4 \text{ cm} = 0.024 \text{ m}$$

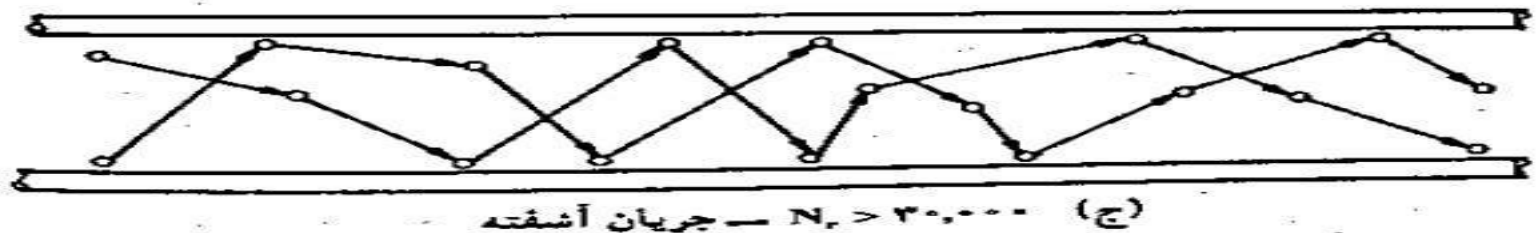
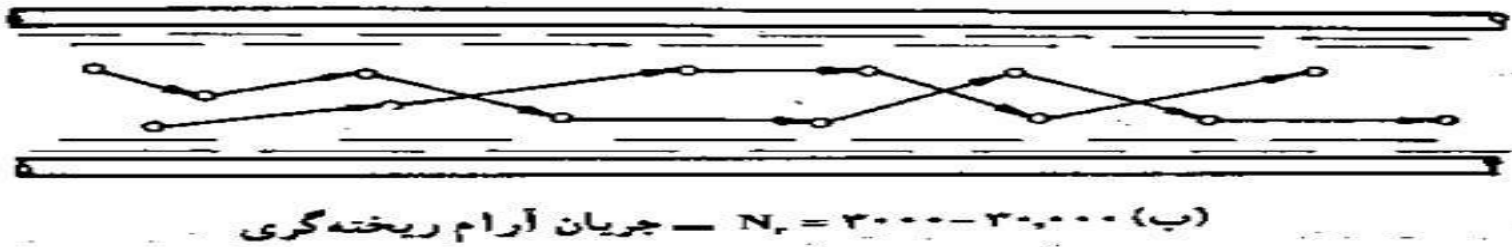
از طرفی مقادیر مربوط به گرانیوی دینامیکی و جرم مخصوص و سیستم بین المللی واحدها (SI) برابر خواهد شد با:

$$\eta = 0.03 \frac{\text{gr}}{\text{cm.s}} (\text{پوآز}) = 0.03 \times \frac{0.001 \text{ kg}}{0.01 \text{ m.s}} = 0.003 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}$$

$$\rho = 2.45 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 2.45 \times \frac{0.001 \text{ kg}}{0.01 \text{ m}^3} = 2.45 \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

حال با توجه به داده ها و اصطلاحات داده شده و رابطه ی رینولد سرعت مذاب به صورت زیر بدست می آید:

$$v = \frac{\eta.R_e}{\rho.D_e} = \frac{2000 \times 0/003}{2450 \times 0/024} = 0/10 \frac{m}{s} \approx 10 \frac{cm}{s}$$



شکل ۲۰ — ۵ — رابطه میان عدد رینولدز و میزان آشفتگی جریان مذاب

محاسبه سطح مقطع تنگه

- بین سطوح مقاطع اجزای یک سیستم راهگاهی نسبت معینی تحت عنوان نسبت راهگاهی وجود دارد. در این نسبت کوچکترین مقطع گلویی یا تنگه است.
- در سیستم فشاری تنگه برابر با مجموع سطوح مقاطع راهباره ها و در سیستم غیر فشاری سطح مقطع پای راهگاه بارریز (سطح مقطع حوضچه پای راهگاه) به عنوان تنگه در نظر گرفته می شود.
- براساس قانون تداوم (ثابت بودن دبی جریان) سرعت خطی مذاب در این مقطع (تنگه) از تمام مقاطع سیستم راهگاهی بیشتر است.
- حال اگر سرعت مذاب در این مقطع از حد معینی کمتر باشد انجماد زود رس و اگر از حد معینی بیشتر باشد باعث ایجاد جریان نا آرام می گردد.
- براساس روابط تجربی سطح مقطع تنگه بصورت زیر می باشد:

