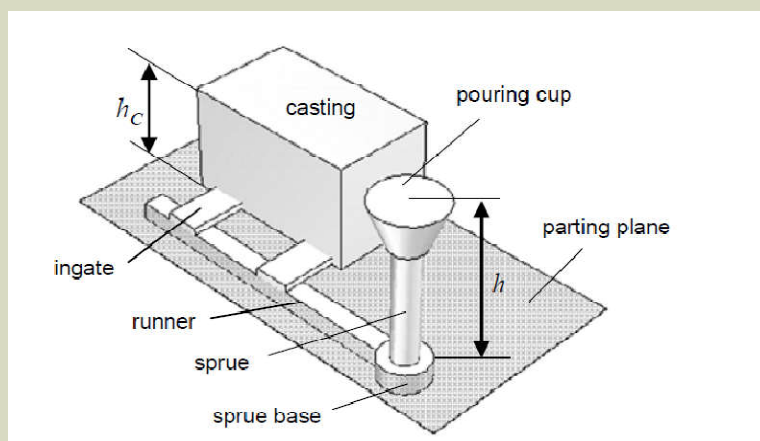


فلز مذاب و سیستم راهگاهی

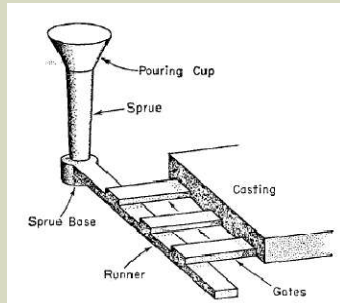
[۱]

Typical Gating System

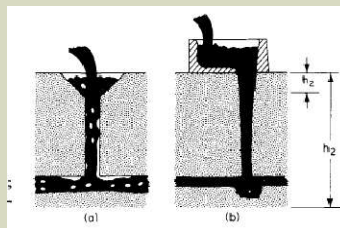


[۲]

Typical Gating System



Gating system for a sand casting. (From Taylor, Flemings, and Wulff.²)



Sprue design. (a) Straight-sided sprue; (b) tapered sprue. (From Taylor, Flemings, and Wulff.²)

[۳]

فلز مذاب و سیستم راهگاهی



[۴]

سیالیت

(۱) سیالیت فلز مذاب

- توانایی فلز مذاب در جریان یافتن از میان کانال های موجود در قالب و پر کردن محفظه ی آن ، به شرطی که تمام جزئیات قطعه را تولید کند سیالیت ریخته گری نام دارد.

- سیالیت غیر کافی می تواند عامل اصلی بروز عیب نیامد باشد.

- عوامل موثر بر سیالیت فلز مذاب ویسکوزیته ، شرایط حرارتی و مد انجماد (بوسته ای، یا خمیری) هستند.

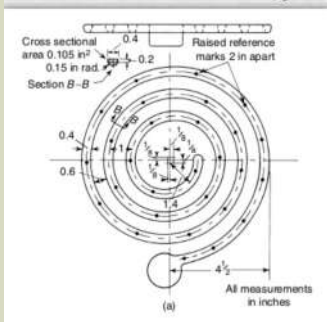
به طور خلاصه: عوامل تکنولوژیکی + سیالیت فیزیکی = سیالیت ریخته گری

اندازه گیری سیالیت ریخته گری

- سیالیت ریخته گری به صورت فاصله ای که مذاب قادر است قبل از انجماد در کانال های استاندارد که به همین منظور طراحی شده اند اندازه گیری می شود.

- در گذشته از کانال های مستقیم استفاده می شد اما این روش به علت وجود معایب متعدد از جمله نیاز به کانال با طول زیاد و حساسیت به زاویه کانال منسوخ شد.

- امروزه از کانال های مارپیچ استفاده می شود.



