محاسبات مربوط به اصول و مبانی کاربردی در ریخته‌گری

حرارت

در این قسمت کاربردهایی از مباحث حرارت و گرما در حل مسائل مربوط به ریخته‌گری و ذوب فلزات آورده شده است.

واحدهای درجه حرارت

الف) درجه‌بندی سلسیوس ($^{\circ}C$)

ب) درجه‌بندی فارنهایت ($^{\circ}F$)

ج) درجه‌بندی کلوین ($^{\circ}K$)

جدول ۱ـ تبدیل واحدهای درجه حرارت به یکدیگر

الف) رابطهٔ بین درجه‌بندی فارنهایت و سلسیوس	$\frac{(\theta_F - ۳۲)}{۱۸۰} = \frac{\theta_C}{۱۰۰}$ $\Rightarrow \theta_F = ۱/۸\theta_C + ۳۲$ یا $\theta_F = \frac{۹}{۵}\theta_C + ۳۲$ θ_C: درجه سلسیوس، θ_F: درجه فارنهایت
ب) رابطه بین درجه‌بندی کلوین و سلسیوس	$T_K = \theta_C + ۲۷۳/۱۵$ T_K: درجه کلوین

مثال: ۴۰ درجه سلسیوس چند درجهٔ فارنهایت و چند درجهٔ کلوین است؟

حل:

$\theta_F = ۱/۸\,\theta_C + ۳۲ \Rightarrow \theta_F = ۱/۸ \times ۴۰ + ۳۲ = ۱۰۴^{\circ}F$

$T_K = \theta_C + ۲۷۳/۱۵ \Rightarrow T_K = ۴۰ + ۲۷۳/۱۵ = ۳۱۳/۱۵^{\circ}K$

فعالیت کلاسی

۱۰۵ درجهٔ فارنهایت چند درجهٔ کلوین و چند درجهٔ سلسیوس است؟

نکته

به‌طور کلی برای تبدیل درجه فارنهایت به کلوین و برعکس، بهتر است ابتدا فارنهایت به سلسیوس و سپس سلسیوس به کلوین تبدیل شود و برعکس.

$\theta_F \rightleftarrows \theta_C \rightleftarrows T_K$

مثال: ۳۷۳/۱۵ درجه کلوین چند درجهٔ فارنهایت است؟

حل: برای حل این مثال ابتدا باید درجهٔ کلوین را به درجهٔ سلسیوس تبدیل کنیم و سپس آن را به درجه فارنهایت تبدیل کنیم که به‌صورت زیر می‌باشد:

$T_K = \theta_C + ۲۷۳/۱۵$

$۳۷۳/۱۵ = \theta_C + ۲۷۳/۱۵ \Rightarrow \theta_C = ۳۷۳/۱۵ - ۲۷۳/۱۵$

$\Rightarrow \theta_C = ۱۰۰^\circ C$

$\theta_F = ۱/۸\,\theta_C + ۳۲$

$\Rightarrow \theta_F = ۱/۸\,(۱۰۰) + ۳۲ \Rightarrow \theta_F = ۲۱۲^\circ F$

فعالیت کلاسی

۳۹۲ درجهٔ فارنهایت چند درجهٔ کلوین است؟

تمرین

جدول زیر را کامل کنید. **نقطهٔ ذوب**

فلز	°C	°K	°F
مس	۱۰۸۳		
طلا		۱۳۳۷	
سرب	۳۲۷/۳۵		
قلع			۴۴۹/۶

گرمای ویژه (C) و گرمای نهان گداز (λ)

ـ گرمای ویژه: گرمای ویژه عبارت است از مقدار گرمایی که دمای واحد جرم جسم را یک درجهٔ سلسیوس‌افزایش می‌دهد و آن را با حرف C نشان می‌دهند.

گرمای ویژه $C=\frac{Q}{m\Delta\theta}\Rightarrow \boxed{Q=mC\Delta\theta}\leftrightarrow$ رابطه گرما

که در رابطهٔ فوق:

C گرمای ویژه، Q مقدار گرمای داده شده به جسم، m جرم جسم و $\Delta\theta$ اختلاف دما می‌باشد.

واحدهای گرمای ویژه (C): واحدهای گرمای ویژه با توجه به رابطه آن و واحدهای Q، m و $\Delta\theta$ تعیین می‌شود که به‌صورت زیر می‌باشد.

$$\text{واحد گرمای ویژه} = \frac{\text{واحد گرما}}{\text{واحد جرم} \times \text{واحد درجه حرارت}} = \frac{cal}{gr.^{\circ}C} \text{ یا } \frac{Kcal}{kg.^{\circ}C}$$

واحدهای گرمای ویژه در سیستم SI: $\frac{J}{kg.^{\circ}K}=\frac{J}{kg.^{\circ}C}$

نکته

با توجه به اینکه گرمای ویژه اجسام در دماهای مختلف برابر نیست، بنابراین در محاسبات و حل مسائل مقدار متوسط آن ($\overline{C}$) را منظور می‌کنند.

ـ گرمای نهان‌گداز: گرمای نهان‌گداز (ذوب) عبارت است از مقدار گرمایی که واحدجرم جسم جامد در نقطه ذوب خود و در فشار یک اتمسفر می‌گیرد تا به حالت مایع درآید و آن را با حرف λ نشان می‌دهند که رابطه آن به‌صورت زیر می‌باشد:

$$Q_{\lambda}=m.\lambda\Rightarrow\lambda=\frac{Q_{\lambda}}{m}$$

که در رابطه فوق:

Q_{λ} گرمای لازم در دامنه ذوب، m جرم جسم و λ گرمای نهان‌گداز جسم می‌باشد.

واحدهای گرمای نهان‌گداز: طبق رابطه گرمای نهان‌گداز، واحدهای آن به واحد Q_{λ} و m بستگی دارد که به‌صورت زیر می‌باشند:

$$\lambda=\frac{cal}{kg},\ \frac{Kcal}{kg},\ \frac{J}{kg},\ \frac{kJ}{kg}$$

مثال: برای اینکه دمای ۲۵ کیلوگرم آلومینیوم را از دمای محیط $\theta_i=25^{\circ}C$ تا دمای ذوب $\theta_m=660^{\circ}C$ برسانیم. چه مقدار گرما برحسب کیلوکالری لازم است؟ درصورتی که گرمای ویژهٔ متوسط آلومینیوم جامد در این فاصله دمایی $\overline{C}=0/24\frac{cal}{gr.^{\circ}C}$ باشد.

