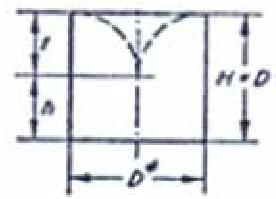


شروع انقباض $VF = ۶۲۸۰ cm^{۳}$

سطح تولید شده $A = (D ´ H) = ۱۲۸۰ cm^{۲}$

$۱۵۹۴ cm^{۲}$= سطح سرد شونده

$۳/۹۵ cm$= مدول

		8	12	16	20
	عمق حفره cm	8	12	16	20
	حجم حفره cm^2	426	642	852	1070
	سطح تولید شده حفرهٔ مخروطی cm^3	379	461	534	593
	حجم فولاد تصفیه در انتهای انجماد VE cm^2	5834	5638	5428	5210
	سطح سرد شونده در انجماد =A+H cm^3	1655	1730	1790	1880
	مدول در انجماد $= \frac{VE}{A+H}$ cm^3	3.54	3.25	3.03	3.77
اطلاعات برحسب درصدی از مقادیر اولیه	fH: حجم حفره	0.4	0.6	0.8	1.0
	عمق حفره Vsc / VF	0.07	0.1	0.135	0.17
	V_E/V_F حجم فولاد در انجماد $= \frac{V_r - V_{sc}}{V_f}$	0.95	0.9	0.865	0.83
	مدول mc/Mf	0.595	0.82	0.77	0.70

دانستنی‌های معلم

حال می‌توان حجم و پارامتر P را محاسبه نمود، داریم

$$V_{SC} = ۲\pi\int (R-X)Y dx \Rightarrow V_{SC} = ۲\pi\int_{۰}^{R} (R-X)\frac{x^{۲}}{P} dx \Rightarrow V_{SC} = \frac{\pi}{p}\left(\frac{R^{۴}}{۳} - \frac{R^{۳}}{۴}\right)$$

$$V_{SC} = \frac{\pi R^{۴}}{۱۲P} \qquad P = \frac{\pi R^{۴}}{۱۲V_{SC}}$$

در رابطه فوق V_{SC} حجم مخروط انقباضی بوده و سطح مخروط (H) عبارت است از

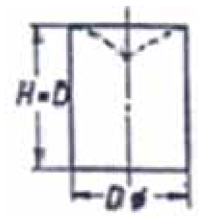
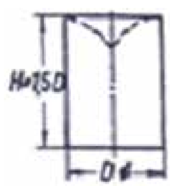
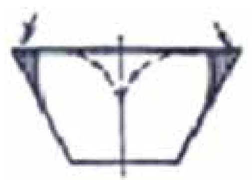
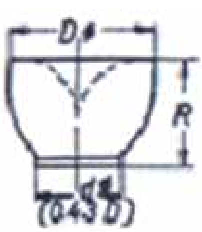
$$H = ۲\pi\int (R-X)\sqrt{۱ + Y'^{۲}} dx$$

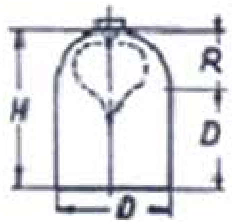
$$Y' = \frac{X}{P} \qquad Y'^{۲} = \frac{X^{۲}}{P^{۲}}$$

با جاگذاری Y'^{2} و حل انتگرال، به معادله عریض و طویلی می‌رسیم.

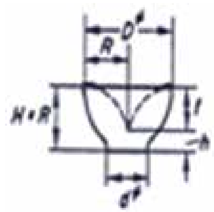
بجای معادله عریض و طویل فوق، منحنی‌های منفرد می‌توانند به اجزایی تقسیم شده و با استفاده از سطح زیر منحنی تعیین گردند. یا می‌توان طول قوس‌ها را اندازه گرفت و مقاطع ذوزنقه‌ای را محاسبه نمود.

مقادیر مشخصه تغذیه در رابطه با مدول آن

تقریب	دقیق	شکل تغذیه
$V_F = 2R^3\pi = 167(M_F)^3$ $A_F = 6R^2\pi$ $M_F = 0.1667\ D = \frac{D}{6} = \frac{R}{3}$ $R = 3.33M_F$ $R^3 = 37(M_F)^3$	$V_F = 2R^3\pi = 90(M_F)^3$ $A_F = 5R^2\pi$ $M_F = 0.4R = 0.2D$ $R = 2.5M_F$ $R^3 = 15.8(M_F)^3$	
$V_F = 3R^3\pi = 179(M_F)^3$ $A_F = 8R^3\pi$ $M_F = 0.375R = 0.187D$ $R = 2.67M_F$ $R^5 = 19(MF)^3$	$V_F = 3R^3\pi = 122(M_F)^3$ $A_F = 7R^2\pi$ $M_F = 0.429R = 0.2145D$ $R = 2.33M_F$ $R = 126(M_F)^{۳}$	
-	-	
$V_F = 2.09R^3 = 191(M_F)^3$ $A_F = 3R^2\pi$ $M_F = 0.222R$ $R = 4.5M_F$ $R^3\pi = 91(M_F)^3$ $r = 0.4R = 1.8M_F$	$V_F = 2.09R^3 = 156(M_F)^3$ $M_F = 0.237R = 0/1185\,D$ $R^{\cdot} = 4.21MF = R^3 = 76(MF)^3$ $r = 1.85M_F$ $M_{neck} = \frac{M_F}{1.1} = 0.5r = 0.91M_F$	

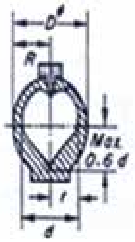
	$V_F = 8.34R^3 = 96(M_F)^3$ $A_F = 6R^2\pi$ $M_F = 0.4444R = 0.222D$ $R = 225M_F$ $R^2 = 11.5(M_F)^3$	$V_F = R.34R^3 = 156(M_F)^3$ $A_F = 7R^2\pi$ $M_F = 0.378R = 0.189D$ $R = 2.65M_F$ $R^3 = 18.7(M_F)^3$

دانستنی‌های معلم



مشخصات تغذیه قبل از شروع انقباض
$V_F = 5980 cm^2$
$A = 1153 cm^3$ سطح تولید شده
$= 1778 cm^3$ سطح سردشونده
$= 53cm$ مدول

		5	7.5	10	14.2
	عمق حفره cm	5	7.5	10	14.2
	cm^2 حجم حفره V_{SC}	528	794	1056	1500
	سطح تولید شده حفرهٔ مخروطی H cm^3	600	694	138	815
	حجم فولاد در انجماد VE cm^2	5432	5186	4924	4480
	سطح سرد شونده در انجماد $= A+H$ cm^2	1753	1847	1891	1968
	مدول در انجماد $M_F = \frac{V_E}{A+H} cm$	3.11	2.81	2.61	2.28
اطلاعات برحسب درصدی از مقادیر اولیه	عمق حفره :tH	0.35	0.53	0.70	0.1
	حجم حفره Vsc/VF	0.188	0.133	0.18	0.25
	حجم فولاد در انجماد $V_E/V_F = \frac{V_F - V_{SC}}{V_F}$	0.942	0.867	0.82	0.75
	مدول M_E/M_F	0.93	0.86	0.78	0.68



d=0.67D
D=1.49d
R=1.49r

$$V_{\text{سهمی}} = \frac{r۴}{۱۲p}$$

$$t = ۰/۶d = ۱/۲r = \frac{r^۲}{۲p} \qquad p = \frac{r^۲}{۲t}$$

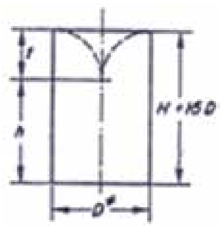
$$V_p = \frac{r^۴}{۱۲p} = \frac{r^۴.۲t}{۱۲r^۲} = \frac{r^۲.t}{۶} = \frac{r^۲.۱/۲r}{۶}$$
$$= r^۲.۰/۲ = ۰/۶۲۶r^۲$$

$$VD_{\text{فوقانی}} = ۲/۰۶r^۲ \qquad V_O = ۲/۰۶$$

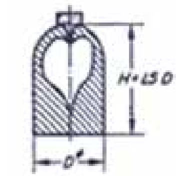
$$\frac{+۰/۶۲۶}{۲/۶۸۶r^۲}$$

$$V_{\text{کره توپر}} = ۴/۱۲R^۳ = (۱.۴۹)^۳.۴/۱۲\ .r^۳ = ۱۳/۶r۲$$

حجم کره توپر ۲۰%- $VD = ۰/۱۹۷.V_Q = 0.2.V_Dot$

مشخصات تغذیه قبل از شروع انجماد $V_F=9420cm^2$ سطح تولید شده $A=1920cm^3$ سطح سردشونده $=2234cm^3$ مدول اولیه $=196cm$ 						
عمق حفره cm	8	12	16	20	25	30
cm^2 حجم حفره V_{SC}	426	642	852	1070	1336	1600
سطح تولید شده حفرهٔ مخروطی H cm^3	379	461	534	593	656	800
حجم فولاد در انجماد cm^2 VE	8994	8778	8568	8350	8084	7814
سطح سرد شده در انجماد $=A+H$ cm^3	2295	2370	2430	2520	2620	2700
مدول در انجماد $M_F = \frac{V_E}{A+H}cm$	3.94	3.71	3.53	3.31	3.09	2.28

اطلاعات برحسب درصدی از مقادیر اولیه	tn: عمق حفره	0.266	0.4	0.533	0.67	0.03	1.0
	حجم حفره Vsc/VF حجم فولاد در انجماد $V_E/V_F = \frac{V_F - V_{SC}}{V_F}$	0.955	0.932	0.909	0.887	0.899	0.83
	مدول ME/M_F	0.93	0.88	0.84	0.785	0.735	0.685



مشخصات تغذیه قبل از شروع انقباض

سطح تولید شده $VF = 6340cm^3$

سطح سردشونده $= 1880cm^3$

مدول $= 4.44cm$

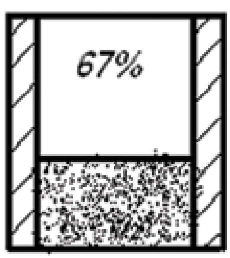
عمق حفره انقباضی بخاطر کلاهک کروی فقط می‌تواند بطور تقریب محاسبه گردد و درصورتی‌که ضریب اطمینان در نظر بگیریم ۱۴ درصد آن می‌باشد.

