①

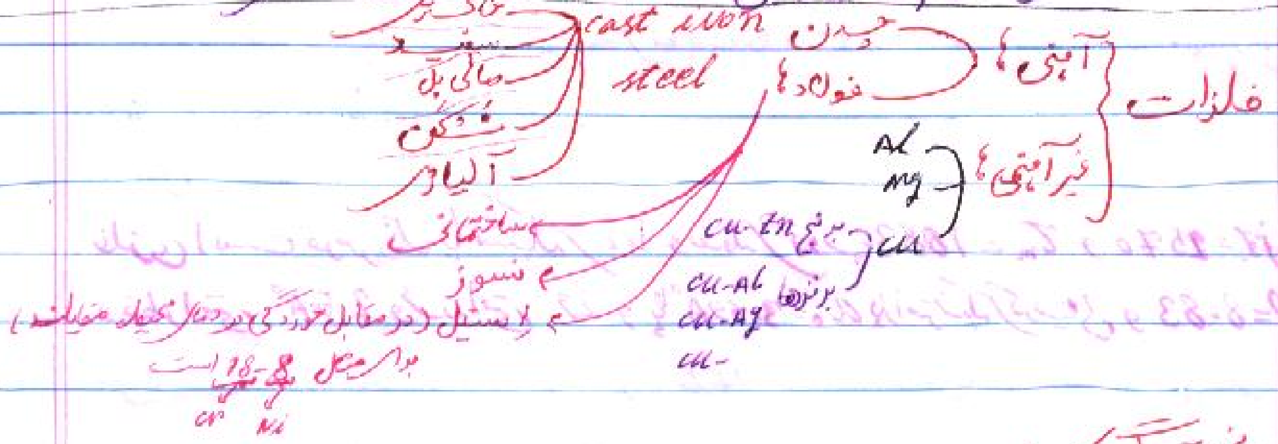
ریخته گری

مرجع ۱- ریخته گری آلیاژهای غیرآهنی   تالیف دکتر مجازی

" ۲- " " " " سبک   تالیف

" ۳- ریخته گری فولاد   " " رئوف پورش

" 4- طراحی سیستم راهگاهی چدن‌ها   " " رحمان خسروی


فلزات
آهنی‌ها
چدن
cast iron
خاکستری
سفید
مالی بل
نشکن
آلیاژی
فولادها
steel
ساختمانی
نسوز
استیل (در مقابل خوردگی در دمای محیط مقاوم)
دارای مثلا 18-8 است
Cr
Ni
غیرآهنی‌ها
Al
Mg
Cu
برنج
Cu-Zn
برنزها
Cu-Al
Cu-Ag
Cu-

ریخته گری:

ذوب و تهیه آلیاژ و ریختن در محفظه‌ای بنام قالب

نکات مهم در طراحی قطعات ریخته گری:

1- پیش بینی درصد انقباض و محاسبه اضافه کردن آن به مدل (برای مثال برای Al: 2%)

2- اضافه کردن تراش

3- " " " شیب لازم

آلمینیوم Al:

عنصری در جدول تناوبی و دارای شبکه‌ی fcc است و دارای رنگ خاکستری

شکل پذیری آلمینیوم به خاطر وجود شبکه‌ی fcc آن است (شکل پذیری خوبی دارد)

برخی خصوصیات ظاهری Al:

[illegible] 4.0414 $\rho_{20} = 2.7$ → هرچه دما بالا رود چگالی کمتر

$R = 1.42$ $\rho_{T_m} = 2.5 \frac{gr}{cm^3}$

نقطه ذوب $T_m = 659$ [illegible] $Z = 1800$

آلمینیوم بدلیل: 1- سبکی 2- مقاومت اکسیداسیون 3- استحکام بالا در برخی آلیاژها
مانند $\underset{4.5}{Al\text{-}cu}$ و $\underset{10}{Al\text{-}mg}$ و 4- شکل پذیری خوب (قابلیت تولید بالا) دارای مزیت

400MPa

است و تنها عیب آن علاوه بر نقطه ذوب ~~بالا~~ پایین و قیمت بالای آن است بنابراین [illegible] در صنعت استفاده می شود.

مس:

فلزی است قرمز رنگ با شبکه fcc و نقطه ذوب $T_m = 1083$ و جوش $= 2570$ و قطر اتمی $2.5A^\circ$ و عدد اتمی 29 و پارامتر شبکه کریستالی $a_0 = 3.69A^\circ$ و $\rho = 8.83$

مس استفاده شده در کابل های برق 99.99 درصد خالص است زیرا ناخالصی ها در مقابل عبور جریان مقاومت می کنند.