حل: داده‌ها و خواسته:

خواسته	داده‌ها
$Q = ?\ Kcal$	$m = ۲۵kg$ $\theta_i = ۲۵^\circ C$ $\theta_m = ۶۶۰^\circ C$ $\overline{C} = ۰/۲۴ \frac{cal}{gr.^\circ C}$

با توجه به واحد $\overline{C}$ باید ابتدا واحد جرم را به گرم تبدیل کنیم تا گرما برحسب کالری به‌دست آید.

$$Q = m\overline{C}(\theta_m - \theta_i) \Rightarrow Q = ۲۵۰۰۰ \times ۰/۲۴(۶۶۰ - ۲۵) = ۳۸۱۰۰۰۰cal = ۳۸۱۰Kcal$$

مثال: محاسبه کنید مقدار گرمایی را که لازم است تا ۲۵ کیلوگرم آلومینیوم را از نقطهٔ آغاز ذوب تا پایان ذوب برساند. در صورتی که گرمای نهان گداز آلومینیوم $\lambda = ۹۱ \frac{cal}{gr}$ باشد.

حل: داده‌ها و خواسته:

خواسته	داده‌ها
$Q = ?\ Kcal$	$m = ۲۵kg$ $\lambda = ۹۱ \frac{cal}{gr}$

چون فلز از نقطه آغاز ذوب تا پایان ذوب گرم می‌شود، از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$Q = m\lambda = ۲۵۰۰۰ \times ۹۱ \Rightarrow Q = ۲۲۷۵۰۰۰cal = ۲۲۷۵\ Kcal$$

مثال: مقدار گرمایی را که لازم است تا ۲۵ کیلوگرم آلومینیوم را از نقطه ذوب $۶۶۰^\circ C$ به دمای فوق ذوب (دمای بارریزی) $۷۵۰^\circ C$ برساند را محاسبه کنید. درصورتی که گرمای ویژه متوسط حالت مذاب آلومینیوم $\overline{C}' = ۰/۲۶ \frac{cal}{gr.^\circ C}$ باشد.

نکته

با توجه به تساوی زیر، می‌توان بدون تبدیل واحد، مقدار گرمای لازم را مستقیماً برحسب Kcal محاسبه کرد. $۱ \frac{Kcal}{kg.^\circ C} = ۱ \frac{cal}{gr.^\circ C}$

حل: داده‌ها و خواسته:

خواسته	داده‌ها
$Q = ?\ Kcal$	$m = ۲۵kg$
	$\overline{C}' = ۰/۲۶ \frac{cal}{gr.^\circ C}$
	$\theta_m = ۶۶۰^\circ C$
	$\theta_p = ۷۵۰^\circ C$

به دلیل آنکه فلز از نقطه ذوب تا فوق ذوب گرم می‌شود، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Q = m\overline{C}'(\theta_p - \theta_m)$$

$$Q = ۲۵ \times ۰/۲۶(۷۵۰ - ۶۶۰)$$

$$\Rightarrow Q = ۵۸۵\ Kcal$$

نکته

با توجه به مثال‌های بالا نتیجه می‌گیریم که اگر مقدار گرماهای به‌دست آمده از هر مرحله ذوب را با هم جمع کنیم مقدار کل گرمای لازم برای ذوب و ریخته‌گری مطابق رابطه کلی گرما به‌دست می‌آید. که برای مثال‌های فوق به‌صورت زیر می‌باشد:

$\overline{C}$ = گرمای ویژه متوسط در حالت جامد

$\overline{C}'$ = گرمای ویژه متوسط در حالت مذاب

$$Q = \underbrace{m\overline{C}(\theta_m - \theta_i)}_{Q_۱} + \underbrace{m\lambda}_{Q_۲} + \underbrace{m\overline{C}'(\theta_p - \theta_m)}_{Q_۳}$$

$$\Rightarrow Q = Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ = ۳۸۱۰ + ۲۲۷۵ + ۵۸۵$$

$$\Rightarrow Q = ۶۶۷۰\ Kcal$$

کل گرمای لازم جهت ذوب و ریخته‌گری ۲۵kg آلومینیوم

فعالیت کلاسی

۱ مطلوبست محاسبه و تعیین مقدار حرارت لازم بر حسب کیلوکالری برای رسیدن به نقطه ذوب هر کیلوگرم از نوعی چدن خاکستری با نقطه ذوب $۱۱۸۰^\circ C$ در صورتی که دمای محیط $۲۵^\circ C$ و گرمای ویژه متوسط چدن خاکستری $۰/۱۳۵ \frac{cal}{gr.^\circ C}$ باشد.

۲ جهت رساندن دمای ۴۵ کیلوگرم مس از نقطهٔ ذوب $۱۰۸۳^\circ C$ به دمای فوق ذوب $۱۲۱۳^\circ C$، چه مقدار گرما برحسب کالری و کیلوکالری لازم است؟ درصورتی که گرمای ویژه متوسط مس مذاب $\overline{C}' = ۰/۰۹۳ \frac{cal}{gr.^\circ C}$ باشد.

محاسبه ابعاد مدل

با معلوم بودن ابعاد قطعه ریختگی و همچنین درصد اضافه مجاز انقباض خط (٪S) به سهولت می‌توان با استفاده از رابطه زیر ابعاد مدل را تعیین کرد.

$$a_m = a_c(۱+\frac{٪S}{۱۰۰})$$

که در رابطه فوق: a_c و a_m به ترتیب برابر با اندازه قطعه ریختگی و اندازه مدل (یا قالب) برحسب cm یا mm است.

مثال: چنانچه درصد اضافه مجاز انقباض نوعی آلیاژ برنج برابر با ٪۱/۷۶ و طول قطعه ریختگی آن ۶۰cm باشد، اندازه طول مدل را برحسب میلی‌متر محاسبه کنید.