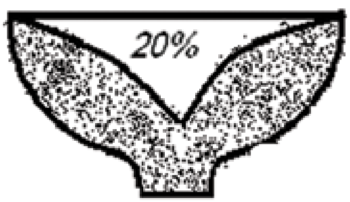
حجم حفره V_{SC}/V_F	0.02	0.05	0.10	0.13	0.17
حجم فولاد تغذیه در انتهای انجماد	0.98	4.21	0.90	0.87	0.83
cm مدول در انتهای انجماد	0.35	4.21	4.00	3.86	3.70
مدول برحسب کسری از مدول اولیه ME/M_F	0.98	0.95	0.90	0.87	0.835
ضریب $f = \frac{M_F}{M_E}$	1.04	1.05	1.11	1.15	1.2

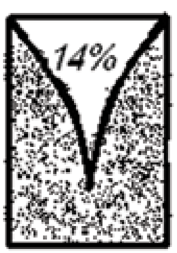
دانستنی‌های معلم

طرح منبع تغذیه

طرح منبع تغذیه

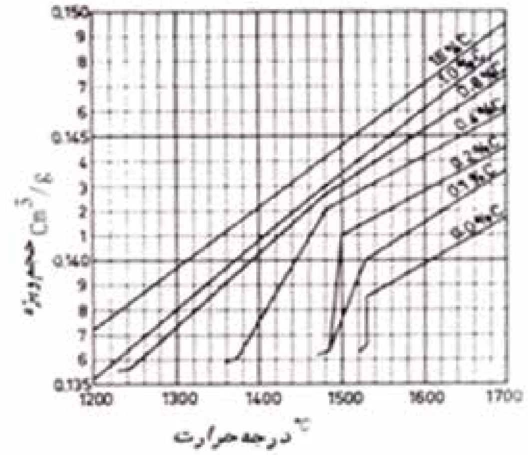




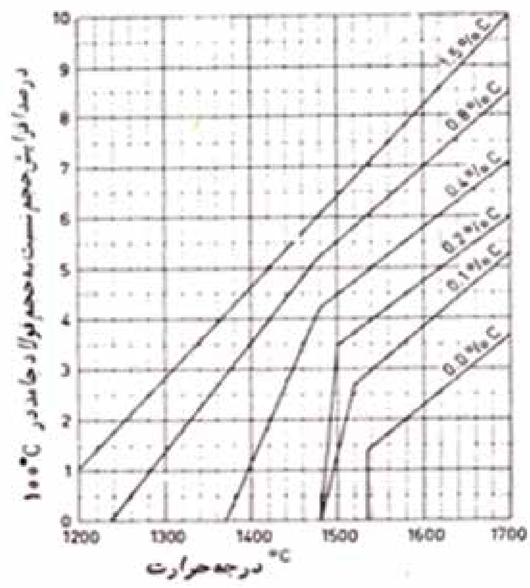


در تغذیه‌های استوانه‌ای V_{SC} برابر ۱۴٪ و در تغذیه‌های نیمه‌کروی برابر ۲۰٪ و در تغذیه‌های استوانه‌ای که از مواد عایق یا از مواد اگزوترم استفاده می‌شود برابر با ۶۷٪ می‌باشد.

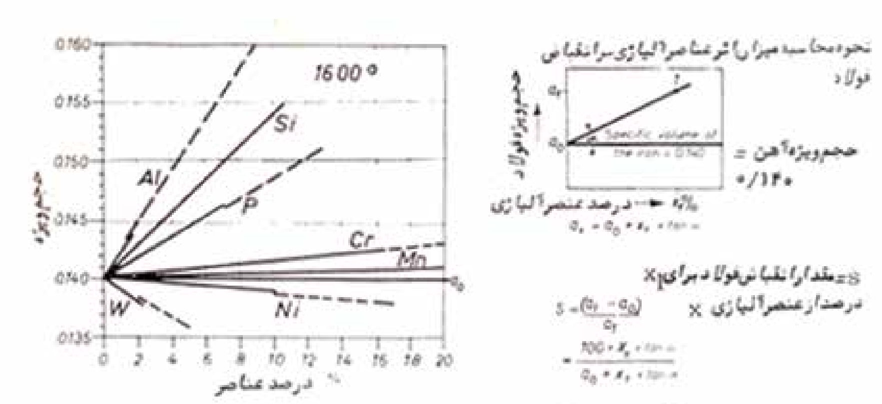
کاملاً روشن است که در صورت سردشدن فولاد از درجه حرارت بالاتر (درجه حرارت بارریزی) انقباض بیشتری در آن ایجاد خواهد شد. همچنین اثر عناصر آلیاژی مختلف بر روی حجم ویژه فولاد متفاوت بوده و این اثر با میزان هر عنصر آلیاژی در فولاد نیز بستگی دارد.



تغییرات حجم ویژه فولاد غیرآلیاژی نسبت به درجه‌حرارت



تغییرات حجم فولاد غیرآلیاژی نسبت به درجه حرارت

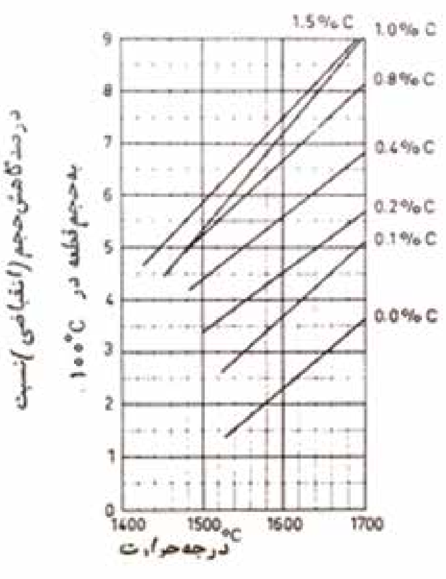


تأثیر عناصر آلیاژی بر حجم ویژه فولاد در درجه حرارت ۱۶۰۰ سانتی‌گراد

همانگونه که در منحنی شکل بالا مشخص است نیکل و تنگستن در صورت حضور در فولاد حجم ویژه آن‌را کاهش می‌دهند. به دیگر سخن این عناصر در هنگام انجماد فولاد باعث کم‌شدن انقباض حجمی فولاد خواهند شد و بالعکس حضور آلومینیوم و سیلیسیم و فسفر و کرم و منگنز هر یک باعث افزایش انقباض فولاد در خلال انجماد می‌شوند.

حال با روشن‌شدن اثر درجه حرارت و عناصر آلیاژی بر روی انقباض فولاد می‌توان به چگونگی محاسبه درصد انقباض فولادهای مختلف پرداخت.

۱ـ محاسبه درصد انقباض حجمی فولادهای غیرآلیاژی در خلال انجماد



تغییرات انقباض فولاد غیرآلیاژی نسبت به درجه حرارت

با استفاده از منحنی صفحه قبل و در نظرگرفتن درجه حرارت بارریزی می‌توان درصد انقباض را برای فولادهای غیرآلیاژی با میزان کربن مختلف بدست آورد.

۲ــ محاسبه درصد انقباض حجمی فولادهای آلیاژی در هنگام انجماد

با توجه به میزان کربن موجود در فولادهای آلیاژی و درجه حرارت بارریزی و بکارگیری منحنی بالا درصد انقباض فولاد بدون در نظرگرفتن عناصر آلیاژی تعیین می‌شود. سپس با استفاده از جدول زیر تأثیر هریک از عناصر آلیاژی را بر روی انقباض فولاد محاسبه می‌نماییم، جمع مقادیر بدست‌آمده از منحنی قبل و تأثیر هریک از عناصر آلیاژی برابر با درصد انقباض فولاد آلیاژی خواهد بود.

دانستنی‌های معلم

اثر عناصر آلیاژی بر روی انقباض حجمی فولاد در خلال انجماد

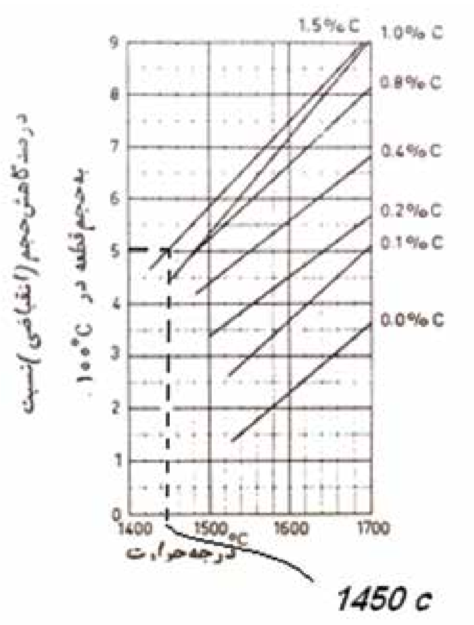
عناصر آلیاژی	میزان اثر عناصر بر انقباض فولاد
تنگستن	۰/۵۳-
نیکل	۰/۰۳۵۴-
منگنز	۰/۰۵۸۵+
کرم	۰/۱۲+
سیلیسیم	۰۱/۰۳+
آلومینیوم	۱/۷+

تذکر: باید توجه نمود که جدول بالا برای درجه حرارت بارریزی حداکثر تا ۱۶۰۰ درجه سانتی‌گراد طرح شده است و همچنین میزان هر عنصر در فولاد برابر با ۱ درصد بیشتر باشد به همان نسبت اعداد مربوط به اثر آن عناصر نیز باید افزایش یابد. برای روشن‌شدن موضوع به یک مثال توجه کنید.