بدلیل قیمت بالای مس عمده جاهایی که اینک از مس استفاده می کنند در:
1- انتقال حرارت 2- انتقال الکتریسیته است و 3- انتقالات آب

* با افزایش دما، هدایت الکتریسیته کاهش می یابد *

تعاریف مورد نیاز در ریخته گری:

کوره های ذوب:

1- کوره های بوته ای:

کاربید سلیسیم SiC

جنس بوته ها قبلاً گرافیت بود ولی اینک مواد دیگری جای گرافیت را گرفته که کاربید سیلیسیم که نوعی سرامیک است در مقابل گرما و فشار مقاوم ولی در مقابل ضربه آسیب پذیر است. نکته: مواد شارژ (متریال اولیه) در داخل بوته است و تماس بین شارژ و مواد حاصل از سوختن نداریم

2- کوره های شعله ای:

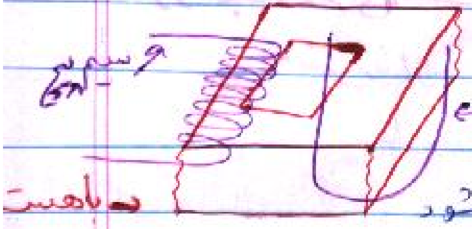
در این نوع کوره بین مواد شارژ و شعله تماس مستقیم داریم از معایب این کوره ها این است که مواد حاصل از اشتعال مثل کربن و دوده و ... جذب ماده ی مذاب می شود.

3- کوره های القایی

که به 2 نوع: 1- با هسته 2- بدون هسته تقسیم می شود

ریخته گری

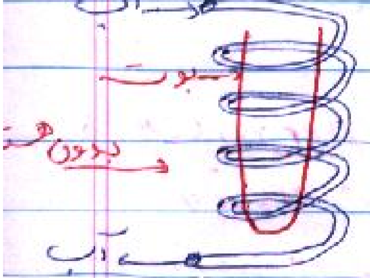
که ساختمان آن این گونه است که یک سیم پیچ در یک طرف وصل به ماده ی اولیه ی ما است و طبق رابطه ی $N_1 I_1 = N_2 I_2$ بدست می آید.



$$\underset{1000}{N_1} \underset{1}{I_1} = \underset{1}{N_2} \underset{\boxed{1000}}{I_2}$$

1000A می دهد

و سپس حرارت طبق فرمول $Q = \underset{\text{مقاومت فلز}}{R} I^2 t$ حاصل می شود



مسیر آب برای خنک کردن است.

و روابط همان روابط بالاست

خواص فیزیکی مذاب

مواد مذاب رفتار سیال را دارا است.

نقطه ی ذوب:

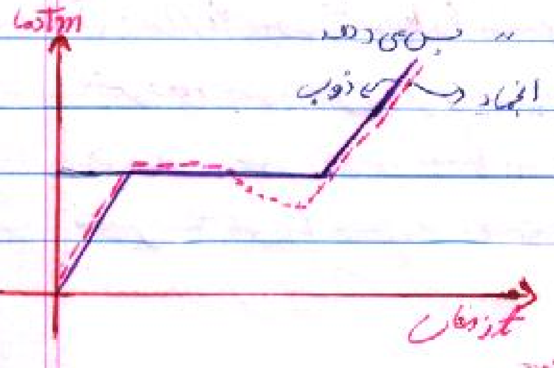
می دانیم ساختار فلزات از اتم تشکیل شده و آنها در محل خود خاصیت ارتعاشی دارند ولی بدلیل کم بودن دامنه ی ارتعاشات اتمها در محل معینی قرار می گیرند لذا پایدار می باشند. با افزایش دما ارتعاشات افزون می گردد بطوری که در نقطه ی ذوب اتم ها در محل ثابتی استقرار نداشته باشند و می توانند محل ها یا محل خود را تغییر دهند که اصطلاحاً نقطه ی ذوب گویند.

- هر فلزی یک نقطه ی ذوب دارد.
- » » فشار بخاری »
- نقطه ی ذوب را با تغییر فشار می توان تغییر داد

معمولاً در استخراج فلز برای افزایش سرعت این واکنش انجام می پذیرد.

گرمای نهان ذوب: گرمایی که در حالت ذوب می گیرد

گرمای نهان انجماد: » » » » پس می دهد



گرمای ویژه: مقدار گرمایی که 1kg جسم می‌گیرد تا دمای آن یک درجه افزون شود. و واحدش انرژی است و با دما رابطه دارد.

تغییرات حجمی فلز:

با گرم شدن فلز افزایش طول داریم و با سرد شدن فلز کاهش طول داریم

$L_2 = L_1(1+\alpha\Delta\theta)$

$A_2 = A_1(1+2\alpha\Delta\theta)$

$V_2 = V_1(1+3\alpha\Delta\theta)$

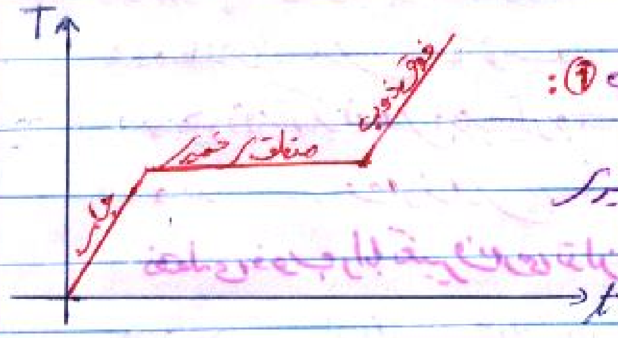
بنابراین برای هر فلز یک درصد انقباض مطرح کرده‌اند.
ولی عملاً درصد انقباض تئوری با عمل فرق می‌کند که این مسئله با تنش‌های ایجاد شده در حال انجماد رابطه دارد.