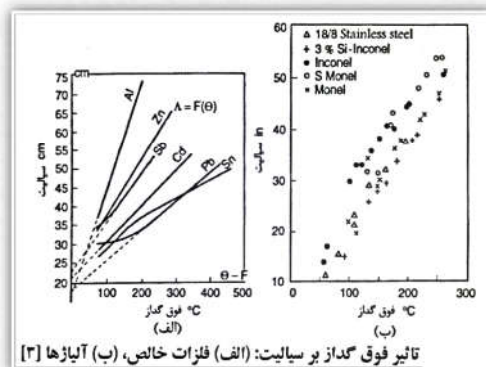
[۵]

عوامل موثر بر سیالیت

عوامل موثر بر سیالیت ریخته گری

(۱) دما:

-سیالیت یک آلیاژ به طور مستقیم با فوق گداز مذاب ارتباط دارد.



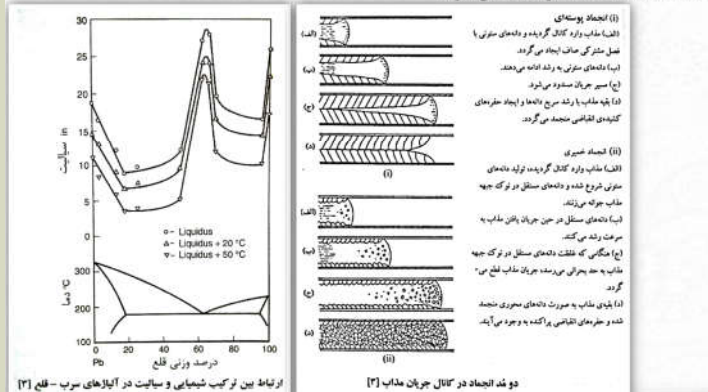
[۶]

عوامل موثر بر سیالیت

۲) ترکیب شیمیایی:

- فلزات خالص و آلیاژهای دارای ترکیب یوتکتیک بیشترین سیالیت و آلیاژهایی که محلول جامد تشکیل می دهند (به ویژه آنهایی که دارای دامنه انجماد بلند هستند) کمترین سیالیت را دارند.

- سیالیت با دامنه انجماد رابطه عکس دارد.



{ ۷ }

عوامل موثر بر سیالیت

۲) عوامل سطحی مذاب

- یکی از مهم ترین عوامل سطحی مذاب **کشش سطحی** مذاب است (که با سیالیت رابطه عکس دارد). که به اندازه کانال عبور مذاب و فیلم های سطحی روی مذاب بستگی دارد.

رای مثال در مذاب آلومینیوم فیلم اکسید سطحی موجود باعث افزایش کشش سطحی مذاب تا ۳ برابر می گردد.

{ ۸ }

عوامل موثر بر سیالیت

۴) عوامل مربوط به قالب

شرایط قالب می تواند به طور مستقیم (توسط خصوصیات حرارتی) یا غیر مستقیم (توسط سرعت حرکت سازنده مذاب) بر روی مدت زمان جاری بودن مذاب تاثیر بگذارد.

- خصوصیات حرارتی:

سرعت خنک شدن مذاب در وحله اول توسط نفوذپذیری حرارتی مواد سازنده قالب تعیین می شود.

$$D = \sqrt{k\rho C}$$

ظرفیت گرمایی
چگالی
ضریب هدایت حرارتی
نفوذ پذیری حرارتی

- تاثیر سطح قالب:

سرعت حرکت مذاب با زبری سطح قالب کاهش می یابد - زبری سطح قالب به اندازه دانه ماسه بستگی دارد.

- تاثیر فشار هوا:

از آنجایی که درون قالب هوا وجود دارد و فلز مذاب جایگزین هوا می شود باید هواکش و کانال هایی در قالب تعبیه شود تا سیالیت ظاهری مذاب کاهش نیابد.

[۹]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی

سیستم راهگاهی مجموعه ای از کانال هاست که مذاب را از بوته به محفظه قالب هدایت می کند.

