فصل سوم

سوخت‌ها

۳-۱- منابع انرژی

۳-۲- شرایط احتراق کامل سوخت
- تماس کامل سوخت با اکسیژن
- کافی بودن اکسیژن
- درجه حرارت احتراق

۳-۳- دسته‌بندی سوخت‌ها

۳-۴- ترکیب سوخت

۳-۵- محاسبه حجم هوای لازم برای احتراق
- محاسبه حجم هوا در شرایط غیر متعارفی
- احتراق سوخت‌های مایع و گاز

- سوخت‌های مصرفی در صنایع ذوب
- کک
  - ترکیب شیمیایی
  - ضریب تخلخل
  - رآکتیویته
- نفت‌ها

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 به‌دست 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 این‌که منابع سوخت فسیلی در زمین روبه اتمام است، امروزه سعی می‌شود تا از انرژی‌های خورشیدی و هسته ای 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 به‌نظر می‌رسید که سوخت‌های فسیلی و سایر سوخت‌های آلی هنوز مهم‌ترین و پرمصرف ترین 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 لابه لای 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 این‌که اکثر سوخت‌ها از کربن و ئیدروژن تشکیل شده‌اند در نتیجه محصولات احتراق شامل گاز دی اکسیدکربن 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 سریع‌تر انجام می‌شود.

با توجه به این‌که مقدار اکسیژن بیشتری با سوخت در تماس است یا به عبارت دیگر برخورد ملکول‌های اکسیژن و سوخت بیشتر است. با توجه به مسأله فوق، سوخت‌های گازی چون بهتر از سوخت‌های مایع با اکسیژن و هوا مخلوط می‌شوند با سهولت و سریع‌تر می‌سوزند. به همین ترتیب سوخت‌های مایع نسبت به سوخت‌های جامد بهتر با اکسیژن و هوا مخلوط شده و در نتیجه به سهولت و سریع‌تر می‌سوزند. به همین منظور معمولاً سوخت‌های جامد را در اندازه‌های مناسب خرد می‌کنند تا سطح تماس آنها با اکسیژن هوا بیشتر شده و احتراق آنها به نحو مطلوب انجام گیرد. در این حالت اگر سوخت جامد به‌طور کامل پودر شده و با هوا مخلوط شود کیفیت احتراق آن به شرایط مخلوط سوخت گازی و هوا نزدیک می‌شود. به همین منظور در کوره‌های با سوخت مایع برای افزایش سطح تماس سوخت و هوا، سوخت مایع به کمک مشعل و فشار هوای دمنده تحت پاشش قرار می‌گیرد. بنابراین هرچه قدر سطح ذرات سوخت بزرگ‌تر باشد تماس آن با اکسیژن بیشتر است بنابراین باید بتوان اندازه ذرات را مشخص کرد.

اندازه ذرات به روش‌های مختلفی سنجیده می‌شود که یکی از آن روش‌ها تعیین مدول سطحی است. مدول سطحی عبارت است از نسبت سطح کل به حجم کل ذرات. یعنی هرچه قدر مدول سطحی بزرگ‌تر باشد در حجم یکسان سطح بزرگ‌تر 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 می‌رویم مدول سطحی افزایش می‌یابد.

ذکر این نکته لازم است که اندازه قطعات و شکل آنها چه در مورد سوخت‌ها و چه در مورد قطعات بار (شارژ مصرفی) در ذوب فلزات و سرعت واکنش شیمیایی تأثیر دارد. در مورد سوخت هرچه قدر ذرات کوچک‌تر باشد، بهتر است و تماس با اکسیژن بیشتر و احتراق بهتر صورت می‌گیرد. اما در مورد قطعات بار (شارژ) نباید اندازه آنها از حد معینی کمتر باشد زیرا در این صورت با توجه به این‌که اندازه قطعات بار (شارژ) کوچک‌تر می‌شود سطح آنها افزایش یافته و نسبت سطح به حجم یا مدول سطحی آنها افزایش می‌یابد که در نتیجه سرعت واکنش‌های

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 به‌صورت قطعات بزرگ‌تر فشرده می‌کنند و به‌صورت بریکت (خشته) در کوره شارژ می‌کنند.

مثال ۱-۳: یک ذره سوخت به شکل مکعب با ضلع ۱۰۰ میکرون می‌باشد. مدول سطحی این ذره سوخت را تعیین کنید.

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود.

خواسته‌ها	داده‌ها
$M_a = ?$	میکرون ۱۰۰ = 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: $A = ۶ \times ۱۰۰ \times ۱۰۰ = ۶۰۰۰۰$ (میکرون)^۲

حجم: $V = ۱۰۰^۳ = ۱۰۰۰۰۰۰$ (میکرون)^۳

مرحله ۴) جای‌گذاری داده‌ها در رابطه و محاسبه ریاضی

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

$$M_a = \frac{۶۰۰۰۰}{۱۰۰۰۰۰۰} \quad \frac{(\text{ میکرون })^۲}{(\text{ میکرون })^۳}$$ میکرون

$$M_a = \frac{۶}{۱۰۰} \quad \frac{۱}{\text{میکرون}}$$

$$\boxed{M_a = ۰/۰۶ \frac{۱}{\text{میکرون}}}$$

تمرین ۱-۳: یک ذره سوخت به شکل مکعب مستطیل به ابعاد ۱۰۰×۸۰×۸۰ میکرون می‌باشد، مدول سطحی این ذره سوخت را تعیین کنید.

حل (توسط هنرجو):

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
$\frac{M_a \text{ در حالت ۲۱۶ مکعب}}{M_a \text{ در حالت ۲۷ مکعب}} = ?$	ضلع مکعب $= ۲۷cm$

مرحله ۲) به‌دست آوردن طول ضلع مکعب‌ها:

اگر مکعب را به ۲۷ مکعب تقسیم کنیم، برای به‌دست آوردن طول ضلع مکعب‌های کوچک‌تر باید طول ضلع مکعب بزرگ‌تر را به ریشه سوم ۲۷ تقسیم نمائیم.

$$\text{طول ضلع مکعب کوچک تر} = \frac{۲۷}{\sqrt[۳]{۲۷}} = \frac{۲۷}{۳} = ۹cm$$

در نتیجه اگر بخواهیم یک مکعب را به ۲۱۶ قسمت تقسیم کنیم، برای به‌دست آوردن طول ضلع مکعب‌های کوچک‌تر کافی است که طول ضلع مکعب بزرگ‌تر را به ریشه سوم ۲۱۶ تقسیم نمائیم. یعنی:

$$\text{طول ضلع مکعب کوچکتر} = \frac{۲۷}{\sqrt[۳]{۲۱۶}} = \frac{۲۷}{۶} = ۴/۵cm$$

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.

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):

$A_1 = ۲۷\times۶\times۹\times۹$ برای ۲۷ مکعب $A_2 = ۲۱۶\times۶\times۴/۵\times۴/۵$ برای ۲۱۶ مکعب $V = ۲۷\times۲۷\times۲۷$ حجم مکعب $Ma_1 = \frac{A_1}{V} = \frac{۲۷\times۶\times۹\times۹}{۲۷\times۲۷\times۲۷} = \frac{۲}{۳}$ برای ۲۷ مکعب $Ma_2 = \frac{A_2}{V} = \frac{۲۱۶\times۶\times۴/۵\times۴/۵}{۲۷\times۲۷\times۲۷} = \frac{۴}{۳}$ برای ۲۶۱ مکعب مرحله ۵) به‌دست آوردن نسبت حالت دوم به حالت اول : $\frac{Ma_2}{Ma_1} = \frac{\frac{۴}{۳}}{\frac{۲}{۳}} = ۲$	
مثال ۳-۳: ذرات یک نوع سوخت به شکل کروی می‌باشد درصورتی‌که قطر متوسط آنها ۲۰۰ میکرون باشد. مدول سطحی ذرات این سوخت چقدر است. حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود مرحله ۲) نوشتن رابطه مدول سطحی و سطح و حجم کره $A = ۴\pi r^2$ $V = \frac{۴}{۳}\pi r^3$ $Ma = \frac{A}{V}$ $Ma = \frac{۴\pi r^2}{\frac{۴}{۳}\pi r^3}$ $Ma = \frac{\frac{۴}{۱}}{\frac{۴}{۳}r} = \frac{۱}{r}$	تمرین ۳-۳: ذرات سوختی به شکل کره با شعاع متوسط ۵۰ میکرون است مدول سطحی آن را تعیین کنید. حل (توسط هنرجو):

خواسته‌ها	داده‌ها
$Ma = ?$	قطر ذره = ۲۰۰ میکرون

$$\boxed{Ma = \frac{۳}{r}}$$

$$r = \frac{۲۰۰}{۲} = ۱۰۰$$

$$Ma = \frac{۳}{r}$$

$$Ma = \frac{۳}{۱۰۰}\left(\frac{۱}{\text{میکرون}}\right)$$

مثال ۴-۳: یک کره به شعاع ۱۵ cm می‌باشد، درصورتی‌که شعاع این کره ۳ برابر کوچک‌تر شود، مدول سطحی آن چندبرابر افزایش می‌یابد.

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود.

خواسته‌ها	داده‌ها
$\frac{Ma_۲}{Ma_۱} = ?$	شعاع کره $r_۱ = ۱۵cm$ $r_۲ = \frac{۱۵}{۳} = ۵cm$

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

$$\text{سطح کره } A = ۴\pi r^۲$$

$$\text{حجم کره } V = \frac{۴}{۳}\pi r^۳$$

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

$$Ma = \frac{۴\pi r^۲}{\frac{۴}{۳}\pi r^۳} = \frac{\frac{۴}{۱}}{\frac{۳}{۴}r} = \frac{۳}{r}$$

$$Ma = \frac{۳}{r}$$

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

تمرین ۴-۳: 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):

$r_1 = ۱۵ \Rightarrow Ma_1 = \frac{۳}{۱۵}$

$r_2 = ۵ \Rightarrow Ma_2 = \frac{۳}{۵}$

$$\frac{Ma_2}{Ma_1} = \frac{\frac{۳}{۵}}{\frac{۳}{۱۵}}$$

$$\boxed{\frac{Ma_2}{Ma_1} = ۳}$$

یعنی زمانی که شعاع کره سه برابر کاهش می‌یابد، مدول سطحی آن ۳ برابر افزایش می‌یابد.

تمرین ۵-۳: 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 :

اولاً : تعیین تعداد مکعب‌های حاصله در هر بار تقسیم بندی

ثانیاً : تعیین نسبت مدول سطحی حالت دوم به حالت اول.حل (توسط هنرجو):

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 درصورتی‌که مقدار اکسیژن کافی نباشد، ابتدا مقداری از کربن با اکسیژن ترکیب شده و مطابق واکنش زیر تولید گاز CO_2 می‌کند.

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

این واکنش گرمازاست و مقداری گرما تولید می‌کند که این گرما، درجه حرارت کربن و محیط احتراق را افزایش می‌دهد و در نتیجه دی اکسیدکربن حاصل با کربن باقیمانده ترکیب شده و مطابق واکنش زیر تولید منواکسیدکربن می‌کند.

$$CO_2 + C \rightarrow 2CO$$

از جمع دو واکنش فوق، واکنش احتراق ناقص کربن به‌صورت زیر حاصل می‌شود :

$$2C + O_2 \rightarrow 2CO$$

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

مثال ۵-۳: 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	جرم کربن = ۲۰kg C = ۱۲ O = ۱۶

مرحله ۲) نوشتن واکنش احتراق کامل اکسیژن

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

مرحله ۳) نوشتن تناسب برای واکنش

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

کربن kg — اکسیژن m^3

۱۲ — ۲۲/۴

۲۰ — x

$$x = \frac{۲۲/۴ \times ۲۰}{۱۲}$$

$$x = ۳۷/۳۳ m^3$$ اکسیژن

تمرین ۶-۳: برای احتراق کامل یک سوخت با ۸۵٪ کربن و ۱۵٪ خاکستر چند متر مکعب گاز اکسیژن لازم است؟ C = ۱۲ O = ۱۶

حل (توسط هنرجو):

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

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + ۸۰۹۰ \frac{kcal}{kgc}$$

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

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

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

$$c + o_2 \rightarrow co_2 + ۸۰۶۰ \frac{kcal}{kgc}$$

حل (توسط هنرجو):

مرحله ۲) به‌دست آوردن گرمای حاصله با استفاده از تناسب

کیلوکالری انرژی حاصله	kg کربن
۸۰۹۰	۱ kg
x	۲۰

$$x = \frac{۸۰۹۰ \times ۲۰}{۱}$$

$$x = ۱۶۱۸۰۰ kcal$$

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 $CO_۲$ را به‌دست آورید.

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود.

خواسته‌ها	داده‌ها
$CO = ?$	مقدارسوخت $= ۳۰ kg$
$CO_۲ = ?$	درصد کربن سوخت $= ٪۸۰$
	حجم $= ۳۰۰۰۰ Lit$ اکسیژن
	$C = ۱۲$

مرحله ۲) به‌دست آوردن مقدار کربن و تبدیل واحد :

با توجه به این‌که درصد کربن سوخت ۸۰٪ می‌باشد

بنابراین مقدار کربن عبارت است از :

$$۳۰ \times \frac{۸۰}{۱۰۰} = ۲۴ kg$$

$$۱ m^۳ = ۱۰۰۰ Lit$$

طرفین تساوی را بر ۱۰۰۰ تقسیم می‌کنیم

تمرین۸-۳: رای احتراق ۱۰۰ kg کربن، حدود lit ۱۱۰۰۰۰ اکسیژن موجود است، با توجه به واکنش‌های احتراق کامل و ناقص کربن، تعیین کنید درصد نسبت گازهای co به $CO_۲$

حل (توسط هنرجو):

$$\frac{۱}{۱۰۰۰}m^۳ = \frac{۱۰۰۰}{۱۰۰۰}Lit \Rightarrow \frac{۱}{۱۰۰۰}m^۳ = ۱Lit$$

$$\text{حجم اکسیژن} = ۳۰۰۰۰ \times \frac{۱}{۱۰۰۰} = ۳۰m^۳$$

مرحله ۳) نوشتن واکنش‌های سوختن کربن

$$(۱) \quad C + O_۲ \rightarrow CO_۲$$

$$(۲) \quad CO_۲ + C \rightarrow ۲CO$$

مرحله ۴) با استفاده از مقدار اکسیژن از واکنش اول، مقدار کربن و دی اکسیدکربن را با استفاده از تناسب به‌دست می‌آوریم.

$$C + O_۲ \rightarrow CO_۲$$

$$\begin{matrix} ۱۲ & ۲۲/۴ \\ x & ۳۰ \end{matrix} \quad x = \frac{۳۰ \times ۱۲}{۲۲/۴}$$

$x = ۱۶ \quad kg$ جرم کربن مصرفی در واکنش اول.

$$C + O_۲ \rightarrow CO_۲$$

$$\begin{matrix} ۲۲/۴ & ۲۲/۴ \\ ۳۰ & y \end{matrix}$$

$$y = \frac{۳۰ \times ۲۲/۴}{۲۲/۴}$$

حجم $CO_۲$ تولید شده از واکنش اول $\boxed{y = ۳۰m^۳}$

مرحله ۵) به‌دست آوردن مقدار کربن باقیمانده :

کربن باقیمانده $\boxed{۸kg} = ۲۴ - ۱۶ =$ (مقدار کربن مصرف شده در رابطه (۱)) - (مقدار کربن اولیه)

مرحله ۶) کربن باقیمانده با مقداری از $CO_۲$ مطابق واکنش (۲) ترکیب شده و co به وجود می‌آورد. حال با توجه به مقدار کربن باقیمانده حجم $CO_۲$ مصرفی و co تولید شده را به‌دست می‌آوریم.

$$CO_2 + C \rightarrow 2CO$$

$$\overset{m^3}{22/4} \quad \overset{kg}{12} \qquad x = \frac{6 \times 22/4}{12}$$

$$x \quad 6$$

$$x = 11/2 m^3$$

حجم CO_2 مصرف شده در واکنش دوم

$$CO_2 + C \rightarrow 2CO$$

$$\overset{kg}{12} \quad \overset{m^3}{2 \times 22/4}$$

$$6 \quad y$$

$$y = \frac{6 \times 2 \times 22/4}{12} \Rightarrow y = 22/4 m^2$$

حجم co تولید شده

مرحله ۷) به‌دست آوردن حجم CO_2 باقیمانده :

(حجم CO_2 مصرف شده از واکنش (۲)) – (حجم 2co تولید شده از واکنش (۱)) = (حجم CO_2 باقیمانده

حجم co_2 باقیمانده $= 30 - 11/2 = 18/8 m^3$

حجم co_2 تولید شده $= 18/8 m^3$

حجم co تولید شده $= 22/4 m^3$

مثال۸-۳: در مثال ۳-۳ چنانچه مقدار گرمای تولید شده از احتراق کامل ۱kg کربن ۱۰۰۰۰۰۰۰ calو در ترکیب با اکسیدکربن ۵۰۰۰ kcalگرما مصرف شود.