مثال: قطعه‌ای به طول 50cm داریم، می‌خواهیم آن را از آلمینیوم بریزیم با انقباض 2% محاسبه نمایید طول اولیه را جهت مدل سازی؟

100 2

50 x → 1 ← کم می‌شود ← 51 cm باید بگیریم

البته برای حالت افزایش دما از فرمول‌های 3 گانه بالا می‌بریم و مثال فوق برای حالتی است که دما را کم می‌کنیم



تغییرات حجمی مواد مذاب و جامد:
1. تغییرات مربوط به فوق ذوب ①:
2. " " " منطقه خمیری
3. " " " جامد ③

①: برای بهبود شرایط ریخته‌گری لازم است زیرا هنگامی که در راهگاه‌ها یا ماسه می‌رود سرد می‌شود پس وقتی فوق ذوب باشد دمای خود را حفظ می‌کند و روان‌تر است همچنین فوق ذوب بستگی به نوع قالب دارد و می‌توان مورد نیاز با قالب سیالیت آن را کنترل کرد.

تغییرات حجمی را با فوق ذوب مناسب و زمان ریخته‌گری مناسب آن را کنترل نمود که وظیفه ریخته‌گر است.

ریخته گری

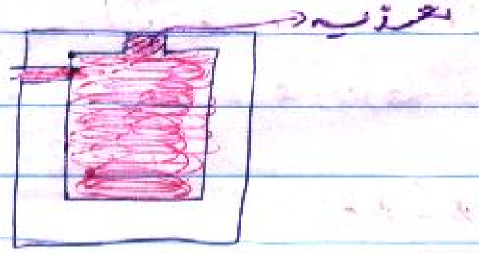
* افزایش حجم برای فولاد به ازای هر 100° افزایش دما 2.2 درصد می باشد *

③ : وظیفه ی سوم مدل این است که به میزان انقباض به ابعاد قالب اضافه کند.

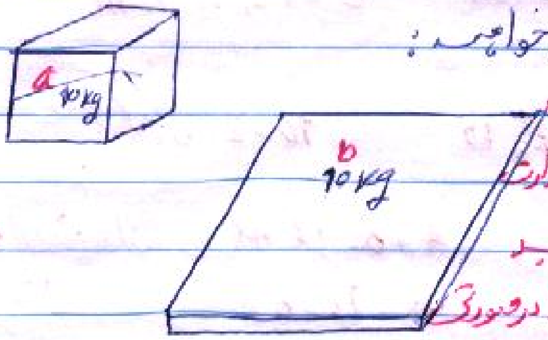
منطقه ی خمیری منطقه ای است که مذاب و جامد در حال تعادلند.

تغذیه :

یک حجم اضافی که روی محفظه ی قالب قرار می دهیم برای جبران انقباضات در حال انجماد



مثال : کدام یک منبع تغذیه می خواهد :



قطعه ی a می خواهد و b نمی خواهد
زیرا به دلیل مسطح بودن b ، انتقال حرارت
راحت تر بوده و زودتر انجماد می یابد
پس جامد شده و منبع تغذیه نمی خواهد در صورتی
که a این گونه است.

سیالیت :

عبارت است از توانایی و قابلیت پر کردن تمام قسمتهای قالب تحت سرعت بارریزی معین توسط فلز مذاب

[illegible] :

پارامترهای مؤثر در سیالیت :

مهم 1- دما : با افزایش دما سیالیت زیاد شده و خواص نامطلوب دیگری را نیز ایجاد می کند مانند افزایش جذب گاز ، افزایش انقباض ، افزایش تلفات شارژ

مهم 2- ترکیب شیمیایی : ترکیب شیمیایی به طوری باشد که اگر مثلاً آلیاژ نقطه ی یوتکتیک دارد بر روی آن واقع شود.

[illegible] :

3- تنش سطحی (کشش سطحی)

4- جنس قالب

5- میزان انتقال حرارت خود فلز مذاب

مثال) آلیاژ 3 Al-Cu-Zn را می خواهیم به چه نسبتی از مواد : (5) سک براساس 100 کیلوگرم)

Al-Cu 50 — 2 ٪ تلفات می دهد

Al-Zn 20 — 2

Al خالص — 3

Cu " — 0.5

Zn " — 2

نکته : اولویت انتخاب مواد شارژ :

1- برگشتی ها 2- هاردنرها 3- مواد خالص

حداکثر 30٪ مجاز

Al-Cu Cu

100 50

x 4

$\Rightarrow$ 8 Al-Cu $8 \rightarrow 4 = 4$ Al

از 8 کیلو 4 کیلو Al است.

Al-Zn Zn

100 20

x 2

$\Rightarrow \frac{20\cancel{0}}{2\cancel{0}} = 10$ $10-2=8$ Al

$4+8=12$ Al   آلمینیوم وارد شده از هاردنرها

$94-12=82$

100 102

8 x

$\rightarrow x=8.16$

$\longrightarrow 8.16$ = Al-Cu 50 کیلوگرم

Al-Zn 20 " 10

آلمینیوم خالص " 82

جمع 100

تلفات که برای جبران کردن آن به همان میزان تلفات به مبنا اضافه می کنیم

عملیات کیفی :

بالا بردن کیفیت محصول ، سیالیت ، خواص ، از بین بردن منابع آلودگی

تعریف : به مجموعه عملیاتی گفته می شود که در خلال ذوب و ریخته گری به منظور بهبود خواص فیزیکی ، مکانیکی ، متالورژیکی ، و ریخته گری

نوع عملیات کیفی :

