

سوخت‌ها

۳ ۱ منابع انرژی

تماس کامل سوخت با اکسیژن
کافی بودن اکسیژن
درجه حرارت احتراق

۳ ۲ شرایط احتراق کامل سوخت

۳ ۳ دسته‌بندی سوخت‌ها

۳ ۴ ترکیب سوخت

محاسبه حجم هوا در شرایط غیر
متعارفی

۳ ۵ محاسبه حجم هوای لازم برای
احتراق

احتراق سوخت‌های مایع و گاز

ترکیب شیمیایی

ضریب تخلخل

رآکتیویته

کک

نفت‌ها

سوخت‌های مصرفی در
صنایع ذوب

۳ ۶ بررسی قدرت حرارتی سوخت

سوخت‌ها

۱-۳- منابع انرژی :

معمولاً برای حرارت دادن و بالا بردن دمای فلزات و آلیاژها و در نهایت ذوب نمودن آنها در کوره نیاز به انرژی حرارتی می‌باشد. انرژی حرارتی مورد نیاز در کوره را می‌توان از منابع مختلف انرژی موجود و با تبدیل آنها به گرما و حرارت به دست آورد. در حال حاضر مهم‌ترین منابع انرژی در دسترس عبارتند از: انرژی الکتریکی و انرژی شیمیایی سوخت‌ها که با تبدیل آنها به گرما می‌توان انرژی حرارتی لازم جهت کوره‌های ذوب فلزات و آلیاژها را تأمین نمود.

با توجه به این که منابع سوخت فسیلی در زمین روبه اتمام است، امروزه سعی می‌شود تا از انرژی‌های خورشیدی و هسته‌ای بیشتر استفاده شود و از سوخت‌های فسیلی و آلی به خصوص نفت در صنایع پتروشیمی، دارویی و غذایی جهت تهیه پروتئین از نفت استفاده شود. با این وجود ذکر این نکته لازم به نظر می‌رسد که سوخت‌های فسیلی و سایر سوخت‌های آلی هنوز مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین ماده برای تأمین انرژی مورد نیاز صنایع و غیره می‌باشند. سوخت‌های فسیلی از تجزیه اندام و بدن حیوانات و گیاهانی که در دوران گذشته در دریاها می‌زیسته‌اند و در لایه‌های رسوبات دریا ته‌نشین شده‌اند، ایجاد می‌شوند. بیشتر مواد تشکیل دهنده این سوخت‌ها عناصر کربن و ئیدروژن است. البته عناصر دیگری مثل اکسیژن، نیتروژن و گوگرد نیز در آنها وجود دارد.

انتخاب نوع سوخت و محاسبه مقدار مورد نیاز و شرایط مورد نیاز جهت احتراق و ترکیب بهتر آنها با اکسیژن هوا اهمیت زیادی در صنعت ذوب فلزات در ریخته‌گری دارد، زیرا با توجه به اصول طراحی و تولید قطعات و شرایط اقتصادی می‌توان از هدر رفتن انرژی حرارتی آنها در حد امکان جلوگیری کرد.

۲-۳- شرایط احتراق کامل سوخت :

اکسیداسیون سریع عناصر موجود در سوخت که معمولاً با شعله همراه است و انرژی گرمایی قابل استفاده‌ای تولید می‌کند، را احتراق می‌نامند. به عبارت دیگر احتراق یک واکنش شیمیایی بین عناصر سوخت و اکسیژن است که همراه با نور و انرژی گرمایی است. اگر نور و گرمای ایجاد شده همراه با فشار و متراکم شدن گازهای حاصل از واکنش باشد، به آن انفجار می‌گویند.

با توجه به این که اکثر سوخت‌ها از کربن و ئیدروژن تشکیل شده‌اند در نتیجه محصولات احتراق شامل گاز دی‌اکسید کربن و بخار آب خواهند بود.

هنگامی که تمام عناصر قابل احتراق سوخت، بسوزند و به آخرین حد اکسیداسیون خود برسند، سوخت کامل است. در این صورت انرژی گرمایی تولید شده بیشترین مقدار است. به همین علت باید همواره سعی کرد که احتراق کامل سوخت ایجاد شود برای این منظور باید شرایط لازم فراهم شود که این شرایط عبارتند از :

۱-۲-۳- تماس کامل سوخت با اکسیژن :

هرچه قدر تماس سوخت با اکسیژن بیشتر باشد یا به عبارت دیگر سطح تماس سوخت با اکسیژن یا هوا بیشتر باشد، احتراق بهتر و سریع تر انجام می شود.

با توجه به این که مقدار اکسیژن بیشتری با سوخت در تماس است یا به عبارت دیگر برخورد ملکول های اکسیژن و سوخت بیشتر است. با توجه به مسأله فوق، سوخت های گازی چون بهتر از سوخت های مایع با اکسیژن و هوا مخلوط می شوند با سهولت و سریع تر می سوزند. به همین ترتیب سوخت های مایع نسبت به سوخت های جامد بهتر با اکسیژن و هوا مخلوط شده و در نتیجه به سهولت و سریع تر می سوزند. به همین منظور معمولاً سوخت های جامد را در اندازه های مناسب خرد می کنند تا سطح تماس آنها با اکسیژن هوا بیشتر شده و احتراق آنها به نحو مطلوب انجام گیرد. در این حالت اگر سوخت جامد به طور کامل پودر شده و با هوا مخلوط شود کیفیت احتراق آن به شرایط مخلوط سوخت گازی و هوا نزدیک می شود. به همین منظور در کوره های با سوخت مایع برای افزایش سطح تماس سوخت و هوا، سوخت مایع به کمک مشعل و فشار هوای دمنده تحت پاشش قرار می گیرد. بنابراین هرچه قدر سطح ذرات سوخت بزرگ تر باشد تماس آن با اکسیژن بیشتر است بنابراین باید بتوان اندازه ذرات را مشخص کرد.

اندازه ذرات به روش های مختلفی سنجیده می شود که یکی از آن روش ها تعیین مدول سطحی است. مدول سطحی عبارت است از نسبت سطح کل به حجم کل ذرات. یعنی هرچه قدر مدول سطحی بزرگ تر باشد در حجم یکسان سطح بزرگ تر است در نتیجه واکنش پذیری آن بیشتر است.

$$\text{مدول سطحی} = \frac{\text{سطح کل}}{\text{حجم کل}}$$

$$M_a = \frac{A}{V}$$

معمولاً کره در بین احجام هندسی کمترین نسبت سطح به حجم (مدول سطحی) را دارد و هرچه از کره به سمت احجام دیگر مثل مکعب، مکعب مستطیل و... پیش می رویم مدول سطحی افزایش می یابد.

ذکر این نکته لازم است که اندازه قطعات و شکل آنها چه در مورد سوخت ها و چه در مورد قطعات بار (شارژ مصرفی) در ذوب فلزات و سرعت واکنش شیمیایی تأثیر دارد. در مورد سوخت هرچه قدر ذرات کوچک تر باشد، بهتر است و تماس با اکسیژن بیشتر و احتراق بهتر صورت می گیرد. اما در مورد قطعات بار (شارژ) نباید اندازه آنها از حد معینی کمتر باشد زیرا در این صورت با توجه به این که اندازه قطعات بار (شارژ) کوچک تر می شود سطح آنها افزایش یافته و نسبت سطح به حجم یا مدول سطحی آنها افزایش می یابد که در نتیجه سرعت واکنش های

آنها با اکسیژن و محصولات احتراق زیاد شده و تلفات فلزی و حجم سرباره‌ها افزایش می‌یابد. به همین دلیل در ریخته‌گری معمولاً براده و سوفاره را به صورت قطعات بزرگ‌تر فشرده می‌کنند و به صورت بریکت (خشته) در کوره شارژ می‌کنند.

تمرین ۱-۳: یک ذره سوخت به شکل مکعب مستطیل به ابعاد $80 \times 80 \times 100$ میکرون می‌باشد، مدول سطحی این ذره سوخت را تعیین کنید.
حل (توسط هنرجو):

مثال ۱-۳: یک ذره سوخت به شکل مکعب با ضلع 100 میکرون می‌باشد. مدول سطحی این ذره سوخت را تعیین کنید.

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود.

خواسته‌ها	داده‌ها
M_a ?	میکرون $100 =$ ضلع مکعب

مرحله (۲) نوشتن رابطه مربوطه برای حل :

$$M_a = \frac{A}{V}$$

مرحله (۳) محاسبه سطح و حجم ذره سوخت مکعب

شکل

سطح: $A = 6 \times 100 \times 100 = 60000$ (میکرون)^۲

حجم: $V = 100^3 = 1000000$ (میکرون)^۳

مرحله (۴) جای‌گذاری داده‌ها در رابطه و محاسبه

ریاضی

$$M_a = \frac{A}{V}$$

$$M_a = \frac{60000}{1000000} \frac{(\text{میکرون})^2}{(\text{میکرون})^3} \text{میکرون}$$

$$M_a = \frac{6}{100} \frac{1}{\text{میکرون}}$$

$$M_a = 0.06 \frac{1}{\text{میکرون}}$$

تمرین ۲-۳: مکعبی به ضلع ۱۶cm را یک بار به ۱۶ مکعب و بار دیگر به ۶۴ مکعب مساوی تقسیم کردیم. مطلوب است نسبت مدول سطحی حالت اول به حالت دوم.
حل (توسط هنر جو):

مثال ۲-۳: مکعبی به ضلع ۲۷cm را یک بار به ۲۷ مکعب مساوی و بار دیگر به ۲۱۶ مکعب مساوی تقسیم کردیم. تعیین کنید مدول سطحی حالت دوم نسبت به حالت اول چقدر افزایش یافته است.
حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود.

خواسته‌ها	داده‌ها
$M_a = ?$ در حالت ۲۱۶ مکعب M_a در حالت ۲۷ مکعب	۲۷cm ضلع مکعب

مرحله (۲) به دست آوردن طول ضلع مکعب‌ها:
اگر مکعب را به ۲۷ مکعب تقسیم کنیم، برای به دست آوردن طول ضلع مکعب‌های کوچک‌تر باید طول ضلع مکعب بزرگ‌تر را به ریشه سوم ۲۷ تقسیم نمائیم.

طول ضلع مکعب کوچک‌تر $\frac{27}{\sqrt[3]{27}} = \frac{27}{3} = 9\text{cm}$
در نتیجه اگر بخواهیم یک مکعب را به ۲۱۶ قسمت تقسیم کنیم، برای به دست آوردن طول ضلع مکعب‌های کوچک‌تر کافی است که طول ضلع مکعب بزرگ‌تر را به ریشه سوم ۲۱۶ تقسیم نمائیم. یعنی:

$$\text{طول ضلع مکعب کوچکتر} = \frac{27}{\sqrt[3]{216}} = \frac{27}{6} = 4.5\text{cm}$$

مرحله (۳) نوشتن رابطه مدول سطحی:

$$M_a = \frac{A}{V}$$

مرحله (۴) محاسبه سطح و حجم برای مکعب، یک بار زمانی که مکعب به ۲۷ مکعب تقسیم می‌شود و یک بار زمانی که مکعب به ۲۱۶ مکعب تقسیم می‌شود.

$$A_1 \text{ برای مکعب } 27 \quad 27 \times 6 \times 9 \times 9$$

$$A_p \text{ برای مکعب } 216 \quad 216 \times 6 \times 4 / 5 \times 4 / 5$$

$$V \text{ حجم مکعب } 27 \quad 27 \times 27 \times 27$$

$$Ma_1 \text{ برای مکعب } 27 \quad \frac{A_1}{V} = \frac{27 \times 6 \times 9 \times 9}{27 \times 27 \times 27} = \frac{2}{3}$$

$$Ma_p \text{ برای مکعب } 216 = \frac{A_p}{V} = \frac{216 \times 6 \times 4 / 5 \times 4 / 5}{27 \times 27 \times 27} = \frac{4}{3}$$

مرحله (۵) به دست آوردن نسبت حالت دوم به حالت

اول :

$$\frac{Ma_p}{Ma_1} = \frac{\frac{4}{3}}{\frac{2}{3}} = 2$$

تمرین ۳-۳: ذرات سوختی به شکل کره با شعاع متوسط ۵۰ میکرون است مدول سطحی آن را تعیین کنید.

حل (توسط هنرجو):

مثال ۳-۳: ذرات یک نوع سوخت به شکل کره می باشد در صورتی که قطر متوسط آنها ۲۰۰ میکرون باشد. مدول سطحی ذرات این سوخت چقدر است.

حل: مرحله (۱) داده ها و خواسته ها نوشته شود

خواسته ها	داده ها
Ma ?	میکرون ۲۰۰ = قطر ذره

مرحله (۲) نوشتن رابطه مدول سطحی و سطح و

حجم کره

$$A = 4\pi r^2$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$Ma = \frac{A}{V}$$

$$Ma = \frac{4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3}$$

$$Ma = \frac{4}{\frac{4}{3}r} = 3$$

$$Ma = \frac{u}{c} = \frac{v}{c}$$

$$r = \frac{200}{2} = 100$$

$$Ma = \frac{u}{c}$$

$$Ma = \frac{u}{c} \left(\frac{1}{\text{میکرون}} \right)$$

تمرین ۳-۴: یک کره به شعاع ۲۰ cm وجود دارد. اگر قطر کره را ۵ برابر افزایش دهیم، مدول سطحی آن نسبت به حالت اول چه تغییری خواهد کرد. حل (توسط هنرجو):

مثال ۳-۴: یک کره به شعاع ۱۵ cm می باشد، در صورتی که شعاع این کره ۳ برابر کوچک تر شود، مدول سطحی آن چند برابر افزایش می یابد. حل: مرحله ۱) داده ها و خواسته ها نوشته شود.

داده ها	خواسته ها
$r_1 = 15 \text{ cm}$ $r_2 = \frac{15}{3} = 5 \text{ cm}$	$\frac{Ma_2}{Ma_1} = ?$

مرحله ۲) نوشتن رابطه مساحت، حجم کره و مدول سطحی

$$A = 4\pi r^2$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$Ma = \frac{A}{V}$$

$$Ma = \frac{4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{1}{\frac{3}{4}r} = \frac{4}{3r}$$

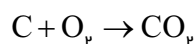
$$Ma = \frac{4}{3r}$$

مرحله ۳) به دست آوردن مدول سطحی در دو حالت و به دست آوردن نسبت آنها

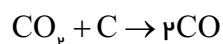
	$r_1 \quad 15 \Rightarrow Ma_1 \quad \frac{3}{15}$ $r_p \quad 5 \Rightarrow Ma_p \quad \frac{3}{5}$ $\frac{Ma_p}{Ma_1} \quad \frac{\frac{3}{5}}{\frac{3}{15}}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $\frac{Ma_p}{Ma_1} \quad 3$ </div> <p>یعنی زمانی که شعاع کره سه برابر کاهش می‌یابد، مدول سطحی آن ۳ برابر افزایش می‌یابد.</p>
	<p>تمرین ۳-۵: مکعبی به ضلع ۱۰۰ cm مفروض است یک بار هر ضلع آن را به ۴ قسمت تقسیم کرده ایم و بار دیگر ضلع آن را به ۲۰ قسمت تقسیم می‌کنیم. مطلوب است :</p> <p>اولاً : تعیین تعداد مکعب‌های حاصله در هر بار تقسیم بندی</p> <p>ثانیاً : تعیین نسبت مدول سطحی حالت دوم به حالت اول. حل (توسط هنرجو):</p>

۲-۲-۳- کافی بودن اکسیژن :

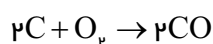
برای احتراق کامل لازم است که مقدار کافی اکسیژن در محیط احتراق وجود داشته باشد. به عنوان مثال در مورد احتراق کربن در صورتی که مقدار اکسیژن کافی نباشد، ابتدا مقداری از کربن با اکسیژن ترکیب شده و مطابق واکنش زیر تولید گاز CO_p می کند.



این واکنش گرمازا است و مقداری گرما تولید می کند که این گرما، درجه حرارت کربن و محیط احتراق را افزایش می دهد و در نتیجه دی اکسید کربن حاصل با کربن باقیمانده ترکیب شده و مطابق واکنش زیر تولید منواکسید کربن می کند.



از جمع دو واکنش فوق، واکنش احتراق ناقص کربن به صورت زیر حاصل می شود :



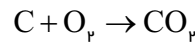
که این نوع احتراق سبب تولید گاز سمی و خطرناک CO شده و مقدار حرارت کمتری نیز ایجاد می کند.

مثال ۳-۵: برای احتراق کامل ۲۰ kg کربن چند متر مکعب گاز اکسیژن لازم است.

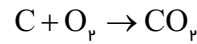
حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
=? حجم اکسیژن	۲۰ kg جرم کربن C ۱۲ O ۱۶

مرحله (۲) نوشتن واکنش احتراق کامل اکسیژن



مرحله (۳) نوشتن تناسب برای واکنش



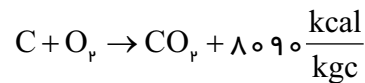
$$\begin{array}{r} \text{m}^3 \text{ اکسیژن kg کربن} \\ 12 \quad 22/4 \quad \times \quad \frac{22/4 \times 20}{12} \\ 20 \quad \times \quad 12 \\ \times \quad 37/33 \text{ m}^3 \quad \text{اکسیژن} \end{array}$$

تمرین ۳-۶: برای احتراق کامل یک سوخت با ۸۵٪ کربن و ۱۵٪ خاکستر چند متر مکعب گاز اکسیژن لازم است؟

$$C = 12 \quad O = 16$$

حل (توسط هنجو):

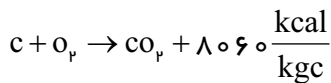
مثال ۳-۶: در مثال قبل در صورتی که به ازای سوخت هر کیلوگرم کربن ۸۰۹۰ kcal انرژی آزاد شود. میزان گرمای حاصله را به دست آورید



حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
=? گرمای حاصله	۲۰ kg جرم کربن انرژی ۸۰۹۰ $\frac{\text{kcal}}{\text{kgc}}$ ایجاد شده به ازای سوختن هر کیلوگرم کربن

تمرین ۳-۷: در تمرین قبل در صورتی که به ازای سوخت هر کیلوگرم کربن ۸۰۶۰ kcal انرژی آزاد شود میزان گرمای حاصله را به دست آورید.



حل (توسط هنجو):

مرحله ۲) به دست آوردن گرمای حاصله با استفاده از تناسب

کیلوکالری انرژی حاصله kg کربن

$$\begin{array}{ccc} \text{kg} & & \\ 1 & 8090 & \times \frac{8090 \times 20}{1} \\ 20 & x & \end{array}$$

$$\times 16180 \text{ kcal}$$

تمرین ۸-۳: رای احتراق ۱۰۰ kg کربن، حدود ۱۱۰۰۰۰ اکسیژن موجود است، با توجه به واکنش‌های احتراق کامل و ناقص کربن، تعیین کنید درصد نسبت گازهای CO به CO_p حل (توسط هنرجو):

مثال ۷-۳: برای احتراق ۳۰ kg از یک سوخت که ۸۰٪ آن از کربن تشکیل شده و بقیه آن خاکستر است، ۳۰۰۰۰ لیتر اکسیژن وجود دارد، با توجه به واکنش‌هایی که کربن با اکسیژن انجام می‌دهد، حجم گازهای CO و CO_p را به دست آورید. حل: مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود.

داده‌ها	خواسته‌ها
مقدار سوخت ۳۰kg	
درصد کربن سوخت ۸۰%	CO ?
حجم ۳۰۰۰۰ Lit	CO _p ?
اکسیژن	
C ۱۲	

مرحله ۲) به دست آوردن مقدار کربن و تبدیل واحد: با توجه به این که درصد کربن سوخت ۸۰٪ می‌باشد بنابراین مقدار کربن عبارت است از:

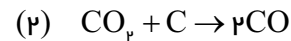
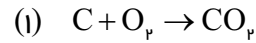
$$30 \times \frac{80}{100} = 24 \text{ kg}$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ Lit}$$

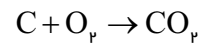
طرفین تساوی را بر ۱۰۰۰ تقسیم می‌کنیم

$$\frac{1}{1000} \text{ m}^3 \quad \frac{1000}{1000} \text{ Lit} \Rightarrow \frac{1}{1000} \text{ m}^3 \quad 1 \text{ Lit}$$

حجم اکسیژن $30000 \times \frac{1}{1000} = 30 \text{ m}^3$
مرحله ۳) نوشتن واکنش‌های سوختن کربن

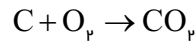


مرحله ۴) با استفاده از مقدار اکسیژن از واکنش اول، مقدار کربن و دی اکسید کربن را با استفاده از تناسب به دست می‌آوریم.



$$\begin{array}{r} \text{kg} \quad \text{m}^3 \\ 12 \quad 22/4 \end{array} \times \frac{30 \times 12}{22/4}$$

x جرم کربن مصرفی در واکنش اول. 16 kg



$$\begin{array}{r} \text{kg} \quad \text{m}^3 \\ 22/4 \quad 22/4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{m}^3 \\ 30 \quad y \end{array}$$

$$y \frac{30 \times 22/4}{22/4}$$

حجم CO_2 تولید شده از واکنش اول 30 m^3

مرحله ۵) به دست آوردن مقدار کربن باقیمانده :

کربن باقیمانده 16 kg (مقدار کربن

مصرف شده در رابطه (۱)) - (مقدار کربن اولیه)

مرحله ۶) کربن باقیمانده با مقداری از CO_2 مطابق

واکنش (۲) ترکیب شده و CO به وجود می‌آورد. حال

با توجه به مقدار کربن باقیمانده حجم CO_2 مصرفی و

CO تولید شده را به دست می‌آوریم.