ویژگی های سیستم راهگاهی

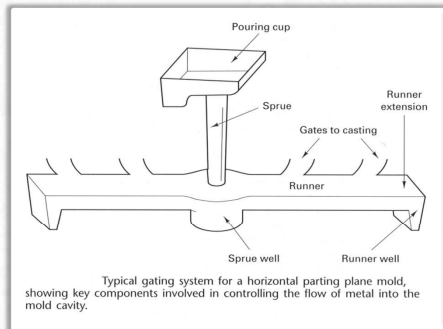
معایب طراحی اشتباه سیستم راهگاهی

- | | |
|--|---|
| (۱) هدایت جریان مذاب به صورت آرام و یکنواخت و بدون تلاطم سطحی | (۱) وارد شدن ماسه، سرباره و آخال به همراه مذاب به درون محفظه قالب |
| (۲) پر کردن به ترتیب و کامل اجزای سیستم | (۲) خشن شدن سطح قطعه ریختگی |
| (۳) جلوگیری از تشکیل اکسید، آخال، سرباره، گاز و حباب و ورود آنها به محفظه قالب | (۳) انحلال گازها در مذاب و ایجاد مک و حفره در قطعه ریخته گری |
| (۴) تنظیم شیب دمایی مناسب به منظور ایجاد انجماد جهت دار در در قطعه ریخته گری | (۴) اکسید شدن بیش از حد مذاب |
| (۵) تولید قطعه سالم | (۵) ایجاد حفره انقباضی در قطعه ریخته گری |
| (۶) اقتصادی بودن وزن سیستم راهگاهی | (۶) پر نشدن کامل قالب |
| (۷) سهولت جدا کردن سیستم راهگاهی از قطعه | (۷) نفوذ مذاب درون ماهیچه ها |
| (۸) کاهش عملیات تراشکاری قطعه ریخته گری | (۸) وارد شدن ذرات پیش جامد شده به محفظه قالب |

[۱۰]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی

در روش ریخته گری های وزنی:



- (۱) حوضچه بارریزی
- (۲) راهگاه بارریز
- (۳) حوضچه پای راهگاه
- (۴) راهبار
- (۵) راهباره

روش انتقال مذاب

- (۱) ریختن مذاب درون حوضچه بارریزی ← سرعت مذاب، صفر و سرباره ها از مذاب جدا می شوند.
- (۲) وظیفه راهگاه بارریز (Sprue) ← انتقال عمودی مذاب از حوضچه بارریزی به سمت پایین
- (۳) راهبار (Runner) ← کانالی است که مذاب را درون قالب در جهت افقی منتقل می کند.
- (۴) راهگاه فرعی یا راهباره (Gate) ← برای اتصال راهباره به محفظه اصلی قالب است.
- (۵) Well ← حوضچه ای است که در محل اتصال راهگاه بارریز به راهبار قرار می گیرد.

[۱۱]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی

دبی واقعی جریان متناظر از اصطکاک مذاب با قالب

$$C = \frac{Q_a}{Q_t}$$

ضریب تخلیه

دبی تئوری جریان

عوامل موثر بر ضریب تخلیه

- (۱) دبی جریان
با کاهش دبی جریان در سیستم و یا افزایش زمان بارریزی ضریب تخلیه کاهش می یابد.
- (۲) هندسه راهگاه بارریزی
هر چه مقطع راهگاه به سمت شکل دایره نزدیک شود به دلیل کاهش سطح تماس مذاب با دیواره، اصطکاک کم شده و در نتیجه ضریب تخلیه افزایش می یابد. شیب راهگاه نیز باعث افزایش ضریب تخلیه می گردد.
- (۳) نسبت های راهگاهی
با افزایش نسبت های راهگاهی مقدار ضریب تخلیه به یک نزدیک می گردد
- (۴) دما و آهنگ بارریزی