مثال: درصد انقباض فولادی با ترکیب شیمیایی زیر را در هنگام انجماد محاسبه نمایید. درجه حرارت بارریزی ۱۴۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. درصد کرم = ۱/۲۵، درصد منگنز= ۱۵، درصد سیلیسیم = ۰/۳ و درصد کربن = ۱/۵

حل: با توجه به میزان کربن در فولاد و منحنی شکل زیر و درجه حرارت بارریزی (خط چین)

انقباض فولاد بدون توجه به عناصر آلیاژی برابر با ۵+ تعیین می‌شود.



تغییرات انقباض فولاد غیرآلیاژی نسبت به درجه حرارت

حال با مراجعه به جدول اثر عناصر آلیاژی خواهیم داشت

درصد عناصر آلیاژی		میزان اثر عناصر آلیاژی روی درصد انقباض فولاد	
منگنز ۱۵	×	(+۰/۰۵۸۵)	= ۰/۸۸+
سیلیسیم ۰/۳	×	(+۱/۰۳)	= ۰/۳۱+
کرم ۱/۲۵	×	(+۰/۱۲)	= ۰/۱۲ +

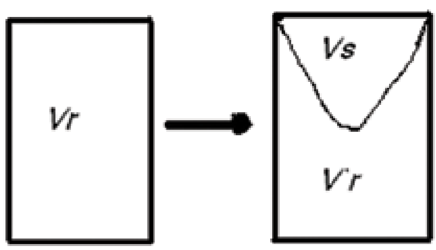
میزان انقباض فولاد با توجه به مقدار کربن از منحنی =۵+

درصد انقباض فولاد آلیاژی = ۶/۳۱ ≈ ۶/۵ جمع

این مقدار همانβ است که در کتاب محاسبات به نام انقباض حجمی آلیاژ معرفی شده است.

روش انقباض و راندمان تغذیه: در این روش حجم حفره انقباضی و راندمان تغذیه مورد توجه قرار می‌گیرد.

اگر حجم اولیه تغذیه‌ایV_r و حجم پس از انجماد و مذاب‌رسانی صحیح V_r باشد در این صورت باید $V_r > V_r$ باشد.

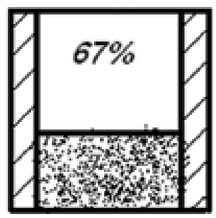
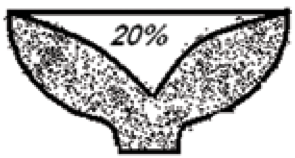
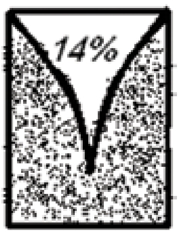


بدیهی است که اختلاف $V_r - V'_r = V_s$ خواهد بود که V_s حجم مذابی است که به مصرف جبران حجم ناشی از انقباض قطعه و تغذیه رسیده است. نکته مهم این است که هرچه V'_r کوچکتر باشد و V_s به V_r نزدیکتر باشد مذاب‌رسانی تغذیه بهتر انجام می‌گیرد و درنتیجه راندمان یا بازده تغذیه بیشتر است.

$$R_r = \frac{V_r - V'_r}{V_r}$$

راندمان تغذیه به عوامل مختلفی نظیر شکل تغذیه، استفاده از مواد عایق یا گرمازا، گرم نگه‌داشتن تغذیه و سردکردن سریعتر قطعه (استفاده از مبرد) بستگی دارد.

راندمان تغذیه از ۰/۱ درصد تا ۱ درصد برای صفحات نازک، ۱۴ تا ۲۴ درصد برای استوانه‌ها با نسبت $H=1/5D$ تا $H=D$ و حدود ۵۳ درصد برای کره متغیر می‌باشد.

طرح منبع تغذیه	 	 	
نسبت انقباض به حجم	$V_s = 0/67V_r$	$V_s = 0/20V_r$	$V_s = 0/14V_r$

شکل ۱۰ـ۲۵

به کمک رابطه زیر و مشخص‌شدن راندمان تغذیه می‌توان حجم تغذیه را محاسبه نمود.

$$V_r = \frac{\beta V_C}{Rr - \beta}$$

$\beta =$ انقباض حجمی آلیاژ هنگام انجماد

$V_C =$ حجم قطعه

$R_r =$ راندمان تغذیه

برای محاسبه حجم تغذیه

راندمان تغذیه $R_r = \frac{V_r - V'_r}{V_r}$

درصورتی‌که انقباض حجمی آلیاژ برابر β باشد

$$V'_r = V_r - \beta (V_r + V_C)$$

از آنجایی که حجم تغذیه در حالت مذاب و جامد به مصرف کمبود حجم انقباضی در قطعه و تغذیه رسیده است. بنابراین

$$V_r - V'_r = \beta V_r + \beta V_c$$

طرفین را بر V_r تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{V_r - V_r'}{V_r} = \beta + \frac{\beta V_c}{V_r}$$

به جای ($\frac{V_r - V_r'}{V_r}$ راندمان تغذیه) مقدار مساوی آن یعنی R_r قرار می‌دهیم.

$$R_r = \beta + \frac{\beta V_c}{V_r} \Rightarrow R_r - \beta = \frac{\beta V_c}{V_r} \Rightarrow V_r = \frac{\beta V_c}{R_r - \beta}$$

بنابراین حجم تغذیه باید حداقل برابر و یا از آن بزرگتر باشد.

$$V_r \geq \frac{\beta V_c}{R_r - \beta}$$

مثال: مطلوبست محاسبه حجم تغذیه لازم برای قطعه‌ای به حجم ۵۰۰ سانتی‌مترمکعب در دو حالت

الف) تغذیه استوانه‌ای با مشخصات $H=۱/۵D$ و راندمان تغذیه ۱۵ درصد

ب) تغذیه استوانه‌ای با مشخصات $H=D$ و با استفاده از مواد عایق و راندمان تغذیه ۵۵ درصد

$\beta=۵$ درصد انقباض حجمی آلیاژ.

ابعاد تغذیه و مدول آن را در هر دو حالت فوق محاسبه کنید.

حل:

حالت اول راندمان ۱۵٪ $\quad \frac{}{-\beta}$

$$V_r = \frac{۵۰۰ \times ۵}{۱۵ - ۵} \qquad V_r = ۲۵۰\,cm^۳$$

حالت دوم راندمان ۵۵٪ $\quad V_r = \frac{\beta V_c}{R_r - \beta}$

$$V_r = \frac{۵۰۰ \times ۵}{۵۵ - ۵} \qquad V_r = ۵۰\,cm^۳$$

طبق جدول صفحه ۱۲۵ کتاب محاسبات داریم درصورتی که $H=۱/۵D$ باشد.

$$V_r = ۱۷۹ Mr^۳ \Rightarrow Mr^۳ = \frac{V_r}{۱۷۹} \Rightarrow \sqrt[۳]{Mr} = \sqrt[۳]{\frac{V_r}{۱۷۹}} \Rightarrow M_r = \sqrt[۳]{\frac{۲۵۰}{۱۷۹}} \Rightarrow M_r = ۱/۱$$

$$D_r = ۵/۳۵ M_r \Rightarrow D_r = ۵/۳۵ \times ۱/۱ \Rightarrow D_r = ۵/۹۸\,cm$$

$$H = ۸/۰۲ M_r \Rightarrow H = ۸/۰۲ \times ۱/۱ \Rightarrow H = ۸/۸۲\,cm$$

طبق جدول صفحه ۱۲۵ کتاب محاسبات داریم درصورتی که $H=D$ باشد.

$$V_r = ۱۶۹Mr^۳ \Rightarrow Mr^۳ = \frac{V_r}{۱۶۹} \Rightarrow \sqrt[۳]{Mr} = \sqrt[۳]{\frac{V_r}{۱۶۹}} \Rightarrow M_r = \sqrt[۳]{\frac{۵۰}{۱۶۹}} \Rightarrow M_r = ۰/۶۷$$

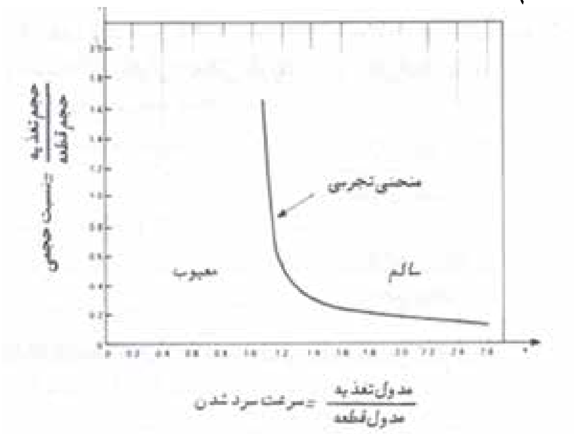
$$D = H = ۶M_r \Rightarrow D = H = ۶\times ۰/۶۷ \Rightarrow D = H = ۳/۹۹ \approx ۴\,cm$$

قسمت چهارم درس: محاسبه حجم تغذیه با استفاده از روش کاین

روش‌های محاسبه از طریق مدول انجماد و راندمان تغذیه دارای محدودیت‌هایی است و در شرایط کلی پاسخگویی نیاز صنعت نمی‌باشد. لذا روش‌های تجربی دیگری مثل روش کاین در ریخته‌گری مطرح شده است که به روش سعی و خطا می‌توان ارعاد تغذیه را تعیین نمود.