اولا: مقدار گرمای تولید شده را به‌دست آورید.

ثانیا: کاهش گرمای حاصله نسبت به هنگامی که احتراق کامل انجام گرفته باشد.

حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود.

تمرین ۹-۳: در تمرین قبل درصورتی‌که میزان گرمای تولیدی از احتراق کامل ۱kg کربن، ۴۰۰۰۰kj و در ترکیب کربن با اکسیدکربن ۴۵۰۰kcal گرما مصرف شود،

اولاً : مقدار گرمای حاصله درصورتی‌که احتراق کربن به‌طور کامل باشد.

ثانیاً : مقدار گرمای حاصله در حالت ذکر شده در تمرین قبل

حل (توسط هنرجو):

خواسته‌ها	داده‌ها
؟ = مقدار گرمای تولید شده ؟ = کاهش گرمای حاصله نسبت به زمانی که احتراق کامل باشد	۱۰۰۰۰۰۰۰cal=مقدار گرمای تولید شده از احتراق کامل۱ کیلوگرم کربن ۵۰۰۰Cal=مقدار گرمای مصرفی در ترکیب اکسیژن با CO_2 ۲۴Kg= مقدار کربن اولیه ۱۶Kg= مقدار کربن استفاده شده در واکنش احتراق کامل ۸Kg= مقدار کربن استفاده شده در واکنش ترکیب اکسیژن با CO_2

مرحله ۲) تبدیل واحد :

طرفین را بر ۱۰۰۰ تقسیم می‌کنیم $1kcal = 1000cal$

$$\frac{1}{1000}kcal = \frac{1000}{1000}cal$$

$$\boxed{1cal = \frac{1}{1000}kcal}$$

$$10000000cal = 10000000 \times \frac{1}{1000}kcal$$

$$10000000cal = 10000kcal$$

مرحله ۳) محاسبه مقدار گرمای تولیدی با فرض احتراق کامل کربن

kg	kcal	
۱	۱۰۰۰۰	$x = \frac{10000 \times 24}{1}$
۲۴	x	

$x = 240000kcal$ گرمای تولیدی در احتراق کامل کربن

مرحله ۴) محاسبه مقدار گرمای تولید شده برای مقدار کربن که احتراق کامل داشته (۱۶ kg)

$$\begin{matrix} kg & kcal \\ ۱ & ۱۰۰۰۰ \\ ۱۶ & x \end{matrix} \quad x = \frac{۱۰۰۰۰ \times ۱۶}{۱}$$

$x = ۱۶۰۰۰۰kcal$ مقدار گرمای تولیدی از واکنش (۱) مثال قبل (۳-۳)

مرحله ۵) محاسبه مقدار گرمای مصرف شده در ترکیب کربن با $CO_۲$ (۸ kg)

$$\begin{matrix} kg & kcal \\ ۱ & ۵۰۰۰ \\ ۸ & x \end{matrix} \quad x = \frac{۵۰۰۰ \times ۸}{۱}$$

$x = ۴۰۰۰۰kcal$ حرارت مصرفی در واکنش (۲) مثال (۳-۳)

مرحله ۶) محاسبه مقدار حرارت تولید شده کامل در مثال (۳-۳)

مقدار = ۱۶۰۰۰۰ − ۴۰۰۰۰ = ۱۲۰۰۰۰kcal گرمای تولید شده کل

مرحله ۷) به‌دست آوردن نسبت گرمای تولید شده کل به زمانی که احتراق به‌صورت کامل باشد

$$\frac{\text{در صورت کسر}}{\text{در مخرج کسر}} = \frac{۱۲۰۰۰۰}{۲۴۰۰۰۰} = ۰/۵$$

درصد $۰/۵ \times ۱۰۰ = ۵۰$

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 $۱۵۰^{\circ}c$ 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 به‌کار 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 سربسته 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 این‌که محیط احتراق، اکسیدی، خنثی یا احیایی باشد، یکی دیگر از عوامل مؤثر در انتخاب سوخت است. به دلیل این‌که 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- 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 ۱-۳

جدول ۱-۳- دسته‌بندی سوخت‌های آلی

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

۳-۴- 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 به‌صورت 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 :

$C + H + O + N + S_V + A + W = ۱۰۰$ 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 $Na_۲So_۴$ ، $K_۲So_۴$ ، $CaSo_۴$:

ب – سولفور فلزات به‌طور معمول پیریت به فرمول : $FeS_۲$

ج – ترکیبات آلی

سولفات‌ها معمولاً قابل احتراق نیستند بنابراین گوگر 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_Oنمایش 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، درصورتی‌که 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 متالوژیکی آنها را پایین می‌آورد. به‌طور معمول مقدار گوگرد به شکل ترکیبات آلی در داخل سوخت‌ها ناچیز است و از ۰/۱ 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

نام گاز و ترکیب شیمیایی آن		مقدار		نام گاز و ترکیب شیمیایی آن		مقدار	
		درصد جرمی	درصد حجمی			درصد جرمی	درصد حجمی
نیتروژن	N_2	۷۵/۵	۷۸/۰۹	کریپتون	Kr	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱۰۸
اکسیژن	O_2	۲۳/۱۰	۲۰/۹۵	گزنون	Xe	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۸
آرگن	Ar	۱/۲۸۶	۰/۹۳۲۵	رادون	Rn	-	۶×۱۰^{-۱۸}
نئون	Ne	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۸	دی‌اکسیدکربن	CO_2	۰/۰۴۶	۰/۰۳۰
هلیم	He	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۵	ئیدروژن	H_2	-	۰/۰۰۰۰۵

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 ازدو عنصر نیتروژن و اکسیژن تشکیل شده باشد. در این صورت درصد حجمی و جرمی عناصر چنین خواهد بود :

درصد جرمی		درصد حجمی
۲۳	۲۱	اکسیژن
۷۷	۷۹	نیتروژن

برای سادگی محاسبات می‌توان با تقریب بیشتر گفت که هوا شامل ۲۰٪ حجمی اکسیژن و ۸۰٪ حجمی 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٪ حجمی اکسیژن و ۸۰٪ حجمی نیتروژن در نظر می‌گیرند. با توجه به این مسأله حجم هوای محاسبه شده را در ضریبی بین ۱/۱ الی ۱/۸ ضرب می‌کنند، به عبارت دیگر می‌توان گفت که سوخت با ۱۰ الی ۸۰درصد هوای بیشتر از هوای لازم محترق می‌شود.

مثال ۹-۳: برای احتراق کامل ۱۰۰kg از یک نوع سوخت جامد با ترکیب ۶۰٪ کربن، ۲۰٪ ئیدروژن، ۱۰٪ اکسیژن و ۱۰٪ خاکستر، چندمترمکعب هوا در شرایط متعارفی لازم است؟ (ترکیب هوا ۲۵٪ اکسیژن و بقیه نیتروژن)

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته می‌شود

خواسته‌ها	داده‌ها
	۱۰۰Kg=جرم سوخت
	٪۶۰ = درصدC
	٪۲۰ = درصدH
	٪۱۰ = درصدO
m^3 ? = حجم هوای مصرفی	٪۱۰= درصد خاکستر(A)
	ترکیب هوا { اکسیژن ٪۲۵ ; نیتروژن٪ ۷۵

مرحله ۲) به‌دست آوردن جرم عناصر قابل احتراق:

در این سوخت عناصر قابل احتراق کربن و ئیدروژن هستند.با توجه به این‌که ٪۶۰ سوخت کربن است، جرم کربن عبارت است از:

درصد کربن × جرم سوخت = جرم کربن

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

با توجه به این‌که ٪۲۰ سوخت ئیدروژن است، جرم ئیدروژن عبارت است از

درصد ئیدروژن × جرم سوخت = جرم ئیدروژن

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

مرحله ۳) نوشتن روابط احتراق کامل کربن وئیدروژن:

تمرین ۱۰-۳: برای احتراق کامل ۵۰ کیلوگرم از یک نوع سوخت جامد ۷۰٪ کربن، ۱۵٪ ئیدروژن و ۱۵٪ خاکستر در شرایط متعارفی چند مترمکعب هوا لازم است؟

(ترکیب هوا ۲۱٪ اکسیژن بقیه نیتروژن)

حل: (توسط هنرجو)

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

مرحله ۴) به‌دست آوردن حجم اکسیژن مصرفی برای احتراق کامل کربن :

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

$$\begin{matrix} kg & & m^3 \\ 12 & & 22/4 \\ 60 & & x \end{matrix} \qquad x = \frac{22/4 \times 60}{12}$$

$x = 112 m^3$ اکسیژن برای احتراق کربن

مرحله ۵) به‌دست آوردن حجم اکسیژن مصرفی برای احتراق کامل ئیدروژن

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

$$\begin{matrix} & & m^3 \\ 2 \times 2kg & & 22/4 \\ 20 & & x \end{matrix} \qquad x = \frac{20 \times 22/4}{4}$$

$x = 112 m^3$ اکسیژن لازم برای احتراق ئیدروژن

مرحله ۶) به‌دست آوردن حجم کل اکسیژن لازم برای احتراق کامل کربن و هیدروژن

$112 + 112 = 224 m^3$

مرحله ۷) به‌دست آوردن مقدار اکسیژن مصرفی با استفاده از اکسیژن هوا :

با توجه به این‌که خود سوخت حاوی اکسیژن می‌باشد، حجم اکسیژن موجود در سوخت را باید از حجم اکسیژن به‌دست آمده از مرحله ششم کم بکنیم

درصد اکسیژن × جرم سوخت = جرم اکسیژن موجود در سوخت

جرم اکسیژن موجود در سوخت $= 100 \times \frac{10}{100} = 10 kg$

برای به‌دست آوردن حجم این اکسیژن از تناسب استفاده می‌کنیم

O_2 kg — O_2 m^3

۳۲ — ۲۲/۴ — $x = \frac{10 \times 22/4}{32}$

۱۰ — x

حجم اکسیژن موجود در سوخت $x = 7m^3$

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

حجم اکسیژن لازم از هوا $= 224 - 7 = 217m^3$

مرحله ۸) به‌دست آوردن حجم هوا :

اکسیژن — هوا

۱۰۰ — ۲۵ — $x = \frac{217 \times 100}{25}$

x — ۲۱۷

حجم هوای مورد نیاز $x = 868m^3$

مثال ۱۰-۳: در صورتی چگالی هوا $1/5 kg/m^3$ 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.

خواسته‌ها	داده‌ها
$\frac{\text{حجم هوا}}{\text{جرم سوخت}} = ?$	هوا $= 1/5 kg/m^3$
$\frac{\text{جرم هوا}}{\text{جرم سوخت}} = ?$	جرم سوخت $= 100kg$
	حجم هوای مورد نیاز $= 868m^3$

مرحله ۲) به‌دست آوردن نسبت حجمی

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

تمرین ۱۱-۳: درصورتی 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.

یعنی به ازای هر یک کیلوگرم سوخت، $۸/۶۸ m^۳$ هوا لازم است.

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

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

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

$m = ۱۳۰۲ kg$ هوا

مرحله ۴) به‌دست آوردن نسبت جرمی جرم سوخت

$$\frac{\text{جرم هوا} \quad (kg)}{\text{جرم سوخت} \quad (kg)} = \frac{۱۳۰۲}{۱۰۰} = ۱۳/۰۲$$

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.

$$V = \frac{\alpha P_{\circ} V_{\circ} T}{P}$$

که در آن :

V : حجم هوای لازم در شرایط غیرمتعارفی برحسب $m^۳$

$P_{\circ}$: فشار هوای جو: ۷۶۰ میلی‌متر جیوه $(mm\ Hg)$

$V_{\circ}$: حجم هوای لازم در شرایط متعارفی برحسب $m^۳$

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

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 باکاهش 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.

مثال ۱۱-۳: اگر برای احتراق یک سوخت در شرایط متعارفی $۲۰۰m^۳$ هوا لازم باشد. مقدار هوای لازم در $۹۰۰\ mm\ Hg$ و دمای $۴۵^\circ c$ را به‌دست آورید. با فرض $P_\circ = ۷۶۰mmHg$ و $\alpha = \frac{۱}{۲۷۳}\frac{۱}{^\circ C}$.

حل:

مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
	$P_\circ = ۷۶۰mmHg$
	$V_\circ = ۲۰۰m^۳$
$V = ?$	$P = ۹۰۰mmHg$
	$\theta = ۴۵^\circ c$
	$\alpha = \frac{۱}{۲۷۳}\frac{۱}{^\circ C}$

مرحله ۲) تبدیل واحد :

$$T = ۲۷۳ + \theta$$

$$T = ۲۷۳ + ۴۵$$

$$T = ۳۱۸^\circ k$$

مرحله ۳) نوشتن رابطه مربوطه

$$V = \frac{\alpha P_\circ V_\circ T}{P}$$

مرحله ۴) جای‌گذاری داده‌ها در رابطه فوق و محاسبه ریاضی

تمرین ۱۲-۳: اگر برای احتراق یک سوخت در درجه حرارت ۲۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۸۵۰ mmHg، $۳۰۰m^۳$ هوا لازم باشد. حجم هوای لازم در شرایط متعارفی چندمترمکعب خواهد بود؟ $P_\circ = ۷۶۰mmHg$

$$\alpha = ۱/۲۷۳\ \frac{۱}{^\circ C}$$

حل (توسط هنرجو):

$$V = \frac{\frac{۱}{۲۷۳} \times ۷۶ \times ۲۰۰ \times ۳۸}{۹۰۰}$$

$$V = ۱۹۶/۷۳ m^۳$$

۲-۵-۳- احتراق سوخت‌های مایع و گاز :

با توجه به این‌که 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 :

$$C_m H_n + (m + \frac{n}{۴}) O_۲ \rightarrow m CO_۲ + \frac{n}{۲} H_۲O$$

البته مشخص است که سوخت‌های گازی و مایع که در صنایع ذوب و ریخته‌گری به‌کار می‌روند مانندگاز 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.

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	۴/۷Kg =جرم سوخت C =۱۲ H = ۱ ترکیب هوا { اکسیژن ۲۰٪ ، نیتروژن ۸۰٪

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

$$C_mH_n + (m+\frac{n}{4})O_2 \rightarrow mCO_2 + \frac{n}{2}H_2O$$

در این مثال $m=8$ و $n=18$ می‌باشد

$$C_8H_{18} + (8+\frac{18}{4})O_2 \rightarrow 8CO_2 + \frac{18}{2}H_2O$$

$$C_8H_{18} + (8+4/5)O_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O$$

$$C_8H_{18} + 12/5O_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O$$

مرحله ۳) به‌دست آوردن حجم اکسیژن لازم جهت احتراق کامل با توجه به واکنش

C_8H_{18} جرم $= 8\times12+18\times1=114$

$$C_8H_{18} + 12/5O_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O$$

C_8H_{18} گاز kg	اکسیژن m^3	
۱۱۴	۱۲/۵×۲۲/۴	$x=\frac{12/5\times22/4\times4/7}{114}$
۴/۷	x	

$x = 11/54 m^3$ اکسیژن

تمرین ۱۳-۳: مطلوب است حجم هوای لازم برای احتراق ۱۰ kg گاز C_3H_8 در شرایط متعارفی ترکیب هوا ۲۵٪ اکسیژن و بقیه نیتروژن

حل (توسط هنرجو):

مرحله ۴) به‌دست آوردن حجم هوای لازم برای احتراق : با توجه به این‌که ۲۰٪ هوا اکسیژن است، لذا داریم :

	اکسیژن	هوا
	۲۰	۱۰۰
	۱۱/۵۴	x

$$x = \frac{۱۱/۵۴ \times ۱۰۰}{۲۰}$$

هوا $x = ۵۷/۷ m^۳$

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

همان‌طوری 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 به‌کار می‌رود دارای مشخصات زیر است :

الف – ترکیبات شیمیایی : ترکیب شیمیایی کک مناسب برای ذوب به‌صورت زیر است :

کربن : ۹۰-۸۵ 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 به‌طور کامل انجام شود براساس محاسبات ضریب تخلخل یک قطعه کک عبارت است از نسبت حجم فضای خالی به حجم کل قطعه به‌صورت :

$$\%e = \frac{V'}{V + V'} \times ۱۰۰$$

که در آن:

V' : حجم فضای خالی

V : حجم حقیقی قطعه

با توجه به این‌که حجم ظاهری قطعه برابر حجم حقیقی منهای حجم فضای خالی است و از طرفی رابطه چگالی و حجم قطعه $(\rho = \frac{m}{v})$ می‌توان به رابطه زیر رسید : ضریب تخلخل $e = ۱ - \frac{\rho'}{\rho}$

درصد تخلخل $\%e = \left(۱ - \frac{\rho'}{\rho}\right) \times ۱۰۰$

که در این رابطه :

ρ : چگالی حقیقی با در نظر گرفتن حجم تخلخل‌ها

ρ' چگالی ظاهری بدون در نظر گرفتن حجم تخلخل‌ها

مشخصات کک‌های صنعتی معمولاً به شرح زیر می‌باشد :

$$\rho' = ۰/۸ - ۱/۱ \frac{g}{cm^۳} \qquad \rho = ۱/۸ - ۲ \frac{g}{cm^۳} \qquad e = ۰/۴۵ - ۰/۵۵$$

ج – راکتیویته : در هنگام احتراق کک مقدار گاز منواکسیداکربن (co) تولید شده یکی از مشخصات و خواص عمده کک در عملیات احیای اکسیدهای فلزات است. همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد، در احتراق ناقص ابتدا مقداری از کربن کک در مجاورت اکسیژن (یا هوا) می‌سوزد و تولید گاز دی اکسیدکربن $CO_۲$ می‌کند. سپس باقیمانده کربن با دی اکسیدکربن $CO_۲$ ترکیب می‌شود و گاز منواکسیدکربن تولید می‌کند. مطابق واکنش زیر:

$$C + O_۲ \rightarrow CO_۲$$

$$CO_۲ + C \rightarrow ۲CO$$

گاز منواکسیدکربن (co) می‌تواند اکسیدهای فلزی را به سهولت احیاء کرده و علاوه بر آن گرما تولید کند به عبارت دیگر واکنش گرمازاست.