حل: داده‌ها و خواسته:

خواسته	داده‌ها
$a_m = ?\ mm$	$٪S = ۱/۷۶$ $a_c = ۶۰cm$

اندازه طول مدل از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$a_m = a_c(۱+\frac{٪S}{۱۰۰})$$

$$a_m = ۶۰(۱+\frac{۱/۷۶}{۱۰۰}) = ۶۰\times ۱/۰۱۷۶ = ۶۱/۰۵۶cm = ۶۱۰/۵۶mm$$

$$\Delta L = a_m - a_c \Rightarrow \Delta L = ۶۱/۰۵۶ - ۶۰ = ۱/۰۵۶cm = ۱۰/۵۶mm$$

یعنی طول مدل به اندازه ۱۰/۵۶ میلی‌متر باید بزرگ‌تر درنظر گرفته شود تا پس از انجماد طول ۶۰ cm یا ۶۰۰ mm اوّلیه را داشته باشیم.

فعالیت کلاسی

چنانچه درصد اضافه مجاز انقباض نوعی آلیاژ، آلومینیوم برابر با ٪۱/۴ و طول قطعه ریختگی آن ۵۰cm باشد. اختلاف اندازهٔ طول مدل و قطعه را برحسب میلی‌متر محاسبه کنید.

نکته

از آنجایی که در رابطه $a_m = a_c(۱+\frac{٪S}{۱۰۰})$، عبارت $(۱+\frac{٪S}{۱۰۰})$ عددی ثابت است بنابراین برای محاسبه راحت‌تر ابعاد مدل می‌توان آن را به‌طور مجزا محاسبه کرده و با ضرب کردن آن در ابعاد قطعه، ابعاد مدل را به‌دست آورد.

محاسبهٔ جرم قطعه ریختگی

در عملیات ذوب و ریخته‌گری، دانستن جرم مذاب لازم به لحاظ سرعت بخشیدن به تولید و همچنین مسائل اقتصادی امری لازم و ضروری می‌باشد. به همین علت ابتدا جرم قطعات ریختگی مورد نیاز را محاسبه کرده و سپس با محاسبهٔ زوایدی نظیر سیستم راهگاهی، تغذیه‌ها، اتلافات ذوب، اضافات ریخته‌گری و... که معمولاً برحسب درصد به جرم قطعه ریختگی اضافه می‌شوند، میزان شارژ مورد نیاز کوره را تعیین می‌کنند.

روش‌های محاسبه جرم قطعه ریختگی

به‌طور کلی جرم قطعات ریختگی را می‌توان با صرف‌نظر کردن و یا با در نظر گرفتن ضریب انقباض خطی محاسبه کرد. که در هر دو حالت فوق می‌توان بسته به نوع قطعه (ساده یا ماهیچه‌دار)، جرم قطعه را به کمک جرم مدل و یا به کمک نقشه فنی محاسبه کرد.

الف) محاسبه جرم قطعه ریختگی به کمک جرم مدل: جرم قطعاتی که قالب‌گیری آنها احتیاج به ماهیچه‌گذاری ندارد از روی نسبت چگالی قطعه به چگالی مدل محاسبه می‌شود. این در صورتی است که حجم مدل و حجم قطعه یکسان فرض شده و از انقباض قطعه صرف‌نظر شود؛ در این صورت:

$$\frac{\text{جرم قطعه}}{\text{جرم مدل}} = \frac{\text{چگالی قطعه}}{\text{چگالی مدل}} = \frac{m_C}{m_M} = \frac{\rho_C}{\rho_M}$$

در عمل چون جرم مدل در دست است بنابراین جرم قطعه ریخته شده را می‌توان پیش‌بینی کرد و با ضرب کردن جرم مدل در نسبت چگالی قطعه به چگالی مدل مقدار آن تعیین می‌شود.

$$\text{جرم قطعه ریخته شده} = \text{جرم مدل} \times \frac{\text{چگالی قطعه}}{\text{چگالی مدل}} = m_C = m_M \times \frac{\rho_C}{\rho_M}$$

مثال: جرم یک مدل چوبی به چگالی $۰/۶۵ \frac{gr}{cm^۳}$ ، $۷/۴kg$ است. در صورتی که قالب‌گیری ساده و بدون ماهیچه‌گذاری و ریخته‌گری قالب از آلیاژ برنج به چگالی $۸/۴۴ \frac{gr}{cm^۳}$ باشد و از کلیه انقباض‌ها صرف‌نظر شود، جرم قطعه ریختگی را محاسبه کنید.

حل: داده‌ها و خواسته:

خواسته	داده‌ها
	$m_M = ۷/۴\ kg$
	$\rho_M = ۰/۶۵ \frac{gr}{cm^۳}$
$m_C = ?kg$	
	$\rho_C = ۸/۴۴ \frac{gr}{cm^۳}$

جرم قطعه ریختگی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$m_C = m_M \times \frac{\rho_C}{\rho_M} = ۷/۴ \times \frac{۸/۴۴}{۰/۶۵} \Rightarrow m_C = ۹۶kg$$

فعالیت کلاسی

جرم یک مدل آلومینیومی به چگالی $\frac{gr}{cm^3}$ ۲/۷، ۱۰ کیلوگرم است. در صورتی که قالب‌گیری ساده و بدون ماهیچه‌گذاری و ریخته‌گری قالب از نوعی فولاد به چگالی $\frac{gr}{cm^3}$ ۷/۸ باشد و از کلیه انقباض‌ها صرف‌نظر شود، جرم قطعه ریختگی را محاسبه کنید.

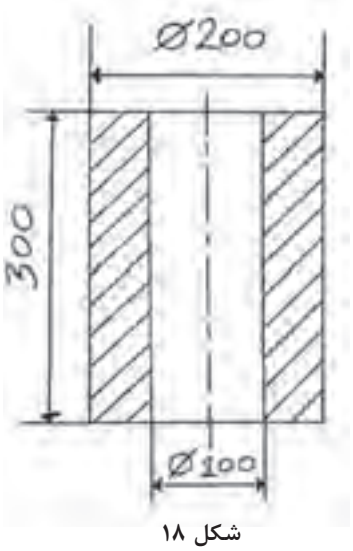
ب) محاسبهٔ جرم قطعه ریختگی به کمک نقشه فنی: جرم قطعات ریختگی را می‌توان به کمک نقشه فنی نیز محاسبه کرد که این روش اکثراً در مورد قطعات ماهیچه‌دار و توخالی به‌کار می‌رود. بدین صورت که با در دست داشتن حجم و چگالی قطعات به سهولت می‌توان جرم آن را به دست آورد. به‌طوری که حاصل‌ضرب حجم قطعه موردنظر در چگالی آن، جرم قطعه را مشخص می‌کند. یعنی:

$$m = V \times \rho$$

که در رابطه فوق: m جرم قطعه برحسب gr یا kg، Vحجم قطعه برحسب cm^3 یا dm^3 و ρ چگالی قطعه برحسب $\frac{gr}{cm^3}$ یا $\frac{kg}{dm^3}$ می‌باشد.