	$\text{CO}_p + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$ $\begin{array}{ccc} \text{m}^3 & \text{kg} & \\ 22/4 & 12 & \times \frac{6 \times 22/4}{12} \\ \times & 6 & \end{array}$ $\times 11/2 \text{m}^3$ <p>حجم CO_p مصرف شده در واکنش دوم</p> $\text{CO}_p + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$ $\begin{array}{ccc} \text{kg} & \text{m}^3 & \\ 12 & 2 \times 22/4 & \\ 6 & y & \end{array}$ $y \frac{6 \times 2 \times 22/4}{12} \Rightarrow y \quad 22/4 \text{m}^3$ <p>حجم CO تولید شده</p> <p>مرحله (۷) به دست آوردن حجم CO_p باقیمانده :</p> <p>(حجم CO_p مصرف شده از واکنش (۲)) - (حجم 2CO تولید شده از واکنش (۱)) = (حجم CO_p باقیمانده)</p> <p>حجم CO_p باقیمانده $30 \quad 11/2 \quad 18/8 \text{m}^3$</p> <p>حجم CO_p تولید شده $18/8 \text{m}^3$</p> <p>حجم CO تولید شده $22/4 \text{m}^3$</p>
<p>تمرین ۹-۳: در تمرین قبل در صورتی که میزان گرمای تولیدی از احتراق کامل ۱kg کربن، ۴۰۰۰۰kcal و در ترکیب کربن با اکسید کربن ۴۵۰۰kcal گرما مصرف شود،</p> <p>اولاً: مقدار گرمای حاصله در صورتی که احتراق کربن به طور کامل باشد.</p> <p>ثانیاً: مقدار گرمای حاصله در حالت ذکر شده در تمرین قبل</p> <p>حل (توسط هنرجو):</p>	<p>مثال ۸-۳: در مثال ۳-۳ چنانچه مقدار گرمای تولید شده از احتراق کامل ۱kg کربن ۱۰۰۰۰۰۰۰ cal و در ترکیب با اکسید کربن ۵۰۰۰ kcal گرما مصرف شود.</p> <p>اولاً: مقدار گرمای تولید شده را به دست آورید.</p> <p>ثانیاً: کاهش گرمای حاصله نسبت به هنگامی که احتراق کامل انجام گرفته باشد.</p> <p>حل:</p> <p>مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود.</p>

خواسته‌ها	داده‌ها
? = مقدار گرمای تولید شده	۱۰۰۰۰۰۰۰ cal = مقدار گرمای تولید شده از احتراق کامل ۱ کیلوگرم کربن
? = کاهش گرمای حاصله نسبت به زمانی که احتراق کامل باشد	۵۰۰۰ Cal = مقدار گرمای مصرفی در ترکیب اکسیژن با CO _p ۲۴ Kg = مقدار کربن اولیه ۱۶ Kg = مقدار کربن استفاده شده در واکنش احتراق کامل ۸ Kg = مقدار کربن استفاده شده در واکنش ترکیب اکسیژن با CO _p

مرحله ۲) تبدیل واحد :

طرفین را بر ۱۰۰۰ تقسیم می‌کنیم ۱۰۰۰ cal ۱ kcal

$$\frac{1}{1000} \text{kcal} \quad \frac{1000}{1000} \text{cal}$$

$$\boxed{1 \text{cal} \quad \frac{1}{1000} \text{kcal}}$$

$$10000000 \text{cal} \quad 10000000 \times \frac{1}{1000} \text{kcal}$$

$$10000000 \text{cal} \quad 10000 \text{kcal}$$

مرحله ۳) محاسبه مقدار گرمای تولیدی با فرض

احتراق کامل کربن

$$\begin{array}{ccc} \text{kg} & & \text{kcal} \\ 1 & 10000 & \times \\ 24 & \times & \frac{10000 \times 24}{1} \end{array}$$

۲۴۰۰۰۰ kcal x گرمای تولیدی در احتراق کامل

کربن

مرحله ۴) محاسبه مقدار گرمای تولید شده برای

مقدار کربن که احتراق کامل داشته (۱۶ kg)

$$\begin{array}{r} \text{kg} \quad \text{kcal} \\ 1 \quad 10000 \quad \times \quad \frac{10000 \times 1}{1} \\ 16 \quad \times \end{array}$$

مقدار گرمای تولیدی از واکنش $160000 \text{ kcal} \times$

(۱) مثال قبل (۳-۳)

مرحله ۵) محاسبه مقدار گرمای مصرف شده در

ترکیب کربن با CO_p (۸ kg)

$$\begin{array}{r} \text{kg} \quad \text{kcal} \\ 1 \quad 5000 \quad \times \quad \frac{5000 \times 8}{1} \\ 8 \quad \times \end{array}$$

حرارت مصرفی در واکنش (۲) $40000 \text{ kcal} \times$

مثال (۳-۳)

مرحله ۶) محاسبه مقدار حرارت تولید شده کامل

در مثال (۳-۳)

مقدار $160000 - 40000 = 120000 \text{ kcal} =$

گرمای تولید شده کل

مرحله ۷) به دست آوردن نسبت گرمای تولید شده

کل به زمانی که احتراق به صورت کامل باشد

$$\frac{\text{در صورت کسر}}{\text{در مخرج کسر}} = \frac{120000}{240000} = 0.5$$

درصد $50 = 0.5 \times 100$

یعنی گرمای تولید شده مثال قبل برابر ۵۰ درصد

گرمای تولید شده در صورت احتراق کامل کربن است.

۳-۲-۳ درجه حرارت احتراق :

معمولاً هر سوخت در یک درجه حرارت معین مشتعل می‌شود بنابراین برای احتراق حداقل به یک درجه حرارت نیاز دارد که آن را درجه حرارت احتراق یا درجه حرارت اشتعال می‌گویند. به عنوان مثال در شرایط محیط نفت سفید در 150°C مشتعل می‌شود. معمولاً در ریخته‌گری از سوخت‌هایی استفاده می‌شود که درجه حرارت احتراق یا اشتعال آنها بالا باشد. چون سوخت‌های با درجه حرارت اشتعال پایین ایمنی کافی را جهت استفاده در ریخته‌گری ندارند و ممکن است باعث آتش‌سوزی و صدمات جانی شوند.

به‌طور کلی هر جسمی که در اثر ترکیب شدن با اکسیژن هوا (واکنش اکسیداسیون) حرارت تولید کند، نوعی سوخت محسوب می‌شود. اما در صنایع حرارتی موادی به عنوان سوخت به کار می‌روند که دارای شرایط زیر باشند:

ایمنی احتراق که باعث آتش‌سوزی و صدمات جانی نشود، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه، فراوان و در دسترس باشد. جابجایی و انتقال آن ساده بوده و امکان ذخیره و انبارکردن آن وجود داشته باشد. به عنوان مثال بنزین که یک سوخت با کیفیت خوب و قدرت حرارتی مناسب است ولی فقط می‌توان آن را در یک فضای سر بسته و مسدود مانند موتورهای احتراق داخلی استفاده نمود.

علاوه بر مطالب فوق نحوه کنترل احتراق، تأمین نمودن درجه حرارت لازم و کنترل محیط احتراق از نظر این که محیط احتراق، اکسیدی، خنثی یا احیایی باشد، یکی دیگر از عوامل مؤثر در انتخاب سوخت است. به دلیل این که اگر محیط احتراق اکسیدی باشد، باعث می‌شود که مقدار زیادی از مذاب اکسید شده و اتلاف مذاب بیشتر شود. با توجه به مطالب ذکر شده در ایران سوخت‌های گازی به دلیل فراوانی و قیمت پایین و همچنین عدم نیاز به ذخیره سازی در کارگاه و کارخانه و نحوه کنترل آسان احتراق آنها نسبت به سوخت‌های دیگر ترجیح دارند.

۳-۳-۳ دسته‌بندی سوخت‌ها :

کلیه سوخت‌های فسیلی و آلی به دو دسته، سوخت‌های مصنوعی که ساخت دست بشر هستند و سوخت‌های طبیعی که در طبیعت ایجاد می‌شوند، تقسیم بندی می‌شوند که هر کدام خود به سه دسته‌بندی جامد، مایع و گاز طبقه بندی می‌شوند. مطابق جدول ۳-۱

جدول ۱-۳- دسته‌بندی سوخت‌های آلی

نوع سوخت	دسته‌های سوخت	گروه سوخت‌ها
چوب	جامد	طبیعی
زغال سنگ		
نفت‌های طبیعی	مایع	
گاز طبیعی (گاز چاه‌های نفت)	گاز	
گاز معادن زغال سنگ		
زغال چوب	جامد	
کک		
بربکت		
محصولات تقطیر نفت	مایع	
محصولات کراکینگ نفت		
الکل‌های صنعتی		
گاز کوره بلند ذوب آهن	گاز	
کراکینگ گاز طبیعی		
گاز تقطیر زغال سنگ		
گازهای سنتز مانند: متان، بوتان و...		
گاز مولدها: گاز هوا، گاز آب و گاز مخلوط		

۴-۳- ترکیب سوخت :

با توجه به مطالب ذکر شده کربن و ئیدروژن مهم ترین اجزاء سازنده سوخت‌های آلی می‌باشند. با این وجود از لحاظ اشتعال و ایجاد حرارت مورد نیاز سوخت‌ها، ترکیبی از کربن (C)، ئیدروژن (H)، اکسیژن (O)، ازت یا نیتروژن (N)، گوگرد فرار یا قابل احتراق (S_v)، مواد غیرقابل احتراق به نام خاکستر (A) و رطوبت (W) می‌باشد. این عناصر و اجزا در داخل سوخت به صورت ترکیبات ساده و پیچیده می‌باشند که در این درس مورد نظر نیستند.

ترکیب سوخت‌های جامد و مایع را برحسب درصد وزنی و سوخت‌های گازی را برحسب درصد حجمی محاسبه می‌کنند. مجموع درصد‌های عناصر و ترکیبات یک سوخت باید همواره صددرصد جرم (حجم) کل آن باشد. به عبارت دیگر :

$$C + H + O + N + S_v + A + W = 100 \text{ درصد}$$

در این رابطه به استثنای A (خاکستر) و W (رطوبت) بقیه عوامل درصد ترکیب عناصر ساده است که در ایجاد حرارت و عملیات احتراق سوخت مؤثر است.

گوگرد در داخل سوخت معمولاً به سه شکل و ترکیب متفاوت وجود دارد که عبارتند از

الف - سولفات‌ها شامل $CaSO_4$ ، K_2SO_4 ، Na_2SO_4

ب - سولفور فلزات به‌طور معمول پیریت به فرمول FeS_2 :

ج - ترکیبات آلی

سولفات‌ها معمولاً قابل احتراق نیستند بنابراین گوگرد به شکل سولفات قابل احتراق نیست و معمولاً وارد خاکستر می‌شود. اما ترکیبات آلی گوگرد و همچنین پیریت قابل احتراق هستند، بنابراین در مجموع، گوگرد قابل احتراق سوخت را تشکیل می‌دهد. اگر گوگرد به شکل سولفور (پیریت با S_p و گوگرد به شکل ترکیبات آلی با S_o) نمایش داده شوند. گوگرد قابل احتراق به‌صورت زیر خواهد بود :

$$S_v = S_p + S_o$$

گوگرد به شکل سولفات و سولفور به روش‌های تهیه مواد معدنی قابل جدا کردن است و می‌توان با وسایلی آنها را از بین برد و یا مقدار آنها را به حداقل رساند به عنوان مثال شستشوی نفت یا زغال‌سنگ توسط اسیدسولفوریک، در صورتی که گوگرد به شکل ترکیبات آلی در ساختمان و ترکیب شیمیایی سوخت است و به سهولت نمی‌توان آن را جدا کرد. لازم به ذکر است که گوگرد عنصر مضر شناخته شده است و وجود آن در فلزات و آلیاژها خواص مکانیکی و متالورژیکی آنها را پایین می‌آورد. به‌طور معمول مقدار گوگرد به شکل ترکیبات آلی در داخل سوخت‌ها ناچیز است و از ۱/۰ درصد تجاوز نمی‌کند. از این رو در محاسبات احتراق می‌توان از گوگرد صرف‌نظر کرده و ترکیبات آلی سوخت را فقط شامل کربن (C) ، هیدروژن (H) ، اکسیژن (O) و N در نظر گرفت.

۵-۳- محاسبه حجم هوای لازم برای احتراق :

برای محاسبه حجم هوای لازم برای احتراق سوخت لازم است درصد عناصر قابل احتراق سوخت مانند C ، H ، O و S_v مشخص شود که برای این منظور لازم است که درصد عناصر سوخت توسط تجزیه کمی به‌دست آورده شود. برای این منظور در ابتدا میزان اکسیژن لازم برای احتراق هر یک از عناصر قابل احتراق تعیین می‌شود. سپس با توجه به میزان اکسیژن در ترکیب هوا می‌توان حجم یا وزن هوای لازم را به‌دست آورد. در جدول زیر ترکیب هوا در شرایط متعارفی برحسب درصد حجمی و همچنین درصد وزنی نشان داده شده است.

جدول ۲-۳- ترکیب هوای جو در شرایط متعارفی

مقدار		نام گاز و ترکیب شیمیایی آن	مقدار		نام گاز و ترکیب شیمیایی آن
درصد جرمی	درصد جرمی		درصد جرمی	درصد جرمی	
۰/۰۰۰۱۰۸	۰/۰۰۰۳	Kr کریپتون	۷۸/۰۹	۷۵/۵	N _p نیتروژن
۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۴	Xe گزنون	۲۰/۹۵	۲۳/۱۰	O _p اکسیژن
۶×۱۰ ^{۱۸}	-	Rn رادون	۰/۹۳۲۵	۱/۲۸۶	Ar آرگن
۰/۰۳۰	۰/۰۴۶	CO _p دی‌اکسیدکربن	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۲	Ne نئون
۰/۰۰۰۰۵	-	H _p هیدروژن	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۷	He هلیوم

میزان بخار آب موجود در هوا بین ۲ تا ۴ درصد جرمی متغیر می‌باشد. معمولاً گازهای نادر در عملیات احتراق غیرفعال هستند به همین منظور برای سادگی محاسبات معمولاً آنها را جزء نیتروژن (ازت) در نظر می‌گیرند. بنابراین معمولاً فرض می‌شود که ترکیب هوا فقط از دو عنصر نیتروژن و اکسیژن تشکیل شده باشد. در این صورت درصد جرمی و جرمی عناصر چنین خواهد بود :

درصد جرمی	درصد جرمی
اکسیژن ۲۱	۲۳
نیتروژن ۷۹	۷۷

برای سادگی محاسبات می‌توان با تقریب بیشتر گفت که هوا شامل ۲۰٪ جرمی اکسیژن و ۸۰٪ جرمی نیتروژن است. به عبارت دیگر از هر پنج (۵) واحد حجم هوا، یک واحد اکسیژن و ۴ واحد نیتروژن است. با توجه به شکل، ابعاد و نوع کوره و همچنین مرغوبیت و نوع سوخت و عوامل دیگری نظیر اکسیدی یا خنثی بودن محیط ذوب معمولاً جرم هوا را بیش از مقدار محاسبه شده براساس ۲۰٪ جرمی اکسیژن و ۸۰٪ جرمی نیتروژن در نظر می‌گیرند. با توجه به این مسأله حجم هوای محاسبه شده را در ضربی بین ۱/۱ الی ۱/۸ ضرب می‌کنند، به عبارت دیگر می‌توان گفت که سوخت با ۱۰ الی ۸۰ درصد هوای بیشتر از هوای لازم محترق می‌شود.

تمرین ۱۰-۳: برای احتراق کامل ۵۰ کیلوگرم از یک نوع سوخت جامد با ترکیب ۶۰٪ کربن، ۲۰٪ ئیدروژن و ۱۵٪ خاکستر در شرایط متعارفی چند مترمکعب هوا لازم است؟
(ترکیب هوا ۲۱٪ اکسیژن بقیه نیتروژن)
حل: (توسط هنرجو)

مثال ۹-۳: برای احتراق کامل ۱۰۰kg از یک نوع سوخت جامد با ترکیب ۶۰٪ کربن، ۲۰٪ ئیدروژن، ۱۰٪ اکسیژن و ۱۰٪ خاکستر، چند مترمکعب هوا در شرایط متعارفی لازم است؟ (ترکیب هوا ۲۵٪ اکسیژن و بقیه نیتروژن)
حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته می‌شود

خواسته‌ها	داده‌ها
	جرم سوخت = ۱۰۰ Kg
	C درصد = ۶۰٪
	H درصد = ۲۰٪
	O درصد = ۱۰٪
حجم هوای مصرفی ? m ^۳	۱۰٪ درصد خاکستر (A)
	ترکیب هوا { اکسیژن ۲۵٪ نیتروژن ۷۵٪

مرحله (۲) به دست آوردن جرم عناصر قابل احتراق: در این سوخت عناصر قابل احتراق کربن و ئیدروژن هستند. با توجه به این که ۶۰٪ سوخت کربن است، جرم کربن عبارت است از:

$$\text{جرم کربن} = \text{جرم سوخت} \times \text{درصد کربن}$$

$$\text{جرم کربن} = ۱۰۰ \times \frac{۶۰}{۱۰۰} = ۶۰ \text{ kg}$$

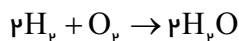
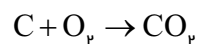
با توجه به این که ۲۰٪ سوخت ئیدروژن است، جرم

ئیدروژن عبارت است از

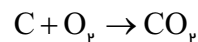
$$\text{جرم ئیدروژن} = \text{جرم سوخت} \times \text{درصد ئیدروژن}$$

$$\text{جرم ئیدروژن} = ۱۰۰ \times \frac{۲۰}{۱۰۰} = ۲۰ \text{ kg}$$

مرحله (۳) نوشتن روابط احتراق کامل کربن و ئیدروژن:



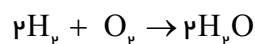
مرحله (۴) به دست آوردن حجم اکسیژن مصرفی برای احتراق کامل کربن:



$$\begin{array}{r} \text{kg} \quad \text{m}^3 \\ 12 \quad 22/4 \quad \times \quad \frac{22/4 \times 60}{12} \\ 60 \quad \times \end{array}$$

$112 \text{ m}^3 \times$ اکسیژن برای احتراق کربن

مرحله (۵) به دست آوردن حجم اکسیژن مصرفی برای احتراق کامل ئیدروژن



$$\begin{array}{r} \text{m}^3 \\ 2 \times 2 \text{ kg} \quad 22/4 \quad \times \quad \frac{20 \times 22/4}{4} \\ 20 \quad \times \end{array}$$

$112 \text{ m}^3 \times$ اکسیژن لازم برای احتراق

ئیدروژن

مرحله (۶) به دست آوردن حجم کل اکسیژن لازم برای احتراق کامل کربن و هیدروژن

$$112 + 112 \quad 224 \text{ m}^3$$

مرحله (۷) به دست آوردن مقدار اکسیژن مصرفی با استفاده از اکسیژن هوا:

با توجه به این که خود سوخت حاوی اکسیژن می باشد، حجم اکسیژن موجود در سوخت را باید از حجم اکسیژن به دست آمده از مرحله ششم کم بکنیم
درصد اکسیژن \times جرم سوخت = جرم اکسیژن موجود در سوخت

$$10 \text{ kg} \quad 100 \times \frac{10}{100}$$

سوخت

برای به دست آوردن حجم این اکسیژن از تناسب استفاده می‌کنیم

$$\frac{\overset{O_2}{kg}}{32} \quad \frac{\overset{O_2}{m^3}}{22/4} \quad x = \frac{10 \times 22/4}{32}$$

$$10 \quad x$$

حجم اکسیژن موجود در سوخت $x \text{ m}^3$

حجم اکسیژن موجود در سوخت - حجم کل اکسیژن مورد نیاز برای احتراق C و H = حجم اکسیژن لازم از هوا

$$224 \text{ m}^3 \text{ حجم اکسیژن لازم از هوا}$$

مرحله ۸) به دست آوردن حجم هوا:

اکسیژن هوا

$$\frac{100}{x} \quad \frac{25}{217} \quad x = \frac{217 \times 100}{25}$$

$$x \text{ حجم هوای مورد نیاز } 868 \text{ m}^3$$

تمرین ۱۱-۳: در صورتی که در شرایط متعارفی جرم هر لیتر هوا ۱/۴ گرم باشد نسبت حجمی و جرمی هوای احتراق به سوخت را در تمرین ۱۰-۳ تعیین کنید.

مثال ۱۰-۳: در صورتی چگالی هوا $1/5 \text{ kg/m}^3$ باشد نسبت حجمی و جرمی هوای احتراقی به سوخت را در مثال ۹-۳ را تعیین کنید.

حل: مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود.

داده‌ها	خواسته‌ها
$1/5 \text{ kg/m}^3 = \text{حجم هوا}$ 10 kg جرم سوخت	? $\frac{\text{حجم هوا}}{\text{جرم سوخت}}$
868 m^3 حجم هوای مورد نیاز	? $\frac{\text{جرم هوا}}{\text{جرم سوخت}}$

مرحله ۲) به دست آوردن نسبت حجمی

$$\frac{\text{حجم هوا (m}^3\text{)}}{\text{جرم سوخت (kg)}} = \frac{868}{100} = 8/68 \text{ m}^3/\text{kg}$$

یعنی به ازای هر یک کیلوگرم سوخت، $۸/۶۸m^3$ هوا لازم است.

مرحله ۳) به دست آوردن جرم هوای مصرفی با استفاده از رابطه جرم حجمی

$$\rho \frac{m}{v} \Rightarrow$$

$$۱/۵ \frac{m}{۸۶۸} \Rightarrow m \quad ۱/۵ \times ۸۶۸$$

$$m \quad ۱۳۰۲ \text{kg} \text{ هوا}$$

مرحله ۴) به دست آوردن نسبت جرمی جرم سوخت

(kg) جرم هوا	۱۳۰۲	۱۳/۰۲
(kg) جرم سوخت	۱۰۰	

۱-۵-۳- محاسبه حجم هوا در شرایط غیرمتعارفی :

معمولاً در محاسبات، شرایط احتراق متعارفی و در فشار یک اتمسفر (۷۶۰ میلی‌متر جیوه) و درجه حرارت صفر درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته می‌شود. اما اگر هوا در درجه حرارت غیرمشخص θ (دمای محیط) و همچنین فشار P ، غیر از فشار اتمسفر در نظر گرفته شود، در این صورت براساس قوانین فیزیک و محاسبات مربوطه می‌توان حجم هوای لازم را از رابطه زیر تعیین کرد.

$$V = \frac{\alpha P_0 V_0 T}{P}$$

که در آن :

V : حجم هوای لازم در شرایط غیرمتعارفی برحسب m^3

P_0 : فشار هوای جو: ۷۶۰ میلی‌متر جیوه (mm Hg)

V_0 : حجم هوای لازم در شرایط متعارفی برحسب m^3

T : درجه حرارت برحسب کلوین $\theta + ۲۷۳$

P : فشار هوای محیط برحسب ارتفاع کارگاه یا کارخانه نسبت به سطح دریا تغییر می‌کند برحسب (mm Hg)

* با توجه به رابطه فوق اگر درجه حرارت (T) افزایش یابد و فشار کاهش یابد حجم هوای لازم افزایش خواهد یافت به عبارت دیگر با کاهش فشار و افزایش درجه حرارت، هوا انبساط یافته و در نتیجه مقدار اکسیژن در واحد حجم هوا کاهش می‌یابد، در نتیجه هوا رقیق می‌شود، بنابراین هوای مصرفی بیشتر از حالت قبل است. از طرف دیگر رطوبت هوا در حجم هوای لازم برای احتراق سوخت موثر است. به عنوان مثال در مناطقی که هوا گرم و رطوبت آن زیاد است مانند مناطق جنوبی و شمالی کشور، هوا لازم برای احتراق بیشتر خواهد بود و این افزایش هوا به ۱۰٪ نیز می‌رسد که باید در محاسبات در نظر گرفته شود.

تمرین ۱۲-۳: اگر برای احتراق یک سوخت در درجه حرارت ۲۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۸۵۰ mmHg، ۳۰۰ m^۳ هوا لازم باشد. حجم هوای لازم در شرایط متعارفی چند مترمکعب خواهد بود؟ P_۰ ۷۶۰ mmHg

$$\alpha \frac{1}{273} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$$

حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۱-۳: اگر برای احتراق یک سوخت در شرایط متعارفی ۲۰۰ m^۳ هوا لازم باشد. مقدار هوای لازم در ۹۰۰ mm Hg و دمای ۴۵°c را به دست آورید. با فرض P_۰ ۷۶۰ mmHg و $\alpha \frac{1}{273} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$

حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
P _۰ ۷۶۰ mmHg	V ?
V _۰ ۲۰۰ m ^۳	
P ۹۰۰ mmHg	
θ ۴۵°c	
α $\frac{1}{273} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$	

مرحله (۲) تبدیل واحد:

$$T \quad 273 + \theta$$

$$T \quad 273 + 45$$

$$T \quad 318^{\circ}\text{k}$$

مرحله (۳) نوشتن رابطه مربوطه

$$V \quad \frac{\alpha P_0 V_0 T}{P}$$

مرحله (۴) جای گذاری داده‌ها در رابطه فوق و محاسبه

ریاضی

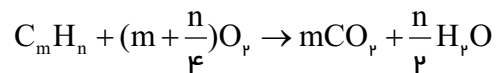
$$V = \frac{1}{273} \times 76 \times 200 \times 38$$

۹۰۰

$$V = 196/73m^3$$

۲-۵-۳- احتراق سوخت‌های مایع و گاز :

با توجه به این که به‌طور معمول ترکیب شیمیایی سوخت‌های مایع و گاز در اکثر موارد از کربن و ئیدروژن تشکیل شده است، بنابراین محاسبه حجم هوای لازم برای احتراق سوخت با استفاده از فعل و انفعال آن با اکسیژن (ترکیب با اکسیژن) امکان‌پذیر است :



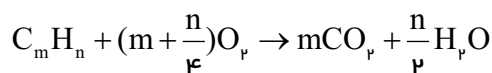
البته مشخص است که سوخت‌های گازی و مایع که در صنایع ذوب و ریخته‌گری به‌کار می‌روند مانند گاز طبیعی، نفت، گازوئیل، مازوت و... دارای یک ترکیب شیمیایی خالص و منظم مانند ئیدروکربن‌ها نیستند و ممکن است از ترکیب‌های مختلف با جرم ملکولی مختلف تشکیل شده باشند. اما در هر صورت با مشخص بودن فرمول شیمیایی یا فرمول ساده به کمک ضرایب m و n ، محاسبه حجم هوای احتراقی امکان‌پذیر است.