به عنوان مثال، منواکسیدکربن در احیای اکسیدآهن به‌صورت زیر عمل می‌نماید :

$$FeO + CO \rightarrow Fe + CO_۲ + ۳۱۵۰ \frac{cal}{mol}$$

یعنی منواکسیدکربن علاوه بر این‌که Feo را احیا کرده و تولید Fe خالص می‌نماید، مقداری گرما نیز آزاد می‌نماید.

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

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

براساس محاسبات درصد راکتیویته برحسب درصد گازهای دی اکسیدکربن و منواکسیدکربن به‌صورت زیر

است:

$$\%R = \frac{\%CO}{\%CO + ۲\%CO_۲} \times ۱۰۰$$

در فشار ثابت راکتیویته کک به دو عامل بستگی دارد که عبارتند از درجه حرارت گاز $CO_۲$ و سرعت عبور گاز $CO_۲$از روی کک گداخته. راکتیویته کک در داخل کوره کوپل حدود ۲۰٪ است به عبارت دیگر در حدود $\frac{۲}{۳}$ کربن کک با احتراق کامل می‌سوزد، در حالی که در کوره بلند با توجه به مقدار زیاد اکسیدهای آهن راکتیویته کک در $۹۰۰^{\circ}c$ 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 به‌کار 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 $۰/۸ \, g/cm^۳$ است، تغییرات حجم از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$V = V_۰(۱ + ۸/۸ \times ۱۰^{-۴}\theta + ۱۳/۲ \times ۱۰^{-۷}\theta^۲)$$

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

هـ - 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

۶-۳- 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 سوخت‌حاوی 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 اکسیدشده و در نتیجه قدرت حرارتی آن کاهش می‌یابد.

به‌طور کلی قدرت حرارتی یک سوخت را با توجه به گرمازایی عناصر مختلف و ترکیب آنها با اکسیژن و ساده کردن شرایط محاسبه، می‌توان از رابطه زیر تعیین کرد :

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

که در آن :

q_m : قدرت حرارتی سوخت برحسب $kcal/kg$

C : درصد کربن

H : درصد ئیدروژن

O : درصد اکسیژن

S : درصد گوگرد

W : رطوبت

مثال ۱۳-۳: درصورتی‌که چگالی حقیقی و ظاهری کک به ترتیب $۱/۸ g/cm^۳$ و $۱ g/cm^۳$ باشد مطلوب است محاسبه درصد تخلخل کک :

حل: مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
$\%e = ?$	$\rho = ۱/۸ g/cm^۳$ $\rho' = ۱ g/cm^۳$

مرحله ۲) نوشتن رابطه درصد تخلخل :

$$\%e = \left(۱ - \frac{\rho'}{\rho}\right) \times ۱۰۰$$

مرحله ۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه و محاسبه ریاضی

$$\%e = \left(۱ - \frac{۱}{۱/۸}\right) \times ۱۰۰$$

$$\%e = ۰/۴۵ \times ۱۰۰$$

$$\boxed{\%e = ۴۵\%}$$

تمرین ۱۴-۳: یک نوع کک با درصد تخلخل ۶۰٪ دارای چگالی $۱/۱ g/cm^۳$ می‌باشد، چگالی حقیقی آن را حساب کنید.

حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۴-۳: 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 $= \%۸۰C + \%۵H_۲ + \%۵O_۲ + \%۲S + \%۸W$

مرحله ۲) نوشتن رابطه قدرت حرارتی

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

مرحله ۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه فوق

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

$$q_m = ۶۴۰۰ + ۱۴۸۷/۵ + ۴۰ - ۴۸$$

$$۷۸۷۹/۵ \, {kcal}/{kg}$$

تمرین ۱۵-۳: یک نوع زغال خشکی شامل ۸۵٪ کربن، ۵٪ ئیدروژن، ۵٪ اکسیژن و ۵٪ خاکستر می‌باشد، قدرت حرارتی این زغال خشک را به‌دست آورید.

حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۵-۳: برای اندازه‌گیری راکتیویته یک زغال کک مقداری گاز $CO_۲$ 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
$\%CO_۲ = ?$ $\%R = ?$	$\%CO = \%۹۲$

مرحله ۲) نوشتن رابطه

$$\%R = \frac{\%CO}{\%CO + ۲\%CO_۲} \times ۱۰۰$$

تمرین ۱۶-۳: در اندازه‌گیری راکتیویته یک نوع کک مقداری گاز $CO_۲$ با فشار و درجه حرارت ثابت از روی آن عبور داده شده است. درصورتی‌که درصد گاز $CO_۲$ خروجی ۱۵٪ و درصد CO خروجی ۸۵٪ باشد مطلوبست درصد راکتیویته کک.

حل (توسط هنرجو):

مرحله ۳) به‌دست آوردن درصد CO_2

$$\%CO_2 = ۱۰۰ - \%CO$$

$$\%CO_2 = ۱۰۰ - ۹۲ = \%۸$$

مرحله ۴) جای‌گذاری داده‌ها در رابطه

$$\%R = \frac{۹۲}{۹۲ + ۲ \times ۸} \times ۱۰۰ = \frac{۹۲}{۹۲ + ۱۶} \times ۱۰۰ =$$

$$\%R = \frac{۹۲}{۱۰۸} \times ۱۰۰ = \%۸۵$$

مثال ۱۶-۳: مطلوبست حجم هوای لازم برای احتراق $۸kg$ گاز متان با ترکیب شیمیایی CH_4 در شرایط متعارفی. (ترکیب حجمی هوا عبارت است از ۲۰٪ اکسیژن و بقیه نیتروژن). $H = ۱$ و $C = ۱۲$

حل:

مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها به‌طور مختصر و همراه با واحدها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
$V = ?$	$۸kg$ = جرم گاز متان $C = ۱۲$ $H = ۱$ =ترکیب حجمی هوا نیتروژن ۸۰٪+اکسیژن ۲۰٪

مرحله ۲) نوشتن رابطه احتراق

$$C_mH_n + (m + \frac{n}{۴})O_۲ \rightarrow mCO_۲ + \frac{n}{۲}H_۲O$$

مرحله ۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در فرمول فوق با توجه به این‌که گاز CH_4 است لذا $m = ۱$ و $n = ۴$ است خواهیم داشت :

تمرین ۱۷-۳: حجم هوای لازم برای احتراق $۱۰\ kg$ گازی با ترکیب شیمیایی $C_۲H_۶$ در شرایط متعارفی چقدر می‌شود (ترکیب حجمی هوا عبارت است از ۲۰٪ اکسیژن و بقیه نیتروژن).

حل (توسط هنرجو):

$$C_1H_4 + (1+\frac{4}{4})O_2 \rightarrow 1CO_2 + \frac{4}{2}H_2O$$

مرحله ۴) رابطه ساده شده به‌صورت زیر خواهد بود:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

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 :

$12+4\times1=16$

مرحله ۶) محاسبه حجم اکسیژن مورد نیاز برای احتراق:

با توجه به رابطه احتراق

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

در شرایط متعارفی برای سوختن ۱۶kg متان (CH_4) حدود $2\times22/4m^3$ اکسیژن لازم است بنابراین با یک تناسب ساده خواهیم داشت:

	CH_4	اکسیژن
	۱۶kg	$44/8m^3$
مطابق مسأله	۸kg	حجم مورد نیاز x

$$x = \frac{44/8\times8}{16}$$

$$x = 22/4m^3$$

بنابراین برای احتراق ۸kg گاز متان (CH_4) حدود $q_m = 640$ اکسیژن لازم است.

مرحله ۷) محاسبه حجم هوای لازم : با توجه به‌صورت مسأله ترکیب حجمی هوا عبارت است از ۲۰٪ اکسیژن و ۸۰٪ نیتروژن. یعنی حد $\frac{1}{5}$ هوا اکسیژن است.

بنابراین با توجه به این‌که حجم اکسیژن لازم به‌دست آمده است، می‌توان گفت که حجم هوای لازم پنج برابر حجم اکسیژن است. یا به عبارت دیگر :

حجم اکسیژن	ترکیب حجمی هوا
۲۰	۱۰۰
۲۲/۴ اکسیژن لازم برای سوخت	x

$$x = \frac{۲۲/۴ \times ۱۰۰۰}{۲۰۰}$$

$$x = ۲۲/۴ \times ۵$$

$$\boxed{x = ۱۱۲ m^۳}$$

حجم هوای لازم برای احتراق، ۱۱۲ مترمکعب است.

مثال ۱۷-۳: حجم هوای لازم در شرایط متعارفی برای هر کیلوگرم سوخت $۱۰ m^۳$ می‌باشد. حجم هوا را در شرایط غیرمتعارفی فشار هوا ۶۶۰ mm Hg و دمای هوای $۲۷^\circ c$ حساب کنید. $P_\circ = ۷۶۰ mmHg$ و $\alpha = \frac{۱}{۲۷۳}\frac{۱}{^\circ C}$

حل: مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها را به‌طور مختصر می‌نویسیم :

خواسته‌ها	داده‌ها
$V = ?$ حجم هوای لازم	$V_\circ = ۱۰ m^۳$ $P_\circ = ۷۶۰ mmHg$ $\alpha = \frac{۱}{۲۷۳}\frac{۱}{^\circ C}$ $P = ۶۶۰ mmHg$ $\theta = ۲۷^\circ c$ $T = \theta + ۲۷۳$ $T = ۲۷ + ۲۷۳$ $T = ۳۰۰^\circ k$

مرحله ۲) نوشتن رابطه با توجه به مسأله

$$V = \frac{\alpha P_\circ V_\circ T}{P}$$

تمرین ۱۸-۳: حجم هوای لازم در شرایط متعارفی برای هر کیلوگرم سوخت lit ۱۲۰۰۰ می‌باشد. حجم هوا رادر شرایط غیرمتعارفی فشار mm Hg ۶۵۰ و دمای هوای $۳۰^\circ c$ حساب کنید.

حل (توسط هنرجو):

مرحله ۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه فوق

$$V = \frac{\frac{۱}{۲۷۳} \times ۷۶۰ \times ۱۰ \times ۳۰۰}{۶۶۰}$$

مرحله ۴) محاسبات ریاضی

$$V = \frac{۸۳۵۱/۶۵}{۶۶۰}$$

حجم هوای لازم $\boxed{V = ۱۲/۶۵ m^۳}$

مثال ۱۸-۳: برای احتراق ۳۰ kg از یک نوع کک (بدون رطوبت) با ترکیب ۸۵٪ کربن، ۳٪ ئیدروژن، ۴٪ اکسیژن و ۸٪ خاکستر، چند مترمکعب هوا در شرایط متعارفی لازم است. ($\frac{۱}{۵}$ حجم هوا اکسیژن است).

(O = ۱۶ و H = ۱ و C = ۱۲)

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
؟ = حجم هوا	جرم کک = ۳۰kg ترکیب کک در شرایط متعارفی = %۸۵C , %۳H , %۴O , %۸A حجم هوا $\frac{۱}{۵}$ = حجم اکسیژن C = ۱۲ H = ۱ O = ۱۶

مرحله ۲) محاسبه جرم کربن و ئیدروژن در کک :

با توجه به این‌که ۸۵٪ جرم کک را کربن تشکیل داده است.

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

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

تمرین ۱۹-۳: برای احتراق ۳۵ kg از یک نوع کک (بدون رطوبت) با ترکیب ۸۳٪ کربن، ۴٪ ئیدروژن، ۵٪ نیتروژن و ۸٪ خاکستر، چندمترمکعب هوا در شرایط متعارفی لازم است ($\frac{۱}{۵}$ هوا اکسیژن است).

حل (توسط هنرجو):

$$\text{جرم کربن} = ۲۵/۵\text{kg}$$

با توجه به این‌که ۳٪ جرم کک را ئیدروژن تشکیل داده است.

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

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

$$\text{جرم ئیدروژن} = ۰/۹\text{kg}$$

مرحله ۳) به‌دست آوردن حجم اکسیژن لازم جهت احتراق کربن و ئیدروژن :

کربن مطابق رابطه مقابل می‌شود $C + O_۲ \rightarrow CO_۲$

با توجه به رابطه سوختن کربن، برای سوختن هر ۱۲kg کربن (با توجه به جرم مولکولی)، ۳۲ kg اکسیژن لازم است. با ایجاد یک تناسب ساده خواهیم داشت :

$$\overset{C}{۱۲\text{kg}} \quad \overset{O_۲}{۳۲\text{kg}}$$

$$۲۵/۵ \quad x$$

$$x = \frac{۳۲ \times ۲۵/۵}{۱۲}$$

$$x = ۶۸ \quad \text{kg}$$

برای سوختن کربن ۶۸ kg اکسیژن لازم است.

- با توجه به رابطه سوختن هیدروژن خواهیم داشت:

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

$$۲H_۲ + O_۲ \rightarrow ۲H_۲O$$

$$\overset{۲H}{۴\text{kg}} \quad \overset{O_۲}{۳۲\text{kg}}$$

$$۰/۹ \quad x$$

$$x = \frac{۳۲ \times ۰/۹}{۴}$$

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

برای سوختن هیدروژن ۷/۲ kg اکسیژن لازم است.

با توجه به رابطه سوختن هیدروژن و کربن موجود در کک باید مقادیر اکسیژن به‌دست آمده را با هم جمع کنیم.

اکسیژن $۶۸ + ۷/۲ = ۷۵/۲kg$

مرحله ۴) به‌دست آوردن حجم اکسیژن در شرایط متعارفی :در شرایط متعارفی حجم هر مولکول گرم اکسیژن (۳۲g)، ۲۲/۴ لیتر است و چون حجم اکسیژن برحسب کیلوگرم است، حجم آن $۲۲/۴m^۳$ خواهد بود.

حجم اکسیژن	جرم اکسیژن
$۲۲/۴m^۳$ $(O_۲)$	۳۲kg $(O_۲)$
x	۷۵/۲kg

$$x = \frac{۷۵/۲ \times ۲۲/۴}{۳۲}$$

حجم اکسیژن لازم برای احتراق $x = ۵۲/۶۴m^۳$

مرحله ۵) به‌دست آوردن حجم هوا در شرایط متعارفی : با توجه به این‌که حجم اکسیژن، $\frac{۱}{۵}$ حجم هوا است. بنابراین حجم هوای لازم برای احتراق ۵ برابر حجم اکسیژن خواهد بود

طرفین در ۵ ضرب شود حجم هوا $\frac{۱}{۵}$ = حجم اکسیژن

$۵\times$ حجم اکسیژن $= \frac{۱}{۵} \times ۵$

حجم هوا $= ۵ \times ۵۲/۶۴$

حجم هوا $= ۲۶۳/۲m^۳$

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 ۰/۵درصد مواد غیرقابل احتراق تعیین شده است.

