

۱- حضور و غیاب

۲- پیش آزمون از جلسه‌های قبل (به صورت شفاهی، کتبی، پاسخ کوتاه، و غیره)

۳- یادآوری مطالب جلسه قبل

### موضوع:

#### - انواع تغذیه

- انواع تغذیه براساس محل قرار گرفتن تغذیه، قبل یا بعد از محفظه قالب

- انواع تغذیه براساس موقعیت قرار گرفتن تغذیه نسبت به قطعه

- انواع تغذیه براساس ارتباط تغذیه با اتمسفر محیط

برای درک بهتر متالورژی فیزیکی لازم است قبل از شروع بحث جدید، هنرآموزان محترم با هنرجویان تعاملی داشته باشند. بهتر است این تعامل به صورت سوال و جواب باشد که برای هنرجو قابل فهم باشد. سوالاتی مانند:

۱- به نظر شما چند نوع تغذیه داریم؟

۲- آیا محل قرار گرفتن تغذیه، قبل یا بعد از محفظه قالب، تأثیری بر نحوه مذاب‌رسانی به قالب دارد؟

۳- آیا تغذیه فقط در قسمت بالایی قطعه قرار می‌گیرد؟

۴- آیا تغذیه همیشه با محیط اطراف در تماس است؟

#### ۵-۴- انواع تغذیه

تغذیه انواع مختلفی دارد و در تمام قطعات همواره به یک شکل نیست و در محل مشخصی قرار نمی‌گیرد. عوامل مختلفی در تقسیم‌بندی تغذیه مؤثر است، مهم‌ترین عامل محل قرار گرفتن تغذیه‌ها در محفظه قالب نسبت به قطعه و نحوه ارتباط آن‌ها با سیستم راهگامی است. با توجه به این عوامل، تغذیه‌ها به سه روش کلی تقسیم می‌شوند. این سه تقسیم‌بندی عبارتند از:

۱- تقسیم‌بندی تغذیه براساس محل قرار گرفتن تغذیه نسبت به محفظه قالب، که تغذیه می‌تواند قبل یا

بعد از محفظه قالب قرار گیرد.

۲- تقسیم‌بندی براساس موقعیت قرار گرفتن تغذیه نسبت به قطعه ریختگی، که تغذیه می‌تواند در قسمت بالای قطعه، کنار قطعه و غیره، قرار گیرد.

۳- تقسیم‌بندی تغذیه براساس ارتباط تغذیه با اتمسفر محیط، که آیا تغذیه با محیط اطراف ارتباط دارد یا خیر.

#### ۱-۵-۴- انواع تغذیه براساس محل قرار گرفتن تغذیه، قبل یا بعد از محفظه قالب: در این تقسیم

بندی، تغذیه به دو نوع گرم و سرد تقسیم می‌شود. تغذیه گرم قبل از محفظه قالب قرار داده می‌شود. در این حالت، ابتدا مذاب از راه‌بار وارد تغذیه شده و سپس از تغذیه به داخل قطعه هدایت می‌شود. در این صورت، آخرین مذابی که در قالب ریخته می‌شود، در تغذیه قرار می‌گیرد. بنابراین، تغذیه تا آخرین مراحل انجماد قطعه به صورت مذاب باقی می‌ماند و نسبت به قطعه دمای بالاتری دارد. پس، به آن تغذیه گرم می‌گویند.

تغذیه سرد درست بعد از محفظه قالب قرار می‌گیرد. در این حالت، مذاب از راه‌بار وارد محفظه قالب و از طریق محفظه قالب به داخل تغذیه هدایت می‌شود در حقیقت، اولین مذابی که در قالب ریخته می‌شود به تغذیه منتقل می‌شود و آخرین مذاب وارد قطعه می‌شود که دمای آن نسبت به تغذیه بیشتر است. این تغذیه، تغذیه سرد نامیده می‌شود، چون نسبت به قطعه ریخته شده، دمای کمتری دارد.

در شکل ۴-۲۴ الف، تغذیه گرم نشان داده شده است. همچنین در شکل ۴-۲۴ ب، تغذیه سرد نشان داده شده است.

همان‌طور که در شکل ۴-۲۴ الف مشاهده می‌شود، مذاب ابتدا از راه‌بار وارد تغذیه شده و سپس از تغذیه وارد محفظه قالب می‌شود. در نتیجه، آخرین مذابی که به قالب ریخته می‌شود در تغذیه باقی می‌ماند. همان‌طور که انتظار داریم، در منحنی دما برحسب فاصله از راه‌بار دمایی از طرف تغذیه به سمت قطعه به تدریج کاهش می‌یابد، یعنی تغذیه دارای بیشترین دما است.

در شکل ۴-۲۴ ب، تغذیه درست بعد از محفظه قالب قرار گرفته است و در نتیجه، آخرین مذابی که وارد قالب می‌شود، در محفظه قالب باقی می‌ماند. مذاب موجود در محفظه قالب نسبت به مذاب موجود در تغذیه دارای دمای بالاتری است.

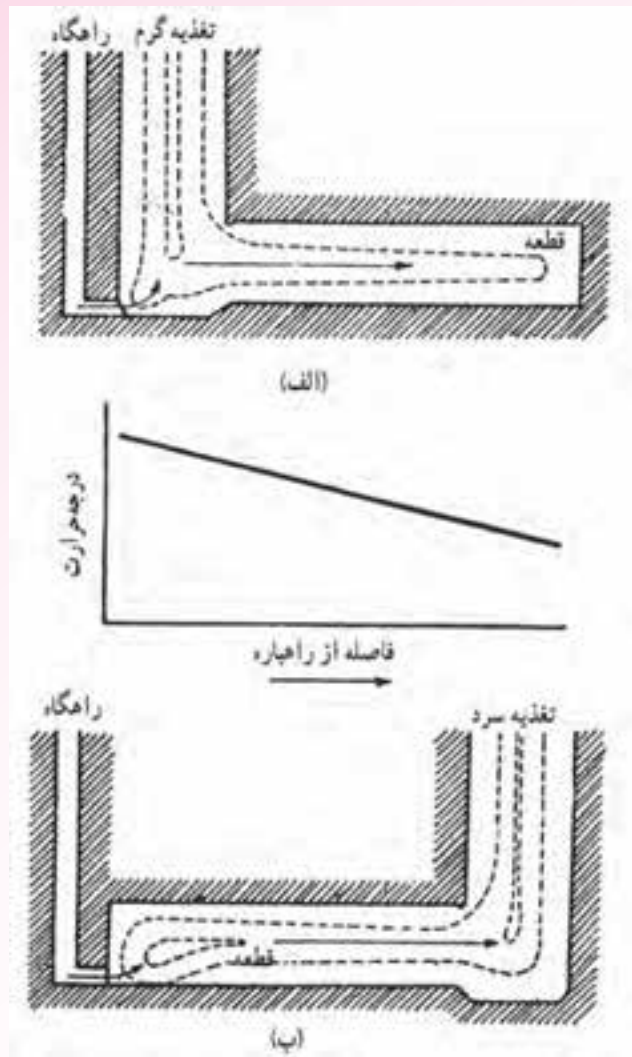
به‌طور خلاصه می‌توان گفت که در تغذیه گرم، ترتیب حرکت مذاب از راه‌بار به سمت تغذیه و از تغذیه به سمت قطعه می‌باشد می‌توان این مطلب را به‌طور خلاصه این‌طور بیان کرد:

راه‌بار ← تغذیه ← قطعه      تغذیه گرم

در تغذیه سرد، مذاب از طریق راه‌بار وارد محفظه قالب شده و از طریق محفظه به داخل تغذیه وارد می‌شود،

این مطلب را نیز می‌توان به‌طور خلاصه به این شکل بیان کرد:

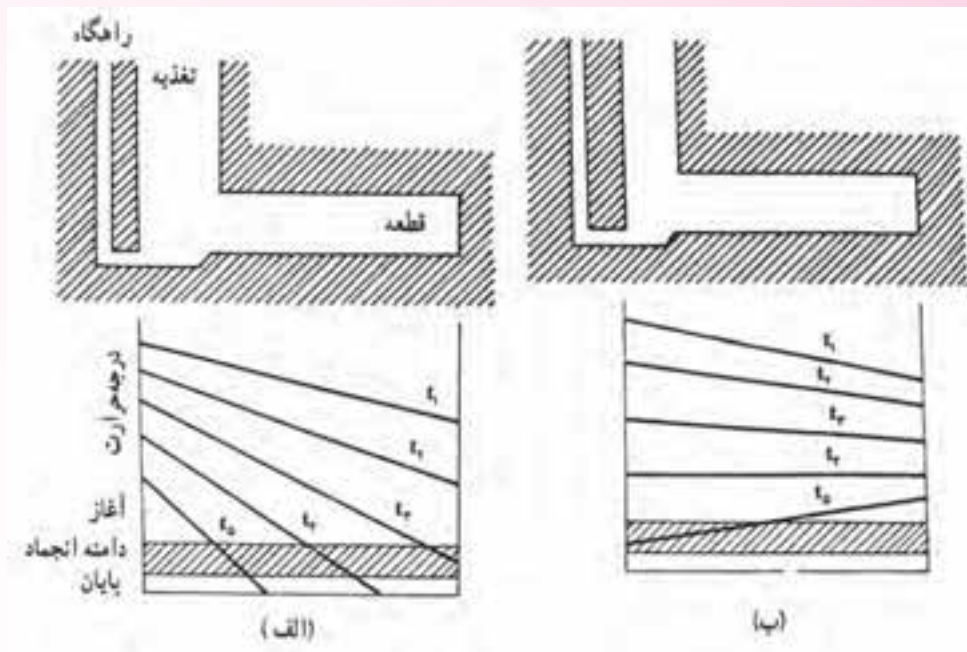
راه‌بار ← قطعه ← تغذیه      تغذیه سرد



شکل ۲۴-۴- تغذیه گرم و سرد و شیب دمایی نسبت به محل راهباره

معمولاً تغذیه گرم نسبت به تغذیه سرد از لحاظ ابعادی کوچکتر است. علت این امر این است که تغذیه گرم تا آخرین مراحل انجماد، نسبت به قطعه ریختگی دمایی بیشتری دارد. اما در تغذیه سرد، دمایی تغذیه نسبت به قطعه کمتر است. پس، برای این که در مراحل پایانی انجماد قطعه دمایی تغذیه از قطعه بیشتر باشد و تغذیه بتواند شیب دمایی لازم را در زمان معین ایجاد کند که قطعه سریعتر از تغذیه منجمد شود، باید حجم تغذیه سرد نسبت به تغذیه گرم بزرگتر باشد.