آهنگ بارریزی زیاد ← افزایش دمای بارریزی ← کاهش ضریب تخلیه (به علت آشفته شدن جریان)	آهنگ بارریزی کم ← افزایش دمای بارریزی (افزایش سیالیت مذاب) ← افزایش ضریب تخلیه
--	--

[۱۲]

Typical Gating System

مبانی طراحی سیستم راهگاہی و اصول محاسبه آن

➤ قوانین مورد استفاده در طراحی:

قانون پیوستگی (موازنه جرم کلی در سیستم جریان سیال)

$$Q = \rho_1 \cdot A_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot V_2 = ct.$$

قانون برنولی (موازنه انرژی مکانیکی سیال عبوری از راهگاہ)

$$g \cdot h + P/\rho + V^2/(2g) + E_f = ct.$$

[۱۳]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاہی

طراحی بر اساس دو قانون دینامیک سیالات استوار است:

(۱) معادله پیوستگی

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 = cte$$

سرعت خطی جریان
مساحت سطح مقطع کانالی که جریان از آن عبور می کند
دبی حجمی جریان

(۲) قانون برنولی

$$\frac{V_1^2}{2g} + h_1 + \frac{P_1}{\rho} = \frac{V_2^2}{2g} + h_2 + \frac{P_2}{\rho} = cte$$

انرژی سینتیکی
انرژی پتانسیل
انرژی فشاری
فشار سیال
ارتفاع سیال
سرعت خطی سیال
چگالی سیال

[۱۴]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی

(۱) انتخاب دبی و زمان بارریزی

عوامل موثر در زمان بارریزی

(۱) اندازه قطعه

(۲) ضخامت نازک ترین سطح مقطع

(۳) مقدار پیچیدگی قطعه

(۴) خواص حرارتی قالب

(۵) شرایط بارریزی

(۶) ترکیب شیمیایی مذاب

نکته مهم: در تعیین زمان پرکردن قالب کوتاه بودن آن برای جلوگیری از ایجاد عیوبی همانند سردجوشی و نیامد در قطعه است (به ویژه در قطعات دارای ضخامت نازک و گوشه های تیز)

نکته: دبی بارریزی معمولاً به صورت تجربی به دست می آید اما از روابط به دست آمده نیز می توان استفاده کرد.

[۱۵]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی

مبانی طراحی سیستم راهگاهی و اصول محاسبه آن

The sequence of calculations in the design of the gating system involves the following steps:

- establish the optimum pouring time;
- calculate the choke area;
- select the gating ratio.

The pouring time is calculated with empirical equations that can be expressed in a general form as:

$$t_{pour} = k_{size} \cdot m_{cast}^n$$

$$t_{pour} = \frac{v}{Q} = \frac{m_{cast} / \rho}{AV} = \frac{m_{cast}}{A\rho C\sqrt{2gh}}$$

[۱۶]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی

مبانی طراحی سیستم راهگاهی و اصول محاسبه آن

➤ Estimation of choke area

$$A_{ch} = \frac{m_{cast}}{\rho t_{pour} \sqrt{2gh}}$$

the gating ratio

(i) pressurized systems with $A_{sp} > A_{run} > A_{ing}$

(ii) un-pressurized systems with $A_{sp} < A_{run} < A_{ing}$

[۱۷]

انواع سیستم های راهگاهی

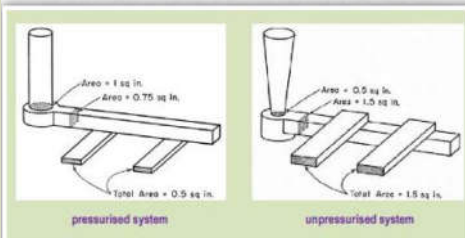
بر اساس نسبت سطح مقطع اجزای سیستم راهگاهی ← (Sprue):R(Runner):G(Gate) دو نوع سیستم راهگاهی فشاری (همگرا) و غیرفشاری (واگرا) داریم.