حل:

مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها به‌طور خلاصه و همراه با واحدها نوشته می‌شود

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

مرحله ۲) نوشتن رابطه قدرت حرارتی

$$q_m = ۸۰C + ۳۴۰(H - \frac{O}{۸}) + ۲۰S - ۶A$$

مرحله ۳) جای‌گذاری داده‌ها در رابطه فوق

$$q_m = (۸۰\times۹۰) + ۳۴۰(۹ - \frac{°}{۸}) + (۲۰\times۰/۵) - (۶\times۰/۵)$$

مرحله ۴) محاسبات ریاضی

$$q_m = ۷۲۰۰ + ۳۴۰\times۹ - ۳۴۰\times۰ + ۱۰ - ۳$$

$$q_m = ۷۲۰۰ + ۳۰۶۰ - ۰ + ۱۰ - ۳$$

$$\boxed{q_m = ۱۰۲۶۷\ kcal/kg}$$

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 ۲۰-۳: 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 به‌دست آورید. درصد حجمی هوا ۲۰درصد 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
	۹۶gr=جرم کربن
? = حجم هوای لازم برای احتراق هر کیلوگرم سوخت	۲۰gr=جرم هیدروژن
	۲۰٪=درصد حجمی اکسیژن هوا

اولا: مرحله ۲) به‌دست آوردن فرمول تقریبی سوخت C_mH_n

$$\text{جرم مولکولی سوخت} = m\times ۱۲+۱\times n = ۱۱۶$$

$$۱۲m+n=۱۱۶ \qquad (۱)$$

$$\text{جرم مولکولی کربن سوخت} = m\times ۱۲ = ۹۶$$

(طرفین تساوی بر ضریب m تقسیم می‌شود)

$$\frac{m\times ۱۲}{۱۲}=\frac{۹۶}{۱۲}$$

$$\boxed{m=۸}$$

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

$$۱۲m+n=۱۱۶$$
$$۱۲\times ۸+n=۱۱۶$$
$$۹۶+n=۱۱۶$$

تمرین ۲۱-۳: در تجزیه کمی ۱۲۴ gr سوخت، ۹۸ g 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 به‌دست آورید. درصد حجمی هوا ۲۰٪ اکسیژن و بقیه نیتروژن است.

حل (توسط هنرجو):

مقدار n را حساب می‌کنیم

$$n = ۱۱۶ - ۹۶$$

$$\boxed{n = ۲۰}$$

با توجه به فرمول C_mH_n و مقادیر m و n فرمول تقریبی سوخت برابر است با :

$$\boxed{C_۸H_{۲۰}}$$

ثانیاً :مرحله ۳) نوشتن فرمول احتراق سوخت:

$$C_mH_n + (m + \frac{n}{۴})O_۲ \rightarrow mCO_۲ + \frac{n}{۲}H_۲O$$

مرحله ۴) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها :

$$C_۸H_{۲۰} + (۸ + \frac{۲۰}{۴})O_۲ \rightarrow ۸CO_۲ + \frac{۲۰}{۲}H_۲O$$

$$C_۸H_{۲۰} + ۱۳O_۲ \rightarrow ۸CO_۲ + ۱۰H_۲O$$

مرحله ۵) محاسبه حجم اکسیژن لازم برای سوختن یک کیلوگرم سوخت

$$C_۸H_{۲۰} + ۱۳O_۲ \rightarrow ۸CO_۲ + ۱۰H_۲O$$

حجم اکسیژن لازم (متر مکعب)	جرم مولکولی سوخت (کیلوگرم)
	$C_۸H_{۲۰}$
۱۳×۲۲/۴	۱۱۶
x	۱ کیلوگرم سوخت

$$x = \frac{۱۳ \times ۲۲/۴ \times ۱}{۱۱۶}$$

$$x = ۲/۵۱ m^۳ \text{ اکسیژن}$$

مرحله ۶) محاسبه حجم هوای لازم برای سوختن ۱ کیلوگرم سوخت

با توجه به این‌که درصد حجمی اکسیژن هوا ۲۰٪ است خواهیم داشت :

درصد حجمی اکسیژن	درصد حجمی هوا
۲۰	۱۰۰
۲/۵۱	x

$$x = \frac{۱۰۰ \times ۲/۵۱}{۲۰}$$

$$\boxed{x = ۱۲/۵۵ m^۳}$$

حجم هوای لازم برای احتراق یک کیلوگرم سوخت

مثال ۲۱-۳: در تجزیه کمی ۵۸ gr از یک نوع سوخت ۴۸ gr کربن و بقیه هیدروژن به‌دست 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
؟=فرمول ساده سوخت ؟=حجم هوای لازم برای احتراق ۲ کیلوگرم سوخت	۵۸gr = جرم مولکولی سوخت ۴۸gr = جرم کربن موجود در مولکول سوخت ۲۰% = درصد حجمی اکسیژن هوا ۲kg = جرم سوخت c = ۱۲ H = ۱

مرحله ۲) به‌دست آوردن فرمول تقریبی سوخت :

فرمول کلی سوخت به‌صورت C_mH_n می‌باشد.

راه اول :

= جرم هیدروژن موجود در مولکول سوخت

جرم کربن موجود در مولکول سوخت – جرم مولکول سوخت

= ۵۸ – ۴۸

$\boxed{= ۱۰}$ جرم هیدروژن موجود در مولکول سوخت

تمرین ۲۲-۳: در تجزیه کمی ۶۵ gr از یک نوع سوخت ۳۵gr کربن و بقیه هیدروژن به‌دست 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):

جرم $C_m = ۱۲ \times m = ۴۸$

طرفین تساوی را بر عدد ۱۲ تقسیم می‌کنیم

$$\frac{۱۲ \times m}{۱۲} = \frac{۴۸}{۱۲}$$

$$\boxed{m = ۴}$$

جرم $H_n = ۱ \times n$

$$۱۰ = ۱ \times n$$

$$\boxed{n = ۱۰}$$

راه دوم :

تعداد کربن

$$m = \frac{\text{جرم کربن سوخت}}{\text{جرم اتمی}} = \frac{۴۸}{۱۲} = ۴$$

تعداد هیدروژن

$$n = \frac{\text{جرم هیدروژن سوخت}}{\text{جرم اتمی}} = \frac{۱۰}{۱} = ۱۰$$

لذا فرمول تقریبی به‌صورت زیر می‌باشد

$$\boxed{C_m H_n = C_۴ H_{۱۰}}$$

مرحله ۳) نوشتن رابطه احتراق سوخت

$$C_m H_n + (m + \frac{n}{۴}) O_۲ \rightarrow m CO_۲ + \frac{n}{۲} H_۲O$$

مرحله ۴) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در فرمول

$$C_۴ H_{۱۰} + (۴ + \frac{۱۰}{۴}) O_۲ \rightarrow ۴ CO_۲ + \frac{۱۰}{۲} H_۲O$$

$$C_۴ H_{۱۰} + ۶/۵ O_۲ \rightarrow ۴ CO_۲ + ۵ H_۲O$$

مرحله ۵) محاسبه حجم اکسیژن لازم برای احتراق سوخت :

$$C_۴ H_{۱۰} + ۶/۵ O_۲ \rightarrow ۴ CO_۲ + ۵ H_۲O$$

حجم اکسیژن لازم برحسب جرم مولکولی سوخت برحسب

$$\begin{array}{cc} {\scriptstyle kg} & {\scriptstyle m^3} \\ ۵۸ & ۶/۵\times۲۲/۴ \\ ۲kg & x \end{array}$$

$$x=\frac{۶/۵\times۲۲/۴\times۲}{۵۸}$$

$x=۵/۰۲m^3$ حجم اکسیژن لازم برای احتراق ۲ kg سوخت

مرحله ۶) محاسبه حجم هوای لازم برای احتراق سوخت

:با توجه به این‌که ۲۰٪ حجم هوا، اکسیژن است، بنابراین حجم هوا ۵ برابر اکسیژن می‌باشد.

$$\text{درصد حجمی اکسیژن}=\frac{۱۰۰}{۲۰}=۵$$

$$\text{حجم هوای لازم برای احتراق}=۵\times۵/۰۲$$

$$\boxed{\text{حجم هوای لازم برای احتراق}=۲۵/۱m^3}$$

مثال ۲۲-۳: حجم هوای لازم برای احتراق ۹/۴ kg گاز اکتان با ترکیب شیمیایی $C_۸H_{۱۸}$ را در شرایط غیرمتعارفی فشار ۶۸۰mmHg و دمای ۳۰°c محاسبه کنید (ترکیب هوا از ۲۱٪ اکسیژن و ۷۹٪ حجمی نیتروژن تشکیل شده است). ضریب انبساط حجمی گاز $\frac{۱}{۲۷۳}\frac{۱}{^\circ c}$ و $P_\circ=۷۶۰mmHg$

حل: مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود.

تمرین ۲۳-۳: حجم هوای لازم برای احتراق ۱۵kg گاز متان با ترکیب شیمیایی $CH_۴$ را در شرایط غیرمتعارفی فشار ۶۵۰mmHg و دمای ۳۵۰°c محاسبه کنید (ترکیب هوا از ۲۰٪ اکسیژن و ۸۰٪ حجمی نیتروژن می‌باشد و ضریب انبساط حجمی گازها $P_\circ=۷۶۰mmHg$ و $\frac{۱}{۲۷۳}\frac{۱}{^\circ c}$ می‌باشد.

حل (توسط هنرجو):

خواسته‌ها	داده‌ها
۱- حجم هوای لازم برای احتراق در شرایط متعارفی ۲- حجم هوای لازم در شرایط غیرمتعارفی داده شده	جرم سوخت $= ۹/۴kg$ $P = ۶۸۰mmHg$ $\theta = ۳۰^{\circ}c$ $T = ۲۷۳ + ۳۰ = ۳۰۳K$ ترکیب هوا $\begin{cases} \%۲۱ & O_۲ \\ \%۷۹ & N_۲ \end{cases}$ $\alpha = \frac{۱}{۲۷۳}\frac{۱}{^{\circ}C}$ $P_{\circ} = ۷۶۰mmHg$

مرحله ۲) نوشتن واکنش احتراق گاز

$$C_mH_n + (m + \frac{n}{۴})O_۲ \rightarrow mCO_۲ + \frac{n}{۲}H_۲O$$

$$C_۸H_{۱۸} + (۸ + \frac{۱۸}{۴})O_۲ \rightarrow ۸CO_۲ + \frac{۱۸}{۲}H_۲O$$

$$C_۸H_{۱۸} + ۱۲/۵O_۲ \rightarrow ۸CO_۲ + ۹H_۲O$$

مرحله ۳) محاسبه حجم اکسیژن لازم در شرایط متعارفی برای سوختن kg ۹/۴ از این گاز

جرم مولکولی $C_۸H_{۱۸} = ۱۲\times۸ + ۱۸\times۱ = ۱۱۴$

$$C_۸H_{۱۸} + ۱۲/۵O_۲ \rightarrow ۸CO_۲ + ۹H_۲O$$

$C_۸H_۸kg$	اکسیژن $m^۳$
۱۱۴	$۱۲/۵\times۲۲/۴$
۹/۴	x

$$x = \frac{۱۲/۵\times۲۲/۴\times۹/۴}{۱۱۴}$$

$$x = ۲۳/۰۹m^۳$$ حجم اکسیژن

مرحله ۴) به‌دست آوردن حجم هوای لازم در شرایط متعارفی

اکسیژن هوا

۱۰۰ ۲۱

x ۲۳/۰۹

$$x = \frac{۲۳/۰۹ \times ۱۰۰}{۲۱}$$

حجم هوای لازم در شرایط متعارفی $x = ۱۰۹/۹۵ m^۳$

مرحله ۵) نوشتن رابطه حجم در شرایط غیرمتعارفی

$$V = \frac{\alpha P_\circ V_\circ T}{P}$$

مرحله ۶) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه فوق

$$V = \frac{\frac{۱}{۲۷۳} \times ۷۶۰ \times ۱۰۹/۹۵ \times ۳۰۳}{۶۸۰}$$

$$\boxed{V = ۱۳۶/۳۹ m^۳}$$

فصل چهارم

سیمای فصل

- ۴- محاسبات ساده در ریخته‌گری
  - الف – محاسبه ترکیب آلیاژها
    - ۱- شمش‌های اولیه
    - ۲- شمش‌های ثانویه
    - ۳- آلیاژسازها
    - ۴- قراضه‌ها
      - برگشتی‌ها
      - قراضه‌های تجاری
    - ۵- آلیاژسازی
    - ۶- اتلاف کوره
      - الف – روش باردهی و اندازه قطعات
      - ب – روش و شرایط ذوب
      - ج – نوع کوره
      - د – نوع شارژ
  - ب – محاسبه جرم قطعه ریختگی به کمک جرم مدل
    - انقباض مضاعف
  - ج – راندمان ریخته‌گری
    - راندمان ریختگی
    - راندمان کلی یا راندمان مفید

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

۴-۱-۱- 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.

۴-۱-۲- 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.

۴-۱-۳- 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 نمی آید. درصورتی‌که اگر حلالیت این دو عنصر کم باشد یا اختلاف فشار آنها زیاد باشد در این صورت عنصر با نقطه ذوب پایین ممکن است بخار شود که در این صورت امکان اکسید شدن عنصر با نقطه ذوب پایین زیاد است در نتیجه مقدار اتلافات زیاد می‌شود، از طرف دیگر درصورتی‌که فلزی با نقطه ذوب بالا مثل مس به فلزی با نقطه ذوب پایین مانند آلومینیم اضافه شود در این صورت امکان ذوب با نقطه ذوب بالا، انحلال و پخش آن بسیار کم است و نمی توان آن را به سهولت به مذاب اضافه نمود. در این موارد از ترکیبات با درصد بالایی به نام‌هاردنر 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 $^{\circ}C$
مس – منگنز	۷۳Cu ، ۲۷Mn	۸۶۰
مس – آهن	۹۰-۹۵Cu ، ۱۰–۵Fe	۱۴۵۰
مس – سیلیسیم	۷۵Cu ، ۲۵Si	۱۰۰۰
مس – قلع	۵۰Cu ، ۵۰Sn	۷۸۰
مس – نیکل	۶۷-۸۵Cu ، ۱۵ – ۳۳Ni	۱۰۵۰-۱۲۰۵
مس – آلومینیم	۵۰Cu ، ۵۰Al	۵۸۰
آلومینیم – سیلیسیم	۸۵-۸۸Al ، ۱۲ – ۱۵Si	۶۲۰-۶۶۰
آلومینیم – منیزیم	۸۹-۹۱Al ، ۹ – ۱۱Mg	۵۶۰-۶۴۰
آلومینیم – منگنز	۸۹-۹۱Al ، ۹ – ۱۱Mn	۷۷۰-۸۳۰
آلومینیم – برلیم	۹۷-۹۸Al ، ۲ – ۳Be	۶۰۰-۶۶۰
آلومینیم – آهن	۸۹-۹۱Al ، ۹ – ۱۱Fe	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 این‌که امکان اکسید شدن سوفاره‌ها و براده‌ها به دلیل سطح تماس نسبتاً بالای آنها زیاد است، بهتر است قبل از استفاده فشرده شده و به‌صورت بلوکه درآیند.

۵-۱-۴- آلیاژسازی : آلیاژسازی عبارت است از اضافه نمودن یک عنصر به عنصر دیگر در حالت مذاب به‌طوری 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 به‌صورت درصد بیان می‌شود. برای این منظور معمولاً برای حل مسائل آلیاژسازی از تناسب استفاده می‌شود.

مثال ۱-۴: در تهیه یک نوع آلیاژ آلومینیم، ۵۰ kg آلومینیم خالص و ۱۰ kg سیلیسیم استفاده شده است درصورتی‌که 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:

$$\text{جرم آلیاژ} = ۵۰ + ۱۰ = ۶۰kg$$

تمرین ۱-۴: در تهیه یک نوع آلیاژ مس، ۶۰kg مس خالص و ۱۰kg آلومینیم استفاده شده است درصورتی‌که اتلافات مذاب منظور نشود، درصد ترکیب آلیاژ را تعیین کنید.

حل (توسط هنرجو):

مرحله ۳) برای به‌دست آوردن درصد این عناصر با فرض این‌که ۱۰۰ kg از این آلیاژ بخواهیم، با استفاده از تناسب مقادیر آلومینیم و سیلیسیم لازم مطابق زیر به‌دست می‌آید. جرم آلومینیم جرم کل آلیاژ $\frac{۶۰}{۱۰۰}\quad\frac{۵۰}{x}\quad x=\frac{۵۰\times۱۰۰}{۶۰}$ $x = \%۸۳/۴$ درصد آلومینیم جرم سیلیسیم جرم کل آلیاژ $\frac{۶۰}{۱۰۰}\quad\frac{۱۰}{x}\quad x=\frac{۱۰۰\times۱۰}{۶۰}$ $x = \%۱۶/۶$ درصد سیلیسیم یا درصد آلومینیم - ۱۰۰ = درصد سیلیسیم درصد سیلیسیم $= ۱۰۰ - ۸۳/۴ = \%۱۶/۶$ در نتیجه با توجه به این‌که در ۱۰۰ kg از این آلیاژ ۸۳/۴ kg آلومینیم و ۱۶/۶ kg سیلیسیم وجود دارد. بنابراین درصد آلومینیم ۸۳/۴٪ و درصد سیلیسیم ۱۶/۶٪ می‌باشد.	
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:	تمرین ۲-۴ ۶۰ kg آلیاژ 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):

مرحله ۱) داده و خواسته‌ها نوشته می‌شود

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

مرحله ۲) به‌دست آوردن جرم مس : با توجه به این‌که 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 به‌دست می آوریم.

