فصل سوم

سوخت‌ها

در این فصل هنرجویان با منابع انرژی جهت ذوب فلزات و آلیاژها آشنا می‌شوند. مدول سطحی سوخت‌ها را محاسبه می‌کنند. شرایط احتراق کامل و ناقص سوخت‌ها را برای سوخت‌های فسیلی بررسی می‌کنند و از روی روابط مربوط به احتراق کامل و ناقص مقدار اکسیژن مورد نیاز را محاسبه می‌کنند. با ترکیب سوخت‌ها و دسته‌بندی آنها آشنا می‌شوند و حجم هوای لازم برای احتراق کامل سوخت‌های هیدروکربنی را با توجه به فرمول شیمیایی آنها محاسبه می‌کنند. حجم هوا در شرایط غیرمتعارفی را محاسبه می‌کنند. با ضریب تخلخل و راُکتیویته و روابط آنها آشنا می‌شوند. می‌توانند قدرت حرارتی سوخت‌ها را با توجه به درصد عناصر موجود در سوخت محاسبه نمایند.

دانسته‌های قبلی

در درس محاسبات فنی عمومی با محاسبات سطح و حجم اشکال مختلف هندسی آشنا شده و محاسبات هر یک از اشکال هندسی را انجام می‌دهد. در درس شیمی با واکنش‌های شیمیایی و واکنش‌های اکسیدی آشنا شده است و آنها را انجام می‌دهد. با اصطلاحات حجمی متر مکعب و لیتر در درس محاسبات و فیزیک آشنا شده و تبدیل هر یک از واحدهای متر مکعب به لیتر را انجام می دهد.

واژه‌ها و اصطلاحات اصلی درس

تعریف احتراق: اکسیداسیون سریع عناصر موجود در سوخت که به همراه شعله و گرما است را احتراق گویند.

احتراق کامل: اگر تمام عناصر سوختنی موجود در سوخت بسوزد یا به آخرین مرحله اکسیداسیون خود برسد به این نوع سوختن احتراق کامل گویند.

$$C+O_2 \Rightarrow CO_2+\Delta Q$$

احتراق ناقص: اگر تمام عناصر سوختنی موجود در سوخت به‌طور کامل نسوزد یا به آخرین مرحله اکسیداسیون خود نرسد و محصول احتراق کامل با کربن ترکیب شود به این نوع احتراق ناقص گویند.

$$CO_2+C \Rightarrow 2CO -\Delta Q$$

مدول سطحی: نسبت سطح کل به حجم کل یک ماده سوختنی است

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

درجه حرارت احتراق: حداقل دمایی که نیاز است تا سوخت مشتعل شود

ضریب تخلخل: نسبت حجم فضای خالی به حجم کل یک جسم جامد

$$e = \frac{V'}{V + V'} \equiv (۱ - \frac{\rho'}{\rho})$$

جدول زمان‌بندی پیشنهادی درس محاسبات فنی تخصصی رشته متالورژی فصل سوم

شماره هفته	فصل	عنوان	صفحات	محل انجام فعالیت
نهم	سوم	منابع انرژی، شرایط احتراق کامل تعاریف جرم مولکولی، مولکول گرم، جرم اتمی، قانون آوواگادرو و قانون لاووازیه، میزان اکسیژن	۴۳ـ۴۸	در کلاس
دهم	سوم	درجه حرارت احتراق و محاسبه حجم هوای لازم برای احتراق حجم هوا در شرایط غیرمتعارف	۴۸ـ۵۵	در کلاس
یازدهم	سوم	احتراق سوخت‌های مایع و گاز ضریب تخلخل، راکتیویته و قدرت حرارتی سوخت	۵۶ـ۶۴	درکلاس
دوازدهم	سوم	تعاریف مهم فصل و رفع اشکال امتحان دوره‌ای فصل سوم		در کلاس

هدف کلی فصل

آشنایی با محاسبات مربوط به تعیین میزان سوخت و هوا در کوره‌ها

هفته نهم: منابع انرژی، شرایط احتراق کامل و تعاریف جرم مولکولی، مولکول گرم، جرم اتمی، قانون آوواگادرو و قانون لاووازیه، میزان اکسیژن

این جلسه درس مربوط به صفحات ۴۳ الی ۴۸ می‌باشد و از قسمت‌های زیر تشکیل شده است.

۱ـ حضور و غیاب و توضیح در رابطه با امتحان و تشویق هنرجویان

۲ـ منابع انرژی

۳ـ شرایط احتراق کامل و حل مسئله نمونه

۴ـ توضیح در رابطه با کعب‌گیری، جرم مولکولی، مولکول گرم، جرم اتمی

۵ـ قانون آوواگادرو و قانون لاووازیه

۶ـ کافی بودن اکسیژن

۷ـ خلاصه درس و تعیین تکلیف

با این سؤال درس را شروع می‌کنیم که:

برای ذوب یک فلز و تبدیل آن از حالت جامد به مایع به چه چیزهایی نیاز داریم تا این عمل اتفاق بیفتد

جواب: به گرما و هوا نیاز داریم تا فلز را بتوانیم ذوب کنیم

قسمت دوم درس: منابع انرژی

با این توضیح که گرما یکی از اشکال مختلف انرژی است و می‌توان آن‌را از تبدیل انواع دیگر انرژی تهیه کرد. چنانچه می‌توان از انرژی مکانیکی (چکش‌کاری، پتک‌کاری و سوهان‌کاری و ...)، واکنش شیمیایی (ترکیب دو ماده درهم) و انرژی الکتریکی (الکتریسیته) گرما تولید کرد، همچنین می‌توان به کمک دستگاه‌های نوری تشعشعات خورشید را متمرکز و از آن استفاده کرد و از واکنش‌های هسته‌ای نیز می‌توان انرژی حرارتی ایجاد کرد.

امروزه به منابع انرژی خورشیدی و هسته‌ای توجه کافی معطوف شده است و سعی شده است تا از سوخت‌های آلی و به‌خصوص نفت در صنایع پتروشیمی، دارویی و غذایی (تهیه پروتئین از نفت) استفاده به عمل آید. با این حال تأکید این نکته ضروری است که سوخت‌های فسیلی و سایر سوخت‌های آلی هنوز مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین ماده برای تأمین انرژی مورد نیاز صنایع را تشکیل می‌دهند.

انتخاب هر یک از انواع سوخت‌ها و بررسی قوانین کمی و شرایط کیفی احتراق آنها (ترکیب با اکسیژن و هوا) در صنعت ذوب فلزات و ریخته‌گری از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا با توجه به شرایط اقتصادی و اصول طراحی و تولید قطعات، می‌توان از اتلاف حرارتی آنها در حد امکان جلوگیری کرد.

دانستنی‌های معلم

در سال ۱۶۷۵ لومری (Lemery) دانشمند فرانسوی در کتاب مشهور خود به نام درس‌های شیمی ترکیب‌هایی را که از منابع طبیعی به‌دست می‌آید به سه دسته تقسیم کرد ۱ـ ترکیب‌های معدنی (غیرآلی) ۲ـ ترکیب‌های گیاهی (آلی) ۳ـ ترکیب‌های حیوانی (که البته این تقسیم‌بندی بعدها تغییر کرد)

در سال ۱۷۸۴ لاووازیه (Lavoisier) نشان داد که تمام ترکیب‌هایی که از منابع گیاهی و حیوانی به‌دست می‌آیند دارای کربن و هیدروژن می‌باشند.

ترکیب‌های آلی: این ترکیب فراورده‌هایی از گیاهان و حیوانات هستند. به زبان دیگر به‌وسیله موجود زنده ساخته می‌شوند.

ترکیب‌های غیرآلی: این ترکیب‌ها از موجودات زنده به‌دست نمی‌آیند.

سوخت‌ها دارای منشأ آلی بوده و سازنده اصلی آنها کربن و هیدروژن است ولی معمولاً مقداری اکسیژن، ازت و گوگرد نیز در سوخت‌ها وجود دارد، اکسیژن ارزش گرمایی سوخت را کم می‌کند و گوگرد نیز در فلز نفوذ کرده و خواص آن‌را پست می‌کند، مواد معدنی موجود در سوخت نیز ارزش گرمایی آن‌را کم می‌کند.

تا یک قرن قبل تقریباً تنها منبع سوختی که در ایران از آن استفاده می‌شد هیزم بود، در حالی‌که می‌دانیم امروزه بیش از ۹۵٪ انرژی ما توسط نفت تأمین می‌شود. هیزم، چوب ماده سوختی است که برای به‌دست آوردن آن زمان زیادی لازم نیست و در مدت چند سال می‌روید. در حالی‌که نفت یا ذغال سنگ و گاز طبیعی که امروزه در جهان جایگزین چوب شده است همگی مواد سوختی سنگواره‌ای هستند که برای تولید آنها میلیون‌ها سال وقت صرف شده است و قابل تجدید نیستند.

برای اینکه درک کنیم مواد سوختی سنگواره‌ای دنیا چقدر می‌تواند دوام داشته باشد باید دو عامل را در نظر بگیریم اول سرعت مصرف مواد سوختی و دوم تمام ذخائری که در پوسته زمین موجود هستند. عدد اول را می‌توان دقیقاً مشخص نمود، مقدار آن در چند سال اخیر حدود ۶×۱۰^{۱۶} کیلو کالری در سال بوده است، حدس دوم کمی مشکل است ولی اگر خوش‌بین باشیم می‌توانیم آن‌را حدود ۶۰۰۰×۱۰^{۱۶} کیلو کالری حدس بزنیم که ۸۰٪ این ذخائر به‌صورت ذغال سنگ و بقیه نفت و گاز طبیعی است، حالا با یک حساب سرانگشتی می‌توانیم مدت زمانی را که این ذخائر قادرند نیازهای انسان را از نظر انرژی تأمین کنند به‌دست آوریم.

$$\frac{۶۰۰۰\times۱۰^{۱۶}}{۶\times۱۰^{۱۶}}=۱۰۰۰ \text{ سال}$$

اگر این محاسبه حقیقتاً صحیح می‌بود هیچ جای نگرانی وجود نداشت زیرا ذخائر می‌توانستند

نیاز بشر را برای هزار سال آینده تأمین کنند. اما این نیاز بشر به مواد سوختی هر سال با ازدیاد جمعیت و توسعه صنعت جهان افزایش می‌یابد.