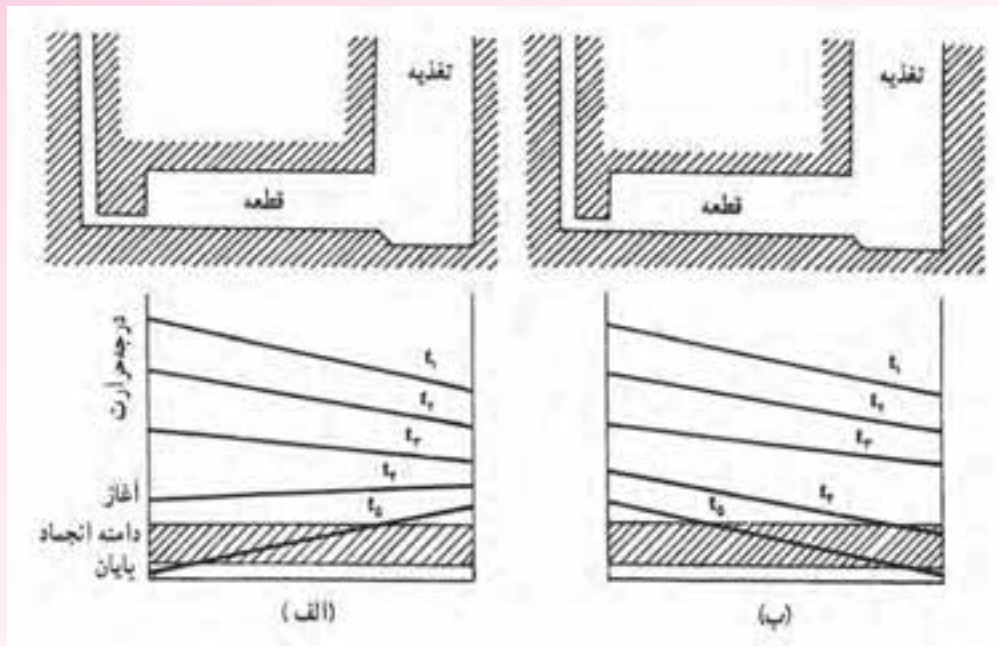
در شکل‌های ۲۵-۴ و ۲۶-۴، شیب دمایی برای تغذیه‌های گرم و سرد از ابتدای ریختن مذاب به داخل قالب تا انجماد کامل قطعه ریختگی نشان داده شده است.



شکل ۲۵-۴- چگونگی تغییرات شیب دمایی در تغذیه گرم الف) تغذیه مناسب ب) تغذیه خیلی کوچک

همان‌طور که در شکل الف مشاهده می‌شود، تغذیه از نوع تغذیه گرم می‌باشد زیرا مذاب ابتدا وارد تغذیه و سپس وارد قطعه می‌شود. همان‌طور که در منحنی پایین شکل الف نشان داده شده است، در زمان  $t_1$  که مذاب به داخل قالب ریخته می‌شود و در حال پرکردن قالب است، دمای مذاب از تغذیه به سمت قطعه در حال کاهش است. به همین ترتیب با گذشت زمان و سرد شدن مذاب، شیب دما از تغذیه به سمت محفظه قالب است با شروع انجماد در قطعه تا پایان انجماد مانند زمان‌های  $t_1$ ،  $t_2$  و  $t_3$  نیز با توجه به این که مقدار قابل توجهی مذاب در تغذیه وجود دارد و درجه حرارت مذاب موجود در تغذیه نسبت به قطعه بالاتر است، شیب دمایی در زمان‌های  $t_1$ ،  $t_2$  و  $t_3$  از تغذیه به سمت قطعه ریختگی است. به عبارت دیگر تغذیه پس از انجماد کامل قطعه، منجمد می‌شود و وظیفه خود را به درستی انجام می‌دهد.

در شکل ب نیز تغذیه از نوع گرم است، اما حجم آن نسبت به حالت الف، کمتر است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، از هنگامی که مذاب به داخل قالب ریخته شد. (زمان  $t_1$ ) تا زمان  $t_2$ ، شیب دمایی از تغذیه به سمت محفظه قالب است. اما از زمان  $t_2$  به بعد، به علت کوچک بودن تغذیه و حجم کم مذاب موجود در آن، دمای تغذیه نسبت به قطعه سریع‌تر کاهش می‌یابد؛ به طوری که، در مراحل پایانی انجماد، ابتدا تغذیه و سپس قطعه منجمد می‌شود. یعنی، شیب دمایی در زمان  $t_2$  از طرف قطعه به سمت تغذیه و عکس شیب دمایی در زمان‌های  $t_1$  تا  $t_2$  می‌شود. در این شرایط، تغذیه وظیفه خود را به درستی انجام نداده است. به همین دلیل، باید حجم تغذیه بزرگتر در نظر گرفته شود.



شکل ۴-۲۶- چگونگی تغییرات شیب دمایی در تغذیه‌ی سرد الف) تغذیه مناسب (بزرگتر از حالت الف شکل ۴-۲۵) ب) تغذیه کوچک (برابر حالت الف شکل ۴-۲۵)

در شکل ۴-۲۶، در شکل‌های الف و ب، هر دو تغذیه، تغذیه سرد هستند، اما ابعاد تغذیه در حالت ۴-۲۶ الف بزرگتر از حالت ب می‌باشد. در شکل ۴-۲۶ الف، از زمان  $t_1$  زمان ریختن مذاب به داخل قالب تا زمان  $t_p$  سمت تغذیه می‌باشد. زیرا مذاب ابتدا وارد قطعه و سپس وارد تغذیه می‌شود و مذاب موجود در تغذیه نسبت به مذاب موجود در محفظه قالب سردتر است. با گذشت زمان از زمان  $t_p$  شیب دمایی تغییر کرده و از منبع تغذیه به سمت قطعه ریختگی خواهد شد. یعنی دمای مذاب در تغذیه بیشتر از دمای مذاب موجود در محفظه قالب می‌شود. زیرا حجم قابل توجهی از مذاب در تغذیه است که نسبت به مذاب موجود در محفظه قالب دیرتر سرد می‌شود. از زمان  $t_p$  تا پایان انجماد (زمان  $t_5$ )، شیب دمایی از طرف تغذیه به سمت قطعه خواهد بود. بنابراین، تغذیه وظیفه خود را، که مذاب‌رسانی می‌باشد، تا پایان انجماد به خوبی انجام داده است.

در شکل ۴-۲۶ ب، تغذیه سرد نسبت به شکل الف از لحاظ ابعاد و حجم مذاب کوچکتر است. در این حالت نیز در هنگام ریختن مذاب به داخل قالب (زمان  $t_1$ ) دمای مذاب در تغذیه نسبت به دمای مذاب در محفظه قالب کمتر است. بنابراین، شیب دمایی از قطعه به سمت تغذیه است. با گذشت زمان، با توجه به این که حجم مذاب موجود در تغذیه کافی نیست، تغذیه نسبت به قطعه سردتر خواهد بود. بنابراین همواره شیب دمایی از طرف قطعه به سمت تغذیه خواهد بود و تغییری در آن ایجاد نمی‌شود. در نتیجه، تغذیه نسبت به قطعه سریع‌تر منجمد شده و وظیفه مذاب‌رسانی را به درستی انجام نخواهد داد. با توجه به موارد ذکر شده، تغذیه گرم نسبت به تغذیه سرد

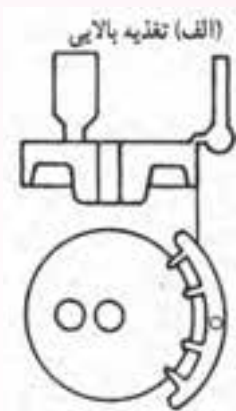
کارایی بهتری دارد. اما با توجه به محدودیت‌های طراحی و تکنولوژیکی نمی‌توان در همه قطعات از تغذیه گرم استفاده کرد. بنابراین، در این موارد باید از تغذیه سرد استفاده کرد. در چنین حالاتی، لازم است موارد ذکر شده در قسمت‌های قبل در نظر گرفته شود.

## ۲-۵-۴- انواع تغذیه براساس موقعیت قرار گرفتن تغذیه نسبت به قطعه

در این روش تقسیم‌بندی، نوع تغذیه براساس محل قرار گرفتن تغذیه نسبت به قطعه مشخص می‌شود، که عبارتند از:

**الف) تغذیه بالایی:** در این حالت تغذیه در قسمت بالایی قطعه قرار گرفته و از راهگاه بارریز جدا می‌باشد.

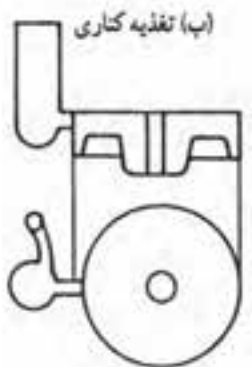
مانند شکل ۴-۲۷- الف.



شکل ۴-۲۷- الف - تغذیه بالایی

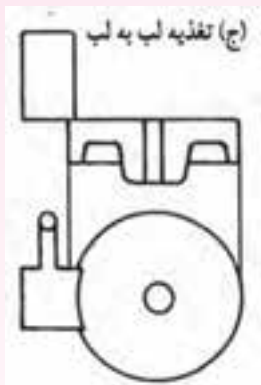
**ب) تغذیه کناری:** در این حالت تغذیه در کنار قطعه و با یک فاصله مشخص قرار می‌گیرد (مانند شکل

۴-۲۷- ب)



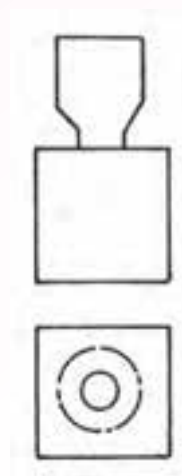
شکل ۴-۲۷- ب - تغذیه کناری

ج) تغذیه لب به لب (گوشه بالا): در این حالت تغذیه در کنار قطعه به صورت چسبیده به قطعه و در قسمت بالایی قطعه قرار می‌گیرد. (مانند شکل ۴-۲۷-ج)



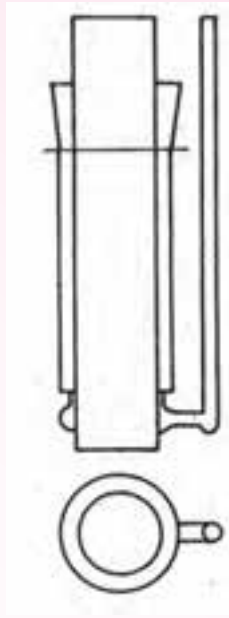
شکل ۴-۲۷-ج - تغذیه لب به لب

د) تغذیه از بالا که وظیفه راهگاه بارریز را نیز برعهده دارد: در این حالت تغذیه در قسمت بالایی قطعه قرار گرفته و همچنین مذاب از طریق تغذیه وارد قالب می‌شود (مانند شکل ۴-۲۷-د).



شکل ۴-۲۷-د - تغذیه بالایی که از آن به عنوان راهگاه بارریز استفاده می‌شود.

ه) تغذیه از بالا که جزیی از قسمت بالایی قطعه به‌شمار می‌رود: در این حالت تغذیه در قسمت بالایی قطعه قرار می‌گیرد. شکل این تغذیه مانند قسمت‌های دیگر قطعه بوده و از راهگاه ورود مذاب به قطعه جدا می‌باشد، مانند شکل ۴-۲۷-ه.



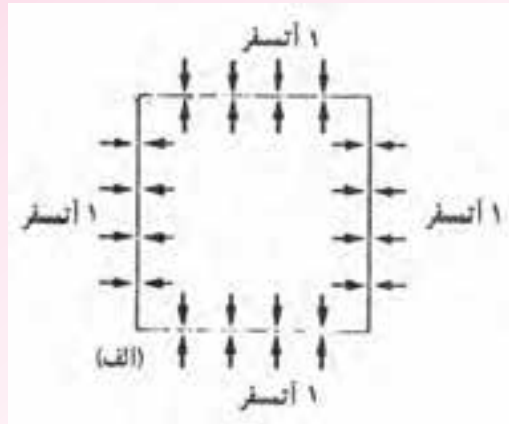
شکل ۴-۲۷ ه - تمام سطح بالایی قطعه به عنوان تغذیه

### ۳-۴-۵- انواع تغذیه براساس ارتباط تغذیه با اتمسفر محیط

در این روش تقسیم‌بندی، دو نوع تغذیه وجود دارد که عبارتند از: الف) تغذیه باز ب) تغذیه کور  
**الف) تغذیه باز:** در این نوع تغذیه که در اکثر قالب‌های ریختگی استفاده می‌شود، قسمت بالایی منبع تغذیه با هوای محیط در تماس است. به عبارت دیگر، مذاب موجود در تغذیه با محیط اطراف، یعنی هوا، در تماس می‌باشد. در این حالت، فشار هوا به کمک وزن فلز مذاب در تغذیه می‌تواند سبب هدایت بهتر مذاب از تغذیه به سمت قطعه ریختگی شود.