$$V = A \cdot v \cdot T$$

$$\frac{m}{p} = A_c \cdot v \cdot T$$



$$A_c = \frac{m}{p \cdot T \cdot v}$$

$$V = \frac{m}{p}$$

m = جرم برحسب گرم

p = چگالی برحسب گرم بر سانتیمتر مکعب

T = زمان بار ریزی برحسب ثانیه

v = سرعت واقعی مذاب از سطح مقطع مورد نظر برحسب سانتیمتر بر ثانیه

A_c = سطح مقطع تنگه برحسب سانتیمتر مربع

تعیین سرعت خطی مذاب و ضریب ریختگی

هما نطور که می دانید شرایط و مشخصات واقعی فلز مذاب یا مایعات با شرایط تئوری آنها یکسان نیست و این امر می تواند ناشی از وجود اصطحاکاک بین ذرات مایع بایکدیگر یا ذرات مایع با جداره ظرف (کانال) باشد؛ یا موانع دیگری غیر از اصطحاکاک مثل شکل هندسی سیستم راهگاهی (طول و شکل مقاطع و مجراها، وجود تغذیه، وجود فیلتر، صاف و خشن بودن سطوح داخلی و....) و یا عوامل فیزیکی مثل وزن مخصوص، سیالیت، گرانیروی مذاب به هنگام ریختن و.... که باعث می شود دبی واقعی مذاب و در نتیجه سرعت واقعی مذاب کمتر از مقدار تئوری آن (رابطه تریچلی) باشد. پس:

$$V_{\text{واقعی}} = \mu \cdot V_{\text{تئوری}} = \mu \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad \mu < 1$$

μ ضریبی بدون واحد است که به آن ضریب تلفات، ضریب تخلیه یا ضریب ریختگی می گویند. این ضریب بصورت تجربی بدست می آید که رابطه آن بصورت زیر است:

$$Q = \frac{V}{T} \quad \text{دبی واقعی}$$

$$\mu = \frac{Q_{\text{واقعی}}}{Q_{\text{تئوری}}} = \frac{V}{AT\sqrt{2gh}}$$

$$Q = A\sqrt{2gh} \quad \text{دبی تئوری}$$

$$V = \text{حجم محفظه قالب}$$

$$T = \text{زمان بارریزی}$$

$$A = \text{اندازه سطح مقطع تنگه}$$

$$h = \text{ارتفاع بار یا ارتفاع استاتیکی مذاب}$$



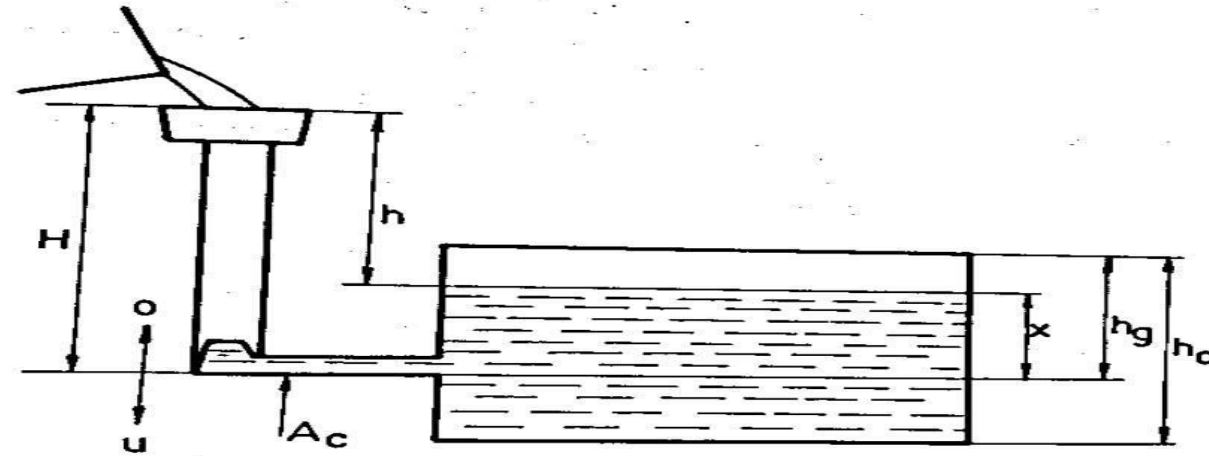
- انتخاب ضریب ریختگی مناسب برای یک سیستم راهگاهی ما را در تهیه قطعات ریختگی سالم و عاری از عیب یاری میکند ؛ زیرا افزایش از یک حد معینی ، موجب ایجاد جریان ناآرام از مذاب در محفظه قالب و در نتیجه تولید قطعه ای معیوب و با کاهش مقدار این ضریب از حد معینی زمان پر شدن قالب به طول می انجامد و در نتیجه خطر انجماد زود رس را بوجود می آورد.
- نوع آلیاژ، شیوه ریختن مذاب و درجه حرارت ریخته گری از عوامل موثر بر ضریب ریختگی است.