نگاهی به آینده

سوخت‌های هسته‌ای که امروزه کمتر از یک درصد انرژی دنیا را تأمین می‌کند ممکن است رُلی بسیار مهم‌تر را در سال‌های آینده به عهده بگیرند. مقدار انرژی که ذخائر اورانیم و سایر عناصر قابل گداز می‌توانند تولید کنند، احتمالاً ۱۰۰ برابر بیشتر از مواد سوختی سنگواره‌ای است. استفاده از نیروگاه‌های اتمی تقریباً تکامل یافته و اگر چه از نظر آلوده کردن محیط زیست خطرناکند ولی در هر حال می‌توانند منبعی برای تولید انرژی الکتریکی محسوب شوند.

از منابع دیگر تولید انرژی نیروی آب و باد است که متأسفانه آینده‌ای چندان درخشان ندارند، چنانچه محاسبه شده استفاده از نیروی آب تمام رودخانه‌های دنیا نمی‌تواند بیش از ده درصد از انرژی مورد نیاز کنونی را تأمین کند. یکی دیگر از راه‌هایی که می‌تواند مشکل انرژی دنیا را حل کند استفاده بهتر از انرژی خورشیدی است که هر سال خورشید معادل ۵×۱۰^{۲۰} کیلوکالری انرژی رایگان در اختیار مردم زمین می‌گذارد. اگر انسان بتواند فقط ۰/۰۱ درصد از این انرژی را مهار کند و استفاده نماید تمام مشکلات انرژی خود را حل کرده است بدون اینکه تعادل محیط زیست را برهم زده باشد.

در کوره‌های خورشیدی توسط آینه‌های مقعری در یک نقطه تمرکز می‌یابد و می‌تواند درجه حرارتی معادل ۳۵۰۰ درجه سانتی‌گراد را بالا ببرد.

موضوع مورد بحث این فصل سوخت‌های صنعتی است که در اثر سوختن، یعنی ترکیب شدن با اکسیژن (هوا) گرما تولید می‌کنند.

قسمت سوم: شرایط احتراق کامل

احتراق عبارت‌است از اکسیداسیون سریع عناصر موجود در سوخت که معمولاً با شعله همراه است و گرمای قابل استفاده‌ای تولید می‌کند. به عبارت دیگر احتراق فعل و انفعالی است شیمیایی توام با نور و گرما که به آسانی بین اکسیژن و عناصر سوخت انجام می‌گیرد و چنانچه این نور و حرارت همراه با فشار و تراکم گازهای حاصله باشد به آن انفجار می‌گویند.

احتراق کامل یک سوخت، هنگامی انجام می‌گیرد که تمام عناصر قابل احتراق آن کاملاً بسوزد و به آخرین حد اکسیداسیون خود برسد. برای آنکه احتراق به‌صورت کامل انجام گیرد سه شرایط زیر لازم است.

۱ـ باید ماده سوختنی با اکسیژن به‌خوبی مخلوط شود (تماس کامل سوخت با اکسیژن)

۲ـ بایستی هوا یعنی اکسیژن کافی برای سوختن وجود داشته باشد (کافی بودن اکسیژن)

۳ـ باید درجه حرارت به حد معینی برسد تا احتراق امکان‌پذیر شود (درجه حرارت احتراق)

باید ماده سوختنی با اکسیژن به‌خوبی مخلوط شود (تماس کامل سوخت با اکسیژن)

هرچه سطح تماس سوخت با اکسیژن (هوا) بیشتر باشد احتراق سریع‌تر و بهتر انجام می‌گیرد. مخلوط شدن هوا با گازها به‌سادگی انجام می‌گیرد به‌همین دلیل اگر مخلوط هوا و گاز را به شعله نزدیک کنند ممکن است تمام مخلوط ناگهان مشتعل شود، مایعات به آسانی گازها محترق نمی‌شوند زیرا هوا نمی‌تواند در ذرات آنها کاملاً نفوذ کند ولی اگر مایع را در اثر فشار تبدیل به پودر کنند می‌تواند با هوا مخلوط شده مانند گاز به‌خوبی بسوزد، اجسام جامد فقط در حالتی به سهولت محترق می‌شوند که به‌صورت قطعاتی کوچک باشند یعنی سطح تماس آنها با اکسیژن هوا بیشتر باشد، مسلماً اگر سوخت جامد را به‌صورت گرد درآورده و با فشار در هوا پخش کنند احتراق به آسانی انجام می‌پذیرد. مثلاً شمش آلومینیوم و فلزات دیگر آتشگیر نیستند ولی پودر برخی از فلزات مانند آلومینیوم یا روی به خوبی آتش می‌گیرند.

اندازه قطعات و شکل آنها چه در مورد سوخت‌ها و چه در مورد شارژ مصرفی در ذوب فلزات در سرعت واکنش‌های شیمیایی تأثیر دارند، اندازه ذرات به‌وسیله روش‌های مختلفی سنجیده می‌شود که یکی از آنها تعیین سطح نسبی یا مدول سطحی است که نسبت سطح به حجم متوسط ذرات است، هر قدر مدول سطحی بزرگ‌تر باشد واکنش‌پذیری قطعه بیشتر است.

$$M_a = \frac{A}{V} \Rightarrow \text{مدول سطحی} = \frac{\text{سطح متوسط}}{\text{حجم متوسط}}$$

تذکر: در بعضی از منابع مدول سطحی را به ε هم نشان می‌دهند $\frac{A}{V} = \varepsilon$

اشکال هندسی در این مورد مثال‌های مناسبی به‌شمار می‌روند.

مثال ۱: مدول سطحی دو مکعب با اضلاع ۱۰ سانتی‌متر و ۱۰۰ سانتی‌متر را به‌دست آورید.

مکعب با ضلع ۱۰ $M_a = \frac{A}{V} \Rightarrow M_a = \frac{۶a^۲}{a^۳} \Rightarrow M_a = \frac{۶\times۱۰^۲}{۱۰^۳} \Rightarrow M_a = ۰/۶$

مکعب با ضلع ۱۰۰ $M_a = \frac{A}{V} \Rightarrow M_a = \frac{۶a^۲}{a^۳} \Rightarrow M_a = \frac{۶\times۱۰۰^۲}{۱۰۰^۳} \Rightarrow M_a = ۰/۰۶$

ـ همان‌گونه که در محاسبه نشان داده شد چون مدول مکعب با ضلع کمتر بیشتر از مکعب با ضلع بزرگ‌تر به‌دست آمد، نتیجه می‌شود که مکعب کوچک‌تر سطح تماس بیشتری با اکسیژن هوا دارد یا به عبارتی زودتر اکسید می‌شود.

مثال ۲: مدول سطحی دو مکعب مستطیل به اضلاع ۲۵×۵×۸ سانتی‌متر و ۵۰×۲×۱۰ سانتی‌متر که حجم هر دو برابر است را به‌دست آورید.

$$A=۲\{(a\times b)+(a\times c)+(b\times c)\}$$

$V=a^{3} \Rightarrow V=a\times b\times c$

$V_{1}=8\times5\times25 \Rightarrow V_{1}=1000\,cm^{3}$

$V_{2}=10\times2\times50 \Rightarrow V_{2}=1000\,cm^{3}$

$$M_a=\frac{2\{(8\times5)+(8\times25)+(5\times25)\}}{1000}=\frac{730}{1000}\Rightarrow M_a=0/73$$

$$M_a=\frac{2\{(10\times2)+(10\times50)+(50\times2)\}}{1000}=\frac{1240}{1000}\Rightarrow M_a=1/24$$

مثال: چنانچه شعاع متوسط یک قطره سوخت ۵ میلی‌متر باشد مدول سطحی این سوخت را تعیین کنید. چنانچه این قطره ۵ برابر کوچک‌تر شود مدول سطحی جدید را محاسبه کرده و نسبت مدول سطحی حالت دوم را نسبت به حالت اول به‌دست آورید و بر روی نتیجه به اندازه یک خط بحث نمایید.

در حالت اول

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

$A=4\pi r^{2}$ $\qquad V=\frac{4}{3}\pi r^{3}$

$A=4\times3/14\times5^{2}\Rightarrow A=314\,mm^{2}$ $\qquad V=\frac{4}{3}\times3/14\times5^{3}\Rightarrow V=523/33\,mm^{3}$

$$M_a=\frac{A}{V}\Rightarrow M_a=\frac{314}{523/33}\Rightarrow M_a=0/6$$

در حالت دوم

$$\frac{r}{5}=\frac{5}{5}=1mm$$

$A=4\times3/14\times1^{2}\Rightarrow A=12/56\,mm^{2}$ $\qquad V=\frac{4}{3}\times3/14\times1^{3}\Rightarrow V=4/18\,mm^{3}$

$$M_a=\frac{A}{V}\Rightarrow M_a=\frac{12/56}{4/18}\Rightarrow M_a=3$$

$$\frac{M_{a_2}}{M_{a_1}}=\frac{3}{0/6}=5$$

نتیجه اینکه مدول سوخت ۵ برابر شده یعنی ۵ برابر سطح تماس آن با اکسیژن هوا بیشتر شده است. پس هرچه سوخت به‌صورت پودر دربیاید سطح تماس سوخت با هوا بیشتر شده بنابراین احتراق کامل‌تر انجام می‌شود.