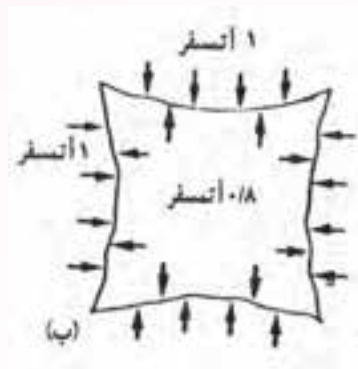
در این قسمت ذکر این نکته لازم است که فشار هوا در سطح دریا، که پایین‌ترین سطح زمین در مناطق خشک را دارا می‌باشد، برابر یک اتمسفر است. در این سطح همه اجسام فشار یک اتمسفر هوا را تحمل می‌کنند. تحت این فشار، اجسام فشار داخلی یک اتمسفر دارند که با فشار خارجی ناشی از هوا خنثی می‌شود. در نتیجه، جسم بدون تغییر شکل باقی می‌ماند و در مقابل فشار هوا مقاومت می‌کند. به عنوان مثال، می‌توان قوطی آهنی خالی را در نظر گرفت که بر دیواره خارجی آن از طرف هوا فشار یک اتمسفر وارد می‌شود. اما به دلیل ارتباط بین هوای داخل و خارج قوطی، فشار داخل قوطی نیز یک اتمسفر است. بنابراین، فشار داخلی و خارجی قوطی با یکدیگر برابر بوده و با یکدیگر خنثی می‌شوند. در نتیجه، قوطی در اثر فشار هوا تغییر شکل نیافته و سالم باقی می‌ماند. این حالت در شکل ۴-۲۸- الف نشان داده شده است.





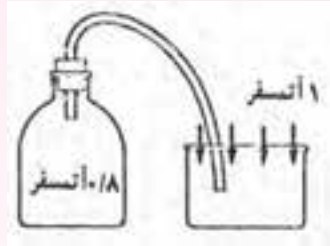
شکل ۲۸-۴-الف

اما اگر هوای داخل قوطی به وسیله یک پمپ تخلیه شود، فشار هوای داخل قوطی کمتر از یک اتمسفر خواهد شد. بنابراین با توجه به این که فشار هوا در خارج قوطی یک اتمسفر و بیشتر از فشار داخل قوطی است، قوطی تغییر شکل پیدا کرده و حجم آن کاهش می‌یابد. این حالت در شکل ۲۸-۴-ب نشان داده شده است.



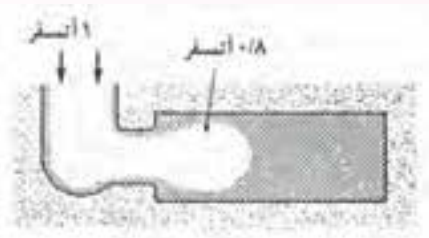
شکل ۲۸-۴-ب

مثال دیگر این است که اگر هوای داخل یک بطری تخلیه شود، فشار داخل بطری کاهش یافته و از یک اتمسفر کمتر خواهد شد. حال اگر بطری به وسیله لوله‌ای به ظرف مایع ارتباط یابد، به دلیل این که فشار هوای وارد بر سطح مایع یک اتمسفر و بیشتر از فشار داخلی بطری است، مایع از طریق لوله به سمت بطری جریان خواهد یافت. این حالت در شکل ۲۹-۴ نشان داده شده است.



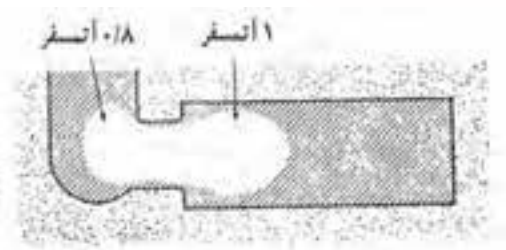
شکل ۲۹-۴- چگونگی حرکت مایع از طرف ظرف به بطری در اثر تغییر فشار

هنگامی که مذاب در داخل محفظه قالب در حال انجماد است، اگر در قطعه حفره‌ای ایجاد شود، فشار داخل حفره کمتر از یک اتمسفر می‌باشد. اما فشار هوا بر روی مذاب موجود در تغذیه برابر یک اتمسفر و بیشتر از فشار داخل حفره است، مذاب از طریق تغذیه به سمت قطعه جریان یافته و حفره ایجاد شده در قطعه را پرمی‌کند. شکل ۳۰-۴ این حالت را نشان می‌دهد.



شکل ۳۰-۴- چگونگی عمل مذاب‌رسانی یک تغذیه باز با استفاده از فشار اتمسفر

اگر سطح بالایی تغذیه، که در تماس با محیط اطراف است، سریع منجمد شود، فشار وارد بر مذاب موجود در تغذیه کمتر از یک اتمسفر خواهد شد. حال اگر در حین انجماد قطعه به طریقی هوا وارد حفره انقباضی شکل گرفته در قطعه شود، فشار داخلی حفره انقباضی حدود یک اتمسفر خواهد شد. بنابراین، فشار داخل حفره انقباضی قطعه بیشتر از فشار وارد شده بر مذاب داخل تغذیه خواهد بود. بنابراین، مذاب از طرف قطعه به سمت تغذیه جریان خواهد یافت در نتیجه، قطعه منجمد شده سالم نخواهد بود و دارای حفره انقباضی می‌شود. در این حالت، به دلیل منجمد شدن سریع مذاب سطح تغذیه، وظیفه خود را به درستی انجام نداده است. در شکل ۳۱-۴ این حالت نشان داده شده است.

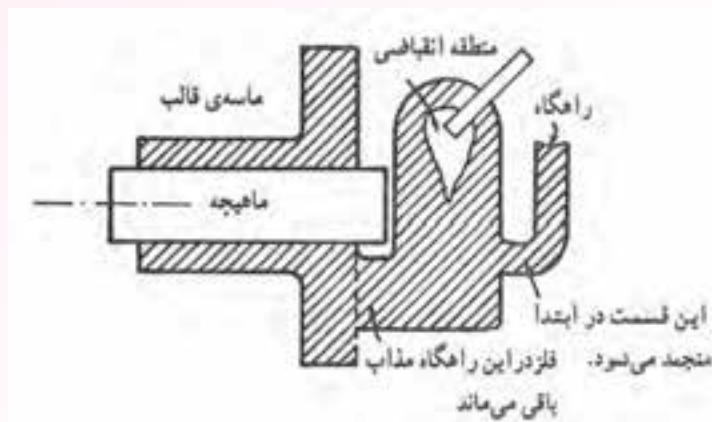


شکل ۳۱-۴- چگونگی کاهش فشار بر سطح تغذیه و جریان مذاب از قطعه به تغذیه

با توجه به مطالب ذکر شده، برای عملکرد صحیح تغذیه باز باید از منجمد شدن سطح تغذیه جلوگیری شود، تا فشار یک اتمسفر هوا همواره بر سطح مذاب موجود در تغذیه اعمال شود. در غیر این صورت، فشار مذاب موجود در تغذیه کمتر از یک اتمسفر خواهد شد و عمل مذاب‌رسانی تغذیه به درستی انجام نخواهد شد. برای بهبود عملکرد تغذیه باز می‌توان با استفاده از مواد عایق و گرمازا در سطح مذاب موجود در تغذیه، از انجماد آن جلوگیری کرد.

**ب) تغذیه کور:** در این نوع تغذیه، سطح بالایی تغذیه با محیط اطراف در تماس نیست و با ماسه قالب‌گیری پوشش داده شده است. به عبارت دیگر اطراف تغذیه به‌طور کامل با ماسه احاطه شده است و فقط محل اتصال تغذیه به قطعه با ماسه پوشانده نشده است.

شکل ۳۲-۴ تغذیه کور در قطعه ریختگی را نشان می‌دهد.

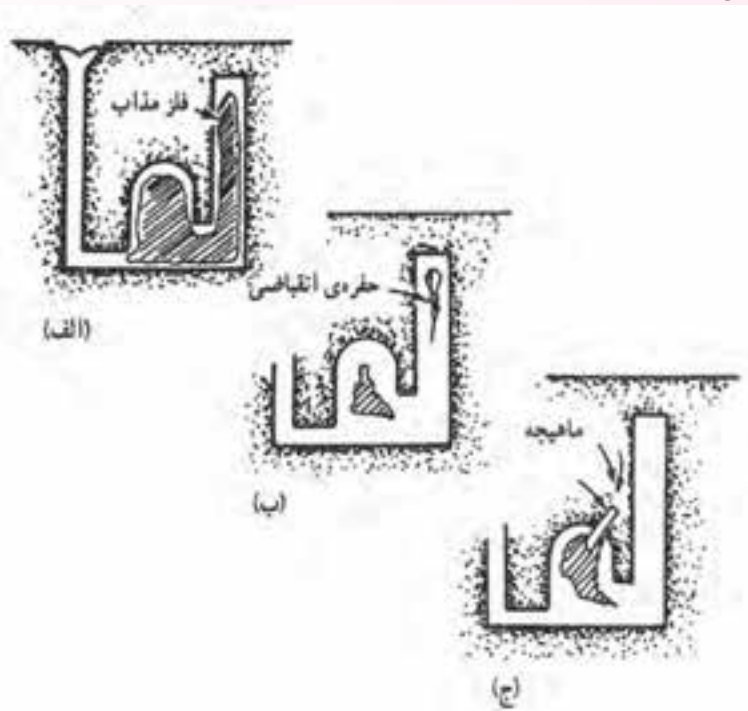


شکل ۳۲-۴- نمای برش یک محفظه قالب قطعه ریختگی با تغذیه کور

همان‌طور که در شکل نشان داده شده است کلیه قسمت‌های تغذیه به غیر از محل اتصال به قطعه و راهگاه با ماسه پوشش داده شده است.

اگر در هنگام بارریزی، مقداری هوا به همراه مذاب وارد محفظه قالب شود، در صورت تشکیل حفره انقباضی در قطعه و ورود هوا به آن، فشار داخل حفره انقباضی افزایش می‌یابد، به طوری که می‌تواند از عمل مذاب‌رسانی مناسب تغذیه جلوگیری کند و قطعه، با وجود حفره انقباضی منجمد شود. در این حالت، ورود هوا مضر خواهد بود. اما اگر هوا وارد منبع تغذیه شود، می‌تواند فشار موجود در منبع تغذیه را افزایش دهد. به طوری که این فشار سبب حرکت مذاب از تغذیه به حفره انقباضی داخل قطعه شده و سبب پر شدن آن شود. به همین دلیل برای افزایش فشار داخلی تغذیه کور بهتر است هوا به طریقی وارد تغذیه شود. برای این منظور، ماهیچه‌ای میله‌ای شکل از جنس ماسه داخل تغذیه قرار داده می‌شود تا در صورت جامد شدن پوسته خارجی تغذیه، هوای خارج از طریق

منافذ موجود در ماهیچه وارد مذاب موجود در تغذیه شود و فشار یک اتمسفر هوا بر سطح مذاب وارد شود. این حالت در شکل ۴-۳۲ نشان داده شده است. ذکر این نکته لازم است که تغذیه کور لزوماً نباید در ارتفاعی بالاتر از سطح مذاب موجود در قطعه ریختگی قرار گیرد. در صورتی که بتوان فشار یک اتمسفر هوا را روی مذاب موجود در تغذیه اعمال کرد، می توان تغذیه را در سطحی پایین تر از سطح بالایی قطعه قرار داد. زیرا فشار مذاب موجود در تغذیه بیشتر از فشار موجود در حفره انقباضی تشکیل شده در قطعه بوده و مذاب از تغذیه به سمت محفظه قالب جریان می یابد. در شکل ۴-۳۳ نحوه انجماد قطعه ریختگی با وجود تغذیه کور بدون ماهیچه ماسه ای و به همراه ماهیچه ماسه ای نشان داده شده است.