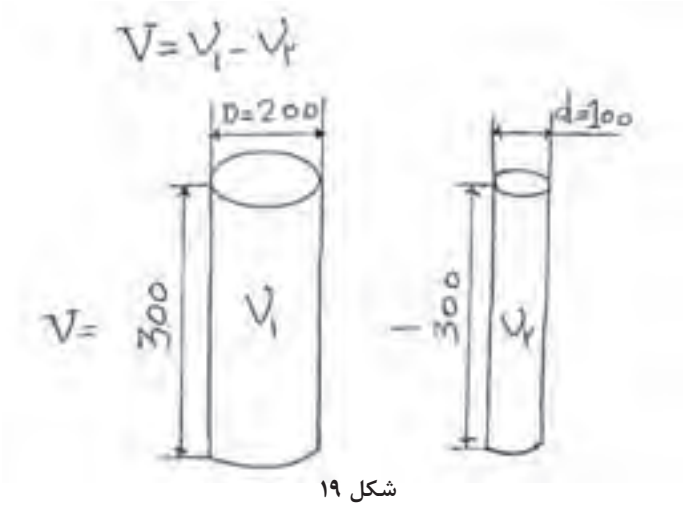
مثال: قطعه‌ای از نوعی فولاد با چگالی $\frac{gr}{cm^3}$ ۷/۷ مطابق نقشه فنی زیر در دست است، مطلوبست محاسبه و تعیین جرم ۲۵ قطعه از آن برحسب کیلوگرم.

حل: ابتدا حجم قطعه را از روی نقشه فنی محاسبه کرده و سپس با استفاده از رابطه $m = V \times \rho$ جرم قطعه را به‌دست می‌آوریم.



شکل ۱۸

محاسبه حجم قطعه: ابتدا شکل را به دو استوانه تفکیک می‌کنیم به‌طوری که از داخل استوانه‌ای به قطر ۲۰۰mm استوانه‌ای به قطر ۱۰۰mm خالی شده باشد.



شکل ۱۹

$V=V_۱-V_۲$

$$V = V_۱ - V_۲ \Rightarrow V = \frac{D^۲\pi}{۴}\times h - \frac{d^۲\pi}{۴}\times h$$

$$V = \frac{۲۰۰^۲\times ۳/۱۴}{۴}\times ۳۰۰ - \frac{۱۰۰^۲\times ۳/۱۴}{۴}\times ۳۰۰$$

$$\Rightarrow V = ۹۴۲۰۰۰۰ - ۲۳۵۵۰۰۰ = ۷۰۶۵۰۰۰ mm^۳ = ۷۰۶۵ cm^۳$$

جرم قطعه $m = V\times\rho \Rightarrow m = ۷۰۶۵\times ۷/۷ = ۵۴۴۰۰/۵ gr \simeq ۵۴/۴ kg$

چون جرم ۲۵ قطعه خواسته شده است درنتیجه:

$۲۵\times ۵۴/۴ = ۱۳۶۰ kg$

نکته

درصورتی که در مثال بالا چگالی مدل را داشته باشیم و از تمامی انقباض‌ها صرف‌نظر شود می‌توانیم جرم مدل را نیز محاسبه کنیم که در این صورت حجم قطعه با حجم مدل یکسان درنظرگرفته می‌شود. یعنی: $V_C = V_M$

مثال: در مثال صفحهٔ قبل درصورتی که چگالی مدل چوبی $۰/۶۵ \frac{gr}{cm^۳}$ باشد، جرم آن را برحسب کیلوگرم محاسبه کنید.

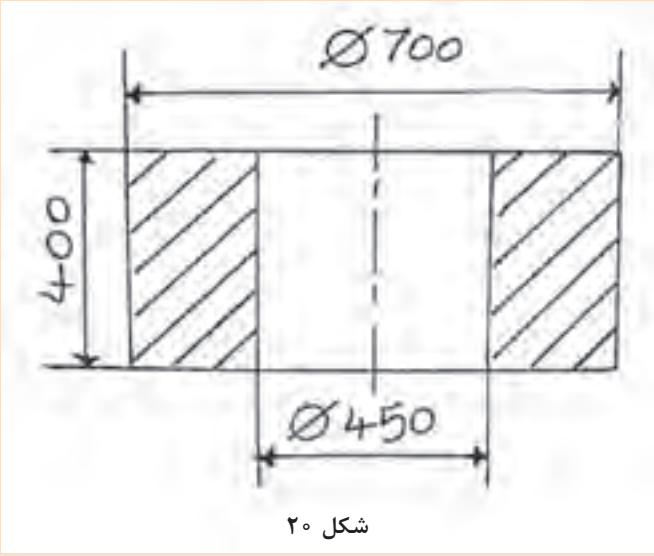
حل: با توجه به اینکه $V_C = V_M$ یکسان در نظر گرفته می‌شود لذا می‌توان نوشت:

$m_M = V\times\rho_M = m_M = ۷۰۶۵\times ۰/۶۵ = ۴۵۹۲/۲۵ gr \simeq ۴/۵ kg$

فعالیت کلاسی

قطعه‌ای از جنس آلومینیوم با چگالی $۲/۷ \frac{gr}{cm^۳}$ مطابق نقشه فنی زیر در اختیار داریم، مطلوبست محاسبه و تعیین جرم ۲۰ قطعه از آن برحسب کیلوگرم.

چنانچه در این فعالیت، چگالی مدل چوبی $۰/۷ \frac{gr}{cm^۳}$ باشد جرم آن را برحسب کیلوگرم محاسبه کنید.