ـ چنانچه ملاحظه می‌شود با افزایش مدول سطحی در مثال‌های فوق، سطح تماس افزایش یافته و در نتیجه سرعت واکنش‌ها با اکسیژن هوا افزایش می‌یابد.

ـ باید توجه داشت که تأثیر مدول سطحی فقط اختصاص به واکنش‌های شیمیایی نداشته، بلکه در پدیده‌های فیزیکی نظیر انتقال حرارت و انجماد قطعات نیز مؤثر می‌باشد، به‌طور مثال قطعات نازک به‌دلیل سطح زیاد اولاً سریع‌تر گرم و ذوب می‌شوند و ثانیاً قطعات نازک سریع‌تر منجمد می‌گردند.

لازم به توضیح است که اندازه قطعات و شکل آنها چه در مورد سوخت‌ها و چه در مورد شارژ مصرفی در ذوب فلزات در سرعت واکنش‌های شیمیایی تأثیر دارند، در حالی‌که کوچکی اندازه در مورد سوخت‌ها مطلوب است در مورد قطعات بار نباید از حد معینی کمتر باشد زیرا در این صورت سطح نسبی آنها افزایش می‌یابد و در نتیجه سرعت واکنش‌ها، حجم سرباره و تلفات فلزی افزایش می‌یابد، به همین دلیل در ریخته‌گری در صورت لزوم انواع براده و سوفاره را فشرده می‌کنند و به صورت بریکت (خشته) در کوره بار می‌کنند و به صورت پودر در بیاید سطح تماس سوخت با هوا بیشتر شده بنابراین احتراق کامل‌تر انجام می‌شود.

قسمت چهارم درس: به‌دست آوردن ریشه سوم یک عدد

عددهای ۵ و ۲/۴ و $\frac{۴}{۶}$ به‌ترتیب ریشه‌های سوم عددهای ۱۲۵، ۱۳/۸۲۴، $\frac{۶۴}{۲۱۶}$ می‌باشند زیرا

$۵^۳= ۵×۵×۵ =۱۲۵$

$(۲/۴^۳)=۲/۴×۲/۴×۲/۴ = ۱۳/۸۲۴$

$(\frac{۴}{۶})^۳ = \frac{۴}{۶}×\frac{۴}{۶}×\frac{۴}{۶} = \frac{۶۴}{۲۱۶}$

وقتی بخواهیم از عدد n ریشه سوم بگیریم یک ریشگی بالای آن گذارده، درون ریشگی عدد ۳ را می‌نویسیم بدین ترتیب: $(\sqrt[۳]{n})$

توان سوم عددهای درست (کوچک‌تر از ۱۰) که دارای ریشه حقیقی می‌باشند با ریشه سومشان در جدول زیر دیده می‌شود.

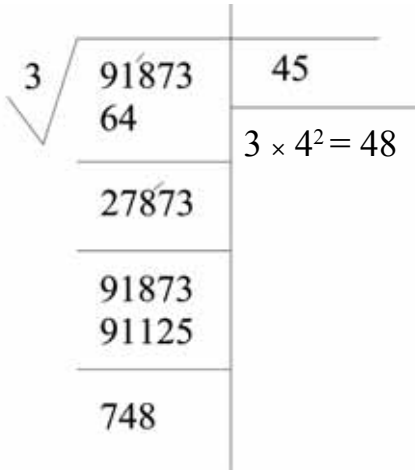
عدد	۱	۸	۲۷	۶۴	۱۲۵	۲۱۶	۳۴۳	۵۱۲	۷۲۹
ریشه سوم	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹

می‌دانیم $۳۴۳=۷^۳$ و $۵۱۲=۸^۳$ می‌باشد، پس دو عدد ۳۴۳ و ۵۱۲ توان سوم کامل بوده و ریشه‌های سوم تحقیقی آنها به ترتیب ۷ و ۸ می‌باشند. میان دو توان سوم کامل ۳۴۳ و ۵۱۲ صد و شصت و هشت عدد درست وجود دارد که توان سوم کامل نیستند و ریشه سوم آنها را گنگ نامند و همیشه ریشه سوم گنگ با تقریب معینی معلوم می‌شود.

برای گرفتن کعب اعداد به‌صورت عدد صحیح و تقریبی به این صورت عمل می‌کنیم.

ابتدا عدد مورد نظر را زیر ریشگی که درون آن عدد سه گذارده شده می‌نویسیم و در برابر آن خط شاغولی می‌کشیم (مانند جذر) عدد را از راست به پاره‌های سه پیکری بخش می‌کنیم بدین ترتیب پاره سمت چپ دارای یک یا دو و یا سه پیکره خواهد شد سپس از این پاره‌ها ریشه سوم تقریبی نقصانی می‌گیریم.

مثال ۱: می‌خواهیم از عدد ۹۱۸۷۳ کعب تقریبی نقصانی بگیریم



پس از جدا کردن، عددی دو پیکری باقیمانده (۹۱) که نزدیک‌ترین عددی که به توان سه برسد و از عدد ۹۱ کوچک‌تر باشد را پیدا می‌کنیم.

عدد ۴ اگر به توان ۳ برسد می‌شود ۶۴ که در زیر ۹۱ نوشته و از آن کم می‌کنیم. می‌شود ۲۷، سپس پاره سه رقم پس از آن را یعنی ۸۷۳، در سمت راست عدد ۲۷ می‌نویسیم، می‌شود ۲۷۸۷۳ بعد دو پیکر از سمت راست این عدد را با علامت جدا می‌کنیم می‌شود ۲۷۸ این عدد را بر سه برابر توان دوم نخستین پیکر ریشه سوم یعنی ۴۸=۳×۱۶=۳×۴۲ بخش می‌کنیم می‌شود ۵ (البته این تقسیم عدد حدودی را به ما می‌دهد و باید با یک امتحان درستی آن‌را اثبات کرد مانند مثال بعدی) این عدد را در راست پیکری از ریشه سوم که پیدا شده می‌نویسیم می‌شود ۴۵ سپس ۴۵ را به توان سوم می‌رسانیم می‌شود ۹۱۱۲۵ این عدد را از ۹۱۸۷۳ (عدد بالا) می‌کاهیم مانده ریشه سوم که ۷۴۸ است به‌دست می‌آید.

برای امتحان درستی کعب گرفته شده عدد ۴۵ را به توان سه می‌رسانیم سپس با باقیمانده جمع می‌کنیم حاصل باید عدد موردنظر یعنی همان عدد ۹۱۸۷۳ شود.

جرم اتمی: جرم اتمی، نسبت سنگینی جرم اتم (جرم اتمی از یک عنصر) به واحد جرم اتمی (یعنی به $\frac{۱}{۱۲}$ جرم اتم کربن ۱۲) را نشان می‌دهد

$$\text{جرم اتمی عنصر (وزن اتمی)} = \frac{\text{جرم یک اتم عنصر}}{\frac{۱}{۱۲}\text{ جرم یک اتم کربن ۱۲}}$$

در این سیستم جرم اتمی هیدروژن برابر ۱/۰۰۸ می‌باشد که معمولاً از مقدار ممیز آن صرف‌نظر کرده و همان عدد ۱ را برای هیدروژن در نظر می‌گیرند، در بعضی از جدول‌ها جرم اتمی برای بعضی از عناصر عدد درست

و ممیز نوشته شده است که معمولاً از مقدار ممیز در محاسبات صرفنظر می‌شود، چنانچه مقدار بعد از ممیز از ۰/۵ بیشتر باشد آن را عدد ۱ درنظر می‌گیرند. مثلاً برای مس عدد ۶۳/۵۲۴ نوشته می‌شود و معمولاً آن‌را ۶۴ فرض می‌کنند.

وقتی می‌گویند جرم اتمی آهن ۵۶ است یعنی جرم یک اتم آهن از $\frac{۱}{۱۲}$ جرم اتم کربن ۵۶ بار سنگین‌تر است یا وقتی می‌گویند جرم اتمی اکسیژن ۱۶ است یعنی جرم یک اتم اکسیژن به $\frac{۱}{۱۲}$ جرم اتم کربن برابر با ۱۶ است.

جرم مولکولی و مولکول گرم: می‌دانید که مولکول از اتم‌ها تشکیل یافته است، مولکول ممکن است ساده یا مرکب باشد مثلاً هیدروژن که گازی شکل است به‌صورت مولکول بوده و مولکول آن مولکول ساده و دو اتمی است (یعنی به‌صورت $H_۲$) همچنین قبلاً خوانده‌اید که مولکول آب $H_۲O$ از دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن تشکیل یافته است، که یک مولکول مرکب می‌باشد همان‌طوری‌که در مورد اتم‌ها جرم اتمی وجود دارد در مورد مولکول‌ها نیز جرم مولکولی وجود دارد. جرم مولکولی یک مولکول ساده با یک مولکول مرکب برابر است با مجموع جرم‌های اتمی اتم‌های موجود در آن مولکول، مثلاً جرم مولکولی هیدروژن مساوی ۲ می‌باشد زیرا مولکول هیدروژن $H_۲$ از دو اتم هیدروژن تشکیل یافته و جرم اتمی هیدروژن نیز ۱ می‌باشد که مجموع جرم اتمی دو اتم هیدروژن (یک مولکول) برابر ۲ است. جرم مولکولی مولکول ساده نیتروژن یعنی $N_۲$ برابر ۲۸ است زیرا مولکول نیتروژن $N_۲$ از دو اتم نیتروژن تشکیل یافته و جرم اتمی نیتروژن نیز ۱۴ می‌باشد بنابر این مجموع جرم اتمی دو اتم نیتروژن (یک مولکول) برابر ۲۸ است.