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

[۱۸]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی

۳) طراحی حوضچه بارریز (Pouring Basin)

اهداف و وظایف حوضچه بارریز:

- ۱) ثابت نگهداشتن ارتفاع ایستایی مذاب که کنترل کننده دبی جریان است.
- ۲) جلوگیری از به دام افتادن حباب های هوا به درون مذاب و ورود آنها به داخل قالب
- ۳) جلوگیری از تشکیل یا ورود اکسید ها، سرباره ها و آخال ها به داخل قالب از طریق شناور ساختن آنها در سطح مذاب
- ۴) حذف اغتشاش و سرعت اولیه مذاب (ناشی از بارریزی)

انواع حوضچه بارریزی

- ۱) قیفی شکل
- ۲) مکعبی خارج از مرکز



[۱۹]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی

مزایای حوضچه قیفی شکل

- ۱) سهولت در طراحی و ساخت

معایب حوضچه قیفی شکل

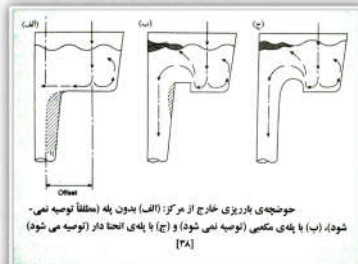
- ۱) نامعلوم بودن سرعت مذاب در هنگام ورود به راهگاه بارریز
- ۲) هدایت حباب های هوا به مذاب از طریق این سیستم
- ۳) نحوه پر شدن متفاوت قالب در هر بارریزی
- ۳) هدایت مایه سرباره و آخال به درون راهگاه بارریز

مزایای حوضچه مکعبی شکل

- ۱) صفر شدن تلاطم و سرعت مذاب درون حوضچه
- ۲) هدایت آخال معلق در مذاب به سطح بالای مذاب

مزایای انحنا دار کردن پله درون حوضچه

- ۱) تسهیل ورود مذاب به درون راهگاه بارریز
- ۲) جلوگیری از ایجاد منطقه مرده که باعث مکیده شدن حباب های هوا به درون مذاب می شود.



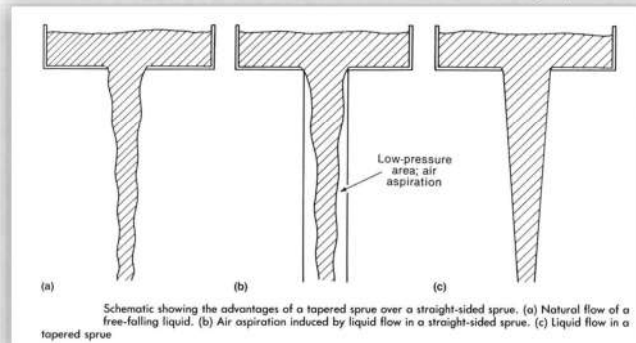
حوضچه ی بارریزی خارج از مرکز: (الف) بدون پله (مطلقاً توصیه نمی شود)، (ب) با پله ی مکعبی (توصیه نمی شود) و (ج) با پله ی انحنا دار (توصیه می شود) [۳۸]

[۲۰]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی

۴) طراحی راهگاه بارریز (Sprue):

- ۱) مذاب باید بتواند طول راهگاه بارریز را با حداقل تلاطم طی کند.
- ۲) این راهگاه باید شبیدار ساخته شود (شکل مخروطی یا هرمی) که مقدار این شیب از معادلات پیوستگی و معادلاتی که در قبل گفته شده محاسبه گردد.



[۲۱]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی

۵) طراحی حوضچه پای راهگاه

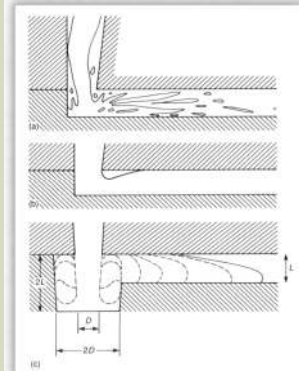
- این حوضچه می تواند موجب کاهش جذب هوا شود اما نمی تواند از به وجود آمدن حباب جلوگیری کند.