تمرین ۱۳-۳: مطلوب است حجم هوای لازم برای احتراق ۱۰ kg گاز C_8H_{18} در شرایط متعارفی ترکیب هوا ۲۵٪ اکسیژن و بقیه نیتروژن حل (توسط هنجرو):

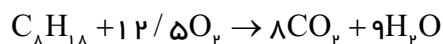
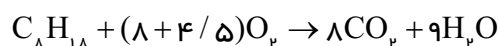
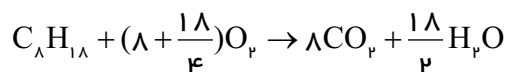
مثال ۱۲-۳: مطلوب است حجم هوای لازم برای احتراق ۴/۷kg گاز C_8H_{18} در شرایط متعارفی. ترکیب هوا: ۲۰٪ اکسیژن بقیه نیتروژن حل:مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها

خواسته‌ها	داده‌ها
m^3 ? حجم هوای لازم	$4/7 \text{ Kg} =$ جرم سوخت $C = 12$ $H = 1$
	ترکیب هوا $\left\{ \begin{array}{l} 20\% \text{ اکسیژن} \\ 80\% \text{ نیتروژن} \end{array} \right.$

مرحله (۲) نوشتن رابطه احتراق سوخت و محاسبه ریاضی، رابطه کلی احتراق:

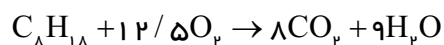


در این مثال $m = 8$ و $n = 18$ می‌باشد



مرحله (۳) به دست آوردن حجم اکسیژن لازم جهت

احتراق کامل با توجه به واکنش



$$\begin{array}{ccc} C_8 H_{18} \text{ kg} & \text{اکسیژن } m^3 & \\ 114 & 12/5 \times 22/4 & \\ 4/7 & x & \end{array} \quad x = \frac{12/5 \times 22/4 \times 4/7}{114}$$

$$x \text{ اکسیژن } = 11/54 m^3$$

مرحله ۴) به دست آوردن حجم هوای لازم برای احتراق: با توجه به این که ۲۰٪ هوا اکسیژن است، لذا

داریم:

$$\begin{array}{ccc} \text{اکسیژن} & \text{هوا} & \\ ۲۰ & ۱۰۰ & \\ x & x & \\ \frac{۱۱}{۵۴} \times ۱۰۰ & & \frac{۱۱}{۵۴} \times ۱۰۰ \\ ۲۰ & & ۲۰ \\ \text{۵۷ / vm}^3 & \times & \text{هوا} \end{array}$$

۳-۵-۳- سوخت‌های مصرفی در صنایع ذوب فلزات:

همان طوری که تاکنون گفته شد مواد آلی شامل کربن و ئیدروژن در صورت داشتن شرایط عمومی ذکر شده می‌توانند به عنوان سوخت در نظر گرفته شود، اما هر نوع سوختی را نمی‌توان در ریخته‌گری استفاده کرد. از میان سوخت‌هایی که در جدول شماره ۱-۳ مشخص شده‌اند، تنها کک، گازوئیل، مازوت و گاز طبیعی به دلیل فراوانی، قیمت پایین و قدرت حرارتی مناسب در صنایع ذوب و ریخته‌گری استفاده می‌شوند.

کک: کک از حرارت دادن زغال‌سنگ در محیط بسته تولید می‌شود.

ککی که در ذوب و ریخته‌گری به کار می‌رود دارای مشخصات زیر است:

الف - ترکیبات شیمیایی: ترکیب شیمیایی کک مناسب برای ذوب به صورت زیر است:

کربن: ۸۵-۹۰ درصد گوگرد قابل احتراق (S_V): کمتر از ۲ درصد

خاکستر: حداکثر ۱۲ درصد مواد فرار و تبخیری: کمتر از ۱ درصد

رطوبت: حداکثر ۲ درصد

گوگرد در کک عنصر نامعلومی است و کیفیت کک را کاهش می‌دهد بنابراین مقدار آن باید کمتر از ۲ درصد باشد، البته در تهیه بعضی از آلیاژها و فلزات مانند چدن با گرافیت کروی (نشکن) باید مقدار گوگرد کک از ۲ درصد نیز کمتر باشد. ترکیب شیمیایی و درصد عناصر تشکیل دهنده خاکستر و نقطه ذوب آن از عواملی هستند که در میزان ارزش حرارتی کک نقش مهمی دارند.

ب - ضریب تخلخل: کک مورد استفاده در ریخته‌گری و ذوب باید دارای تخلخل باشد تا احتراق آن به طور

کامل انجام شود براساس محاسبات ضریب تخلخل یک قطعه کک عبارت است از نسبت حجم فضای خالی به

$$\text{حجم کل قطعه به صورت: } \%e = \frac{V'}{V + V'} \times 100$$

که در آن:

V' : حجم فضای خالی

V : حجم حقیقی قطعه

با توجه به این که حجم ظاهری قطعه برابر حجم حقیقی منهای حجم فضای خالی است و از طرفی رابطه چگالی

$$\text{و حجم قطعه } \left(\rho \frac{m}{v}\right) \text{ می توان به رابطه زیر رسید : } e = 1 - \frac{\rho'}{\rho} \text{ ضریب تخلخل}$$

$$\%e = \left(1 - \frac{\rho'}{\rho}\right) \times 100 \text{ درصد تخلخل}$$

که در این رابطه :

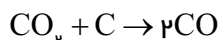
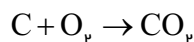
ρ : چگالی حقیقی با در نظر گرفتن حجم تخلخلها

ρ' چگالی ظاهری بدون در نظر گرفتن حجم تخلخلها

مشخصات کک های صنعتی معمولاً به شرح زیر می باشد :

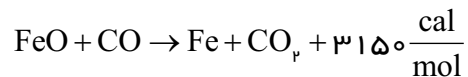
$$e = 0/45 \quad 0/55 \quad \rho = 1/8 \quad 2 \frac{g}{cm^3} \quad \rho' = 0/8 \quad 1/1 \frac{g}{cm^3}$$

ج - راکتیویته : در هنگام احتراق کک مقدار گاز منواکسیدکربن (CO) تولید شده یکی از مشخصات و خواص عمده کک در عملیات احیای اکسیدهای فلزات است. همان طور که قبلاً توضیح داده شد، در احتراق ناقص ابتدا مقداری از کربن کک در مجاورت اکسیژن (یا هوا) می سوزد و تولید گاز دی اکسیدکربن CO_2 می کند. سپس باقیمانده کربن با دی اکسیدکربن CO_2 ترکیب می شود و گاز منواکسیدکربن تولید می کند. مطابق واکنش زیر:



گاز منواکسیدکربن (CO) می تواند اکسیدهای فلزی را به سهولت احیاء کرده و علاوه بر آن گرما تولید کند به عبارت دیگر واکنش گرمازا است.

به عنوان مثال، منواکسیدکربن در احیای اکسید آهن به صورت زیر عمل می نماید :



یعنی منواکسیدکربن علاوه بر این که FeO را احیا کرده و تولید Fe خالص می نماید، مقداری گرما نیز آزاد می نماید.

مطابق تعریف نسبت تعداد مولکول های دی اکسیدکربن تبدیل شده به منواکسیدکربن (B) را بر تعداد کل مولکول های دی اکسیدکربن تولید شده (A) در احتراق را راکتیویته می نامند به عبارت دیگر :

$$R = \frac{B}{A}$$

بر اساس محاسبات درصد راکتیویته بر حسب درصد گازهای دی اکسیدکربن و منواکسیدکربن به صورت زیر

است:

$$\%R = \frac{\%CO}{\%CO + 2\%CO_p} \times 100$$

در فشار ثابت راکتیویته کک به دو عامل بستگی دارد که عبارتند از درجه حرارت گاز CO_p و سرعت عبور گاز CO_p از روی کک گداخته. راکتیویته کک در داخل کوره کوپل حدود ۲۰٪ است به عبارت دیگر در حدود $\frac{2}{3}$ کربن کک با احتراق کامل می‌سوزد، در حالی که در کوره بلند با توجه به مقدار زیاد اکسیدهای آهن راکتیویته کک در $900^\circ C$ حداقل حدود ۷۵٪ و حداکثر ۹۰٪ است.

- نفت‌ها: ترکیبات پیچیده و مختلفی از ئیدروکربن‌های زنجیره ای و حلقوی هستند که اجزاء اصلی در ترکیب آنها هیدروژن و کربن است. گوگرد نیز در ترکیبات مختلف نفت‌ها وجود دارد و معمولاً مقدار آن کمتر از ۲ درصد است. نفت‌هایی که در ریخته‌گری و ذوب به کار می‌روند معمولاً از پالایش نفت خام ایجاد می‌شوند و در دسته ئیدروکربن‌های نسبتاً سنگین نسبت به بنزین و نفت سفید قرار دارند. به‌طور معمول گازوئیل، مازوت و نفت کوره از سوخت‌های مناسب برای ریخته‌گری می‌باشند. نفت‌ها سوخت‌های با ارزشی هستند. مزایای آنها عبارتند از:

الف - نفت‌ها دارای قدرت حرارتی عموماً زیاد و حدود ۹۰۰۰ تا ۱۰۶۰۰ کیلوکالری بر لیتر هستند که علت آن خاکستر و رطوبت بسیار کم آنها است.

ب - نفت‌ها خاکستر بسیار کمی دارند و مقدار آن غیرقابل ملاحظه است.

ج - کوره‌هایی که با سوخت مایع مانند نفت‌ها کار می‌کنند کنترل، تنظیم و ثابت نگهداشتن درجه حرارت به سادگی انجام می‌شود، به‌طوری که می‌توان مقدار سوخت را کم یا زیاد کرد.

د - انبار کردن نفت‌ها به فضای کمتری نیاز دارند و راندمان حرارتی آنها بیشتر است.

و - نفت‌ها به آسانی با هوا مخلوط شده و سریع مشتعل می‌شوند و به درجه حرارت ماکزیمم خود می‌رسند. نفت‌ها با وجود مزایای فوق دارای معایبی هستند که عبارتند از: گران بودن، خطر انفجار و اشتعال، بوی نامطبوع، ضایعات بالا در اثر تبخیر و بالاخره ایجاد رسوب در مخازن و لوله‌ها که باعث مسدود شدن و قطع جریان نفت می‌شود.

ضریب انبساط کلیه نفت‌ها زیاد است و حجم آنها در اثر گرما افزایش می‌یابد، به همین دلیل نباید مخازن نفت را به‌طور کامل پر نمود زیرا ممکن است سبب ترکیدن مخزن شود. تغییرات حجم نفت علاوه بر درجه حرارت به چگالی آن نیز بستگی دارد. به عنوان مثال برای نفتی که چگالی آن حدود $\frac{8}{cm^3} g$ است، تغییرات حجم از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$V = V_0(1 + \frac{1}{8} \times 10^{-4} \theta + \frac{1}{2} \times 10^{-6} \theta^2)$$

که در آن :

V : حجم نفت در درجه حرارت θ

V_0 : حجم نفت در صفر درجه سانتی‌گراد

θ : درجه حرارت نفت برحسب سانتی‌گراد

سوخت‌های گازی : این سوخت‌ها معمولاً به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند.

سوخت گاز طبیعی مخلوطی از ئیدروکربن‌های مختلف است که قسمت عمده آن را گاز متان (CH_4) تشکیل می‌دهد. درصد گاز متان، گاز طبیعی بین ۷۵ تا ۹۰ درصد است. باقیمانده ترکیب گاز طبیعی شامل گاز ئیدروژن، نیتروژن، دی اکسیدکربن و مقدار کمی اکسیژن است. در بعضی از گازهای طبیعی گاز سولفید هیدروژن (H_2S) نیز وجود دارد که با توجه به مطالب ذکر شده در هنگام احتراق گاز دی اکسیدگوگرد (SO_2) تولید می‌کند، که در عملیات ذوب فلزات در کوره‌های شعله ای بسیار مضر است. گاز طبیعی برای استفاده باید تصفیه شود. قدرت حرارتی گاز طبیعی بالا است و به ۸۰۰۰ تا $۸۵۰۰ \frac{kcal}{m^3}$ می‌رسد. سوخت‌های گاز مصنوعی نیز متعدد هستند و در صنعت به روش‌های مختلف تولید می‌شوند، این سوخت‌ها عبارتند از:

الف - گازهای تقطیر زغال‌سنگ یا گاز کوره‌های کک سازی

ب - گاز مولدها یا گازهای تولید شده از احتراق ناقص زغال‌سنگ

ج - گاز کوره بلند ذوب آهن

د - گاز آب یا گازهای تولید شده در اثر عبور بخار آب از روی زغال‌سنگ گداخته

ه - گازهای تولید شده به روش سنتز یا گازهای ساختگی مانند ئیدروژناسیون زغال‌سنگ که سبب تولید ئیدروکربن‌های متعدد می‌شود

و - گازهای حاصل از تقطیر یا شکسته شدن مولکول‌ها (کراکینگ) نفت‌های سنگین

۳-۶- بررسی قدرت حرارتی سوخت :

با توجه به واکنش عناصر قابل احتراق سوخت با اکسیژن و همچنین تعیین درصد آن‌ها، می‌توان حرارت تولید شده برای هر واحد جرم (kg) و یا واحد حجم (m^3) یعنی ارزش حرارتی سوخت را محاسبه و تعیین کرد. معمولاً سوخت‌های حاوی خاکستر و رطوبت است که مقدار این خاکستر در سوخت‌های جامد مهم‌تر است. خاکستر و مواد غیرقابل احتراق باعث کاهش مواد قابل احتراق در سوخت شده و به همین علت در قدرت حرارتی سوخت مؤثر هستند. در حالی که رطوبت موجود در سوخت امکان دارد تبخیر شوند و تبخیر آنها سبب جذب گرما و گرماگیری شوند که اثر آن در کاهش قدرت حرارتی بیشتر از مقدار درصد مواد غیرقابل احتراق آن است.

وجود اکسیژن در سوخت به علت ترکیب شدن آن با هیدروژن در زمان احتراق، قدرت حرارتی سوخت را کاهش می‌دهد به عبارت دیگر سوخت حاوی اکسیژن قبلاً اکسید شده و در نتیجه قدرت حرارتی آن کاهش می‌یابد. به‌طور کلی قدرت حرارتی یک سوخت را با توجه به گرمایی عناصر مختلف و ترکیب آنها با اکسیژن و ساده کردن شرایط محاسبه، می‌توان از رابطه زیر تعیین کرد :

$$q_m = 80C + 340\left(\frac{O}{8}\right) + 20S + W \quad \text{که در آن :}$$

q_m : قدرت حرارتی سوخت بر حسب kcal/kg

C : درصد کربن

H : درصد هیدروژن

O : درصد اکسیژن

S : درصد گوگرد

W : رطوبت

تمرین ۱۴-۳: یک نوع کک با درصد تخلخل ۶۰٪ دارای چگالی $1/1 \text{ g/cm}^3$ می‌باشد، چگالی حقیقی آن را حساب کنید.
حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۳-۳: در صورتی که چگالی حقیقی و ظاهری کک به ترتیب $1/8 \text{ g/cm}^3$ و 1 g/cm^3 باشد مطلوب است محاسبه درصد تخلخل کک :

حل: مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
$\rho = 1/8 \text{ g/cm}^3$	%e ?
$\rho' = 1 \text{ g/cm}^3$	

مرحله ۲) نوشتن رابطه درصد تخلخل :

$$\%e = \left(1 - \frac{\rho'}{\rho}\right) \times 100$$

مرحله ۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه و

محاسبه ریاضی

$$\%e = \left(1 - \frac{1}{1/8}\right) \times 100$$

$$\%e = 0/45 \times 100$$

$$\%e = 45\%$$

مثال ۳-۱۴: مطلوب است تعیین قدرت حرارتی یک نوع زغال خشک شامل ۸۰٪ کربن، ۵٪ ئیدروژن، ۵٪ اکسیژن، ۲٪ گوگرد و ۸٪ رطوبت. حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود.

خواسته‌ها	داده‌ها
q_m ?	ترکیب سوخت $= \%۸۰C + \%۵H_p + \%۵O_r + \%۲S + \%۸W$

مرحله (۲) نوشتن رابطه قدرت حرارتی

$$q_m \quad ۸۰C + ۳۴۰(H \frac{O}{۸}) + ۲۰S \quad ۶W$$

مرحله (۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه فوق

$$q_m \quad ۸۰ \times ۸۰ + ۳۴۰(۵ \frac{۵}{۸}) + ۲۰ \times ۲ \quad ۶ \times ۸$$

$$q_m \quad ۶۴۰۰ + ۱۴۸۷/۵ + ۴۰ \quad ۴۸$$

$$۷۸۷۹/۵ \text{ kcal/kg}$$

تمرین ۳-۱۵: یک نوع زغال خشکی شامل ۸۵٪ کربن، ۵٪ ئیدروژن، ۵٪ اکسیژن و ۵٪ خاکستر می‌باشد، قدرت حرارتی این زغال خشک را به دست آورید.
 حل (توسط هنرجو):

مثال ۳-۱۵: برای اندازه‌گیری راکتیویته یک زغال کک مقداری گاز CO_p را با فشار و درجه حرارت ثابت و معین از روی آن عبور داده‌اند (در غیاب هوا و اکسیژن) درصد گازهای خروجی عبارتند از: ۹۲٪ گاز اکسیدکربن و بقیه گاز کربنیک مطلوبست درصد راکتیویته کک

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود.

خواسته‌ها	داده‌ها
$\%CO_p$?	$\%CO$ ۹۲
$\%R$?	

مرحله (۲) نوشتن رابطه

$$\%R \quad \frac{\%CO}{\%CO + ۲\%CO_p} \times ۱۰۰$$

تمرین ۳-۱۶: در اندازه‌گیری راکتیویته یک نوع کک مقداری گاز CO_p با فشار و درجه حرارت ثابت از روی آن عبور داده شده است. در صورتی که درصد گاز CO_p خروجی ۱۵٪ و درصد CO خروجی ۸۵٪ باشد مطلوبست درصد راکتیویته کک.
 حل (توسط هنرجو):

مرحله ۳) به دست آوردن درصد CO_p

$$\% \text{CO}_p = 100 \times \% \text{CO}$$

$$\% \text{CO}_p = 100 \times 8\% = 8\%$$

مرحله ۴) جای گذاری داده ها در رابطه

$$\%R = \frac{92}{92 + 2 \times 8} \times 100 = \frac{92}{92 + 16} \times 100$$

$$\%R = \frac{92}{108} \times 100 = 85\%$$

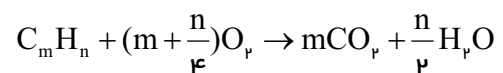
تمرین ۱۷-۳: حجم هوای لازم برای احتراق 10 kg گازی با ترکیب شیمیایی C_pH_q در شرایط متعارفی چقدر می شود (ترکیب حجمی هوا عبارت است از 20% اکسیژن و بقیه نیتروژن).
حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۶-۳: مطلوبست حجم هوای لازم برای احتراق 8 kg گاز متان با ترکیب شیمیایی CH_4 در شرایط متعارفی. (ترکیب حجمی هوا عبارت است از 20% اکسیژن و بقیه نیتروژن). $\text{C} = 12$ و $\text{H} = 1$
حل:

مرحله ۱) داده ها و خواسته ها به طور مختصر و همراه با واحدها نوشته شود

داده ها	خواسته ها
جرم گاز متان 8 kg	V ?
C 12	
H 1	
= ترکیب حجمی هوا نیتروژن 80% + اکسیژن 20%	

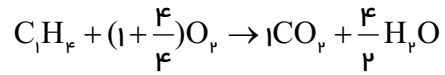
مرحله ۲) نوشتن رابطه احتراق



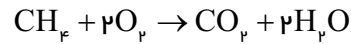
مرحله ۳) جای گذاری مقادیر داده ها در فرمول فوق

با توجه به این که گاز CH_4 است لذا $m = 1$ و $n = 4$

است خواهیم داشت :



مرحله ۴) رابطه ساده شده به صورت زیر خواهد بود:



مرحله ۵) محاسبه جرم مولکولی گاز CH_4 (متان):

این گاز از ۴ اتم ئیدروژن و یک اتم کربن تشکیل

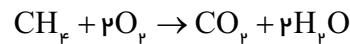
شده است بنابراین جرم مولکولی آن برابر است با :

$$12 + 4 \times 1 = 16$$

مرحله ۶) محاسبه حجم اکسیژن مورد نیاز برای

احتراق:

با توجه به رابطه احتراق



در شرایط متعارفی برای سوختن 16kg متان

(CH_4) حدود $2 \times 22 / 4\text{m}^3$ اکسیژن لازم است

بنابراین با یک تناسب ساده خواهیم داشت:

CH_4	اکسیژن
16kg	$44 / 4\text{m}^3$
8kg مطابق مسأله	حجم مورد نیاز x

$$x = \frac{44 / 4 \times 8}{16}$$

$$x = 22 / 4\text{m}^3$$

بنابراین برای احتراق 8kg گاز متان (CH_4) حدود

64c q_m اکسیژن لازم است.

مرحله ۷) محاسبه حجم هوای لازم: با توجه به صورت

مسأله ترکیب حجمی هوا عبارت است از ۲۰٪ اکسیژن

و ۸۰٪ نیتروژن. یعنی حد $\frac{1}{5}$ هوا اکسیژن است.

بنابراین با توجه به این که حجم اکسیژن لازم به دست آمده است، می توان گفت که حجم هوای لازم پنج برابر حجم اکسیژن است. یا به عبارت دیگر :

حجم اکسیژن ترکیب حجمی هوا

$$100 \quad 20$$

$$x \quad 22/4 \text{ سوخت برای سوخت}$$

$$x \frac{22/4 \times 100}{20}$$

$$x \quad 22/4 \times 5$$

$$x \quad 112 \text{ m}^3$$

حجم هوای لازم برای احتراق، ۱۱۲ مترمکعب است.