جرم مولکولی آب $H_۲O$ برابر ۱۸ است زیرا جرم اتمی اکسیژن ۱۶ و هیدروژن ۱ است.

$$\text{جرم مولکولی آب} \Rightarrow ۱۸ = ۱۶ + ۲$$

همان‌طوری‌که در دوره راهنمایی خوانده‌اید مولکول دی اکسید کربن $CO_۲$ از یک اتم کربن و دو اتم اکسیژن تشکیل یافته است بنابراین جرم مولکولی $CO_۲$ برابر ۴۴ می‌باشد.

$$\text{جرم مولکولی } CO_۲ \Rightarrow ۴۴ = (۱۶ \times ۲) + ۱۲$$

مولکول گرم یک ماده (مثلاً یک ماده ساده یا یک ماده مرکب) برابر است با مجموع اتم گرم‌های تک‌تک اتم‌های تشکیل دهنده مولکول آن ماده به عبارت دیگر مولکول گرم هر ماده برابر است با تعداد گرم‌هایی از آن ماده که از نظر عددی با جرم مولکولی آن ماده برابر باشد یا به عبارت دیگر مولکول گرم همان جرم مولکولی است که بر حسب گرم بیان شود. مثلاً یک مولکول گرم از ماده ساده هیدروژن ۲ گرم است یعنی اگر ۲ گرم هیدروژن را در ظرفی جمع‌آوری نمائیم می‌گوئیم یک مولکول گرم هیدروژن در آن ظرف جمع‌آوری شده است. اگر در ظرفی ۱۸ گرم آب مقطر بریزیم می‌گوئیم در آن ظرف یک مولکول گرم آب وجود دارد. مولکول گرم اکسیژن ۳۲ گرم است.

امروزه به‌جای اتم گرم و مولکول گرم از کلمه مول استفاده می‌شود. مثلاً به‌جای یک اتم گرم اکسیژن یک مول اتم اکسیژن به‌کار می‌رود و یک مول اتم اکسیژن ۱۶ گرم وزن دارد. همچنین یک مول آب H_2O، ۱۸ گرم وزن دارد.

قسمت پنجم درس: قانون لاووازیه

لاووازیه دانشمند فرانسوی در سال ۱۷۷۴ این قانون را بدین صورت بیان نمود که در یک واکنش شیمیایی جرم مواد اولیه با جرم مواد تولید شده برابر است. مثلاً از سوختن کامل ۱۲ گرم کربن با ۳۲ گرم اکسیژن ۴۴ گرم دی اکسید کربن تولید می‌شود.

$$C + O_2 \Rightarrow CO_2$$

۱۲ ۳۲ ۴۴

در مورد سایر واکنش‌ها نیز این قانون صادق است و این قانون به قانون بقای جرم یا قانون بقای جرم انرژی نامیده می‌شود.

قانون آوواگادرو: می‌دانید که هر گاه یک مولکول اکسیژن با دو مولکول هیدروژن ترکیب شود ۲ مولکول بخار آب تولید می‌کند و چون حجم یک مولکول گرم از تمام گازها در شرایط متعارفی (فشار ۱ اتمسفر (۷۶۰ میلی‌متر جیوه) و درجه حرارت صفر درجه سانتی‌گراد) با همدیگر یکسان بوده و برابر ۲۲/۴ لیتر می‌باشد پس می‌توان گفت که حجم گاز اکسیژن می‌تواند با دو حجم گاز هیدروژن ترکیب شده و دو حجم بخار آب تولید کند.

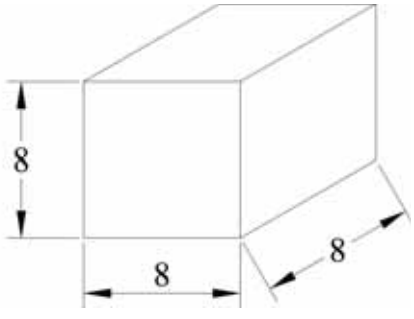
$$2H_2 + O_2 \Rightarrow 2H_2O$$

۲ حجم هیدروژن + یک حجم اکسیژن = دو حجم بخار آب

آوواگادرو شیمیدان ایتالیایی قانون خود را در سال ۱۸۱۱ به‌صورت زیر بیان نمود:

حجم‌های مساوی از تمام گازها در شرایط یکسان دما و فشار دارای تعداد مولکول‌های یکسان است.

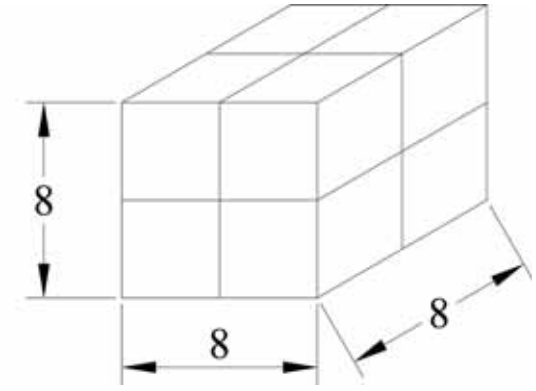
حل تمرین ۱ آخر فصل سوم:



شکل ۱-۹

در حالت اول مکعب با ضلع ۸ سانتی‌متر باید به ۸ مکعب مساوی تقسیم شود. برای اینکه بدانیم ضلع هر مکعب چه اندازه است باید تعداد مکعب‌های مربوط به هر ضلع را به‌دست آوریم، برای اینکه تعداد مکعب‌های مربوط به هر ضلع را به‌دست آوریم باید از یک ضلع مکعب کعب (ریشه سوم) گرفته شود، بنابراین

$\sqrt[۳]{۸}=۲$



شکل۲-۹

یعنی هر ضلع به دو مکعب تقسیم می‌شود.

بدین ترتیب اندازه هر ضلع مکعب مربع تقسیم شده در حالت اول به راحتی به‌دست می‌آید.

اندازه هر ضلع مکعب کوچک جدید $۸\div۲=۴cm$

مدول سطحی حالت اول برابر می‌شود با:

$$A_۱=۸\times۶a^۲ \Rightarrow A_۱=۸\times۶(۴^۲) \Rightarrow A_۱=۷۶۸cm^۲$$

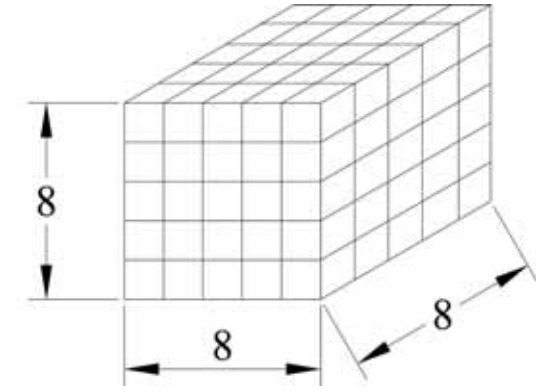
از آنجایی‌که حجم ثابت است بنابراین

$$V_۱=a^۳ \Rightarrow V_۱=۸^۳ \qquad V_۱=۵۱۲cm^۳$$

$$M_a=\frac{A}{V} \Rightarrow M_a=\frac{۷۶۸}{۵۱۲} \Rightarrow M_a=۱/۵$$

برای حالت دوم نیز به همین روش عمل می‌کنیم

$\sqrt[۳]{۱۲۵}=۵$ تعداد مکعب‌های مربوط به هر ضلع



شکل۳-۹

اندازه هر ضلع مکعب کوچک جدید در حالت دوم $۸÷۵=۱/۶\ cm$

$A_۲=۱۲۵\times۶a^۲ \Rightarrow A_۲=۱۲۵\times۶(۱/۶)^۲ \Rightarrow A_۲=۱۹۲۰cm^۲$

$V_۲=a^۳ \Rightarrow V_۲=۸^۳ \Rightarrow V_۲=۵۱۲cm^۳$

$M_a=\frac{A}{V} \Rightarrow M_a=\frac{۱۹۲۰}{۵۱۲} \Rightarrow M_a=۳/۷۵$

برابر $\frac{M_{a_۲}}{M_{a_۱}} \Rightarrow \frac{۳/۷۵}{۱/۵}=۲/۵$

مدول سطحی حالت دوم بیشتر از حالت اول شد، نتیجه می‌شود که سطح تماس با اکسیژن هوا در حالت دوم خیلی بیشتر است.

با تقسیم دو مدول به این نتیجه می‌رسیم که سطح تماس مکعب‌های حالت دوم با اکسیژن هوا ۲/۵ برابر حالت اول است. که این برای سوخت مناسب بوده ولی برای شارژ نامناسب است.

ـ تمرین ۲ نیز در کلاس حل می‌گردد.

قسمت ششم درس

چنانچه گفته شد عامل دوم احتراق کامل «وجود اکسیژن» کافی می‌باشد. که در این قسمت مورد بحث قرار می‌گیرد.

