

### اصول تغذیه گذاری در قطعه‌های ریختگی

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود در پایان این فصل، بتواند:

۱- انقباض فلزات و لزوم استفاده از تغذیه را شرح دهد.

۲- تغذیه در قطعه‌های ریختگی را توضیح دهد.

۳- انجماد و اصول تغذیه را شرح دهد.

۴- محل تغذیه و انجماد جهت‌دار را شرح دهد.

۵- اجزای تغذیه را توضیح دهد.

۶- انواع تغذیه‌ها را تقسیم‌بندی کند.

۷- روشهای افزایش راندمان تغذیه را تشریح کند.

### ۴- اصول تغذیه‌گذاری<sup>۱</sup> در ریخته‌گری

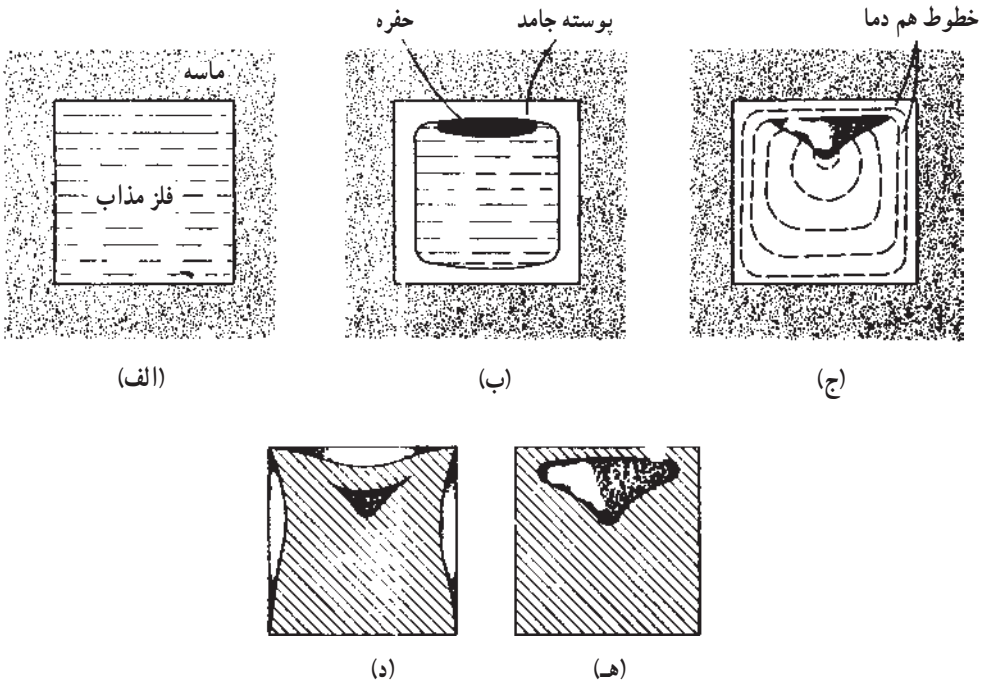
#### تعریف

تغذیه‌گذاری در ریخته‌گری عملی است برای جبران تغییرات حجمی فلز در حالت مایع و ضمن انجماد به منظور تولید قطعات ریختگی عاری از عیبه‌های انقباضی.

#### ۱-۴- انقباض فلزات و لزوم استفاده از تغذیه

همان‌گونه که قبلاً در بحث انجماد گفته شد مذاب پس از آن که درون قالب ریخته می‌شود در خلال سرد شدن در سه حالت مذاب، حین انجماد و جامد منقبض می‌گردد. انقباض در حالت جامد

در مدل‌سازی جبران می‌گردد و انقباض در دو حالت مذاب و حین انجماد باید به وسیله مذاب اضافی جبران شود. در صورتی که این دو انقباض به وسیله مذاب جبران نشود باعث به وجود آمدن حفره‌هایی در قطعه ریختگی می‌گردد. شکل ۱-۴ چگونگی مراحل انجماد و به وجود آمدن حفره در قطعه ریختگی را نشان می‌دهد.



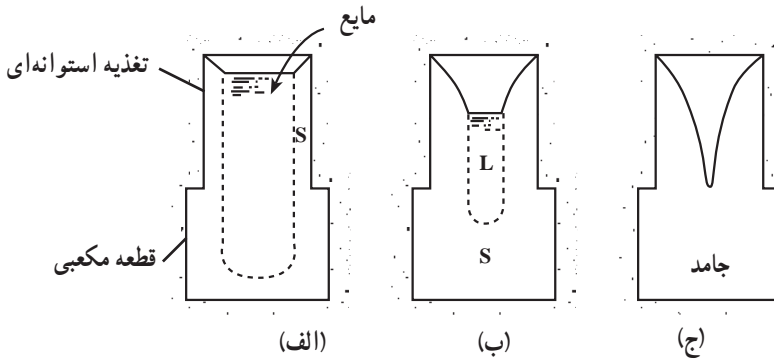
شکل ۱-۴ - شماتیک مراحل انقباض یک نمونه‌ی مکعبی (الف): فلز مذاب اولیه پس از بارریزی (ب): جامد شدن پوسته و شکل‌گیری حفره‌ی انقباضی (ج): انقباض داخلی (د): انقباض داخلی همراه با مقعر شدن (تغییر ابعادی) (ه): سوراخ شدن سطح و ارتباط حفره با محیط اطراف

عیوب انقباضی ممکن است به صورت عیوب انقباضی داخلی (حفره)، انقباض داخلی (حفره) همراه با مقعر شدن و یا سوراخ شدن سطح در قطعات بوجود آید. بوجود آمدن این عیوب، بستگی به نوع آلیاژ دارد. به عنوان مثال، در آلیاژهای با لایه‌ی پوسته‌ی منجمد شده‌ی ضخیم، عیوب انقباضی (حفره) داخلی بوجود می‌آید و تغییر فرم در سطح وجود ندارد.

### ۱-۱-۴ - تغذیه در قطعه‌های ریختگی

به منظور محدود کردن و رفع عیوب ناشی از انقباض در قطعه‌های ریختگی از تغذیه استفاده

می‌شود. وظیفه‌ی اصلی تغذیه، متمرکز کردن انقباض مذاب و فراهم آوردن امکان مذاب رسانی به قسمت‌های در حال انجماد در داخل قالب (قطعه‌ی ریخته شده) می‌باشد. در شکل ۲-۴ به طور



شکل ۲-۴ - نحوه‌ی انجماد قطعه‌ی مکعبی از فلز خالص (الف):  
مراحل اولیه‌ی انجماد (ب): در خلال انجماد (ج): خاتمه‌ی انجماد

ساده، رفتار یک تغذیه‌ی استوانه‌ای که به روی یک قطعه مکعبی قرار گرفته نشان داده شده است. در این مثال تغذیه و قطعه کلاً در درون قالب ماسه‌ای قرار گرفته‌اند. همان‌گونه که در شکل ۲-۴ ملاحظه می‌گردد، انقباض در تغذیه متمرکز می‌شود و بعداً از قطعه‌ی تمام شده جدا می‌گردد.

## ۲-۴ - انجماد<sup>۱</sup> و اصول تغذیه

قبل از پرداختن به جزئیات تغذیه، در این قسمت لازم است به منظور آشنایی بیشتر دانش‌آموزان، انواع انجماد فلزات که یقیناً تأثیر مهمی در مذاب‌رسانی تغذیه دارند، مورد بحث و بررسی قرار گیرد. فلزات و آلیاژها دارای انواع مختلف انجماد می‌باشند. اما خوشبختانه از جهت بحث تغذیه می‌توان آنها را به سه گروه اصلی تقسیم نمود که عبارتند از:

- آلیاژهای با دامنه‌ی انجماد کوتاه (کم‌تر از  $5^{\circ}\text{C}$ ) یا انجماد پوسته‌ای
- آلیاژهای با دامنه‌ی انجماد متوسط (بین  $5^{\circ}\text{C}$  تا  $11^{\circ}\text{C}$ ) یا انجماد پوسته‌ای - خمیری (میانی).

– آلیاژهای با دامنه انجماد طولانی (بیشتر از  $11^{\circ}\text{C}$ ) یا انجماد خمیری.  
 ارزش این نوع تقسیم بندی از آنجا ناشی می شود که روش انجماد در نحوه ی مذاب رسانی به وسیله تغذیه و جبران انقباض مذاب بسیار اهمیت دارد، به گونه ای که عامل اصلی در تعیین محل تغذیه، تعداد منابع تغذیه، اندازه ی تغذیه، نوع تغذیه و غیره محسوب می گردد.  
 تقسیم بندی فلزات و آلیاژها برحسب نحوه انجماد در جدول ۴-۱ به طور خلاصه فهرست شده است.

جدول ۴-۱ – تقسیم بندی فلزات و آلیاژها برحسب طریقه ی انجماد

انجماد پوسته ای <sup>۱</sup>	انجماد میانی (پوسته ای - خمیری)	انجماد خمیری
فلزات خالص	مس – برلیوم	آلیاژهای آلومینیم
فولادهای کم کربن	برنز – سیلیسیم	(به جز آلومینیم – سیلیسیم)
مس های تجاری	مس – نیکل ( $5^{\circ}$ – $5^{\circ}$ )	آلیاژهای منیزیم
آلومینیم تجاری	فولادهای کم آلیاژ و کم کربن	برنزهای قلع
برنز – آلومینیم		برنج قرمز
آلومینیم – سیلیسیم		آلیاژهای توپ
آلیاژهای نزدیک نقطه یوتکتیک <sup>۲</sup>	مس – قلع با ۱ تا ۲ درصد	برنزهای سرب دار
برنج های زرد (تعدادی)	قلع	نقره نیکل
روی تجاری		برنج های زرد (تعدادی)
قلع تجاری		فولادهای پرکربن
برنج سیلیسیم دار		برخی از فولادهای آلیاژی
مس – نیکل		
برنز – منگنز		

۱ – Skin Freezing

۲ – یوتکتیک اصطلاحی است که در متالورژی فیزیکی در مورد آن بحث خواهد شد.

## ۱-۲-۴ - فلزات و آلیاژهای با دامنه‌ی انجماد کوتاه (انجماد پوسته‌ای)

این گروه که شامل فلزات خالص و برخی آلیاژها هستند،

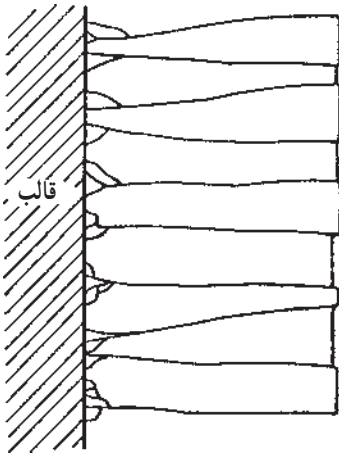
در جدول ۱-۴ به طور خلاصه نشان داده شده‌اند.

در این آلیاژها، بلافاصله پس از رسیدن درجه‌ی حرارت

مذاب به نقطه‌ی انجماد، انجماد در جداری قالب آغاز می‌شود.

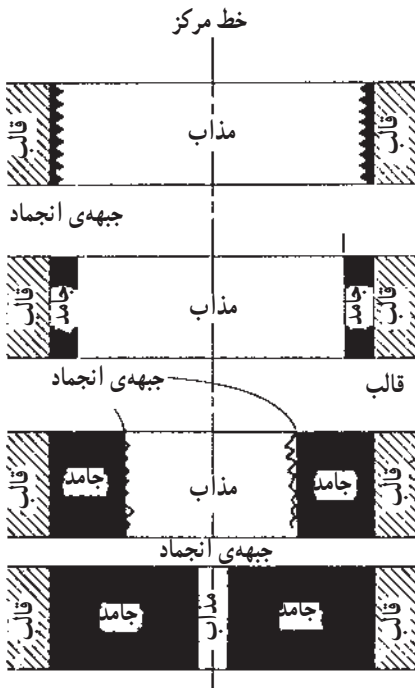
در این حالت، در فصل مشترک قالب و مذاب هسته‌های انجماد

شکل گرفته و به طرف مرکز قالب ادامه می‌یابد (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۴ - رشد کریستال‌ها در انجماد

یک فلز خالص از دیواره‌ی قالب



شکل ۴-۴ - شماتیک مراحل انجماد یک فلز خالص (با دامنه‌ی

انجماد صفر) انجماد از جداری قالب آغاز شده و به طرف مرکز

ادامه یافته و جبهه‌ی انجماد به شکل صاف و هموار است.

از ویژگی‌های مهم انجماد فلز خالص، این

است که معمولاً جبهه‌ی انجماد در آنها به صورت

تقریباً هموار و صاف است، همان‌گونه که در شکل

۴-۴ نشان داده شده است.

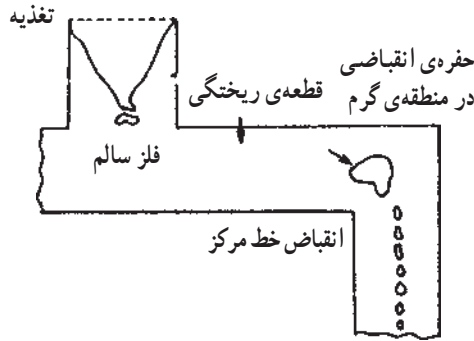
در آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای، ناحیه‌ی

خارجی قطعه به طور یکنواخت منجمد می‌گردد.

انقباض در نواحی با ضخامت زیادتر که زمان

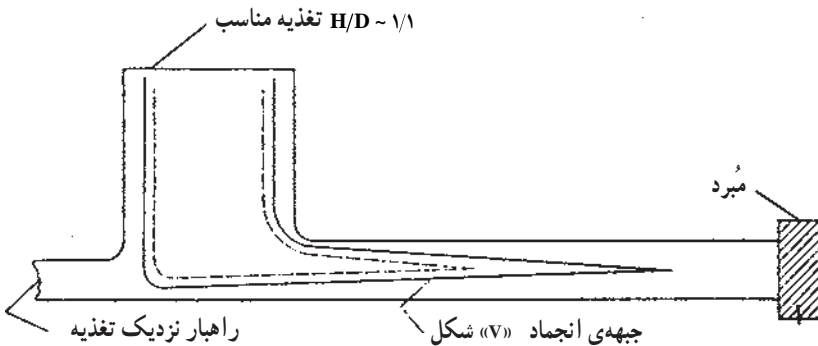
انجماد طولانی‌تری دارد، ظاهر می‌شود.