از بین بردن مک (حفره ها) با فشار - از بین بردن مک با گاززدایی - بالا بردن خلوص مذاب

1- عملیات گاززدایی . 2- عملیات آخال زدایی و اکسیدزدایی - 3 عملیات جوانه زایی

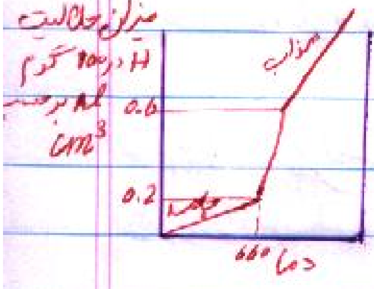
ناخالصی

ریخته گری

عملیات گاز زدایی :

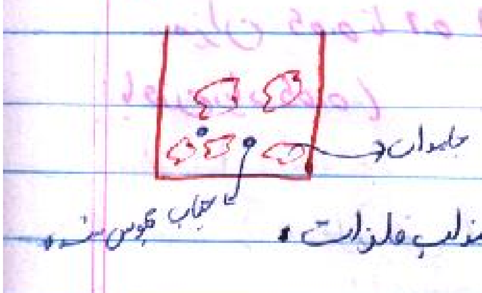
گازها در مذاب بصورت اتمی حل شده اند ← یعنی بصورت H حل می شود با این حال مشکلی نداریم زیرا وقتی مشکل داریم که بصورت حباب حل شود و این در صورتی است که H_2 حل شود وقتی H_2 می شود که در حال انجماد و در درون قالب H_2 می شود و حفره ای ایجاد می شود که به آن مک گویند

2 راه حل تئوری داریم که عملی نیست
- 1- سریع سرد کنیم
- 2- خیلی آرام سرد کنیم



نمودار روبرو به ما نشان می دهد بیشترین جذب گاز در حین ذوب شدن می باشد و هرچه دما بالاتر رود جذب گاز بیشتر می شود

نکته: در هنگام خارج شدن گازها (حفره های گازی) از داخل مذاب مشکلاتی بوجود می آید مشکلات ما



مثلاً حباب نمی تواند از میان تکه های جامد بالا رفته و خارج شود و سیالیت لحظه به لحظه کم می شود

مشکل دیگری که پیش می آید این است که به دلیل سنگین بودن مذاب فلزات، خروج حباب کمی مشکل دارد.

نحوه ی خروج گازها:

۲ روش داریم: ~~الف- روش شیمیایی~~ ~~ب- روش خروج گاز~~

الف- روش های شیمیایی ب- روش های مکانیکی

← گاز را با عنصری ترکیب و سپس خارج کنیم.

۳ عنصر که بیشتر از همه در صنعت مصرف می شوند: Al ، Cu و Fe

این روش ها (الف) ارزان، سریع، با راندمان بیشتر هستند، در عوض روش های مکانیکی هم گران تر و هم کند و هم راندمان کمتری دارد.

1- Al عنصری است که در حین ذوب هیدروژن جذب می شود و O_2 جذب نمی شود و به راحتی با گاز کلر خارج می شود.

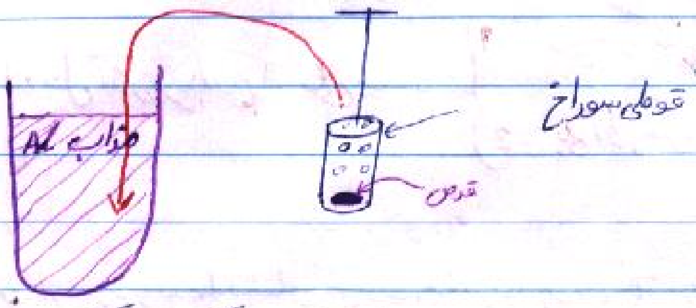
$\underset{\text{هیدروژن حل شده}}{Al_{[H]}} + Cl \to ClH + Al$

گاز کلر را اکثراً با قرص کلر وارد مذاب می کنیم (قرص دگازور) که رنگ آبی و قطر [illegible] cm و ارتفاع [illegible] cm دارد و [illegible] مذاب 1 قرص می خواهد

برای گاز زدایی (هیدروژن زدایی) از دگازور استفاده می کنند.

$C_2Cl_6 \to C_2Cl_3 \to CCl_2 \to Cl_2\uparrow \to Cl\uparrow + H \to HCl\uparrow$

نحوه مصرف :



اگر آهن داشت و آهن جذب Al می شود قوطی را رنگ نسوز می کنند تا دیگر ترکیب نشود.

2- Fe عنصری است که در حین ذوب شدن O_2 و H_2 را در خود حل می کند و اکسیژن را به راحتی می توان جدا کرد.

~~$Al_{[H_2]} +$~~ $Fe_{[O]} + Al \to \underset{\text{جامد}}{\langle Al_2O_3 \rangle} + Fe$

مقدار Al استفاده شده به میزان 0.01 درصد وزنی است. «تئوری» ولی در عمل به میزان 0.05 تا 0.1 استفاده می شود. (در مذاب های با وزن کم 0.1 و در مذاب های با وزن زیاد 0.05)

نکته: اگر Al جذب مذاب شود مضر است میزان قبولی 0.01 درصد است.

چون که در عمل نمی توان 0.01 درصد وزنی Al اضافه کرد پس باید به سراغ دقیق همه روش های مکانیکی رود.