مس شمش برنز

$$\begin{matrix} 100^{kg} & 80^{kg} \\ 40 & x \end{matrix} \quad x = \frac{80 \times 40}{100}$$

$x = 32kg$ جرم مس

مرحله ۳) به‌دست آوردن جرم قلع مانند مرحله (۲)

قلع شمش برنز

$$\begin{matrix} 100^{kg} & 10^{kg} \\ 40 & x \end{matrix} \quad x = \frac{40 \times 10}{100}$$

$x = 4kg$ جرم قلع

مرحله ۴) به دست آوردن جرم روی:

روی شمش برنز

$$\begin{matrix} 100^{kg} & 6^{kg} \\ 40 & x \end{matrix} \quad x = \frac{40 \times 6}{100}$$

$x = 2/4kg$ جرم روی

مرحله ۵) به‌دست آوردن جرم سرب

سرب		شمش برنز
۴ kg		۱۰۰ kg
x	$x = \frac{۴۰ \times ۴}{۱۰۰}$	۴۰

جرم سرب $x = ۱/۶kg$

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

حل:مرحله ۱) داده و خواسته‌ها نوشته می‌شود

خواسته‌ها	داده‌ها
؟ = درصد مس ؟ = درصد روی	شمش برنج = ۵۰kg ترکیب شمش مس ۶۰% + روی ۴۰% = جرم مس خالص = ۱۰kg

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

شمش برنج		مس
۱۰۰ kg		۶۰ kg
۵۰	$x = \frac{۶۰ \times ۵۰}{۱۰۰}$	x

$x = ۳۰kg$ مقدار مس موجود در شمش برنج

شمش برنج		روی
۱۰۰ kg		۴۰ kg
۵۰	$x = \frac{۴۰ \times ۵۰}{۱۰۰}$	x

$x = ۲۰kg$ مقدار روی موجود در شمش برنج

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 صرف‌نظر از اتلافات، درصد ترکیب آلیاژ چقدر می‌باشد؟

حل (توسط هنرجو):

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

مقدار مس خالص + مقدار شمش = مقدار کل آلیاژ

$= ۵۰ + ۱۰ = ۶۰ kg$

= مقدار مس کل

مقدار مس خالص + مقدار مس موجود در شمش

$= ۳۰ + ۱۰ = ۴۰ kg$ = مقدار مس کل

۲۰ kg = مقدار روی موجود در شمش = مقدار روی کل

مرحله ۴) به‌دست آوردن درصد مس و روی در آلیاژ جدید با استفاده از تناسب

آلیاژ		مس	
۶۰	kg	۴۰	kg
۱۰۰		x	

$$x = \frac{۴۰ \times ۱۰۰}{۶۰}$$

$x = \%۶۶/۶$ درصد مس

آلیاژ		روی	
۶۰	kg	۲۰	kg
۱۰۰		x	

$$x = \frac{۱۰۰ \times ۲۰}{۶۰}$$

$x = \%۳۳/۴$ درصد روی

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

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):

حل:مرحله ۱) داده و خواسته‌ها

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

مرحله ۲) محاسبه مقدار آلومینیم، سیلیسیم و منیزیم در شمش

آلومینیم شمش

$$\frac{۸۰}{x}\ \begin{matrix}kg\\ \\ kg\end{matrix}\ \frac{۱۰۰}{۳۰} \qquad x = \frac{۳۰ \times ۸۰}{۱۰۰}$$

$x = ۲۴kg$ مقدار آلومینیم موجود در آلیاژ

سیلیسیم شمش

$$\frac{۱۵}{x}\ \begin{matrix}kg\\ \\ kg\end{matrix}\ \frac{۱۰۰}{۳۰} \qquad x = \frac{۱۵ \times ۳۰}{۱۰۰}$$

$x = ۴/۵kg$ مقدار سیلیسیم موجود در آلیاژ

منیزیم شمش

$$\frac{۵}{x}\ \begin{matrix}kg\\ \\ kg\end{matrix}\ \frac{۱۰۰}{۳۰} \qquad x = \frac{۳۰ \times ۱۵}{۱۰۰}$$

$x = ۱/۵kg$ مقدار منیزیم موجود در آلیاژ

مرحله ۳) محاسبه مقدار آلومینیم، سیلیسیم و منیزیم در برگشتی

آلومینیم		برگشتی
kg	kg	
۱۰۰	۸۵	$x = \frac{۲۰ \times ۸۵}{۱۰۰}$
۲۰	x	

$x = ۱۷kg$ مقدار آلومینیم موجود در برگشتی

سیلیسیم		برگشتی
kg	kg	
۱۰۰	۱۲	$x = \frac{۲۰ \times ۱۲}{۱۰۰}$
۲۰	x	

$x = ۲/۴kg$ مقدار سیلیسیم موجود در برگشتی

منیزیم		برگشتی
kg	kg	
۱۰۰	۳	$x = \frac{۲۰ \times ۳}{۱۰۰}$
۲۰	x	

$x = ۰/۶kg$ 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 +

جرم کل آلیاژ $= ۴۰ + ۱۵ + ۳۰ + ۲۰ = ۱۵۰kg$

جرم آلومینیم خالص = جرم کل آلومینیم موجود در آلیاژ

جرم آلومینیم موجود + جرم آلومینیم موجود در شمش +

در برگشتی

جرم کل آلومینیم موجود $= ۴۰ + ۲۴ + ۱۷ = ۸۱kg$

در آلیاژ

جرم سیلیسیم خالص= جرم کل سیلیسیم موجود در آلیاژ

سیلیسیم موجود در برگشتی + جرم سیلیسیم موجود در شمش +

جرم کل سیلیسیم موجود در آلیاژ $= ۱۵ + ۴/۵ + ۲/۴ = ۲۱/۹kg$

= جرم کل منیزیم موجود در آلیاژ

جرم منیزیم موجود در برگشتی + جرم منیزیم موجود در شمش

جرم کل منیزیم موجود در آلیاژ $= ۱/۵ + ۰/۶ = ۲/۱kg$

مرحله ۵) محاسبه درصد اجزاء آلیاژ

آلومینیم		آلیاژ
kg ۸۱		kg ۱۰۵
x		۱۰۰

$$x = \frac{۸۱ \times ۱۰۰}{۱۰۵}$$

$x = \%۷۷/۱۴$ درصد آلومینیم در آلیاژ جدید

سیلیسیم		آلیاژ
kg ۲۱/۹		kg ۱۰۵
x		۱۰۰

$$x = \frac{۱۰۰ \times ۲۱/۹}{۱۰۵}$$

$x = \%۲۰/۸۶$ درصد سیلیسیم در آلیاژ جدید

منیزیم		آلیاژ
kg ۲/۱		kg ۱۰۵
x		۱۰۰

$$x = \frac{۱۰۰ \times ۲/۱}{۱۰۵}$$

$x = \%۲$ درصد منیزیم در آلیاژ جدید

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

به‌صورت 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. درصورتی‌که 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. به‌طوری که معمولاً اتلافات در کوره‌های شعله‌ای نسبت به کوره‌های الکتریکی و بوته‌ای بیشتر است. مطابق جدول ۲-۴ کتاب محاسبات فنی تخصصی.

د – نوع شارژ : نوع شارژ با توجه به این‌که 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.

مثال ۵-۴ 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
	جرم کل آلیاژ برنج = ۲۰۰kg
	ترکیب آلیاژ
? = مقدار شمش مس	۳۰% روی +۷۰% مس =
? = مقدار شمش روی	درصد اتلافات روی = ۳%
	درصد اتلافات مس = ۲%

مرحله ۲) به‌دست آوردن مقدار اتلافات در ۱۰۰ kg آلیاژ شامل ۷۰ kg مس و ۳۰ kg روی.

اتلاف مس در کوره شعله ای مس

$$\frac{۱۰۰^{kg}}{۷۰} \quad \frac{۲^{kg}}{x} \qquad x = \frac{۷۰ \times ۲}{۱۰۰}$$

تمرین ۵-۴ 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):

$x = ۱/۴kg$

اتلاف روی در کوره شعله ای روی

	kg		kg
۱۰۰		۳	
۳۰		x	

$$x = \frac{۳۰ \times ۳}{۱۰۰}$$

$x = ۰/۹kg$

مرحله ۳) به‌دست آوردن جرم اجزا با در نظر گرفتن اتلافات در ۱۰۰ kg آلیاژ

– ترکیب آلیاژ عبارت است از

مس	روی	کل آلیاژ
%۷۰	%۳۰	%۱۰۰

- در ۱۰۰ کیلوگرم آلیاژ مقدار اجزا

۷۰kg	۳۰kg	۱۰۰kg

- مقدار اتلافات

اتلاف مس	اتلاف روی	کل اتلافات
۱/۴kg	۰/۹kg	۲/۳kg

- مقدار اجزا با احتساب اتلافات

مس	روی	کل آلیاژ
۷۰+۱/۴=۷۱/۴kg	۳۰+۰/۹=۳۰/۹kg	۱۰۰+۲/۳=۱۰۲/۳kg

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) به‌دست آوردن میزان مورد نیاز از شمش‌های مس و روی خالص در آلیاژ.

مس آلیاژ

	kg		kg
۱۰۰		۷۱/۴	
۲۰۰		x	

$$x = \frac{۲۰۰ \times ۷۱/۴}{۱۰۰}$$

$\boxed{x = ۱۴۲/۸kg}$ شمش مس

روی آلیاژ

$$\frac{۲۰۰}{۱۰۰}=\frac{x}{۳۰/۹}\quad x=\frac{۲۰۰\times۳۰/۹}{۱۰۰}$$

$$x=۶۱/۸kg$$ شمش روی

مثال ۶-۴ ۶۰۰kg 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.

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته می‌شود

خواسته‌ها	داده‌ها
? = شمش آلومینیم	ترکیب آلیاژ ۶۰۰kg
? = شمش سیلیسیم	آلومینیم ۸۵% =
? = شمش مس	سیلیسیم ۱۰% +
? = مقدار برگشتی	بار کوره {۵۰% ۵۰%
? = بار نهایی کوره	مس ۱% = اتلافات
	سیلیسیم ۱% +
	آلومینیم ۱/۵% +

مرحله ۲) به‌دست آوردن مقدار اتلافات در ۱۰۰kg آلیاژ که شامل ۸۵٪ آلومینیم، ۱۰٪ سیلیسیم و ۵٪ مس است.

اتلاف آلومینیم

$$\frac{۸۵}{۱۰۰}=\frac{۱/۵}{x}\quad x=\frac{۸۵\times۱/۵}{۱۰۰}$$

$$x=۱/۲۷۵kg$$

تمرین ۶-۴ ۴۰۰ kg آلیاژ آلومینیم با ترکیب ۸۰٪ منیزیم، ۱۵٪ آلومینیم و ۵٪ روی مورد نیاز است، درصورتی 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.

حل (توسط هنرجو):

سیلیسیم	اتلاف
kg ۱۰۰	kg ۱
۱۰	x

$$x = \frac{۱۰ \times ۱}{۱۰۰}$$

$$x = ۰/۱kg$$

مس	اتلاف
kg ۱۰۰	kg ۱
۵	x

$$x = \frac{۵ \times ۱}{۱۰۰}$$

$$x = ۰/۰۵kg$$

مرحله ۳) به‌دست آوردن جرم عناصر مورد نیاز با در نظر گرفتن اتلافات در کوره

- ترکیب آلیاژ :

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

- مقدار عناصر در ۱۰۰kg آلیاژ

۸۵kg	۱۰kg	۵kg	۱۰۰kg

- مقدار اتلافات با توجه به مرحله (۲)

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

- مقدار اجزا با احتساب اتلافات :

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

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

و ۵/۰۵ kg مس لازم است

مرحله ۴) به‌دست 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.

. آلومینیم برگشتی

$$\frac{۱۰۰^{kg}}{۵۰} \quad \frac{۸۵^{kg}}{x} \qquad x = \frac{۵۰ \times ۸۵}{۱۰۰}$$

$x = ۴۲/۵kg$ آلومینیم

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

بنابراین :

برگشتی	آلومینیم	سیلیسیم	مس
۵۰kg	۴۲/۵kg	۵kg	۲/۵kg

- در مورد شمش اولیه با احتساب اتلافات

آلومینیم آلیاژ

$$\frac{۱۰۰^{kg}}{۵۰} \quad \frac{۸۶/۲۷۵^{kg}}{x} \qquad x = \frac{۵۰ \times ۸۶/۲۷۵}{۱۰۰}$$

$x = ۴۳/۱۳۷۵kg$ آلومینیم

سیلیسیم آلیاژ

$$\frac{۱۰۰^{kg}}{۵۰} \quad \frac{۱۰/۱^{kg}}{x} \qquad x = \frac{۵۰ \times ۱۰/۱}{۱۰۰}$$

$x = ۵/۰۵kg$ سیلیسیم

مس آلیاژ

$$\frac{۱۰۰^{kg}}{۵۰} \quad \frac{۵/۰۵^{kg}}{x} \qquad x = \frac{۵۰ \times ۵/۰۵}{۱۰۰}$$

مس $x = ۲/۵۲۵kg$

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) به‌دست آوردن میزان بار لازم با استفاده از شمش‌های خالص و برگشتی برای ۶۰۰ kg شمش آلومینیم

شمش آلومینیم	آلیاژ
۴۳/۱۳۷۵ kg	۱۰۰ kg
x	۶۰۰

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

شمش سیلیسیم	آلیاژ
۵/۰۵ kg	۱۰۰ kg
x	۶۰۰

$x = \frac{۶۰۰ \times ۵/۰۵}{۱۰۰}$

سیلیسیم $x = ۳۰/۳۰kg$

شمش مس	آلیاژ
۲/۵۲۵ kg	۱۰۰ kg
x	۶۰۰

$x = \frac{۶۰۰ \times ۲/۵۲۵}{۱۰۰}$

مس $x = ۱۵/۱۵kg$

برگشتی	آلیاژ
۵۰ kg	۱۰۰ kg
x	۶۰۰

$x = \frac{۶۰۰ \times ۵۰}{۱۰۰}$

برگشتی $x = ۳۰۰kg$

مرحله ۶) جرم کل باره کوره :

+ جرم شمش آلومینیم = جرم کل بار کوره

جرم برگشتی + جرم شمش مس + جرم شمش سیلیسیم

۳۰۰ + ۱۵/۱۵ + ۳۰/۳۰ + ۲۵۸/۸۲۵ = جرم کل بار کوره

جرم کل بار کور = ۶۰۴/۲۷۵kg

مثال ۷-۴ 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.

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

خواسته‌ها	داده‌ها
? = مقدار شمش مس خالص ? = مقدار شمش قلع خالص ? = مقدار شمش سرب خالص ? = آلیاژ برنج ۶۰٪ مس و ۴۰٪ روی	آلیاژ = ۳۰۰kg ترکیب آلیاژ = ۷۰٪ مس + ۱۵٪ روی + ۱۰٪ قلع + ۵٪ سرب درصد اتلافات = ۱٪ مس + ۲٪ روی + ۱٪ قلع + ۲٪ سرب بار { شمش مس، شمش قلع، شمش سرب، برنج ۶۰٪ مس و ۴۰٪ روی }

تمرین ۷-۴ 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.

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):

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

مس	اتلاف
۱۰۰ kg	۱ kg
۷۰	x

$$x = \frac{۷۰ \times ۱}{۱۰۰}$$

$$x = ۰/۷kg$$

روی	اتلاف
۱۰۰ kg	۲ kg
۱۵	x

$$x = \frac{۱۵ \times ۱۲}{۱۰۰}$$

$$x = ۰/۳kg$$

قلع	اتلاف
۱۰۰ kg	۱ kg
۱۰	x

$$x = \frac{۱۰ \times ۱}{۱۰۰}$$

$$x = ۰/۱kg$$

سرب	اتلاف
۱۰۰ kg	۲ kg
۵	x

$$x = \frac{۵ \times ۲}{۱۰۰}$$

$$x = ۰/۱kg$$

مرحله ۳) به‌دست 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 ۱۰۰kg.

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

- مقدار اتلافات در ۱۰۰kg.