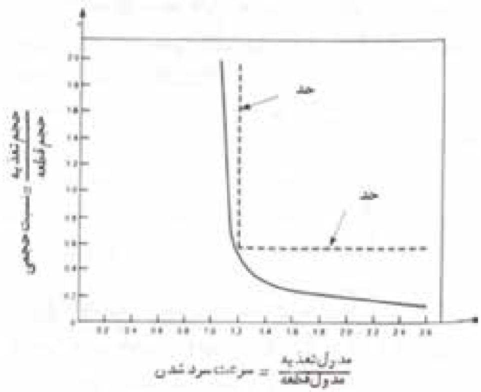
دانستنی‌های معلم

در روش چورنیف انتخاب درست تغذیه ایجاب می‌کند که تغییرات Y نسبت به تغییرات X همواره در محدوده $X > ۱/۲$ و $r > \frac{۵}{۹}$ قرار بگیرد. شکل زیر



شکل ۱۱-۲۵

کاین ارتباط واقعی نسبت سردشدن X و نسبت حجمی Y قطعه و تغذیه استوانه‌ای باز را با انجام آزمایشات متعدد روی قطعات مختلف نازک و ضخیم به‌صورت زیر ارائه نمود.



شکل ۱۲-۲۵

نمودار خط‌چین در شکل بالا براساس روش چورنیف رسم شده و اختلاف آنرا با منحنی تجربی

کاین نشان می‌دهد. کاین در این آزمایشات متوجه شد که برای قطعات نازکتر کارآیی تغذیه بیشتر بوده بطوری‌که با افزایش نسبت سردشدن ($X=\frac{M_r}{M_c}=f$) نسبت حجمی تغذیه به قطعه کاهش یافته و درنتیجه توسط تغذیه کوچکتری در قطعات نازک نسبت به قطعات ضخیم می‌توان حجم معینی را تغذیه نمود. در این شرایط راندمان ریختگی نیز افزایش خواهد یافت.

بطورکلی کاین نتایج آزمایشات خود را به‌صورت رابطه زیر نشان داده است.

$$X=\frac{a}{y-b}+c$$

که X و Y به ترتیب نسبت‌های سردشدن و حجمی بوده و a,b,c مقادیر ثابت تجربی هستند. تجربیات کاین اساس روش‌های جدیدی در محاسبه ابعاد تغذیه گردید که توسط افراد دیگری ادامه یافت. عمدتاً این روش‌ها به روابط ریاضی پیچیده منتهی می‌شوند که ضرورت به‌کارگیری کامپیوتر را ایجاب می‌کنند. در اینجا تمام روش‌های ارائه‌شده براساس تجربیات کاین که به تغییرات کارآیی تغذیه نسبت به شکل قطعات مختلف توجه کرده‌اند تحت عنوان روش کاین نامیده شده‌اند.

در زیر چگونگی محاسبات انجام شده برای محاسبه قطر تغذیه D برحسب مدول قطعه M_c و حجم قابل تغذیه قطعه یا بخشی از آن V_c با توجه به شکل قطعه ملاحظه می گردد که به یک معادله درجه سه‌منتهی شده است. البته در این محاسبات تغذیه به‌صورت باز و استوانه‌ای در نظر گرفته شده به‌طوری‌که قطر و ارتفاع آن مساوی باشند $H=D$

همانطورکه در مورد زمان انجماد قطعه و تغذیه مربوط به آن در بخش‌های قبلی آمده اگر تغذیه قبل از قطعه به انجماد کامل برسد، قطعه با کمبود مذاب مواجه شده و معیوب خواهد شد و برعکس وجود مذاب در تغذیه پس از انجماد کامل قطعه نیز ضرورتی نخواهد داشت لذا بهترین حالت زمانی است که تغذیه و قطعه با هم به پایان انجماد برسند و به عبارت دیگر باید زمان انجماد قطعه و تغذیه یکسان باشد. طبق قانون چورنیف زمان انجماد از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$t=k(\frac{V}{A})^n$$

چون در خلال انجماد مقداری از مذاب تغذیه به قطعه منتقل شده و مقدار دیگری از آن صرف جبران انقباض در انجماد خود تغذیه می‌شود لذا زمان انجماد تغذیه برای ریخته‌گری یک صفحه خواهد شد.

$$t_r=K_r\left[\frac{V_r-\beta(V_c+V_r)}{A_r}\right]^{n_r}\Rightarrow K_r\left[\frac{V_r(۱-\beta)-\beta V_c}{A_r}\right]^{n_r}$$

مقداری از مذاب تغذیه در طول انجماد به مذاب قطعه اضافه می‌شود و در حقیقت می‌توان قطعه

را با حجم بیشتر ولی با سطح سردشونده اولیه تصور کرد درنتیجه زمان انجماد آن خواهد شد.

$$t_c = K_c\left[\frac{V_c + \beta V_c}{A_c}\right]^{n_c} \Rightarrow K_c\left[\frac{V_c(۱+\beta)}{A_c}\right]^{n_c}$$

در روابط بالا β درصد انقباض حجمی فولاد در خلال انجماد می‌باشد با مساوی‌قراردادن زمان‌های انجماد قطعه و تغذیه خواهیم داشت.

$$K_r\left[\frac{V_r(۱-\beta)-\beta V_c}{A_r}\right]^{n_r} = K_c\left[\frac{V_c(۱+\beta)}{A_c}\right]^{n_c}$$

با فرض اینکه $K_r = K_c$ و نسبت $\frac{n_c}{n_r}$ برابر مقدار ثابتی چون α باشد داریم.

$$\left[\frac{V_r(۱-\beta)-\beta V_c}{A_r}\right] = \left[\frac{V_c(۱+\beta)}{A_c}\right]^{\alpha}$$

$$M_r(۱-\beta)-\beta\frac{V_c}{A_c} = (M_c)^{\alpha}(۱+\beta)^{\alpha}$$

درصورتی‌که تغذیه را استوانه بازرویی با مشخصات H=D در نظر بگیریم یک سطح تغذیه در محل اتصال به قطعه به عنوان سطح سرد شونده محسوب نمی‌شود لذا مدول آن خواهد شد.

$$M_r = \frac{\pi\frac{D^۲}{۴}\times D}{\pi\frac{D^۲}{۴}\times \pi D\times D} \Rightarrow M_r = \frac{\pi\frac{D^۳}{۴}}{\pi\frac{D^۲}{۴}+\pi D^۲} \Rightarrow M_r = \frac{D}{۵}$$

درنتیجه رابطه بالا خواهد شد.

$$\frac{D}{۵}(۱-\beta)-\beta\frac{V_c}{\pi\frac{D^۲}{۴}+\pi D^۲} = (M_c)^{\alpha}(۱+\beta)^{\alpha}$$

$$D^۳ - ۵D^۲\times(M_c)^{\alpha}\times\frac{(۱+\beta)^{\alpha}}{۱-\beta} - \frac{۴}{\pi}\times\frac{\beta}{۱-\beta}\times V_c = ۰$$

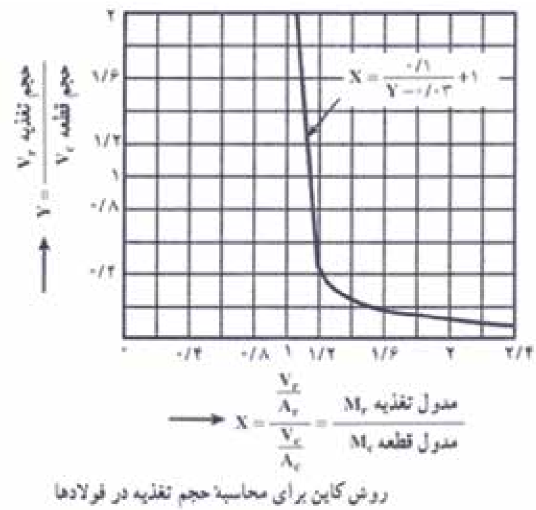
α به‌صورت تجربی با توجه به شکل قطعه و تغذیه و نوع آلیاژ تعیین می‌گردد (مثلاً مقدار n در رابطه چورنیف را برحسب شکل قطعه و نوع آلیاژ ریختگی برای فولاد کربنی و قطعه صفحه‌ای

شکل برابر ۲ در نظر می‌گیرند) و با مشخص‌بودن درصد انقباض فولاد β و همچنین حجم و مدول قطعه V_c و V_r قطر تغذیه باز استوانه‌ای D از رابطه بالا قابل محاسبه خواهد بود. باید توجه نمود که V_c برابر حجم قابل تغذیه شدن قطعه می‌باشد و با توجه به شکل قطعه و منطقه اثر یک تغذیه باید محاسبه گردد.