در منبع تغذیه، کشیدگی حالت کیفی و عمیق دارد. در فلزات خالص (با دامنه‌ی انجماد صفر) سطح حفره‌ی انقباضی صاف است و شکل هندسی دارد. اما در مواد با خلوص کم‌تر (با دامنه‌ی انجماد کوتاه) حفره‌ی انقباضی، کم‌تر شکل منظم هندسی دارد. تصویر حفره‌های انقباضی در شکل ۴-۵ نشان داده شده است.



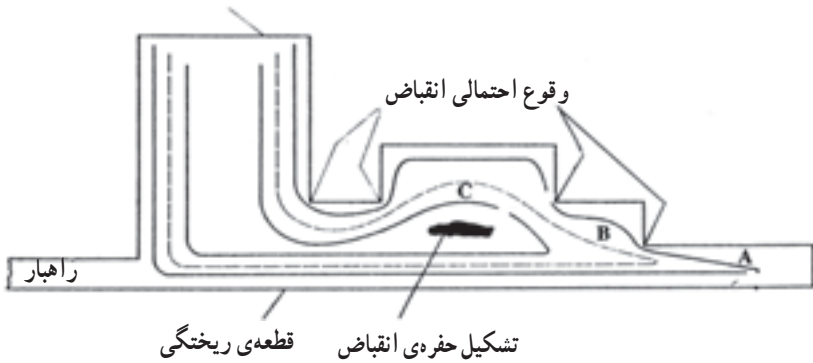
شکل ۴-۵ - شکل‌های مختلف انقباضی در آلیاژهای با دامنه‌ی انجماد کم

تغذیه‌گذاری در آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای بر این اصل استوار است که همواره مقداری مذاب کافی در مراکز نقاط گرم قطعه به عنوان ذخیره وجود داشته باشد. در این آلیاژها در صورت لزوم از موادی برای افزایش سرعت انجماد در نقاط دور از تغذیه استفاده می‌شود که این مواد را مبرد گویند (شکل ۴-۶).

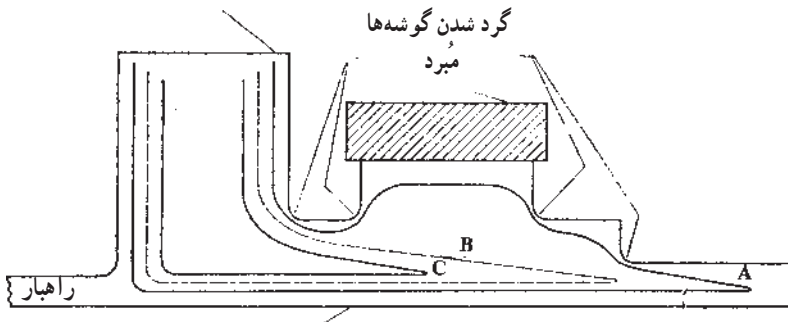


شکل ۴-۶ - انجماد جهت‌دار در آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای

در شکل ۴-۷ در قسمت (C) منطقه گرم را داریم که باعث تشکیل حفره انقباضی می‌شود و در شکل ۴-۸ با استفاده از مبرد این عیب برطرف شده است.



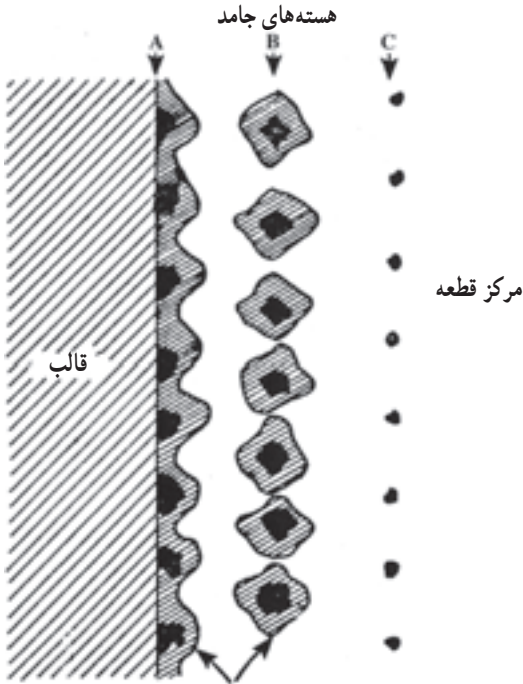
شکل ۴-۷ - اثر مراکز گرمایی منطقه‌ای در انقباض آلیاژهای پوسته‌ای



شکل ۴-۸ - استفاده از مبرد به منظور محدود کردن مراکز گرمایی منطقه‌ای

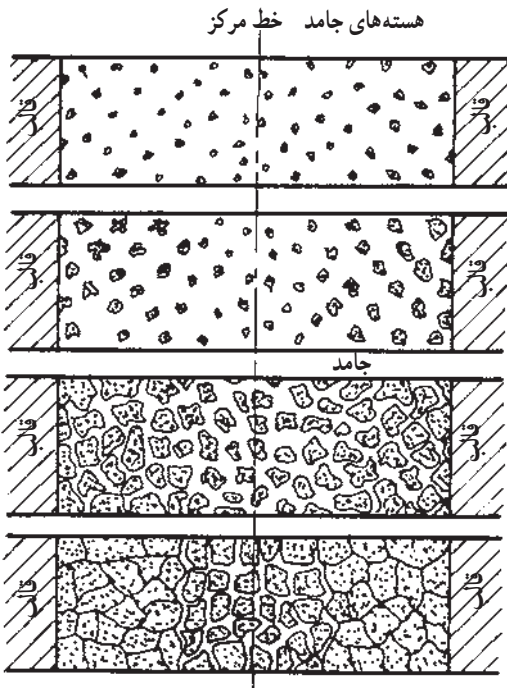
## ۲-۲-۴ - فلزات و آلیاژهای با دامنه‌ی انجماد طولانی (انجماد خمیری)

تعداد زیادی از آلیاژهای تجارتي مهم، دارای انجماد خمیری می‌باشند. جدول ۱-۴ نشان می‌دهد که تقریباً بیشتر آلیاژهای سبک و تعدادی از آلیاژهای مس و آهن در این گروه قرار دارند. هنگامی که این آلیاژها تحت شرایط معمول ریخته‌گری می‌شوند، ابتدا (همانند آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای) انجماد در اطراف جداره‌ی قالب به محض رسیدن درجه‌ی حرارت مذاب به نقطه‌ی انجماد آغاز می‌گردد. از این مرحله به بعد، نحوه‌ی انجماد آلیاژهای با انجماد خمیری و پوسته‌ای کاملاً متفاوت می‌باشد.



هنگامی که اولین هسته‌های جامد در مرز مشترک قالب و مذاب بوجود آمد، رشد این هسته‌ها به طرف مرکز قالب متوقف می‌شود در این حالت، انجماد جهت‌دار به طرف مرکز صورت نمی‌گیرد شکل ۹-۴ نشان می‌دهد که در جداره‌ی قالب، یک لایه‌ی نازک منجمد شده به وجود آمده است. اما این انجماد به طرف مرکز قالب ادامه نیافته بلکه هسته‌های دیگر در قسمتهای مختلف قالب شروع به شکل‌گیری نموده است.

شکل ۹-۴ - تأخیر در رشد کریستالها در آلیاژهای با دامنه‌ی انجماد طولانی (خمیری)



با گذشت زمان و سرد شدن مذاب، هسته‌های زیادی در کل محفظه‌ی قالب بوجود می‌آید. (شکل ۱۰-۴). این هسته‌ها به تدریج در جهات مختلف رشد می‌نمایند. زمانی که هسته‌ها به یکدیگر می‌رسند، رشد آنها متوقف می‌گردد.

شکل ۱۰-۴ - شماتیک مراحل انجماد آلیاژهای با انجماد خمیری

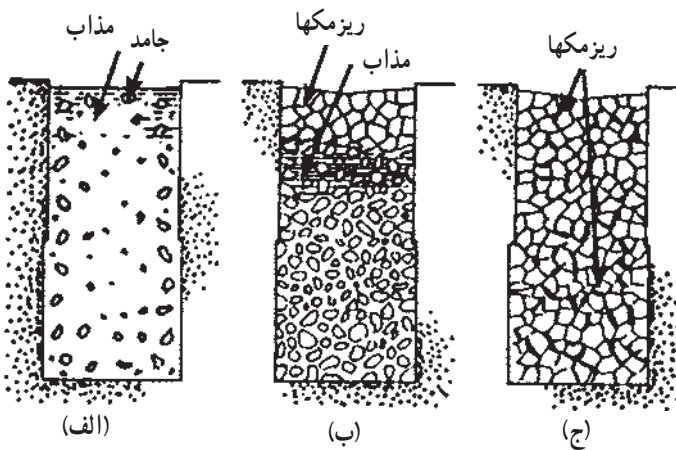


نکته‌ی مهم و اساسی در آلیاژهای با انجماد خمیری، مذاب رسانی در لابلای دانه‌های منجمد شده می‌باشد. مشکل مذاب رسانی به ویژه با توجه به کاهش درجه‌ی حرارت و در نتیجه کاهش سیالیت مذاب، پیچیده‌تر می‌شود. جبران نشدن انقباض مذاب در بین دانه‌های منجمد شده، سبب ایجاد مکهای انقباضی ریز و پراکنده‌ی زیاد خصوصاً در مناطق گرم‌تر قطعات می‌شود. به طور کلی، مذاب رسانی در آلیاژهای با انجماد خمیری در سه مرحله انجام می‌شود (شکل ۱۱-۴).

**مرحله‌ی اول:** در این مرحله ذرات جامد شده، در داخل مذاب شناور هستند و در نتیجه انقباض ناشی از انجماد به دلیل حرکت آزاد مذاب براحتی جبران می‌شود.

**مرحله‌ی دوم:** در این مرحله ذرات جامد شده بزرگ می‌شود و در نتیجه، حرکت آزاد مایع محدود می‌گردد و فقط از کانالهای خاص مذاب رسانی به منظور جبران انقباض انجام می‌شود.

**مرحله‌ی سوم:** در این مرحله ذرات جامد شده کاملاً به هم رسیده، ارتباط مذاب آزاد با قسمت‌های جامد شده قطع می‌شود که در نتیجه، قسمتهایی از مذاب در بین ذرات جامد شده محصور می‌گردند. مذاب‌های محبوس شده، پس از انجماد، امکان جبران انقباض را (به دلیل قطع ارتباط با تغذیه و مذاب) از دست می‌دهند و بنابراین انقباضات پراکنده، در سراسر قطعه پخش می‌شود.

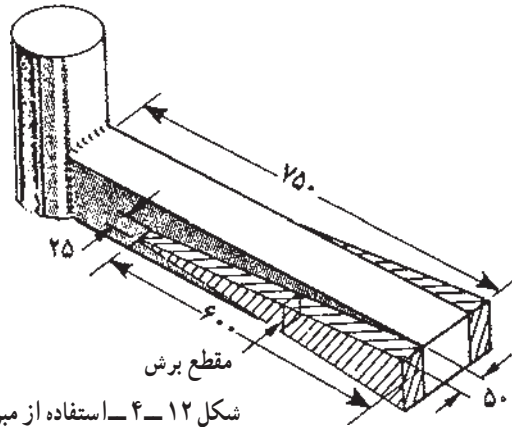


شکل ۱۱-۴- مراحل انجماد و انقباض در آلیاژهای بادامنه‌ی انجماد طولانی

برای اطمینان از سلامت قطعه در این گونه آلیاژها، فقط انجماد جهت‌دار به طرف تغذیه نمی‌تواند کافی باشد؛ بلکه باید از انجماد جهت‌دار مرحله‌ای استفاده نمود. به عبارت دیگر، هنگامی که دورترین نقطه‌ی قطعه‌ی ریخته‌گی به تغذیه منجمد شود مذاب نزدیک تغذیه باید در اولین مرحله‌ی

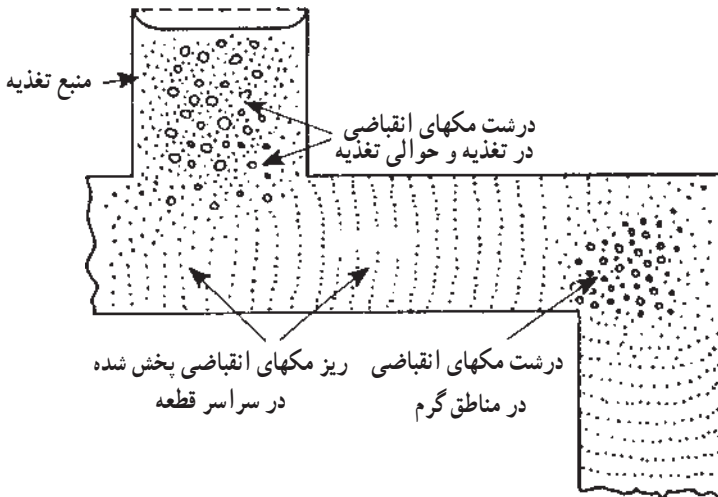
انجمادی باشد.

شکل ۱۲-۴، با استفاده از میردگوه شکل شیب‌دمایی مناسب را فراهم می‌سازد.