3- Cu، در مس نیز هم اکسیژن و هم هیدروژن حل می شود و O را به راحتی می توان خارج کرد.

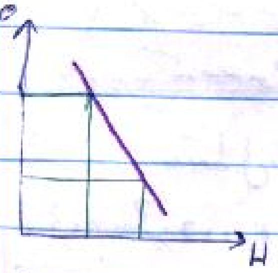
$\underbrace{CuO \text{ و } Cu_2O}_{\text{مذاب}} + \underset{\substack{Al\\Ni}}{P} \to P_2O_5\uparrow + Cu$

بهتر از همه

ولی اگر هیدروژن حل شده به هیچ وجه نمی توان آن را خارج کرد و مشکل ساز است بنابراین باید به دنبال روش هایی باشیم که از جذب هیدروژن جلوگیری کنیم، برای جلوگیری از جذب H شعله را اکسیدی می کنیم

وظیفه گاز

انواع شعله ها
1. اکسیدی : نسبت هوا به سوخت بیشتر باشد
2. احیایی : ״ سوخت ״ هوا ״ ״
3. خنثی : ״ هوا و سوخت مساوی باشد



برای آلمینیوم از شعله احیایی استفاده می کنیم.
زیرا اگر هیدروژن جذب شد اکسیژن جذب نمی شود و بالعکس

برای مس نیز به حالت تئوری [illegible] فسفر اضافه می کنیم
ولی در عمل ۰.۱ تا ۰.۰۵ فسفر اضافه می شود.

نحوه افزودن: تکه فسفر مس بر روی سطح مذاب پرتاب می شود. و اگر یک مقدار فسفر جذب شد عنصر حالت قبل را ندارد.

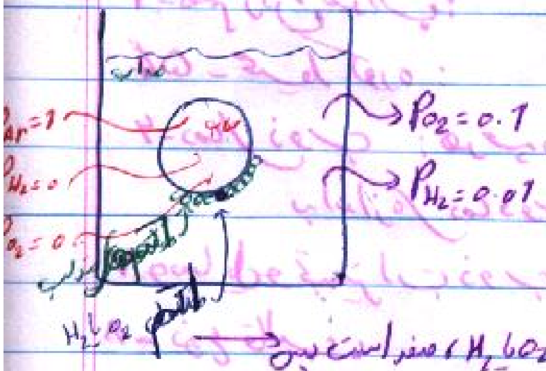
نکته: حبابهای گاز در هنگام بالا آمدن ذرات سرباره یا ناخالصی را با خود مثل یک بادبادک بالا می آورند

روش های مکانیکی: که به دو دسته 1- گاز زدایی با گازهای بی اثر و 2- گاز زدایی در خلاء تقسیم می شوند

* با افزایش فشار داخل مذاب گازها حل می شوند و با کاهش فشار داخل مذاب گازها خارج می شوند

نحوه خروج: (روش اول)

حباب را به داخل مذاب از کف می دمیم



چون فشار مولکولی ۰.۰۱ و در داخل حباب فشار مولکولی H_2 یا O_2 صفر است پس اتم H_2 و O_2 داخل حباب رفته و آرام آرام به سطح مذاب آمده و خارج می شود و یا ترکیب H_2O_2 خارج می شود.

گاز زدایی در خلاء:

آخال زدایی: کلیه ناخالصیهایی که ترکیبات فلزی و غیر فلزی داشته باشند و در فلز مذاب بوجود می آید مثل اکسیدها و سولفیدها و نیتریدها و...

ناخالصی ها همیشه هم مضر نیست و بعضی اوقات مراکز جوانه زنی را بیشتر می کند بنابراین تعداد دانه ها بیشتر و دانه ها ریزتر می شود. مانند TiC و MnS و Al_2O_3

انواع آخال ها:

آخال ها به ۲ روش بوجود می آید: ۱- مکانیکی: ناخالصی های که از بیرون وارد مذاب می شوند مانند ماسه در قالب ماسه ای، سرباره و ... که معمولاً درشت بوده و مضر هستند.

۲- ترکیبی: واکنش های داخل مذاب و یا از ترکیب عناصر داخل شارژ بوجود می آید که معمولاً ریز است مانند Al_2O_3 و MgS و MnS

نکته: تشکیل ناخالصی ها خصوصاً ناخالصی های ترکیبی باید طبق منحنی یا جدول ریچاردسون انجام شود. (کدام واکنش زودتر انجام می شود برحسب ΔG)

$Mg + O \rightarrow MgO$

$Al + O \rightarrow Al_2O_3$

منابع ورود آخال:

۱. مواد شارژ (آهن زنگ زده، مس سبز شده و ...)

۲- اندازه ی مواد شارژ (هرچه قطعات ریزتر باشد سطح آن بیشتر است و در پی آن ناخالصی بیشتری ممکن است داشته باشد (اکسید سطحی))

۳- ترتیب شارژ دهی: ترتیب افزودن مواد مذاب به شارژ

۴- هم زدن مذاب:

۵- محیط کوره:

۶- دمای ذوب: هرچه دما بالاتر رود جذب گازها بیشتر است پس دما باید به اندازه ی دمای ذوب فلز برسد و دیگر بالا نرود

۷. وسایل و تجهیزات ذوب:

۸- نوع قالب:

۹- سیستم راهگاهی:

حال برای رهایی از دست آخال های وارد شده به مذاب این گونه عمل می کنیم:

۱- فیلتر نسوز: که راه گرانی است و مقرون به صرفه نیست

2- فلاکس ها (مواد پوششی): یعنی چیزی روی سطح مذاب بریزیم که آخال ها و ناخالصیها وارد نشوند، که به دو دسته الف- پوششی و ب- تمیز کننده تقسیم می شود.