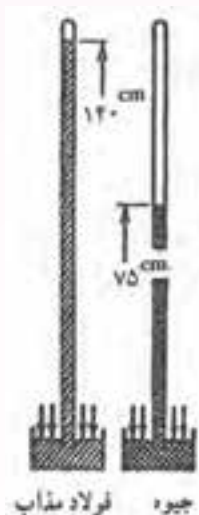


شکل ۴-۳۳- چگونگی افزایش قابلیت تغذیه با اعمال فشار اتمسفری

همان طور که در شکل ۴-۳۳ الف نشان داده شده است، پس از ریختن مذاب به داخل قالب انجماد از دیواره های قالب و تغذیه شروع شده و یک پوسته جامد اولیه در قطعه و تغذیه به وجود می آید. با گذشت زمان، پوسته جامد رشد کرده و به سمت داخل قطعه و تغذیه پیش می رود. اگر ماهیچه ماسه ای در تغذیه وجود نداشته باشد (شکل ب)، فشار مذاب موجود در تغذیه کمتر از فشار داخلی حفره انقباضی تشکیل شده در قطعه خواهد بود. بنابراین، مذاب از قطعه به سمت تغذیه جریان خواهد یافت. در نتیجه حفره انقباضی در قطعه باقی خواهد ماند و پس از انجماد کامل قطعه و تغذیه، حفره های انقباضی هم در قطعه و هم در تغذیه کور مطابق شکل ۴-۳۳- ب، دیده می شود.

در شکل ۴-۳۳ ج از یک ماهیچه ماسه‌ای در تغذیه کور استفاده شده است. این ماهیچه سبب می‌شود که هوا به داخل مذاب موجود در تغذیه وارد شده و فشار مذاب را در داخل تغذیه به یک اتمسفر می‌رساند. در این حالت، فشار مذاب موجود در تغذیه بیشتر از فشار داخلی حفره انقباضی تشکیل شده در قطعه می‌باشد. بنابراین، در حین انجماد قطعه، مذاب از تغذیه به سمت حفره انقباضی قطعه جریان یافته و حفره انقباضی موجود در قطعه را پر می‌کند. در این صورت، پس از انجماد، قطعه ریختگی فاقد حفره انقباضی است و حفره انقباضی از قطعه به تغذیه منتقل شده است.

برای درک بهتر تأثیر فشار اتمسفر در پرکردن حفره انقباضی می‌توان نحوه عملکرد فشارسنج را تشریح کرد. فضای داخل لوله فشارسنج کاملاً خلاء است. اگر این لوله درون ظرف محتوی جیوه قرار گیرد، در اثر فشار هوای اعمال شده بر سطح جیوه، جیوه از ظرف به داخل لوله جریان می‌یابد و به اندازه ۷۵ سانتی‌متر در داخل لوله بالا می‌رود. به این ترتیب، فولاد مذاب تا ارتفاع ۱۳۰ سانتی‌متر، آلومینیوم مذاب تا ارتفاع ۳۳۴ سانتی‌متر و مس مذاب تا ارتفاع ۱۱۵ سانتی‌متر در لوله فشارسنج بالا می‌رود. شکل ۴-۳۴ نحوه عملکرد فشارسنج ساده را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۳۴- تأثیر فشار اتمسفر روی جیوه و فولاد مذاب

تغذیه کور برای ریخته‌گری فلزات و آلیاژهایی به کار می‌رود که پوسته جامد اولیه تشکیل شده در آن‌ها آن قدر استحکام دارد که در اثر ورود هوا از ماهیچه ماسه‌ای به داخل تغذیه نشکند. در غیراین صورت، پوسته شکسته شده، وارد مذاب می‌شود و ممکن است سبب قطع ارتباط مذاب موجود در تغذیه با دیگر قسمت‌های قطعه شود. و در نتیجه، مذاب‌رسانی از تغذیه به خوبی انجام نخواهد شد. فولادها و چدن‌ها دارای پوسته جامد اولیه با استحکام کافی می‌باشند. در نتیجه، می‌توان از تغذیه کور در ریخته‌گری قطعات فولادی و چدنی استفاده کرد.

- ۱- حضور و غیاب
- ۲- پیش آزمون از مطالب جلسه قبل (به صورت شفاهی، کتبی، پاسخ کوتاه، ...)
- ۳- یادآوری مطالب جلسه قبل

### موضوع:

- روش‌های افزایش راندمان تغذیه (کمک تغذیه)
- استفاده از مواد عایق و گرمازا
- استفاده از مبرد
- مبردهای خارجی
- مبردهای داخلی
- طراحی سیستم راهگامی و بارریزی

به جهت فهم بهتر مطالب تخصصی کتاب و به جهت آمادگی ذهنی هنرجویان لازم است قبل از شروع درس هنرآموز سؤالاتی مطرح کند و هنرجویان به آن‌ها به صورت تعاملی جواب دهند. سؤالاتی مانند:

- ۱- آیا می‌توان با افزایش راندمان تغذیه، عیوب ایجاد شده در قطعه ریختگی را کاهش داد؟
- ۲- به نظر شما چه روش‌هایی برای افزایش راندمان تغذیه وجود دارد؟
- ۳- آیا می‌توان از مواد عایق و گرمازا جهت افزایش راندمان تغذیه استفاده کرد؟
- ۴- مبردها چه تأثیری می‌توانند در افزایش راندمان تغذیه داشته باشند؟
- ۵- به نظر شما طراحی سیستم راهگامی و بارریزی می‌تواند در عملکرد مناسب تغذیه مؤثر باشد؟

### ۴-۶- روش‌های افزایش راندمان تغذیه (کمک تغذیه)

در صورتی که بتوان تغذیه را تا پایان انجماد قطعه ریختگی به صورت مذاب نگهداری کرد، به طوری که عمل مذاب‌رسانی به قسمت‌های مختلف قطعه به طور کامل انجام شود و از به وجود آمدن عیوب انقباضی در قطعه ریختگی جلوگیری شود، می‌توان قطعه ریختگی با راندمان بالا و با کمترین دورریز و قطعه معیوب تولید نمود. برای این منظور، استفاده از روش‌هایی برای بالا بردن راندمان تغذیه مفید می‌باشد. به همین علت از روش‌های

کمک تغذیه استفاده می‌شود.

کمک تغذیه به روشی گفته می‌شود که سبب افزایش شیب دمایی از تغذیه به قطعه می‌شود. در نتیجه، تغذیه تا پایان انجماد قطعه منجمد نمی‌شود. بنابراین، مذاب‌رسانی از تغذیه به قطعه ریختگی در کل مراحل انجماد قطعه انجام شده و از به‌وجود آمدن عیوب انقباضی در قطعه جلوگیری می‌شود. استفاده از این روش بهبود کیفیت قطعه ریختگی و افزایش راندمان ریختگی و در نهایت، کاهش قیمت تمام شده قطعه است. زیرا، تعداد قطعات معیوب و برگشتی در حین تولید کاهش می‌یابد.

روش‌های کمک تغذیه عبارتند از:

- استفاده از مواد عایق و گرمازا

- استفاده از مبرد

- تغییر در طراحی سیستم راهگامی و بارریزی

- تغییر در طراحی قطعات و مدل

- کنترل دمای بارریزی

#### ۱-۶-۴- استفاده از مواد عایق و گرمازا

اگر تغذیه از مواد عایق ساخته شود و یا در تغذیه از مواد گرمازا استفاده شود، مدت زمانی که فلز به حالت مذاب در تغذیه باقی می‌ماند، افزایش می‌یابد. بنابراین، می‌توان با این روش تا انجماد کامل قطعه ریختگی فلز را به صورت مذاب در تغذیه نگهداری کرد. با استفاده از مواد عایق و گرمازا می‌توان شیب دمایی مناسبی از تغذیه به قطعه ایجاد کرد. از طرف دیگر، اگر بتوان مذاب داخل تغذیه را مدت زمان بیشتری نگهداری کرد، می‌توان حجم تغذیه را کاهش داد. در نتیجه، مقدار برگشتی کاهش یافته و راندمان ریختگی افزایش خواهد یافت. البته در قسمت‌هایی از محفظه قالب که سریع منجمد می‌شوند نیز می‌توان از مواد عایق استفاده کرد تا از انجماد سریع آن‌ها قسمت‌ها جلوگیری شود. اما به دلایل تکنولوژیکی و عملی، کمتر از مواد عایق در محفظه قالب استفاده می‌شود.

معمولاً سه نوع کمک تغذیه در طراحی تغذیه به کار می‌رود:

**۱- تغذیه کانالی:** در این روش، تغذیه قبل از ساخت قالب از مواد عایق و گرمازا، تهیه می‌شود. سپس به

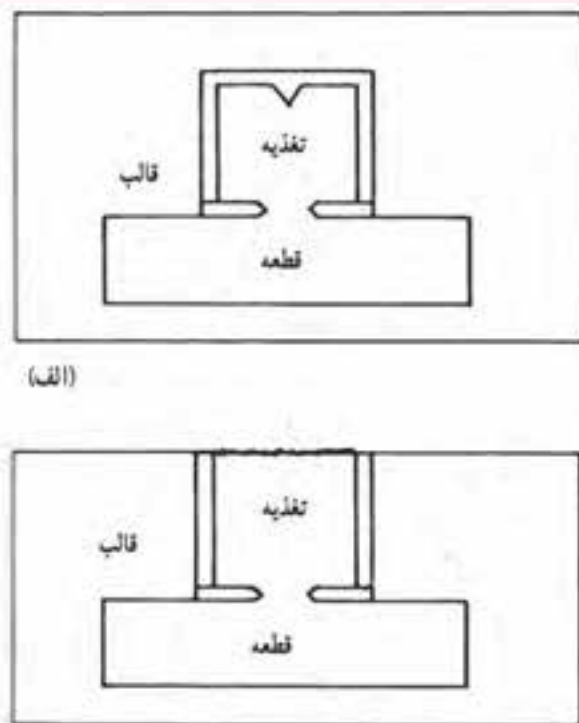
عنوان تغذیه در بالای محفظه قالب قرار می‌گیرد. در این حالت، ارتباط بین محفظه قالب و تغذیه از طریق کانال بین آن‌ها صورت می‌گیرد.

**۲- استفاده از مواد عایق و گرمازا در قسمت بالایی تغذیه‌های روباز:** در این روش سطح بالایی تغذیه،

که معمولاً باز می‌باشد، را با استفاده از مواد عایق می‌پوشانند، تا از انتقال حرارت مذاب داخل تغذیه به محیط اطراف از طریق تشعشع جلوگیری شود.

۳- استفاده از سیستم‌های حرارتی نظیر شعله، میله داغ، مقاومت الکتریکی و قوس الکتریکی در تغذیه: با استفاده از این ابزار می‌توان از انجماد زود هنگام تغذیه جلوگیری کرد و مذاب داخل تغذیه را تا پایان انجماد قطعه ریختگی نگه‌داری کرد.