شکل ۱۲-۴- استفاده از میردهای گوه‌ای در آلیاژهای بادامنه‌ی انجماد طولانی

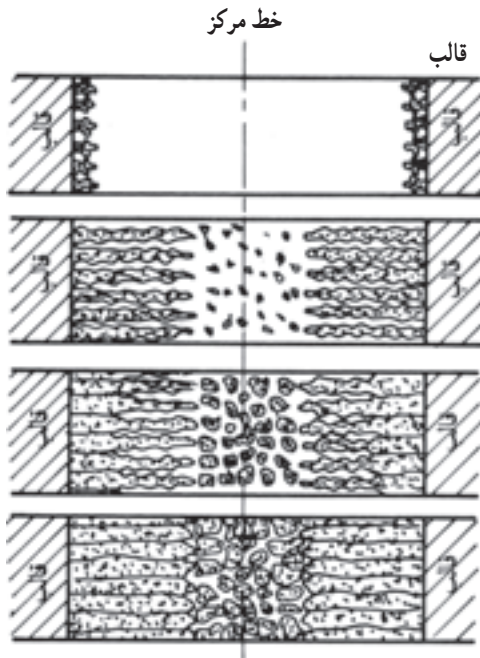
انقباض و مکهای انقباضی در آلیاژهای بادامنه‌ی انجماد طولانی، نوعاً مانند شکل ۱۳-۴ می‌باشد. معمولاً مکهای انقباضی درشت‌تر، در گرمترین قسمت قطعه به وجود می‌آیند، در حالی که در مناطق دیگر ریز مکهای انقباضی به صورت پراکنده ملاحظه می‌شود.



شکل ۱۳-۴- شکل‌های مختلف مکهای انقباضی در آلیاژهای بادامنه‌ی انجماد طولانی

### ۳-۲-۴ - فلزات و آلیاژهای با دامنه‌ی انجماد متوسط (انجماد میانی)

در این آلیاژها، طریقه انجماد ترکیبی از انجماد پوسته‌ای و خمیری می‌باشد. شکل ۱۴-۴- مراحل انجماد در آلیاژهای میانی را نشان می‌دهد.



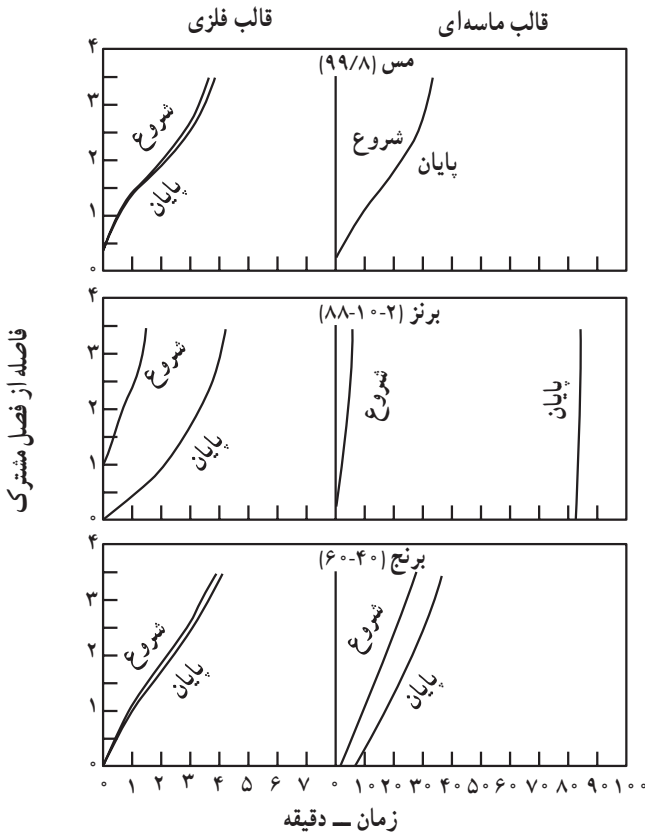
شکل ۱۴-۴ - مراحل انجماد در آلیاژهای با دامنه‌ی انجماد متوسط

نکته قابل توجه این است که حتی در آلیاژهای با دامنه‌ی انجماد کوتاه ممکن است در قطعات ضخیم، به این نوع انجماد متمایل شوند و بر عکس، در آلیاژهای با دامنه‌ی انجماد طولانی در قسمت‌های نازک تمایل به، انجماد میانی وجود دارد. از طرف دیگر، معمولاً در این گونه آلیاژها، انجماد، در جداره‌ی قالب (فصل مشترک قالب و مذاب) به پوسته‌ای شدن متمایل دارد و در مرکز قالب حالت خمیری می‌یابد.

آلیاژهای با دامنه‌ی انجماد متوسط نسبت به سرعت سرد کردن و انتقال حرارت از قالب حساس می‌باشند. ممکن است آلیاژهایی که در قالب ماسه‌ای رفتاری مطابق آلیاژهای میانی دارند، در قالب‌های فلزی مانند آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای رفتار نمایند.

لازم به ذکر است که این سه نوع انجماد، دارای مرز کاملاً جدا شده از یکدیگر نمی‌باشند.

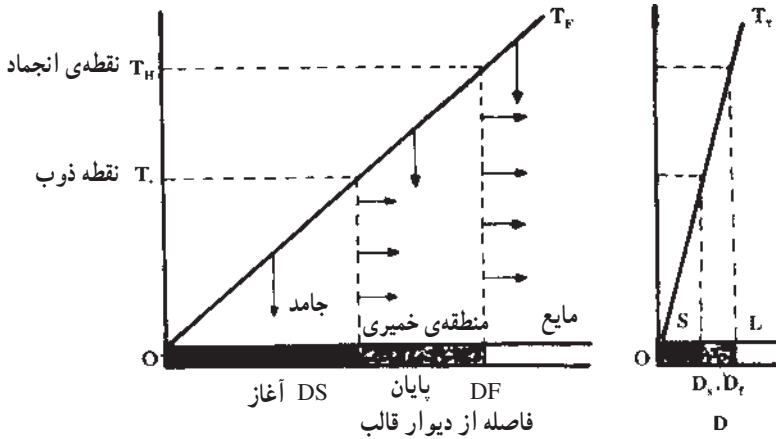
به عبارت ساده‌تر با افزایش دامنه‌ی انجماد از صفر به مقادیر بالاتر، انجماد به تدریج از حالت پوسته‌ای به خمیری تبدیل می‌شود. واسطه این تبدیل از حالت پوسته‌ای به خمیری، حالتی است که به آن انجماد میانی می‌گویند. در نتیجه بین این سه نوع انجماد، مرز خاص و مشخصی وجود ندارد. شکل ۱۵-۴ مثالی برای مقایسه سه نوع انجماد می‌باشد.



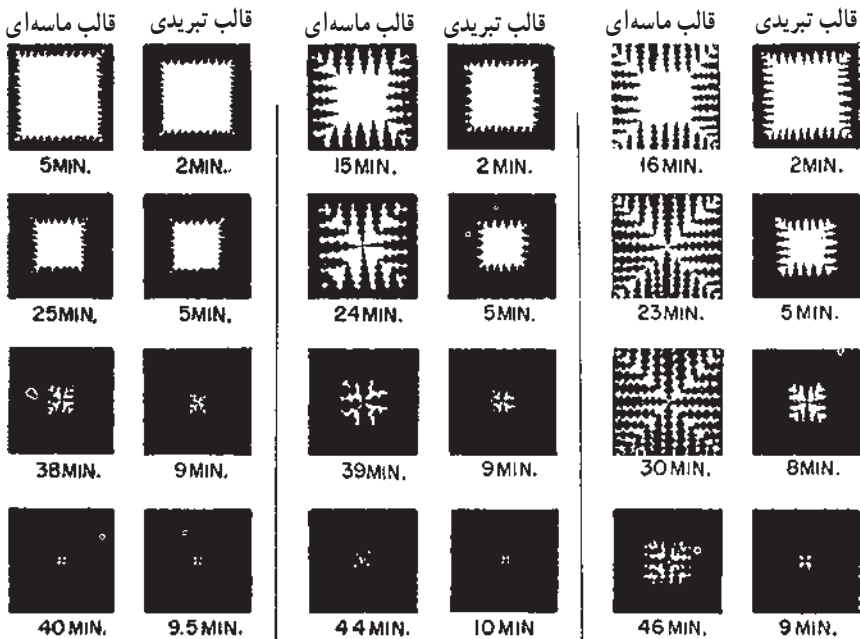
شکل ۱۵-۴ - انجماد چند نوع آلیاژ غیر آهنی

به طور کلی در این شکل، دو نوع منحنی ملاحظه می‌شود، منحنیهای «شروع انجماد» و «پایان انجماد» که در دو حالت ریخته‌گری در قالب ماسه و ریژه مورد بررسی قرار گرفته است. برای فلزات خالص نقطه‌ی شروع و پایان انجماد، بر هم منطبق می‌باشد. در آلیاژهای با دامنه‌ی انجماد طولانی، نقطه‌ی شروع و پایان انجماد نه تنها بر هم منطبق نیستند بلکه کاملاً از هم مجزاً می‌باشند و هر چه دامنه‌ی انجماد طولانی‌تر باشد، فاصله زمانی بین دو منحنی شروع و پایان انجماد زیادتر می‌شود. در این منحنیها، اثر قالب (سرعت سرد کردن) نشان داده شده است. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد سرعت

سرد کردن یکی از عوامل مؤثر در تبدیل انجماد خمیری به میانی و پوسته‌ای می‌باشد. با افزایش سرعت سرد کردن ضخامت منطقه‌ی خمیری کاهش و منطقه‌ی پوسته‌ای افزایش می‌یابد. شکل ۴-۱۶ این موضوع را به صورت نمودار، به خوبی نشان داده است. شکل ۱۷-۴ نقش سرعت سرد کردن در منطقه خمیری را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶-۴ - تأثیر سرعت سرد کردن در ضخامت منطقه‌ی خمیری و پوسته‌ای



شکل ۱۷-۴ - نقش وسعت منطقه‌ی خمیری تحت تأثیر سرعت سرد شدن بر روی ساختار قطعه ریختگی فولادی با ۰/۱۶۰ - ۰/۱۵۵ درصد کربن فولادی با ۰/۳۰ - ۰/۲۵ درصد کربن فولادی با ۰/۱۰ - ۰/۰۵ درصد کربن

### ۳-۴ - محل تغذیه و انجماد جهت‌دار

با توجه به وظیفه‌ی تغذیه در رساندن مذاب کافی به نواحی در حال انجماد، محل و موقعیت قرار گرفتن تغذیه، از اهمیت بسزایی برخوردار است. از طرف دیگر، برای تعیین محل صحیح تغذیه، شرط اصلی مشخص کردن جهت انجماد مذاب در قالب است؛ چرا که براساس تعریف، انجماد باید از دورترین قسمت قطعه نسبت به تغذیه آغاز شود و به صورت جهت‌دار ادامه یابد و در تغذیه ختم گردد. در این صورت، تغذیه می‌تواند وظیفه‌ی خود را به خوبی ایفا کند و انقباض در هر مرحله‌ی انجماد به وسیله‌ی مذاب موجود در تغذیه جبران گردد.

#### ۱-۳-۴ - جهت انجماد

با توجه به اهمیت انجماد جهت‌دار، یکی از موارد مهم در طراحی تغذیه، مشخص کردن جهت انجماد به وسیله‌ی طراح به عنوان اولین گام در انتخاب سیستم تغذیه‌گذاری مناسب می‌باشد. امروزه کمک گرفتن از نرم‌افزارهای مناسب و عمل شبیه‌سازی انجماد مذاب داخل قالب، امری ضروری به نظر می‌رسد.

عوامل زیادی در جهت انجماد تأثیر می‌گذارند که مهمترین آنها عبارتند از:

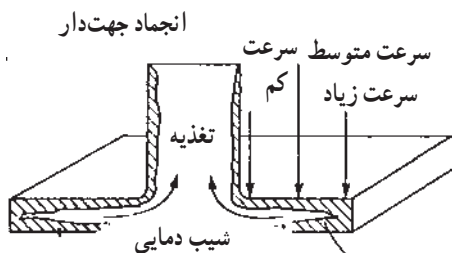
— نوع آلیاژ و مدل انجماد آن: انجماد در آلیاژهای با دامنه‌ی انجماد کوتاه (پوسته‌ای) نسبت به آلیاژهای با دامنه‌ی انجماد طولانی (خمیری) جهت‌دارتر است.

— ابعاد محفظه‌ی قالب: ابعاد و اندازه‌ی محفظه‌ی قالب نیز عامل مهمی در تعیین جهت انجماد قطعات می‌باشد. اصولاً قطعات با ضخامت غیریکنواخت، دارای جهت‌های انجماد مختلفی هستند و پیدا کردن یک جهت انجماد در آنها مشکل است.

— طراحی قطعه‌ی ریختگی: در همین فصل، مشاهده خواهد شد که طراحی غلط مدل قطعه ریختگی در افزایش عیوب قطعات، به دلیل عدم دستیابی به انجماد جهت‌دار و تغذیه‌رسانی صحیح تا چه حد مؤثر است.

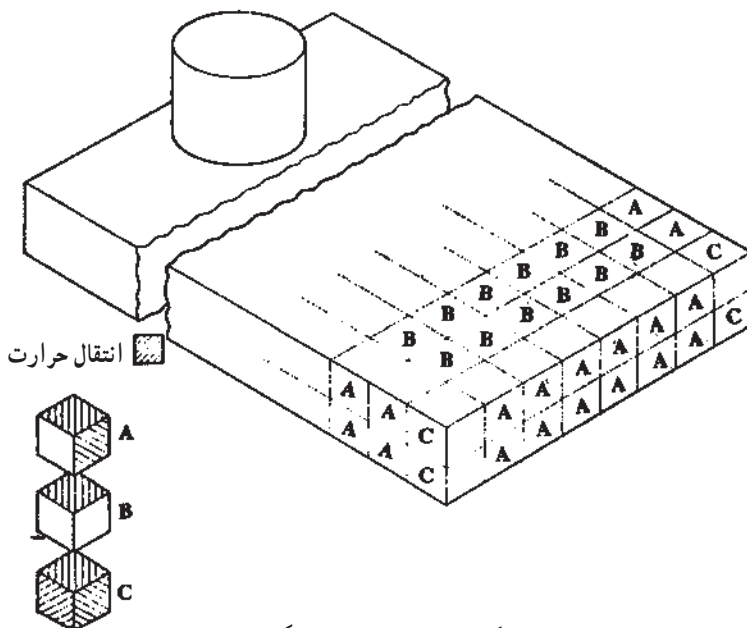
شکل ۱۸ - ۴ به طور شماتیک یک انجماد پیش‌رونده و جهت‌دار را به نمایش گذارده است. هنگامی که قالب از مذاب پر شد، انجماد با تشکیل یک پوسته‌ی منجمد شده در فصل مشترک قالب و مذاب آغاز می‌شود. بتدریج که حرارت از قالب به خارج هدایت می‌شود، پوسته‌ی منجمد شده به طرف داخل پیش می‌رود. در دو ناحیه، سرعت رشد لایه‌ی منجمد شده تغییر می‌کند: اول در لبه‌ی کناری قطعه که سطح تماس بیشتری وجود دارد و سرعت انجماد سریع‌تر است. دوم در نزدیک منبع تغذیه که تمرکز حرارت وجود دارد و سطح کم‌تری برای خارج شدن حرارت از قالب موجود است،

سرعت انجماد کند می‌باشد. در بین این دو ناحیه، سرعت متوسطی وجود دارد. این مجموعه، انجماد جهت‌دار را بوجود می‌آورد.