ضریب ریختگی	آلیاژ
0/27 – 0/55	چدن ها
0/6 – 0/7	فلزات و آلیاژهای غیر آهنی
0/3 – 0/45	فولاد ها

ارتفاع موثر

در محاسبات سیستم راهگاهی برای راحتی کار دبی جریان (Q) ثابت در نظر گرفته می شود. پس لازم است سرعت مذاب و در نتیجه ارتفاع بار h را هم ثابت در نظر بگیریم. در صورتی که محفظه قالب (مدل قالبگیری شده) تماماً در درجه پایینی باشد، این ارتفاع ثابت همان ارتفاع درجه بالایی می باشد.

اما چنین شرایطی باتوجه به انواع مختلف قطعات (وزن و ابعاد) همواره برقرار نیست. طبیعی است تا زمانی که قسمت پایینی محفظه قالب پر نشده باشد، مذاب با سرعتی ثابت تحت ارتفاع ثابت H از مقطع تنگه A_c عبور می کند.

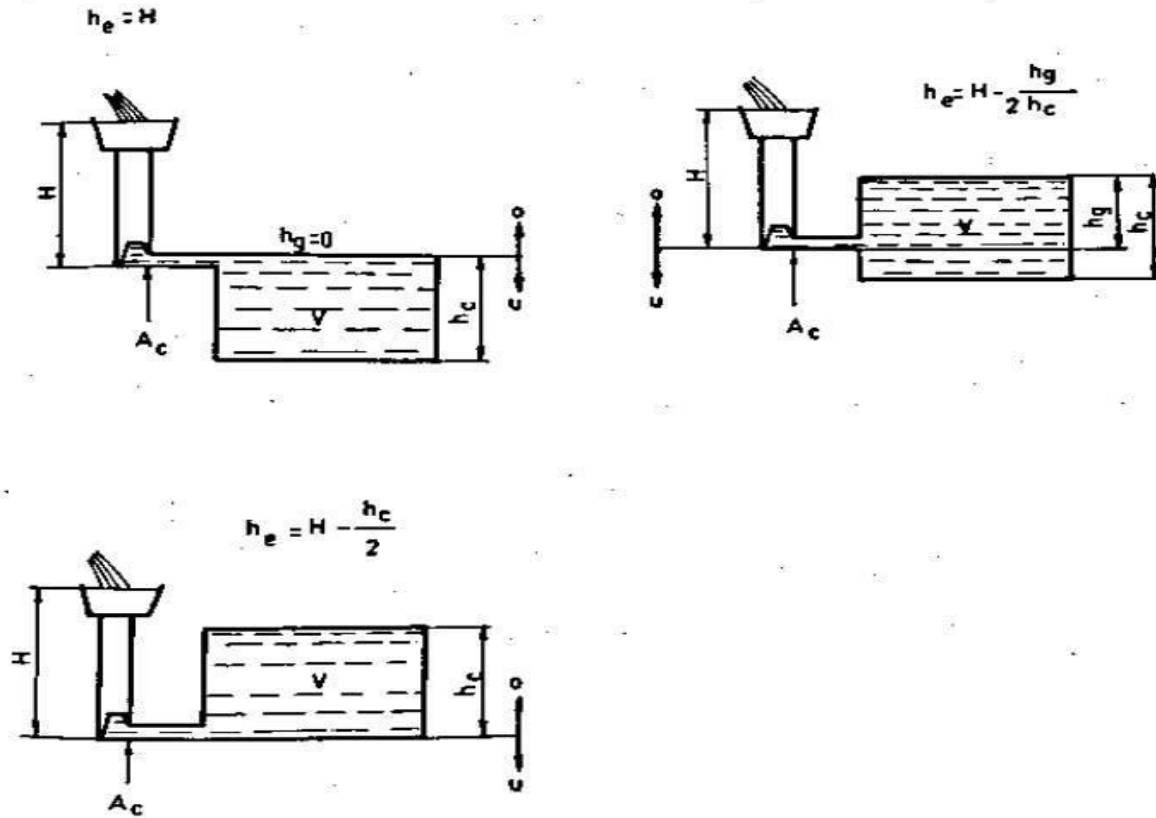


شکل ۳۲-۵- نمایش شماتیکی یک قالب در برش

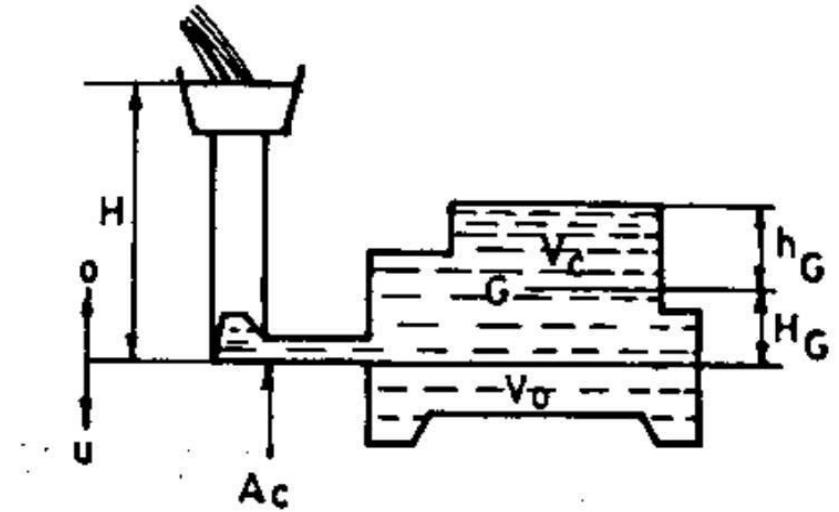
بعد از آنکه سطح مذاب در محفظه قالب به بالای سطح جدایش رسید، بدلیل کاهش اختلاف میان سطح مذاب درون محفظه قالب و سطح مذاب حوضچه بارریز، دیگر سرعت مذاب عبوری از تنگه A_c ثابت نیست. در این حالت می توان از رابطه زیر سرعت لحظه ای مذاب در نقطه ای به فاصله X از سطح جدایش را بدست آورد.

$$v = \mu \sqrt{2g(H - x)}$$