در شکل ۴-۳۵ نمونه‌ای از کاربردهای کمک تغذیه نشان داده شده است.



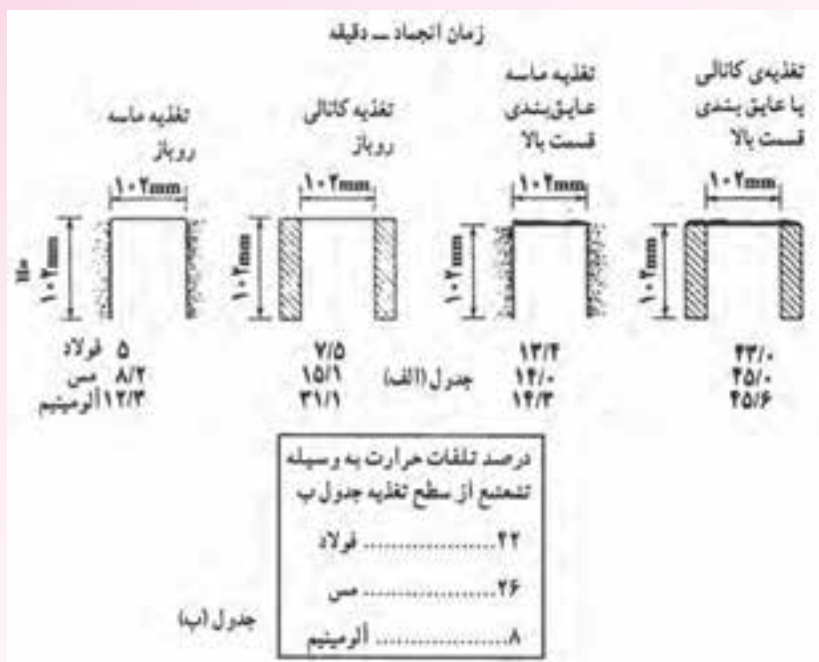
شکل ۴-۳۵- نمایش شماتیکی از کاربرد کمک تغذیه‌ها برای الف یک تغذیه کور ب یک تغذیه روباز همراه با مواد گرمازا

همان‌طور که در شکل ۴-۳۵- الف مشاهده می‌شود، تغذیه از مواد عایق ساخته شده است. حتی سطح بالایی تغذیه نیز با مواد عایق پوشانده شده است. با این روش می‌توان تغذیه را تا مدت زمان زیادی به صورت مذاب نگهداری نمود.

در شکل ۴-۳۵- ب، تغذیه از مواد عایق ساخته شده و سطح بالایی آن توسط مواد گرمازا، جهت جلوگیری از کاهش دمای مذاب در سطح تغذیه، پوشانده شده است. این روش سبب افزایش مدت زمان نگهداری مذاب در تغذیه می‌شود.

در جدول ۴-۲- الف اثر کمک تغذیه‌های مختلف در به تأخیر انداختن انجماد تغذیه‌ای به قطر  $102\text{mm}$  و ارتفاع  $102\text{mm}$  برای سه آلیاژ مختلف نشان داده شده است. همچنین در جدول ۴-۲- ب، درصد تلفات حرارت به وسیله تشعشع از سطح تغذیه نشان داده شده است.





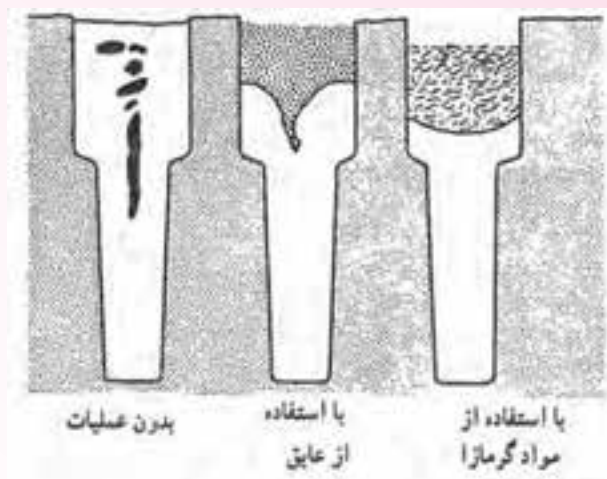
جدول ۴-۲ الف) اثر کمک تغذیه‌ها در زمان انجماد آلیاژهای مختلف (ب) درصد تلفات حرارت به وسیله تشعشع از سطح تغذیه

همان‌طور که در جدول ۴-۲ الف مشاهده می‌شود، استفاده از کمک تغذیه سبب افزایش زمان انجماد مذاب موجود در تغذیه برای سه فلز فولاد، مس و آلومینیوم می‌شود به طوری که با استفاده از تغذیه کانالی با عایق بندی در قسمت بالایی آن، زمان انجماد مذاب به بیشترین مقدار خود برای هر سه فلز می‌رسد.

در جدول ۴-۲ ب مشاهده می‌شود که در فلزاتی که نقطه ذوب بالاتری دارند، مانند فولاد و مس، درصد تلفات حرارت از طریق تشعشع بیشتر است.

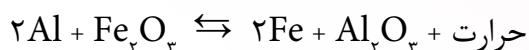
مواد عایق و گرمازا سبب می‌شوند که تا آخرین لحظه انجماد قطعه، تغذیه به صورت مذاب باقی بماند. در نتیجه راندمان تغذیه افزایش می‌یابد. در شکل ۴-۳۶ اثر استفاده از مواد عایق و گرمازا در تغذیه را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل نشان داده شده است وقتی قطعه‌ای که در تغذیه قطعه از مواد عایق و گرمازا استفاده نشده، حفرات انقباضی به صورت پراکنده در قطعه و تغذیه ایجاد شده است. اما زمانی که در تغذیه از مواد عایق استفاده شده، در قطعه حفره انقباضی ایجاد نشده اما در تغذیه حفره انقباضی به صورت نشان داده شده ایجاد گردیده است. در حالتی که در تغذیه از مواد گرمازا استفاده شده است، تغذیه تا آخرین لحظات به صورت مذاب باقی مانده و در نتیجه، حفره انقباضی در قطعه ایجاد نشده است. از طرف دیگر، سطح تغذیه تقریباً یکنواخت باقی مانده و حفره انقباضی در آن ایجاد نشده است.



شکل ۳۶-۴. استفاده از مواد عایق و گرمازا در تغذیه

مواد گرمازا معمولاً به صورت مخلوطی از یک ماده سریع مشتعل شونده مانند پودر آلومینیوم، پودر کک یا زغال چوب و یک اکسید فلزی، به عنوان عامل اکسیژن دهنده، می باشد. این مخلوط در اثر حرارت ناشی از تماس با فلز مذاب محترق شده و گرمای بسیار زیادی تولید می کنند. این گرما صرف بالا بردن دمای مذاب در تغذیه و جلوگیری از انجماد مذاب می شود. به عنوان مثال، اگر مخلوطی از پودر آلومینیوم و اکسید آهن به عنوان ماده گرمازا استفاده شوند، آلومینیوم سبب احیای ترکیب اکسید آهن شده، با اکسیژن آزاد شده از احیا اکسید آهن ترکیب شده و سبب آزاد شدن گرما می شود. واکنش احیا به صورت زیر می باشد:



## ۲-۶-۴- استفاده از مبرد

مبردها موادی هستند که هدایت حرارتی بالایی دارند و در قسمت هایی از قطعه که دیرتر از سایر قسمت های قطعه منجمد می شوند، مورد استفاده قرار می گیرند. در اثر وجود مبرد انجماد آن قسمت ها تسریع شده و شیب دمایی از تغذیه به طرف قطعه افزایش می یابد. مهم ترین موادی که به عنوان مبرد در قالب استفاده می شوند عبارتند از: مس، آلومینیوم، چدن، گرافیت و غیره.

همان طور که ذکر شد، مبرد برای افزایش موضعی سرعت انجماد در یک قسمت قطعه در حال انجماد نسبت به سایر قسمت ها به کار می رود. بنابراین، قالب ریژه که فلزی می باشد را نمی توان مبرد در نظر گرفت، زیرا تمام قسمت های قالب ریژه فلزی است و سبب افزایش سرعت انجماد در یک قسمت قطعه نسبت به بقیه قسمت ها نمی شود. البته اگر در قالب های ریژه در بعضی قسمت ها مواد با هدایت حرارتی بالاتر، مانند مس به کار رود یا از عبور موضعی آب در آن قسمت ها استفاده شود و یا قسمت هایی از قالب نسبت به بقیه قسمت ها ضخیم تر شود،

می‌توان این موارد را به عنوان مبرد در نظر گرفت.

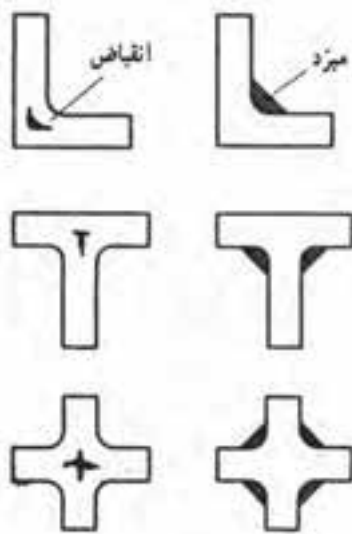
به‌طور کلی، دو نوع مبرد وجود دارد:

الف) مبرد خارجی که در دیوارهٔ قالب در فصل مشترک قالب و فلز مذاب قرار می‌گیرد.

ب) مبرد داخلی که در داخل محفظهٔ قالب جای‌گذاری می‌شود.

**الف) مبردهای خارجی:** مبردهای خارجی قطعاتی فلزی از جنس فولاد، چدن و یا مسی هستند. این

قطعات فلزی در قسمت‌هایی از قالب که قطعه در آن قسمت دیرتر از بقیهٔ قسمت‌ها منجمد می‌شود، قرار داده می‌شوند. به علت بالا بودن هدایت حرارتی این قطعات فلزی، مذاب در مجاورت این قطعات سریع‌تر منجمد می‌شود. معمولاً مبردهای خارجی دارای شکل استاندارد هستند و اما در حالت‌هایی که قطعه دارای شکل پیچیده است، می‌توان مبرد را متناسب با قطعه طراحی نمود و ساخت. ابعاد مبرد براساس میزان سرعت سرد شدن مورد نیاز تعیین می‌شود؛ به‌طوری که اگر بخواهیم سرعت سرد شدن مذاب زیاد باشد، باید از مبرد بزرگتری استفاده کنیم. در شکل ۴-۳۷ تأثیر استفاده از مبردهای خارجی بر نحوهٔ انقباض چند قطعه به‌طور ساده نشان داده شده است.

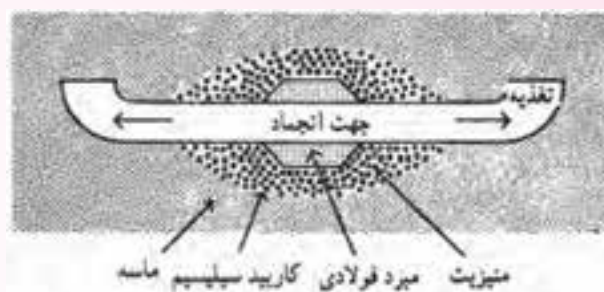


شکل ۴-۳۷- مبردهای خارجی با اندازه‌های مناسب به منظور حذف مک‌های انقباضی

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، در حالتی که از مبرد استفاده نشده، در قسمت‌های ضخیم قطعه، که سرعت انجماد در آن قسمت‌ها نسبت به بقیهٔ قسمت‌های قطعه کمتر است، حفرات انقباضی به‌وجود آمده است. اما در قطعاتی که از مبرد استفاده شده، به دلیل افزایش سرعت انجماد در قسمت‌های ضخیم قطعه به‌خصوص گوشه‌ها از به‌وجود آمدن حفرات انقباضی جلوگیری شده است.