این روابط تنها برای تغذیه‌های باز استوانه‌ای با نسبت H=D صادق است، درصورتی‌که انواع دیگر تغذیه‌ها مورد نظر باشد نباید در محاسبات قبلی مقادیر V_r و M_r مربوط به این نوع تغذیه‌ها را منظور نمود و درنتیجه به‌جای معادله درجه سه قبلی معادله دیگری حاصل خواهد شد.

روش کاین Caine Method: به‌منظور سهولت و سرعت‌بخشیدن به محاسبه اندازه تغذیه استفاده از منحنی برای اولین بار توسط کاین ارائه شد شکل زیر نمونه‌ای از منحنی‌های پیشنهادی کاین را برای محاسبه اندازه تغذیه قطعات فولادی نشان می‌دهد.

ذکر این نکته ضروری است که اولاً این منحنی‌ها برای آلیاژهای مختلف تفاوت دارد. ثانیاً رسم این گونه منحنی‌ها از طریق آزمایشگاهی و تجربی قابل دسترسی است.



شکل۱۳-۲۵

در منحنی‌های کاین، محور طول‌ها جذر نسبت زمان انجماد تغذیه به قطعه و به عبارت دیگر نسبت مدول تغذیه به

$$X = \frac{\frac{V_r}{A_r}}{\frac{V_c}{A_c}} = \frac{M_r}{M_c} = \sqrt{\frac{t_r}{t_c}}$$

و محور عرض‌ها نسبت حجم تغذیه به حجم قطعه را مشخص می‌کند.

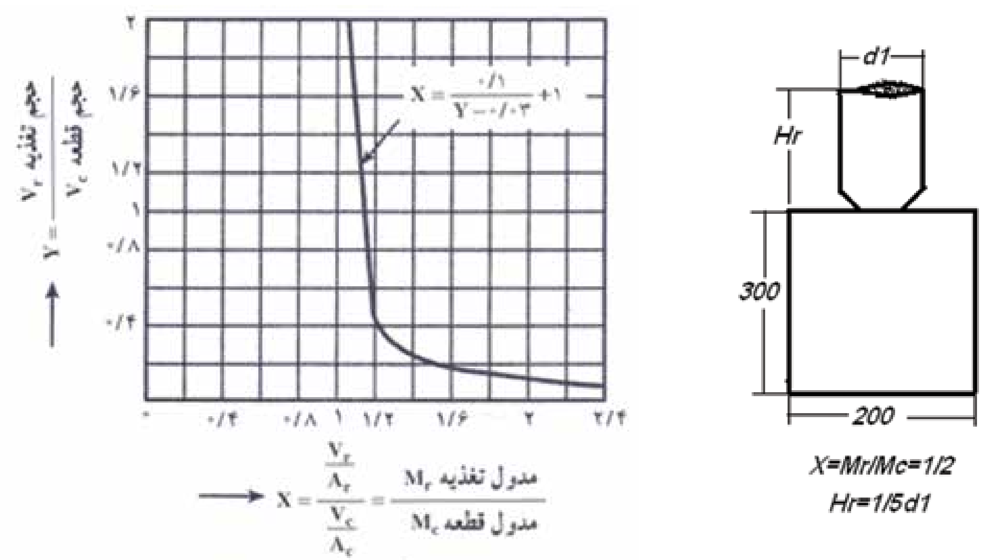
$$Y = \frac{V_r}{V_c}$$

منحنی کاین به‌صورت هذلولی با رابطه کلی $X=\dfrac{a}{y-b}+c$ می‌باشد که ضرایب a، b و c ضرایبی ثابت هستند که به نوع آلیاژ، میزان انقباض، نوع انجماد و سرعت نسبی سردکردن تغذیه و قطعه بستگی دارند. این رابطه برای فلزات مختلف به‌صورت زیر است.

برای فولادها $$X=\frac{۰/۱}{y-۰/۰۳}+۱$$

برای آلومینیوم $$X=\frac{۰/۱}{y-۰/۰۶}+۱/۰۸$$

مثال: با توجه به منحنی شکل زیر ابعاد تغذیه لازم را برای قطعه‌ای استوانه‌ای شکل از فولاد ساده کربنی به قطر ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که در ماسه قالبگیری شده است را حساب کنید. از حجم گلویی در مقابل حجم تغذیه صرفنظر می‌شود.

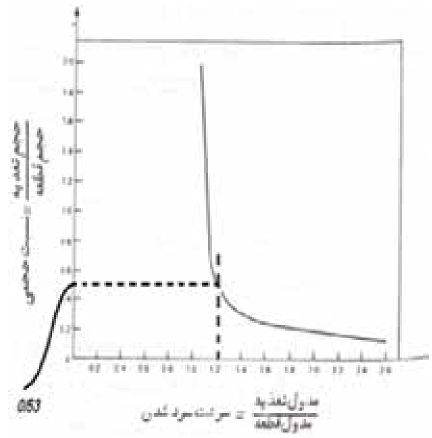


روش کاین برای محاسبهٔ حجم تغذیه در فولادها

شکل۱۴-۲۵

حل: سعی اول، $V_c=\dfrac{\pi D^۲}{۴}\times H_c \Rightarrow V_c=\dfrac{۳/۱۴\times ۲۰^۲}{۴}\times ۳۰ \quad V_c=۹۴۲۰cm^۳$

اگر $\dfrac{M_r}{M_c}=۱/۲$ درنتیجه $y=\dfrac{V_r}{V_c}=۰/۵۳$



شکل۱۵-۲۵

با مشخص بودن مقدار نسبت مدول تغذیه به مدول قطعه و با عمودکردن دو خط روی منحنی (خط‌چین) مقدار نسبت حجم تغذیه به حجم قطعه قابل محاسبه می‌باشد.

$$V_r = ۰/۵۳ \times V_c \Rightarrow V_r = ۰/۵۳ \times ۹۴۲۰ \Rightarrow V_r = ۴۹۹۲/۶\,cm^۳$$

اگر $H=۱/۵D$ باشد طبق جدول صفحه ۱۲۵ کتاب محاسبات داریم

$$V_r = ۱/۱۸D^۳ \Rightarrow D^۳ = \frac{V_r}{۱/۱۸} \Rightarrow \sqrt[۳]{D^۳} = \sqrt[۳]{\frac{V_r}{۱/۱۸}} \Rightarrow D = \sqrt[۳]{\frac{۴۹۹۲/۶}{۱/۱۸}} \Rightarrow D = ۱۶\,cm$$

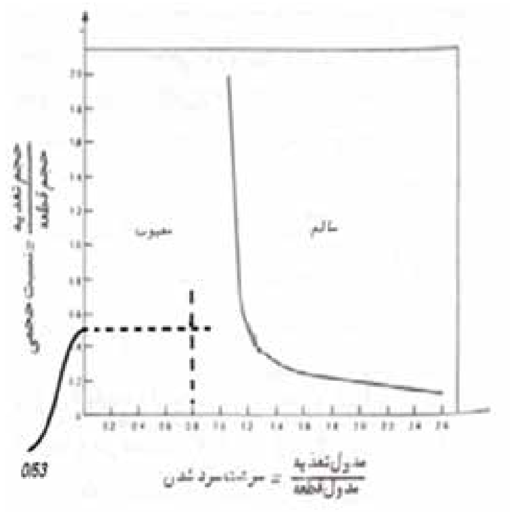
$$H = ۱/۵D \Rightarrow H = ۱/۵ \times ۱۶ \Rightarrow H = ۲۴\,cm$$

این پاسخ غلط می‌باشد چرا که اگر مدول تغذیه را حساب کنیم ۱/۲ برابر مدول قطعه نخواهد شد. دقت فرمایید.

$$M_r = ۰/۱۸۷D = ۰/۱۸۷ \times ۱۶ = ۲/۹۹۲\,cm$$

و چون شکل قطعه هم استوانه با نسبت H به D برابر ۱/۵ می‌باشد، پس:

$$M_c = ۰/۱۸۷D = ۰/۱۸۷ \times ۲۰ = ۳/۷۴\,cm$$



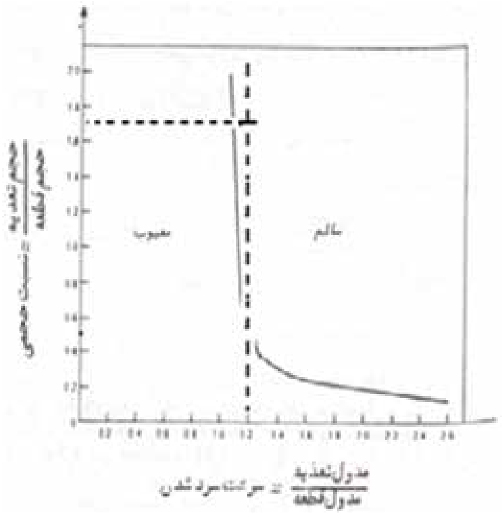
شکل۱۶-۲۵

نسبت مدول‌ها برابر خواهد بود با ۰/۸ که خلاف فرض اولیه صورت مثال است و حتی مدول تغذیه از مدول قطعه کمتر می‌باشد. که نشان از غلط‌بودن پاسخ دارد. در این حالت $X=۰/۸$ و $Y=۰/۵۳$ با گذاشتن این اعداد در منحنی محل تلاقی در منطقه معیوب خواهد بود.

سعی دوم: برای رسیدن به پاسخ صحیح باید حجم تغذیه را بزرگتر فرض کنیم. اگر بخواهیم شرط ۱/۲برابر بودن مدول تغذیه را رعایت کنیم با توجه به معادلات $M_r=۳/۷۴\times۱/۲=۴/۴۸۸\ cm$ و درنتیجه $D_r=۲۴cm$ با فرض قطر تغذیه برابر ۲۴ سانتی‌متر X و Y را حساب می‌کنیم.