در این رابطه $(H-x)$ ارتفاع لحظه ای می باشد که در نتیجه آن سرعت مذاب نیز دیگر نمی تواند ثابت بماند. از این رو به منظور تحقق یافتن فرض ثابت بودن دبی (Q) ، بایستی متوسط ارتفاع های لحظه ای (h) تعیین گردد که به این ارتفاع، ارتفاع موثر یا h_e می گویند.



شکل ۳۳-۵- تعیین ارتفاع مؤثر در حالت‌های مختلف از تعبیه راهگاه



شکل ۳۴-۵- تعیین ارتفاع مؤثر در حالت کلی

- در صورتی که سطح مقطع افقی قطعات ریختگی یکنواخت نباشد ، ارتفاع مؤثر به ارتفاع مرکز ثقل قسمت فوقانی بستگی دارد.
- ارتفاع مؤثر برای قسمت پایینی قالب همان ارتفاع استاتیکی بار H است . $h_e = H$
- برای قسمت بالایی قالب مقدار آن متغیر می باشد. $h_e = (H-x)$

به صورت کلی می توان نوشت:

$$h_e = H - \frac{V_c}{V} H_G$$

h_e = ارتفاع موثر

H = ارتفاع راهگاه

V_c = حجم کل قطعه

H_G = ارتفاع مرکز ثقل قسمت فوقانی

V = حجم قسمتی از قطعه که در بالای راهباره قرار دارد

مثال 1:

قطعه ای استوانه ای شکل به قطر 16 سانتی متر و ارتفاع 32 سانتی متر به طور عمودی قالب گیری شده است. در صورتی که ارتفاع استاتیکی مذاب 40 سانتی متر و راهباره در قسمت پایین (کف استوانه) تعبیه شده باشد، ارتفاع موثر را بدست آورید.

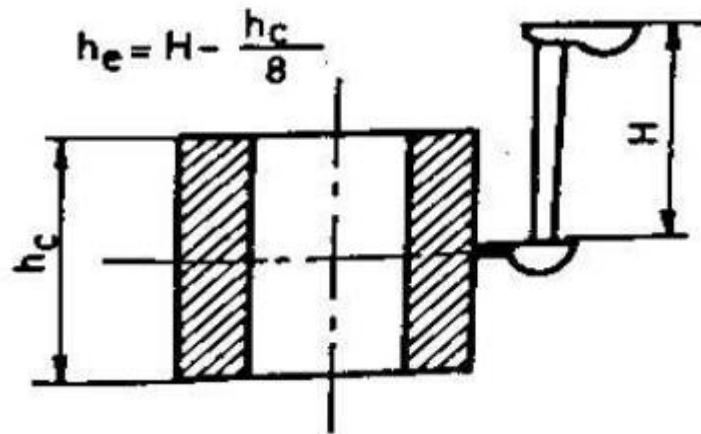
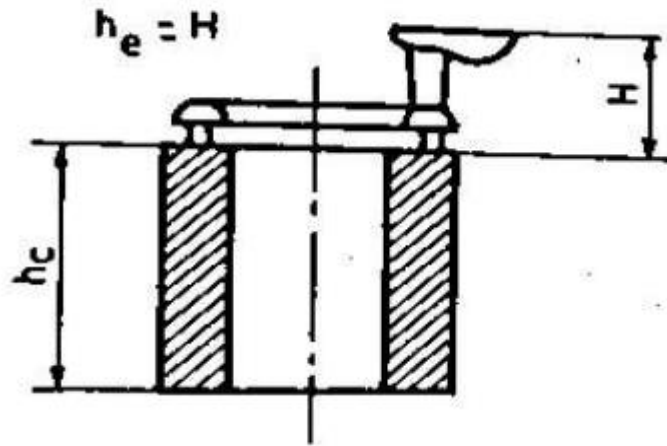
$$h_c = 32 \text{ cm}$$