شکل ۲۰

نکته

در صورتی که انقباضات قطعه در نظر گرفته شود. می‌توان با در نظر گرفتن ضریب انقباض خطی و جرم قطعه ریختگی را با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه کرد.

$$m_C = V_M(۱-۳\overline{\alpha}\Delta\theta)\rho_C$$

که در رابطه فوق: m_C و ρ_C به ترتیب جرم و چگالی قطعه، V_M حجم مدل، $\overline{\alpha}$ ضریب انقباض (انبساط) خطی متوسط قطعه و $\Delta\theta$ اختلاف درجه حرارت، از درجه حرارت ذوب (θ_m) تا درجه حرارت محیط (θ_1) می‌باشد که $\Delta\theta = \theta_m - \theta_1$ است.

مثال: جرم یک مدل آلومینیومی با چگالی $۲/۶ \frac{gr}{cm^۳}$ برابر ۱۰ کیلوگرم است. چنانچه قالب‌گیری ساده و بدون ماهیچه‌گذاری و قطعه ریختگی از نوعی فولاد با چگالی $۷/۸ \frac{gr}{cm^۳}$ باشد، جرم قطعه ریختگی را با درنظر گرفتن انقباض از نقطهٔ ذوب ($۱۳۸۰^\circ C$) تا درجه حرارت محیط ($۲۵^\circ C$) به‌دست آورید. درصورتی که ضریب انقباض خطی متوسط فولاد $۱۲\times۱۰^{-۶} \frac{۱}{^\circ C}$ باشد.

حل: داده‌ها و خواسته:

محاسبهٔ جرم قطعه ریختگی با درنظر گرفتن ضریب انقباض خطی با استفاده از رابطه زیر می‌باشد:

خواسته	داده‌ها
فولاد $m_C=?$	$\rho_M = ۲/۶ \frac{gr}{cm^۳}$ $m_M = ۱۰ kg$ $\rho_C = ۷/۸ \frac{gr}{cm^۳}$ $\theta_m = ۱۳۸۰^\circ C$ $\theta_i = ۲۵^\circ C$ $\bar{\alpha} = ۱۲\times۱۰^{-۶} \frac{۱}{^\circ C}$

$$m_C = V_M(۱-۳\bar{\alpha}\Delta\theta)\rho_C$$

$$V_M = \frac{m_M}{\rho_M} = \frac{۱۰}{۲/۶} \Rightarrow V_M = ۳/۸۵ dm^۳$$

$$m_C = ۳/۸۵\ (۱-۳\times۱۲\times۱۰^{-۶}\times(۱۳۸۰-۲۵))\times۷/۸$$

$$\Rightarrow m_C = ۲۸/۵۶ kg$$

فعالیت کلاسی

جرم یک مدل فلزی از آلیاژ منیزیم ـ آلومینیوم با چگالی $۱/۸۲ \frac{gr}{cm^۳}$ برابر است با ۷/۷ کیلوگرم، چنانچه قالب‌گیری ساده و بدون ماهیچه‌گذاری و قطعهٔ ریختگی از یک نوع چدن با چگالی $۷/۲ \frac{gr}{cm^۳}$ باشد، جرم قطعه ریختگی را با درنظر گرفتن انقباض از نقطه ذوب $(۱۲۵۰^\circ C)$ تا درجه حرارت محیط $(۲۵^\circ C)$ به‌دست آورید. درصورتی که ضریب انقباض خطی متوسط چدن $۱۰/۲\times۱۰^{-۶} \frac{۱}{^\circ C}$ باشد.

محاسبات آلیاژسازی (محاسبه عیار آلیاژها)

آلیاژسازی

آلیاژسازی عبارت است از اضافه کردن یک عنصر به عنصر دیگر درحالت مذاب به‌طوری که این عنصر در ترکیب مذاب باقی بماند و با اکسیژن هوا ترکیب نشده و وارد سرباره نشود.

نکته

در آلیاژسازی ترتیب افزودن عناصر آلیاژی دارای اهمیت است که با توجه به پارامترهای: نقطهٔ ذوب، حد حلالیت و فشار بخار انجام می‌شود.

نحوهٔ محاسبات آلیاژسازی

به‌طور کلی در مورد شارژ و نسبت ترکیبی آلیاژها معمولاً از درصد وزنی استفاده می‌شود. به این صورت که جرم کل آلیاژ را ۱۰۰ در نظر می‌گیرند و مقدار اجزای سازنده آلیاژ برحسب جرم آنها به‌صورت درصد بیان می‌شود. برای حل مسائل آلیاژسازی از تناسب استفاده می‌شود.

لازم به ذکر است که محاسبات مربوط به آلیاژسازی می‌تواند به سه حالت زیر باشد:

حالت اوّل: اگر جرم عنصر آلیاژی در دسترس باشد، از روی آن می‌توانیم درصد عنصر آلیاژی (ترکیب آلیاژ) را به‌دست بیاوریم.

مثال: برای تهیهٔ ۴۰ کیلوگرم آلومینیوم ـ سیلیسیم چنانچه ۳ کیلوگرم این آلیاژ را سیلیسیم تشکیل دهد، درصد سیلیسیم و آلومینیوم آلیاژ را محاسبه کنید (محاسبه ترکیب آلیاژ).

حل:

$$\frac{Al-Si}{Si}=\frac{۴۰}{۳}=\frac{۱۰۰}{x}\Rightarrow x=\frac{۳\times۱۰۰}{۴۰}=٪۷/۵$$ درصد Si در آلیاژ

$$\frac{Al-Si}{Al}=\frac{۴۰}{۳۷}=\frac{۱۰۰}{y}\Rightarrow y=\frac{۳۷\times۱۰۰}{۴۰}=٪۹۲/۵$$ درصد Al در آلیاژ

یا: ۱۰۰-۷/۵=٪۹۲/۵

حالت دوم: اگر درصد عنصرآلیاژی در دسترس باشد می‌توانیم از روی آن جرم عنصر آلیاژی را به‌دست بیاوریم.

مثال: برای تهیهٔ ۶۰ کیلوگرم آلیاژ آلومینیوم ـ مس چنانچه ۴/۵ درصد این آلیاژ را مس تشکیل دهد، جرم مس و آلومینیوم را در این آلیاژ محاسبه کنید.