بایستی هوا یعنی اکسیژن کافی برای سوختن وجود داشته باشد (کافی بودن اکسیژن)

احتراق یک سوخت هنگامی کامل است که عناصر قابل احتراق آن کاملاً سوخته و تولید حرارت نمایند که به این نوع سوختن احتراق کامل گویند و چنانچه احتراق کامل نباشد محصول واکنش با کربن باقیمانده ترکیب شده و نوعی سوختن که احتراق ناقص است به‌وجود می‌آورد. مثلاً در احتراق کربن در صورتی‌که مقدار اکسیژن کافی نباشد ابتدا مقداری از کربن با تمامی اکسیژن ترکیب شده و گاز $CO_۲$ تولید می‌کند.

احتراق کامل $C + O_۲ \Rightarrow CO_۲ + \Delta Q$

گاز کربنیک (دی‌اکسید کربن) حاصل با کربن باقیمانده ترکیب شده و فعل و انفعال زیر انجام می‌گیرد.

$CO_۲ + C \Rightarrow ۲CO$

نتیجه دو واکنش فوق احتراق ناقص کربن است و علاوه بر آنکه گازی سمی و خطرناک تولید می‌کند مقدار حرارت کمتری نیز ایجاد می‌نماید.

احتراق ناقص $۲C + O_۲ \Rightarrow ۲CO-\Delta Q$

برای سوختن کامل همواره باید مقداری هوا بیش از هوای لازم تئوری بوده و این مقدار اضافی در سوخت‌های مختلف متفاوت است و بستگی به نوع، جنس و ابعاد سوخت دارد. چنانچه در کوره‌هایی که سوخت جامد مصرف می‌کنند مقدار هوای اضافی لازم ۴۰ تا ۵۰ درصد و در سوخت‌های مایع ۸ تا ۱۵ درصد و برای سوخت‌های گاز صفر تا ۵ درصد می‌باشد.

به بیان دیگر احتراق کامل هنگامی است که تمام عناصر موجود در سوخت به آخرین حد اکسیداسیون خود برسند به عکس اگر مقداری از مواد قابل اکسیدشدن در سوخت باقی بماند یا توسط دود برده شود احتراق ناقص است یعنی مقداری انرژی هدر می‌رود که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

مثال صفحه ۴۷ کتاب که همانند **تمرین ۳ آخر** فصل است به این صورت برای هنرجویان توضیح داده می‌شود.

واکنش اول $C + O_2 \Rightarrow CO_2$

طبق قانون لاووازیه جرم مواد اولیه با جرم محصولات باید یکی باشند

جرم اتمی کربن ۱۲ جرم اتمی اکسیژن ۱۶

بنابراین از سوختن ۱۲ گرم کربن با ۳۲ گرم اکسیژن در نهایت ۴۴ گرم گاز دی‌اکسید کربن تولید می‌شود.

$$C + O_2 \Rightarrow CO_2$$

$$۱۲ + (۱۶\times۲) \Rightarrow ۱۲ + (۱۶\times۲)$$

این واکنش را از لحاظ حجمی طبق قانون آوواگادرو نیز می‌توان توجیه کرد، بدین صورت که ۱ جرم از کربن باید با یک حجم از اکسیژن ترکیب شده و در نهایت یک حجم گاز دی‌اکسید کربن به‌وجود آورد.

$$C + O_2 \Rightarrow CO_2$$

یک جرم کربن + یک حجم اکسیژن = یک حجم دی اکسید کربن

جرم اتمی کربن ۱۲ و یک حجم از هر گاز در شرایط متعارفی ۲۲/۴ لیتر می‌باشد.

توجه داشته باشید که این مسئله می‌تواند به هر دو روش (وزنی و حجمی) حل شود.

$$C + O_2 \Rightarrow CO_2 + ۸۰۰۰ \ \frac{kcal}{kgc}$$

$$CO_2 + C \Rightarrow ۲CO - ۳۲۰۰ \ \frac{kcal}{kgc}$$

C	O_2	CO_2
۱۲	۲۲/۴	۲۲/۴
X	۳۳/۶	Y

$X = \frac{۳۳/۶\times۱۲}{۲۲/۴} = ۱۸kg$ کربن مرحله اول $Y = \frac{۲۲/۴\times۳۳/۶}{۲۲\ ۴} = ۳۳/۶$ دی اکسید حاصل

کربن باقیمانده ۶kg = ۱۸ - ۲۴

$CO_2 + C \Rightarrow 2CO$

CO_2	C	$2CO$
۲۲/۴	۱۲	۲×۲۲/۴
X	۶	Y

گاز دی‌اکسید مصرف شده $X = \frac{۲۲/۴ \times ۶}{۱۲} = ۱۱/۲ m^3$

گاز منواکسید کربن $Y = \frac{۶ \times ۲ \times ۲۲/۴}{۱۲} = ۲۲/۴ m^3$

گاز دی‌اکسید کربن باقیمانده ۲۲/۴ = ۱۱/۲-۳۳/۶

نسبت منواکسید به دی اکسید $\frac{co}{co_2} \times ۱۰۰ = \frac{۲۲/۴}{۲۲/۴} \times ۱۰۰ = \%۱۰۰$

اگر احتراق کامل باشد یعنی اگر هر ۲۴ کیلو کربن در احتراق کامل شرکت کند

$۲۴ \times ۸۰۰۰ = ۱۹۲۰۰۰ kcal$

اما از این ۲۴ کیلو فقط ۱۸ کیلو در احتراق کامل شرکت می‌کند.

$۱۸ \times ۸۰۰۰ = ۱۴۴۰۰۰ kcal$

از ۲۴ کیلوکربن ۱۸ کیلو در احتراق کامل شرکت می‌کند ولی ۶ کیلوی آن در احتراق ناقص شرکت کرده که موجب گرفتن حرارت از واکنش می‌شود و باید از ۱۸ کیلو حرارت تولیدی کسر شود

$۶ \times ۳۲۰۰ = ۱۹۲۰۰ kcal$

$۱۴۴۰۰۰ - ۱۹۲۰۰ = ۱۲۴۸۰۰ kcal$

نسبت گرمای حاصله به احتراق کامل $\frac{۱۲۴۸۰۰}{۱۹۲۰۰۰} \times ۱۰۰ = \%۶۵$

همانگونه که در ابتدای حل گفته شد این مسئله را از طریق وزنی نیز می‌توان حل نمود، اما از آنجایی که صورت مسئله حجم اکسیژن را داده نه وزن آن‌را بنابراین ابتدا باید این حجم به وزن تبدیل شود سپس از طریق وزنی حل شود، در نهایت جواب‌ها باید یکی به‌دست آیند.

دانستنی‌های معلم

در صورت مسئله حجم اکسیژن را ۳۳/۶ متر مکعب داده که می‌توان این حجم را به وزن تبدیل کرد.

O_2		
۳۲	۲۲/۴m^3	
X	۳۳/۶	X=۴۸kg

یعنی ۳۳/۶ مترمکعب اکسیژن در شرایط متعارفی ۴۸ کیلو وزن دارد. در حل این مسئله

به‌جای حجم اکسیژن می‌توان وزن آن‌را قرار داد یعنی:

C	O_2	
۱۲	۳۲	
X	۴۸	X=۱۸kg

و همین‌طور برای گاز CO_2 نیز می‌توان به‌صورت وزنی محاسبه کرد با این تفاوت که وزن CO_2 در انتها باید به حجم تبدیل شود.

O_2	CO_2	
۳۲	۴۴	
۴۸	X	X=۶۶kg

یعنی با سوختن ۴۸ کیلو اکسیژن ۶۶ کیلو گاز CO_2 تولید می‌شود که اگر این وزن را به حجم تبدیل کنیم برابر است با:

CO_2	۲۲/۴	
۶۶	X	X=۳۳/۶m^3

مثال صفحه ۴۵ کتاب در کلاس حل شده و توضیح داده شود.

قسمت هفتم درس
خلاصه درس و تعیین تکلیف

ـ در این جلسه مباحث زیر مورد بررسی قرار گرفت.

۱ـ احتراق کامل یک سوخت، هنگامی انجام می‌گیرد که تمام عناصر قابل احتراق آن کاملاً بسوزد.

۲ـ برای آنکه احتراق به‌صورت کامل انجام گیرد سه شرایط زیر لازم است.

الف) باید ماده سوختنی با اکسیژن به‌خوبی مخلوط شود (تماس کامل سوخت با اکسیژن)

ب) بایستی هوا یعنی اکسیژن کافی برای سوختن وجود داشته باشد (کافی بودن اکسیژن)

ج) باید درجه حرارت به حد معینی برسد تا احتراق امکان‌پذیر شود (درجه حرارت احتراق)

۳ـ هرچه ذرات سوخت ریزتر شوند تماس سوخت بیشتر می‌شود. مدول سطحی این موضوع را نشان می‌دهد. $M_a = \frac{A}{V}$

۴ـ واکنش احتراق کامل و نسبت‌های اتمی و مولی اکسیژن و سوخت توضیح داده شد.

ـ برای جلسه آینده تمرین ۱ و ۲ و ۳ انتهای فصل حل گردد.

هفته دهم: درجه حرارت احتراق، محاسبه حجم هوای لازم برای احتراق و حجم هوا در شرایط غیرمتعارف

این جلسه مربوط به صفحات ۴۸ الی ۵۵ می‌باشد و از قسمت‌های زیر تشکیل شده است.

۱ـ امتحان کلاسی و حضور و غیاب

۲ـ درجه حرارت احتراق

۳ـ محاسبه حجم هوای لازم برای احتراق

۴ـ محاسبه حجم هوا در شرایط غیرمتعارفی

۵ـ خلاصه درس و تعیین تکلیف

قسمت اول درس

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

نام و نام خانوادگی ..... زمان ۱۵ دقیقه استفاده از ماشین حساب مجاز است

برای احتراق ۶ کیلو کربن ۸/۴ متر مکعب اکسیژن وجود دارد با توجه به واکنش‌های داده شده درصد گاز CO به CO_2 را به‌دست آورید

$C + O_2 \Rightarrow CO_2 + ۷۴۰۰ kcal/kgc$

$CO_2 + C \Rightarrow ۲CO - ۲۵۰۰ \ kcal/kgc$

در حین امتحان حضور و غیاب نیز انجام می‌شود پس از ۱۵ دقیقه برگه‌ها با نفر بغل دستی تعویض و حل مسئله روی تابلو نوشته می‌شود.