تمرین ۱۸-۳: حجم هوای لازم در شرایط متعارفی برای هر کیلوگرم سوخت ۱۲۰۰۰ lit می باشد. حجم هوا را در شرایط غیرمتعارفی فشار هوا ۶۵۰ mm Hg و دمای هوای ۳۰°C حساب کنید.
حل (توسط هنجو):

مثال ۱۷-۳: حجم هوای لازم در شرایط متعارفی برای هر کیلوگرم سوخت ۱۰ m^۳ می باشد. حجم هوا را در شرایط غیرمتعارفی فشار هوا ۶۶۰ mm Hg و دمای هوای ۲۷°C حساب کنید. P_۰ ۷۶۰ mmHg و

$$\alpha \frac{1}{273} \frac{1}{C}$$

حل: مرحله (۱) داده ها و خواسته ها را به طور مختصر

می نویسیم :

خواسته ها	داده ها
	V _۰ ۱۰ m ^۳
	P _۰ ۷۶۰ mmHg
	$\alpha \frac{1}{273} \frac{1}{C}$
	P ۶۶۰ mmHg
	$\theta \quad 27^{\circ}C$
	T $\theta + 273$
	T ۲۷ + ۲۷۳
	T ۳۰۰ k
	? V حجم هوای لازم

مرحله (۲) نوشتن رابطه با توجه به مسأله

$$V \frac{\alpha P_0 V_0 T}{P}$$

مرحله ۳) جای گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه فوق

$$V = \frac{1}{273} \times 760 \times 10 \times 300$$

$$660$$

مرحله ۴) محاسبات ریاضی

$$V = \frac{8351}{65}$$

$$660$$

$$V = 12/65 m^3 \text{ حجم هوای لازم}$$

تمرین ۱۹-۳: برای احتراق ۳۵ kg از یک نوع کک (بدون رطوبت) با ترکیب ۸۳٪ کربن، ۴٪ هیدروژن، ۵٪ نیتروژن و ۸٪ خاکستر، چند مترمکعب هوا در شرایط متعارفی لازم است ($\frac{1}{5}$ هوا اکسیژن است).
حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۸-۳: برای احتراق ۳۰ kg از یک نوع کک (بدون رطوبت) با ترکیب ۸۵٪ کربن، ۳٪ هیدروژن، ۴٪ اکسیژن و ۸٪ خاکستر، چند مترمکعب هوا در شرایط متعارفی لازم است. ($\frac{1}{5}$ حجم هوا اکسیژن است).
(O = ۱۶ و H = ۱ و C = ۱۲)

حل: مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
	۳۰kg جرم کک
	ترکیب کک در شرایط متعارفی %۸۵C, %۳H, %۴O, %۸A
؟ = حجم هوا	حجم هوا $\frac{1}{5}$ حجم اکسیژن
	C ۱۲
	H ۱
	O ۱۶

مرحله ۲) محاسبه جرم کربن و هیدروژن در کک :
با توجه به این که ۸۵٪ جرم کک را کربن تشکیل داده است.

$$\text{جرم کک} \times \frac{۸۵}{۱۰۰} = \text{جرم کربن}$$

$$\text{جرم کربن} = \frac{۸۵}{۱۰۰} \times ۳۰$$

جرم کربن ۲۵/۵kg

با توجه به این که ۳٪ جرم کک را هیدروژن تشکیل داده است.

$$\text{جرم کک} \times \frac{۳}{۱۰۰} = \text{جرم هیدروژن}$$

$$\text{جرم هیدروژن} = \frac{۳}{۱۰۰} \times ۳۰$$

$$\text{جرم هیدروژن} = ۰/۹ \text{kg}$$

مرحله ۳) به دست آوردن حجم اکسیژن لازم جهت احتراق کربن و هیدروژن :

کربن مطابق رابطه مقابل می شود $C + O_p \rightarrow CO_p$
با توجه به رابطه سوختن کربن، برای سوختن هر ۱۲kg کربن (با توجه به جرم مولکولی)، ۳۲kg اکسیژن لازم است. با ایجاد یک تناسب ساده خواهیم داشت :

$$\begin{array}{cc} C & O_p \\ ۱۲ \text{kg} & ۳۲ \text{kg} \end{array}$$

$$۲۵/۵ \quad x$$

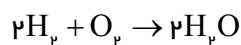
$$x \quad \frac{۳۲ \times ۲۵/۵}{۱۲}$$

$$x \quad ۶۸ \text{ kg}$$

برای سوختن کربن ۶۸kg اکسیژن لازم است.

- با توجه به رابطه سوختن هیدروژن خواهیم داشت:

برای سوختن هر ۴kg هیدروژن، ۳۲kg اکسیژن لازم است.



$$\begin{array}{cc} ۲H & O_p \\ ۴ \text{kg} & ۳۲ \text{kg} \end{array}$$

$$۰/۹ \quad x$$

$$x \quad \frac{۳۲ \times ۰/۹}{۴}$$

$$x \quad ۷/۲ \text{ kg} \quad \text{اکسیژن}$$

برای سوختن هیدروژن $7/2 \text{ kg}$ اکسیژن لازم است. با توجه به رابطه سوختن هیدروژن و کربن موجود در کک باید مقادیر اکسیژن به دست آمده را با هم جمع کنیم.

$$\text{اکسیژن } 75/2 \text{ kg} + 68 + 7/2$$

مرحله ۴) به دست آوردن حجم اکسیژن در شرایط متعارفی: در شرایط متعارفی حجم هر مولکول گرم اکسیژن (32 g)، $22/4$ لیتر است و چون حجم اکسیژن بر حسب کیلوگرم است، حجم آن $22/4 \text{ m}^3$ خواهد بود.

حجم اکسیژن	جرم اکسیژن
(O_2)	(O_2)
$22/4 \text{ m}^3$	32 kg
x	$75/2 \text{ kg}$

$$x \frac{75/2 \times 22/4}{32}$$

$$\text{حجم اکسیژن لازم برای احتراق } 52/64 \text{ m}^3 \times$$

مرحله ۵) به دست آوردن حجم هوا در شرایط متعارفی: با توجه به این که حجم اکسیژن، $\frac{1}{5}$ حجم هوا است. بنابراین حجم هوای لازم برای احتراق ۵ برابر حجم اکسیژن خواهد بود

طرفین در ۵ ضرب شود حجم هوا $= \frac{1}{5}$ حجم اکسیژن

$$5 \times \text{حجم اکسیژن} = \frac{1}{5} \times 5$$

$$\text{حجم هوا } 5 \times 52/64$$

حجم هوا	$263/2 \text{ m}^3$
---------	---------------------

تمرین ۲۰-۳: مطلوبست تعیین قدرت حرارتی یک نوع گازوئیل که در تجزیه کمی آن ۸۵٪ کربن و ۱۴٪ هیدروژن و ۱ درصد مواد غیرقابل احتراق تعیین شده است.

حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۹-۳: مطلوبست تعیین قدرت حرارتی یک نوع گازوئیل که در تجزیه کمی آن ۹۰٪ کربن و ۹٪ هیدروژن و ۰/۵ درصد گوگرد و ۰/۵ درصد مواد غیرقابل احتراق تعیین شده است.

حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها به‌طور خلاصه و همراه

با واحدها نوشته می‌شود

خواسته‌ها	داده‌ها
q_m ? $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$	C کربن ۹۰%
	H ئیدروژن ۹۰%
	S گوگرد ۰/۵%
	A مواد غیرقابل احتراق ۰/۵%
	O ۰%

مرحله (۲) نوشتن رابطه قدرت حرارتی

$$q_m = 80C + 340\left(H - \frac{O}{8}\right) + 20S - 6A$$

مرحله (۳) جای‌گذاری داده‌ها در رابطه فوق

$$q_m = (80 \times 90) + 340\left(9 - \frac{0}{8}\right) + (20 \times 0/5) - (6 \times 0/5)$$

مرحله (۴) محاسبات ریاضی

$$q_m = 7200 + 340 \times 9 + 40 - 6 = 7200 + 3060 + 10 = 3$$

$$q_m = 7200 + 3060 + 10 = 3$$

$$q_m = 10267 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

مثال ۳-۲۰: در تجزیه کمی ۱۱۶ gr سوخت، ۹۶ g

کربن و بقیه هیدروژن تعیین شده است :

اولاً: فرمول ساده سوخت را مشخص کنید

ثانیاً: حجم هوای لازم برای احتراق هر کیلوگرم از

آن را در شرایط متعارفی به دست آورید. درصد حجمی

هوا ۲۰ درصد اکسیژن و بقیه نیتروژن است.

حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها به‌طور مختصر و همراه با

واحد نوشته می‌شود

خواسته‌ها	داده‌ها
? = فرمول تقریبی سوخت	۱۱۶gr = جرم سوخت
? = حجم هوای لازم برای احتراق هر کیلوگرم سوخت	۹۶gr = جرم کربن ۲۰gr = جرم هیدروژن ۲۰٪ = درصد حجمی اکسیژن هوا

اولاً: مرحله (۲) به دست آوردن فرمول تقریبی سوخت



$$116 = m \times 12 + 1 \times n \quad \text{جرم مولکولی سوخت}$$

$$12m + n = 116 \quad (1)$$

$$96 = m \times 12 \quad \text{جرم مولکولی کربن سوخت}$$

(طرفین تساوی بر ضریب m تقسیم می‌شود)

$$\frac{m \times 12}{12} = \frac{96}{12}$$

$$m = 8$$

به جای m مقادیرش را قرار می‌دهیم (از معادله (۱))

$$12m + n = 116$$

$$12 \times 8 + n = 116$$

$$96 + n = 116$$

تمرین ۳-۲۱: در تجزیه کمی ۱۲۴ gr سوخت، g

۹۸ کربن و بقیه هیدروژن تعیین شده است :

اولاً: فرمول ساده سوخت را مشخص کنید

ثانیاً: حجم هوای لازم برای احتراق ۵۰ kg از آن

را در شرایط متعارفی به دست آورید. درصد حجمی هوا

۲۰٪ اکسیژن و بقیه نیتروژن است.

حل (توسط هنرجو):

مقدار n را حساب می‌کنیم

$$n = 116 / 96$$

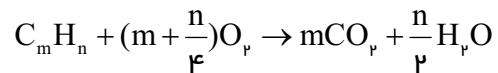
$$n = 1.208$$

با توجه به فرمول C_mH_n و مقادیر m و n فرمول

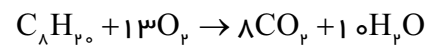
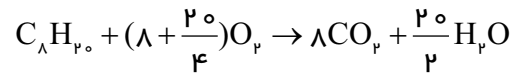
تقریبی سوخت برابر است با:



ثانیاً: مرحله ۳) نوشتن فرمول احتراق سوخت:

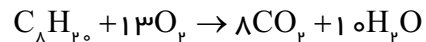


مرحله ۴) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها:



مرحله ۵) محاسبه حجم اکسیژن لازم برای سوختن یک

کیلوگرم سوخت



حجم اکسیژن لازم (متر مکعب) جرم مولکولی سوخت (کیلوگرم)

$$\frac{C_8H_{20}}{116} \quad \quad \quad 13 \times 32 / 4$$

$$1 \text{ کیلوگرم سوخت} \quad \quad \quad x$$

$$x = \frac{13 \times 32 / 4 \times 1}{116}$$

$$x = 2 / 5 \text{ m}^3 \text{ اکسیژن}$$

مرحله ۶) محاسبه حجم هوای لازم برای سوختن ۱

کیلوگرم سوخت

با توجه به این که درصد حجمی اکسیژن هوا ۲۰٪ است

خواهیم داشت:

درصد حجمی اکسیژن درصد حجمی هوا

$$\begin{array}{cc} 100 & 20 \\ x & 2/5 \end{array}$$

$$x \frac{100 \times 2 / 51}{20}$$

$$x \frac{12}{55} m^3$$

حجم هوای لازم برای احتراق یک کیلوگرم سوخت

تمرین ۲۲-۳: در تجزیه کمی ۶۵ gr از یک نوع سوخت ۳۵gr کربن و بقیه هیدروژن به دست آمده است مطلوبست تعیین:

الف فرمول ساده سوخت

ب حجم هوای لازم برای احتراق ۴ kg از این سوخت (حجم هوا ۲۲٪ اکسیژن و بقیه نیتروژن) حل (توسط هنرجو):

مثال ۲۱-۳: در تجزیه کمی ۵۸ gr از یک نوع سوخت ۴۸ gr کربن و بقیه هیدروژن به دست آمده است مطلوبست تعیین:

الف فرمول ساده سوخت

ب حجم هوای لازم برای احتراق ۲ kg از این سوخت (حجم هوا ۲۰٪ اکسیژن و بقیه نیتروژن است).
حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها به‌طور مختصر نوشته می‌شود

خواسته‌ها	داده‌ها
جرم مولکولی سوخت	۵۸gr
? فرمول ساده سوخت	جرم کربن موجود در مولکول سوخت ۴۸gr
? حجم هوای لازم برای احتراق ۲ کیلوگرم سوخت	۲۰٪ درصد حجمی اکسیژن هوا جرم سوخت ۲kg C ۱۲ H ۱

مرحله ۲) به دست آوردن فرمول تقریبی سوخت :

فرمول کلی سوخت به صورت $C_m H_n$ می‌باشد.

راه اول :

= جرم هیدروژن موجود در مولکول سوخت

جرم کربن موجود در مولکول سوخت - جرم مولکول سوخت

$$= 58 - 48$$

جرم هیدروژن موجود در مولکول سوخت ۱۰

$$\text{جرم } C_m \quad 12 \times m \quad 48$$

طرفین تساوی را بر عدد ۱۲ تقسیم می‌کنیم

$$\frac{12 \times m}{12} = \frac{48}{12}$$

$$m = 4$$

$$\text{جرم } H_n \quad 1 \times n$$

$$10 = 1 \times n$$

$$n = 10$$

راه دوم :

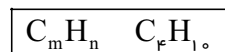
تعداد کربن

$$m = \frac{\text{جرم کربن سوخت}}{\text{جرم اتمی}} = \frac{48}{12} = 4$$

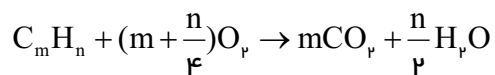
تعداد هیدروژن

$$n = \frac{\text{جرم هیدروژن سوخت}}{\text{جرم اتمی}} = \frac{10}{1} = 10$$

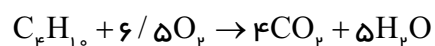
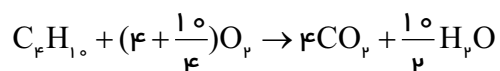
لذا فرمول تقریبی به صورت زیر می‌باشد



مرحله ۳) نوشتن رابطه احتراق سوخت

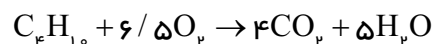


مرحله ۴) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در فرمول



مرحله ۵) محاسبه حجم اکسیژن لازم برای احتراق

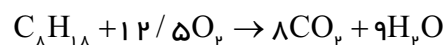
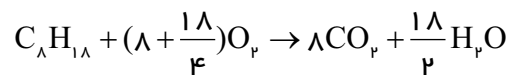
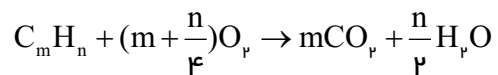
سوخت :



	<p>حجم اکسیژن لازم برحسب جرم مولکولی سوخت برحسب</p> $\frac{\text{kg}}{58} \times \frac{\text{m}^3}{6/5 \times 22/4} = 2 \text{ kg} \times X$ $X = \frac{6/5 \times 22/4 \times 2}{58}$ <p>$5/02 \text{ m}^3$ X حجم اکسیژن لازم برای احتراق 2 kg سوخت</p> <p>مرحله ۶) محاسبه حجم هوای لازم برای احتراق سوخت با توجه به این که ۲۰٪ حجم هوا، اکسیژن است، بنابراین حجم هوا ۵ برابر اکسیژن می‌باشد.</p> <p>درصد حجمی اکسیژن $\frac{100}{20} = 5$</p> <p>حجم هوای لازم برای احتراق $5 \times 5/02$</p> <p>حجم هوای لازم برای احتراق $\frac{25}{1} \text{ m}^3$</p>
<p>تمرین ۲۳-۳: حجم هوای لازم برای احتراق ۱۵ kg گاز متان با ترکیب شیمیایی CH_4 را در شرایط غیرمتمعارفی فشار 650 mmHg و دمای 350°C محاسبه کنید (ترکیب هوا از ۲۰٪ اکسیژن و ۸۰٪ حجمی نیتروژن می‌باشد و ضریب انبساط حجمی گازها $P_0 = 760 \text{ mmHg}$ و $\frac{1}{273} \text{ }^\circ\text{C}$ می‌باشد.</p> <p>حل (توسط هنرجو):</p>	<p>مثال ۲۲-۳: حجم هوای لازم برای احتراق ۹/۴ kg گاز اکتان با ترکیب شیمیایی C_8H_{18} را در شرایط غیرمتمعارفی فشار 680 mmHg و دمای 30°C محاسبه کنید (ترکیب هوا از ۲۱٪ اکسیژن و ۷۹٪ حجمی نیتروژن تشکیل شده است). ضریب انبساط حجمی گاز $\frac{1}{273} \text{ }^\circ\text{C}$ و $P_0 = 760 \text{ mmHg}$ و حل: مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود.</p>

خواسته‌ها	داده‌ها
۱- حجم هوای لازم برای احتراق در شرایط متعارفی	جرم سوخت $9/4 \text{ kg}$ $P \quad 680 \text{ mmHg}$ $\theta \quad 30^\circ \text{C}$
۲- حجم هوای لازم در شرایط غیرمتعارفی داده شده	$T \quad 273 + 30 \quad 303 \text{ K}$ ترکیب هوا $\begin{cases} 21\% \text{ O}_p \\ 79\% \text{ N}_p \end{cases}$ $\alpha \quad \frac{1}{273} \frac{1}{^\circ \text{C}}$ $P_o \quad 760 \text{ mmHg}$

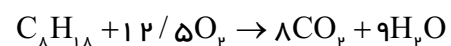
مرحله ۲) نوشتن واکنش احتراق گاز



مرحله ۳) محاسبه حجم اکسیژن لازم در شرایط متعارفی

برای سوختن $9/4 \text{ kg}$ از این گاز

جرم مولکولی $C_8 H_{18} \quad 12 \times 8 + 18 \times 1 \quad 114$



$C_8 H_{18} \text{ kg} \quad m^3 \text{ اکسیژن}$
 $114 \quad 12/5 \times 22/4$
 $9/4 \quad x$

$$x \quad \frac{12/5 \times 22/4 \times 9/4}{114}$$

x حجم اکسیژن $23/5 \text{ m}^3$

مرحله ۴) به دست آوردن حجم هوای لازم در شرایط

متعارفی

اکسیژن هوا

$$\frac{100}{21} \times \frac{23/09 \times 100}{21}$$

حجم هوای لازم در شرایط متعارفی $109/95 \text{ m}^3$ x
مرحله ۵) نوشتن رابطه حجم در شرایط غیرمتعارفی

$$V \frac{\alpha P_0 V_0 T}{P}$$

مرحله ۶) جای گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه فوق

$$V \frac{\frac{1}{273} \times 760 \times 109/95 \times 303}{680}$$

$$V \quad 136/39 \text{ m}^3$$

سیمای فصل



۴ محاسبات ساده در ریخته‌گری

۴-۱- محاسبه ترکیب آلیاژها :

مهم‌ترین مسأله در هنگام ساخت آلیاژ، تعیین ترکیب آلیاژ یا درصد عناصر تشکیل دهنده آلیاژ می‌باشد. البته مسائل اقتصادی نیز تأثیر دارد. به‌طوری که برای تهیه آلیاژ بتوان از مواد اولیه ارزان قیمت استفاده نمود. با توجه به این موارد، استفاده از قراضه‌ها، برگشتی‌ها و کاهش اتلافات مواد ذوب و محاسبات دقیق و کنترل شرایط ذوب لازم می‌باشد. هر کدام از این موارد نیازمند بررسی و تشریح به‌صورت جداگانه می‌باشد که در این قسمت به نکات عمومی و مشترک آنها پرداخته می‌شود.

در تهیه آلیاژ معمولاً از مواد مختلف آلیاژی به شرح زیر استفاده می‌شود.

۱- شمش‌های اولیه ۴- آلیاژسازها

۲- شمش‌های ثانویه ۵- قراضه‌ها

۳- مواد افزودنی مانند فلاکس، گاززداها، ریزکننده‌ها و اصلاح کننده‌های دانه‌ها

۱-۱-۴- شمش‌های اولیه : قطعاتی هستند که برحسب نوع فلز در جرم‌های معین از سنگ معدن تهیه می‌شوند. این شمش‌ها درجه خلوص بالایی دارند و عناصر ناخالص آنها در حدود ۱ درصد است. شمش‌های اولیه برای فلزاتی مانند آلومینیم، مس، چدن و... تولید می‌شوند.

۲-۱-۴- شمش‌های ثانویه : این شمش‌ها با استفاده از قراضه‌ها تولید می‌شوند به این صورت که آنها را ذوب نموده و سپس تصفیه می‌کنند تا به ترکیب معین موردنظر برسند درجه خلوص این شمش‌ها با شمش‌های اولیه متفاوت است و قیمت آنها بالاتر می‌باشد.

۳-۱-۴- آلیاژسازها : روش معمول برای ساخت آلیاژ باید در حالت مذاب، فلزی را به فلز دیگر اضافه نمود. معمولاً این عمل دارای اشکالاتی است که به نقطه ذوب و اختلاف فشار بخار آنها بستگی دارد. به عنوان مثال اگر عنصری با نقطه ذوب پائین به فلزی با نقطه ذوب بالا اضافه شود و کاملاً درهم محلول باشند هیچگونه مشکلی به وجود نمی‌آید. در صورتی که اگر حلالیت این دو عنصر کم باشد یا اختلاف فشار آنها زیاد باشد در این صورت عنصر با نقطه ذوب پائین ممکن است بخار شود که در این صورت امکان اکسید شدن عنصر با نقطه ذوب پائین زیاد است در نتیجه مقدار اتلافات زیاد می‌شود، از طرف دیگر در صورتی که فلزی با نقطه ذوب بالا مثل مس به فلزی با نقطه ذوب پائین مانند آلومینیم اضافه شود در این صورت امکان ذوب با نقطه ذوب بالا، انحلال و پخش آن بسیار کم است و نمی‌توان آن را به سهولت به مذاب اضافه نمود. در این موارد از ترکیبات با درصد بالایی به نام‌ها درنر یا آلیاژساز استفاده می‌شود. آلیاژسازها از آلیاژ دو یا چند عنصر با نسبت ترکیبی بالایی تشکیل شده است که در عملیات ذوب و اضافه نمودن عنصری به عنصر دیگر استفاده می‌شود. مشخصات آلیاژسازها به قرار زیر است :

الف - دارای درصد قابل توجهی از حداقل دو عنصر است.

ب - نقطه ذوب پایین دارند.

ج - معمولاً ترد و شکننده هستند.

بعضی از آلیاژسازها مانند سیلومین و فروآلیاژها علاوه بر کاربردهای صنعتی که دارند به عنوان آلیاژساز نیز استفاده می‌شوند. جدول (۱-۴) ترکیب و نقطه ذوب چند آلیاژ را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۴- نسبت ترکیب و نقطه ذوب چند آلیاژساز

نوع آلیاژ	نسبت ترکیب	نقطه ذوب °C
مس منگنز	۷۳Cu ، ۲۷Mn	۸۶۰
مس آهن	۹۰-۹۵Cu ، ۱۰ Fe	۱۴۵۰
مس سیلیسیم	۷۵Cu ، ۲۵Si	۱۰۰۰
مس قلع	۵۰Cu ، ۵۰Sn	۷۸۰
مس نیکل	۶۷-۸۵Cu ، ۱۵ Ni	۱۰۵۰-۱۲۰۵
مس آلومینیم	۵۰Cu ، ۵۰Al	۵۸۰
آلومینیم سیلیسیم	۸۵-۸۸Al ، ۱۲ Si	۶۲۰-۶۶۰
آلومینیم منیزیم	۸۹-۹۱Al ، ۹ Mg	۵۶۰-۶۴۰
آلومینیم منگنز	۸۹-۹۱Al ، ۹ Mn	۷۷۰-۸۳۰
آلومینیم برلیوم	۹۷-۹۸Al ، ۲ Be	۶۰۰-۶۶۰
آلومینیم آهن	۸۹-۹۱Al ، ۹ Fe	۸۰۰-۸۵۰
آلومینیم مس منگنز	۵۰Al ، ۴۰Cu ، ۱۰Mn	۶۵۰
آلومینیم مس - آهن	۷۰Al ، ۲۰Cu ، ۱۰Fe	۸۳۰

۴-۱-۴ - قراضه‌ها: معمولاً برای کاهش قیمت تمام شده آلیاژسازی به عنوان مواد اولیه استفاده می‌شوند

که معمولاً به دو دسته برگشتی‌ها و قراضه‌های تجاری تقسیم می‌شوند.

الف - برگشتی‌ها: شامل قطعات معیوب ریخته‌گری، راهگاه، تغذیه و... است که در هر کارگاه ریخته‌گری وجود

دارد مزیت برگشتی‌ها این است که دارای ترکیب معین و مشخص می‌باشند، استفاده از برگشتی‌ها باعث کاهش

هزینه‌های آلیاژسازی و همچنین انبارداری آنها می‌شود.

ب - قراضه‌های تجاری : شامل قطعات فلزی خارج از سرویس، شکسته، تسمه‌ها، براده‌ها و سوفاره‌ها می‌باشند که قیمت پایینی دارند. هنگام استفاده از آنها باید از لحاظ ترکیب شیمیایی، طبقه‌بندی شوند. از طرفی با توجه به این که امکان اکسید شدن سوفاره‌ها و براده‌ها به دلیل سطح تماس نسبتاً بالای آنها زیاد است، بهتر است قبل از استفاده فشرده شده و به صورت بلوکه درآیند.

۵-۱-۴- آلیاژسازی : عبارت است از اضافه نمودن یک عنصر به عنصر دیگر در حالت مذاب

به طوری که این عنصر در ترکیب مذاب باقی بماند و با اکسیژن هوا ترکیب نشده و وارد سرباره نشود. همچنین در آلیاژسازی سعی می‌شود از ورود ناخالصی و مواد ناخواسته به مذاب جلوگیری شود.