برای تقویت اثر مبرد، یا به عبارت دیگر افزایش سرعت سردکنندگی مبرد، می‌توان همراه مبرد موادی مانند

ذرات خرد شده منیزیت و کاربید سیلسیم به کار برد. این مواد سبب افزایش شیب حرارتی از تغذیه به سمت قطعه می‌شوند. در شکل ۳۸-۴، تأثیر مواد استفاده شده به همراه مبرد بر نحوه‌ی انجماد نشان داده شده است.



شکل ۳۸-۴. انجماد جهت‌دار با استفاده از مواد مختلف به همراه مبرد

همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود، با استفاده از ذرات منیزیت و کاربید سیلسیم در اطراف مبرد، انجماد از نواحی اطراف مبرد شروع شده و به تغذیه ختم می‌شود. به عبارت دیگر، انجماد به صورت جهت‌دار در قطعه انجام می‌شود.

تأثیر مبردهای خارجی بر انجماد قطعه به صورت خلاصه عبارت است از:

**۱- اصلاح شیب دمایی:** مبرد سبب می‌شود که قسمت‌های ضخیم قطعه سریع‌تر منجمد شده و شیب

دمایی از تغذیه به طرف قطعه باشد.

**۲- ایجاد انجماد جهت‌دار:** استفاده از مبرد سبب می‌شود که انجماد از نواحی اطراف مبرد شروع شده و

به تغذیه ختم گردد. در نتیجه، سبب ایجاد انجماد جهت‌دار می‌شود.

**۳- کاهش مک‌های میکروسکوپی و ماکروسکوپی:** استفاده از مبرد سبب می‌شود قسمت‌های ضخیم

قطعه، سریع‌تر از تغذیه منجمد شده و در صورت ایجاد حفرات انقباضی در آن قسمت‌ها، به دلیل مذاب‌رسانی تغذیه، حفرات انقباضی پُر شوند.

**۴- کاهش حجم و تعداد تغذیه:** مبرد سبب می‌شود که قسمت‌های ضخیم قطعه، که نسبت به بقیه

قسمت‌ها دیرتر منجمد می‌شوند، سریع‌تر منجمد شوند. بنابراین، نیازی به افزایش حجم تغذیه و تعداد تغذیه نخواهد بود.

**۵- کاهش میزان عیوب و دورریز قطعات:** مبرد سبب جلوگیری از تشکیل حفرات انقباضی در قسمت‌های

ضخیم می‌شود. بنابراین مقدار عیوب و قطعات برگشتی کاهش می‌یابد.

**۶- کاهش قابل توجه قیمت تمام شده قطعه:** استفاده از مبرد سبب کاهش حجم و تعداد تغذیه و

همچنین کاهش عیوب قطعه و قطعات برگشتی می‌شود. بنابراین استفاده از مبرد سبب افزایش راندمان ریخته‌گری

و در نهایت کاهش قیمت تمام شده قطعه می‌شود.

### نکاتی در مورد چگونگی استفاده از مبرد

۱- مبرد در هنگام استفاده باید کاملاً خشک شده باشند. زیرا، وجود رطوبت روی آن‌ها سبب ایجاد گاز در

مذاب و در نهایت، منجر به ایجاد مک در قطعه ریختگی می‌شود.

۲- سطح مبردها معمولاً با یک ماده نسوز مانند سیلیسیم پوشش داده می‌شود تا از تماس مستقیم سطح

مبرد با مذاب که موجب ذوب موضعی مبرد و ورود ناخالصی به مذاب می‌شود، جلوگیری شود. لازم به ذکر است که برای اعمال موفق لایه نسوز روی سطح مبرد، سطح باید کاملاً خشک باشد.

۳- اگر در قالب‌های ماسه‌ای تر، از مبرد استفاده شود، در صورتی که فاصله زمانی بین قالب‌گیری و بارریزی

طولانی باشد، سطح مبرد مرطوب خواهد شد و در صورت ریختن مذاب به قالب ممکن است در قطعه مک ایجاد شود. به همین دلیل، قبل از جاگذاری مبرد در قالب، باید آن را پیش گرم کرد یا در صورت امکان، فاصله زمانی بین قالب‌گیری و بارریزی را کوتاه کرد. همچنین می‌توان قبل از قرار دادن مبردها در قالب چندین سوراخ در آن‌ها ایجاد کرد، تا گازهای ایجاد شده در اثر رطوبت از طریق آن سوراخ‌ها به قالب ماسه‌ای و خارج آن انتقال یابد.

۴- از مبردهای دارای ترک مویی نباید در سطح استفاده کرد، زیرا ممکن است مذاب وارد آن ترک‌ها شده و

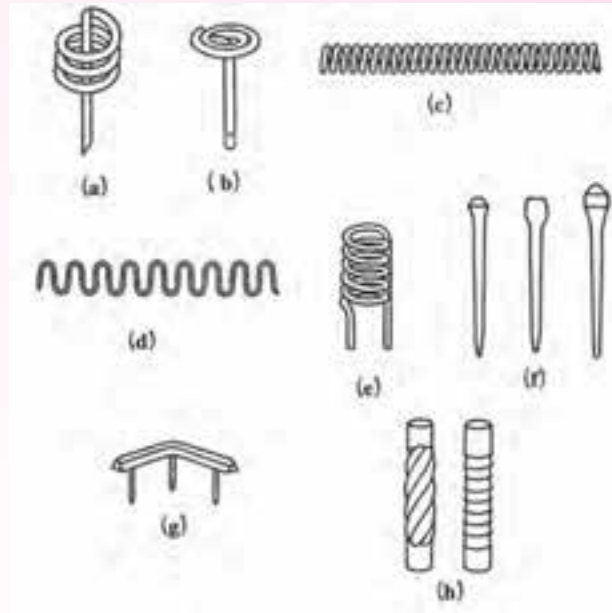
هنگام خارج کردن قطعه از قالب، مبرد به قطعه بچسبد و جدا کردن مبرد از قطعه سبب آسیب به قطعه شود.

۵- ضخامت مبردها باید متناسب با سرعت مورد نیاز سرد شدن مذاب و جنس قطعه انتخاب شود. در صورتی

که ضخامت مبرد خیلی کم باشد، اثر سردکنندگی کافی را نخواهد داشت. در صورت استفاده از مبردهای ضخیم در قالب ممکن است تغییرات ناخواسته در ساختار قطعه رخ دهد. به عنوان مثال، در چدن‌های خاکستری و نشکن استفاده از مبرد ضخیم می‌تواند ساختار قطعه را به صورت موضعی سخت و خشن نماید. به‌طور کلی، در عمل ضخامت مبرد بین  $\frac{1}{3}$  تا  $\frac{2}{3}$  ضخامت قطعه ریختگی در نظر گرفته می‌شود.

**ب) مبردهای داخلی:** مبردهای داخلی در داخل محفظه قالب، یا به عبارت دیگر داخل قطعه ریختگی،

در قسمت‌هایی که امکان استفاده از مبردهای خارجی وجود نداشته باشد، به کار برده می‌شوند. معمولاً مبردهای داخلی در قسمت‌هایی از قطعه که بعداً ماشین کاری شده و یا سوراخ می‌شوند استفاده می‌شوند. جنس مبردهای داخلی معمولاً از جنس خود قطعه ریختگی انتخاب می‌شوند. علت این امر، حفظ یکنواختی ترکیب شیمیایی در قطعه ریختگی و از طرف دیگر اتصال مناسب بین مبرد و قطعه از طریق ذوب سطحی مبرد است. اگر مبرد از جنس قطعه ریختگی انتخاب نشود، عدم یکنواختی در ترکیب شیمیایی قطعه و عدم اتصال مناسب بین مبرد و قطعه اتفاق می‌افتد. شکل ۳۹-۴ چند نوع مبرد داخلی مورد استفاده در قطعات ریختگی را نشان می‌دهد.



شکل ۳۹-۴- مثال‌هایی از مبردهای داخلی (a) مبرّد میخی مارپیچ (b) مبرّد میخی سرنخت (c) مبرّد فنری (d) مبرّد شبکه ای (e) مبرّد توپی (f) مبرّد های میخی (g) مبرّد چندشاخه‌ای (h) مبرّد میله‌ای

با توجه به این که مبردهای داخلی در قسمت‌های داخلی محفظه قالب و قطعه به کار می‌روند، شرایط استفاده از آن‌ها نسبت به مبردهای خارجی بحرانی‌تر است. بنابراین در استفاده از مبردهای داخلی علاوه بر رعایت نکات ذکر شده در مورد مبردهای خارجی، موارد زیر نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

۱- ابعاد مبردها باید به گونه‌ای باشد که در هنگام ریختن مذاب به داخل قالب ذوب نشوند، زیرا در صورت ذوب شدن سبب ایجاد نقاط ضعف در قطعه و کاهش خواص قطعه ریختگی می‌شوند.

۲- مبردها باید در محفظه قالب به گونه‌ای قرار داده شوند که در هنگام مذاب در قالب جابه‌جا نشوند. در غیراین صورت، وجود مبرد در افزایش سرعت سرد شدن مذاب نتیجه‌بخش نخواهد بود.

۳- مبرد باید کاملاً تمیز و فاقد هرگونه زنگ و اکسید باشد، زیرا ممکن است آلودگی و اکسید سبب ایجاد گاز در فلز مذاب و در نتیجه مک در قطعه شود. به همین دلیل، بهتر است مبرد قبل از استفاده، پیش گرم شود تا سطح آن خشک شود و از آلودگی‌هایی نظیر روغن پاکسازی شود.

۴- با توجه به این که ساختار مبرد نسبت به قطعه ریختگی متفاوت است، ممکن است سبب تغییر خواص مکانیکی در محل قرار دادن مبرد در قطعه شود.

۵- مبرد باید از لحاظ ترکیب شیمیایی تقریباً معادل قطعه ریختگی باشد. در غیراین صورت ممکن است سبب تغییر خواص قطعه ریختگی در آن نقاط شود و اتصال موردنیاز بین قطعه و مبرد ایجاد نشود به عنوان مثال،

در ریخته‌گری فولاد یا فلزات غیرآهنی نمی‌توان از مبردهای داخلی چدنی استفاده کرد.

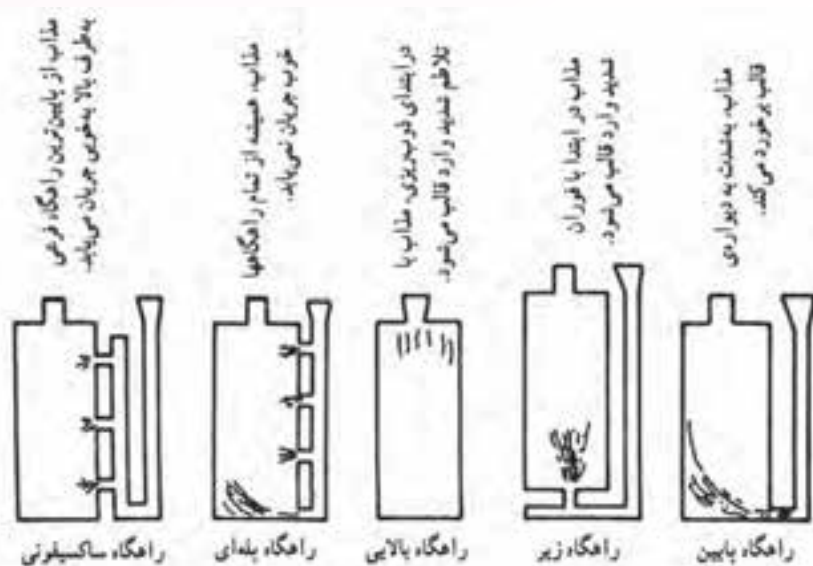
۶- در مورد فلزات با نقطه ذوب پایین استفاده از مبردهای داخلی محدود می‌شود. زیرا فلز مذاب قادر به ذوب سطحی مبرد نیست و در نتیجه، پس از انجماد اتصال مناسبی بین قطعه و مبرد ایجاد نخواهد شد.