شکل ۱۸-۴ - انجماد پیش‌رونده و جهت‌دار در یک قطعه همراه با منبع تغذیه

لازم به ذکر است که انجماد در لبه‌ها و گوشه‌ها نسبت به سطوح تخت، بیشتر است. این موضوع را می‌توان با کمک شکل ۱۹-۴ مورد بررسی قرار داد. در این شکل، تصور شده که قطعه به مکعب‌های کوچک تقسیم شده است. مکعب‌هایی که با علامت A نشان داده شده در لبه‌ی قطعه قرار دارند که انتقال حرارت در آنها از دو صفحه انجام می‌شود. بنابراین، مکعبهای A زود منجمد می‌شوند.



شکل ۱۹-۴ - انجماد در گوشه‌ها و لبه‌ها

به طور مشابه مکعب‌های C که در گوشه‌ها واقع شده‌اند، انتقال حرارت از سه صفحه انجام می‌شود. لذا نسبت به مکعب‌های A سریعتر منجمد می‌گردند. در حالی که مکعب‌های B فقط از یک سطح، انتقال حرارت دارند و نتیجه این که نسبت به مکعب‌های A و C دیرتر منجمد می‌شوند. قسمت‌های گوشه و لبه که نسبت به تغذیه دورتر هستند، سریعتر منجمد می‌شوند و لذا جهت انجماد را بوجود می‌آورند.

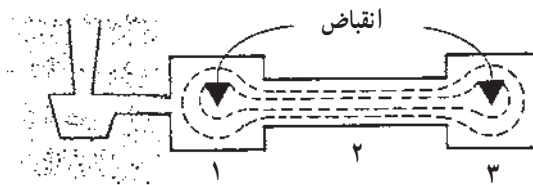
### ۲-۳-۴- محل تغذیه در قطعات ریخته‌گی با سطوح مقطع غیریکنواخت

اگرچه تصمیم‌گیری در این مورد که تغذیه در چه نقطه‌ای از قطعه ریخته‌گی قرار می‌گیرد مشکل است اما راهنمایی ساده آن است که تغذیه را در مجاورت نقاطی از قطعه ریخته‌گی قرار دهید که از نقاط دیگر گرم‌تر باشد. نقاط گرم محل‌هایی هستند که در مراحل سرد شدن مذاب و انجماد فلز از نقاط دیگر قطعه گرم‌تر بوده و مذاب در این نقاط دیرتر از قسمت‌های دیگر قطعه جامد می‌شود. در عمل می‌توان ضخیم‌ترین قسمت یک قطعه ریخته‌گی را به عنوان گرم‌ترین نقطه قطعه در نظر گرفت. در بیشتر مواقع می‌توان نقاط گرم قطعه ریخته‌گی را با مطالعه طرح و شکل آن پیش‌بینی کرد. این شناخت براساس مسایلی نظیر چگونگی انتقال حرارت و انجماد قطعه که در قسمت‌های پیشین به آن‌ها اشاره شد، صورت می‌پذیرد.

نقاط گرم در یک قطعه ریخته‌گی به دو دلیل به وجود می‌آیند:

- ۱- در این نقاط حجم مذاب از نقاط دیگر قطعه بیش‌تر است.
- ۲- گوشه‌هایی که در مجاورت این نقاط هستند از نوع گوشه‌های داخلی بوده و انتقال حرارت در این نوع گوشه‌ها به‌کندی انجام می‌شود.

در قطعه ریخته‌گی مطابق شکل ۲-۴ محل‌های گرم نقاط (۱) و (۳) هستند. در شرایط معمولی، قطعه در قسمت (۲) زودتر از قسمت‌های دیگر جامد می‌گردد، در حالی که قسمت (۱) که در مجاورت راه‌گاه ورود مذاب قرار دارد از قسمت‌های دیگر دیرتر جامد می‌شود.



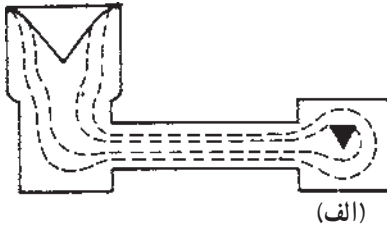
شکل ۲-۴



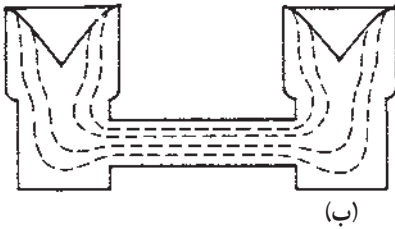
در شکل ۲-۴ قسمت‌های (۱) و (۳) به‌عنوان تغذیه برای قسمت (۲) عمل کرده یعنی حفره‌های انقباضی قسمت (۲) را پر می‌کنند. در چنین حالتی حفره‌های انقباضی در قسمت‌های (۱) و (۳) به‌وجود می‌آیند. برای آن که از ایجاد این حفره‌ها در قسمت‌های (۱) و (۳) جلوگیری شود لازم است ابتدا قسمت (۳) و سپس قسمت (۲) و در آخرین مرحله قسمت (۱) جامد گردد. در این حالت حفره‌های انقباض ایجاد شده در قسمت (۱) از طریق مذاب موجود در راهگاه جبران می‌شود. یعنی برای تهیه این قطعه به روش صحیح بایستی جامد شدن مذاب تحت یک انجماد جهت‌دار انجام گیرد. همچنین ممکن است با قرار دادن دو تغذیه در قسمت‌های (۱) و (۳) حفره‌های انقباضی به‌وجود آمده در این دو قسمت را پر کرده به‌رحال این روش به‌جز در موارد اجباری توصیه نمی‌شود زیرا به علت مصرف بیش از حد تغذیه بهره‌دهی قطعه ریختگی کاهش می‌یابد.

به‌رحال لازم به یادآوری است که در قطعه نشان داده شده در شکل ۲-۴ در صورتی که ابتدا قسمت (۲) قطعه جامد شود راه رساندن مذاب از قسمت (۱) به (۳) قطعه شده که در آن صورت ایجاد حفره‌های انقباضی در قسمت (۳) حتمی است.

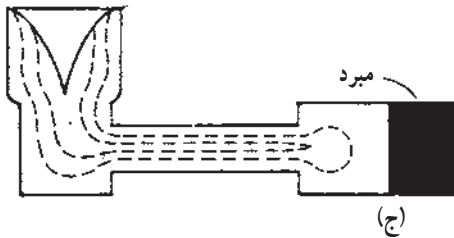
در شکل ۲۱-۴ روش‌های مختلفی را که می‌توان جهت تغذیه‌گذاری قطعه فوق به‌کار برد نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل الف - ۲۱-۴ دیده می‌شود حفره انقباضی در قسمت ضخیم قطعه به‌وجود آمده و در بیشتر موارد بزرگ‌تر نمودن تغذیه نیز نمی‌تواند برای از بین بردن این‌گونه حفره‌های انقباضی مؤثر باشد. در شکل ب - ۲۱-۴ از دو تغذیه که در قسمت‌های ضخیم قطعه قرار گرفته‌اند استفاده شده است. در چنین حالتی انجماد جهت‌دار از قسمت مرکزی قطعه به‌طرف این دو تغذیه انجام می‌گیرد. بدیهی است این روش تغذیه‌گذاری به‌دلیل بهره‌دهی پایین قطعه نمی‌تواند مورد استقبال ریخته‌گران قرار گیرد. بهترین راه برای جلوگیری از ایجاد حفره انقباضی در قسمت‌های ضخیم قطعه حذف منطقه‌های گرم و حرارتی در قطعات از طریق به‌کار بردن مبرد می‌باشد که در شکل ج - ۲۱-۴ نشان داده شده است. در این حالت انجماد به‌طور جهت‌دار از طرف قطعه ریختگی در تماس با مبرد به‌طرف تغذیه انجام می‌شود. هم‌چنین این امکان وجود دارد که توسط عایق کردن جداره‌های نازک در قطعات ریختگی به ایجاد انجماد جهت‌دار کمک کرد (شکل ۲۱-۴).



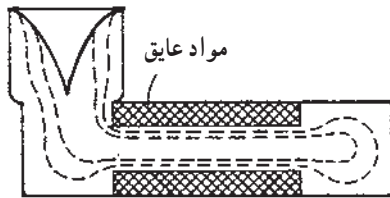
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۲۱- ۴- عمل تغذیه‌گذاری در یک قطعه با

سطح مقطع غیریکنواخت

(الف) تغذیه به یک قسمت قطعه اضافه شده است.

(ب) تغذیه در دو قسمت قطعه اضافه شده است.

(ج) از مبرد برای یک قسمت قطعه و از تغذیه برای

قسمت دیگر استفاده شده است.

(د) از تغذیه در یک قسمت قطعه استفاده شده و از

مواد عایق برای مقاطع نازک قطعه

## ۴- ۴- اجزای تغذیه

به طور کلی، همان گونه که قبلاً نیز اشاره شد، تغذیه از دو قسمت اصلی تشکیل می‌شود، این

دو قسمت عبارتند از: منبع تغذیه و گلوئی تغذیه.

### ۱- ۴- ۴- منبع تغذیه

تعریف: منبع تغذیه به محلی اطلاق می‌شود که مذاب لازم را برای جبران انقباضات حجمی

مذاب و ضمن انجماد، فراهم آورد.

با توجه به تعریف فوق، مهمترین وظیفه‌ی منبع تغذیه آن است که فلز را تا زمانی که قطعه‌ی ریختگی کاملاً منجمد نشده، در خود به صورت مذاب گرم نگهداری نماید. منبع تغذیه مناسب باید سه شرط اصلی داشته باشد:

الف - به مقدار مناسب باشد.

ب - در محل مناسب قرار گیرد.

ج - در زمان مناسب منجمد شود.

علاوه بر موارد فوق، به چند نکته‌ی دیگر باید اشاره نمود:

- تعداد و اندازه منابع تغذیه باید حداقل باشد تا بازده ریختگی افزایش و قیمت تمام شده کاهش

یابد.

- محل منبع تغذیه باید به گونه‌ای انتخاب گردد تا باعث بوجود آمدن عیوب دیگر در قطعه‌ی

ریختگی نشود.

- اتصال منبع تغذیه به قطعه‌ی ریختگی باید به گونه‌ای باشد که پس از ریخته‌گری به راحتی از

قطعه جدا شود و هزینه‌ی تمام کاری را افزایش ندهد.

۲-۴-۴ - گلوبی تغذیه<sup>۱</sup>

تعریف: به محل اتصال قطعه به تغذیه، گلوبی تغذیه گفته می‌شود. مذاب رسانی صحیح و

انجماد جهت دار از قطعه به تغذیه، هنگامی امکان پذیر می‌شود که زمان انجماد گلوبی بین زمان انجماد

قطعه و تغذیه قرار گیرد. یعنی:

$$t_r > t_n > t_c$$

چنانچه گلوبی زودتر از زمان لازم منجمد شود، بدون توجه به حجم تغذیه، رابطه‌ی تغذیه و

قطعه قطع می‌شود. بنابراین اندازه‌ی گلوبی تغذیه باید به گونه‌ای باشد که مدول گلوبی ( $M_n$ ) بین

مدول قطعه ( $M_c$ ) و مدول تغذیه ( $M_r$ ) قرار گیرد. به عبارتی:

$$M_r > M_n > M_c$$

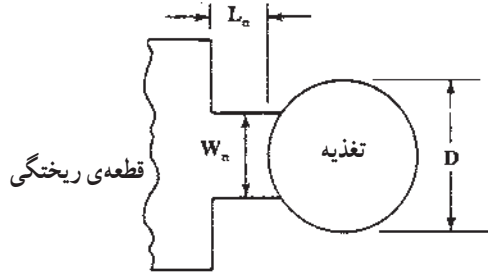
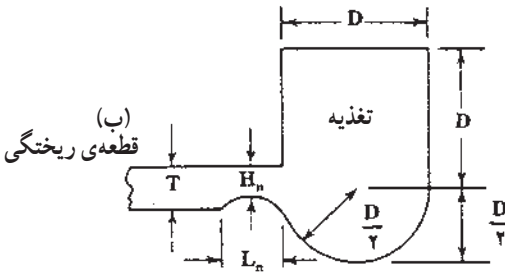
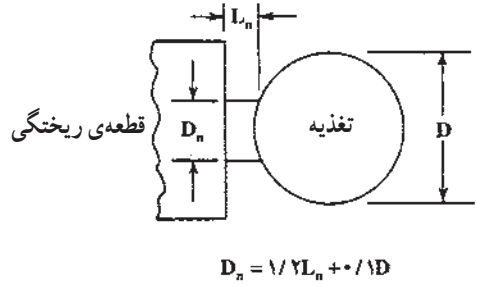
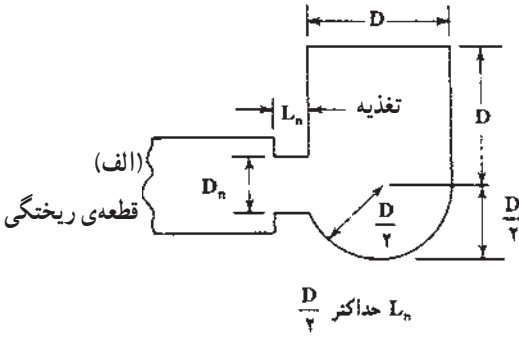
رابطه‌ی عمومی که معمولاً برای مدول گلوبی ارائه می‌گردد، عبارت است از:

$$M_n = 1/2 M_c \quad (1-4)$$

در مورد آلیاژهای با انجماد پوسته‌ای، رابطه‌ی ۱-۴ می‌تواند به حداقل خود، یعنی به

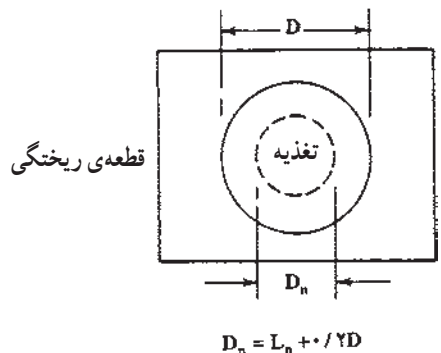
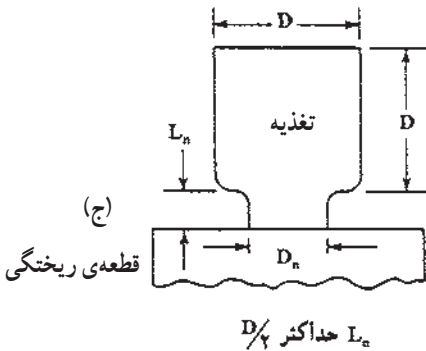
صورت ۲-۴  $M_n = 1/1 M_c$  باشد.