$$H_G = \frac{h_c}{2} = 16 \text{ cm}$$

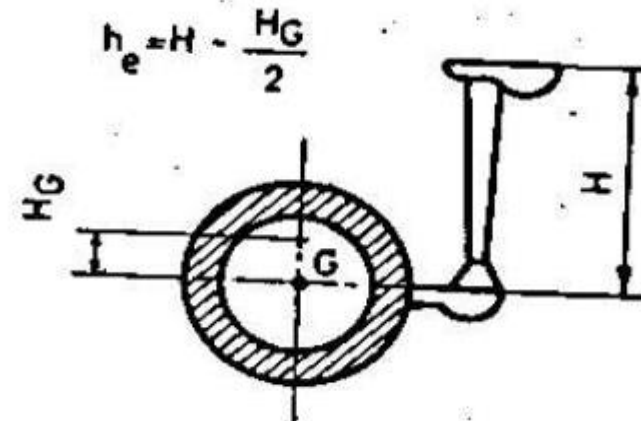
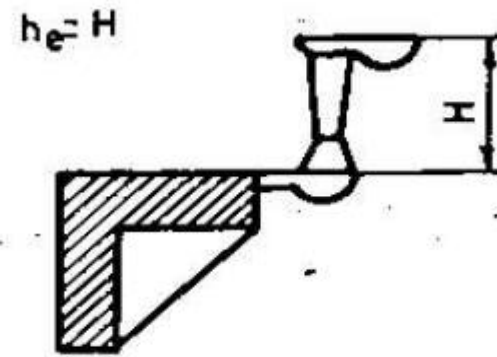
$$H = 40 \text{ cm}$$