ضرورت و اهداف حوضچه پای راهگاه

- کاهش تلاطم سطحی ناشی از جهش اولیه مذاب رسیده بر پای راهگاه (شکل a)
- ایجاد جریان دایره ای در حوضچه برای از بین بردن انقباض و نا اثر پدید آمدن انقباض و نا یک منطقه کم فشار ایجاد شده که هوا را از درون قالب ماسه می مکد (شکل b)
- کمک به پر شدن کامل راهگاه و فرستادن مذاب به صورت جبهه ای فشرده به درون راهبار (شکل c)
- کاهش زمان لازم برای خروج حباب ها از داخل سیستم
- جذب انرژی حرکتی (سینتیکی) جریان در حال سقوط

ابعاد و شکل حوضچه پای راهگاه

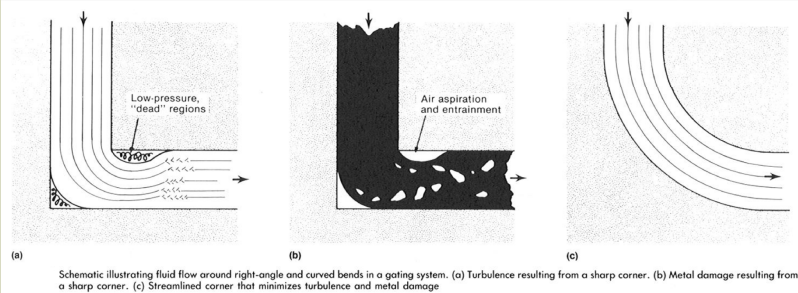
- استوانه ای شکل با قطر دو برابر قطر پایین راهگاه بارریز و ارتفاعی معادل دو برابر ارتفاع راهبار (شکل c)



[۲۲]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی

- 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)

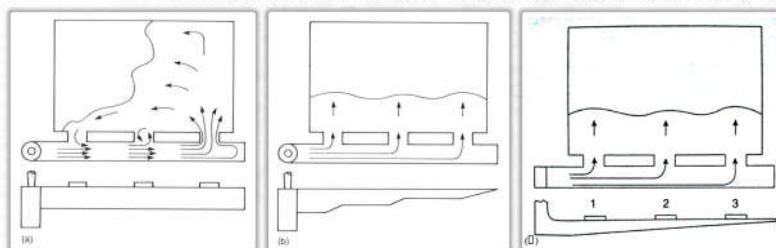


[۲۳]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی

۶) طراحی راهبار (Runner)

- وظیفه راهبار توزیع مذاب به طور افقی و با سرعت کافی (برای جلوگیری از ایجاد مشکلات مربوط به سردشدن مذاب) در اطراف محفظه قالب است.
- راهبار موثر باید هرگونه تلاطم موجود در مذاب ورودی را حذف کند.
- راهبار باید در درجه پایینی و راهبار در درجه بالایی قرار گیرد.
- نحوه طراحی مناسب چند راهبار که از یک راهبار منشعب می شوند در شکل نشان داده شده است.



(a) انتقال غیر مناسب مذاب به درون محفظه قالب در نتیجه طراحی نادرست راهبار (b) استفاده از راهبار پله ای که باعث تلاطم مذاب می گردد. (c) طراحی صحیح راهبار و توزیع متناسب مذاب در میان راهبار ها

[۲۴]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی

- سطح مقطع راهبار معمولاً مستطیلی و عرض آن دو برابر ارتفاع آن است.

- در صورتی که نسبت عرض به ارتفاع زیاد باشد مذاب قبل از پر کردن کامل راهبار وارد راهبازه می شود.

- می توان از راهبار نازک استفاده کرد.

برای رفع مشکل ←
- می توان از فیلتر سرامیکی در ابتدای راهبار استفاده کرد.