روی سطح شارژ و ذوب قرار می گیرد و مانع دخول ناخالصیها می گردد. مثلاً برای Al پودر کاورال استفاده می کنند یا برای Cu پودر آلبرال استفاده می شود.

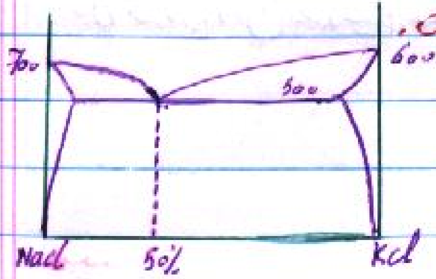
پوشش های تمیز کننده با ناخالصیها واکنش داده و آنها را بصورت شناور روی سطح مذاب می آورد. (روی سرباره می آید)

⑥

ریخته گری

نکته: از مشخصات عمده‌ی فلاکس‌ها می‌توان به نداشتن میل ترکیب با مذاب و چسبندگی به مذاب اشاره کرد. wet ability، همچنین وزن مخصوص آن از مذاب کمتر است و حتماً دارای نقطه ذوبی کمتر از مذاب دارد.

که این نکات در مورد تمیز کننده‌ها هم صادق است.



عملیات جوانه زایی:

افزودن موادی به ذوب در جهت نیل به دانه‌های ریزتر. همانطور که می‌دانیم که در حال انجماد هسته‌های اولیه یا از خود مذاب بوجود می‌آید که بنام هسته‌های خودی معروف است و یا جوانه‌های غیرخودی را مثل جوانه‌زاها به ذوب افزوده می‌کنند. این جوانه‌زاهایی که به مذاب افزوده می‌شوند باید دارای ۳ خصوصیت زیر باشند:

1- نقطه‌ی ذوب بالایی داشته باشد. 2- wet ability آن بالا باشد

3- از نظر ساختاری نزدیک به فلز پایه باشد. در این راستا 4 عامل "زمان جوانه‌زایی و دمای جوانه‌زایی و اندازه‌ی جوانه‌زاها و مقدار جوانه‌زاها و نحوه‌ی پخش جوانه‌زا در داخل مذاب" از پارامترهایی است که دقت به آن ضروری است. یکی از مزایای مهم جوانه‌زاها این است که با ریز شدن جوانه‌ها خواص مکانیکی کیفیت بهتری پیدا می‌کند.

چند نوع جوانه‌زا برای Al:

تیتانیوم یا TiC و اخیراً استرانسیم Sr

" " " " برای Mg:

بهترین جوانه‌زا Fe است.

" " " " برای چدن:

فروسیلیسیم خرد شده در اندازه‌ی 1 تا 2 میلیمتر به میزان 0.3 تا 0.5 درصد وزنی

" " " " برای فولادها:

تیتانیوم و بور

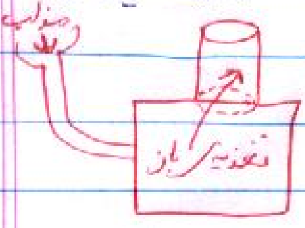
تعریف

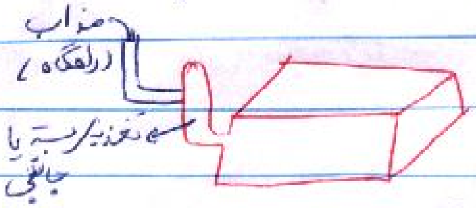
جامد
خمیری – تغذیه (خوراک)
مذاب

محل تغذیه
ابعاد تغذیه
انواع تغذیه → باز / بسته (کور) (جانبی)

باز:

محل قرار دادن تغذیه: معمولاً در بالا و در ضخیم ترین جای قطعه (چون آخرین محلی است که جامدمی شو





در کنار قطعه باشد و با بالای آن تماس نداشته باشد

چرا در مورد راهگاه و از بالای آن نیست؟ چون مذاب باید به آرامی وارد قالب شود و با هوا ترکیب نشود (قطعات کوچک اکثراً تغذیه نمی خواهد)

محاسن باز:

1- گازها به راحتی از داخل قالب خارج شده ولی در بسته نمی شود (در باز راندمان کم است ولی در بسته بیشتر است)

2- در باز کنترل ذوب بالا تر و بهتر است ولی در بسته کنترل مشکل است.

معایب بسته: گازها به راحتی خارج نمی شوند (مگر استفاده از هوا کش)

نکته: در یک جمع بندی تغذیه کور اگر بتوانیم یک انجماد جهت دار داشته باشیم بهتر است.