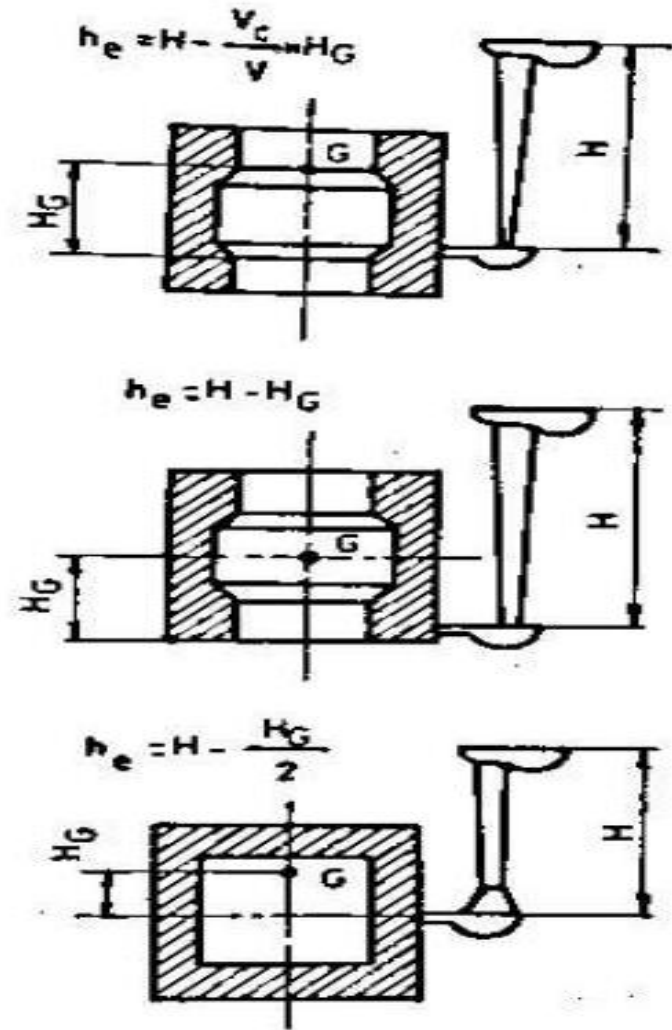
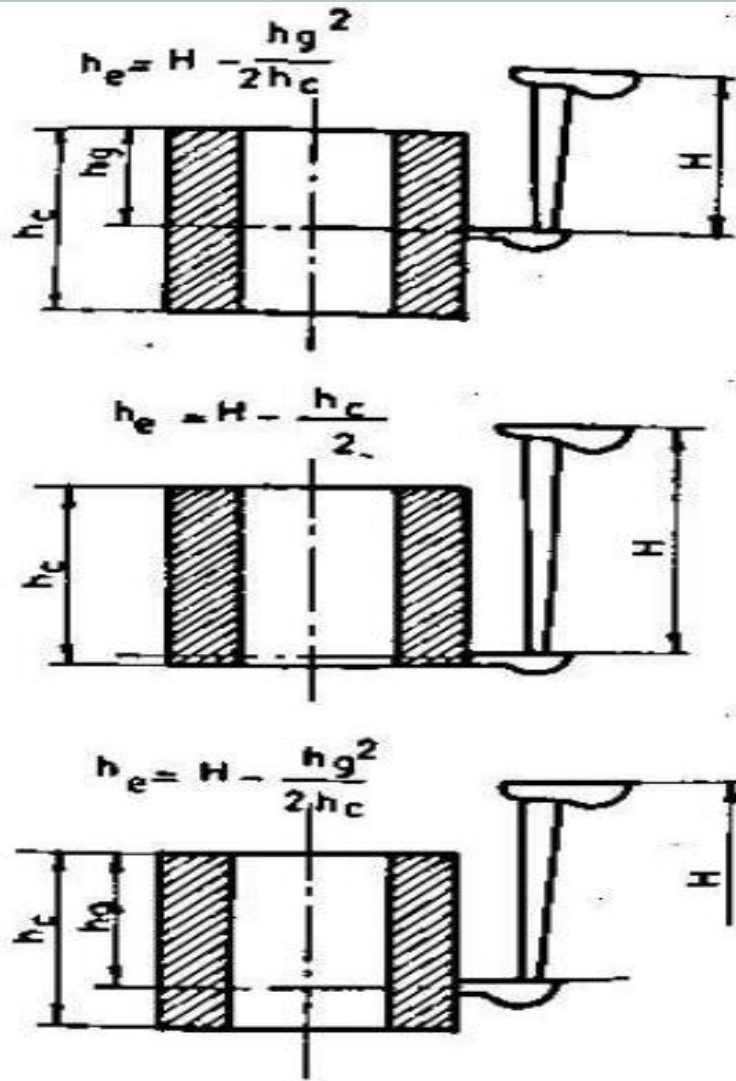
$$h_e = H - \frac{V_c}{V} H_G \quad \Rightarrow \quad h_e = 40 - (1 \cdot 16) = 24$$

قطعات با مقاطع افقی یکنواخت



قطعات با مقاطع افقی غیر یکنواخت





شکل ۳۵-۵ - روابط مربوط به ارتفاع مؤثر برای چند نوع شکل ساده و متداول

زمان بار ریزی

- پس از تعیین ضریب تخلیه μ و ارتفاع موثر h_e با تعیین زمان بار ریزی سطح مقطع تنگه بدست می آید.
- زمان بار ریزی بصورت تجربی بدست می آید و معیار اصلی در تعیین این زمان ، بصورت سلامت قطعه ریختگی است.
- بدین معنی که برای پر شدن مناسب یک قالب و در نتیجه تولید قطعه ای با حد مطلوبی از سلامت ، تنها یک زمان مناسب و معین وجود دارد بگونه ای که پر شدن قالب در زمان های بیشتر و کمتر از این زمان منجر به تولید قطعه ای ناسالم می گردد.

مثال

زمان بار ریزی قطعه ای از آلیاژ مس با سیالیت پایین ($s = 1/5$) ، به وزن 50 کیلو گرم و ضخامت متوسط 20 میلیمتر چقدر است؟

برای حل این مثال ما باید به جداول از پیش تعیین شده ، که برای فلزات مختلف بیان گردیده و در صفحات بعد نمونه هایی از آنها را ذکر می کنیم استفاده کرد. برای مس رابطه زیر از جداول استخراج می شود:

بعد از محاسبه زمان بار ریزی با استفاده از رابطه تنگه، مساحت آن را بدست می آوریم.