شکل ۲۲-۴ روابط کلی در طراحی گلوبی را برای آلیاژهای آهنی نشان می‌دهد.



$L_n$  حداکثر  $\frac{D}{\gamma}$ ،  $H_n$  از  $0/6$  تا  $0/8$  متغیر است.

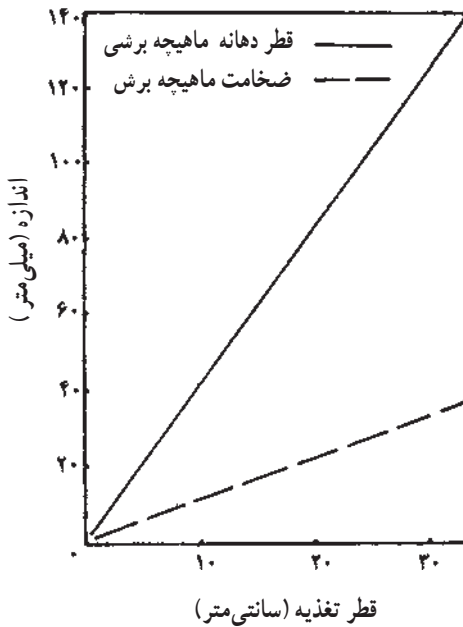
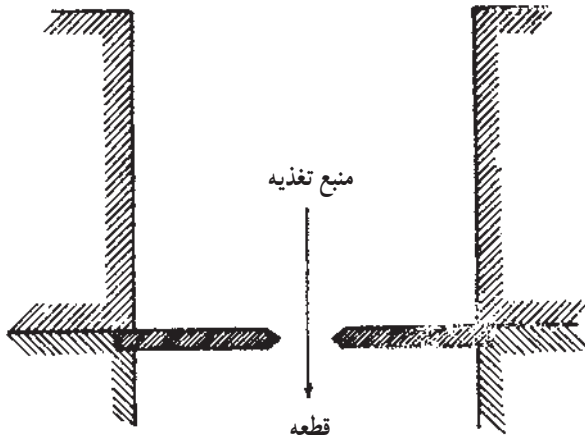
$$W_n = 2/5 L_n + 0/18 D$$



شکل ۲۲-۴-۱ رابطدهی عمومی گلوبی - تغذیه مورد استفاده در آلیاژهای آهنی (نمای روبرو و بالا)

الف - نوع تغذیه‌ی جانبی      ب - تغذیه‌ی جانبی برای صفحه      ج - تغذیه از بالا

ماهیچه‌ی برشی: به منظور کاهش هزینه‌ی جدا کردن تغذیه از قطعه، از ماهیچه‌های برشی استفاده می‌شود. این ماهیچه‌ها همان گونه که در شکل ۲۳ - ۴ نشان داده شده، بین تغذیه و قطعه قرار می‌گیرد. ماهیچه‌های برشی، معمولاً از ماسه ماهیچه و یا مواد سرامیکی ساخته می‌شوند.



شکل ۲۳-۴- شکل ماهیچه برشی و نسبت اندازه‌های آن به قطر تغذیه

تعیین ابعاد گلوبی تغذیه: در محاسبه‌ی اندازه‌ی گلوبی تغذیه، رعایت نکات زیر ضروری می‌باشد.  
الف: جریان انجماد باید از قطعه به طرف تغذیه باشد.

ب: رابطه  $M_r > M_n > M_c$  همواره باید برقرار باشد.

ج: در محاسبات تعیین مدول گلوبی تغذیه، از دو سطح متصل به قطعه و تغذیه باید صرف نظر شود. در محاسبات، معمولاً مدول عملی را (پس از حذف سطوح مشترک) که با  $M_n$  نمایش می‌دهند، حدود  $1/4$  تا  $1/7$  برابر مدول هندسی  $M'_n$  (گلوبی تغذیه بدون حذف سطوح مشترک) منظور می‌کنند. در محاسبات دقیق‌تر، باید به حذف سطوح مشترک اقدام گردد. بنابراین:

$$M_n/M'_n = 1/4 - 1/7$$

$$M'_n/M_n = 0/6 - 0/7$$

## ۵-۴- انواع تغذیه

تغذیه‌ها را براساس محل قرار گرفتن آنها و ارتباط با سیستم راهگاهی، به سه دسته‌ی بزرگ تقسیم می‌کنند. این سه گروه عبارتند از:

– تقسیم بندی تغذیه براساس قرار گرفتن تغذیه قبل یا بعد از محفظه‌ی قالب

– تقسیم بندی تغذیه براساس موقعیت قرار گرفتن تغذیه نسبت به قطعه‌ی ریختگی

– تقسیم بندی تغذیه براساس ارتباط تغذیه با اتمسفر محیط

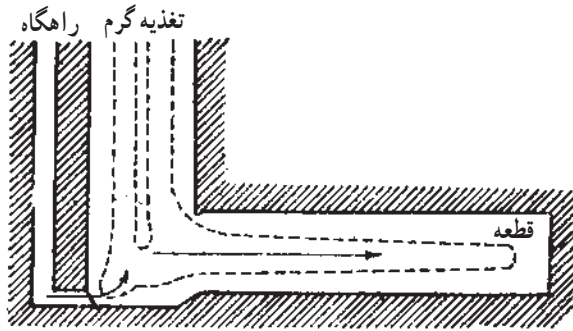
### ۱-۵-۴- انواع تغذیه براساس محل قرار گرفتن تغذیه، قبل یا بعد از محفظه قالب

در این نوع تقسیم بندی، معمولاً تغذیه را به دو نوع گرم و سرد تقسیم می‌کنند. شکل ۲۴-۴ این دو نوع تغذیه را نشان می‌دهد. در شکل الف، یک نوع تغذیه‌ی گرم مشاهده می‌شود، بدین مفهوم که گرمترین مذاب در آخرین مرحله بارریزی، در تغذیه قرار دارد. شکل ب تغذیه‌ی سرد را نشان می‌دهد. در این نوع تغذیه، مذاب پس از قطعه وارد تغذیه می‌شود. در این حالت مذاب داخل تغذیه نسبت به قطعه سردتر است. در هر دو نوع تغذیه شیب دمایی باید از قطعه به تغذیه باشد.

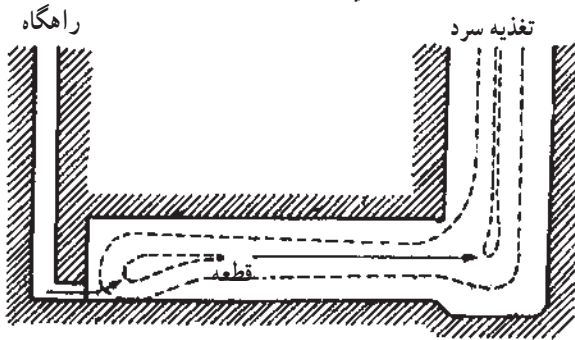
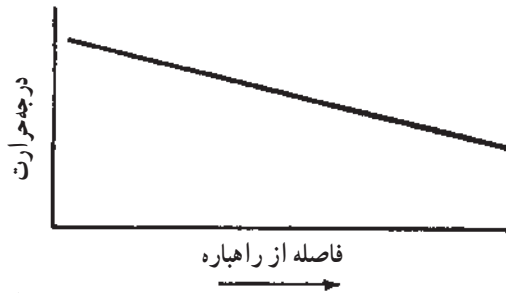
مطالب فوق‌الذکر را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

راهباره ← تغذیه ← قطعه تغذیه‌ی گرم

راهباره ← قطعه ← تغذیه تغذیه‌ی سرد



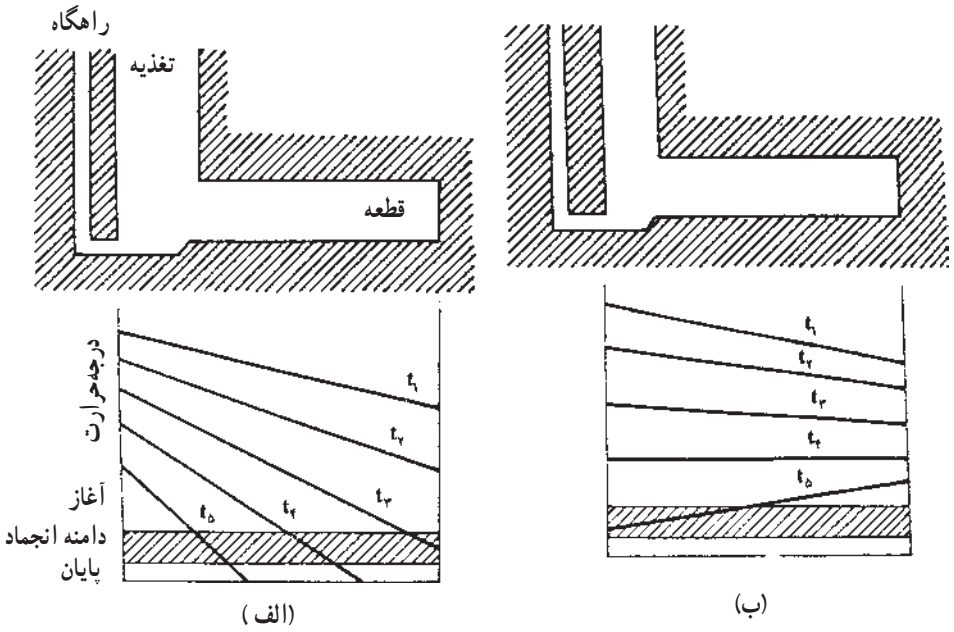
(الف)



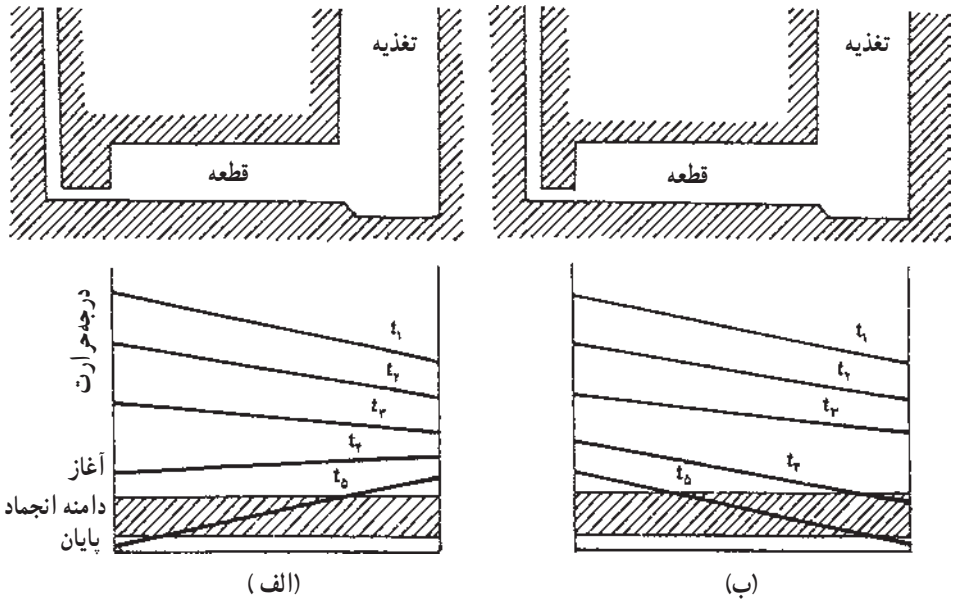
(ب)

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

منبع تغذیه در تغذیه گرم نسبت به تغذیه سرد معمولاً کوچکتر است. چرا که تغذیه سرد باید بتواند تغییر شیب دمایی لازم را در زمان معین و در حد مطلوب ایجاد نماید. شکل های ۲۵ - ۴ و ۲۶-۴ توزیع دمایی اولیه و تغییر شیب دمایی را برای دو حالت تغذیه ی گرم و سرد نشان می دهد.



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



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



**توضیح:** در شکل ۲۵-۴ الف تغذیه‌ی مناسب انتخاب شده است. مشاهده می‌گردد که در زمان‌های  $t_1$  تا  $t_5$ ، شیب دمایی از تغذیه به طرف محفظه‌ی قالب می‌باشد و در دامنه‌ی انجماد نیز این شیب صحیح است. بنابراین، تغذیه‌ی انتخاب شده برای این قطعه مناسب و عملکرد آن درست است. در حالت ب، تغذیه کوچک‌تر از حد لازم است و تا زمان  $t_4$  شیب دمایی از تغذیه به قطعه است، اما از این زمان به بعد، به دلیل نامناسب بودن تغذیه، شیب دمایی معکوس می‌شود به گونه‌ای که در زمان‌های  $t_5$  به بعد و بخصوص در درجه‌ی حرارت دامنه‌ی انجماد، شیب از محفظه‌ی قالب به تغذیه می‌باشد. لذا منبع تغذیه زودتر از خود قطعه شروع به انجماد می‌کند و تغذیه نمی‌تواند وظیفه‌اش را به خوبی انجام دهد.