حل:

$$\frac{Al-Cu}{Cu}=\frac{۱۰۰}{۴/۵}=\frac{۶۰}{x}\Rightarrow x=\frac{۴/۵\times۶۰}{۱۰۰}=۲/۷kg$$ جرم مس در آلیاژ

درصد آلومینیوم در آلیاژ : ۱۰۰ - ۴/۵ = ۹۵/۵

$$\frac{Al-Cu}{Al}=\frac{۱۰۰}{۹۵/۵}=\frac{۶۰}{y}\Rightarrow y=\frac{۹۵/۵\times۶۰}{۱۰۰}=۵۷/۳kg$$ جرم آلومینیوم در آلیاژ

یا: ۶۰ - ۲/۷ = ۵۷/۳kg

حالت سوم: در صورتی که ترکیب مشخصی از آلیاژ را بخواهیم و شمش‌های متفاوت یا قراضه‌ها و برگشتی‌های مختلفی با درصدهای متفاوت از عناصر آلیاژی داشته باشیم می‌توانیم با استفاده از محاسبات آلیاژسازی، مشخص کنیم که باید چه مقدار مشخصی از مواد موجود استفاده شود که ترکیب مورد نظر یا خواسته شده

آلیاژ به‌دست آید (در اکثر موارد محاسبات آلیاژسازی به این صورت می‌باشد).

مثال: برای تهیه ۸۰ کیلوگرم آلیاژ آلومینیوم ـ مس با ۳/۵ درصد مس باید از شمش آلومینیوم خالص و آلیاژ ۳۳ـ۶۷ (۶۷ درصد آلومینیوم و ۳۳ درصد مس) استفاده شود. مقدار لازم هر یک را محاسبه کنید:

حل: ابتدا جرم هر یک از عناصر موجود در آلیاژ را به دست می‌آوریم:

$$\frac{Al-Cu}{Cu}=\frac{۱۰۰}{۳/۵}=\frac{۸۰}{x}\Rightarrow x=\frac{۳/۵\times ۸۰}{۱۰۰}=۲/۸kg$$ جرم مس مورد نیاز

جرم آلومینیوم مورد نیاز: ۸۰ - ۲/۸ = ۷۷/۲kg

از آنجایی که مس باید از آلیاژساز تأمین شود بنابراین مقدار آلیاژساز مورد نیاز برابر خواهد بود با:

$$\frac{\text{آلیاژساز}}{Cu}=\frac{۱۰۰}{۳۳}=\frac{x}{۲/۸}\Rightarrow x=\frac{۲/۸\times ۱۰۰}{۳۳}=۸/۴۸kg$$

باید توجه داشت که همراه این ۸/۴۸ کیلوگرم آلیاژساز علاوه بر مس، آلومینیوم نیز وجود دارد بنابراین مقدار آلومینیوم موجود در آلیاژساز عبارت است از:

$$\frac{\text{آلیاژساز}}{Al}=\frac{۱۰۰}{۶۷}=\frac{۸/۴۸}{y}\Rightarrow y=\frac{۶۷\times ۸/۴۸}{۱۰۰}=۵/۶۸kg$$

بنابراین مقدار آلومینیومی که باید از شمش آلومینیوم خالص تأمین شود برابر است با:

۷۷/۲ - ۵/۶۸ = ۷۱/۵۲kg

فعالیت کلاسی

- در تهیهٔ یک نوع آلیاژ مس، ۶۰ کیلوگرم مس خالص و ۱۰ کیلوگرم آلومینیوم استفاده شده است. در صورتی‌که اتلافات مذاب منظور نشود درصد ترکیب آلیاژ را تعیین کنید.
- برای تهیهٔ ۴۰ کیلوگرم آلیاژ آلومینیوم ـ منیزیم چنانچه ۳ درصد این آلیاژ را منیزیم تشکیل دهد، جرم منیزیم و آلومینیوم را در این آلیاژ محاسبه کنید.
- جهت تهیه ۷۰ کیلوگرم آلیاژ آلومینیوم ـ سیلیسیم با ۵ درصد سیلیسیم مواد شارژی زیر در دسترس می‌باشد، تعیین کنید چه مقدار باید از این مواد استفاده شود تا به ترکیب مورد نظر برسیم:

الف) شمش خالص آلومینیوم

ب) آلیاژساز آلومینیوم ـ سیلیسیم ۱۵ ـ ۸۵

نکته

به‌طور کلی در آلیاژسازی به‌منظور پایین آوردن هزینه‌های تولید معمولاً در کنار استفاده از شمش‌های خالص و آمیژان‌ها از قراضه‌های خریداری شده و برگشتی‌های موجود در کارگاه (با آنالیز مشخص عناصر تشکیل‌دهنده آنها) با درصدهای مشخص و معین بسته به شرایط تولید و کیفیت قطعه تولیدی استفاده می‌کنند.

مثال: ۴۸ کیلوگرم از آلیاژ مس و روی با ترکیب ۴۰ درصد روی و ۱۰ کیلوگرم از برگشتی موجود در کارگاه با ترکیب ۲۵ درصد روی با هم ذوب شده‌اند، مطلوب‌است: تعیین درصد روی در آلیاژ جدید.

حل:

جرم کل آلیاژ جدید $۴۸ + ۱۰ = ۵۸kg$

$$\frac{\text{آلیاژ اول}}{\text{روی}} = \frac{۱۰۰}{۴۰} = \frac{۴۸}{x} \Rightarrow x = \frac{۴۰\times۴۸}{۱۰۰} = ۱۹/۲kg$$ جرم روی در آلیاژ اول

$$\frac{\text{برگشتی}}{\text{روی}} = \frac{۱۰۰}{۲۵} = \frac{۱۰}{x'} \Rightarrow x' = \frac{۲۵\times۱۰}{۱۰۰} = ۲/۵kg$$ جرم روی در برگشتی

جرم کل روی در آلیاژ جدید: $۱۹/۲ + ۲/۵ = ۲۱/۷kg$

$$\frac{\text{آلیاژ جدید}}{\text{روی}} = \frac{۵۸}{۲۱/۷} = \frac{۱۰۰}{y} \Rightarrow y = \frac{۲۱/۷\times۱۰۰}{۵۸} = \%۳۷/۴$$ درصد روی در آلیاژ جدید