**۳-۶-۴- طراحی سیستم راهگامی و بارریزی:** طراحی صحیح یا اصلاح سیستم راهگامی و بارریزی می‌تواند سبب کاهش مک‌های انقباضی و در نهایت، موجب بهبود کیفیت قطعه ریخته‌گری شود. مهم‌ترین روش‌های اصلاح سیستم راهگامی عبارتند از:

۱- استفاده از راهگام‌های پله‌ای و یا ارتباط تغذیه با راهگام که در این صورت مذاب نه تنها از طریق محفظه قالب، بلکه از طریق راهگام بارریز نیز به‌طور مستقیم وارد تغذیه خواهد شد. بنابراین، گرم‌ترین مذاب در تغذیه قرار می‌گیرد. در نتیجه، شیب حرارتی مناسب بین تغذیه و قطعه ایجاد شده و مک‌های انقباضی از قطعه به تغذیه انتقال می‌یابند.

۲- بارریزی و انجماد مذاب در قالب‌هایی که به صورت شیب‌دار نسبت به خط افق قرار می‌گیرند. در این حالت به دلیل وجود شیب در قالب، مذاب سریع‌تر قسمت‌های دوردست قالب را پر کرده و در آن قسمت‌ها منجمد می‌شود. سپس، انجماد به سمت تغذیه ادامه می‌یابد.

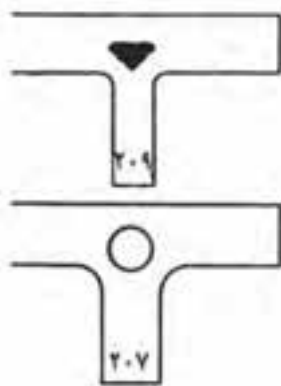
۳- بارریزی مذاب به داخل قالب در مراحل اولیه ریختن مذاب به قالب از سیستم راهگامی پایینی این روش سبب می‌شود که مذاب بدون اغتشاش و تلاطم وارد قالب شده و پس از آن که محفظه قالب به اندازه کافی از مذاب پر شد، بقیه فلز مذاب از بالا به داخل محفظه قالب ریخته شود. شکل ۴-۴۰ چند نوع سیستم راهگامی در ارتباط با تغذیه را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴۰- چند نوع سیستم راهگامی در ارتباط با تغذیه

همان طور که در شکل مشاهده می‌شود، در حالتی که راهگاه به صورت راهگاه پایین یا راهگاه زیر یا راهگاه بالایی است، مذاب با تلاطم و اغتشاش وارد محفظه قالب می‌شود که ممکن است سبب ایجاد عیوب بر قطعه ریخته‌گری شود. در حالتی که از راهگاه پله‌ای استفاده شده نیز جریان مذاب ورودی به محفظه از تمام راهگاه‌ها یکسان نبوده و در نتیجه، منجر به تلاطم مذاب خواهد شد. اما، در حالتی که از راهگاه ساکسیفونی استفاده شده، مذاب از پایین‌ترین راهگاه فرعی به طرف بالا به خوبی جریان می‌یابد و تلاطم مذاب در کمترین مقدار خود خواهد بود.

۴- تغییر در طراحی قطعات و مدل که در بعضی قطعات می‌توان با تغییر در طراحی قطعه بدون این که در عملکرد قطعه خللی ایجاد شود، می‌توان از بروز عیوب ایجاد شده در حین ریخته‌گری و انجماد جلوگیری کرد. به عنوان مثال، در قطعه شکل ۴-۴۱، با ایجاد سوراخی در قسمت ضخیم قطعه که مک انقباضی ایجاد خواهد شد، می‌توان از به وجود آمدن این عیب هنگام ریخته‌گری جلوگیری کرد.



شکل ۴-۴۱- تأثیر طراحی صحیح در سلامت قطعه

۵- دمای بارریزی مذاب باید به طور مناسب انتخاب شود. زیرا اگر دمای بارریزی کم باشد ممکن است تغذیه سریع منجمد شود و وظیفه خود را (مذاب‌رسانی) به درستی انجام ندهد و در نتیجه، در قطعه حفرات انقباضی ایجاد شود. در صورتی که دمای بارریزی بسیار زیاد باشد، انقباض ایجاد شده در هنگام انجماد مذاب زیاد خواهد بود و ممکن است سبب ایجاد مک‌های انقباضی در قطعه شود.

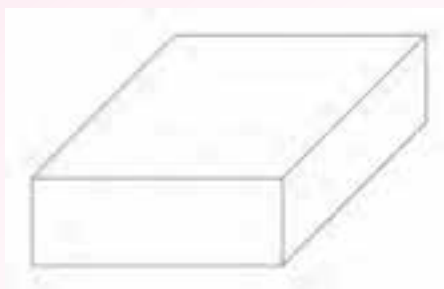
#### در پایان جلسه:

- جمع بندی مطالب این جلسه توسط هنرآموز
- تکالیف برای منزل هنرجویان: مطالعه متن درس و آمادگی برای آزمون جلسه آینده.



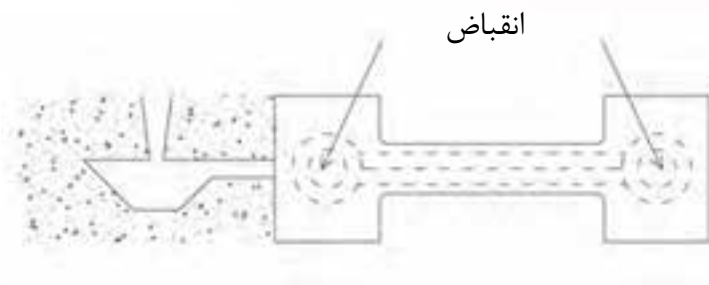
#### ارزشیابی (۴)

- ۱- رفتار یک تغذیه‌ای استوانه‌ای بر روی قطعه‌ای مکعبی شکل از فلز خالص که درون ماسه قالب‌گیری شده است را در سه مرحله زمانی جامد شدن ترسیم نمایند.
- ۲- دلیل تشکیل ریزمک‌های انقباضی را در آلیاژهای با انجماد خمیری بیان کنید.
- ۳- جهت انجماد چیست؟ عوامل مؤثر بر آن را نام ببرید.
- ۴- برای قطعه مکعب مستطیل شکل زیر یک تغذیه باز و یک تغذیه کور رسم کنید.



- ۵- در محل نقطه چین کلمه مناسب را بنویسید.
- الف) آلیاژهایی را که دامنه انجماد آنها کمتر از ۵۰ درجه سلسیوس باشد، آلیاژ با انجماد ..... گویند.
- ب) آلیاژهایی را که دامنه انجماد آنها بین ۵۰ تا ۱۱۰ درجه سلسیوس باشد، آلیاژهایی با انجماد ..... گویند.
- ج) آلیاژهایی را که دامنه انجماد آنها بیش از ۱۱۰ درجه سلسیوس باشد، آلیاژهایی با انجماد ..... گویند.
- ۶- جهت تولید قطعه سالم و بدون حفره‌های انقباضی، انجماد باید از ..... شروع شده و به صورت جهت‌دار ادامه یابد و در ..... ختم گردد، تا انقباضها به تغذیه منتقل شود.
- ۷- اجزای تغذیه را فقط نام ببرید و وظایف آنها را توضیح دهید.
- ۸- انواع تغذیه را براساس موقعیت قرارگرفتن تغذیه نسبت به قطعه نام ببرید.
- ۹- مبرد چیست و چه نقشی در تغذیه دارد؟ و انواع آن را نام ببرید.

- ۱۰- انواع آلیاژها را با توجه به مدل انجماد نام برده و به اختصار توضیح دهید.
- ۱۱- تغذیه گرم و سرد را تعریف کنید.
- ۱۲- انواع روش‌های افزایش راندمان تغذیه را نام ببرید.
- ۱۳- دلایل به‌وجود آمدن نقاط گرم در یک قطعه ریختگی را بنویسید.
- ۱۴- مهم‌ترین وظیفه منبع تغذیه را توضیح دهید و سه شرط اصلی یک منبع تغذیه مناسب را بنویسید.
- ۱۵- اگر قطعه بین راهگاه و تغذیه قرار گیرد، به چنین تغذیه‌ای، تغذیه ..... گفته می‌شود.
- ۱۶- مهم‌ترین روش‌های افزایش راندمان تغذیه (کمک تغذیه) را نام ببرید.
- ۱۷- قطعات ریختگی از جنس آلیاژهایی که دارای دامنه انجماد زیاد هستند، نسبت به آلیاژهایی با دامنه انجماد کوتاه‌تر، دارای معایب انقباضی و گازی ..... می‌باشند.
- ۱۸- وظیفه اصلی تغذیه در ریخته‌گری را تعریف کنید.
- ۱۹- انجماد فلزات خالص از لحاظ دامنه انجماد از کدام نوع می‌باشد؟ ویژگی مهم انجماد فلزات خالص را نیز بنویسید.
- ۲۰- منظور از انجماد جهت‌دار مرحله‌ای چیست؟ چگونه می‌توان در یک قالب این نوع انجماد را به‌وجود آورد؟
- ۲۱- با چه روش‌هایی می‌توان در قطعه زیر، حفره‌های انقباضی را از بین برد؟ (با رسم شکل نشان دهید)

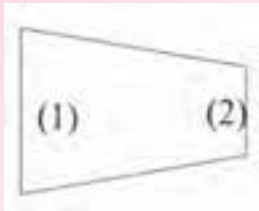


- ۲۲- شکل تغذیه سرد برای یک قالب را کشیده و نمودار تغییرات صحیح شیب دمایی آن را رسم کنید.
- ۲۳- مبرد را تعریف کنید. به چه منظوری از آن استفاده می‌شود؟
- ۲۴- تغذیه‌گذاری را تعریف کنید.

۲۵- الف) در قطعه‌ای مطابق شکل زیر مناسب‌تر است تغذیه در محل (۱) قرار داده شود یا در

محل (۲)؟

ب) به چه دلیل؟



۲۶- الف) انواع مبرد را نام ببرید.

ب) محل جاگذاری آن‌ها را در داخل قالب بنویسید.

۲۷- انواع آلیاژها را از لحاظ دامنه انجماد (با ذکر عدد دامنه انجماد) بنویسید.

۲۸- گلویی تغذیه چیست؟ در مورد زمان انجماد یک گلویی تغذیه مناسب توضیح دهید.

۲۹- مهم‌ترین روش‌های کمک تغذیه در ریخته‌گری را نام ببرید.