در شکل ۲۶-۴ از تغذیه سرد استفاده شده است. در حالت الف ملاحظه می‌شود که تا زمان  $t_3$  شیب دمایی از طرف قطعه به تغذیه است (به دلیل این که محفظه‌ی قالب پس از منبع تغذیه از مذاب پر شده است لذا در ابتدا مذاب داخل محفظه‌ی قالب گرم‌تر است) و از زمان  $t_4$  شیب دمایی از منبع تغذیه به قطعه تغییر می‌کند. لذا منبع تغذیه می‌تواند به خوبی عمل نماید. باید توجه داشت برای این که تغذیه بتواند وظیفه‌ی خودش را انجام دهد، همواره لازم است که قبل از شروع انجماد (دامنه‌ی انجماد) شیب دمایی تغییر نماید. در حالت ۲۶-۴-ب اگر چه منبع تغذیه معادل ۲۵-۴-الف انتخاب شده ولی با توجه به این که نتوانسته قبل از رسیدن به دامنه‌ی انجماد، شیب دمایی را در جهت تغذیه به قطعه تغییر دهد، لذا تغذیه به درستی عمل نکرده است. به طور کلی با توجه به موارد ذکر شده، می‌توان گفت که تغذیه‌ی گرم نسبت به سرد مناسب‌تر است؛ اما در بسیاری از موارد به دلیل مشکلات تکنولوژیکی و طراحی، امکان استفاده از تغذیه‌ی گرم وجود ندارد و به ناچار باید از تغذیه‌ی سرد استفاده شود که در این حالت، نکات ذکر شده در بحث فوق را باید همیشه در نظر گرفت.

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

در این نوع تقسیم‌بندی، انواع تغذیه‌ها براساس موقعیت منبع تغذیه با قطعه مشخص می‌شوند، که عبارتند از:

الف - تغذیه‌ی بالایی

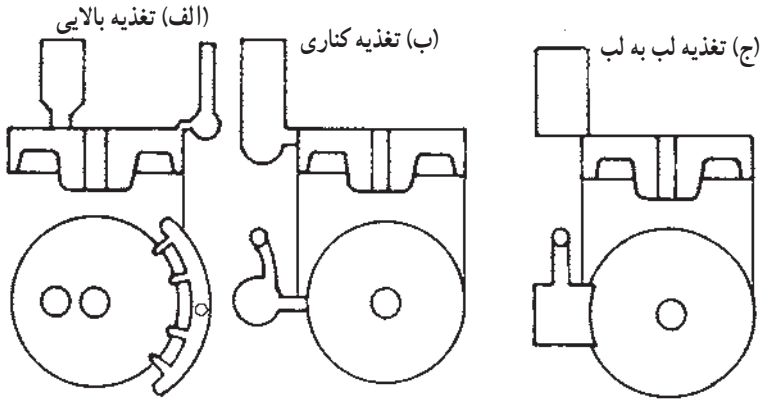
ب - تغذیه‌ی کناری

ج - تغذیه‌ی لب به لب (گوشه بالا)

د - تغذیه از بالا که وظیفه‌ی راهگاه بار ریز را نیز به عهده دارد.

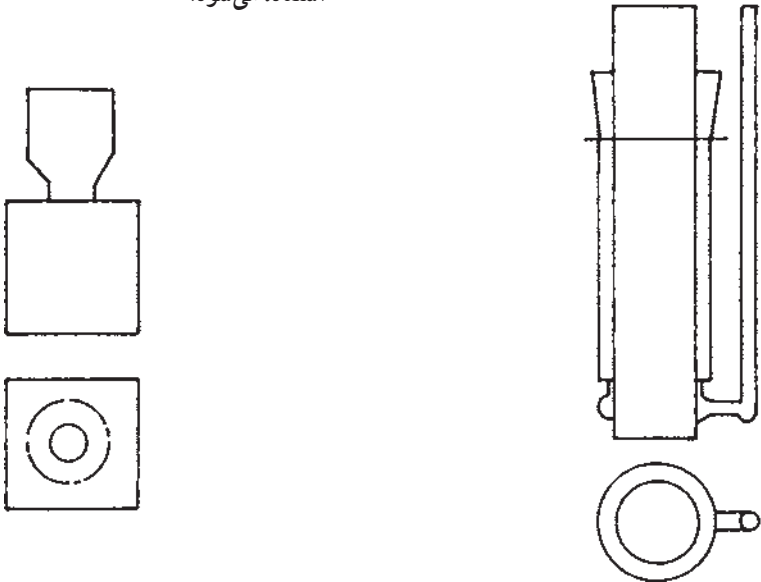
ه - تغذیه از بالا که جزیی از قسمت بالایی قطعه به شمار می‌رود.

شکل ۲۷ - ۴ به ترتیب انواع این تغذیه‌ها را نشان می‌دهد. انتخاب این تغذیه‌ها براساس عواملی مانند فرایند قالب‌گیری، تعداد قطعات و ... می‌باشد.



(د) تغذیه‌ی بالایی که از آن به عنوان راهگاه بارریز استفاده می‌شود.

(ه) تمام سطح بالایی قطعه به عنوان تغذیه



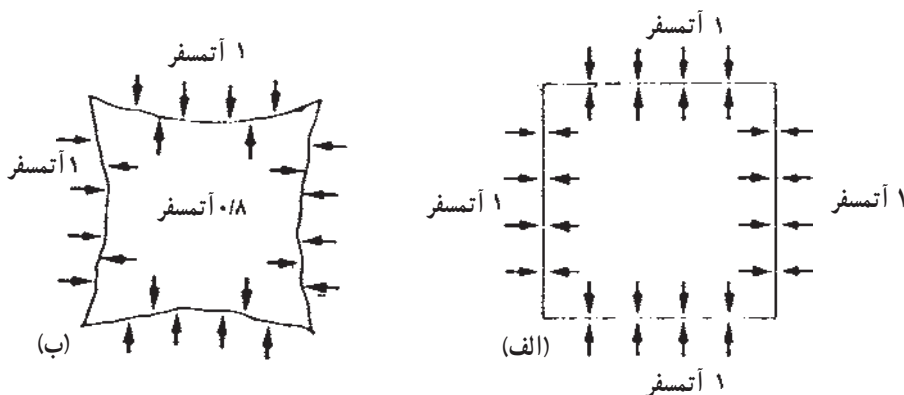
شکل ۲۷ - ۴ - انواع تغذیه‌ها براساس موقعیت قرار گرفتن نسبت به قطعه

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

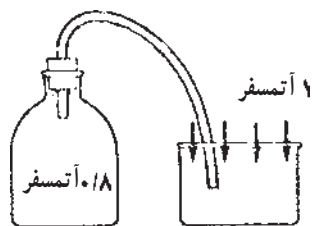
براساس این روش تقسیم‌بندی، تغذیه‌ها به دو گروه تقسیم می‌شوند که عبارتند از: تغذیه‌ی باز و تغذیه‌ی کور.

الف - تغذیه‌ی باز: در بیشتر تغذیه‌ها، قسمت بالایی منبع تغذیه با هوای محیط در تماس است. در این صورت، فشار هوا به کمک وزن فلز می‌تواند مذاب را از داخل تغذیه به طرف قطعه‌ی ریختگی هدایت کند.

لازم به یادآوری است که فشار هوا در کنار دریا یک اتمسفر می‌باشد. یعنی فشاری برابر یک اتمسفر همواره بر اجسام وارد می‌شود. اجسام با توجه به فشار داخلی، در برابر این فشار مقاومت می‌کنند. به عنوان مثال اگر یک قوطی آهنی خالی را در نظر بگیریم. بر جداره بیرون آن یک اتمسفر فشار وارد می‌شود. به دلیل ارتباط داخل با بیرون و این که فشار داخل قوطی نیز یک اتمسفر است، لذا قوطی سالم می‌ماند و در اثر فشار له نمی‌شود (شکل ۲۸ - ۴ - الف). حال اگر به وسیله یک پمپ، خلأ هوای داخل قوطی تخلیه گردد، و فشار آن به زیر یک اتمسفر رسانده شود، در این حالت مانند شکل ۲۸ - ۴ - ب قوطی تغییر شکل می‌دهد.



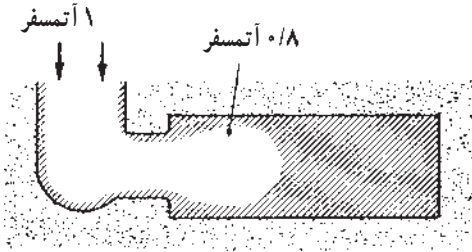
شکل ۲۸ - ۴ - آزمایش اثر فشار اتمسفر بر قوطی آهنی



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

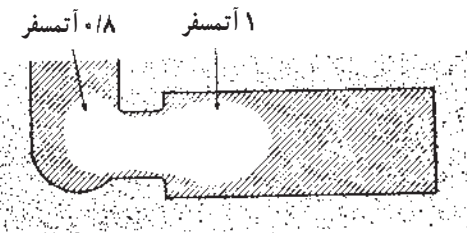
همچنین اگر هوای داخل یک بطری، مطابق شکل ۲۹ - ۴، تخلیه گردد و فشار داخل آن به  $0/8$  اتمسفر برسد، سپس بطری با لوله‌ای به طرف مایع وصل شود، مایع موجود در ظرف، به طرف بطری جریان خواهد یافت. علت این پدیده کم‌تر بودن فشار داخل بطری نسبت به طرف مایع است.

در شرایط عملی ریخته‌گری، هنگامی که در یک قطعه‌ی ریختگی ضمن انجماد، حفره‌ای بوجود آید، فشار هوا در این حفره می‌تواند کم‌تر از یک اتمسفر باشد؛ لذا فشار اعمال شده روی مذاب موجود در تغذیه موجب می‌شود که مذاب به طرف قطعه ریختگی حرکت نموده، آن را پر کند (شکل ۳۰ - ۴).



شکل ۳۰ - ۴ - چگونگی عمل مذاب رسانی یک تغذیه‌ی باز با استفاده از فشار اتمسفر

در تغذیه‌ی باز چنانچه قسمت باز تغذیه که با محیط در ارتباط است، منجمد شود، فشار وارد بر مذاب داخل تغذیه از یک اتمسفر کم‌تر می‌شود. حال اگر هوا به نحوی وارد حفره‌ی انقباضی داخل قطعه شود، در این صورت مانند شکل ۳۱ - ۴ فشار اعمال شده بر حفره‌ی انقباضی داخل قطعه بیشتر از فشار تغذیه می‌شود. در این حال، جریان مذاب رسانی معکوس می‌شود و مذاب از قطعه به تغذیه جریان می‌یابد. به همین دلیل باید همواره از منجمد شدن سطح باز تغذیه جلوگیری نمود تا فشار اتمسفر، همیشه روی مذاب موجود در تغذیه اعمال شود. یک روش ساده برای این موضوع، استفاده از مواد عایق و گرمازا در سطح تغذیه می‌باشد.

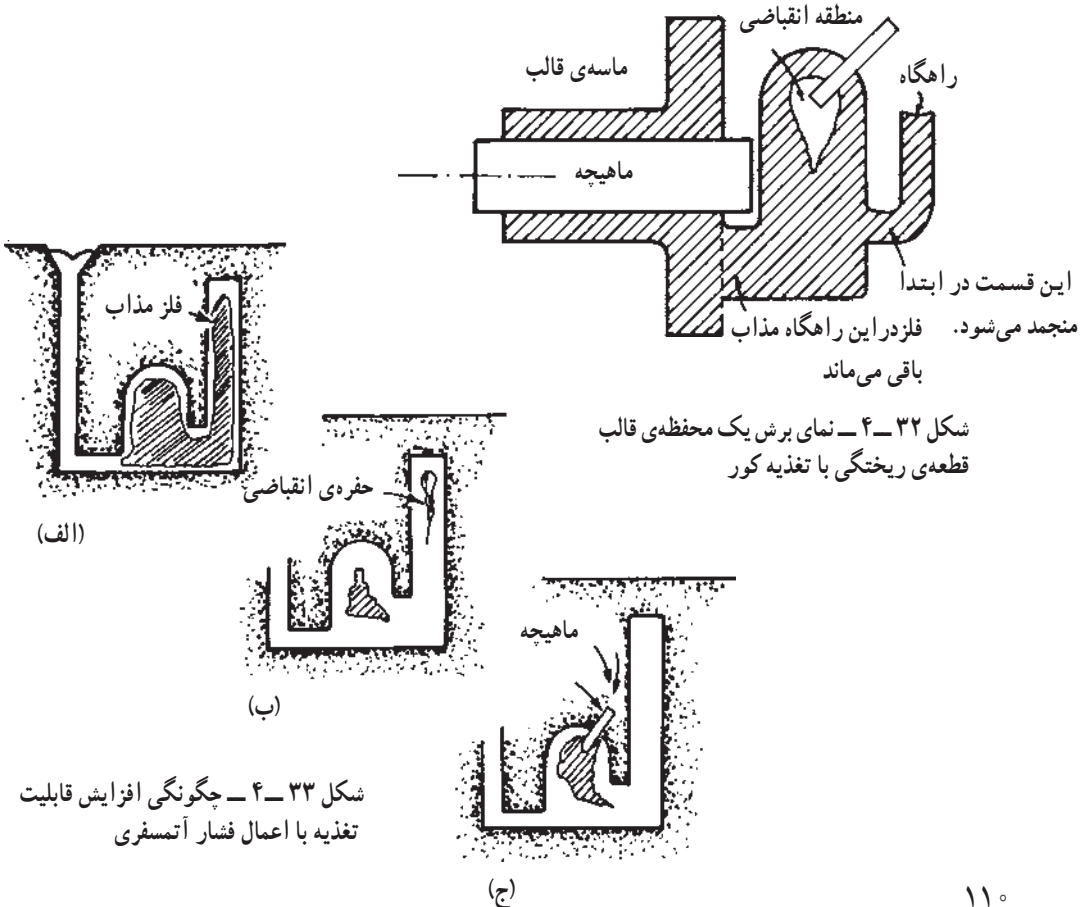


شکل ۳۱ - ۴ - چگونگی کاهش فشار بر سطح تغذیه و جریان مذاب از قطعه به تغذیه

### ب - تغذیه‌ی کور<sup>۱</sup>

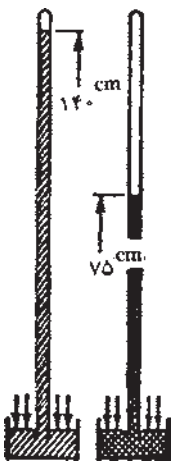
سطح بالایی این نوع تغذیه، برخلاف تغذیه باز با ماسه‌ی قالب‌گیری پوشش شده است (شکل ۳۲ - ۴). به عبارت دیگر، در این نوع تغذیه تمام اطراف تغذیه به جز محل اتصال با قطعه‌ی ریختگی، با ماسه احاطه شده است.