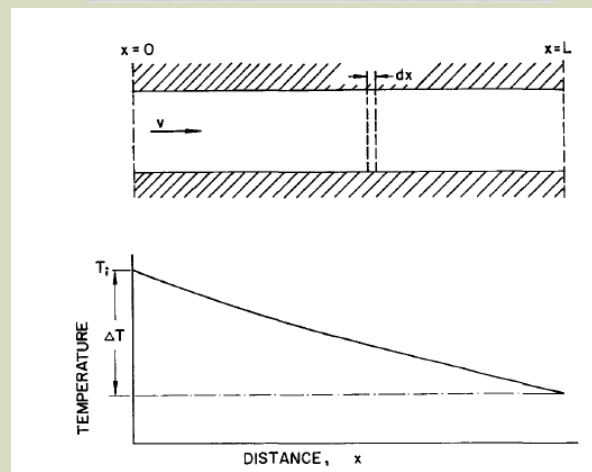
نکته: A_p مساحت سطح مقطع راهبار - A_s مساحت سطح مقطع راهگاه بارریز



اگر $\left\{ \begin{array}{l} A_s = A_p \leftarrow \text{سرعت حرکت مذاب در راهبازه بیش از حد زیاد می گردد.} \\ A_p = 2A_s \leftarrow \text{حالت بهینه} \\ A_p = 3A_s \leftarrow \text{مشکل در پر کردن راهبار} \end{array} \right.$

[۲۵]

نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی



$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho c_p T) + \nabla \cdot (\rho c_p \mathbf{V} T) = \nabla \cdot (k \nabla T) + \dot{q}$$

[۲۶]

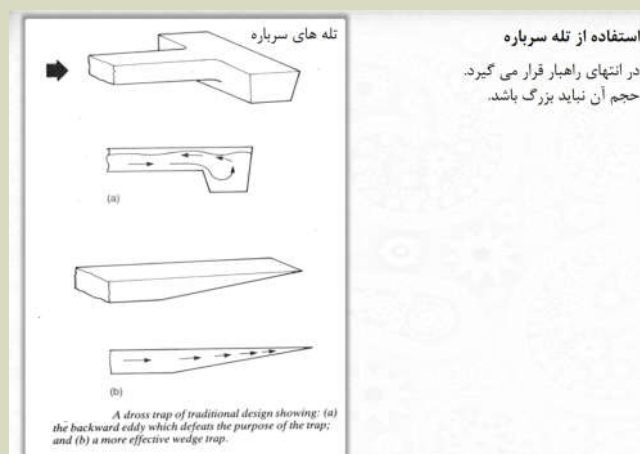
نحوه محاسبه اجزای سیستم راهگاهی

(۷) طراحی راهباره

- سطح مقطع راهباره بیشترین اندازه را در بین دیگر سطوح مقاطع سیستم دارد.
- با توجه به اصول طراحی سیستم غیرفشاری راهباره باید به سطح بالایی راهبار متصل باشد.
- سطح مقطع راهباره معمولاً به شکل مستطیلی ساخته شده و نسبت طول به عرض آن ۲ اختیار می شود.

[۲۷]

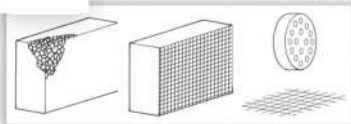
کنترل آخال در سیستم راهگاهی



[۲۸]

کنترل آخال در سیستم راهگاهی

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 پوشدن راهگاه بار ریز و حذف تلاطم سطحی در آن

(۳) کاهش نوسان سرعت جریان در سیستم راهگاهی

(۴) حذف آخال از مذاب درون سیستم راهگاهی



Several ceramic filter types and flow modification devices (from left to right): ceramic cone, cylindrical ceramic filter, tapered, square filter, mesh screen, and ceramic fabric screen. The two types of ceramic filters are by far the most widely used.