فعالیت کلاسی

برای تهیه ۱۸۰ کیلوگرم آلیاژ برنج قرمز با ترکیب ۲۰ درصد روی و ۸۰ درصد مس، چندکیلوگرم از شمش و قراضه زیر باید استفاده شود؟

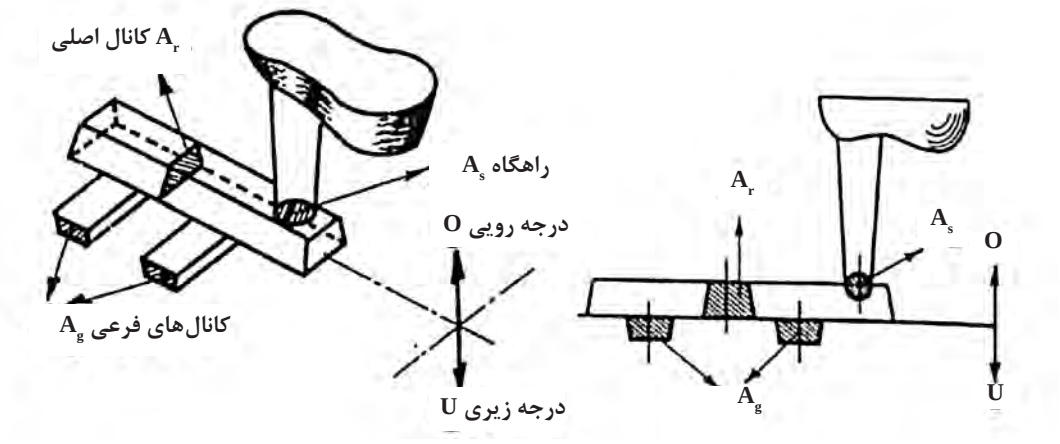
۱ شمش خالص مس با ترکیب ۱۰۰ درصد مس

۲ قراضه برنج با ۵۵ درصد مس و ۴۵ درصد روی

محاسبهٔ سطح مقطع سیستم‌های راهگاهی

در کتاب تولید قطعات فلزی به روش ریخته‌گری با سیستم‌های راهگاهی، اجزا و انواع آن (فشاری ـ غیرفشاری) و نسبت راهگاهی آشنا شدید، بنابراین در این بخش به‌طور مختصر به نحوه محاسبه سطح مقطع سیستم‌های راهگاهی با استفاده از نسبت‌های راهگاهی پرداخته می‌شود.

به‌طور کلی تعیین و محاسبهٔ سطح مقطع راهگاه بارریز، کانال اصلی و کانال‌های فرعی یکی از مهم‌ترین مباحث مورد بحث در طراحی و ساخت قطعات ریخته‌گری می‌باشد. به‌طور کلی این امر در مورد قطعات بزرگ اهمیت زیادتری داشته که بدون در نظر گرفتن اصول آن، ریختن مذاب و تولید قطعات سالم ریختگی غیرممکن است. بنابراین در این قسمت بحث بر تعیین سطح مقطع‌های سیستم راهگاهی استوار است و مسائل مربوط به هیدرولیک سیستم راهگاهی در سال‌های آینده مطالعه خواهد شد. در شکل زیر مقاطع مختلف سیستم راهگاهی نشان داده شده است.



شکل ۲۱

الف) A_s: سطح مقطع راهگاه بارریز است که معمولاً به‌صورت شکل‌های دایره، بیضی، مربع و مستطیل می‌باشد.

ب) A_r: سطح مقطع کانال اصلی است که معمولاً به‌صورت شکل‌های مستطیل، مثلث، ذوزنقه و نیم‌دایره می‌باشد.

ج) A_g: مجموع سطح مقاطع کانال‌های فرعی است که مستقیماً به قالب مرتبط می‌شوند. درصورتی که تمامی آنها هم‌شکل و هم ارز بوده و تعدادشان معلوم و با n نمایش داده شوند می‌توان اندازه مجموع آنها را محاسبه نمود. که معمولاً اشکال آنها مانند شکل‌های سطح مقطع کانال اصلی می‌باشد.

نسبت‌های سطوح مقاطع سیستم راهگاهی

محاسبه و تجربه‌های متعدد نشان داده است که برای عملی شدن یا بهتر نمودن مذاب‌ریزی باید نسبت‌های معینی بین سطح مقطع‌های سیستم راهگاهی وجود داشته باشد به عبارت ریاضی باید:

$$A_s:A_r:A_g = a:b:c$$

مقادیر a، b و c بستگی به جنس مذاب و نوع قالب و عوامل متعدد دیگری دارد. در جدول زیر نسبت‌های راهگاهی مربوط به برخی از فلزات و آلیاژهای صنعتی آورده شده است.

جدول ۲ـ نسبت‌های راهگاهی مربوط به فلزات و آلیاژهای صنعتی

فلز یا آلیاژ	نوع سیستم	نسبت راهگاهی متداول $A_s:A_r:A_g$
فولاد	غیرفشاری غیرفشاری فشاری غیرفشاری —	۱:۲:۱/۵ ۱:۳:۳ ۱:۱:۰/۷ ۱:۲:۲ ۱:۱:۱
چدن خاکستری	غیرفشاری فشاری	۱:۴:۴ ۱:۱/۳:۱/۱
آلومینیوم	غیرفشاری فشاری غیرفشاری	۱:۲:۲ ۱:۴:۴ ۱:۳:۳
برنج (آلیاژ مس ـ روی)	— غیرفشاری	۱:۱:۱ ۱:۱:۳

نکته

لازم به ذکر است که نسبت‌های داده شده در جدول بالا تنها در شرایط خاصی (نظیر نوع قطعه ریختگی، نوع آلیاژ، روش‌های ذوب، نوع قالب و...) مورد استفاده قرار می‌گیرند. یعنی برای یک مورد خاص با مراجعه به جدول‌های موجود در منابع و کتاب‌های ریخته‌گری می‌توان اندازه‌های مطلوب را به‌دست آورد.