ذکر این نکته لازم است که در مورد شارژ و نسبت ترکیبی آلیاژ معمولاً از درصد وزنی استفاده می‌شود به این صورت که جرم کل آلیاژ ۱۰۰ در نظر گرفته می‌شود و مقدار اجزاء سازنده آلیاژ برحسب جرم آنها به صورت درصد بیان می‌شود. برای این منظور معمولاً برای حل مسائل آلیاژسازی از تناسب استفاده می‌شود.

تمرین ۱-۴: در تهیه یک نوع آلیاژ مس، ۶۰kg مس خالص و ۱۰kg آلومینیم استفاده شده است در صورتی که اتلافات مذاب منظور نشود، درصد ترکیب آلیاژ را تعیین کنید.
حل (توسط هنرجو):

مثال ۱-۴: در تهیه یک نوع آلیاژ آلومینیم، ۵۰ kg آلومینیم خالص و ۱۰ kg سیلیسیم استفاده شده است در صورتی که اتلافات مذاب منظور نشود، درصد ترکیب آلیاژ را تعیین کنید.
حل: مرحله (۱) داده و خواسته‌ها نوشته می‌شود

خواسته‌ها	داده‌ها
%Al = ؟	Al ۵۰kg
%Si = ؟	Si ۱۰kg

مرحله (۲) محاسبه جرم کل آلیاژ با استفاده از جرم اجزاء موجود در آن، در این آلیاژ ۵۰kg آلومینیم و ۱۰kg سیلیسیم وجود دارد بنابراین جرم کل آلیاژ برابر است با:

$$\text{جرم آلیاژ} = ۵۰ + ۱۰ = ۶۰ \text{ kg}$$

مرحله ۳) برای به دست آوردن درصد این عناصر با فرض این که ۱۰۰ kg از این آلیاژ بخواهیم، با استفاده از تناسب مقادیر آلومینیم و سیلیسیم لازم مطابق زیر به دست می آید.

جرم آلومینیم جرم کل آلیاژ

$$\begin{array}{r} 50 \\ \times \quad \frac{50 \times 100}{60} \\ \hline 60 \end{array}$$

درصد آلومینیم \times $\frac{83}{4}\%$

جرم سیلیسیم جرم کل آلیاژ

$$\begin{array}{r} 10 \\ \times \quad \frac{100 \times 10}{60} \\ \hline 60 \end{array}$$

درصد سیلیسیم \times $\frac{16}{6}\%$

یا

درصد آلومینیم - ۱۰۰ = درصد سیلیسیم

$\frac{16}{6}\%$ $\frac{83}{4}\%$ ۱۰۰ درصد سیلیسیم

در نتیجه با توجه به این که در ۱۰۰ kg از این آلیاژ

۸۳/۴ kg آلومینیم و ۱۶/۶ kg سیلیسیم وجود دارد.

بنابراین درصد آلومینیم $\frac{83}{4}\%$ و درصد سیلیسیم

$\frac{16}{6}\%$ می باشد.

تمرین ۲-۴ kg آلومینیم، سیلیسیم و منیزیم با ترکیب ۸۵٪ آلومینیم، ۱۰٪ سیلیسیم و ۵٪ منیزیم وجود دارد. مقدار هر کدام از عناصر تشکیل دهنده این آلیاژ چقدر است؟
حل (توسط هنرجو):

مثال ۲-۴: ۴۰ kg شمش برنز با ترکیب ۸۰٪ مس، ۱۰٪ قلع، ۶٪ روی و ۴٪ سرب وجود دارد، مقدار هر کدام از عناصر تشکیل دهنده برنز چقدر است؟
حل:

مرحله (۱) داده و خواسته‌ها نوشته می‌شود

خواسته‌ها	داده‌ها
? = جرم مس	۴۰ kg جرم شمش
? = جرم قلع	۱۰% + مس ۸۰% ترکیب آلیاژ
? = جرم روی	سرب ۴% + قلع ۶% + روی
? = جرم سرب	

مرحله (۲) به دست آوردن جرم مس : با توجه به این که درصد مس ۸۰٪ است. بنابراین در ۱۰۰ kg از این شمش ۸۰ kg مس وجود دارد، حال با استفاده از یک تناسب ساده مقدار مس را در ۴۰ kg شمش به دست می‌آوریم.

شمش برنز	مس	
kg	kg	
۱۰۰	۸۰	x $\frac{۸۰ \times ۴۰}{۱۰۰}$
۴۰	x	

جرم مس x ۳۲ kg

مرحله (۳) به دست آوردن جرم قلع مانند مرحله (۲)

شمش برنز	قلع	
kg	kg	
۱۰۰	۱۰	x $\frac{۴۰ \times ۱۰}{۱۰۰}$
۴۰	x	

جرم قلع x ۴ kg

مرحله (۴) به دست آوردن جرم روی:

شمش برنز	روی	
kg	kg	
۱۰۰	۶	x $\frac{۴۰ \times ۶}{۱۰۰}$
۴۰	x	

جرم روی x ۲/۴ kg

مرحله ۵) به دست آوردن جرم سرب

$$\begin{array}{r} \text{سرب} \\ \text{شمش برنز} \\ \text{kg} \quad \text{kg} \\ 100 \quad 4 \quad \times \quad \frac{40 \times 4}{100} \\ 40 \quad \times \end{array}$$

جرم سرب $\frac{1}{6} \text{kg} \times$

تمرین ۳-۴ در تهیه یک نوع آلیاژ مس، ۸۰ kg شمش با ترکیب (۷۰٪ مس و ۱۰٪ قلع و ۲۰٪ روی) و ۲۰ kg مس خالص استفاده شده است با صرف نظر از اتلافات، درصد ترکیب آلیاژ چقدر می باشد؟
حل (توسط هنجرو):

مثال ۳-۴ در تهیه یک آلیاژ برنج از ۵۰ kg شمش برنج با ترکیب (۶۰٪ مس و ۴۰٪ روی) و ۱۰ kg مس خالص استفاده شده است با صرف نظر از اتلافات، درصد ترکیب آلیاژ را حساب کنید.

حل: مرحله ۱) داده و خواسته ها نوشته می شود

داده ها	خواسته ها
شمش برنج ۵۰ kg	؟ = درصد مس
ترکیب شمش ۴۰٪ + مس ۶۰٪ روی	
۱۰ kg جرم مس خالص	؟ = درصد روی

مرحله ۲) ابتدا مقدار مس و روی موجود در شمش برنج را محاسبه می کنیم.

$$\begin{array}{r} \text{شمش برنج} \\ \text{مس} \\ \text{kg} \quad \text{kg} \\ 100 \quad 60 \quad \times \quad \frac{60 \times 50}{100} \\ 50 \quad \times \end{array}$$

۳۰ kg مقدار مس موجود در شمش برنج

$$\begin{array}{r} \text{شمش برنج} \\ \text{روی} \\ \text{kg} \quad \text{kg} \\ 100 \quad 40 \quad \times \quad \frac{40 \times 50}{100} \\ 50 \quad \times \end{array}$$

۲۰ kg مقدار روی موجود در شمش برنج

مرحله ۳) محاسبه مقدار کل آلیاژ و مقادیر مس و روی در آلیاژ برنج

مقدار مس خالص + مقدار شمش = مقدار کل آلیاژ

$$۶۰\text{kg} + ۱۰ = ۵۰$$

= مقدار مس کل

مقدار مس خالص + مقدار مس موجود در شمش

$$۴۰\text{kg} + ۱۰ = ۳۰$$

$$۲۰\text{kg} = \text{مقدار روی موجود در شمش} = \text{مقدار روی کل}$$

مرحله ۴) به دست آوردن درصد مس و روی در آلیاژ

جدید با استفاده از تناسب

آلیاژ	مس		
۶۰	۴۰	x	$\frac{۴۰ \times ۱۰۰}{۶۰}$
۱۰۰	x		۶۰

$$\text{درصد مس} = \frac{۶۶}{۶}\%$$

آلیاژ	روی		
۶۰	۲۰	x	$\frac{۱۰۰ \times ۲۰}{۶۰}$
۱۰۰	x		۶۰

$$\text{درصد روی} = \frac{۳۳}{۴}\%$$

تمرین ۴-۴ در تهیه یک نوع آلیاژ برنج، ۵۰ kg مس، ۲۰ kg روی، ۳۰ kg شمش برنج با ترکیب (۶۰٪ مس، ۳۵٪ روی و ۵٪ قلع) استفاده شده است. با فرض نبود اتلافات، ترکیب آلیاژ را محاسبه کنید. حل (توسط هنرجو):

مثال ۴-۴ در تهیه یک نوع آلیاژ آلومینیم، ۴۰ kg آلومینیم، ۱۵ kg سیلیسیم، ۳۰ kg شمش آلیاژ آلومینیم با ترکیب (۸۰٪ آلومینیم، ۱۵٪ سیلیسیم و ۵٪ منیزیم) و ۲۰ kg برگشتی با ترکیب (۸۵٪ آلومینیم، ۱۲٪ سیلیسیم و ۳٪ منیزیم) استفاده شده است با فرض نبود اتلافات، درصد ترکیب آلیاژ را حساب کنید

حل: مرحله (۱) داده و خواسته‌ها

خواسته‌ها	داده‌ها
	۴۰kg آلومینیم خالص
	۱۵kg سیلیسیم
	۳۰kg شمش آلیاژ آلومینیم
= درصد آلومینیم	ترکیب شمش = ۱۵% + ۸۰% آلومینیم
= درصد سیلیسیم	منیزیم ۵% + سیلیسیم
= درصد منیزیم	
	۲۰kg برگشتی
	ترکیب برگشتی = ۱۲% + ۸۵% آلومینیم
	منیزیم ۳% + سیلیسیم

مرحله (۲) محاسبه مقدار آلومینیم، سیلیسیم و

منیزیم در شمش

$$\begin{array}{r} \text{آلومینیم} \\ \text{شمش} \\ \text{kg} \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{kg} \\ \text{kg} \\ \text{kg} \end{array} \quad \begin{array}{r} \\ \\ \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100 \\ 30 \end{array} \quad \begin{array}{r} 80 \\ X \end{array} \quad \begin{array}{r} X \\ \\ \end{array} \quad \frac{30 \times 80}{100}$$

۲۴kg X مقدار آلومینیم موجود در آلیاژ

$$\begin{array}{r} \text{سیلیسیم} \\ \text{شمش} \\ \text{kg} \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{kg} \\ \text{kg} \\ \text{kg} \end{array} \quad \begin{array}{r} \\ \\ \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100 \\ 30 \end{array} \quad \begin{array}{r} 15 \\ X \end{array} \quad \begin{array}{r} X \\ \\ \end{array} \quad \frac{15 \times 30}{100}$$

۴/۵kg X مقدار سیلیسیم موجود در آلیاژ

$$\begin{array}{r} \text{منیزیم} \\ \text{شمش} \\ \text{kg} \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{kg} \\ \text{kg} \\ \text{kg} \end{array} \quad \begin{array}{r} \\ \\ \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100 \\ 30 \end{array} \quad \begin{array}{r} 5 \\ X \end{array} \quad \begin{array}{r} X \\ \\ \end{array} \quad \frac{30 \times 15}{100}$$

۱/۵kg مقدار منیزیم موجود در آلیاژ

مرحله ۳) محاسبه مقدار آلومینیم، سیلیسیم و

منیزیم در برگشتی

$$\begin{array}{r} \text{آلومینیم} \\ \text{برگشتی} \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{kg} \\ \text{kg} \end{array} \quad \begin{array}{r} ۱۰۰ \\ ۲۰ \end{array} \quad \begin{array}{r} ۸۵ \\ X \end{array} \quad X \quad \frac{۲۰ \times ۸۵}{۱۰۰}$$

۱۷kg مقدار آلومینیم موجود در برگشتی

$$\begin{array}{r} \text{سیلیسیم} \\ \text{برگشتی} \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{kg} \\ \text{kg} \end{array} \quad \begin{array}{r} ۱۰۰ \\ ۲۰ \end{array} \quad \begin{array}{r} ۱۲ \\ X \end{array} \quad X \quad \frac{۲۰ \times ۱۲}{۱۰۰}$$

۲/۴kg مقدار سیلیسیم موجود در برگشتی

$$\begin{array}{r} \text{منیزیم} \\ \text{برگشتی} \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{kg} \\ \text{kg} \end{array} \quad \begin{array}{r} ۱۰۰ \\ ۲۰ \end{array} \quad \begin{array}{r} ۳ \\ X \end{array} \quad X \quad \frac{۲۰ \times ۳}{۱۰۰}$$

۰/۶kg مقدار منیزیم موجود در برگشتی

مرحله ۴) محاسبه جرم کل آلیاژ و مقادیر کلی

آلومینیم، سیلیسیم و منیزیم

جرم سیلیسیم + جرم آلومینیم خالص = جرم کل آلیاژ

جرم برگشتی + جرم شمش +

$$۱۵۰\text{kg} \quad ۲۰ + ۳۰ + ۱۵ + ۴۰ = \text{جرم کل آلیاژ}$$

جرم آلومینیم خالص = جرم کل آلومینیم موجود در آلیاژ

جرم آلومینیم موجود + جرم آلومینیم موجود در شمش +

در برگشتی

$$۸۱\text{kg} \quad ۴۰ + ۲۴ + ۱۷ = \text{جرم کل آلومینیم موجود}$$

در آلیاژ

جرم سیلیسیم خالص = جرم کل سیلیسیم موجود در آلیاژ

سیلیسیم موجود در برگشتی + جرم سیلیسیم موجود در شمش +

$$\text{جرم کل سیلیسیم} \quad 21/9 \text{ kg} \quad 15 + 4/5 + 2/4$$

موجود در آلیاژ

= جرم کل منیزیم موجود در آلیاژ

جرم منیزیم موجود در برگشتی + جرم منیزیم موجود در شمش

$$\text{جرم کل منیزیم موجود در} \quad 2/1 \text{ kg} \quad 1/5 + 0/6$$

آلیاژ

مرحله ۵) محاسبه درصد اجزاء آلیاژ

آلیاژ آلومینیم

$$\begin{array}{r} \text{kg} \\ 105 \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{kg} \\ 81 \end{array} \quad \times \quad \frac{81 \times 100}{105}$$

\times درصد آلومینیم در آلیاژ جدید $77/14\%$

آلیاژ سیلیسیم

$$\begin{array}{r} \text{kg} \\ 105 \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{kg} \\ 21/9 \end{array} \quad \times \quad \frac{100 \times 21/9}{105}$$

\times درصد سیلیسیم در آلیاژ جدید $20/86\%$

آلیاژ منیزیم

$$\begin{array}{r} \text{kg} \\ 105 \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{kg} \\ 2/1 \end{array} \quad \times \quad \frac{100 \times 2/1}{105}$$

\times درصد منیزیم در آلیاژ جدید 2%

۶-۱-۴- اتلاف کوره :

در هنگام آلیاژسازی معمولاً مقداری از عناصری که اضافه می‌شوند، در اثر واکنش با هوا یا سوخت به سرباره منتقل می‌شوند که جزو اتلاف کوره در نظر گرفته می‌شوند. اتلاف به عوامل متعددی بستگی دارد که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

الف - روش باردهی و اندازه قطعات : هرچه قدر اندازه قطعات کوچک‌تر باشد سطح تماس آنها با هوا بیشتر و در نتیجه سریع‌تر اکسید می‌شوند. بنابراین بهتر است قطعات بزرگ در نظر گرفته شوند. همچنین سوفاره و براده‌ها

به صورت فشرده شده استفاده می‌شوند.

ب - روش و شرایط ذوب : محیط اطراف کوره، درجه حرارت فوق ذوب، استفاده از فلاکس‌های پوششی در مقدار اتلافات مؤثر است. در صورتی که محیط اطراف کوره اکسیدی باشد، اتلافات بیشتر است تا زمانی که محیط اطراف کوره احیایی باشد. هرچه درجه حرارت فوق ذوب بیشتر باشد اتلافات بیشتر است. استفاده از فلاکس‌های پوششی می‌تواند ارتباط مذاب با اکسیژن را قطع کرده و اتلافات مذاب را کاهش دهد.

ج - نوع کوره : اتلافات برحسب نوع کوره، سوخت مورد استفاده و ارتباط سوخت با مذاب متفاوت است. به طوری که معمولاً اتلافات در کوره‌های شعله‌ای نسبت به کوره‌های الکتریکی و بوت‌های بیشتر است. مطابق جدول ۴-۲ کتاب محاسبات فنی تخصصی.

د - نوع شارژ : نوع شارژ با توجه به این که از شمش‌های اصلی و اولیه و یا قراضه‌ها باشد مقدار اتلافات متفاوت خواهد داشت. واضح است که اتلافات در قراضه‌ها نسبت به شمش‌های اصلی و اولیه به دلیل سطح تماس بیشتر، بیشتر است.

تمرین ۴-۵ مطلوب است تعیین جرم مقادیر شارژ یک نوع کوره بوت‌های به منظور تهیه ۳۰۰ kg آلیاژ با ترکیب ۹۰٪ روی، ۴/۵٪ آلومینیم و ۳/۵٪ مس، بار این کوره ۱۰۰٪ شمش خالص، درصد اتلافات عبارتند از : ۲٪ روی، ۱٪ آلومینیم و ۰/۵٪ مس.
حل (توسط هنرجو):

مثال ۴-۵ مطلوب است تعیین جرم مقادیر شارژ یک کوره شعله‌ای به منظور تهیه ۲۰۰ kg آلیاژ برنج با ترکیب ۷۰٪ مس و ۳۰٪ روی. بار این کوره ۱۰۰٪ شمش خالص و درصد اتلافات عبارتند از: ۳٪ روی و ۲٪ مس است.
حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته می‌شود

خواسته‌ها	داده‌ها
? = مقدار شمش مس	۲۰۰ kg = جرم کل آلیاژ برنج
? = مقدار شمش روی	ترکیب آلیاژ ۳۰٪ روی + ۷۰٪ مس =
	۳٪ درصد اتلافات روی
	۲٪ درصد اتلافات مس

مرحله (۲) به دست آوردن مقدار اتلافات در ۱۰۰ kg آلیاژ شامل ۷۰ kg مس و ۳۰ kg روی.
اتلاف مس در کوره شعله ای

$$\begin{array}{r} \text{kg} \\ 100 \\ \times \\ 70 \\ \hline 7000 \\ 700 \\ \hline 7700 \end{array}$$

$$x \quad 1/4 \text{kg}$$

اتلاف روی در کوره شعله ای

۱۰۰	kg		۳	kg		x	$\frac{30 \times 3}{100}$
۳۰			x				۱۰۰

$$x \quad 5/9 \text{kg}$$

مرحله ۳) به دست آوردن جرم اجزا با در نظر گرفتن

اتلافات در ۱۰۰ kg آلیاژ

ترکیب آلیاژ عبارت است از

کل آلیاژ	روی	مس
%۱۰۰	%۳۰	%۷۰

- در ۱۰۰ کیلوگرم آلیاژ مقدار اجزا

۱۰۰ kg	۳۰ kg	۷۰ kg
--------	-------	-------

- مقدار اتلافات

اتلاف مس اتلاف روی کل اتلافات

۲ / ۳ kg	۵ / ۹ kg	۱ / ۴ kg
----------	----------	----------

- مقدار اجزا با احتساب اتلافات

مس روی کل آلیاژ

$$100 + 2/3 = 102/3 \text{ kg} \quad 30 + 5/9 = 30/9 \text{ kg} \quad 70 + 1/4 = 71/4 \text{ kg}$$

به عبارت دیگر برای تهیه ۱۰۰ kg از این آلیاژ که

شامل ۷۰ kg مس و ۳۰ kg روی است. باید ۷۱/۴ kg

مس و ۳۰/۹ kg روی داشته باشیم.

مرحله ۴) به دست آوردن میزان مورد نیاز از

شمش های مس و روی خالص در آلیاژ.

مس آلیاژ

۱۰۰	kg		۷۱/۴	kg		x	$\frac{200 \times 71/4}{100}$
۲۰۰			x				۱۰۰

شمش مس	x	۱۴۲ / ۸ kg
--------	---	------------

	<p>روی آلیاژ</p> $\frac{100 \text{ kg}}{200} \times \frac{30}{9} \times \frac{200 \times 30}{9} = 100$ <p>شمش روی $\times 61/8 \text{ kg}$</p>																
<p>تمرین ۴-۶ kg ۴۰۰ آلیاژ آلومینیم با ترکیب ۸۰٪ منیزیم، ۱۵٪ آلومینیم و ۵٪ روی مورد نیاز است، در صورتی که بار این کوره ۸۰٪ از فلزات خالص و ۲۰٪ شمش با همان ترکیب باشد، درصد اتلاف ۳٪ منیزیم، ۲٪ آلومینیم و ۴٪ روی. مطلوب است: میزان شمش‌های خالص و شمش با همان ترکیب و در نهایت بار کوره.</p> <p>حل (توسط هنجو):</p>	<p>مثال ۴-۶ kg ۶۰۰ آلیاژ آلومینیم با ترکیب ۸۵٪ آلومینیم، ۱۰٪ سیلیسیم و ۵٪ مس مورد نیاز است. در صورتی که بار این کوره ۵۰٪ از فلزات خالص و ۵۰٪ از برگشتی با همان ترکیب باشد و درصد اتلافات عبارتند از: ۱٪ مس، ۱٪ سیلیسیم و ۱/۵٪ آلومینیم. مطلوب است: میزان شمش‌های خالص و برگشتی مورد نیاز و میزان بار نهایی کوره.</p> <p>حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته می‌شود</p> <table border="1" data-bbox="782 915 1382 1461"> <thead> <tr> <th>داده‌ها</th> <th>خواسته‌ها</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ترکیب آلیاژ ۶۰۰ kg</td> <td>؟ = شمش آلومینیم</td> </tr> <tr> <td>آلومینیم ۸۵٪</td> <td>؟ = شمش سیلیسیم</td> </tr> <tr> <td>سیلیسیم ۱۰٪ +</td> <td>؟ = شمش مس</td> </tr> <tr> <td>بار کوره $\begin{cases} 50\% \\ 50\% \end{cases}$</td> <td>؟ = مقدار برگشتی</td> </tr> <tr> <td>مس ۱٪ اتلافات</td> <td>؟ = بار نهایی کوره</td> </tr> <tr> <td>سیلیسیم ۱٪ +</td> <td></td> </tr> <tr> <td>آلومینیم ۱/۵٪ +</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>مرحله (۲) به دست آوردن مقدار اتلافات در ۱۰۰ kg آلیاژ که شامل ۸۵٪ آلومینیم، ۱۰٪ سیلیسیم و ۵٪ مس است.</p> <p>اتلاف آلومینیم</p> $\frac{100 \text{ kg}}{85} \times \frac{1}{5} \times \frac{85 \times 1}{5} = 100$ <p>$\times 1/275 \text{ kg}$</p>	داده‌ها	خواسته‌ها	ترکیب آلیاژ ۶۰۰ kg	؟ = شمش آلومینیم	آلومینیم ۸۵٪	؟ = شمش سیلیسیم	سیلیسیم ۱۰٪ +	؟ = شمش مس	بار کوره $\begin{cases} 50\% \\ 50\% \end{cases}$	؟ = مقدار برگشتی	مس ۱٪ اتلافات	؟ = بار نهایی کوره	سیلیسیم ۱٪ +		آلومینیم ۱/۵٪ +	
داده‌ها	خواسته‌ها																
ترکیب آلیاژ ۶۰۰ kg	؟ = شمش آلومینیم																
آلومینیم ۸۵٪	؟ = شمش سیلیسیم																
سیلیسیم ۱۰٪ +	؟ = شمش مس																
بار کوره $\begin{cases} 50\% \\ 50\% \end{cases}$	؟ = مقدار برگشتی																
مس ۱٪ اتلافات	؟ = بار نهایی کوره																
سیلیسیم ۱٪ +																	
آلومینیم ۱/۵٪ +																	