مس	روی	قلع	سرب	جمع
۰/۷kg	۰/۳kg	۰/۱kg	۰/۱kg	۱/۲kg

- مقدار اجزاء + اتلافات

مس	روی	قلع	سرب	جمع
۷۰+۰/۷ kg	۱۵+۰/۳ kg	۱۰+۰/۱ kg	۵+۰/۱ kg	۱۰۰+۱/۲ 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

	روی	برنج
	۴۰ kg	۱۰۰ kg
$x = \frac{۱۵/۳ \times ۱۰۰}{۴۰}$	۱۵/۳	x

$x = ۳۸/۲۵kg$ آلیاژ برنج

مرحله ۵) محاسبه جرم مس از ۳۸/۲۵kg آلیاژ برنج ۶۰٪ مس و ۴۰٪ مس.

	مس	آلیاژ
	۶۰ kg	۱۰۰ kg
$x = \frac{۳۸/۲۵ \times ۶۰}{۱۰۰}$	x	۳۸/۲۵

$x = ۲۲/۹۵kg$ مس

مرحله ۶) به‌دست آوردن مقدار مس مورد استفاده به‌صورت خالص در ۱۰۰ kg آلیاژ

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

جرم مس از آلیاژ برنج − جرم مس مورد نیاز آلیاژ =

جرم مس از شمش = ۷۰/۷ − ۲۲/۹۵ = ۴۷/۷۵kg

مرحله ۷) به‌دست آوردن مقادیر شمش‌ها و آلیاژ برنج برای ۳۰۰ kg

شمش مس آلیاژ

$$\begin{matrix} 100^{kg} & 47/75 \\ 300 & x \end{matrix} \quad x = \frac{300 \times 47/75}{100}$$

$x = 143/25kg$ مس

قلع آلیاژ

$$\begin{matrix} 100^{kg} & 10/1^{kg} \\ 300 & x \end{matrix} \quad x = \frac{300 \times 10/1}{100}$$

$x = 30/3kg$ قلع

سرب آلیاژ

$$\begin{matrix} 100^{kg} & 5/1^{kg} \\ 300 & x \end{matrix} \quad x = \frac{300 \times 5/1}{100}$$

$x = 15/3kg$ سرب

آلیاژ برنج ۶۰٪ مس و ۴۰٪ روی آلیاژ

$$\begin{matrix} 100^{kg} & 38/25^{kg} \\ 300 & x \end{matrix} \quad x = \frac{300 \times 38/25}{100}$$

$x = 114/75kg$

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

جرم قطعاتی که مدل آنها فاقد ماهیچه است را می‌توان با توجه به چگالی قطعه و مدل به‌دست آورد. با این فرض که حجم قطعه و حجم مدل یکسان است و انقباض قطعه ناچیز در نظر گرفته شود رابطه به‌صورت زیر است:

با توجه به رابطه چگالی برای قطعه و مدل داریم:

قطعه $\rho_c = \frac{m_c}{V_c} \Rightarrow m_c = \rho_c \times V_c$ (۱)

مدل $\rho_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow m_M = \rho_M \times V_M$ (۲)

که در آن :

ρ_c و ρ_M : به ترتیب چگالی قطعه و مدل

m_c و m_M : به ترتیب جرم قطعه و جرم مدل

V_c و V_M : به ترتیب حجم قطعه و حجم مدل

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

$$\boxed{V_M = V_c}$$

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

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

طرفین رابطه را بر ρ_M تقسیم می‌کنیم لذا خواهیم داشت :

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

که در آن :

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

ρ_c و ρ_M : به ترتیب چگالی قطعه و مدل برحسب $\frac{gr}{cm^3}$ یا $\frac{kg}{m^3}$

مثال ۸-۴ جرم یک مدل چوبی به چگالی $۰/۶۲ \frac{g}{cm^3}$، ۱۰ kg است. درصورتی‌که قالبگیری ساده و بدون ماهیچه گذاری و ریخته‌گری قالب از آلیاژ برنج به چگالی $۸/۳ \frac{g}{cm^3}$ باشد، و از کلیه انقباض‌ها صرف‌نظر شود. جرم قطعه ریختگی چقدر خواهد بود؟

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
$m_c = ?$	$m_M = ۱۰ kg$ $\rho_M = ۰/۶۲ \frac{g}{cm^3}$ $\rho_c = ۸/۳ \frac{g}{cm^3}$

مرحله ۲) نوشتن رابطه مربوطه

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

مرحله ۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها و محاسبه ریاضی

$$m_c = ۱۰ \times \frac{۸/۳}{۰/۶۲} \Rightarrow m_c = ۱۳۳/۸۷۱ kg$$

تمرین ۸-۴ جرم یک قطعه از آلیاژ منیزیم – آلومینیم با چگالی $۱/۹ \frac{g}{cm^3}$، ۵/۸ kg است. مطلوب است جرم مدل چوبی برای قالبگیری درصورتی‌که چگالی چوب $۰/۶۸ \frac{g}{cm^3}$ در نظر گرفته شود. و از کلیه انقباض‌ها صرف‌نظر شود.

حل (توسط هنرجو):

مثال ۹-۴ جرم یک مدل چوبی به چگالی $۰/۶ \frac{g}{cm^۳}$ برابر $۱۵\ kg$ است. درصورتی‌که قالبگیری ساده و بدون ماهیچه انجام شود و از انقباض‌ها صرف‌نظر گردد مطلوب است:

الف – حجم مدل چوبی برحسب دسی‌متر مکعب

ب – جرم مدل آلومینیمی برحسب kg با چگالی $۲/۸ \frac{g}{cm^۳}$

ج – جرم قطعه ریخته‌گری شده از چدن به چگالی $۷/۱ \frac{g}{cm^۳}$

حل:

مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
چوبی $V_M = ?$	$m_M = ۱۵kg$
$m_{c_{Al}} = ?$	چوبی $\rho_M = ۰/۶ \frac{g}{cm^۳}$
چدن $m_c = ?$	$\rho_{Al} = ۲/۸ \frac{g}{cm^۳}$
	چدن $\rho_c = ۷/۱ \frac{g}{cm^۳}$

مرحله ۲) به‌دست آوردن حجم مدل چوبی از رابطه چگالی

$$\rho_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow ۰/۶ = \frac{۱۵}{V_M}$$

$$V_M = \frac{۱۵}{۰/۶} \Rightarrow \boxed{V_M = ۲۵dm^۳}$$

مرحله ۳) به‌دست آوردن جرم مدل آلومینیمی با توجه به این‌که حجم مدل آلومینیمی با چوبی برابر است، از رابطه چگالی

$$V_{cAl} = V_{M_{\text{چوبی}}} = ۲۵dm^۳$$

$$\rho_{cAl} = \frac{m_{cAl}}{V_{cAl}} \Rightarrow ۲/۸ = \frac{m_{cAl}}{۲۵}$$

تمرین ۹-۴ یک مدل چوبی به حجم $۸dm^۳$ با چگالی $۰/۶۵ \frac{g}{cm^۳}$ مفروض است: درصورتی‌که قالبگیری ساده و بدون ماهیچه انجام و از انقباض‌ها صرف‌نظر شود، مطلوب است:

الف – جرم مدل چوبی

ب – جرم مدل آلومینیمی برحسب کیلوگرم با چگالی $۲/۸ \frac{g}{cm^۳}$

ج – جرم قطعه ریخته شده از برنج با چگالی $۸/۲ \frac{g}{cm^۳}$

حل (توسط هنرجو):

$$m_{cAl} = ۲۵ \times ۲/۸ \Rightarrow \boxed{m_{cAl} = ۷۰kg}$$

مرحله ۴) به‌دست آوردن جرم قطعه چدنی با توجه به این‌که حجم قطعه با حجم مدل چوبی و آلومینیمی برابر است.

$$\text{چدن } V_c = V_{cAl} = V_c = ۲۵dm^۳$$

$$\text{چدن } \rho_c = \frac{m_c \text{ چدن}}{V_c \text{ چدن}} \Rightarrow ۷/۱ = \frac{m_c}{۲۵}$$

$$\text{چدن } m_c = ۷/۱ \times ۲۵ \Rightarrow \boxed{m_c = ۱۷۷/۵kg}$$

* درصورتی‌که انقباضات قطعه در نظر گرفته شود می‌توان با استفاده از ضریب انبساط خطی متوسط قطعه و حجم مدل، حجم قطعه را بعد از منجمد شدن با توجه به رابطه زیر به‌دست آورد.

$$V_c = V_m(۱ - ۳\bar{\alpha}\Delta\theta)$$

که در آن :

V_c : حجم قطعه بعد از منجمد شدن با وجود انقباضات

V_m : حجم مدل

$\bar{\alpha}$: 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 می‌توان جرم قطعه را از رابطه زیر به‌دست آورد.

$$\left.\begin{array}{l} m_c = \rho_c V_c \\ V_c = V_m(۱ - ۳\bar{\alpha}\Delta\theta) \end{array}\right\} \Rightarrow m_c = \rho_c V_m(۱ - ۳\bar{\alpha}\Delta\theta)$$

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

مثال ۱۰-۴ جرم یک مدل آلومینیمی با چگالی $۲/۶ \frac{g}{cm^۳}$ برابر $۱۰\ kg$ است. چنانچه قالبگیری ساده و بدون ماهیچه گذاری و قطعه ریختگی از نوع فولاد با چگالی $۷/۸ \frac{g}{cm^۳}$ باشد. جرم قطعه ریخته‌گری را با در نظر گرفتن انقباض از نقطه ذوب $(۱۳۸۰^\circ c)$ تا درجه حرارت محیط $۲۵^\circ c$ به‌دست آورید. درصورتی‌که ضریب انبساط خطی متوسط فولاد $۱۲\times ۱۰^{-۶} \frac{۱}{^\circ c}$ باشد.

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
فولاد $m_c = ?$	چوبی $\rho_M = ۲/۶ \frac{g}{cm^۳}$ چوبی $m_M = ۱۰ kg$ فولاد $\rho_c = ۷/۸ \frac{g}{cm^۳}$ ذوب $\theta = ۱۳۸۰^\circ c$ محیط $\theta = ۲۵^\circ c$ $\bar{\alpha} = ۱۲\times ۱۰^{-۶} \frac{۱}{^\circ c}$

مرحله ۲) به‌دست آوردن حجم مدل چوبی با استفاده از رابطه چگالی

$$\text{چوبی}\ \rho_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow ۲/۶ = \frac{۱۰}{V_M}$$

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

مرحله ۳) نوشتن رابطه جرم قطعه و جای‌گذاری

چوبی فولاد

$$m_c = V_M(۱ - ۳\bar{\alpha}\Delta\theta)\rho_c$$

$$m_c = ۳/۸۵\left(۱ - ۳\times ۱۲\times ۱۰^{-۶}(۱۳۸۰ - ۲۵)\times ۷/۸\right)$$

$$m_c = ۳/۸۵\left(۱ - ۳۶\times ۱۰^{-۶}\times ۱۳۵۵\right)\times ۷/۸$$

تمرین ۱۰-۴ حجم یک مدل آلومینیمی با چگالی $۲/۸ \frac{g}{cm^۳}$ برابر $۵ dm^۳$ است. چنانچه قالبگیری ساده و بدون ماهیچه و قطعه ریختگی از یک نوع برنج با چگالی $۸/۵ \frac{g}{cm^۳}$ باشد. مطلوب است محاسبه و تعیین :

الف – جرم قطعه ریختگی درصورتی‌که انقباض این برنج ناچیز باشد.

ب – جرم قطعه ریختگی در صورتی ضریب انقباض خطی متوسط برنج از نقطه ذوب $۸۵۰^\circ c$ تا درجه حرارت محیط $(۲۰^\circ c)$ برابر $۱۶\times ۱۰^{-۶} \frac{۱}{^\circ c}$ باشد.

حل (توسط هنرجو):

	$m_c = ۲۸/۵۶kg$

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 ریختگی باید هر دو انقباض مدل فلزی و قطعه ریختگی را در نظر گرفت. در این صورت باید مجموع انقباض‌های ذکر شده را تعیین کرد و به کمک آن جرم قطعه ریختگی را به‌صورت زیر به‌دست آورد.

درصد انقباض خطی نهایی $S = S_۱ + S_۲$

که در آن : $S_۱$ و $S_۲$ به ترتیب درصد انقباض خطی مدل فلزی و قطعه ریختگی است.

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

$$V_c = V_M\left(۱-\frac{۳S}{۱۰۰}\right)$$

که در آن : V_c و V_M : حجم قطعه و مدل اولیه برحسب $cm^۳$

S : انقباض خطی نهایی برحسب درصد.

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

$$\left.\begin{aligned} m_c &= \rho_c V_c \\ V_c &= V_M\left(۱-\frac{۳S}{۱۰۰}\right)\end{aligned}\right\} \Rightarrow \boxed{m_c = V_M\left(۱-\frac{۳S}{۱۰۰}\right)\rho_c}$$

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

مثال ۱۱-۴ جرم یک مدل چوبی ۵ kg و چگالی آن $۰/۶ \frac{g}{cm^۳}$ می‌باشد، درصورتی‌که درصد انقباض خطی مدلی آلومینیمی آن و درصد انقباض خطی قطعه ریختگی چدنی به چگالی $۷/۲ \frac{g}{cm^۳}$ به ترتیب ۲/۲٪ و ۱/۵٪ باشد. جرم قطعه ریختگی از روی مدل چدنی را تعیین کنید.

حل:

تمرین۱۱-۴ حجم یک مدل چوبی به چگالی $۰/۶۸ \frac{g}{cm^۳}$ ، $۷dm^۳$ می‌باشد .درصورتی‌که درصد انقباض خطی مدل آلومینیمی آن و درصد انقباض خطی قطعه با چگالی $۸/۵ \frac{g}{cm^۳}$ به ترتیب برابر۲/۵٪ و۱/۸٪ باشد .جرم قطعه ریختگی را از روی مدل چوبی تعیین کنید.

حل(توسط هنرجو):

مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها

خواسته‌ها	داده‌ها
چدنی $m_c = ?$	مدل چوبی $m_M = ۵kg$ $\rho_M = ۰/۶ \frac{g}{cm^۳}$ $S_۱ = ۲/۲\%$ $S_۲ = ۱/۵\%$ $\rho_c = ۷/۲ \frac{g}{cm^۳}$

مرحله۲) محاسبه درصد انقباض

$$S = S_۱ + S_۲ = ۲/۲ + ۱/۵ \Rightarrow \boxed{S = ۳/۷}$$

مرحله۳) به‌دست آوردن حجم مدل چوبی از رابطه چگالی

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

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

مرحله ۴) نوشتن رابطه محاسبه جرم قطعه با احتساب درصد انقباض

$$m_c = V_M \left(۱ - \frac{۳S}{۱۰۰}\right) \rho_c$$

مرحله ۵) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها و محاسبات ریاضی

$$m_c = ۸/۳۳ \left(۱ - \frac{۳ \times ۳/۷}{۱۰۰}\right) \times ۷/۲$$

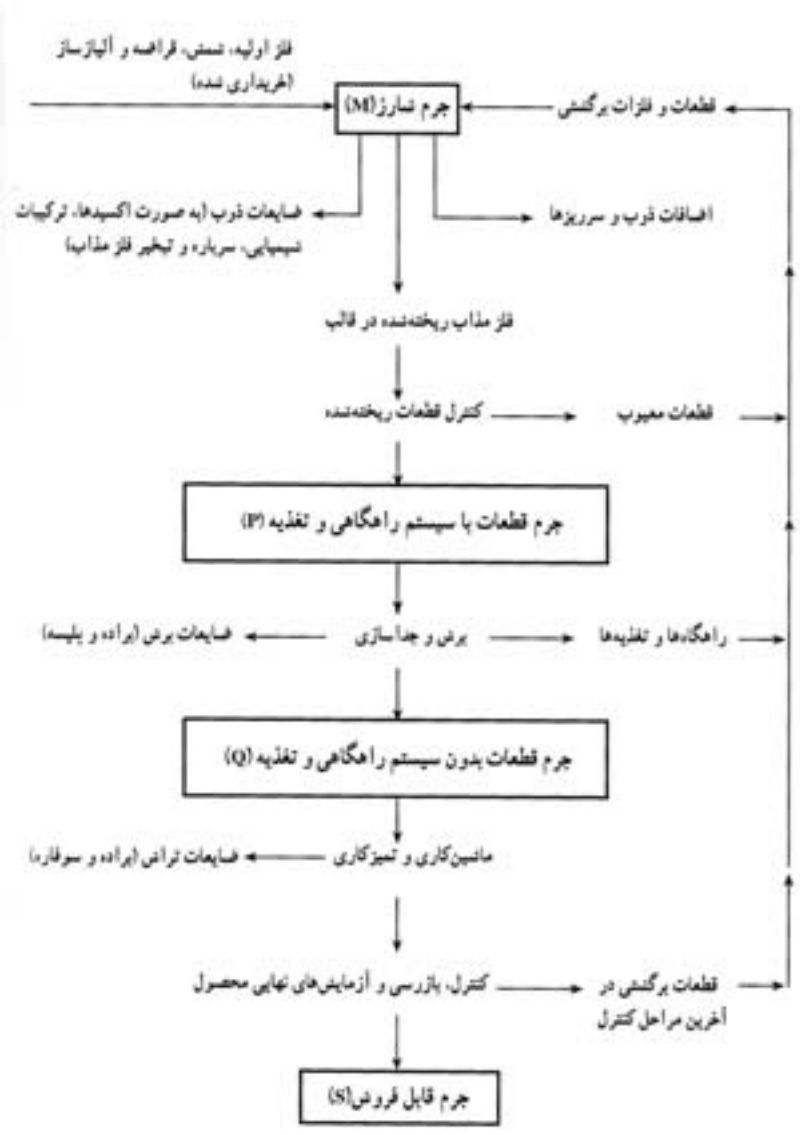
$$m_c = ۸/۳۳ \times ۰/۸۸۹ \times ۷/۲$$

$$\boxed{m_c = ۵۳/۳۲kg}$$

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 ریختگی 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 نمی توان صفر کرد.