### سیستم راهگاہی

#### هدف

- ۱- آشنایی با سیستم راهگاہی
- ۲- آشنایی با اجزای سیستم راهگاہی
- ۳- آشنایی با انواع سیستم راهگاہی فشاری و غیرفشاری
- ۴- آشنایی با روش‌های راهگاہ‌گذاری
- ۵- آشنایی با روش‌های آخال‌گیری در سیستم راهگاہی

#### مفاهیم کلی

- ۱- سیستم راهگاہی و اجزای آن
- ۲- انواع سیستم‌های راهگاہی
- ۳- روش‌های راهگاہ‌گذاری
- ۴- روش‌های آخال‌گیری در سیستم راهگاہی

#### مفاهیم اساسی

- ۱- مجموعه راه‌هایی که مذاب برای ورود به محفظه قالب از آن‌ها عبور می‌کند، سیستم راهگاہی نامیده می‌شود.
- ۲- وظیفه سیستم راهگاہی عبارت است از تنظیم سرعت و جهت جریان مذاب، ایجاد جریان آرامی و یکنواخت با حداقل تلاطم و آشفستگی در قالب، ایجاد شیب دمایی مناسب از قطعه به تغذیه و مجرای ورود مذاب (در صورت نبود تغذیه)، جلوگیری از ورود آخال‌ها و غیره به محفظه قالب و اقتصادی بودن ریخته‌گری
- ۳- اجزای یک سیستم راهگاہی عبارتند از حوضچه بارریز، راهگاہ بارریز، حوضچه پای راهگاہ، راهبار، کانال ممتد و راهبار.
- ۴- حوضچه بارریز به صورت یک کاسه باریک شونده در بالای لوله راهگاہ بارریز قرار دارد که

وظیفه آن آسان کردن ریختن مذاب از بوتۀ یا پاتیل به داخل راهگاه بارریز است.

۵- حوضچه بارریز باید همواره در طول عمل بارریزی، پُر از مذاب نگهداشته شود تا از ورود مواد ناخالصی به مذاب و جذب هوا بارگیری کند و جریان مناسبی از مذاب در داخل سیستم راهگاهی ایجاد کند.

۶- در ریخته‌گری فلزات و آلیاژهای غیرآهنی از حوضچه‌های بارریز گلابی یا لگنی استفاده می‌شود.

۷- مزایای حوضچه بارریز گلابی یا لگنی عبارت است از: تنظیم سرعت جریان مذاب، جلوگیری از ورود شلاکه و ناخالصی‌ها به داخل قالب، ایجاد جریان آرام با حداقل تلاطم، جلوگیری از آسیب رساندن مذاب به قالب.

۸- راهگاه بارریز مجرای عمودی است که سطح مقطع آن از بالا به پایین کاهش می‌یابد.

۹- علت کاهش سطح مقطع راهگاه بارریز جلوگیری از ایجاد تلاطم و آشفستگی در مذاب و جذب هوا می‌باشد.

۱۰- سطح مقطع راهگاه بارریز با قطر  $20\text{ mm}$  به شکل دایره و برای راهگاه‌های بزرگتر، سطح مقطع آن به شکل مستطیل است.

۱۱- برای جلوگیری از تلاطم و آشفستگی جریان مذاب در قسمت پایین راهگاه بارریز، حوضچه‌ای در پایین راهگاه تعبیه می‌شود که از تلاطم مذاب، جذب هوا و تخریب قالب جلوگیری می‌کند.

۱۲- کانال مستقیمی که از حوضچه‌های راهگاه بارریز جدا می‌شود، راهبار نام دارد.

۱۳- وظیفه راهبار، جلوگیری از ورود مذاب همراه با تلاطم و آشفستگی است که از انتهای راهگاه بارریز خارج می‌شود و همچنین جذب هوا و تخریب سطوح قالب توسط مذاب می‌باشد.

۱۴- کانال‌هایی که از راهبار منشعب شده و وارد محفظه قالب می‌شود، راهبار نام دارد.

۱۵- راهبار بعد از آخرین راهبار انشعابی، کمی امتداد می‌یابد که به این قسمت راهبار، کانال ممتد گفته می‌شود.

۱۶- وظیفه کانال ممتد جلوگیری از ورود مواد ناخواسته موجود در مذاب و سایر آشفستگی‌ها به داخل محفظه قالب است.

۱۷- برای جلوگیری از ایجاد تلاطم و آشفستگی در جریان مذاب در محل گوشه‌ها، بهتر است محل اتصال گوشه‌ها به صورت مدور در نظر گرفته شود.

۱۸- در یک سیستم راهگاهی سطوح مقاطع مربوط به راهگاه بارریز، راهبار و راهبارها دارای نسبت مشخصی می‌باشند که به آن نسبت راهگاهی می‌گویند.

- ۱۹- از لحاظ رابطه میان سطوح مقاطع اجرای سیستم راهگامی و نسبت راهگامی دو نوع سیستم راهگامی فشاری و غیرفشاری وجود دارد.
- ۲۰- در صورتی که در یک سیستم راهگامی مجموع سطوح مقاطع راهباره‌ها از سطح مقطع راهگاه بارریز کمتر باشد، سیستم از نوع فشاری و چنانچه عکس این حالت وجود داشته باشد، سیستم از نوع غیرفشاری است.
- ۲۱- سیستم‌های راهگامی فشاری برای فلزات آهنی بویژه چدن‌ها مناسب می‌باشد.
- ۲۲- در ریخته‌گری فلزات و آلیاژهای غیرآهنی مانند آلومینیوم و منیزیم، از سیستم راهگامی غیرفشاری استفاده می‌شود.
- ۲۳- در مورد برنج‌ها و برنرها از هر دو نوع سیستم راهگامی فشاری و غیرفشاری استفاده می‌شود.
- ۲۴- در روش راهگاه‌گذاری از بالای مذاب از بالاترین نقطه قالب وارد محفظه قالب می‌شود.
- ۲۵- روش‌های راهگاه‌گذاری عبارتند از: راهگاه‌گذاری از بالا، راهگاه‌گذاری از پایین، راهگاه‌گذاری در سطح جدایش و سیستم راهگامی مرکب.
- ۲۶- در روش راهگاه‌گذاری از بالا، امکان تخریب قالب و جذب هوا و گاز در اثر جریان آشفته و متلاطم مذاب وجود دارد.
- ۲۷- راهگاه‌گذاری از بالا برای ریخته‌گری قالب‌های کوچک و قالب‌های با استحکام بالا مانند قالب فلزی و غیره استفاده می‌شود.
- ۲۸- در روش راهگاه‌گذاری از پایین، مذاب از پایین‌ترین نقطه محفظه قالب وارد می‌شود.
- ۲۹- مهم‌ترین ویژگی روش راهگاه‌گذاری از پایین ایجاد جریانی آرام و با حداقل تلاطم و آشفتنگی در مذاب است.
- ۳۰- مهم‌ترین عیب روش راهگاه‌گذاری از پایین، قطع شدن جریان مذاب به علت انجماد قسمت‌های پایین قطعه و ناقص ماندن قسمت‌های فوقانی و فراهم نشدن شیب دمایی مناسب است.
- ۳۱- در روش راهگاه‌گذاری در سطح جدایش مذاب از کانالی واقع در سطح جدایش وارد محفظه قالب می‌شود.
- ۳۲- برای جلوگیری از گرما دیدن زیاد جداره راهباره در محل اتصال به قطعه و تخریب قالب در این محل، بهتر است از سیستم راهگامی مرکب که مذاب از طریق چندین راهباره مجزا به قسمت‌های مختلف قالب هدایت می‌شود، استفاده کرد.
- ۳۳- جداسازی مواد ناخواسته از مذاب در سیستم راهگامی براساس اختلاف وزن مخصوص این

مواد و فلز مذاب صورت می‌گیرد. همچنین از صافی نیز می‌توان استفاده نمود.  
۳۴- روش‌های جداسازی ناخواسته براساس اختلاف در وزن مخصوص عبارتند از: استفاده از کانال ممتد، استفاده از موانع و گلویی در سیستم راهگامی و استفاده از راهگام‌های گردابی.

## انتظارات آموزشی

### الف) در سطح دانش

- ۱- سیستم راهگامی را تعریف کند.
- ۲- اجزای سیستم راهگامی را نام ببرد.
- ۳- حوضچه بالای راهگام بارریز را تعریف کند.
- ۴- راهگام بارریز را تعریف کند.
- ۵- راهبار و راهباره را تعریف کند.
- ۶- انواع سیستم راهگامی را نام ببرد.
- ۷- روش‌های راهگام‌گذاری را نام ببرد.
- ۸- سیستم راهگامی مرکب را تعریف کند.
- ۹- روش‌های آخال‌گیری در سیستم راهگامی را نام ببرد.

### ب) سطح درک و فهم

- ۱- وظایف سیستم راهگامی را شرح دهد.
- ۲- وظیفه حوضچه بالای راهگام را توضیح دهد.
- ۳- وظیفه راهگام بارریز را شرح دهد.
- ۴- وظیفه حوضچه پای راهگام بارریز را توضیح دهد.
- ۵- وظیفه راهبار و راهباره را شرح دهد.
- ۶- سیستم‌های راهگامی فشاری و غیرفشاری را توضیح دهد.
- ۷- مزایا و محدودیت‌های سیستم راهگامی فشاری و غیرفشاری را تشریح کند.
- ۸- روش راهگام‌گذاری از بالا را به همراه مزایا و معایب توضیح دهد.
- ۹- روش راهگام‌گذاری از پایین را به همراه مزایا و معایب توضیح دهد.
- ۱۰- روش راهگام‌گذاری در سطح جدایش را به همراه مزایا و معایب شرح دهد.
- ۱۱- روش راهگامی گذاری مرکب (چندتایی) را به همراه مزایا و معایب توضیح دهد.
- ۱۲- روش‌های جداسازی مواد ناخواسته براساس اختلاف وزن مخصوص را توضیح دهد.

۱۳- روش جداسازی مواد ناخواسته با استفاده از صافی (فیلتر) را تشریح کند.

### ج) سطح کاربرد معلومات

۱- دلایل استفاده از حوضچه‌های بارریز گلابی یا لگنی را توضیح دهد.

۲- نحوه طراحی گوشه‌ها را در اتصالات سیستم راهگهی شرح دهد.

۳- موارد کاربرد سیستم‌های راهگهی فشار و غیرفشاری را بیان کند.

۴- موارد کاربرد روش‌های مختلف راهگه‌گذاری توضیح دهد.

### د) سطح تجزیه و تحلیل

۱- نحوه عملکرد انواع حوضچه بالای راهگه بارریز را با یکدیگر مقایسه کند.

۲- نحوه عملکرد راهگه بارریز با سطح مقطع دایره و مستطیل را با یکدیگر مقایسه و مورد

تجزیه و تحلیل قرار دهد.

۳- سیستم‌های راهگهی فشاری و غیرفشاری را با یکدیگر مقایسه کند.

۴- روش‌های مختلف راهگه‌گذاری را با یکدیگر مقایسه کند.

۵- روش‌های مختلف آخال‌گیری در سیستم راهگهی را با یکدیگر مقایسه کند.

### هـ) سطح ترکیب و نوآوری

۱- انواع سیستم راهگهی برای فلزات و آلیاژهای مختلف را پیش‌بینی کند.

۲- نحوه جداسازی آخال‌ها از فلزات و آلیاژهای مختلف را پیش‌بینی کند.

۳- با توجه به شکل قطعه و آلیاژ سیستم راهگهی را به صورت شماتیک طراحی کند.

زمان پیش‌بینی شده برای تدریس این فصل، ۴ جلسه ۱۰۰ دقیقه‌ای برای درس دادن و ۱ جلسه ۱۰۰

دقیقه‌ای برای ارزشیابی است.