سیلیسیم	اتلاف	
kg ۱۰۰	kg ۱	X $\frac{۱۰ \times ۱}{۱۰۰}$
۱۰	X	۰ / kg

مس	اتلاف	
kg ۱۰۰	kg ۱	X $\frac{۵ \times ۱}{۱۰۰}$
۵	X	۰ / ۵ kg

مرحله ۳) به دست آوردن جرم عناصر مورد نیاز با در نظر گرفتن اتلافات در کوره
- ترکیب آلیاژ:

کل آلیاژ	مس	سیلیسیم	آلومینیم
%۱۰۰	%۵	%۱۰	%۸۵

- مقدار عناصر در ۱۰۰ kg آلیاژ

۱۰۰ kg	۵ kg	۱۰ kg	۸۵ kg
--------	------	-------	-------

- مقدار اتلافات با توجه به مرحله (۲)

جمع	مس	سیلیسیم	آلومینیم
kg ۱ / ۴۲۵	kg ۰ / ۰۵	kg ۰ / ۱	kg ۱ / ۲۷۵

- مقدار اجزا با احتساب اتلافات:

جمع	مس	سیلیسیم	آلومینیم
kg ۱۰۰ + ۱ / ۴۲۵	kg ۵ + ۰ / ۵	kg ۱۰ + ۰ / ۱۸۵	kg ۱ / ۲۷۵
۱۰۱ / ۴۲۵	۵ / ۰۵	۱۰ / ۱	۸۶ / ۲۷۵

یعنی برای به دست آوردن ۱۰۰ kg آلیاژ آلومینیم با ترکیب ۸۵٪ آلومینیم، ۱۰٪ سیلیسیم و ۵٪ مس به ترتیب مقادیر ۸۶/۲۷۵ kg آلومینیم، ۱۰/۱ kg سیلیسیم

و ۵/۰۵ kg مس لازم است

مرحله ۴) به دست آوردن جرم شمش‌های فلزات خالص و اجزاء موجود در برگشتی با همان ترکیب برای تهیه ۱۰۰ kg آلیاژ. در این صورت ۵۰٪ از شمش فلزات خالص تهیه می‌شود و ۵۰٪ از برگشتی‌ها با همان ترکیب.

$$\begin{array}{r} \text{برگشتی} \quad \text{آلومینیم} \\ \text{kg} \quad \text{kg} \\ 100 \quad 85 \quad \times \quad \frac{50 \times 85}{100} \\ 50 \quad \times \end{array}$$

$$42/5 \text{ kg} \times \text{آلومینیم}$$

به همین ترتیب ۵ kg سیلیسیم و ۲/۵ kg مس دارد.
بنابراین:

$$\begin{array}{r} \text{برگشتی} \quad \text{آلومینیم} \quad \text{سیلیسیم} \quad \text{مس} \\ 50 \text{ kg} \quad 42/5 \text{ kg} \quad 5 \text{ kg} \quad 2/5 \text{ kg} \end{array}$$

- در مورد شمش اولیه با احتساب اتلافات

$$\begin{array}{r} \text{آلیاژ} \quad \text{آلومینیم} \\ \text{kg} \quad \text{kg} \\ 100 \quad 86/275 \quad \times \quad \frac{50 \times 86/275}{100} \\ 50 \quad \times \end{array}$$

$$43/1375 \text{ kg} \times \text{آلومینیم}$$

$$\begin{array}{r} \text{آلیاژ} \quad \text{سیلیسیم} \\ \text{kg} \quad \text{kg} \\ 100 \quad 10/1 \quad \times \quad \frac{50 \times 10/1}{100} \\ 50 \quad \times \end{array}$$

$$5/05 \text{ kg} \times \text{سیلیسیم}$$

$$\begin{array}{r} \text{آلیاژ} \quad \text{مس} \\ \text{kg} \quad \text{kg} \\ 100 \quad 5/05 \quad \times \quad \frac{50 \times 5/05}{100} \\ 50 \quad \times \end{array}$$

$$۲/۵۲۵\text{kg} \times \text{مس}$$

جرم لازم که باید توسط شمش فلزات خالص برای تهیه ۱۰۰ kg آلیاژ تأمین شود.

آلومینیم	سیلیسیم	مس	جمع
۴۳/۱۳۷۵kg	۵/۰۵kg	۲/۵۲۵kg	۵۰/۷۱۲۵kg

مرحله ۵) به دست آوردن میزان بار لازم با استفاده از شمش های خالص و برگشتی برای ۶۰۰ kg شمش آلومینیم

شمش آلومینیم آلیاژ

$$\begin{array}{r} \text{kg} \qquad \qquad \text{kg} \\ ۱۰۰ \qquad \qquad ۴۳/۱۳۷۵ \\ ۶۰۰ \qquad \qquad \times \end{array}$$

$$\times \frac{۶۰۰ \times ۴۳/۱۳۷۵}{۱۰۰} \Rightarrow \times ۲۵۸/۸۲۵\text{kg} \text{ آلومینیم}$$

شمش سیلیسیم آلیاژ

$$\begin{array}{r} \text{kg} \qquad \qquad \text{kg} \\ ۱۰۰ \qquad \qquad ۵/۰۵ \qquad \times \frac{۶۰۰ \times ۵/۰۵}{۱۰۰} \\ ۶۰۰ \qquad \qquad \times \end{array}$$

$$\times ۳۰/۳۰\text{kg} \text{ سیلیسیم}$$

شمش مس آلیاژ

$$\begin{array}{r} \text{kg} \qquad \qquad \text{kg} \\ ۱۰۰ \qquad \qquad ۲/۵۲۵ \qquad \times \frac{۶۰۰ \times ۲/۵۲۵}{۱۰۰} \\ ۶۰۰ \qquad \qquad \times \end{array}$$

$$\times ۱۵/۱۵\text{kg} \text{ مس}$$

برگشتی آلیاژ

$$\begin{array}{r} \text{kg} \qquad \qquad \text{kg} \\ ۱۰۰ \qquad \qquad ۵۰ \qquad \times \frac{۶۰۰ \times ۵۰}{۱۰۰} \\ ۶۰۰ \qquad \qquad \times \end{array}$$

$$\times ۳۰۰\text{kg} \text{ برگشتی}$$

مرحله ۶) جرم کل باره کوره :

+ جرم شمش آلومینیم = جرم کل بار کوره

جرم برگشتی + جرم شمش مس + جرم شمش سیلیسیم

	<p>جرم کل $۲۵۸/۸۲۵+۳۰/۳۰+۱۵/۱۵+۳۰۰$ بار کوره</p> <p>جرم کل بار کور $۶۰۴/۲۷۵\text{kg}$</p>														
<p>تمرین ۴-۷ برای تهیه ۵۰۰kg آلیاژی با ترکیب ۸۷% آلومینیم، ۷% مس، ۳% سیلیسیم و ۳% روی. چه مقدار از شمش‌ها و آلیاژهای زیر باید استفاده شود. اتلافات: ۲% آلومینیم، $۱/۵\%$ مس، ۱% سیلیسیم و ۳% روی.</p> <p>الف - شمش آلومینیم خالص ب - شمش مس خالص ج - آلیاژ ۷۰% آلومینیم و ۳۰% سیلیسیم د - آلیاژ برنج با ترکیب ۷۰% مس و ۳۰% روی حل (توسط هنرجو):</p>	<p>مثال ۴-۷ برای تهیه ۳۰۰kg آلیاژی با ترکیب ۷۰% مس، ۱۵% روی، ۱۰% قلع و ۵% سرب. چه مقدار از شمش‌ها و آلیاژهای زیر باید استفاده شود. درصد اتلافات: ۱% مس، ۲% روی، ۱% قلع و ۲% سرب.</p> <p>الف - شمش مس خالص ب - شمش قلع خالص ج - شمش سرب خالص د - آلیاژ برنج با ۶۰% مس و ۴۰% روی حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته می‌شود</p> <table border="1" data-bbox="779 919 1379 1849"> <thead> <tr> <th>داده‌ها</th> <th>خواسته‌ها</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>آلیاژ ۳۰۰kg</td> <td></td> </tr> <tr> <td>مس $۷۰\% =$ ترکیب آلیاژ</td> <td></td> </tr> <tr> <td>قلع $۱۰\% +$ روی $۱۵\% +$ سرب $۵\% +$</td> <td>? = مقدار شمش مس خالص</td> </tr> <tr> <td>مس $۱\% =$ درصد اتلافات</td> <td>? = مقدار شمش قلع خالص</td> </tr> <tr> <td>قلع $۱\% +$ روی $۲\% +$ سرب $۲\% +$</td> <td>? = مقدار شمش سرب خالص</td> </tr> <tr> <td>شمش مس شمش قلع شمش سرب برنج ۶۰% مس و ۴۰% روی</td> <td>? = آلیاژ برنج ۶۰% مس و ۴۰% روی</td> </tr> </tbody> </table>	داده‌ها	خواسته‌ها	آلیاژ ۳۰۰kg		مس $۷۰\% =$ ترکیب آلیاژ		قلع $۱۰\% +$ روی $۱۵\% +$ سرب $۵\% +$? = مقدار شمش مس خالص	مس $۱\% =$ درصد اتلافات	? = مقدار شمش قلع خالص	قلع $۱\% +$ روی $۲\% +$ سرب $۲\% +$? = مقدار شمش سرب خالص	شمش مس شمش قلع شمش سرب برنج ۶۰% مس و ۴۰% روی	? = آلیاژ برنج ۶۰% مس و ۴۰% روی
داده‌ها	خواسته‌ها														
آلیاژ ۳۰۰kg															
مس $۷۰\% =$ ترکیب آلیاژ															
قلع $۱۰\% +$ روی $۱۵\% +$ سرب $۵\% +$? = مقدار شمش مس خالص														
مس $۱\% =$ درصد اتلافات	? = مقدار شمش قلع خالص														
قلع $۱\% +$ روی $۲\% +$ سرب $۲\% +$? = مقدار شمش سرب خالص														
شمش مس شمش قلع شمش سرب برنج ۶۰% مس و ۴۰% روی	? = آلیاژ برنج ۶۰% مس و ۴۰% روی														

مرحله ۲) محاسبه درصد اتلافات برای ۱۰۰ kg آلیاژ با مقادیر ۷۰٪ مس، ۱۵٪ روی، ۱۰٪ قلع و ۵٪ سرب.

$$\begin{array}{r} \text{اتلاف} \\ \text{مس} \\ \text{kg} \\ 100 \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{kg} \\ 1 \\ \times \\ 70 \end{array} \quad \begin{array}{r} \frac{70 \times 1}{100} \\ \times \\ \text{kg} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{اتلاف} \\ \text{روی} \\ \text{kg} \\ 100 \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{kg} \\ 2 \\ \times \\ 15 \end{array} \quad \begin{array}{r} \frac{15 \times 2}{100} \\ \times \\ \text{kg} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{اتلاف} \\ \text{قلع} \\ \text{kg} \\ 100 \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{kg} \\ 1 \\ \times \\ 10 \end{array} \quad \begin{array}{r} \frac{10 \times 1}{100} \\ \times \\ \text{kg} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{اتلاف} \\ \text{سرب} \\ \text{kg} \\ 100 \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{kg} \\ 2 \\ \times \\ 5 \end{array} \quad \begin{array}{r} \frac{5 \times 2}{100} \\ \times \\ \text{kg} \end{array}$$

مرحله ۳) به دست آوردن جرم عناصر مورد نیاز با در نظر گرفتن اتلافات در کوره ترکیب آلیاژ:

مس	روی	قلع	سرب	جمع
۷۰٪	۱۵٪	۱۰٪	۵٪	۱۰۰٪

- ترکیب آلیاژ در ۱۰۰ kg.

مس	روی	قلع	سرب	جمع
۷۰ kg	۱۵ kg	۱۰ kg	۵ kg	۱۰۰ kg

- مقدار اتلافات در ۱۰۰ kg.

مس	روی	قلع	سرب	جمع
۵/۷ kg	۵/۳ kg	۵/۱ kg	۵/۱ kg	۱/۲ kg

- مقدار اجزاء + اتلافات

مس	روی	قلع	سرب	جمع
$70 + \frac{5}{7} \text{ kg}$	$15 + \frac{5}{3} \text{ kg}$	$10 + \frac{5}{1} \text{ kg}$	$5 + \frac{5}{1} \text{ kg}$	$100 + \frac{1}{2} \text{ kg}$
۷۰/۷	۱۵/۳	۱۰/۱	۵/۱	۱۰۱/۲

مرحله (۴) محاسبه میزان آلیاژ برنج، ۶۰٪ مس، ۴۰٪

روی برای استفاده در ۱۰۰ kg آلیاژ

برنج	روی
۱۰۰ kg	۴۰ kg
x	۱۵/۳
	$\frac{15}{3} \times 100$
	۴۰

x آلیاژ برنج ۳۸/۲۵ kg

مرحله (۵) محاسبه جرم مس از ۳۸/۲۵ kg آلیاژ برنج

۶۰٪ مس و ۴۰٪ مس.

آلیاژ	مس
۱۰۰ kg	۶۰ kg
۳۸/۲۵	x
	$\frac{38}{25} \times 60$
	۱۰۰

x مس ۲۲/۹۵ kg

مرحله (۶) به دست آوردن مقدار مس مورد استفاده

به صورت خالص در ۱۰۰ kg آلیاژ

جرم مس با استفاده از شمش مس خالص در ۱۰۰ kg آلیاژ

جرم مس از آلیاژ برنج جرم مس مورد نیاز آلیاژ =

۴۷/۷۵ kg ۲۲/۹۵ ۷۰/۷ جرم مس از شمش

مرحله (۷) به دست آوردن مقادیر شمش‌ها و آلیاژ

برنج برای ۳۰۰ kg

شمش مس آلیاژ

$$\begin{array}{ccc} 100 & \text{kg} & 47/75 \\ 300 & & X \end{array} \times \frac{300 \times 47/75}{100}$$

$$143/25 \text{ kg} \times \text{مس}$$

قلع آلیاژ

$$\begin{array}{ccc} 100 & \text{kg} & 10/1 \\ 300 & & X \end{array} \times \frac{300 \times 10/1}{100}$$

$$30/3 \text{ kg} \times \text{قلع}$$

سرب آلیاژ

$$\begin{array}{ccc} 100 & \text{kg} & 5/1 \\ 300 & & X \end{array} \times \frac{300 \times 5/1}{100}$$

$$15/3 \text{ kg} \times \text{سرب}$$

آلیاژ برنج ۶۰٪ مس و ۴۰٪ روی آلیاژ

$$\begin{array}{ccc} 100 & \text{kg} & 38/25 \\ 300 & & X \end{array} \times \frac{300 \times 38/25}{100}$$

$$114/75 \text{ kg} \times$$

۲-۴- محاسبه جرم قطعه ریختگی به کمک جرم مدل :

جرم قطعاتی که مدل آنها فاقد ماهیچه است را می توان با توجه به چگالی قطعه و مدل به دست آورد. با این فرض

که حجم قطعه و حجم مدل یکسان است و انقباض قطعه ناچیز در نظر گرفته شود رابطه به صورت زیر است:

با توجه به رابطه چگالی برای قطعه و مدل داریم:

$$\rho_c \text{ قطعه} \frac{m_c}{V_c} \Rightarrow m_c \quad \rho_c \times V_c \quad (1)$$

$$\rho_M \text{ مدل} \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow m_M \quad \rho_M \times V_M \quad (2)$$

که در آن :

ρ_M و ρ_c : به ترتیب چگالی قطعه و مدل

m_M و m_c : به ترتیب جرم قطعه و جرم مدل

V_M و V_c : به ترتیب حجم قطعه و حجم مدل

با فرض این که حجم مدل با قطعه برابر است، از تقسیم دو رابطه فوق خواهیم داشت :

$$\frac{V_M}{V_c}$$

$$\frac{m_c}{m_M} \frac{\rho_c}{\rho_M} \times \frac{V_c}{V_M}$$

$$\frac{m_c}{m_M} \frac{\rho_c}{\rho_M} \Rightarrow m_c \times \rho_M = m_M \times \rho_c$$

طرفین رابطه را بر ρ_M تقسیم می‌کنیم لذا خواهیم داشت :

$$\frac{m_c \times \rho_M}{\rho_M} = \frac{m_M \times \rho_c}{\rho_M} \Rightarrow m_c = m_M \times \frac{\rho_c}{\rho_M}$$

که در آن :

m_M و m_c : به ترتیب جرم قطعه و مدل برحسب gr یا kg

ρ_M و ρ_c : به ترتیب چگالی قطعه و مدل برحسب gr/cm^3 یا kg/m^3

تمرین ۸-۴ جرم یک قطعه از آلیاژ منیزیم - آلومینیم با چگالی $1.9 \text{ g}/\text{cm}^3$ ، 5.8 kg است. مطلوب است جرم مدل چوبی برای قالبگیری در صورتی که چگالی چوب $0.68 \text{ g}/\text{cm}^3$ در نظر گرفته شود. و از کلیه انقباضها صرف نظر شود.

حل (توسط هنرجو):

مثال ۸-۴ جرم یک مدل چوبی به چگالی $0.62 \text{ g}/\text{cm}^3$ ، 10 kg است. در صورتی که قالبگیری ساده و بدون ماهیچه گذاری و ریخته‌گری قالب از آلیاژ برنج به چگالی $8.3 \text{ g}/\text{cm}^3$ باشد، و از کلیه انقباضها صرف نظر شود. جرم قطعه ریخته‌گری چقدر خواهد بود؟

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
$m_M = 10 \text{ kg}$	$m_c = ?$
$\rho_M = 0.62 \text{ g}/\text{cm}^3$	
$\rho_c = 8.3 \text{ g}/\text{cm}^3$	

مرحله (۲) نوشتن رابطه مربوطه

$$m_c = m_M \times \frac{\rho_c}{\rho_M}$$

مرحله (۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها و محاسبه

ریاضی

$$m_c = 10 \times \frac{8.3}{0.62} \Rightarrow m_c = 133.87 \text{ kg}$$

مثال ۴-۹ جرم یک مدل چوبی به چگالی $0/6 \text{ g/cm}^3$ برابر 15 kg است. در صورتی که قالبگیری ساده و بدون ماهیچه انجام شود و از انقباضها صرف نظر گردد مطلوب است:

الف - حجم مدل چوبی بر حسب دسی متر مکعب
 ب - جرم مدل آلومینیمی بر حسب kg با چگالی $2/8 \text{ g/cm}^3$
 ج - جرم قطعه ریخته گری شده از چدن به چگالی $7/1 \text{ g/cm}^3$
 حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
$m_M \quad 15 \text{ kg}$	V_M چوبی ?
$\rho_M \quad 0/6 \text{ g/cm}^3$ چوبی	m_{cAl} ?
$\rho_{Al} \quad 2/8 \text{ g/cm}^3$	m_c چدن ?
$\rho_c \quad 7/1 \text{ g/cm}^3$ چدن	

مرحله (۲) به دست آوردن حجم مدل چوبی از رابطه

چگالی

$$\rho_M \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow 0/6 \frac{15}{V_M}$$

$$V_M \frac{15}{0/6} \Rightarrow \boxed{V_M \quad 25 \text{ dm}^3}$$

مرحله (۳) به دست آوردن جرم مدل آلومینیمی با

توجه به این که حجم مدل آلومینیمی با چوبی برابر است، از رابطه چگالی

$$V_{cAl} \quad V_M \quad 25 \text{ dm}^3$$

$$\rho_{cAl} \frac{m_{cAl}}{V_{cAl}} \Rightarrow 2/8 \frac{m_{cAl}}{25}$$

تمرین ۴-۹ یک مدل چوبی به حجم 8 dm^3 با چگالی $0/65 \text{ g/cm}^3$ مفروض است : در صورتی که قالبگیری ساده و بدون ماهیچه انجام و از انقباضها صرف نظر شود، مطلوب است :

الف - جرم مدل چوبی
 ب - جرم مدل آلومینیمی بر حسب کیلوگرم با چگالی $2/8 \text{ g/cm}^3$
 ج - جرم قطعه ریخته شده از برنج با چگالی $8/2 \text{ g/cm}^3$
 حل (توسط هنرجو):

$$m_{cAl} = 25 \times 2 / 8 \Rightarrow m_{cAl} = 7.5 \text{ kg}$$

مرحله ۴) به دست آوردن جرم قطعه چدنی با توجه به این که حجم قطعه با حجم مدل چوبی و آلومینیمی برابر است.

$$V_c = V_{cAl} = V_c = 25 \text{ dm}^3$$

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c} \Rightarrow V_c = \frac{m_c}{\rho_c}$$

$$m_c = \rho_c \times V_c \Rightarrow m_c = 177.5 \text{ kg}$$

* در صورتی که انقباضات قطعه در نظر گرفته شود می توان با استفاده از ضریب انبساط خطی متوسط قطعه و حجم مدل، حجم قطعه را بعد از منجمد شدن با توجه به رابطه زیر به دست آورد.

$$V_c = V_m (1 - \alpha \Delta \theta)$$

که در آن :

V_c : حجم قطعه بعد از منجمد شدن با وجود انقباضات

V_m : حجم مدل

α : ضریب انبساط خطی متوسط قطعه

$\Delta \theta$: اختلاف درجه حرارت، از درجه حرارت ذوب (θ_m) تا درجه حرارت محیط (θ_i)

$$\Delta \theta = \theta_m - \theta_i$$

بنابراین می توان جرم قطعه را از رابطه زیر به دست آورد.

$$\left. \begin{array}{l} m_c = \rho_c V_c \\ V_c = V_m (1 - \alpha \Delta \theta) \end{array} \right\} \Rightarrow m_c = \rho_c V_m (1 - \alpha \Delta \theta)$$

که در آن m_c و ρ_c به ترتیب جرم و چگالی قطعه می باشند.

تمرین ۱۰-۴ حجم یک مدل آلومینیومی با چگالی $2/8 \text{ g/cm}^3$ برابر 5 dm^3 است. چنانچه قالبگیری ساده و بدون ماهیچه و قطعه ریختگی از یک نوع برنج با چگالی $7/8 \text{ g/cm}^3$ باشد. مطلوب است محاسبه و تعیین:

الف - جرم قطعه ریختگی در صورتی که انقباض این برنج ناچیز باشد.

ب - جرم قطعه ریختگی در صورتی ضریب انقباض خطی متوسط برنج از نقطه ذوب 85°C تا درجه حرارت محیط (20°C) برابر $16 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ باشد.
حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۰-۴ جرم یک مدل آلومینیومی با چگالی $2/8 \text{ g/cm}^3$ برابر 10 kg است. چنانچه قالبگیری ساده و بدون ماهیچه گذاری و قطعه ریختگی از نوع فولاد با چگالی $7/8 \text{ g/cm}^3$ باشد. جرم قطعه ریخته‌گری را با در نظر گرفتن انقباض از نقطه ذوب (1380°C) تا درجه حرارت محیط 25°C به دست آورید. در صورتی که ضریب انبساط خطی متوسط فولاد $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ باشد.

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
ρ_M چوبی $2/8 \text{ g/cm}^3$? m_c فولاد
m_M چوبی 10 kg	
ρ_c فولاد $7/8 \text{ g/cm}^3$	
θ ذوب 1380°C	
θ محیط 25°C	
$\bar{\alpha}$ $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$	

مرحله (۲) به دست آوردن حجم مدل چوبی با استفاده از رابطه چگالی

$$\rho_M \text{ چوبی} = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow 2/8 = \frac{10}{V_M}$$

$$V_M = \frac{10}{2/8} \Rightarrow \boxed{V_M = 3/85 \text{ dm}^3}$$

مرحله (۳) نوشتن رابطه جرم قطعه و جای گذاری چوبی فولاد

$$m_c = V_M (1 - 3\bar{\alpha}\Delta\theta)\rho_c$$

$$m_c = 3/85 (1 - 3 \times 12 \times 10^{-6} (1380 - 25) \times 7/8)$$

$$m_c = 3/85 (1 - 36 \times 10^{-6} \times 1355) \times 7/8$$

$$m_c = 28 / 56 \text{ kg}$$

۱-۲-۴- انقباض مضاعف : معمولاً در مدلسازی ابتدا مدل چوبی ساخته می‌شود سپس آن را قالبگیری نموده و از روی آن مدل فلزی، معمولاً از جنس آلومینیم ریخته‌گری می‌شود که در عمل از مدل فلزی برای قالبگیری استفاده می‌شود. در این صورت برای محاسبه جرم قطعه ریخته‌گری باید هر دو انقباض مدل فلزی و قطعه ریخته‌گری را در نظر گرفت. در این صورت باید مجموع انقباض‌های ذکر شده را تعیین کرد و به کمک آن جرم قطعه ریخته‌گری را به صورت زیر به دست آورد.

$$S = S_1 + S_p \quad \text{درصد انقباض خطی نهایی}$$

که در آن S_1 و S_p به ترتیب درصد انقباض خطی مدل فلزی و قطعه ریخته‌گری است.