شکل۱-۴- گردش تولید از نظر فلز مورد مصرف

دسته‌بندی ضایعات به‌صورت 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 به‌صورت 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 این‌جا 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 به‌صورت زیر می‌باشد :

$$R_c = \frac{Q}{P} \times ۱۰۰$$

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 به‌صورت زیر است :

$$R_t = \frac{S}{M} \times ۱۰۰$$

که در آن : R_t 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.

مثال ۱۲-۴ جرم یک قطعه ریختگی با سیستم راهگاهی و تغذیه ۱۰kg است. درصورتی‌که جرم قطعه بدون سیستم راهگاهی ۸kg باشد. راندمان ریختگی را محاسبه کنید.

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

داده‌ها	خواسته‌ها
$p = ۱۰kg$ $Q = ۸kg$	$R_c = ?\quad \%$

مرحله ۲) نوشتن رابطه مربوط به راندمان ریختگی

$$R_c = \frac{Q}{P} \times ۱۰۰$$

مرحله ۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها و محاسبه ریاضی

$$R_c = \frac{۸}{۱۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow \boxed{R_c = \%۸۰}$$

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

حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۳-۴ جرم قطعات قابل فروش ریخته‌گری در یک روز ۴۰۰kg می‌باشد. درصورتی‌که 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
$S = ۴۰۰kg$ $M = ۵۵۰kg$	$R_t = ?\quad \%$

مرحله ۲) نوشتن رابطه مربوطه :

$$R_t = \frac{S}{M} \times ۱۰۰$$

مرحله ۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها و محاسبه ریاضی

$$R_t = \frac{۴۰۰}{۵۵۰} \times ۱۰۰$$

$$\boxed{R_t = \%۷۲/۷}$$

تمرین ۱۳-۴ در یک کارگاه روزانه ۱۰۰ قطعه ریختگی تولید می‌شود، درصورتی‌که 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 ۱۴-۴ در یک کارگاه ریخته‌گری جرم هر قطعه بدون تراش و سیستم راهگاهی $۸۰kg$ می‌باشد. اگر راندمان ریختگی ۸۰ درصد باشد، جرم سیستم راهگاهی چند کیلوگرم است (قطعه بدون تغذیه است)

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
$P=?$ جرم قطعه با راهگاه	$Q=۱۰kg$
$P-Q=?$ جرم راهگاه	$R_c=۸۰\%$

مرحله ۲) نوشتن رابطه راندمان ریختگی

$$R_c=\frac{Q}{P}\times ۱۰۰$$

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

$$۸۰=\frac{۱۰}{p}\times ۱۰۰\Rightarrow \frac{۸۰}{۱}=\frac{۱۰۰۰}{p}$$

$$\Rightarrow ۸۰\times p=۱۰۰۰\times ۱\Rightarrow p=\frac{۱۰۰۰}{۸۰}$$

$p=۱۲/۵kg$ جرم قطعه با راهگاه

مرحله ۴) به‌دست آوردن جرم راهگاه :

$$P-Q=۱۲/۵-۱۰=۲/۵kg$$

تمرین ۱۴-۴ در یک کارگاه ریخته‌گری جرم هر قطعه با سیستم راهگاهی $۵۰\ kg$ می‌باشد. اگر راندمان ریختگی ٪۷۵ باشد جرم سیستم راهگاهی چند کیلوگرم است.

حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۵-۴ جرم یک مدل چوبی $۱۲\ kg$ و چگالی نسبی آن ۰/۶ می‌باشد. اگر مدل بدون ماهیچه باشد و از انقباض صرف‌نظر شود، جرم قطعه ریخته شده از برنج با چگالی نسبی ۸/۸، چند کیلوگرم خواهد بود.

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
$m_c=?$ جرم قطعه	$m_M=۱۲kg$
	$\rho=۰/۶$ نسبی مدل
	$\rho=۸/۸$ نسبی برنج

تمرین ۱۵-۴ حجم یک مدل آلومینیمی $۱۵dm^۳$ و چگالی آن $۲/۲\ g/cm^۳$ می‌باشد، اگر مدل بدون ماهیچه و از انقباض صرف‌نظر شود، جرم قطعه ریخته شده از فولاد با چگالی $۷/۸\ g/cm^۳$، چند کیلوگرم خواهد بود.

حل (توسط هنرجو):

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.

$$m_c = ۱۲ \times \frac{۸/۸}{۰/۶} \Rightarrow \boxed{m_c = ۱۷۶kg}$$

مثال ۱۶-۴ چه مقدار ساچمه‌های نیکل ۹۵٪ نیکل بایستی به ۸۰۰ kg چدن مذاب اضافه گردد تا مقدار نیکل چدن به ۰/۸ 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 = ۸۰۰kg ترکیب ساچمه نیکلی = ۹۵% ترکیب چدن = ۰/۸Ni% + ۹۹/۰۴%

مرحله ۲) محاسبه میزان نیکل برای ۸۰۰kg چدن

نیکل	چدن
۰/۸ kg	۱۰۰ kg
x	۸۰

$$x = \frac{۸۰۰ \times ۰/۸}{۱۰۰}$$

$$x = ۶/۴kg$$

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

مرحله ۳) به‌دست آوردن میزان ساچمه نیکلی ۹۵٪

نیکل	ساچمه
۹۵ kg	۱۰۰ kg
۶/۴	x

$$x = \frac{۶/۴ \times ۱۰۰}{۹۵}$$

$$x = ۶/۷۴kg$$

در نتیجه برای ۸۰۰kg چدن ۶/۷ kg ساچمه نیکلی ۹۵٪ لازم است.

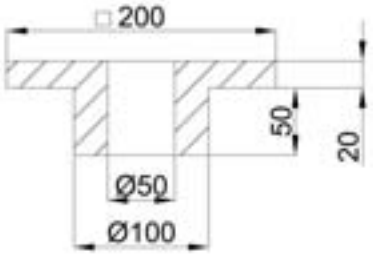
تمرین ۱۶-۴ چه مقدار شمش آلومینیم ۹۸٪ بایستی به مس مذاب اضافه گردد تا مقدار آلومینیم آن به ۵٪ برسد. (هیچگونه تلفاتی برای آلومینیم در نظر گرفته نشود).

حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۷-۴ قطعه ای از آلومینیم به چگالی نسبی $۲/۷ \frac{gr}{cm^۳}$ مطابق شکل مفروض است. مطلوبست :

الف – تعیین جرم قطعه برحسب kg

ب – تعیین جرم مدل چوبی آن با چگالی نسبی $۰/۷ \frac{gr}{cm^۳}$(از انقباض صرف‌نظر شود)



حل:

مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
$m_c = ?$ $m_M = ?$	$\rho_c = ۲/۷ \frac{gr}{cm^۳}$ $\rho_M = ۰/۷ \frac{gr}{cm^۳}$

مرحله ۲) تبدیل واحد :

$$۲۰۰mm = ۲۰۰ \times \frac{۱}{۱۰} cm = ۲۰cm$$

$$۱۰۰mm = ۱۰۰ \times \frac{۱}{۱۰} cm = ۱۰cm$$

$$۵۰mm = ۵۰ \times \frac{۱}{۱۰} cm = ۵cm$$

$$۲۰mm = ۲۰ \times \frac{۱}{۱۰} cm = ۲cm$$

۳) محاسبه حجم قطعه :

- ابتدا حجم cm ۲۰ بالای قطعه که برابر سطح در ارتفاع است.

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

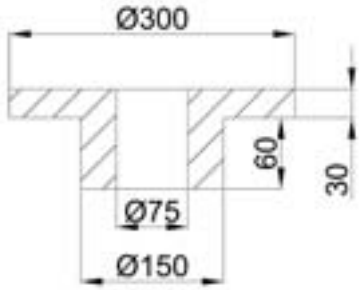
$$\text{سطح} = (۲۰ \times ۲۰) - (۵ \times ۵) =$$

$$\text{سطح} = ۴۰۰ - ۲۵ = ۳۷۵cm^۲$$

تمرین ۱۷-۴ قطعه‌ای از چدن با چگالی نسبی $۷/۲ \frac{g}{cm^۳}$ مطابق شکل مفروض است. مطلوبست :

الف – تعیین جرم قطعه برحسب کیلوگرم

ب – تعیین جرم مدل آلومینیمی با چگالی $۱/۸ \frac{g}{cm^۳}$(از انقباض صرف‌نظر شود.)



حل (توسط هنرجو):

ارتفاع × سطح = حجم

$= ۳۷۵ \times ۲۰$

$= ۷۵۰۰ cm^۳$

- حجم $۵۰ cm$ پایین قطعه

سطح $= (۱۰ \times ۱۰) - (۵ \times ۵) = ۱۰۰ - ۲۵$

سطح $= ۷۵ cm^۴$

ارتفاع × سطح = حجم

حجم $= ۷۵ \times ۵ = ۳۷۵ cm^۳$

حجم کل قطعه (V_c) $= ۷۵۰۰ + ۳۷۵$

$\boxed{V_c = ۷۸۷۵ cm^۳}$

مرحله ۴) محاسبه جرم قطعه برحسب کیلوگرم

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c} \Rightarrow ۲/۷ = \frac{m_c}{۷۸۷۵}$$

$$m_c = ۲/۷ \times ۷۸۷۵ = ۲۱۲۶۲/۵ gr$$

$$m_c = ۲۱۲۶۲/۵ gr = ۲۱۲۶۲/۵ \times \left(\frac{۱}{۱۰۰۰} kg\right) =$$

$\boxed{m_c = ۲۱/۲۶۲۵ kg}$

مرحله ۵) محاسبه وزن مدل چوبی با استفاده از رابطه :

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

$$۲۱/۲۶۲۵ = m_M \times \frac{۲/۷}{۰/۷}$$

$$۲۱۲۶۲۵ = m_M \times ۳/۸۵۷$$

طرفین تساوی بر ضریب مجهول تقسیم می‌شود

$$\frac{۲۱/۲۶۲۵}{۳/۸۵۷} = \frac{m_M \times ۳/۸۵۷}{۳/۸۵۷}$$

$\boxed{m_M = ۵/۵ kg}$

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

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

مرحله ۲) به‌دست آوردن راندمان با استفاده از رابطه R_c

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

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

$$R_c = \frac{Q}{p} \times ۱۰۰$$

$$R_c = \frac{۳۱۸}{۴۷۷} \times ۱۰۰ \Rightarrow \boxed{R_c = \%۶۶/۶۷}$$

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):

مرحله ۳) محاسبه تعداد برگشتی‌ها.

جرم برگشتی + جرم برنز = جرم کل شارژ

جرم کل شارژ $= ۳۷۵ + ۱۶۵ = ۵۴۰kg$

با توجه به این‌که میزان برگشتی ۱٪ است.

برگشتی		شارژ
kg		kg
۱۰۰		۱
۵۴۰		x

$$x = \frac{۵۴۰ \times ۱}{۱۰۰}$$

$x = ۵/۴kg$ میزان فلز ضایع شده

$۵۴۰ - ۵/۴ = ۵۳۴/۶$ میزان شارژ ریخته شده در قالب

$۵۳۴/۶ \div ۱/۸ = ۲۹۷$

$۲۹۷ - ۲۶۵ = ۳۲$ تعداد قطعات معیوب

مثال ۱۹-۴ در داخل یک بوته ۲۰kg مس، ۲kg روی و ۱kg قلع قرار دارد. چنانچه اکسیداسیون مس برابر ۱٪ و روی برابر ۳٪ و قلع برابر ۱/۲٪ منظور شود، درصد ترکیب آلیاژ حاصل چیست؟

حل:

مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
%Cu = ?	مس = ۲kg
%Zn = ?	روی = ۲kg
%Sn = ?	قلع = ۱kg
	اتلاف = ۱% مس + ۱/۲% روی + ۳% قلع

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

تمرین ۱۹-۴ در داخل یک بوته ۵۰ kg آلومینیم، ۴ kg روی، ۲ kg منیزیم و ۱۰ kg سیلیسیم اضافه می‌کنیم، درصورتی‌که مقدار اتلاف آلومینیم ۳٪، منیزیم ۸٪ و روی ۵٪ و سیلیسیم ۲٪ باشد، ترکیب آلیاژ را محاسبه کنید.

حل (توسط هنرجو):

اتلاف مس

$$\frac{۱۰۰}{۲۰} \quad \frac{۱}{x} \quad x = \frac{۲۰}{۱۰۰}$$

$x = ۰/۲kg$ اتلاف مس

اتلاف روی

$$\frac{۱۰۰}{۲} \quad \frac{۳}{x} \quad x = \frac{۲\times۳}{۱۰۰}$$

$x = ۰/۰۶kg$ اتلاف روی

اتلاف قلع

$$\frac{۱۰۰}{۱} \quad \frac{۱/۲}{x} \quad x = \frac{۱\times۱/۲}{۱۰۰}$$

$x = ۰/۰۱۲kg$ اتلاف قلع

مرحله ۳) با کسر مقدار اتلافات به‌دست آمده، مقادیر مس، روی و قلع باقیمانده آلیاژ را به‌دست می‌آوریم.

	مس	روی	قلع
مقدار اولیه	۲۰kg	۲kg	۱kg
مقدار اتلافات	۰/۲kg	۰/۰۶kg	−۰/۰۱kg
مقدار باقیمانده	۱۹/۸kg	۱/۹۴kg	۰/۹۹kg

اجزا در آلیاژ

مرحله ۵) محاسبه جمع کل جرم آلیاژ :

جرم قلع + جرم روی + جرم مس = جرم کل آلیاژ

جرم کل آلیاژ = ۱۹/۸ + ۱/۹۴ + ۰/۹۹ = ۲۲/۷۳

مرحله ۶) محاسبه درصد ترکیب: برای این منظور کافی است مقادیر مس، روی و قلع را در ۱۰۰ kg از این آلیاژ به‌دست آورد.

مس آلیاژ

$$\frac{۲۲/۷۳}{۱۰۰} \quad \frac{۱۹/۸}{x} \quad x = \frac{۱۹/۸\times۱۰۰}{۲۲/۷۳}$$

$x = ۸۷/۱۱kg$ درصد مس

روی آلیاژ

$$\frac{۱/۹۴}{x}\ \frac{kg}{kg}\ \frac{۲۲/۷۳}{۱۰۰} \qquad x=\frac{۱/۹۴\times۱۰۰}{۲۲/۷۳}$$

روی $x = ۸/۵۳kg$

قلع آلیاژ

$$\frac{۰/۹۹}{x}\ \frac{kg}{kg}\ \frac{۲۲/۷۳}{۱۰۰} \qquad x=\frac{۰/۹۹\times۱۰۰}{۲۲/۷۳}$$

قلع $x = ۴/۳۵kg$

بنابراین ترکیب کلی آلیاژ بعد از کسر کردن اتلاف برابر است با :

$\%۸۷/۱۱Cu \ , \ \%۸/۵۳Zn \ , \ \%۴/۳۵Sn$

مثال ۲۰-۴ جرم یک مدل چوبی با چگالی $۰/۶\ g/cm^۳$ برابر $۱۲\ kg$ است. چنانچه قالبگیری ساده و بدون ماهیچه گذاری و قطعه ریختگی از یک نوع چدن با چگالی $۷\ g/cm^۳$ باشد، مطلوب است محاسبه و تعیین :

الف – جرم قطعه ریختگی درصورتی‌که از انقباض صرف‌نظر شود.