همان گونه که ذکر شد، چنانچه هنگام بارریزی به همراه مذاب، هوا وارد محفظه‌ی قالب شود، این هوا می‌تواند فشار موجود در حفره‌ی انقباضی را بالا ببرد و از عمل مذاب رسانی تغذیه جلوگیری کند. برعکس، ورود هوا به داخل منبع تغذیه نه تنها مضر نیست بلکه می‌تواند فشار موجود در منبع تغذیه را افزایش دهد. ساده‌ترین راه برای وارد کردن هوای خارج قالب به داخل منبع تغذیه، آن است که ماهیچه‌ای میله‌ای شکل از ماسه (مانند شکل ۳۲-۴) را در داخل تغذیه قرار دهیم تا چنانچه اطراف تغذیه نیز جامد شد، فشار هوای خارج، از راه منافذ موجود در این ماهیچه وارد مذاب شود و در نتیجه، فشار اتمسفر روی مذاب اعمال گردد. نکته جالب در مورد این گونه تغذیه‌ها این است که تغذیه‌ها لزوماً نباید در ارتفاع بالاتری از سطح مذاب موجود در قطعه‌ی ریختگی قرار گیرند. چنانچه فشار اتمسفر بر روی مذاب موجود در تغذیه اعمال شود، می‌توان تغذیه‌ها را در سطحی پایین‌تر از سطح فوقانی قطعه‌ی ریختگی قرار داد. این موضوع در شکل‌های ۳۲-۴ و ۳۳-۴ نشان داده شده است.



توضیح در مورد شکل ۳۳-۴: شکل الف، نشان دهنده‌ی آن است که پوسته‌ی جامد اولیه در قطعه و تغذیه ایجاد شده است. شکل ب، قطعه و تغذیه را پس از انجماد کامل نشان می‌دهد بطوریکه حفره‌های انقباضی، هم در قطعه و هم در تغذیه بوجود آمده است.

در شکل ج، در تغذیه به منظور استفاده از فشار اتمسفری از ماهیچه‌ی ماسه‌ای استفاده شده است. این ماهیچه تا مرکز تغذیه امتداد یافته است. ملاحظه می‌شود که حفره‌ی انقباضی کاملاً به تغذیه منتقل شده و در قطعه، حفره‌ی انقباضی از بین رفته است. در این حالت، مذاب از تغذیه به طرف بالا یعنی قطعه‌ی ریختگی جریان یافته و انقباضات قطعه را جبران نموده است.



جیوه فولاد مذاب

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

به منظور درک بهتر تأثیر فشار اتمسفری در پر کردن حفره‌های انقباضی نظر دانش‌آموزان را به شکل ۳۴-۴ که یک نمایش شماتیکی از فشارسنج ساده است، جلب می‌کنیم. در شرایط خلأ کامل، فشار هوا می‌تواند جیوه را تا ارتفاع ۷۵/۰ متر و فولاد مذاب را تا ارتفاع ۱/۳ متر، آلومینیم مذاب را تا ارتفاع ۳/۳۴ متر و مس مذاب را تا ارتفاع ۱/۱۵ متر به طرف بالا ببرد.

نکته مهم در استفاده از تغذیه‌های کور، این است که این نوع تغذیه را فقط برای فلزات و آلیاژهایی که پوسته‌ی جامد اولیه آنها نظیر فولادها و چدن‌ها استحکام کافی دارد، می‌توان به کار برد. زیرا در غیر این صورت پوسته‌ی اولیه در قطعه می‌شکند و عمل مذاب‌رسانی از تغذیه به خوبی انجام نمی‌شود.

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

افزایش راندمان تغذیه، به منظور استفاده‌ی بهتر از تغذیه و کاهش عیوب، همیشه مورد توجه صنعتگران بوده است.

تعریف: کمک تغذیه اصطلاحاً به روشی گفته می‌شود که به منظور بهبود کیفیت قطعه ریختگی و بالا بردن راندمان ریخته‌گری و در نتیجه، کاهش قیمت تمام شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. کمک تغذیه‌ها، شیب دمایی از تغذیه به قطعه را افزایش می‌دهند.

مهمترین روشهای کمک تغذیه، عبارتند از:

– استفاده از مواد عایق و گرمازا

– استفاده از مبرد

– تغییر در طراحی سیستم راهگامی و بارریزی

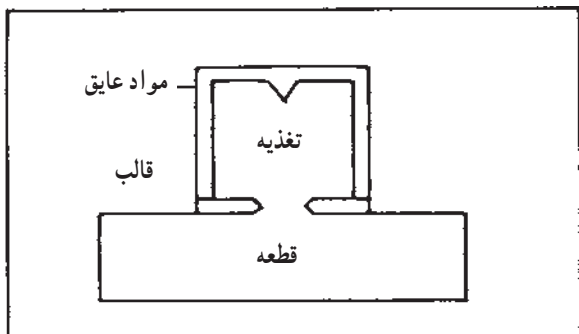
– تغییر در طراحی قطعات و مدل

– کنترل درجه‌ی حرارت بارریزی

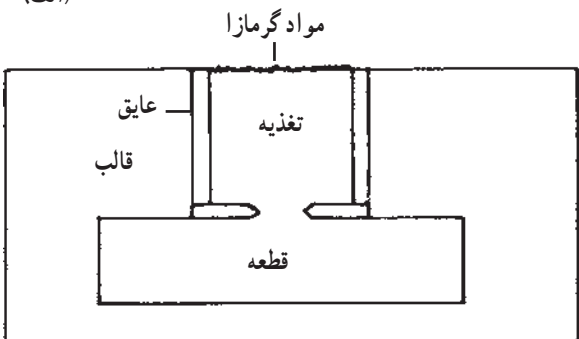
### ۱ – ۶ – ۴ – استفاده از مواد عایق و گرمازا

با استفاده از مواد عایق و گرمازا در تغذیه و بعضی قسمت‌های قطعه، می‌توان ضمن ایجاد شیب دمایی مناسب از تغذیه به قطعه، حجم تغذیه را به طور قابل توجهی کاهش داد. استفاده از مواد عایق در قطعات ریختگی (محفظه‌ی قالب) به دلیل مشکلات تکنولوژیکی و عملی، کم‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد اما در تغذیه امری معمول می‌باشد.

(شکل ۲۱ – ۴ چگونگی استفاده از مواد عایق را در قالب نشان می‌دهد.)



(الف)



(ب)

شکل ۳۵ – ۴ – نمایش شماتیکی از کاربرد کمک تغذیه برای (الف) تغذیه کور (ب) تغذیه روباز همراه با مواد گرمازا

در طراحی تغذیه سه نوع کمک تغذیه به کار می‌رود که عبارتند از:

۱ – تغذیه‌ی کانالی، استفاده از تغذیه‌های پیش‌ساخته از مواد عایق و گرمازا به منظور جدا کردن تغذیه از قالب.

۲ – استفاده از مواد عایق و گرمازا در قسمت بالایی تغذیه‌های روباز، به منظور جلوگیری از انتقال حرارت از طریق تشعشع.

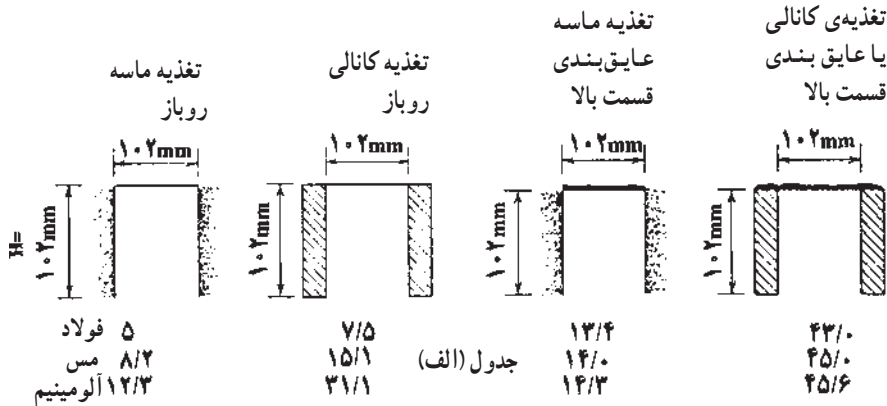
۳ – استفاده از سیستم‌های حرارتی نظیر، شعله، میله‌ی داغ، مقاومت الکتریکی و قوس الکتریکی در تغذیه. شکل ۳۵ – ۴ به طور شماتیک، کاربرد کمک تغذیه را نشان می‌دهد.

تأثیر کمک تغذیه‌ها در به تأخیر انداختن انجاماد تغذیه، در جدول ۲ – ۴ الف نشان داده

شده است. در این جدول، زمان انجاماد یک تغذیه به قطر ۱۰۲mm و ارتفاع ۱۰۲mm برای سه آلیاژ

مختلف در حالت‌های متفاوت محاسبه شده و درصد تلفات حرارت به وسیله‌ی تشعشع از سطح تغذیه در جدول ۲-۴ ب نشان داده شده است.

زمان انجماد - دقیقه

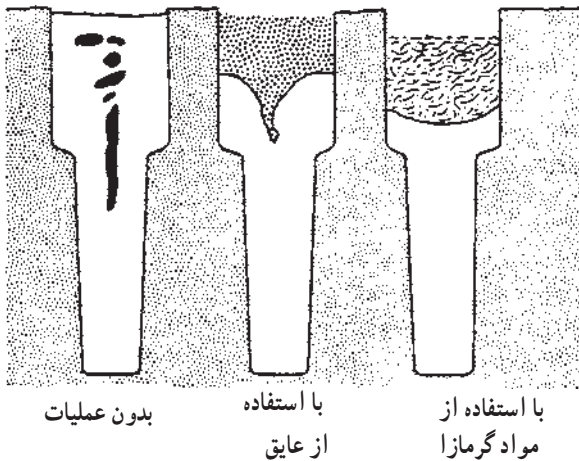


درصد تلفات حرارت به وسیله تشعشع از سطح تغذیه جدول ب	
فولاد	۴۲
مس	۲۶
آلومینیم	۸

جدول (ب)

جدول ۲-۴ الف - اثر کمک تغذیه‌ها در زمان انجماد آلیاژهای مختلف

ب - درصد تلفات حرارت به وسیله تشعشع از سطح تغذیه

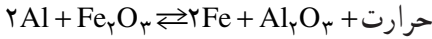


استفاده از مواد عایق و گرمزا در افزایش راندمان تغذیه بسیار مؤثر است. شکل ۳۶ - ۴ به صورت شماتیک اثر مواد عایق و گرمزا را در تغذیه نشان می‌دهد.

شکل ۳۶ - ۴ - استفاده از مواد عایق و گرمزا در تغذیه

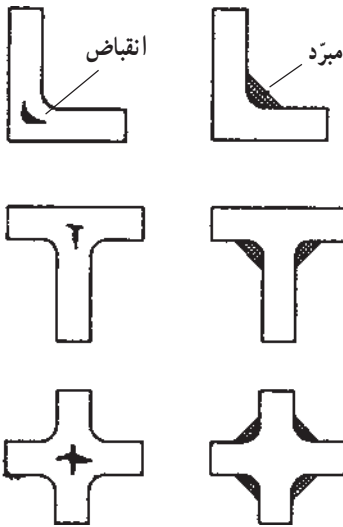


مواد گرمازا، معمولاً مخلوطی از یک ماده مشتعل شونده سریع نظیر پودر آلومینیم، پودر کک یا زغال چوب و یک اکسید فلزی به عنوان عامل اکسیژن دهنده می باشد. چنین مخلوطهایی در تماس با فلز مذاب محترق شده، حرارت بسیار زیادی را آزاد می کنند. نمونه ای از این فعل و انفعالات حرارت زا چنین است :



## ۲-۶-۴- استفاده از مبرد<sup>۱</sup>

مبردها موادی هستند که هدایت حرارتی بالایی دارند و به منظور افزایش شیب دمایی از تغذیه به قالب، مورد استفاده قرار می گیرند. مهم ترین آن ها عبارتند از مس، آلومینیم، چدن، گرافیت و ... لازم به ذکر است که براساس تعریف، مبرد به منظور افزایش موضعی سرعت انجماد یک قسمت قطعه در حال انجماد نسبت به سایر قسمت های آن به کار می رود بنابراین قالب ریژه به عنوان مبرد محسوب نمی گردد. البته در این گونه قالب ها (ریژه) می توان از مواد با هدایت حرارتی بالاتر (نظیر مس) و یا عبور موضعی آب (آبگرد) و ضخیم کردن قسمتی از قالب نسبت به سایر قسمت ها، به عنوان نوعی مبرد استفاده کرد.



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

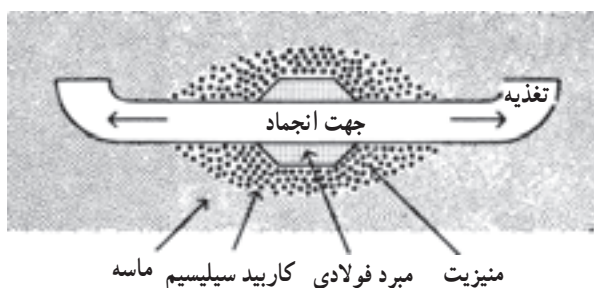
به طور کلی دو نوع مبرد وجود دارد که عبارتند از :

۱- مبردهای خارجی ۲- مبردهای داخلی  
مبردهای خارجی، در دیواره قالب در فصل مشترک قالب - فلز قرار می گیرند. در حالی که مبردهای داخلی در داخل محفظه قالب جاگذاری می شوند.