با توجه به رابطه درصد اضافه مجاز انقباض می‌توان حجم قطعه (V_c) را برحسب حجم مدل اولیه یا چوبی

$$V_c = V_M \left(1 + \frac{3S}{100} \right) \quad \text{به دست آورد.}$$

که در آن V_c و V_M : حجم قطعه و مدل اولیه برحسب cm^3

S : انقباض خطی نهایی برحسب درصد.

حال با توجه به رابطه چگالی قطعه می‌توان جرم قطعه را به دست آورد.

$$\left. \begin{array}{l} m_c = \rho_c V_c \\ V_c = V_M \left(1 + \frac{3S}{100} \right) \end{array} \right\} \Rightarrow m_c = V_M \left(1 + \frac{3S}{100} \right) \rho_c$$

که در آن m_c و ρ_c به ترتیب جرم و چگالی قطعه می‌باشند.

تمرین ۱۱-۴ حجم یک مدل چوبی به چگالی 0.68 g/cm^3 ، 7 dm^3 می‌باشد. در صورتی که درصد انقباض خطی مدل آلومینیمی آن و درصد انقباض خطی قطعه با چگالی $8/5 \text{ g/cm}^3$ به ترتیب برابر $5/2\%$ و $1/8\%$ باشد. جرم قطعه ریخته‌گری را از روی مدل چوبی تعیین کنید.
حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۱-۴ جرم یک مدل چوبی 5 kg و چگالی آن 0.6 g/cm^3 می‌باشد، در صورتی که درصد انقباض خطی مدلی آلومینیمی آن و درصد انقباض خطی قطعه ریخته‌گری چدنی به چگالی $7/2 \text{ g/cm}^3$ به ترتیب $2/2\%$ و $1/5\%$ باشد. جرم قطعه ریخته‌گری از روی مدل چدنی را تعیین کنید.
حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها

داده‌ها	خواسته‌ها
m_M مدل چوبی ۵kg ρ_M ۰/۶ g/cm ^۳ S_1 ۲/۲% S_p ۱/۵% ρ_c ۷/۲ g/cm ^۳	m_c چدنی ?

مرحله (۲) محاسبه درصد انقباض

$$S = S_1 + S_p = ۲/۲ + ۱/۵ \Rightarrow \boxed{S = ۳/۷}$$

مرحله (۳) به دست آوردن حجم مدل چوبی از رابطه

چگالی

$$\rho_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow ۰/۶ = \frac{۵}{V_M}$$

$$V_M = \frac{۵}{۰/۶} \Rightarrow V_M = ۸/۳۳ \text{ dm}^۳$$

مرحله (۴) نوشتن رابطه محاسبه جرم قطعه با

احتساب درصد انقباض

$$m_c = V_M \left(1 - \frac{۳S}{۱۰۰} \right) \rho_c$$

مرحله (۵) جای گذاری مقادیر داده‌ها و محاسبات ریاضی

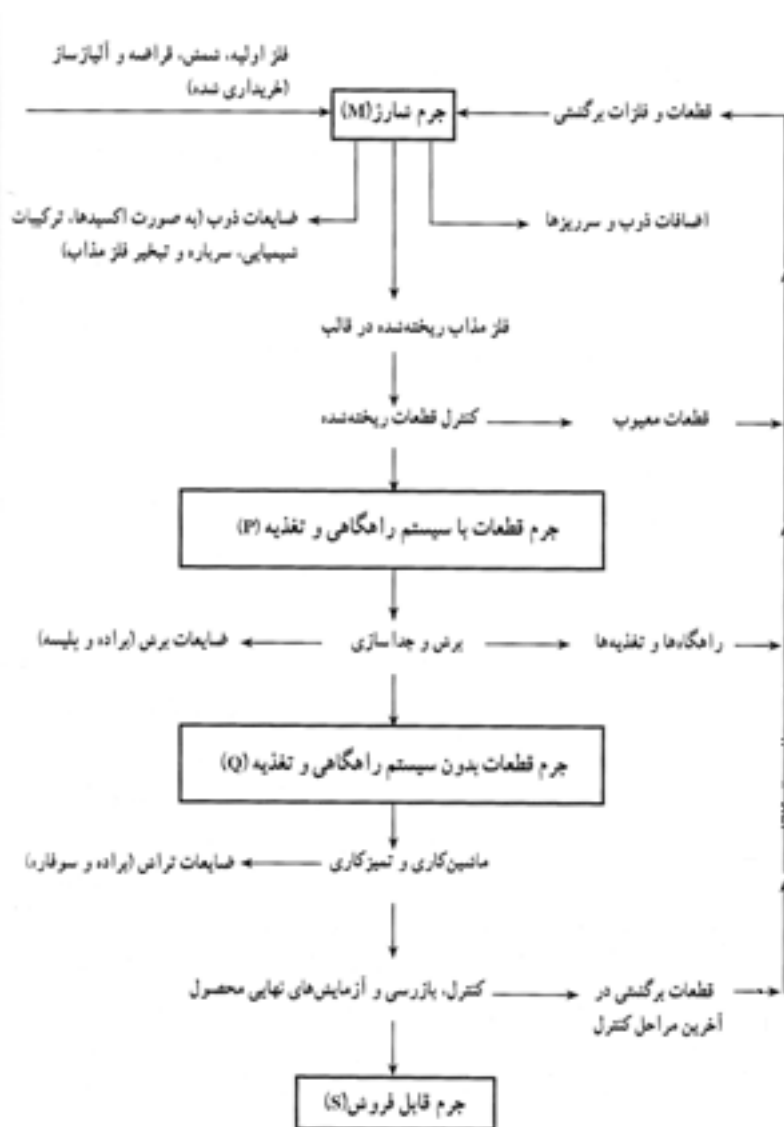
$$m_c = ۸/۳۳ \left(1 - \frac{۳ \times ۳/۷}{۱۰۰} \right) \times ۷/۲$$

$$m_c = ۸/۳۳ \times ۰/۸۸۹ \times ۷/۲$$

$$\boxed{m_c = ۵۳/۳۲ \text{ kg}}$$

۳-۴- راندمان ریخته‌گری:

در هنگام ریخته‌گری، همه قطعات تولید شده سالم و عاری از عیب نیستند و تعدادی از آنها به علت وجود عیوب مردود می‌شوند که در نتیجه باعث کاهش تولید یا به عبارت دیگر کاهش راندمان واحد تولید می‌شود. از لحاظ اقتصادی بهتر است که قطعات با حداقل قیمت و کمترین عیب تولید شوند با توجه به شکل (۱-۴) مراحل تولید یک قطعه ریخته‌گری ساده نشان داده می‌شود. با توجه به این نمودار مشخص است که ضایعات و برگشتی در قسمت‌های مختلف تولید وجود دارد و بعضی از آنها را عملاً نمی‌توان صفر کرد.



شکل ۱-۴- گردش تولید از نظر فلز مورد مصرف

دسته‌بندی ضایعات به صورت زیر است:

الف - ضایعات ایجاد شده در هنگام عملیات ذوب شامل اکسیدشدن مذاب، تبخیر مذاب، جمع شدن فلز مذاب در سرباره.

ب - مذاب اضافی که به صورت برگشتی می‌باشد.

ج - قطعات معیوب که امکان تغییر آنها وجود ندارد و باید تعمیر شوند.

د - قطعات سیستم راهگاهی شامل لوله راهگاه، راهبار، راهباره و غیره که جزو برگشتی‌ها هستند.

ه - براده، سوفاره و... که در هنگام جدا کردن قسمت‌های اضافی قطعه و عملیات نهایی روی قطعه ایجاد می‌شوند.

و - قطعاتی که پس از کنترل نهایی به علت خارج بودن از ابعاد مورد نظر یا عیوب دیگر قابل استفاده نیستند و جزو برگشتی‌ها می‌باشند.

با توجه به وجود برگشتی‌ها و اقتصادی بودن تولید، راندمان یا بازده تولید اهمیت می‌یابد که در این جا به دو طریق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۳-۴- **راندمان ریختگی** : نسبت جرم قطعات بدون سیستم راهگاهی و تغذیه (Q) به جرم قطعات با

سیستم راهگاهی و تغذیه (P) که به صورت زیر می‌باشد :

$$R_c = \frac{Q}{P} \times 100$$

که در آن : R_c راندمان ریختگی برحسب درصد می‌باشد.

در این حالت مشخص است که سیستم راهگاهی و تغذیه جزو برگشتی‌ها در نظر گرفته شده است.

۲-۳-۴- **راندمان کل یا راندمان مفید** : برابر است با نسبت جرم کل قطعات قابل فروش (S) به جرم کل

آلیاژ تهیه شده (M) که به صورت زیر است :

$$R_f = \frac{S}{M} \times 100$$

که در آن : R_f راندمان کلی یا مفید برحسب درصد.

در این رابطه مشخص است که کلیه ضایعات از جمله برگشتی‌ها و غیرقابل برگشتی در نظر گرفته شده است.

با توجه به رابطه فوق مشخص می‌شود که هرچه راندمان ریختگی بالاتر باشد در نتیجه مقدار برگشتی‌ها کمتر

است بنابراین جرم قطعات قابل فروش بالاتر خواهد بود و در نتیجه راندمان یا بازده مفید نیز بیشتر خواهد بود.

تمرین ۴-۱۲ جرم یک قطعه ریختگی بدون سیستم راهگامی و تغذیه ۱۵ kg است. در صورتی که راندمان ریختگی ۶۵٪ باشد، مطلوب است جرم قطعه ریختگی همراه با سیستم راهگامی و تغذیه.

حل (توسط هنرجو):

مثال ۴-۱۲ جرم یک قطعه ریختگی با سیستم راهگامی و تغذیه ۱۰kg است. در صورتی که جرم قطعه بدون سیستم راهگامی ۸kg باشد. راندمان ریختگی را محاسبه کنید.

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
p ۱۰kg Q ۸kg	R _c ? %

مرحله (۲) نوشتن رابطه مربوط به راندمان ریختگی

$$R_c = \frac{Q}{p} \times 100$$

مرحله (۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها و محاسبه

ریاضی

$$R_c = \frac{8}{10} \times 100 \Rightarrow \boxed{R_c \text{ } \%80}$$

تمرین ۴-۱۳ در یک کارگاه روزانه ۱۰۰ قطعه ریختگی تولید می‌شود، در صورتی که جرم هر قطعه قابل فروش ۳/۵ kg و راندمان کلی آن ۷۸٪ باشد. مطلوب است جرم کل آلیاژ شارژ شده برای تولید این قطعات.

حل (توسط هنرجو):

مثال ۴-۱۳ جرم قطعات قابل فروش ریخته‌گری در یک روز ۴۰۰kg می‌باشد. در صورتی که جرم کل آلیاژ شارژ شده برای تولید این قطعات ۵۵۰kg باشد. راندمان کلی کارگاه را محاسبه کنید.

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
S ۴۰۰kg M ۵۵۰kg	R _t ? %

مرحله (۲) نوشتن رابطه مربوطه :

$$R_t = \frac{S}{M} \times 100$$

مرحله (۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها و محاسبه

ریاضی

$$R_t = \frac{400}{550} \times 100$$

$$\boxed{R_t \text{ } \%72.7}$$

تمرین ۴-۱۴ در یک کارگاه ریخته‌گری جرم هر قطعه با سیستم راهگای 50 kg می‌باشد. اگر راندمان ریختگی 75% باشد جرم سیستم راهگای چند کیلوگرم است.
حل (توسط هنرجو):

مثال ۴-۱۴ در یک کارگاه ریخته‌گری جرم هر قطعه بدون تراش و سیستم راهگای 80 kg می‌باشد. اگر راندمان ریختگی 80% درصد باشد، جرم سیستم راهگای چند کیلوگرم است (قطعه بدون تغذیه است)
حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
$Q \ 10 \text{ kg}$? P جرم قطعه با راهگاه
$R_c \ 80\%$? P Q جرم راهگاه

مرحله (۲) نوشتن رابطه راندمان ریختگی

$$R_c = \frac{Q}{P} \times 100$$

مرحله (۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه و

محاسبه ریاضی.

$$80 = \frac{10}{p} \times 100 \Rightarrow \frac{80}{1} = \frac{1000}{p}$$

$$\Rightarrow 80 \times p = 1000 \times 1 \Rightarrow p = \frac{1000}{80}$$

$$p = 12.5 \text{ kg}$$

مرحله (۴) به‌دست آوردن جرم راهگاه:

$$P \ Q \ 12.5 \ 10 \ 2.5 \text{ kg}$$

تمرین ۴-۱۵ حجم یک مدل آلومینیومی 15 dm^3 و چگالی آن $\rho = 2.7 \text{ g/cm}^3$ می‌باشد، اگر مدل بدون ماهیچه و از انقباض صرف‌نظر شود، جرم قطعه ریخته شده از فولاد با چگالی $\rho = 7.8 \text{ g/cm}^3$ ، چند کیلوگرم خواهد بود.
حل (توسط هنرجو):

مثال ۴-۱۵ جرم یک مدل چوبی 12 kg و چگالی نسبی آن 0.6 می‌باشد. اگر مدل بدون ماهیچه باشد و از انقباض صرف‌نظر شود، جرم قطعه ریخته شده از برنج با چگالی نسبی 0.8 ، چند کیلوگرم خواهد بود.
حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
$m_M \ 12 \text{ kg}$? m_c جرم قطعه
نسبی مدل $\rho \ 0.6$	
نسبی برنج $\rho \ 0.8$	

مرحله ۲) نوشتن رابطه برای حل مسأله

$$m_c = m_M \frac{\rho_c}{\rho_M}$$

مرحله ۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه و محاسبه ریاضی.

$$m_c = 12 \times \frac{8/8}{0/6} \Rightarrow m_c = 176 \text{ kg}$$

تمرین ۱۶-۴ چه مقدار شمش آلومینیم ۹۸٪ بایستی به مس مذاب اضافه گردد تا مقدار آلومینیم آن به ۵٪ برسد. (هیچگونه تلفاتی برای آلومینیم در نظر گرفته نشود).
حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۶-۴ چه مقدار ساچمه‌های نیکل ۹۵٪ نیکل بایستی به ۸۰۰ kg چدن مذاب اضافه گردد تا مقدار نیکل چدن به ۸/۰ درصد برسد. (هیچگونه تلفاتی برای نیکل در نظر گرفته نشود).

حل: مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
? مقدار ساچمه نیکل ۹۵٪	وزن چدن ۸۰۰ kg ترکیب ساچمه نیکلی ۹۵٪ ترکیب چدن ۸Ni+۹۹/۰۴٪

مرحله ۲) محاسبه میزان نیکل برای ۸۰۰ kg چدن

$$\begin{array}{ccc} \text{نیکل} & & \text{چدن} \\ \text{kg} & & \text{kg} \\ 100 & \times & 800 \times 0/8 \\ 80 & \times & 100 \\ & & \times 6/4 \text{ kg} \end{array}$$

در نتیجه برای ۸۰۰ kg چدن ۶/۴ kg نیکل نیاز است.

مرحله ۳) به‌دست آوردن میزان ساچمه نیکلی ۹۵٪

$$\begin{array}{ccc} \text{نیکل} & & \text{ساچمه} \\ \text{kg} & & \text{kg} \\ 100 & \times & 6/4 \times 100 \\ x & \times & 6/4 \\ & & \times 6/74 \text{ kg} \end{array}$$

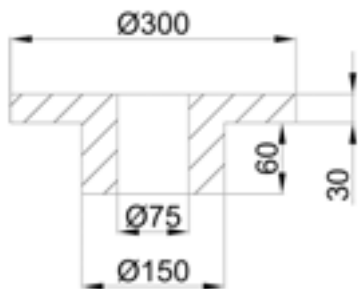
در نتیجه برای ۸۰۰ kg چدن ۶/۷ kg ساچمه نیکلی

۹۵٪ لازم است.

تمرین ۱۷-۴ قطعه‌ای از چدن با چگالی نسبی $\rho_c = 7.2 \text{ gr/cm}^3$ مطابق شکل مفروض است. مطلوبست:

الف - تعیین جرم قطعه بر حسب کیلوگرم

ب - تعیین جرم مدل چوبی آن با چگالی نسبی $\rho_M = 0.8 \text{ gr/cm}^3$ (از انقباض صرف نظر شود).

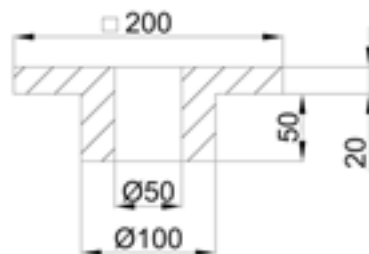


حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۷-۴ قطعه‌ای از آلومینیم به چگالی نسبی $\rho_c = 2.7 \text{ gr/cm}^3$ مطابق شکل مفروض است. مطلوبست:

الف - تعیین جرم قطعه بر حسب kg

ب - تعیین جرم مدل چوبی آن با چگالی نسبی $\rho_M = 0.7 \text{ gr/cm}^3$ (از انقباض صرف نظر شود).



حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
$\rho_c = 2.7 \text{ gr/cm}^3$	m_c ?
$\rho_M = 0.7 \text{ gr/cm}^3$	m_M ?

مرحله (۲) تبدیل واحد:

$$200 \text{ mm} = 200 \times \frac{1}{10} \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

$$100 \text{ mm} = 100 \times \frac{1}{10} \text{ cm} = 10 \text{ cm}$$

$$50 \text{ mm} = 50 \times \frac{1}{10} \text{ cm} = 5 \text{ cm}$$

$$20 \text{ mm} = 20 \times \frac{1}{10} \text{ cm} = 2 \text{ cm}$$

(۳) محاسبه حجم قطعه:

- ابتدا حجم ۲۰ cm بالای قطعه که برابر سطح در

ارتفاع است.

سطح مربع با ضلع ۵ cm سطح مربع با ضلع ۲۰ cm = سطح

$$\text{سطح } (5 \times 5) \quad \text{سطح } (20 \times 20)$$

$$\text{سطح } 25 \quad \text{سطح } 400$$

ارتفاع \times سطح = حجم

$$375 \times 20$$

$$7500 \text{ cm}^3$$

- حجم 50 cm پایین قطعه

$$25 \quad 100 \quad (5 \times 5) \quad (10 \times 10) \quad \text{سطح}$$

$$75 \text{ cm}^2 \quad \text{سطح}$$

ارتفاع \times سطح = حجم

$$375 \text{ cm}^3 \quad 75 \times 5 \quad \text{حجم}$$

$$7500 + 375 \quad \text{حجم کل قطعه } (V_c)$$

$$V_c \quad 7875 \text{ cm}^3$$

مرحله (۴) محاسبه جرم قطعه بر حسب کیلوگرم

$$\rho_c \quad \frac{m_c}{V_c} \Rightarrow 2/7 \quad \frac{m_c}{7875}$$

$$m_c \quad 2/7 \times 7875 \quad 21262/5 \text{ gr}$$

$$m_c = 21262/5 \text{ gr} = 21262/5 \times \left(\frac{1}{1000} \text{ kg} \right) =$$

$$m_c \quad 21/2625 \text{ kg}$$

مرحله (۵) محاسبه وزن مدل چوبی با استفاده از

رابطه :

$$m_c \quad m_M \frac{\rho_c}{\rho_M}$$

$$21/2625 \quad m_M \times \frac{2/7}{5/7}$$

$$212625 \quad m_M \times 3/857$$

طرفین تساوی بر ضرب مجهول تقسیم می شود

$$\frac{21/2625}{3/857} \quad \frac{m_M \times 3/857}{3/857}$$

$$m_M \quad 5/5 \text{ kg}$$

تمرین ۱۸-۴ برای تهیه ۳۰۰ قطعه برنجی که جرم هر یک به انضمام راهگاه و تغذیه ۲/۶ kg و جرم هر قطعه بدون راهگاه و تغذیه ۱/۹۴ kg است. از ۴۵۰ kg برنج و ۳۵۰ kg برگشتی و ۱۰۰ kg سوفاره استفاده شده است. مطلوبست :

الف - راندمان ریختگی قطعه

ب - تعداد قطعات معیوب اگر وزن فلز ضایع شده ۲٪ کل شارژ باشد.

حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۸-۴ برای تهیه ۲۶۵ قطعه سالم برنزی که جرم هر یک به انضمام راهگاه و تغذیه ۱/۸kg و جرم هر قطعه بدون راهگاه و تغذیه ۱/۲kg است. از ۳۷۵kg برنز و ۱۶۵kg برگشتی روز قبل استفاده شده است. مطلوبست :

الف - راندمان ریختگی قطعه

ب - تعداد قطعات معیوب، اگر وزن فلز ضایع شده ۱٪ کل شارژ باشد.

حل:مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
تعداد قطعات ۲۶۵	
جرم یک قطعه ۱/۸kg	
با راهگاه و تغذیه	
جرم یک قطعه ۱/۲kg	R_c ?
بدون راهگاه و تغذیه	? = تعداد قطعات معیوب
جرم برنز ۳۷۵kg	
جرم برگشتی ۱۶۵kg	
۱٪ درصد اتلاف	

مرحله (۲) به دست آوردن راندمان با استفاده از رابطه

R_c

جرم قطعات بدون راهگاه و تغذیه $۳۱۸kg = ۲۶۵ \times ۱/۲$

تغذیه

جرم قطعات با راهگاه و تغذیه $۴۷۷kg = ۲۶۵ \times ۱/۸$

تغذیه

$$R_c = \frac{Q}{p} \times 100$$

$$R_c = \frac{۳۱۸}{۴۷۷} \times 100 \Rightarrow R_c = \boxed{\%۶۶/۶۷}$$

مرحله ۳) محاسبه تعداد برگشتی‌ها.

جرم برگشتی + جرم برنز = جرم کل شارژ
 $540 \text{ kg} = 375 + 165$ جرم کل شارژ
 با توجه به این که میزان برگشتی ۱٪ است.

برگشتی	شارژ	
kg	kg	
۱	۱۰۰	$\frac{540 \times 1}{100}$
x	۵۴۰	۱۰۰

$5/4 \text{ kg}$ x میزان فلز ضایع شده

$534/6$ $5/4$ 540 میزان شارژ ریخته شده در قالب

$$297 = 534/6 \div 1/8$$

۳۲ ۲۶۵ ۲۹۷ تعداد قطعات معیوب

مثال ۴-۱۹ در داخل یک بوته 20 kg مس، 2 kg روی و 1 kg قلع قرار دارد. چنانچه اکسیداسیون مس برابر ۱٪ و روی برابر ۳٪ و قلع برابر $1/2$ ٪ منظور شود، درصد ترکیب آلیاژ حاصل چیست؟

حل:

مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
مس 2 kg	? %Cu
روی 2 kg	? %Zn
قلع 1 kg	? %Sn
مس ۱٪ اتلاف	
$1/2$ ٪ + روی ۳٪ +	
قلع	

مرحله ۲) به دست آوردن مقدار اتلافات مس، روی و قلع در این آلیاژ:

تمرین ۴-۱۹ در داخل یک بوته 50 kg آلومینیم، 4 kg روی، 2 kg منیزیم و 10 kg سیلیسیم اضافه می‌کنیم، در صورتی که مقدار اتلاف آلومینیم ۳٪، منیزیم ۸٪ و روی ۵٪ و سیلیسیم ۲٪ باشد، ترکیب آلیاژ را محاسبه کنید.
 حل (توسط هنجو):

$$\begin{array}{r}
 \text{اتلاف} \\
 \text{مس} \\
 \text{kg} \\
 100 \quad 1 \quad \times \quad \frac{20}{100} \\
 20 \quad \times \quad 0/2\text{kg}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{اتلاف} \\
 \text{روی} \\
 \text{kg} \\
 100 \quad 3 \quad \times \quad \frac{2 \times 3}{100} \\
 2 \quad \times \quad 0/06\text{kg}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{اتلاف} \\
 \text{قلع} \\
 \text{kg} \\
 100 \quad 1/2 \quad \times \quad \frac{1 \times 1/2}{100} \\
 1 \quad \times \quad 0/012\text{kg}
 \end{array}$$

مرحله ۳) با کسر مقدار اتلافات به دست آمده، مقادیر مس، روی و قلع باقیمانده آلیاژ را به دست می آوریم.