* انجماد جهت دار آن است که از جداره ی قالب شروع شود تا به منطقه ی ضخیم قطعه منجر شود و بنابراین تغذیه را در آن محل ضخیم می توانیم اعمال کنیم *

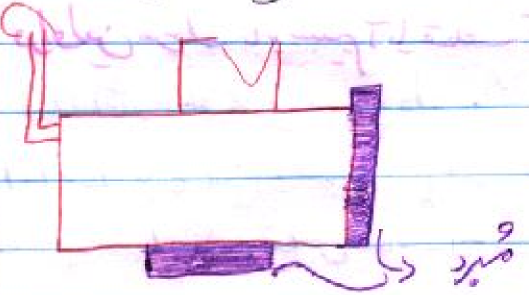
⑦

ریخته گری

در مقابل انجماد جهت دار ما انجماد همه جانبه داریم

تعریف: انجمادهایی است که در آن دمای مذاب یکنواخت پایین آمده و انجماد ناگهانی است.

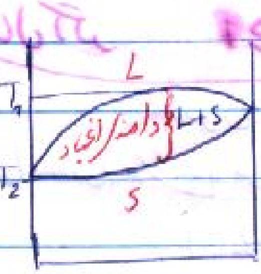
ما با مبرد گذاری در انجمادهای همه جانبه (عیب آن این است که کششیدگی ها در یک نقطه خاص متمرکز نیست بدلیل همه جانبه بودن انجمادها) با مبرد گذاری می توان این مشکل را حل نمود



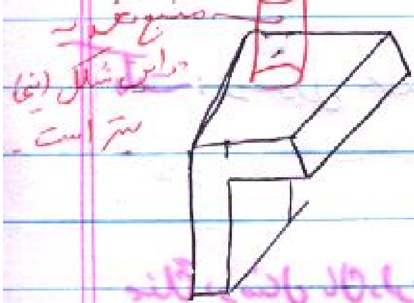
در کتاب ها به انجماد جهت دار، پوسته ای گویند.
» » » » همه جانبه، خمیری گویند.

نکته: ما در انجماد پوسته ای برای اطمینان بیشتر و جهت دار کردن بهتر انجماد به سمت تغذیه از مبرد نیز بهره ببریم

دیاگرام



دامنه انجماد منطقه ای است که مایع و مذاب با هم مخلوطند.
حال هرچه دامنه انجماد ما بیشتر باشد (فاصله ۲ خط بیشتر باشد)
انجمادما خمیری تر است (50c به بعد [فاصله T2 , T])
و هرچه دامنه انجماد ما کمتر باشد انجماد ما ~~خمیری~~ پوسته ای تر است (50c به پایین)



در این شکل (ب) بیشتر است

ابعاد تغذیه به ۳ روش زیر تقسیم بندی می شود:

1- روش مدول 2- روش راندمان 3- روش ضریب شکل

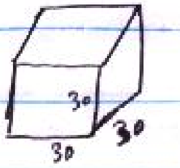
در این درس ما درباره‌ی روش مدول بحث می کنیم

در ریخته گری ما مدول حجمی (حجم ÷ سطح) و مدول سطحی (سطح ÷ حجم) داریم

$\frac{A}{V}$ مربوط به سوخت ها $\frac{V}{A}$ مربوط به ریخته گری

در اولین مرحله باید ببینیم آیا قطعه تغذیه می خواهد یا نه.

مثلاً اگر قطعه‌ی روبرو را دادند؟



1- ابتدا باید حجم را حساب کنیم. $V = (30)^3 = 27000\ cm^3$

2- بعد سطحی که در تماس با ماسه است و انتقال حرارت دارد را پیدا کنیم

$A = 6a^2 = 6 * 30^2 = 5400\ cm^2$

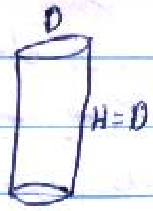
3- حال مدول را پیدا می کنیم (مدول قطعه را با M_c نشان می دهند)

$$M_c = \frac{27000}{5400} = 5$$

حال اگر $M \geq 1$ باشد تغذیه می خواهد و اگر $M < 1$ باشد تغذیه نمی خواهد

به عنوان منبع تغذیه

در استوانه‌ی روبرو M_r عبارت است از:



$$\underset{\text{تغذیه}}{M_r} = \frac{\frac{\pi D^2}{4} * D}{\pi D * D + \boxed{\frac{2\pi D^2}{4}}} = \frac{1.5\,D}{7}$$

نداریم

و اگر ۲ سطح بالا و پایین نباشد: $M_r = \frac{D}{4}$

نکته: مدول تغذیه باید از مدول قطعه بیشتر باشد برای مثال در سوال بالا از 5 بیشتر باشد تا دیرتر از قطعه منجمد گردد، و نسبت بزرگ بودن آن: $M_r = 1.2\,M_c$

مثلاً در مثال بالا داریم: $M_c = 5cm$ $M_r = 1.2 * 5 = 6cm$

حال داریم:

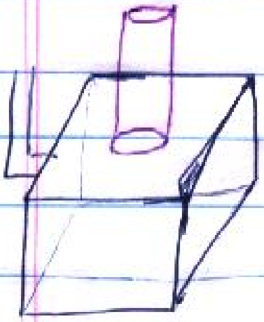
$M_r = \frac{D}{4} \Rightarrow 6 = \frac{D}{4} \Rightarrow D = 24\ cm \Rightarrow H = 24\ cm$

⑧ ریخته گری

مثال: استوانه‌ای به قطر 20cm و ارتفاع 40cm ابعاد تغذیه آن را محاسبه نمایید!