**مبردهای خارجی:** مبردهای خارجی، معمولاً قطعات فلزی از جنس فولاد، چدن یا مس می باشند که در قسمت های مورد نظر در قالب قرار می گیرند تا سرعت انجماد مذاب را در آن نقطه ها افزایش دهند. این نوع مبردها شکل های استاندارد دارند و

یا در حالت‌های خاص ممکن است متناسب با قطعه تعبیه شوند. ابعاد مبرد، براساس سرعت سرد شدن مورد نیاز، تعیین می‌گردد.

شکل ۳۷-۴ چند مثال ساده‌ی استفاده از مبردهای خارجی را نشان می‌دهد. در برخی موارد، به منظور تقویت اثر مبرد، ممکن است از مواد مختلفی همراه مبرد استفاده شود. مثال ساده در این مورد، در شکل ۳۸-۴ نشان داده شده است. در این مثال، برای هر چه بهتر شدن انجماد، از مبرد همراه با ذرات خرد شده منیزیت و کاربید سیلیسیم استفاده شده است.



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

اثر مبردهای خارجی را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود :

- ۱- شیب دمایی را اصلاح می‌کنند.
- ۲- باعث ایجاد انجماد جهت‌دار می‌شوند.
- ۳- مک‌های میکروسکوپی و ماکروسکوپی را کاهش می‌دهند.
- ۴- حجم و تعداد تغذیه را کاهش می‌دهند.
- ۵- میزان عیوب و دورریز قطعات را کاهش می‌دهند.
- ۶- قیمت تمام شده قطعه را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهند.

**نکاتی در مورد چگونگی استفاده از مبرد**

۱- مبردها باید کاملاً خشک شده باشند. در غیر این صورت، رطوبت باعث ایجاد مک‌های زیادی می‌شود.

۲- مبردها معمولاً با یک ماده نسوز مانند سیلیسیم یا دیگر مواد پوشش داده می‌شوند. این

لایه‌ی نسوز باید قبل از استفاده مبرد کاملاً خشک شده باشد.

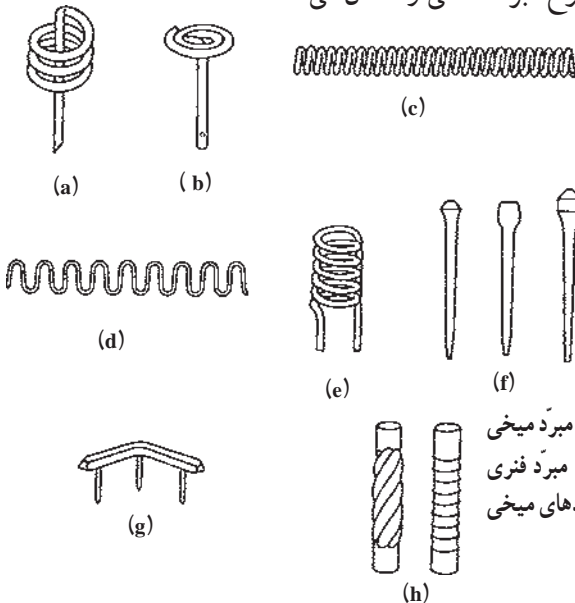
۳- در هنگامی که از مبرد در قالب‌های ماسه‌ی تر استفاده می‌شود، اگر فاصله زمانی بین قالب‌گیری و بارریزی طولانی باشد، رطوبت موجود در ماسه جذب سطح مبرد می‌شود. برای جلوگیری از این مسأله، باید مبرد را قبل از جاگذاری در قالب، پیشگرم نمود و یا فاصله زمانی بین ساخت قالب و بارریزی را کوتاه کرد. همچنین می‌توان در مبردها قبل از جای‌گذاری چندین سوراخ ایجاد نمود.

۴- از مصرف مبردهایی که دارای ترک مویی در سطح هستند باید خودداری شود.

۵- در صورتی که ضخامت مبرد خیلی کم باشد اثر تبریدی کافی نخواهد داشت. از طرف دیگر، استفاده از مبردهای ضخیم نیز مشکلاتی را در قالب‌گیری ایجاد می‌کند و برای آلیاژها مانند چدن‌های خاکستری و نشکن، باعث می‌شود ساختمان قطعه به صورت موضعی، سخت و خشن شود. به طور تجربی ضخامت مبرد باید بین  $\frac{1}{3}$  تا  $\frac{2}{3}$  ضخامت قطعه‌ی ریختگی باشد.

**مبردهای داخلی:** مبردهای داخلی در داخل محفظه‌ی قالب، (در داخل قطعه‌ی ریختگی) در مکانی که امکان استفاده از مبردهای خارجی نباشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

همچنین، این گونه مبردها بیشتر در قسمت‌هایی که بعداً ماشین‌کاری یا سوراخ می‌شوند، به کار می‌روند. جنس این مبردها معمولاً از جنس خود قطعه‌ی ریختگی انتخاب می‌گردند تا اولاً؛ یکنواختی ترکیب در قطعه ریختگی حفظ شود. ثانیاً؛ با ذوب مقداری از سطح مبرد اتصال خوبی بین مبرد و قطعه به وجود آید. شکل ۳۹-۴ چند نوع مبرد داخلی را نشان می‌دهد.



شکل ۳۹-۴- مثالهایی از مبردهای داخلی (a) مبرد میخی مارپیچ (b) مبرد میخی مارپیچ سرتخت (c) مبرد فنری (d) مبرد شبکه‌ای (e) مبرد تویی (f) مبردهای میخی (g) مبرد چندشاخه‌ای (h) مبرد میله‌ای

استفاده از مبردهای داخلی نسبت به مبردهای خارجی، بحرانی تر می باشد؛ بنابراین علاوه بر نکاتی که در مورد مبردهای خارجی گفته شد باید به موارد زیر نیز توجه کرد.

۱- مبردها در داخل قطعه نباید ذوب شوند زیرا باعث ایجاد نقاط ضعف و کاهش خواص قطعه می شوند.

۲- مبردها در داخل قطعه باید به گونه ای جاسازی شوند که جریان مذاب نتواند آنها را جابجا نماید.

۳- تمیزی مبرد بسیار مهم است، چون کاملاً با فلز مذاب احاطه می شود و کم ترین گاز تولید شده، نمی تواند به بیرون راه یابد. لذا مبرد باید کاملاً زنگ زدایی شده و اکسیدها تمیز شده باشند. پیشگرم کردن مبرد، در این مورد بسیار مؤثر است. در این صورت سطح مبرد کاملاً خشک شده و از آلودگیهایی نظیر روغن مبرا می گردد.

۴- مبرد، ممکن است خواص مکانیکی قسمتی از قطعه را که در آن نقطه جاگذاری شده، تغییر دهد.

۵- ترکیب شیمیایی مبرد باید تقریباً معادل قطعه ریختگی باشد. مثلاً برای ریخته گری فولاد یا فلزات غیر آهنی نمی توان از مبردهای داخلی چدنی استفاده کرد.

۶- در مورد فلزات با نقطه ذوب پایین، استفاده از مبردهای داخلی محدود می باشد زیرا این گونه فلزات قادر به ذوب سطحی مبردها نیستند و در نتیجه، پس از انجماد مذاب و سرد شدن قطعه، اتصال مناسب و محکمی بین مبرد و قطعه ریختگی، به وجود نمی آید.

### ۳-۶-۴- طراحی سیستم راهگامی و بارریزی

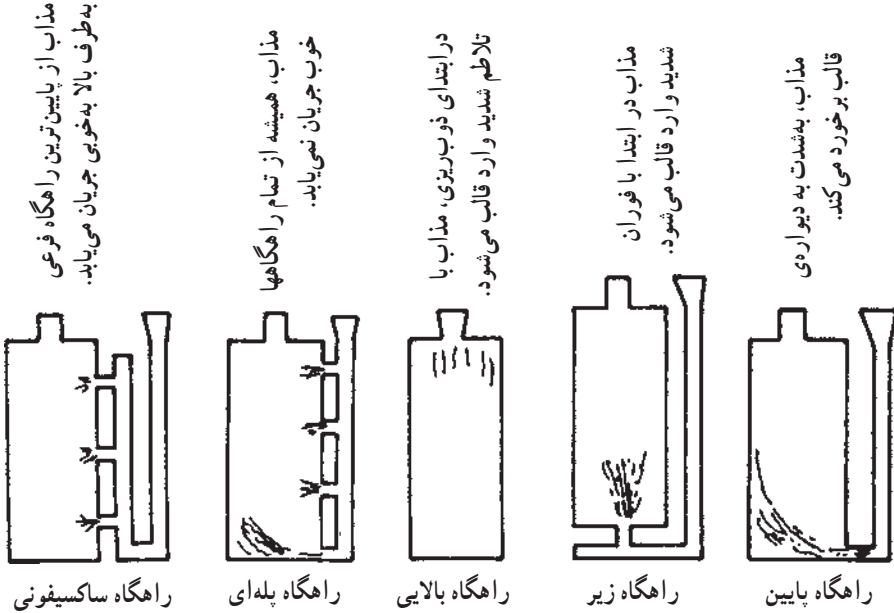
اصلاح سیستم راهگامی و بارریزی می تواند در کاهش مکهای انقباضی و بهبود کیفیت قطعه ریختگی مؤثر واقع گردد. مهم ترین روشهای اصلاح سیستم راهگامی عبارتند از:

۱- استفاده از راهگامهای پله ای و یا ارتباط تغذیه به راهگام. از آن جا که مذاب باید از طریق تغذیه وارد محفظه قالب شود، لذا گرم ترین مذاب در تغذیه قرار می گیرد.

۲- بارریزی و انجماد مذاب در قالبهایی که به صورت شیبدار نسبت به خط افق قرار می گیرند.

۳- بارریزی مذاب به داخل قالب از بالا و یا در مواردی که چنین روشی منجر به ایجاد حرکت اغتشاشی در محفظه قالب گردد می توان در مراحل اولیه مذاب را از سیستم راهگامی پایین به داخل قالب هدایت نمود و پس از آن که محفظه قالب به اندازه ی کافی از مذاب پر شد بقیه فلز مذاب

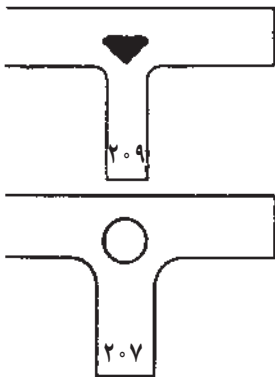
از بالا به داخل محفظه‌ی قالب ریخته شود (شکل ۴۰-۴).



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

۴- تغییر در طراحی قطعات و مدل: با تغییر در طراحی قطعه، بدون این‌که در کاربرد آن مشکلی ایجاد شود، می‌توان تا حدودی به مذاب رسانی کمک کرد تا در نتیجه، قطعات سالم تولید گردد. شکل ۴۱-۴ مثالی برای تغییر در طراحی قطعه می‌باشد.

باید توجه کرد که تغییرات در طراحی، همیشه قادر به حذف کامل انقباضات نیست و حذف کامل آنها مستلزم استفاده از میرد است.



شکل ۴۱-۴- تأثیر طراحی صحیح در سلامت قطعه

۵- درجه حرارت بارریزی، اگر درجه حرارت بارریزی مذاب پایین باشد، اثر تغذیه کاهش پیدا خواهد کرد. برعکس، چنانچه درجه حرارت خیلی بالا باشد، حفره‌های انقباضی بروز خواهد کرد، لذا انتخاب درجه حرارت مناسب در بهبود کیفیت قطعه بسیار مؤثر است.

### پرسش

- ۱- تغذیه‌گذاری را تعریف نمایید.
- ۲- مراحل انقباض اجسام را تشریح کنید.
- ۳- وظیفه‌ی اصلی تغذیه در ریخته‌گری را تعریف نمایید.
- ۴- انواع آلیاژها را با توجه به مدل انجماد نام ببرید.
- ۵- مکانیزم انجماد در آلیاژهای پوسته‌ای را تشریح کنید.
- ۶- اصول تغذیه در آلیاژهای پوسته‌ای را توضیح دهید.
- ۷- چگونگی انجماد در آلیاژهای خمیری را تشریح کنید.
- ۸- مراحل مذاب رسانی در آلیاژهای خمیری را توضیح دهید.
- ۹- تأثیر سرعت سرد کردن در ضخامت منطقه‌ی خمیری و پوسته‌ای را توضیح دهید.
- ۱۰- جهت انجماد چیست و عوامل مؤثر در آن را نام ببرید.
- ۱۱- محل تغذیه در قطعات ریختگی باسطوح مقطع غیریکنواخت چگونه تعیین می‌گردد؟
- ۱۲- اجزای تغذیه را نام برده، وظایف آنها را توضیح دهید.
- ۱۳- تغذیه‌ی گرم و سرد را توضیح دهید.
- ۱۴- در تغذیه‌ی سرد، چگونگی تغییر شیب‌دمایی را تشریح کنید و شرط خوب عمل کردن تغذیه را بررسی نمایید.
- ۱۵- انواع تغذیه را براساس موقعیت قرار گرفتن نسبت به قطعه، با رسم شکل توضیح دهید.
- ۱۶- تغذیه‌ی کور چیست و چه کاربردی دارد؟
- ۱۷- مواد عایق و گرم‌ازا در تغذیه‌ها به چه منظوری استفاده می‌شود؟
- ۱۸- مبرد چیست و چه نقشی در تغذیه دارد؟
- ۱۹- انواع مبرد را نام ببرید.
- ۲۰- مبردهای خارجی چه مشخصاتی دارند؟ اثر آنها را توضیح دهید.

- ۲۱ - نکات مهم در استفاده مبردهای خارجی چیست؟
- ۲۲ - مبردهای داخلی چیست و به چه منظوری به کار می‌روند؟
- ۲۳ - نکات مهم در استفاده‌ی مبردهای داخلی چیست؟
- ۲۴ - درجه‌ی حرارت، چه تأثیری در راندمان تغذیه دارد؟
- ۲۵ - طراحی سیستم راهگاهی چه تأثیری در راندمان تغذیه دارد؟
- ۲۶ - طراحی قطعات و مدل چه تأثیری در راندمان تغذیه دارد؟