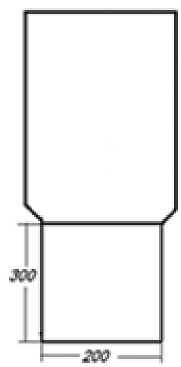
$$X=۱/۲$$
$$V_r=\frac{۳/۱۴\times۲۴^۲}{۴}\times(۱/۵\times۲۴)=۱۶۲۷۷/۷۶cm^۳$$
$$V_c=\frac{۳/۱۴\times۲۰^۲}{۴}\times۳۰=۹۴۲۰cm^۳$$
$$Y=\frac{۱۶۲۷۷/۷۶}{۹۴۲۰}=۱/۷۲۸$$

با مراجعه به منحنی خواهیم دید که در این حالت در منطقه سالم هستیم.



شکل۱۷-۲۵

در این شرایط نسبت ابعاد تغذیه به قطعه را در شکل زیر مشاهده می‌کنید.



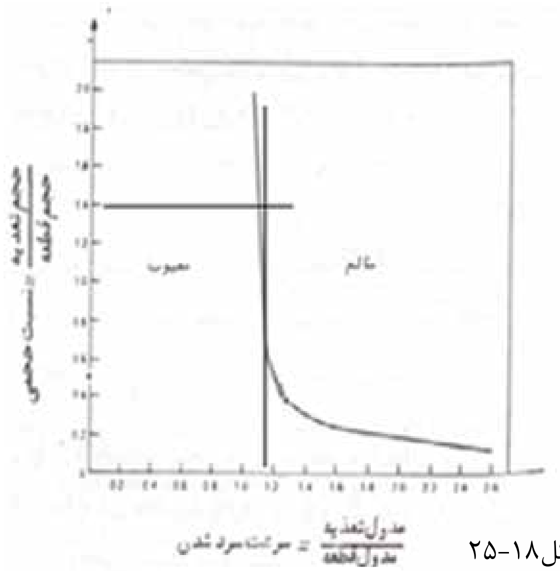
شکل۱۸-۲۵

چنانچه مشاهده می‌گردد ابعاد تغذیه بسیار بزرگ است. در این حالت قطعه تولیدی سالم خواهد بود ولی راندمان ریخته‌گری بسیار پایین خواهد بود.

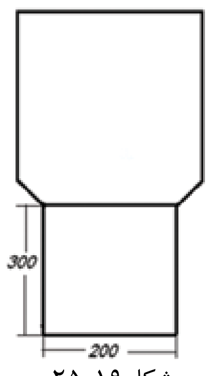
سعی سوم: برای رسیدن به ابعاد بهتر از شرط اشتباه صورت مثال عدول می‌کنیم و مقدار X را آزادانه انتخاب می‌کنیم. (در غیر این صورت پاسخی غیر از همانچه بدست آمد نخواهیم داشت.) برای افزایش راندمان ریخته‌گری بایستی حجم را کاهش دهیم. اگر نسبت H به D را ۱ فرض کنیم حجم تغذیه کاهش می‌یابد. X=۱/۲ و Y=۱/۶۳ باز در منطقه سالم هستیم با حجم کمتر تغذیه (راندمان ریخته‌گری بیشتر).

سعی چهارم: کاهش X به ۱/۱ و نسبت H به D را ۱ در این حالت Y=۱/۲۵ طبق دیاگرام در منطقه معیوب هستیم.

سعی پنجم: افزایش مقدار کمی X یعنی برابر ۱/۱۵ و نسبت H به D را ۱، مقدار Y با محاسبه بدست می‌آید ۱/۵۲ با آزمایش این اعداد در دیاگرام در منطقه سالم خواهیم بود. در این حالت قطر تغذیه برابر ۲۵۸ سانتی‌متر می‌باشد و شکل تغذیه نسبت به قطعه به نحو زیر است.



شکل۱۸-۲۵



شکل۱۹-۲۵

توجه داشته باشید که این مسئله فقط یک پاسخ صحیح ندارد و با سعی‌های بیشتر ممکن است به اعداد دیگری دست یافت. در عمل معمولاً ارتفاع تغذیه را ابعاد درجه قالب‌گیری تعیین می‌کند و برای تغذیه فقط قطر آن است که می‌تواند تغییر پیدا کند.

پاسخ‌های ارایه شده در کتاب برای مسایل مشابه عموماً اشتباه می‌باشد و باید از روش فوق برای حل مسایل استفاده کرد.

قسمت پنجم درس: جمع‌بندی و تعیین تکلیف

۱ـ راندمان تغذیه برابر است با: $R_r = \frac{V_r - V_r'}{V_r}$

۲ـ با کمک رابطه زیر و مشخص‌بودن راندمان تغذیه می‌توان حجم تغذیه را محاسبه نمود.

$$V_r \geq \frac{\beta V_C}{R_r - \beta}$$

۳ـ همچنین در این جلسه با روش تجربی کاین برای محاسبه ابعاد تغذیه آشنا شدید. در این روش بایستی مقادیر X و Y را طوری انتخاب کرد که در منطقه سالم منحنی قرار بگیریم.

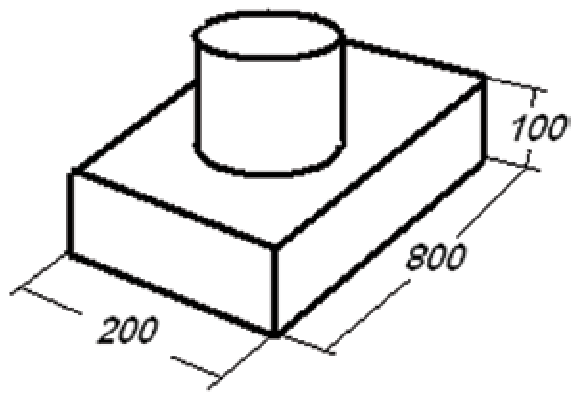
$$Y = \frac{V_r}{V_c} \quad \text{و} \quad X = \frac{M_r}{M_c}$$

تعیین تکلیف منزل

۱ـ مطلوبست محاسبه ابعاد تغذیه لازم برای قطعه مکعبی‌شکل زیر

درصورتی که $H=۱/۵D$ و راندمان تغذیه ۱۸٪ و انقباض حجمی آلیاژ $\beta=۲٪$ باشد با توجه به اشکال آماده تغذیه

$V_r=۱۷۹M_{r۳}$, $D_r=۵/۳۵M_r$, $H_r=۸/۰۲M_r$



شکل ۲۰-۲۵

۲ـ برای جلسه آینده تمرین شماره ۴، ۶ و ۷ آخر فصل را حل نمایید.

هفته بیست و ششم: رفع اشکال، تعاریف مهم فصل، مسائل فصل و حل تمرین‌های باقیمانده آخر فصل و امتحان دوره‌ای از فصل ششم

این جلسه به قسمت‌های زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

۱ـ امتحان کلاسی و حل آن

۲ـ حل تکلیف منزل

۳ـ رفع اشکال و تعاریف مهم فصل

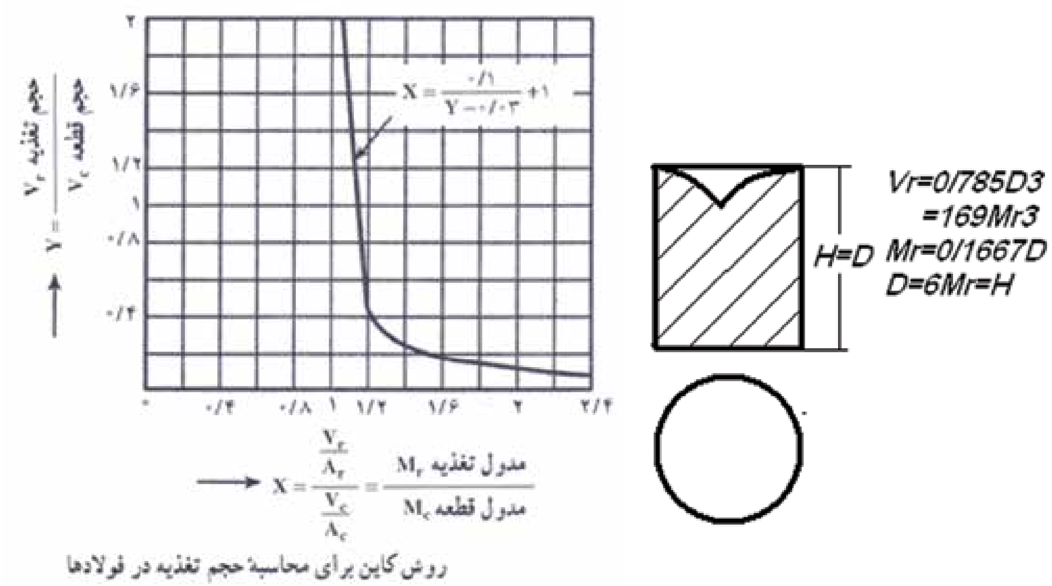
۴ـ امتحان کلاسی از فصل پنجم

۵ـ حل امتحان کلاسی

قسمت اول درس

در ابتدای جلسه پس از استقرار هنرجویان، در برگه‌های A۵ تهیه شده آزمون کلاسی از مبحث قبلی گرفته می‌شود.

نام و نام خانوادگی .... زمان ۱۵ دقیقه با توجه به منحنی شکل زیر ابعاد تغذیه لازم را برای قطعه مکعبی‌شکل از فولاد ساده کربنی به ابعاد ۲۰۰×۸۰۰×۱۰۰ میلی‌متر که در ماسه قالبگیری شده است را محاسبه کنید.