مس	روی	قلع	
20kg	2kg	1kg	مقدار اولیه
0/2kg	0/06kg	0/01kg	مقدار اتلافات
19/8kg	1/94kg	0/99kg	مقدار باقیمانده

اجزا در آلیاژ

مرحله ۵) محاسبه جمع کل جرم آلیاژ:

$$\text{جرم قلع} + \text{جرم روی} + \text{جرم مس} = \text{جرم کل آلیاژ}$$

$$22/73 \quad 19/8 + 1/94 + 0/99 \quad \text{جرم کل آلیاژ}$$

مرحله ۶) محاسبه درصد ترکیب: برای این منظور

کافی است مقادیر مس، روی و قلع را در 100 kg از این آلیاژ به دست آورد.

$$\begin{array}{r}
 \text{مس} \\
 \text{kg} \\
 19/8 \quad \times \quad \frac{19/8 \times 100}{22/73} \\
 100 \quad \times \quad 87/11\text{kg}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{روى} \\ \text{آلياژ} \\ \frac{22}{73} \text{ kg} \\ 100 \end{array} \times \begin{array}{l} \text{روى} \\ \frac{1}{94} \\ X \end{array} = \frac{1/94 \times 100}{22/73}$$

$$\text{روى} \times 8/53 \text{ kg}$$

$$\begin{array}{l} \text{قلع} \\ \text{آلياژ} \\ \frac{22}{73} \text{ kg} \\ 100 \end{array} \times \begin{array}{l} \text{قلع} \\ \frac{0}{99} \\ X \end{array} = \frac{0/99 \times 100}{22/73}$$

$$\text{قلع} \times 4/35 \text{ kg}$$

بنابراین ترکیب کلی آلیاژ بعد از کسر کردن اتلاف برابر

است با :

$$\%87/11 \text{ Cu} , \%8/53 \text{ Zn} , \%4/35 \text{ Sn}$$

تمرین ۲۰-۴ جرم یک مدل آلومینیمی با چگالی $2/1 \text{ g/cm}^3$ برابر، 25 kg است. چنانچه قالبگیری ساده و بدون ماهیچه گذاری و قطعه ریختگی از یک نوع برنز با چگالی $8/2 \text{ g/cm}^3$ باشد مطلوب است محاسبه و تعیین :

الف - جرم قطعه ریختگی در صورتی که از انقباض صرف نظر شود.

ب - جرم قطعه ریختگی با توجه به ضریب انبساط خطی $1/10^6 \times 19 \alpha$ در فاصله نقطه ذوب برنز 950°C تا 200°C درجه حرارت 200°C .
حل (توسط هنجو):

مثال ۲۰-۴ جرم یک مدل چوبی با چگالی $0/6 \text{ g/cm}^3$ برابر 12 kg است. چنانچه قالبگیری ساده و بدون ماهیچه گذاری و قطعه ریختگی از یک نوع چدن با چگالی 7 g/cm^3 باشد، مطلوب است محاسبه و تعیین :

الف - جرم قطعه ریختگی در صورتی که از انقباض صرف نظر شود.

ب - جرم قطعه ریختگی با توجه به ضریب انبساط خطی $1/10^6 \times 10 \alpha$ در فاصله تعیین نقطه ذوب چدن 1250°C تا درجه حرارت 25°C

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
m_M ۱۲kg	M_c بدون انقباض ؟ M_c با در نظر گرفتن انقباض ؟
ρ_M ۰/۶	
ρ_c ۷ g/cm ^۳	
$\bar{\alpha}$ ۱۰×۱۰ ^{-۶} ۱/°C	
θ_1 ۱۲۵°C	
θ_p ۲۵°C	

مرحله (۲) به دست آوردن حجم مدل چوبی از رابطه

چگالی

$$\rho_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow 0/6 = \frac{12}{V_M}$$

$$V_M = \frac{12 \text{ kg}}{0/6 \text{ g/cm}^3} = \frac{12 \cdot 1000 \text{ g}}{0/6 \text{ g/cm}^3}$$

$$V_M = \frac{12000}{0/6} \text{ cm}^3 \Rightarrow V_M = 20000 \text{ cm}^3$$

$$1000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ dm}^3$$

$$V_M = 20 \text{ dm}^3$$

مرحله (۳) با توجه به این که حجم مدل و حجم

قطعه چدنی یکی است در صورت نبود انقباض داریم:

$$V_M = V_c = 20 \text{ dm}^3$$

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c} \Rightarrow V_c = \frac{m_c}{\rho_c}$$

$$m_c = V_c (\rho_c) = 20000 (\text{cm}^3) \cdot 7 (\text{g/cm}^3)$$

$$m_c = 140000 \text{ gr}$$

$$\text{جرم قطعه بدون احتساب انقباض} \quad m_c = 140 \text{ kg}$$

مرحله (۴) محاسبه جرم قطعه چدنی با فرض انقباض،

لذا خواهیم داشت:

$$m_c = V_M (1 - \alpha \Delta \theta) \rho_c$$

$$m_c = 20 \left(1 - 3 \times 10^{-6} \times 10^6 (1250 - 25) \right) \times 7$$

$$m_c = 20 \left(1 - 30 \times 10^{-6} \times 1225 \right) \times 7$$

$$\text{جرم قطعه با احتساب انقباض} \quad m_c = 134 / 855 \text{ kg}$$

تمرین ۲۱-۴ در یک کارگاه ریخته‌گری روزانه ۵۰۰۰ kg چدن شارژ می‌شود اگر جرم هر قطعه سالم با راهگاه ۴۰ kg و جرم قطعه بدون سیستم راهگاهی ۳۵ kg باشد و روزانه ۸۰ قطعه به فروش برسد
مطلوبست:

الف - راندمان ریختگی

ب - راندمان کل

حل: (توسط هنرجو)

مثال ۲۱-۴ در یک کارگاه ریخته‌گری روزانه ۲۰۰۰ kg آلومینیم شارژ می‌شود. اگر جرم هر قطعه سالم با راهگاه و تغذیه ۱۵ kg و جرم سیستم راهگاهی هر قطعه ۳ kg باشد و ۱۰۰ قطعه به فروش برسد
مطلوبست:

الف - راندمان ریختگی

ب - راندمان کل

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
M ۲۰۰۰ kg جرم کل آلیاژ	
Q ۱۵ kg جرم یک قطعه با راهگاه و تغذیه	R _c ?
۳ kg جرم راهگاه	R _t ?
۱۰۰ تعداد قطعات به فروش رفته	

مرحله (۲) نوشتن رابطه راندمان

$$R_c = \frac{Q}{p} \times 100$$

$$R_t = \frac{S}{M} \times 100$$

مرحله (۳) محاسبه راندمان ریختگی

P جرم قطعات با سیستم راهگاهی

تعداد قطعه × جرم قطعه با سیستم راهگاهی و تغذیه =

	<p style="text-align: center;">$15 \times 100 = 1500 \text{ kg}$</p> <p>= جرم قطعه بدون سیستم راهگاه</p> <p>جرم راهگاه + جرم قطعه با سیستم راهگاه</p> <p style="text-align: center;">$15 \times 3 = 12 \text{ kg}$</p> <p>جرم قطعات بدون سیستم راهگاهی</p> <p>تعداد قطعه \times جرم قطعه بدون سیستم راهگاهی =</p> <p style="text-align: center;">$12 \times 100 = 1200 \text{ kg}$</p> $R_c = \frac{Q}{p} \times 100$ $R_c = \frac{1200}{1500} \times 100$ <p style="text-align: center;">$R_c = 80\%$ راندمان ریختگی</p> <p>\times تعداد قطعات قابل فروش = S جرم قطعات قابل فروش</p> <p>جرم قطعات بدون سیستم راهگاهی</p> <p style="text-align: center;">$S = 100 \times 12 = 1200 \text{ kg}$</p> $R_t = \frac{S}{M} \times 100$ $R_t = \frac{1200}{2000} \times 100$ <p style="text-align: center;">$R_t = 60\%$ راندمان کلی ریخته‌گری</p>
<p>تمرین ۲۲-۴ حجم یک قطعه ریخته شده از برنز با چگالی $\frac{8}{55} \text{ g/cm}^3$ برابر $6/55 \text{ dm}^3$ است. چنانچه قالبگیری ساده و بدون ماهیچه گذاری انجام گیرد و از انقباض قطعه صرف نظر شود. مطلوب است محاسبه و تعیین:</p> <p>الف - جرم قطعه بر حسب kg</p> <p>ب - جرم مدل منیزیمی آن بر حسب kg با چگالی $\frac{1}{5} \text{ g/cm}^3$</p> <p>ج - جرم قطعه ریخته شده از نوعی چدن با چگالی</p>	<p>مثال ۲۲-۴ جرم یک قطعه ریخته شده از فولاد با چگالی $\frac{7}{8} \text{ g/cm}^3$ برابر 24 kg است. چنانچه قالبگیری ساده و بدون ماهیچه گذاری انجام گیرد و از انقباض قطعه صرف نظر شود مطلوب است محاسبه و تعیین:</p> <p>الف - حجم قطعه بر حسب dm^3</p> <p>ب - جرم مدل آلومینیمی آن بر حسب kg با چگالی $\frac{2}{7} \text{ g/cm}^3$</p>

ج - جرم قطعه ریخته شده از نوعی آلیاژ برنج با چگالی $۸/۵ \text{ g/cm}^۳$ (از تمام انقباضها صرف نظر شود) حل: توسط هنر جو

ج - جرم قطعه ریخته شده از نوعی آلیاژ برنج با چگالی $۸/۵ \text{ g/cm}^۳$ (از تمام انقباض صرف نظر شود) حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
$\rho_{\text{فولاد}} = ۷/۸ \text{ g/cm}^۳$	$V_{\text{فولاد}} = ? \text{ dm}^۳$
$M_{\text{فولاد}} = ۲۴ \text{ kg}$	$M_{\text{آلومینیم}} = ? \text{ kg}$
$\rho_{\text{آلومینیم}} = ۲/۷ \text{ g/cm}^۳$	$M_{\text{برنج}} = ? \text{ kg}$
$\rho_{\text{برنج}} = ۸/۵ \text{ g/cm}^۳$	

مرحله (۲) محاسبه حجم قطعه فولادی با استفاده از رابطه چگالی

$$\rho_{\text{فولاد}} = \frac{M}{V} \Rightarrow ۷/۸ = \frac{۲۴}{V}$$

$$V \times ۷/۸ = ۲۴ \times ۱$$

طرفین تساوی بر ضرب مجهول تقسیم می‌شوند

$$\frac{V \times ۷/۸}{۷/۸} = \frac{۲۴}{۷/۸}$$

$$V = \frac{۲۴}{۷/۸} = ۳/۰۷۷ \text{ dm}^۳$$

مرحله (۳) محاسبه جرم مدل آلومینیم با استفاده از رابطه چگالی با توجه به این که حجم قطعه ثابت است داریم:

$$V_{\text{Al}} = V = ۳/۰۷۷ \text{ dm}^۳$$

$$\rho_{\text{Al}} = \frac{m_{\text{Al}}}{V_{\text{Al}}} \Rightarrow ۲/۷ = \frac{m_{\text{Al}}}{۳/۰۷۷}$$

طرفین و وسطین انجام می‌دهیم

$$m_{\text{Al}} \times ۱ = ۲/۷ \times ۳/۰۷۷$$

$$m_{Al} \quad ۸ / ۳۰۸kg$$

مرحله ۴) محاسبه جرم قطعه ریخته شده از آلیاژ برنج با استفاده از رابطه چگالی
نکته : حجم قطعه برنجی برابر حجم قطعه فولادی می باشد.

$$V_{برنج} = V_{فولاد} \Rightarrow V = ۳ / ۰۷۷ dm^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow ۸ / ۵ = \frac{m}{۳ / ۰۷۷}$$

طرفین و وسطین انجام می دهیم

$$m = ۸ / ۵ \times ۳ / ۰۷۷$$

$$m_{برنج} = ۲۶ / ۱۵kg$$

تمرین ۲۳-۴ جرم یک قطعه بدون سیستم راهگاهی ۴۰kg می باشد، اگر راندمان ریختگی ۶۵٪ باشد، جرم قطعه همراه با سیستم راهگاهی و جرم سیستم راهگاهی را محاسبه نمایید.

حل (توسط هنرجو):

مثال ۲۳-۴ جرم یک قطعه با سیستم راهگاهی ۲۵kg می باشد. اگر راندمان ریختگی قطعه ۸۰٪ باشد. جرم سیستم راهگاهی را حساب کنید.

حل: مرحله ۱) داده ها و خواسته ها نوشته شود

خواسته ها	داده ها
Q ?	p ۲۵kg
	قطعه با سیستم راهگاهی
	R _c ۸۰%

مرحله ۲) نوشتن رابطه راندمان ریختگی و بدست

آوردن جرم قطعه بدون سیستم راهگاهی

$$R_c = \frac{Q}{p} \times ۱۰۰$$

$$۸۰ = \frac{Q}{۲۵} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۸۰ \times ۲۵ = Q \times ۱۰۰$$

$$Q = \frac{۸۰ \times ۲۵}{۱۰۰} \Rightarrow Q = ۲۰kg$$

مرحله ۳) به دست آوردن جرم سیستم راهگاهی

جرم قطعه با راهگاه = جرم سیستم راهگاهی

جرم قطعه بدون راهگاه

جرم سیستم راهگاهی

۲۵ ۲۰ ۵kg

تمرین ۲۴-۴ حجم قطعه ریختگی از جنس فولاد با چگالی $\frac{7}{8} \text{ kg/dm}^3$ برابر 8 dm^3 می باشد. اگر قالبگیری ساده و بدون ماهیچه باشد و از انقباض صرف نظر شود مطلوبست محاسبه و تعیین :

الف جرم قطعه بر حسب kg

ب جرم مدل بر حسب kg با چگالی $\frac{2}{8} \text{ kg/dm}^3$

مثال ۲۴-۴ جرم قطعه ای ریختگی از جنس برنز با چگالی $\frac{8}{dm^3} \text{ kg}$ برابر 32 kg می باشد، اگر قالبگیری ساده و بدون ماهیچه باشد و از انقباض صرف نظر شود مطلوبست محاسبه و تعیین :

الف حجم قطعه بر حسب dm^3

ب جرم مدل بر حسب kg با چگالی $\frac{0.6}{dm^3} \text{ kg}$
حل:

مرحله (۱) داده ها و خواسته ها نوشته شود

داده ها	خواسته ها
ρ برنز $\frac{8}{dm^3} \text{ kg}$	V برنز ?
M برنز 32 kg	m_M ?
ρ_M $\frac{0.6}{dm^3} \text{ kg}$	

مرحله (۲) محاسبه حجم قطعه برنزی بر حسب dm^3 با استفاده از رابطه چگالی.

$$\rho \frac{M}{V} \Rightarrow \frac{8}{1} \frac{32}{V}$$

طرفین و وسطین انجام می دهیم

$$V \times 8 \quad 32 \times 1$$

طرفین تساوی را بر عدد ۸ تقسیم می کنیم

$$\frac{V \times 8}{8} \quad \frac{32}{8}$$

$$V \quad 4 \text{ dm}^3$$

مرحله (۳) محاسبه جرم مدل بر حسب کیلوگرم با استفاده

از رابطه چگالی

نکته : حجم مدل با حجم قطعه برابر است :

$$V_M \quad V \quad 4 \text{ dm}^3$$

$$\rho_M \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow 0/6 \frac{m_M}{4}$$

$$m_M = 4 \times 0/6$$

$$\text{جرم مدل} \quad \boxed{m_M = 2/4 \text{ kg}}$$

تمرین ۴-۲۵ جرم یک مدل چوبی ۲۵ kg و چگالی آن $0/7 \text{ g/cm}^3$ و انقباض خطی مدل ۲٪ و انقباض خطی قطعه ۲/۴٪ باشد. جرم قطعه ریختگی از یک نوع چدن با چگالی $7/6 \text{ g/cm}^3$ را از روی مدل فلزی به دست آورید. (قالبگیری بدون ماهیچه گذاری است).
حل (توسط هنرجو):

مثال ۴-۲۵ جرم یک مدل چوبی ۱۳ kg و چگالی آن $0/65 \text{ g/cm}^3$ می باشد. اگر انقباض خطی مدل ۱/۲٪ و انقباض خطی قطعه ۱/۸٪ باشد، جرم قطعه ریختگی از یک نوع برنج با چگالی $8/8 \text{ g/cm}^3$ را از روی مدل فلزی به دست آورید (قالبگیری بدون ماهیچه گذاری است).
حل: مرحله (۱) داده ها و خواسته ها نوشته شود

خواسته ها	داده ها
m_c برنج ?	S_p ۱/۸ %
	S_1 ۱/۲ %
	ρ_M ۰/۶۵ g/cm^3
	m_M ۱۳ kg
	ρ_c ۸/۸ g/cm^3 برنج

مرحله (۲) نوشتن رابطه مربوط به مسأله

$$\rho_M \frac{m_M}{V_M}$$

$$S = S_1 + S_p$$

توضیح: در این مسأله انقباض مضاعف تبدیل مدل چوبی

به فلزی و تبدیل مدل فلزی به قطعه داریم:

$$m_c = V_M \left(1 - \frac{3S}{100} \right) \rho_c$$

مرحله (۳) محاسبه حجم مدل چوبی با استفاده از رابطه

چگالی

$$\rho_M \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow \frac{0/65}{1} \frac{13}{V_M}$$

$$\Rightarrow V_M \times 0/65 = 13 \times 1$$

طرفین تساوی را بر ضرب مجهول (V_M) تقسیم می‌کنیم:

$$\frac{V_M \times 0/65}{0/65} = \frac{13}{0/65}$$

$$V_M = 20 \text{ dm}^3$$

مرحله ۴) محاسبه درصد انقباض خطی نهایی

$$S = 1/2 \times 1/8$$

مرحله ۵) محاسبه جرم قطعه برنجی با استفاده از رابطه

ذکر شده در مرحله دوم

$$m_c = V_M \left(1 - \frac{3S}{100} \right) \rho_c$$

مرحله ۶) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه فوق:

$$m_c = 20 \left(1 - \frac{3 \times 3}{100} \right) \times 8/8$$

$$m_c = 160/16 \text{ kg}$$

تمرین ۲۶-۴ جرم یک قطعه ریختگی بدون تراش ۴۰ kg می‌باشد. در صورتی که راندمان ریختگی ۷۵٪ باشد. جرم سیستم راهگامی و تغذیه را محاسبه کنید. حل (توسط هنرجو):

مثال ۲۶-۴ جرم یک قطعه بدون سیستم راهگامی ۲۴ kg و جرم سیستم راهگامی و تغذیه ۶ kg می‌باشد. اگر ضایعات هنگام برش راهگام و تغذیه صرف‌نظر شود. راندمان ریختگی قطعه را حساب کنید؟

حل: مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
p ?	جرم قطعه بدون سیستم ۲۴ kg
R _c ?	راهگامی
	جرم سیستم راهگامی ۶ kg

مرحله ۲) نوشتن رابطه راندمان ریختگی:

$$R_c = \frac{Q}{p} \times 100$$

مرحله ۳) به دست آوردن جرم قطعه با سیستم

راهگامی

	<p>جرم سیستم راهگامی $P = Q +$ جرم قطعه با سیستم راهگامی</p> <p>$p \quad ۲۴+۶$</p> <p>$p \quad ۳۰$</p> <p>مرحله ۴) به دست آوردن راندمان ریختگی با استفاده از رابطه :</p> $R_c = \frac{Q}{p} \times 100$ $R_c = \frac{۲۴}{۳۰} \times 100$ <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;"> $R_c \quad \%۸۰$ </div>												
<p>تمرین ۲۷-۴ در یک کارگاه ریخته‌گری جرم کل شارژ ۴۰۰ kg، جرم قطعات با سیستم راهگامی و تغذیه ۳۲۰ kg و جرم کلیه راهگاه‌ها و تغذیه‌ها ۵۰ kg و جرم قطعات قابل فروش ۲۴۰ kg می‌باشد مطلوبست محاسبه :</p> <p>الف راندمان ریختگی</p> <p>ب راندمان کل</p> <p>ج جرم قطعات برگشتی در آخرین مراحل کنترل در صورتی که ضایعات تراش ۱/۵٪ باشد.</p> <p>حل (توسط هنرجو):</p>	<p>مثال ۲۷-۴ در یک کارگاه ریخته‌گری جرم شارژ ۳۵۰ kg، جرم قطعات با سیستم راهگامی و تغذیه ۲۸۰ kg و جرم قطعات بدون سیستم راهگامی و تغذیه ۲۲۰ kg و جرم قطعات قابل فروش ۸۰ kg می‌باشد، مطلوب است محاسبه :</p> <p>الف راندمان ریختگی</p> <p>ب راندمان کل</p> <p>ج جرم قطعات برگشتی در آخرین مراحل کنترل در صورتی که ضایعات تراش ۳٪ باشد.</p> <p>حل: مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود</p> <table border="1" data-bbox="782 1332 1373 1721"> <thead> <tr> <th>داده‌ها</th> <th>خواسته‌ها</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M ۳۵۰kg</td> <td>$R_c \quad ?$</td> </tr> <tr> <td>p ۲۸۰kg</td> <td>$R_t \quad ?$</td> </tr> <tr> <td>Q ۲۲۰kg</td> <td>? = جرم برگشتی در</td> </tr> <tr> <td>S ۱۸۰kg</td> <td>آخرین مرحله کنترل</td> </tr> <tr> <td>ضایعات تراش ۳٪</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>مرحله ۲) نوشتن روابط مربوطه :</p> $R_c = \frac{Q}{p} \times 100$	داده‌ها	خواسته‌ها	M ۳۵۰kg	$R_c \quad ?$	p ۲۸۰kg	$R_t \quad ?$	Q ۲۲۰kg	? = جرم برگشتی در	S ۱۸۰kg	آخرین مرحله کنترل	ضایعات تراش ۳٪	
داده‌ها	خواسته‌ها												
M ۳۵۰kg	$R_c \quad ?$												
p ۲۸۰kg	$R_t \quad ?$												
Q ۲۲۰kg	? = جرم برگشتی در												
S ۱۸۰kg	آخرین مرحله کنترل												
ضایعات تراش ۳٪													

$$R_t = \frac{S}{M} \times 100$$

مرحله ۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه‌ها و

محاسبات ریاضی

$$R_c = \frac{220}{280} \times 100 \Rightarrow R_c = 78.5\%$$

$$R_t = \frac{180}{350} \times 100 \Rightarrow R_t = 51\%$$

مرحله ۴) جرم برگشتی در آخرین مرحله کنترل :

نکته : آخرین مرحله تراش و پرداخت نهایی قطعه بدون

راهگاه و تغذیه است. بنابراین ۳٪ ضایعات تراش از جرم

قطعات بدون راهگاه و تغذیه ایجاد می‌شود.

$$\text{جرم ضایعات تراش} = Q \times 3\% = \frac{3}{100} \times 220$$

$$\text{جرم ضایعات تراش} = 6.6 \text{ kg}$$

- جرم کل قطعات بعد از تراشکاری برابر خواهد بود با :

$$220 - 6.6 = 213.4 \text{ kg}$$

- از طرفی جرم قطعات قابل فروش ۱۸۰ kg می باشد

که اگر از جرم قطعات بعد از تراشکاری کم شود جرم قطعات

برگشتی به دست خواهد آمد.

$$213.4 - 180 = 33.4 \text{ kg}$$

آخرین مرحله