$$T = s \sqrt[3]{\delta \cdot G}$$

S=1/5 G=50 کیلوگرم $\delta = 20mm$

$$T = 1/5 \sqrt[3]{20 \times 50} = 1/5 \times 10 = 15 \text{ ثانیه}$$

$$A_c = \frac{m}{p \cdot T \cdot \mu \cdot \sqrt{2gh_e}}$$

m= جرم برحسب گرم
 چگالی بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب=p
 برحسب ثانیه=T
 شتاب ثقل 981 سانتیمتر بر مجذور ثانیه=g
 ارتفاع موثر برحسب ثانیه= h_e
 سطح مقطع تنگه برحسب سانتیمتر مربع= A_c



آلیاژهای مس با سیالیت پایین $S = 1/3 - 1/8$ آلیاژی مس با سیالیت خوب $S = 1/9 - 2/8$ ↓ ↓ برنز قلع برنجها برای صفحات و دیواره‌های نازک از جنس برنج $K = 0.046 \left[\frac{\text{ثانیه}}{\text{میلیمتر مربع}} \right]$	$T = S \sqrt[3]{\delta G}$ $T = K \delta^2$	آلیاژهای مس
--	--	--

$$S_A = \frac{22.6 \times G}{g \times \varepsilon \times \sqrt{h}}$$

g = جرم مخصوص (کیلوگرم بر دسی متر مکعب)

G = وزن کل مذاب

ε = ضریب تلاطم

h = ارتفاع مذاب (سانتیمتر)

$$S = 2 \times s$$

S = سطح مقطع کانال اصلی

s = سطح مقطع کانال فرعی

محاسبه مقاطع کانال های فرعی

اگر قرار بود یک کانال فرعی بزنیم می شود سطح مقطع یک کانال و اگر بیشتر بود مقدار بدست آمده را تقسیم بر تعداد کانال فرعی می کنیم تا سطح مقطع یک کانال بدست آید.

محاسبه مقاطع کانال اصلی

با توجه به رابطه ارتفاع کانال اصلی باید حداقل 2 برابر ارتفاع کانال فرعی باشد.

محاسبه کانال بارریز

پس همواره با توجه به رابطه روبرو مساحت سطح مقطع راهگاه بارریز باید بزرگتر مساوی مساحت سطح مقطع مجموع راهباره ها باشد.

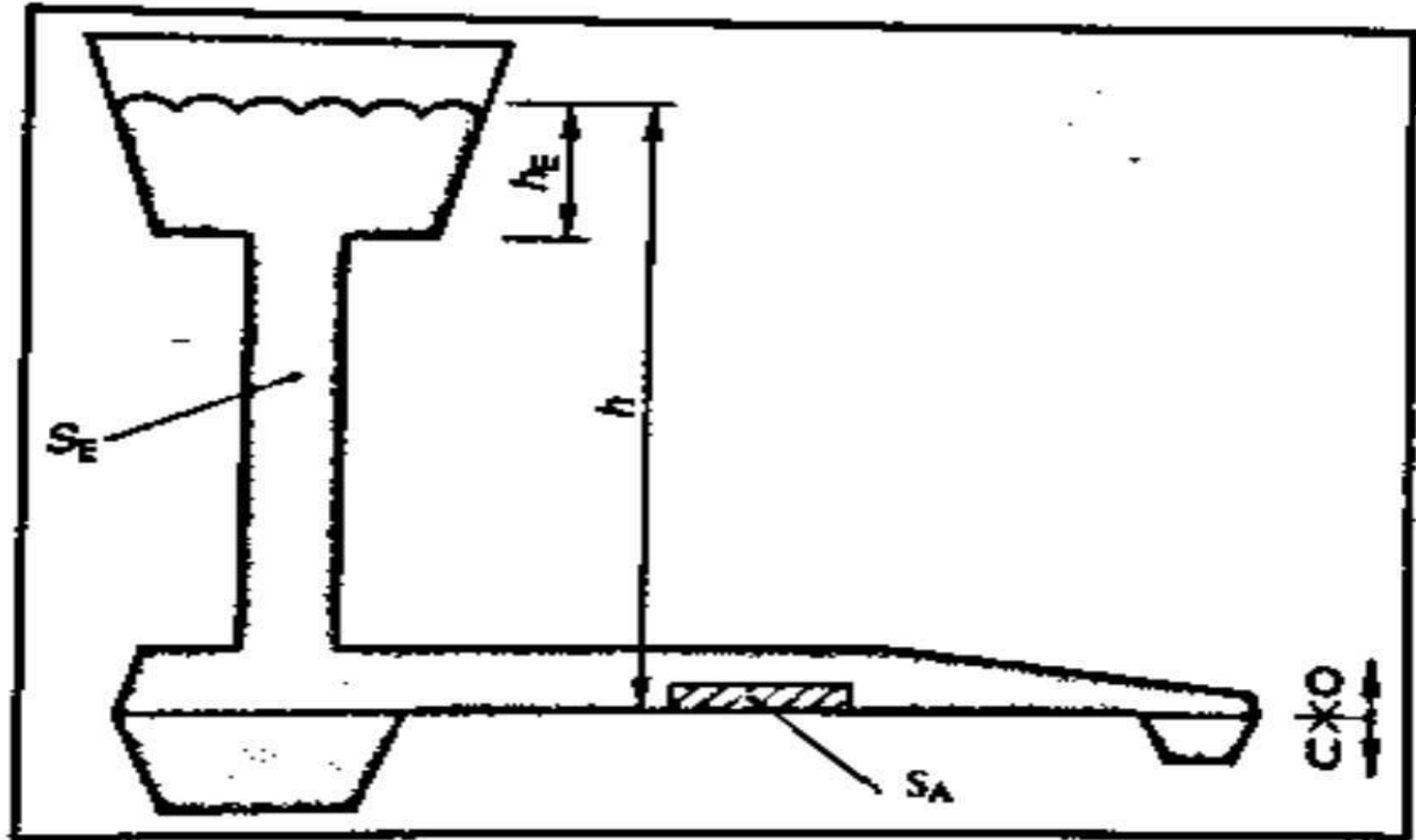
$$S_E \geq S_A \times \sqrt{\frac{h}{h_E}}$$