C	O_2	CO_2
۱۲	۲۲/۴	۲۲/۴
X	۸/۴	Y

$X = \frac{۸/۴ \times ۱۲}{۲۲/۴} = ۴/۵ Kg$ C

$Y = \frac{۸/۴ \times ۲۲/۴}{۲۲/۴} = ۸/۴ m^3$ CO_2

۶-۴/۵ = ۱/۵ kg

CO_2	C	۲CO
۲۲/۴	۱۲	۲×۲۲/۴
X	۱/۵	Y

$$X = \frac{۱/۵ \times ۲۲/۴}{۱۲} = ۲/۸ m^۳ \quad CO_۲$$

$$Y = \frac{۱/۵ \times ۲ \times ۲۲/۴}{۱۲} = ۵/۶ m^۳ \quad CO$$

$$۸/۴ - ۲/۸ = ۵/۶ \quad CO_۲$$

$$\frac{CO}{CO_۲} \times ۱۰۰ = \frac{۵/۶}{۵/۶} \times ۱۰۰ = \%۱۰۰$$

نمرات توسط هنرجوی مصحح خوانده شده و وارد دفتر نمرات می‌شود. چند برگه نیز به‌صورت انتخابی تصحیح شود.

سؤال سوم آخر فصل در کلاس حل می‌شود.

قسمت دوم درس: درجه حرارت احتراق

باید درجه حرارت به حد معینی برسد تا احتراق امکان‌پذیر شود (درجه حرارت احتراق): هر سوخت برای احتراق به یک درجه حرارت حداقل نیاز دارد که آن‌را درجه حرارت احتراق یا درجه حرارت اشتعال می‌نامند. سوخت‌هایی با درجه حرارت اشتعال پائین از نظر ایمنی نمی‌توانند در ریخته‌گری مورد استفاده قرار گیرند (مثل بنزین و نفت سفید). به این نکته مهم باید توجه کرد که افزایش فشار محیط و یا فشار در انبار و تانکر باعث تنزل درجه حرارت اشتعال می‌گردد به‌همین دلیل هوا و سوخت متراکم شده سریع‌تر احتراق پیدا می‌کنند.

ترکیب سوخت‌ها: از نقطه نظر اشتعال و ایجاد حرارت مورد لزوم سوخت‌ها را می‌توان ترکیبی از کربن C، هیدروژن H، اکسیژن O، ازت N، گوگرد فرار (یا قابل احتراق) Sv، مواد غیرقابل احتراق به‌نام خاکستر A (Ash) و رطوبت W دانست.

عناصر اصلی و قابل احتراق در سوخت کربن C، هیدروژن H، اکسیژن O و گوگرد Sv می‌باشند.

گوگرد به سه شکل سولفات، سولفور (پیریت) و ترکیبات آلی در سوخت‌ها وجود دارد گوگرد به شکل سولفات قابل احتراق نیست و وارد خاکستر می‌شود، ترکیبات آلی گوگرد و همچنین گوگرد به شکل پیریت می‌توانند محترق شوند و از این‌نظر مجموعاً گوگرد قابل احتراق سوخت را تشکیل می‌دهند.

توجه: گوگرد عنصری مضر بوده که معمولاً وجود آن در فلزات و آلیاژها خواص مکانیکی و متالورژیکی را کاهش می‌دهد.

دانستنی‌های معلم

در مورد رطوبت موجود در سوخت‌ها (H_2O)

رطوبت یا آب به دو شکل در طبیعت وجود دارند ۱ـ به‌صورت متبلور ۲ـ به‌صورت فیزیکی

رطوبت به‌صورت فیزیکی همان (آب فیزیکی) آب نوشیدنی است اما رطوبت به‌صورت متبلور یا همان آب تبلور آبی است که در فرمول‌های شیمیایی وجود دارد مثل سوخت‌ها یا انواع چسب‌های مورد استفاده در ماسه‌های ریخته‌گری مثل بنتونیت $2SiO_2.H_2O$. Al_2O_3 یا کائولن $2SiO_2.2H_2O$. Al_2O_3 یا ...

آب فیزیکی موجود در چسب‌ها آب تبلور موجود در چسب را فعال کرده و موجب چسبندگی چسب می‌شود. چنانچه آب تبلور را حذف کنیم با اضافه کردن آب فیزیکی چسبندگی به‌وجود نمی‌آید مانند خاک شاموتی که تا دمای بالایی زینتر شده و آب تبلور خود را از دست داده است.

قسمت سوم درس: محاسبه حجم هوای لازم برای احتراق

در صورتی‌که یک تجزیه کمی از درصد عناصر شرکت کننده و قابل احتراق در سوخت مانند Sv، O، H، C در دست باشد حجم هوای لازم برای احتراق را می‌توان به‌دست آورد. این عناصر طبق واکنش زیر می‌سوزند و تولید گرما می‌کنند.

$$C + O_2 \Rightarrow CO_2 + \Delta Q$$

$$H + O_2 \Rightarrow H_2O + \Delta Q$$

$$S + O_2 \Rightarrow SO_2 + \Delta Q$$

از آنجایی که در سوخت‌ها علاوه بر عناصر یاد شده گازهای دیگری نیز وجود دارند برای سهولت محاسبات احتراقی مربوطه به سوخت‌ها می‌توان گازهای دیگر موجود در سوخت را که در عملیات احتراق غیرفعال هستند جزو نیتروژن (ازت) به‌حساب آورد با این فرض می‌توان ترکیب هوا را فقط از دو عنصر ازت و اکسیژن دانست که عموماً از ۲۱ درصد حجمی اکسیژن و ۷۹ درصد حجمی ازت یا نیتروژن تشکیل شده است. از جدول ۲ـ۳ کتاب محاسبات مثال زده شود.

توجه معلم

تفاوت این مبحث (محاسبه حجم هوای لازم برای احتراق) و مبحث قبلی (احتراق ناقص و کامل) در این است که در مبحث قبلی حجم اکسیژن مشخص بود و چون حجم اکسیژن مشخص است احتمال اینکه اکسیژن تماماً به‌صورت کامل موجب سوختن نشود وجود دارد، ولی در این مبحث

(محاسبه حجم هوای لازم برای احتراق) مقدار اکسیژن یا هوای مورد نیاز را خودمان تعیین می‌کنیم، یعنی هر چقدر هوا نیاز داشته باشد به سوخت می‌دهیم (حتی با درصدی بیشتر) بنابراین هیچ‌گاه احتراق ناقصی به‌وجود نمی‌آید و همیشه احتراق کامل است.

مثال صفحه ۵۲ با تفصیل در کلاس حل شود. در صورت امکان مثال‌های مشابه نیز حل گردد.

قسمت چهارم درس: محاسبه حجم هوا در شرایط غیرمتعارفی

در محاسباتی که قبلاً انجام گرفت شرایط احتراق متعارفی و در فشار یک اتمسفر (۷۶۰ میلی‌متر جیوه) و درجه حرارت صفر درجه سانتی‌گراد مورد نظر بوده است. اما هرگاه سوخت در درجه حرارتی مشخص و همچنین فشاری غیر از یک اتمسفری محترق شود (تغییر ارتفاع کارگاه یا کارخانه نسبت به سطح آزاد دریا و همچنین در اکثر موارد در کوره‌ها از دمنده‌هایی استفاده می‌کنند که فشاری بالاتر از محیط دارد) که همه اینها می‌توانند در دمای احتراق و حجم هوای مورد نیاز برای احتراق مؤثر باشند. در چنین حالتی نمی‌توانیم حجم هوای احتراقی را در شرایط متعارفی محاسبه نماییم بنابراین با توجه به روابط عمومی گازها و قوانین بویل ماریوت و شارل گیلوساک که در درس فیزیک مطرح می‌شوند می‌توانیم رابطه زیر را برای محاسبه حجم هوا در شرایط غیرمتعارفی معرفی نمائیم.

$$V = \frac{P.V.\alpha T}{P}$$

دانستنی‌های معلم

رابطه $V = \frac{P.V.\alpha T}{P}$ از رابطه فیزیکی گازهای کامل به‌دست آمده‌اند.