شکل ۱-۲۶

در حین امتحان حضور و غیاب نیز انجام می‌شود. پس از ۱۵ دقیقه برگه‌ها با نفرات جلویی جابجا می‌شود و حل آن روی تخته نوشته می‌شود.

حل سؤال امتحان کلاسی

$$V_c = a\times b\times c \Rightarrow V_c = ۲۰\times ۸۰\times ۱۰ \Rightarrow V_c = ۱۶۰۰۰\,cm^۳$$

$$M_c = \frac{V_c}{A_c} = \frac{۱۶۰۰۰}{۲\times(۱۰\times۸۰+۱۰\times۲۰+۲۰\times۸۰)} = ۳/۰۷۷$$

با فرض $X = \frac{M_r}{M_c} = ۱/۶$ نتیجه می‌دهد:

$$M_r = ۱/۶\times ۳/۰۷۷ = ۴/۹۲\,cm$$

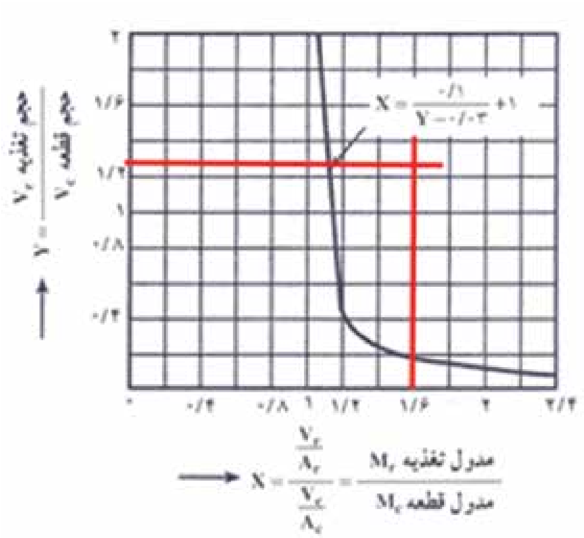
و با فرض تغذیه استوانه‌ای با نسبت H به D برابر ۱:

$$D = ۶\times M_r = ۶\times ۴/۹۲ = ۲۹/۵۴\,cm$$

پس:

$$V_r = ۰/۷۸۵D^۳ = ۰/۷۸۵\times ۲۹/۵۴^۳ = ۲۰۲۳۱/۷۴\,cm^۳ \Rightarrow Y = \frac{V_r}{V_c} = \frac{۲۰۲۳۱/۷۴}{۱۶۰۰۰} = ۱/۲۶$$

از دیاگرام مشاهده می‌شود که در منطقه سالم قرار داریم:



شکل ۲-۲۶

اگر بخواهیم حجم تغذیه را کوچکتر کنیم تا راندمان را افزایش دهیم، می‌توانیم نسبت‌های دیگر را نیز چک کنیم.

سعی دوم: با فرض $X = \frac{M_r}{M_c} = ۱/۲$ نتیجه می‌دهد:

$$M_r = ۱/۲\times ۳/۰۷۷ = ۳/۶۹\,cm$$

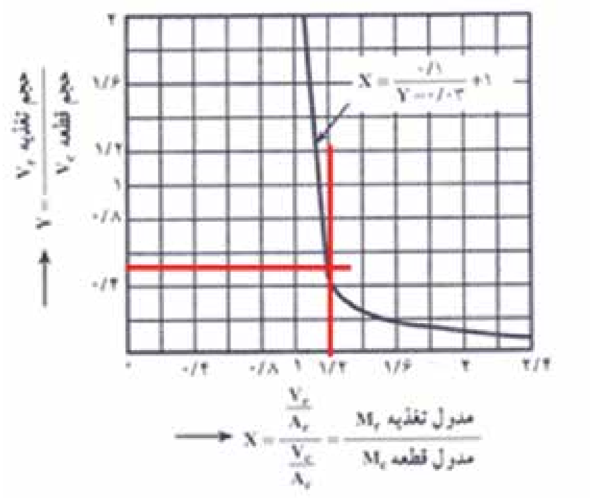
و با فرض تغذیه استوانه‌ای با نسبت H به D برابر ۱:

$$D = ۶\times M_r = ۶\times ۳/۶۹ = ۲۲/۱۵\,cm$$

پس:

$$V_r = ۰/۷۸۵D^۳ = ۰/۷۸۵\times ۲۲/۱۵^۳ = ۸۵۳۵/۲۶۶\,cm^۳ \Rightarrow Y = \frac{V_r}{V_c} = \frac{۸۵۳۵/۲۶۶}{۱۶۰۰۰} = ۰/۵۳۳$$

از دیاگرام مشاهده می‌شود که در منطقه سالم قرار داریم:



شکل۳-۲۶

با توجه به ابعاد کمتر تغذیه این ابعاد مطلوب‌تر از حالت قبلی می‌باشد.

چنانچه گفته شد در این روش با سعی‌های بیشتر می‌توان ابعاد دیگری برای تغذیه بدست آورد و با توجه به شرایط کاری ابعاد مطلوب را انتخاب نمود.

حل تکلیف:

۱ـ $V_c = (\frac{a\times b\times c}{۲ab+۲ac+۲bc}) \Rightarrow V_c = \frac{۸۰\times ۲۰\times ۱۰}{۲(۸۰\times ۲۰)+۲(۸۰\times ۱۰)+۲(۲۰\times ۱۰)} \Rightarrow V_c = ۳/۰۷۷cm^۳$

$V_r = \frac{\beta V_c}{R_r-\beta} \Rightarrow V_r = \frac{۳/۰۷۷\times ۲}{۱۸-۲} \Rightarrow V_r = ۰/۳۸cm^۳$

$V_r = ۱۷۹M_r^۳ \Rightarrow M_r^۳ = \frac{V_r}{۱۷۹} \Rightarrow \sqrt[۳]{M_r} = \sqrt[۳]{\frac{V_r}{۱۷۹}} \Rightarrow M_r = \sqrt[۳]{\frac{۰/۳۸}{۱۷۹}} \Rightarrow M_r = ۰/۱۳$

$D_r = ۵/۳۵M_r \Rightarrow D_r = ۵/۳۵\times ۰/۱۳ \Rightarrow D_r = ۰/۶۹cm$

$H = ۸/۰۲M_r \Rightarrow H = ۸/۰۲\times ۰/۱۳ \Rightarrow H = ۱/۰۴cm$

قسمت دوم درس

۲ـ حل تمرین ۴

حالت الف راندمان ۲۲٪ $V_r = \frac{\beta V_c}{R_r-\beta}$

$V_r = \frac{۲۰۰۰\times ۶}{۲۲-۶} \Rightarrow V_r = ۷۵۰$

حالت ب راندمان ۵۶٪

$V_r = \frac{۲۰۰۰\times ۶}{۵۶-۶} \Rightarrow V_r = ۲۴۰$

طبق جدول صفحه ۱۲۵ کتاب محاسبات داریم درصورتی که $H=۱/۵D$ باشد.

$V_r = ۱۷۹M_r^۳ \Rightarrow M_r^۳ = \frac{V_r}{۱۷۹} \Rightarrow \sqrt[۳]{M_r} = \sqrt[۳]{\frac{V_r}{۱۷۹}} \Rightarrow M_r = \sqrt[۳]{\frac{۷۵۰}{۱۷۹}} \Rightarrow M_r = ۱/۶۱$

$$D_r = ۵/۳۵ M_r \Rightarrow D_r = ۵/۳۵ \times ۱/۶۱ \Rightarrow D_r = ۸/۶۱\,cm$$

$$H = ۸/۰۲ M_r \Rightarrow H = ۸/۰۲ \times ۱/۶۱ \Rightarrow H_r = ۱۲/۹۱\,cm$$

طبق جدول صفحه ۱۲۵ کتاب محاسبات داریم درصورتی که H=D باشد.

$$V_r = ۱۶۹ M_r^{۳} \Rightarrow M_r^{۳} = \frac{V_r}{۱۶۹} \Rightarrow \sqrt[۳]{M_r} = \sqrt[۳]{\frac{V_r}{۱۶۹}} \Rightarrow M_r = \sqrt[۳]{\frac{۲۴۰}{۱۶۹}} \Rightarrow M_r = ۱/۱۲$$

$$D_r = H_r = ۶M_r \Rightarrow D_r = H_r = ۶ \times ۱/۱۲ \Rightarrow D_r = H_r = ۶/۷۲\,cm$$

قسمت سوم درس

در کلاس به کمک هنرجویان تمرین‌های ۶ و ۷ حل گردد. اشکالات هنرجویان در کلاس پاسخ داده شده و فصل دوره گردد.