مثال: درصورتی‌که نسبت سطح مقطع‌های یک سیستم راهگاهی $A_s:A_r:A_g = ۱:۲:۴$ باشد و مجموع سطوح مقاطع کانال‌های فرعی $۶۵۰\ mm^۲$ باشد، سطح مقطع و قطر راهگاه بارریز را محاسبه کنید.

حل: داده‌ها و خواسته‌ها:

خواسته‌ها	داده‌ها
$A_s = ?$ $d = ?$	$A_s:A_r:A_g = ۱:۲:۴$ $A_g = ۶۵۰\ mm^۲$

با توجه به نسبت‌های راهگاهی داده شده می‌توان چنین نوشت:

$A_s:A_g = ۱:۴$ یا $\frac{A_s}{A_g} = \frac{۱}{۴} = \frac{A_s}{۶۵۰}$

سطح مقطع راهگاه بارریز $\Rightarrow A_s = \frac{۶۵۰ \times ۱}{۴} = ۱۶۲/۵ mm^۲$

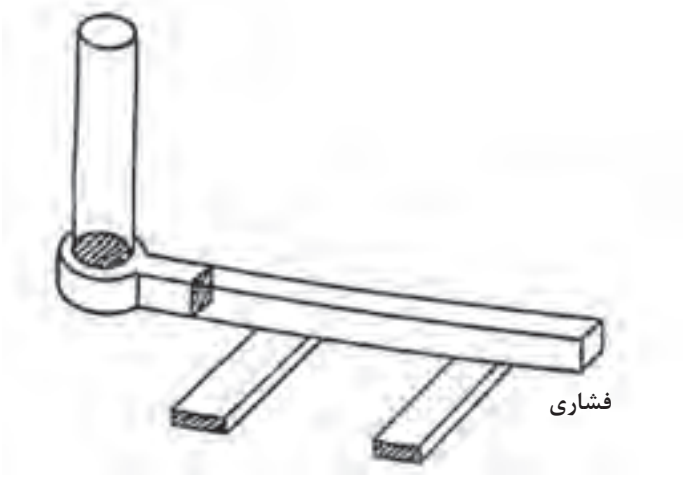
$A_s = \frac{d^۲\pi}{۴} = ۱۶۲/۵ = \frac{d^۲\pi}{۴} \Rightarrow d^۲ = \frac{۱۶۲/۵ \times ۴}{۳/۱۴} = ۲۰۷/۰۰۶$

قطر راهگاه بارریز $d = \sqrt{۲۰۷/۰۰۶} \Rightarrow d = ۱۴/۳۸ mm$

فعالیت کلاسی

در مثال فوق چنانچه نسبت راهگاهی $A_s:A_r:A_g = ۱:۲:۴$ برقرار باشد، سطح مقطع کانال اصلی را محاسبه کنید.

مثال: در سیستم راهگاهی فشاری نشان داده شده در شکل ۲۲، درصورتی که مجموع سطوح مقاطع راهگاهی فرعی $۳۵۰ mm^۲$ باشد بقیه اجزای سیستم راهگاهی (سطح مقطع راهگاه بارریز و کانال اصلی) را برای نسبت داده شده زیر محاسبه کنید.



شکل ۲۲

$A_s:A_r:A_g = ۴:۸:۳$

حل: داده‌ها و خواسته‌ها:

خواسته‌ها	داده‌ها
$A_s = ?$ $A_r = ?$	$A_s:A_r:A_g = ۴:۸:۳$ $A_g = ۳۵۰\,mm^۲$

$$\frac{A_s}{A_g} = \frac{۴}{۳} \Rightarrow \frac{A_s}{۳۵۰} = \frac{۴}{۳}$$

$$A_s = \frac{۳۵۰ \times ۴}{۳} = ۴۶۶/۶۶\,mm^۲$$ سطح مقطع راهگاه بارریز

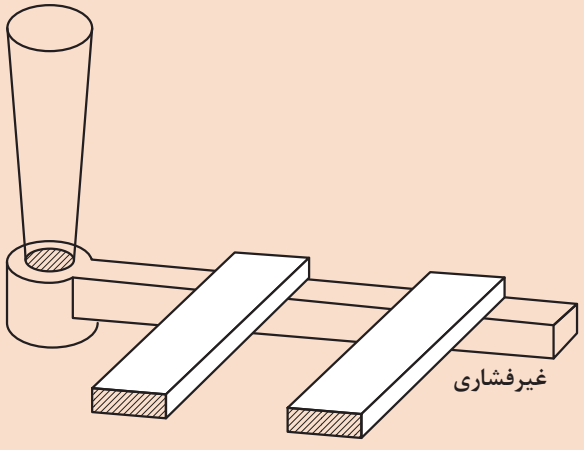
$$\frac{A_g}{A_r} = \frac{۳}{۸} \Rightarrow \frac{۳۵۰}{A_r} = \frac{۳}{۸}$$

$$A_r = \frac{۳۵۰ \times ۸}{۳} = ۹۳۳/۳۳\,mm^۲$$

فعالیت کلاسی

در سیستم راهگاهی غیرفشاری نشان داده شده در صورتی که سطح مقطع راهگاه اصلی $۴۶۶mm^۲$ باشد، بقیه اجزای سیستم راهگاهی (سطح مقطع راهگاه بارریز و مجموع سطوح مقاطع راهباره‌ها) را برای نسبت داده شده زیر محاسبه کنید.

$A_s:A_r:A_g = ۱:۲:۴$



شکل ۲۳

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
پودمان۵: محاسبات فنی	کاربرد محاسبات فنی در تولید قطعات فلزی	محاسبه و تحلیل تولید قطعات فلزی براساس استاندارد	بالاتر از حد انتظار	محاسبه و تحلیل جرم قطعه ریختگی به کمک نقشه فنی، آلیاژسازی و سطح مقطع سیستم راهگاهی و نسبت‌های سطوح مقاطع سیستم راهگاهی	۳
			در حد انتظار	محاسبه جرم قطعه ریختگی به کمک نقشه فنی،محاسبه آلیاژسازی و سطح مقطع سیستم راهگاهی و نسبت‌های سطوح مقاطع سیستم راهگاهی	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	محاسبه سطح حجم،جرم و وزن	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره واحد یادگیری از ۳					
نمره پودمان از ۲۰					