قانون شارل گیلوساک مقدار ثابت × $PV = T$

به‌جای T مقدار مساوی آن‌را در مقیاس سلسیوس قرار می‌دهیم $T=T + ۲۳۷/۱۵$

$$PV=C(T + ۲۷۳/۱۵)(۱)$$

برای حجم نمونه گاز در دمای $۰^{\circ}C$ که آن را با $V_{۰}$ نشان می‌دهیم

$$V_{۰}= ۲۷۳/۱۵ \text{ x } C$$

$$C = \frac{\nu_{۰}}{۲۷۳/۱۵}$$

طبق معادله (۱)

$$PV = \frac{\nu_{۰}}{۲۷۳/۱۵} (T + ۲۷۳/۱۵)$$

$$PV = V_{۰}(\frac{T}{۲۷۳/۱۵} + ۱)$$

از آنجایی‌که ضریب انبساط گرمایی برای گروهی از گازها که به آنها گازهای ایده‌آل می‌گوئیم برابر می‌باشد

$$PV = V_{\circ}(\alpha T + ۱)$$

علاوه بر آن قانون ماریوت -گیلوساک نیز که در حقیقت پایه محاسباتی فرمول گازهای کامل می‌باشد نیز برای تعیین حجم هوای لازم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

$$PV = P_{\circ}V_{\circ}(۱ + \alpha T)$$

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

که در این رابطه:

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

α = ضریب انبساط حجمی گازها که برابر $\frac{۱}{۲۷۳}$ است و مقداری ثابت می‌باشد

$P_{\circ}$ = فشار جو (۷۶۰ میلی‌متر جیوه) که مقداری ثابت است

$V_{\circ}$= حجم هوای لازم در شرایط متعارفی بر حسب $m^۳$

T = درجه حرارت برحسب کلوین $T^K = T^C + ۲۷۳$

P = فشار هوای محیطی که کارگاه یا کارخانه نسبت به سطح آزاد دریا در آن قرار دارد برحسب میلی‌متر جیوه

توجه معلم

حجم $V_{\circ}$ در این رابطه در شرایط متعارفی است یعنی برای محاسبه حجم هوا در شرایط غیرمتعارفی V ابتدا باید با روش‌های قبلی (مثال‌های قبلی محاسبه حجم هوا در شرایط متعارفی) حجم هوا در شرایط متعارفی محاسبه شود سپس این حجم در رابطه بالا قرار داده شود تا حجم در شرایط غیرمتعارفی به‌دست آید.

مثال: چنانچه حجم هوای لازم برای احتراق در شرایط متعارفی برابر ۱۰/۸ متر مکعب باشد و دمای هوا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و فشاری که کارگاه در آن قرار دارد ۶۶۰ میلی‌متر جیوه باشد حجم هوای لازم را در این شرایط به‌دست آورید.

$V_{\circ} = ۱۰/۸\ m^۳$

$T = ۳۰C \Rightarrow ۳۰ + ۲۷۳ = ۳۰۳\ K$

$P_{\circ} = ۷۶۰\ mm.\ Hg$

$\alpha = \frac{۱}{۲۷۳}$

$P = ۶۶۰\ mm.Hg$

$V=?$

$$V = \frac{P.V.\alpha T}{P}$$

$$V = \frac{۷۶۰ \times ۱۰/۸ \times ۳۰۳}{۲۷۳ \times ۶۶۰} = ۱۳/۸۰۳ m^۳$$

نکته‌ای که باید برای هنرجویان توضیح داده شود این‌است که α وقتی در صورت قرار گیرد با دور در دور و نزدیک در نزدیک به مخرج کسر می‌آید که در حل مسئله مستقیماً نوشته شده است. که این روش از ابتدا برای هنرجویان بهتر است.

مثال: مطلوب‌است تعیین حجم هوای لازم برای احتراق ۸ کیلو گرم از گاز متان با ترکیب شیمیایی $CH_۴$ در شرایط غیرمتعارفی ۶۸۰ میلی‌متر جیوه و دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد چند متر مکعب است. ترکیب حجمی هوا ۲۰٪ اکسیژن و سوخت با ۲۰٪ بیشتر محترق می‌شود.

گاز متان $۸Kg$

$CH_۴$

$V=?\ m^۳$

$P=۶۸۰\ mm.Hg$

$$T = ۴۰C \Rightarrow ۴۰ + ۲۷۳ = ۳۱۳\ K$$

$$\alpha = \frac{۱}{۲۷۳}$$

سوخت با ۲۰٪ بیشتر محترق می‌شود

ابتدا جرم مولکولی گاز متان را محاسبه می‌کنیم

$$CH_۴ = ۱۲ + (۱ \times ۴) = ۱۶kg$$

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

$$CH_۴ + (۱ + \frac{۴}{۴})O_۲ \Rightarrow ۱CO_۲ + \frac{۴}{۲}H_۲O$$

$$CH_۴ + ۲\ O_۲ \Rightarrow CO_۲ + ۲H_۲O$$

طبق روال مسائل قبلی این مقدار گاز متان باید با چه مقدار اکسیژن در شرایط متعارفی ترکیب شود تا احتراق کامل انجام گیرد.

$O_۲$	$CH_۴$
۱۶	۲×۲۲/۴
۸	$X \Rightarrow X = \frac{۸ \times ۲ \times ۲۲/۴}{۱۶} = ۲۲/۴ m^۳$

این عدد مقدار اکسیژن لازم در شرایط متعارفی رابه ما می‌دهد ولی مسئله در شرایط غیرمتعارفی مطرح شده است بنابراین طبق رابطه قبلی (حجم در شرایط غیرمتعارفی)

$$V = \frac{P.V.\alpha T}{P}$$

$$V = \frac{۷۶۰ \times ۲۲/۴ \times ۳۱۳}{۲۷۳ \times ۶۸۰} = ۲۸/۷۰۳ m^۳$$

این مقدار حجم اکسیژن لازم در شرایط غیرمتعارفی را به ما می‌دهد.

از آنجایی که صورت مسئله عنوان کرده ترکیب اکسیژن ۲۰٪ بوده بنابراین

حجم هوای لازم $۲۸/۷۰۳ \times \frac{۱۰۰}{۲۰} = ۱۴۳/۵۱۵ m^۳$

در صورت مسئله نیز عنوان شد برای اینکه مطمئن شویم احتراق صد در صد کامل انجام می‌شود هوای ورودی با ۲۰٪ بیشتر به سوخت داده شود یعنی ۱۲۰٪ یا ۱/۲

$$۱۴۳/۵۱۵ \times ۱/۲ = ۱۷۲/۲۱۸ m^۳$$

قسمت پنجم درس: خلاصه درس و تعیین تکلیف

در این درس مواد تشکیل دهنده سوخت‌ها را شناخته و متناسب با آنها میزان اکسیژن و متعاقباً مقدار هوای لازم قابل محاسبه و تعیین گردید.

همچنین تعیین حجم در شرایط غیرمتعارف از معادله زیر حاصل می‌گردد.

$$V = \frac{P.V.\alpha T}{P}$$

به‌عنوان تمرین، سؤال ۴ و ۵ و ۶ آخر فصل برای تکلیف منزل تعیین می‌گردد.

هفته یازدهم: احتراق سوخت‌های مایع و گاز و ضریب تخلخل، راکتیویته و قدرت حرارتی سوخت

این جلسه مربوط به صفحات ۵۶ الی۶۴ می‌باشد و از قسمت‌های زیر تشکیل شده است.

۱ـ امتحان کلاسی و حضور و غیاب و پاسخ امتحان و حل تمرین

۲ـ احتراق سوخت‌های مایع و گاز

۳ـ ضریب تخلخل

۴ـ راکتیویته و حل مثال

۵ـ بررسی قدرت حرارتی سوخت و حل تمرین

۶ـ خلاصه درس و تعیین تکلیف

قسمت اول درس

در ابتدای جلسه پس از استقرار هنرجویان در برگه‌های A_5 تهیه شده آزمون کلاسی از مبحث قبلی گرفته می‌شود.

نام و نام خانوادگی ..... زمان ۲۰ دقیقه استفاده از ماشین حساب مجاز است

برای احتراق ۲۰ کیلوگرم از یک نوع ذغال سنگ با ترکیب ۸۰ درصد کربن، ۵ درصد هیدروژن و ۵ درصد اکسیژن، ۲ درصد ازت، ۸ درصد خاکستر (بقیه عناصر ناچیز فرض می‌شود) چند متر مکعب هوا در شرایط متعارفی لازم است. (ترکیب حجمی هوا ۲۱ درصد اکسیژن بقیه نیتروژن درنظر گرفته شود) سوخت با ۲۰ درصد بیشتر از هوای لازم محترق می‌شود.

در حین امتحان حضور و غیاب نیز انجام می‌شود پس از ۲۰ دقیقه برگه‌ها با نفر بغل دستی تعویض و حل مسئله روی تابلو نوشته می‌شود.

جرم کربن $۲۰\times\frac{۸۰}{۱۰۰}=۱۶kg$

جرم هیدروژن $۲۰\times\frac{۵}{۱۰۰}=۱kg$

$C + O_۲ \Rightarrow CO_۲$

C	$O_۲$
۱۲	۳۲
۱۶	$X \Rightarrow X=\frac{۱۶\times۳۲}{۱۲}=۴۲/۶۶kg$ جرم اکسیژن لازم

$۲H_۲ + O_۲ \Rightarrow ۲H_۲O$

$۲H_۲$	$O_۲$
۴	۳۲
۱	$X \Rightarrow X = \frac{۳۲ \times ۱}{۴} = ۸kg$ جرم هیدروژن لازم

جرم کل اکسیژن لازم $۴۲/۶۶ + ۸ = ۵۰/۶۶kg$

اکسیژن موجود در سوخت $۲۰ \times \frac{۵}{۱۰۰} = ۱kg$

اکسیژن لازم که باید از هوا تأمین شود $۵۰/۶۶ - ۱ = ۴۹/۶۶$

جرم اکسیژن	حجم اکسیژن
۳۲	$۲۲/۴m^۳$
۴۹/۲۲	$X \Rightarrow X = \frac{۲۲/۴ \times ۴۹/۶۶}{۳۲} = ۳۴/۷۶۲m^۳$ حجم اکسیژن لازم

حجم‌های هوای لازم $۳۴/۷۶۲ \times \frac{۱۰۰}{۲۱} = ۱۶۵/۵۳m^۳$

حجم هوا با احتساب ۲۰ درصد اضافه حجم $۱۶۵/۵۳ \times ۱/۲ = ۱۹۸/۶۴m^۳$

حل تمرین ۴ آخر فصل سوم

ابتدا باید مواد سوختنی را مشخص کنیم، که در این مسئله کربن و هیدروژن می‌باشد.