$$M_c = \frac{\frac{\pi * 20^2}{4} * 40}{2 * \frac{\pi * 20^2}{4} + 20\pi * 40} = 4$$

$$M_r = 1.2 * 4 = 4.8 \rightsquigarrow 4.8 = \frac{D}{4} \rightsquigarrow D = 17.2\,cm$$



که در آن :

تنگ‌ترین محل در سیستم راهگاهی

A_c : سطح مقطع تنگه cm^2

V : حجم مذاب عبور کرده از سطح مقطع تنگه cm^3

μ : ضریب ریختگی و بدون واحد (0.8 تا 0.6) بی‌بعد (0.6-0.8)

T : زمان بارریزی S

$V = V_{\text{قطعه}} + V_{\text{تغذیه}}$

g : شتاب ثقل $980\ cm/s^2$

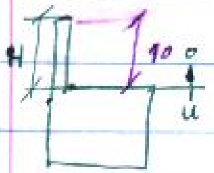
h_e : ارتفاع موثر تغذیه cm

$$A_c = \frac{V}{\mu T\sqrt{2gh_e}}$$

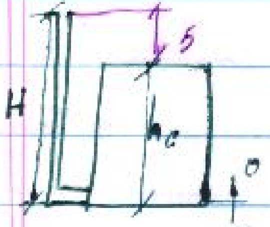
$\varphi \propto \frac{A\Delta t}{\Delta V}$

رابطه تجربی $T = 1.2\sqrt[3]{W} \rightarrow (kg)$

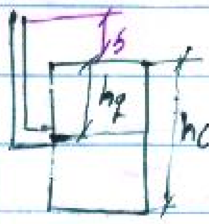
h_e : به نحوه‌ی قالب گیری قطعه بستگی دارد مثلاً



$\leftarrow h_e = H$



$\leftarrow h_e = H - \frac{h_c}{2}$



$\leftarrow h_e = H - \frac{h_p^2}{2h_c}$

مثال) مکعبی به ابعاد 10*10*10 cm داریم با فرض اینکه تغذیه نخواهیم، اگر ضریب ریخته گری را 0.6 در نظر بگیریم مطلوب است ابعاد سیستم راهگاهی را اگر نسبت 1_2_3 باشد. $\rho = 7.8 \frac{gr}{cm^3}$ وزن مخصوص چدن

$$T = 1.2\sqrt[3]{7.8 * 1000} = 2.38 \qquad \rho = \frac{m}{v}$$

$$\hookrightarrow T \simeq 5\,s$$

$$A_c = \frac{1000}{0.6 * 5\sqrt{2*980*10}} = 2.3\,cm^2 \simeq 2.5$$

$\rightarrow 9{,}80$ زیرا $\frac{cm}{s^2}$ است

عملاً زمان کمتر از ۵ ثانیه نداریم و با فرمول جواب نمی‌گیریم بنابراین T را 5s فرض می‌کنیم

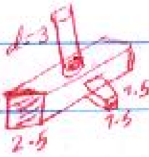
حال چون سیستم 3:2:1 است

7.5 | 5 | 2.5

دایره $7.5 = \frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow d = \dots \rightarrow d = 3cm$

مربع $5 = a^2 \Rightarrow a = \dots \rightarrow 2.5$

مربع $2.5 = a^2 \Rightarrow a = \dots \rightarrow 1.5$



مثال) قطعه‌ای به ابعاد 30*30*30 cm از Al داریم با وزن مخصوص 2.7 باشد سیستم راهگاهی 1:2:2 و با ضریب ریخته گری 0.6، اگر نصف قطعه در درجه زیری و نصف دیگر آن در درجه رویی قالب گیری شود مطلوب است ابعاد سیستم راهگاهی و تغذیه گذاری را؟

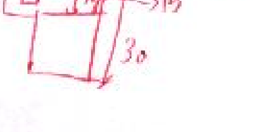
اگر بخواهیم دو راهگاه فرعی داشته باشیم سطح مقطع می‌بایست نصف شود

$$T = 1.2\sqrt[3]{2.7*1000} = 1.2 * 13.9 = 16.68$$

$$\hookrightarrow T = 1.2\sqrt[3]{\left(\frac{2.7*30^3}{1000}\right) + \left(\frac{6\pi(24)^2*2.7}{1000}\right)} \simeq x$$

$$A_c = \frac{27000}{0.6*16.68*\sqrt{2*980*12.5}} \qquad \hookrightarrow A_c = \frac{6\pi*24^2 + 30^2}{0.6*x*\sqrt{2*980*12.5}} = y \simeq 5$$

$$h = 15 + 5 = 20 \qquad h_e = 5 + 15 - \frac{15^2}{2*30}$$



$$M_c = \frac{30 * 30 * 30}{(30)^2 * 6} = 5$$

$$v_r = \frac{\pi * (24)^2}{4} * 24 = 6\pi(24)^2$$

$$m_r = 6\pi * 24^2 * 2.7$$

$$y \simeq 5 \Rightarrow \begin{matrix} 1 : 2 : 2 \\ \frac{1}{5} \ \frac{1}{10} \ \frac{1}{10} \end{matrix} \qquad A_s = \frac{\pi d^2}{4} = 5 \rightsquigarrow d = \checkmark$$

$$A_r = \frac{a^2}{1} = 10 \rightsquigarrow d = \checkmark$$

$$A_g = a^2 = 10 \rightsquigarrow d = \checkmark$$