S_E = مساحت مقطع کانال بارریز (سانتیمتر مربع)

S_A = مساحت مجموع کانال های فرعی

h = ارتفاع صعود فلز مذاب

h_E = ارتفاع فلز مذاب در حوضچه بارریز



محاسبه قطر کانال بارریز

$$d = \sqrt{\frac{\varepsilon \times S_E}{\pi}}$$

S_E = مساحت مقطع کانال بارریز (سانتیمتر مربع)

d = قطر کانال بارریز

ε = ضریب تلاطم

محاسبه ارتفاع کانال بارریز

با در دست داشتن قطر مقطع کانال بارریز و معادله های مربوط به کانال بارریز می توان ارتفاع کانال بارریز را محاسبه کرد.

محاسبه شیب لوله راهگاه

در قالب های بزرگ بدون شیب و در قالب های کوچک بر حسب ارتفاع درجه بین 1 تا 5 درجه بر مبنای فرمول زیر محاسبه می گردد:

$$F_{s(mm)} = \frac{1/75 \times h \times \alpha}{100}$$

مثال 1

در صورتیکه مساحت مقطع کانال های فرعی 108 میلیمتر مربع ، ارتفاع مجموع کانال بارریز 250 میلیمتر و ارتفاع حوضچه بارریز 50 میلیمتر و ضریب تلاطم 4 باشد. قطر لوله بارریز چقدر است؟

در ابتدا باید این پارامتر بدست آید

$$S_A = 108 \text{ mm}^2$$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$h_E = 50 \text{ mm}$$

$$S_E \geq S_A \times \sqrt{\frac{h}{h_E}} \quad \Rightarrow \quad S_E \geq 108 \times \sqrt{\frac{250}{50}} = 240 \text{ mm}^2$$

واحد هارا به سانتیمتر تبدیل می کنیم

$$d = \sqrt{\frac{\varepsilon \times S_E}{\pi}} \quad d = \sqrt{\frac{4 \times 240}{3.14}} = 17.5 \text{ mm}$$

مثال 2

چنانچه قطر کوچک لوله بارریز $d = 17.5 \text{ mm}$ و مساحت مجموع کانال های فرعی 108 میلیمتر مربع و ارتفاع حوضچه بارریز 50 میلیمتر ارتفاع لوله راهگاه چقدر است؟

$$\sqrt{\frac{\varepsilon \times S_E}{\pi}} = 17.5 \text{ mm}^2 \quad \xrightarrow{\text{دو طرف به توان 2 می رسه تا رادیکال حذف شود}} \quad \frac{4 \times S_E}{3.14} = (17.5)^2 \quad \Rightarrow \quad S_E = 240 \text{ mm}^2 = 2.4 \text{ cm}^2$$

$$S_E = S_A \times \sqrt{\frac{h}{h_E}} \quad \Rightarrow \quad 2.4 = 108 \times \sqrt{\frac{h}{50}} \quad \xrightarrow{\text{دو طرف به توان 2 می رسه تا رادیکال حذف شود}} \quad h = 266 \text{ mm}$$

ارتفاع لوله راهگاه $266 - 50 = 216 \text{ mm}$