ب – جرم قطعه ریختگی با توجه به ضریب انبساط خطی $\bar{\alpha}=۱۰\times۱۰^{-۶}\ 1/°c$ در فاصله تعیین نقطه ذوب چدن $۱۲۵۰°c$ تا درجه حرارت $۲۵°c$

تمرین ۲۰-۴ جرم یک مدل آلومینیمی با چگالی $۲/۱\ g/cm^۳$ برابر، $۲۵\ kg$ است. چنانچه قالبگیری ساده و بدون ماهیچه گذاری و قطعه ریختگی از یک نوع برنز با چگالی $۸/۲\ g/cm^۳$ باشد مطلوب است محاسبه و تعیین :

الف – جرم قطعه ریختگی درصورتی‌که از انقباض صرف‌نظر شود.

ب – جرم قطعه ریختگی با توجه به ضریب انبساط $\bar{\alpha}=۱۹\times۱۰^{-۶}\ 1/°c$ در فاصله نقطه ذوب برنز $۹۵۰°c$ تا درجه حرارت $۲۰°c$.

حل (توسط هنرجو):

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
$M_c = ?$ بدون انقباض	$m_M = ۱۲kg$
$M_c = ?$ با در نظر گرفتن انقباض	$\rho_M = ۰/۶$
	$\rho_c = ۷ \, g/cm^۳$
	$\bar{\alpha} = ۱۰\times۱۰^{-۶} \, 1/^\circ c$
	$\theta_۱ = ۱۲۵۰^\circ c$
	$\theta_۲ = ۲۵^\circ c$

مرحله ۲) به‌دست آوردن حجم مدل چوبی از رابطه چگالی

$$\rho_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow ۰/۶ = \frac{۱۲}{V_M}$$

$$V_M = \frac{۱۲}{۰/۶} \frac{kg}{g/cm^۳} = \frac{۱۲}{۰/۶} \frac{۱۰۰۰g}{g/cm^۳}$$

$$V_M = \frac{۱۲۰۰۰}{۰/۶} cm^۳ \Rightarrow V_M = ۲۰۰۰۰cm^۳$$

یادآوری $۱۰۰۰cm^۳ = ۱dm^۳$

$$\boxed{V_M = ۲۰dm^۳}$$

مرحله ۳) با توجه به این‌که حجم مدل و حجم قطعه چدنی یکی است در صورت نبود انقباض داریم :

$$V_M = V_c = ۲۰dm^۳$$

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c} \Rightarrow V_c = \frac{m_c}{۲۰}$$

$$m_c = V(gr/cm^۳)۲۰۰۰۰(cm^۳)$$

$$m_c = ۱۴۰۰۰۰gr$$

$\boxed{m_c = ۱۴۰kg}$ جرم قطعه بدون احتساب انقباض

مرحله ۴) محاسبه جرم قطعه چدنی با فرض انقباض، لذا خواهیم داشت :

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

$$m_c = 20\left(1-3\times10\times10^{-6}(1250-25)\right)\times7$$

$$m_c = 20\left(1-30\times10^{-6}\times1225\right)\times7$$

جرم قطعه با احتساب انقباض $\boxed{m_c = 134/855\,kg}$

مثال ۲۱-۴ در یک کارگاه ریخته‌گری روزانه ۲۰۰۰kg 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

خواسته‌ها	داده‌ها
$R_c = ?$ $R_t = ?$	جرم کل آلیاژ $M = 2000kg$ جرم یک قطعه با راهگاه و تغذیه $Q = 15kg$ جرم راهگاه $= 3kg$ تعداد قطعات به فروش رفته $= 100$

مرحله ۲) نوشتن رابطه راندمان

$$R_c = \frac{Q}{p}\times100$$

$$R_t = \frac{S}{M}\times100$$

مرحله ۳) محاسبه راندمان ریختگی

P جرم قطعات با سیستم راهگاهی

تعداد قطعه × جرم قطعه با سیستم راهگاهی و تغذیه =

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

الف – راندمان ریختگی

ب – راندمان کل

حل :(توسط هنرجو)

$= ۱۵ \times ۱۰۰ = ۱۵۰۰ kg$

= جرم قطعه بدون سیستم راهگاه

جرم راهگاه – جرم قطعه با سیستم راهگاه

$= ۱۵ - ۳ = ۱۲ kg$

Q جرم قطعات بدون سیستم راهگاهی

تعداد قطعه × جرم قطعه بدون سیستم راهگاهی =

$= ۱۲ \times ۱۰۰ = ۱۲۰۰ kg$

$$R_c = \frac{Q}{p} \times ۱۰۰$$

$$R_c = \frac{۱۲۰۰}{۱۵۰۰} \times ۱۰۰$$

$\boxed{R_c = \%۸۰}$ راندمان ریختگی

× تعداد قطعات قابل فروش =S جرم قطعات قابل فروش

جرم قطعات بدون سیستم راهگاهی

$$S = ۱۰۰ \times ۱۲ = ۱۲۰۰ kg$$

$$R_t = \frac{S}{M} \times ۱۰۰$$

$$R_t = \frac{۱۲۰۰}{۲۰۰۰} \times ۱۰۰$$

$\boxed{R_t = \%۶۰}$ راندمان کلی ریخته‌گری

مثال ۲۲-۴ جرم یک قطعه ریخته شده از فولاد با چگالی $۷/۸ \frac{g}{cm^۳}$ برابر ۲۴ kg است. چنانچه قالبگیری ساده و بدون ماهیچه گذاری انجام گیرد و از انقباض قطعه صرف‌نظر شود مطلوب است محاسبه و تعیین :

الف – حجم قطعه برحسب $dm^۳$

ب – جرم مدل آلومینیمی آن برحسب kg با چگالی $۲/۷ \frac{g}{cm^۳}$

تمرین ۲۲-۴ حجم یک قطعه ریخته شده از برنز با چگالی $۸/۵۵ \frac{g}{cm^۳}$ برابر $۶/۵۵ dm^۳$ است. چنانچه قالبگیری ساده و بدون ماهیچه گذاری انجام گیرد و از انقباض قطعه صرف‌نظر شود. مطلوب است محاسبه و تعیین:

الف – جرم قطعه برحسب kg

ب – جرم مدل منیزیمی آن برحسب kg با چگالی $۱/۵ \frac{g}{cm^۳}$

ج – جرم قطعه ریخته شده از نوعی چدن با چگالی

ج – جرم قطعه ریخته شده از نوعی آلیاژ برنج با چگالی $۸/۵ \frac{g}{cm^۳}$ (از تمام انقباض صرف‌نظر شود)

حل:

مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
فولاد $V = ?\ \ dm^۳$	فولاد $\rho = ۷/۸ \frac{g}{cm^۳}$
آلومینیم $M = ?\ \ kg$	فولاد $M = ۲۴kg$
برنج $M = ?\ \ kg$	آلومینیم $\rho = ۲/۷ \frac{g}{cm^۳}$
	برنج $\rho = ۸/۵ \frac{g}{cm^۳}$

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

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

$$\text{فولاد}\ V \times ۷/۸ = ۲۴ \times ۱$$

طرفین تساوی بر ضریب مجهول تقسیم می‌شوند

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

$$\text{حجم قطعه فولادی}\ \ V = ۳/۰۷۷\ \ dm^۳$$

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

$$V = V \Rightarrow V = ۳/۰۷۷ dm^۳$$

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

طرفین و وسطین انجام می‌دهیم

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

$۷/۸ \frac{g}{cm^۳}$ (از تمام انقباض‌ها صرف‌نظر شود)

حل: توسط هنر جو

$$\boxed{m_{Al} = ۸/۳۰۸kg}$$

مرحله ۴) محاسبه جرم قطعه ریخته شده از آلیاژ برنج با استفاده از رابطه چگالی

نکته : حجم قطعه برنجی برابر حجم قطعه فولادی می‌باشد.

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

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

طرفین و وسطین انجام می‌دهیم

$$m = ۸/۵ \times ۳/۰۷۷$$

$$\boxed{m = ۲۶/۱۵kg} \text{ برنج}$$

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

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
$Q = ?$	جرم قطعه با سیستم راهگاهی $= p = ۲۵kg$ $R_c = \%۸۰$

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) به‌دست آوردن جرم سیستم راهگاهی

– جرم قطعه با راهگاه = جرم سیستم راهگاهی

جرم قطعه بدون راهگاه

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

حل (توسط هنرجو):

جرم سیستم راهگاهی $= ۲۵ - ۲۰ = ۵kg$

مثال ۴-۲۴ جرم قطعه ای ریختگی از جنس برنز با چگالی $۸ \frac{kg}{dm^۳}$ برابر $۳۲\ kg$ می‌باشد، اگر قالبگیری ساده و بدون ماهیچه باشد و از انقباض صرف‌نظر شود مطلوبست محاسبه و تعیین :

الف – حجم قطعه برحسب $dm^۳$

ب – جرم مدل برحسب kg با چگالی $۰/۶ \frac{kg}{dm^۳}$

حل:

مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
برنز $V = ?$ $m_M = ?$	برنز $\rho = ۸ \frac{kg}{dm^۳}$ برنز $M = ۳۲kg$ $\rho_M = ۰/۶ \frac{kg}{dm^۳}$

مرحله ۲) محاسبه حجم قطعه برنزی برحسب $dm^۳$ با استفاده از رابطه چگالی.

$$\rho = \frac{M}{V} \Rightarrow \frac{۸}{۱} = \frac{۳۲}{V}$$

طرفین و وسطین انجام می‌دهیم

$$V \times ۸ = ۳۲ \times ۱$$

طرفین تساوی را بر عدد ۸ تقسیم می‌کنیم

$$\frac{V \times ۸}{۸} = \frac{۳۲}{۸}$$

$$V = ۴dm^۳$$

مرحله ۳) محاسبه جرم مدل برحسب کیلوگرم با استفاده از رابطه چگالی

نکته : حجم مدل با حجم قطعه برابر است :

$$V_M = V = ۴dm^۳$$

تمرین ۴-۲۴ حجم قطعه ریختگی از جنس فولاد با چگالی $۷/۸ \frac{kg}{dm^۳}$ برابر $۸dm^۳$ می‌باشد. اگر قالبگیری ساده و بدون ماهیچه باشد و از انقباض صرف‌نظر شود مطلوبست محاسبه و تعیین :

الف – جرم قطعه برحسب kg

ب – جرم مدل برحسب kg با چگالی $۲/۸ \frac{kg}{dm^۳}$

$$\rho_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow ۰/۶ = \frac{m_M}{۴}$$

$$m_M = ۴ \times ۰/۶$$

جرم مدل $\boxed{m_M = ۲/۴kg}$

مثال ۲۵-۴ جرم یک مدل چوبی $13\ kg$ و چگالی آن $۰/۶۵ \frac{g}{cm^۳}$می‌باشد.اگر انقباض خطی مدل ۱/۲٪ و انقباض خطی قطعه ۱/۸٪ باشد، جرم قطعه ریختگی از یک نوع برنج با چگالی $۸/۸ \frac{g}{cm^۳}$ را از روی مدل فلزی به‌دست آورید (قالبگیری بدون ماهیچه گذاری است.)

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
$m_c = ?$ برنج	$S_۲ = \%۱/۸$ $S_۱ = \%۱/۲$ $\rho_M = ۰/۶۵ \frac{g}{cm^۳}$ $m_M = ۱۳kg$ برنج $\rho_c = ۸/۸ \frac{g}{cm^۳}$

مرحله ۲) نوشتن رابطه مربوط به مسأله

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

$$S = S_۱ + S_۲$$

توضیح : در این مسأله انقباض مضاعف تبدیل مدل چوبی به فلزی و تبدیل مدل فلزی به قطعه داریم :

$$m_c = V_M \left(۱ - \frac{۳S}{۱۰۰}\right) \rho_c$$

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

$$\rho_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow \frac{۰/۶۵}{۱} = \frac{۱۳}{V_M}$$

$$\Rightarrow V_M \times ۰/۶۵ = ۱۳ \times ۱$$

تمرین ۲۵-۴ جرم یک مدل چوبی $25\ kg$ و چگالی آن $۰/۷ \frac{g}{cm^۳}$ اگر انقباض خطی مدل ۲٪ و انقباض خطی قطعه ۲/۴٪ باشد. جرم قطعه ریختگی از یک نوع چدن با چگالی $۷/۶ \frac{g}{cm^۳}$ را از روی مدل فلزی به‌دست آورید. (قالبگیری بدون ماهیچه گذاری است.)

حل (توسط هنرجو):

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

$$\frac{V_M \times ۰/۶۵}{۰/۶۵} = \frac{۱۳}{۰/۶۵}$$

$$V_M = ۲۰dm^۳$$

مرحله ۴) محاسبه درصد انقباض خطی نهایی

$$S = \%۱/۲ \times \%۱/۸ = ^{'}$$

مرحله ۵) محاسبه جرم قطعه برنجی با استفاده از رابطه ذکر شده در مرحله دوم

$$m_c = V_M \left(۱ - \frac{۳S}{۱۰۰}\right)\rho_c$$

:

مرحله ۶) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه فوق :

$$m_c = ۲۰\left(۱ - \frac{۳ \times ۳}{۱۰۰}\right) \times ۸/۸$$

$$\boxed{m_c = ۱۶۰/۱۶kg}$$

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

حل: مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
$p = ?$ $R_c = ?$	$Q = ۲۴kg$ جرم قطعه بدون سیستم راهگاهی جرم سیستم راهگاهی $= ۶kg$

مرحله ۲) نوشتن رابطه راندمان ریختگی :

$$R_c = \frac{Q}{p} \times ۱۰۰$$

مرحله ۳) به‌دست آوردن جرم قطعه با سیستم راهگاهی

تمرین ۲۶-۴ جرم یک قطعه ریختگی بدون تراش ۴۰kg می‌باشد. درصورتی‌که راندمان ریختگی ۷۵٪ باشد. جرم سیستم راهگاهی و تغذیه را محاسبه کنید.

حل (توسط هنرجو):

جرم سیستم راهگاهی + Q = P جرم قطعه با سیستم راهگاهی

$$p = ۲۴ + ۶$$

$$p = ۳۰$$

مرحله ۴) به‌دست آوردن راندمان ریختگی با استفاده از رابطه :

$$R_c = \frac{Q}{p} \times ۱۰۰$$

$$R_c = \frac{۲۴}{۳۰} \times ۱۰۰$$

$$\boxed{R_c = \%۸۰}$$

مثال ۲۷-۴ در یک کارگاه ریخته‌گری جرم شارژ ۳۵۰kg، جرم قطعات با سیستم راهگاهی و تغذیه ۲۸۰ kg جرم قطعات بدون سیستم راهگاهی و تغذیه ۲۲۰ kg و جرم قطعات قابل فروش ۸۰ kg می‌باشد، مطلوب است محاسبه :

الف – راندمان ریختگی

ب – راندمان کل

ج – جرم قطعات برگشتی در آخرین مراحل کنترل درصورتی‌که ضایعات تراش ۳٪ باشد.

حل:مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها نوشته شود

خواسته‌ها	داده‌ها
$R_c = ?$	$M = ۳۵۰kg$
$R_t = ?$	$p = ۲۸۰kg$
? = جرم برگشتی در آخرین مرحله کنترل	$Q = ۲۲۰kg$
	$S = ۱۸۰kg$
	ضایعات تراش = %۳

مرحله ۲) نوشتن روابط مربوطه :

$$R_c = \frac{Q}{p} \times ۱۰۰$$

تمرین ۲۷-۴ در یک کارگاه ریخته‌گری جرم کل شارژ ۴۰۰ kg، جرم قطعات با سیستم راهگاهی و تغذیه ۳۲۰ kg و جرم کلیه راهگاه‌ها و تغذیه‌ها ۵۰kg و جرم قطعات قابل فروش ۲۴۰ kg می‌باشد مطلوبست محاسبه :

الف – راندمان ریختگی

ب – راندمان کل

ج – جرم قطعات برگشتی در آخرین مراحل کنترل درصورتی‌که ضایعات تراش ۱/۵٪ باشد.

حل (توسط هنرجو):

$$R_t = \frac{S}{M} \times ۱۰۰$$

مرحله ۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه‌ها و محاسبات ریاضی

$$R_c = \frac{۲۲۰}{۲۸۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow R_c = \%۷۸/۵$$

$$R_t = \frac{۱۸۰}{۳۵۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow R_t = \%۵۱$$

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.

$$\text{جرم ضایعات تراش} = \%۳ \times Q = \frac{۳}{۱۰۰} \times ۲۲۰ =$$

$$\text{جرم ضایعات تراش} = ۶/۶\text{kg}$$

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

$$\text{جرم قطعات تراش خورده} ۲۲۰ - ۶/۶ = ۲۱۳/۴\text{kg}$$

- از طرفی جرم قطعات قابل فروش ۱۸۰ kg می باشد که اگر از جرم قطعات بعد از تراشکاری کم شود جرم قطعات برگشتی به‌دست خواهد آمد.

$$\text{جرم قطعات برگشتی در آخرین مرحله} ۲۱۳/۴ - ۱۸۰ = ۳۳/۴\text{kg}$$