تعاریف برگزیده فصل ششم

۱ـ کاهش حجمی اغلب فلزات و آلیاژها هنگام انجماد باعث چه عیوبی در قطعه ریختگی می‌گردد و چگونه می‌توان این عیوب را برطرف کرد؟ صفحه ۱۲۰ خط سوم

۲ـ حجم و اندازه تغذیه به چه عواملی بستگی دارد؟ صفحه ۱۲۰ خط آخر و صفحه ۱۲۱ خط اول

۳ـ دو وظیفه اصلی در مورد حجم و اندازه تغذیه کدام است؟ صفحه ۱۲۱ خط ۲ تا ۴

۴ـ براساس رابطه چورنیف چه شرطی باید بین زمان انجماد تغذیه و قطعه و همچنین مدول تغذیه و قطعه برقرار باشد؟ صفحه ۲۲ رابطه ۷ـ۶

۵ـ چرا سطح مشترک تغذیه و قطعه باید از محاسبات سطوح کلی کسر شود؟ صفحه ۱۲۳ خط سوم از آخر

۶ـ رابطه راندمان تغذیه را نوشته، اجزای آنرا بنویسید؟ صفحه ۱۲۸ رابطه ۸ـ۶

۷ـ از طریق منحنی کاین چگونه حجم تغذیه محاسبه می‌شود توضیح دهید؟

قسمت چهارم درس

طبق معمول، پس از پایان هر فصل امتحانی از آن فصل گرفته می‌شود، بنابراین پس از استقرار هنرجویان در برگه‌های A۴ تهیه شده از قبل آزمون کلاسی از فصل ششم گرفته می‌شود.

نام و نام خانوادگی .... زمان ۶۰ دقیقه استفاده از ماشین‌حساب مجاز است
۱ـ برای قطعه ای مکعبی از فولاد به ابعاد ۱۰×۱۰×۵۰ سانتی‌متر که باید به روش ریخته‌گری تهیه گردد. ۸ نمره
الف) محاسبه مدول تغذیه به قطعه
ب) محاسبه مدول تغذیه و قطعه

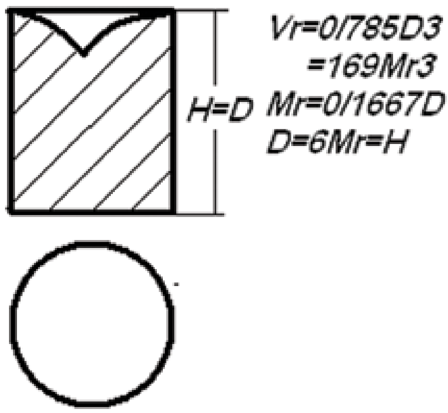
ج) محاسبه ابعاد تغذیه

د) محاسبه حجم تغذیه

درصورتی که $\frac{t_r}{t_c}=۱/۴۴$ $\qquad H=۱/۵D$

۲ـ مطلوبست تعیین حداقل حجم تغذیه لازم برای قطعه‌ای به حجم ۲۰۰۰ سانتی‌متر مکعب ۴ نمره

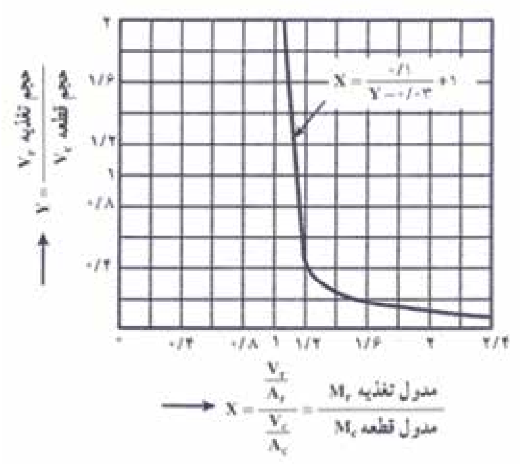
$\frac{H_r}{D_r}=۱ \qquad R_r=۵۶\% \qquad \beta=۶\%$



شکل۴-۲۶

۳ـ برای قطعه‌ای استوانه‌ای شکل از فولاد ساده کربنی به قطر ۲۴ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر از یک استوانه‌ای به نسبت $\frac{H_r}{D_r}=۱/۵$ استفاده شده است با استفاده از روش کاین ابعاد این تغذیه را حساب کنید. معادله منحنی کاین این فولاد به شکل زیر می باشد.

۵ نمره $\qquad X=\frac{۰/۱}{y-۰/۰۳}+۱$



شکل۵-۲۶

۴ـ حجم و اندازه تغذیه به چه عواملی بستگی دارد؟ ۱ نمره

۵ـ دو وظیفه اصلی در مورد حجم و اندازه تغذیه کدام است؟ ۱ نمره

۶ـ براساس رابطه چورنیف چه شرطی باید بین زمان انجماد تغذیه و قطعه و همچنین مدول تغذیه و قطعه برقرار باشد؟ ۱ نمره

قسمت پنجم درس: حل امتحان کلاسی

۱-

الف)

$$\frac{t_r}{t_c}=۱/۴۴ \text{ یعنی } \Rightarrow \frac{t_r}{t_c}=(\frac{M_r}{M_c})^۲ \Rightarrow (\frac{M_r}{M_c})^۲=۱/۴۴$$

$$\sqrt{(\frac{M_r}{M_c})^۲}=\sqrt{۱/۴۴} \Rightarrow \frac{M_r}{M_c}=۱/۲ \Rightarrow M_r=۱/۲M_c \qquad ۱$$

ب)

$$M_c=\frac{V_c}{A_c} \;\; ۰/۵ \Rightarrow \frac{۵\times۱۰\times۱۰}{۲(۱۰\times۵)+۲(۱۰\times۵)+۲(۱۰\times۱۰)} \;\; ۰/۵ \;\; \Rightarrow M_c=\frac{۵۰۰}{۴۰۰} \Rightarrow M_c=۱/۲۵cm \;\; ۱$$

$$M_r=۱/۲M_c \;\; ۰/۵ \Rightarrow M_r=۱/۲\times۱/۲۵ \Rightarrow M_r=۱/۵cm \;\; ۰/۵$$

ج)

$$M_r=\frac{V_r}{A_r} \;\; ۰/۵ \Rightarrow M_r=\frac{\pi\frac{D^۲}{۴}\times H}{۲\pi\frac{D^۲}{۴}+\pi DH} \Rightarrow \frac{H}{D}=۱/۵ \Rightarrow H=۱/۵D$$

$$M_r=\frac{\pi\frac{D^۲}{۴}\times۱/۵D}{۲\pi\frac{D^۲}{۴}+\pi D\times۱/۵D} \Rightarrow M_r=\frac{۱/۵\,\pi\frac{D^۳}{۴}}{۲\pi\frac{D^۲}{۴}+۱/۵\pi D^۲}$$

$$M_r=\frac{\frac{۱/۵\pi D^۳}{۴}}{\frac{۲\pi D^۲}{۴}+\frac{۴\times۱/۵\pi D^۲}{۴}} \Rightarrow M_r=\frac{\frac{۱/۵\,\pi D^۳}{۴}}{\frac{۸\pi D^۲}{۴}} \Rightarrow M_r=\frac{۱/۵D}{۸} \Rightarrow M_r=۱/۵cm \;\; ۱$$

$$۱/۵=\frac{۱/۵D}{۸} \Rightarrow D=\frac{۸\times۱/۵}{۱/۵} \Rightarrow D=۸cm \text{ قطر تغذیه } ۰/۵$$

$H = ۱/۵D \Rightarrow H = ۱/۵ \times ۸ \; H = ۱۲cm$ ارتفاع تغذیه ۰/۵

$$V_r = \frac{\pi D^۲}{۴} \times H = ۰/۵ \quad \Rightarrow V_r = \frac{۳/۱۴ \times ۸^۲}{۴} \times ۱۲ \Rightarrow V_r = ۶۰۲/۹cm^۳$$ حجم تغذیه ۱

۲

$$V_r = \frac{\beta V_c}{R_r - \beta} \; ۱ \quad \Rightarrow V_r = \frac{۲۰۰۰ \times ۶}{۵۶ - ۶} \Rightarrow V_r = ۲۴۰ \;\; ۰/۵$$

$$V_r = ۱۶۹M_r^۳ \;\; ۰/۵ \quad \Rightarrow M_r^۳ = \frac{V_r}{۱۶۹} \;\; ۰/۵ \quad \Rightarrow \sqrt[۳]{M_r} = \sqrt[۳]{\frac{V_r}{۱۶۹}} \Rightarrow M_r = \sqrt[۳]{\frac{۲۴۰}{۱۶۹}} \Rightarrow M_r = ۱/۱۲ \;\; ۰/۵$$

$$D_r = H_r = ۶M_r \Rightarrow D_r = H_r = ۶ \times ۱/۱۲ \Rightarrow D_r = H_r = ۶/۷۲cm \;\; ۱$$

راه دوم

$$V_r = ۰/۷۸۵D^۳ \;\; ۰/۵ \Rightarrow ۲۴۰ = ۰/۷۸۵D^۲ \Rightarrow \sqrt[۳]{D} = \sqrt[۳]{\frac{۲۴۰}{۰/۷۸۵}} \;\; ۱$$

$$D = ۶/۷۲cm \;\; ۰/۵ \quad H = D = ۶/۷۳cm \;\; ۰/۵$$

۳

درصورتی‌که پاسخ نهایی داده شده (ابعاد تغذیه) به نحوی باشد که با محاسبه X و Y در منطقه سالم منحنی کاین باشد تمام نمره را می‌گیرد. در غیر این صورت برای مراحل تعیین X، ۱ نمره و برای تعیین Y، ۲ نمره در نظر گرفته شود. به شرط اینکه با اعداد فرضی خود هنرجو مراحل محاسبات صحیح انجام شده باشد.

۴ـ بستگی به ویژگی‌های آلیاژ، درجه حرارت بارریزی، شکل قطعه ریختگی و نوع قالب دارد.

۵ـ اول اینکه تغذیه باید بتواند قطعات سالم و بدون عیب ایجاد کند. دوم اینکه حداقل مقدار ممکن را داشته باشد.

۶ـ $\frac{t_r}{t_c} = (\frac{M_r}{M_c})^۲$