سپس جرم مواد سوختنی را بر حسب کیلوگرم در ۳۰ کیلو کک مشخص می‌نمائیم

یعنی در ۳۰ کیلو سوخت ۲۵/۵ کیلوی آن کربن است $C = ۳۰ \times \frac{۸۵}{۱۰۰} = ۲۵/۵kg$

از روش دیگر نیز می‌توان این محاسبه را انجام داد، چنانچه فرض کنیم ۱۰۰ کیلو کک داشته باشیم

Coke	C
۱۰۰	۸۵
۳۰	$X \Rightarrow \frac{۳۰ \times ۸۵}{۱۰۰} = ۲۵/۵kg$

برای هیدروژن هم به همین صورت محاسبه می‌کنیم

یعنی ۳۰ کیلو سوخت ۰/۹ کیلوی آن هیدروژن است $H = ۳۰ \times \frac{۳}{۱۰۰} = ۰/۹kg$

و چون حجم اکسیژن را می‌خواهیم به‌دست آوریم بنابراین این هر چقدر نیاز داشته باشد به سوخت اکسیژن می‌دهیم تا احتراق کامل انجام گیرد.

طبق مثال قبلی که می‌توانستیم مقدار اکسیژن را هم از طریق وزنی و هم از طریق حجمی محاسبه کنیم، چون جرم سوخت را داریم پس می‌توانیم برحسب جرم محاسبه کرده سپس به حجم تبدیل کنیم.

توجه معلم

باید توجه کرد که برای تعیین حجم اکسیژن برای هر مولکول گرم اکسیژن ۳۲ گرم در شرایط متعارفی ۲۲/۴ لیتر حجم خواهد بود و اگر جرم مولکول برحسب کیلوگرم باشد برای ۳۲ کیلوگرم اکسیژن حجم مذکور ۲۲/۴ متر مکعب منظور می‌شود.

رابطه احتراق کامل بین کربن و اکسیژن را می‌نویسیم

$$C + O_2 \Rightarrow CO_2$$

از آنجایی‌که مقدار CO_2 تولیدی را نمی‌خواهیم محاسبه کنیم، (احتراق کامل است به احتراق ناقص نمی‌رسیم) فقط مقدار کربن و اکسیژن را درنظر می‌گیریم.

C	O_2
۱۲	۳۲
۲۵/۵	$X \Rightarrow X = \frac{۲۵/۵ \times ۳۲}{۱۲} = ۶۸k$ جرم اکسیژن لازم برای احتراق کامل کربن

در قسمت بعدی عنصری که می‌سوزد هیدروژن است پس احتراق کامل هیدروژن را می‌نویسیم

$$2H_2 + O_2 \Rightarrow 2H_2O \qquad (۱)$$

این رابطه را به این صورت هم می‌توان نوشت

$$H_2 + \frac{۱}{۲}O_2 \Rightarrow H_2O \qquad (۲)$$

که جواب هر دو یک عدد به‌دست خواهد آمد

طبق رابطه (۱)

$2H_2$	O_2
۴	۳۲
۰/۹	$X \Rightarrow X = \frac{۰/۹ \times ۳۲}{۴} = ۷/۲kg$ جرم اکسیژن لازم برای احتراق کامل هیدروژن

دانستنی‌های معلم

برای تفهیم این مطلب به این صورت توضیح داده می‌شود

همانگونه که در درس شیمی خوانده‌اید تعداد اتم‌های عناصر واکنش باید با تعداد اتم‌های محصولات واکنش یکی باشند یا وزن اتمی عناصر واکنش با وزن اتمی محصولات یکسان باشند.

$2H_2$	+	O_2	$\Rightarrow$	$2H_2O$	
$2(2\times1)$	+	(2×16)	$\Rightarrow$	$2\{(2\times1)+(16)\}$	(۱)
۳۶		$\Rightarrow$		۳۶	

یا

$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \Rightarrow H_2O$

$(2\times1) + \frac{1}{2}(2\times16) \Rightarrow (2\times1)+(16)$ (۲)

۱۸ $\Rightarrow$ ۱۸

همانگونه که دیده می‌شود وزن اتمی هر دو واکنش بین عناصر واکنش و محصولات واکنش یک عدد به‌دست آمد، حال آیا با توجه به اطلاعات مسئله جرم اکسیژن لازم برای احتراق هیدروژن برای هر دو واکنش یک عدد به‌دست می‌آید؟

طبق واکنش (۱)

$2H_2 + O_2$

$2(2\times1) + (2\times16)$

۰/۹ $X \Rightarrow X = \frac{0/9\times32}{4} = 7/2kg$ جرم اکسیژن لازم برای احتراق هیدروژن

طبق واکنش (۲)

$H_2 + \frac{1}{2}O_2$

$(2\times1) + \frac{1}{2}(2\times16)$

۰/۹ $X \Rightarrow X = \frac{0/9\times16}{2} = 7/2kg$ جرم اکسیژن لازم برای احتراق هیدروژن

دیده می‌شود که در هر دو رابطه مقدار هیدروژن یک عدد به‌دست آمد، پس از هر دو روش می‌توان جرم هیدروژن مورد نیاز را محاسبه کرد.

در نتیجه جرم کل اکسیژن مورد نیاز برای سوختن عناصر سوختنی در کک برابر است با

۶۸ + ۷/۲ = ۷۵/۲ kg

از طرفی چون در سوخت مقداری اکسیژن نیز داریم بنابراین مقداری از اکسیژن مورد نیاز جهت سوختن عناصر سوختنی در سوخت از خود سوخت تأمین می‌شود که باید از اکسیژن محاسبه شده (اکسیژنی که از بیرون به آن داده می‌شود) کسر گردد.

$30\times\frac{4}{100} = 1/2$ kg اکسیژنی که از سوخت تأمین می‌شود

۷۵/۲ - ۱/۲ = ۷۴ kg کل اکسیژن مورد نیاز برای سوختن عناصر سوختنی در سوخت

دراین مرحله باید جرم اکسیژن را به حجم تبدیل کنیم تا بدانیم چه حجمی از اکسیژن نیاز است.

۳۲kg O_2 ۲۲/۴ m^3 در شرایط متعارفی

۷۴ $X \Rightarrow X = \frac{74\times22/4}{32} = 51/8 m^3$ حجم اکسیژن مورد نیاز برای احتراق کربن و هیدروژن

و چون برای احتراق مواد سوختنی در سوخت از اکسیژن خالص استفاده نمی‌کنیم و از هوا استفاده می‌کنیم. بنابراین نسبت اکسیژن موجود در هوا را در اکسیژن به‌دست می‌آوریم تا حجم هوای مورد نیاز به‌دست آید.

حجم هوای مورد نیاز $۵۱/۸ \times \frac{۱۰۰}{۲۰} = ۲۵۹ m^۳$

دانستنی‌های معلم

رابطه فوق را به این صورت نیز می‌توان توضیح داد که اگر حجم هوا را ۱۰۰ متر مکعب درنظر بگیریم از این ۱۰۰ متر مکعب فقط ۲۰ متر مکعب آن اکسیژن است و بقیه ازت می‌باشد.

$۱۰۰ m^۳$ هوا	$۲۰ m^۳$ اکسیژن
X	$۵۱/۸ \Rightarrow X = \frac{۵۱/۸ \times ۱۰۰}{۲۰} = ۲۵۹ m^۳$

از آنجایی که در صورت مسئله عنوان گردیده سوخت با ۱۰ درصد هوای بیشتر بسوزد یعنی اگر حجم هوای محاسبه شده ۱۰۰ درصد باشد باید با ۱۰ درصد بیشتر یعنی ۱۱۰ درصد بسوزد (به‌خاطر فشار دمش فن)

$۲۵۹ \times \frac{۱۱۰}{۱۰۰} = ۲۸۴/۹ m^۳$

دانستنی‌های معلم

$\frac{۱۱۰}{۱۰۰} = ۱/۱$ یا اینکه ۱۱۰ درصد یعنی

۲۵۹ × ۱/۱ = ۲۸۴/۹$m^۳$

$\frac{۱۲۰}{۱۰۰} = ۱/۲$ ۱۲۰ درصد یعنی

اما نسبت حجمی هوای احتراقی به سوخت مصرفی یا به عبارت دیگر حجم هوای لازم برای احتراق هر کیلو سوخت برابر است با

$$\frac{\text{حجم هوای لازم برای احتراق}}{\text{جرم سوخت}} = \frac{۲۸۴/۹}{۳۰} = ۹/۴۹ \approx ۹/۵ m^۳/kg$$

۹/۵ × ۱۰۰۰ = ۹۴۹۶/۶۶ Lit/kg

مسئله ۵ کتاب نیز در کلاس حل می‌گردد.

حل تمرین ۶ آخر فصل

گاز اکتان ۱۱/۴

$C_۸H_{۱۸}$

$V = ?\ m^3$

$P = ۶۸۰\ mm.Hg$

$T = ۳۰C \Rightarrow ۳۰+۲۷۳ = ۳۰۳\ K$

$\alpha = \frac{۱}{۲۷۳}$

سوخت با ۱۰٪ بیشتر محترق می‌شود

ابتدا جرم مولکولی گاز اکتان را محاسبه می‌کنیم

توجه معلم

به هنرجویان تذکر داده شود که جرم مولکولی عناصر زیر را حتماً حفظ کنند چون ممکن است در امتحان نهایی این اطلاعات داده نشود.

O = ۱۶ C = ۱۲ H = ۱ S = ۳۲

$C_۸H_{۱۸} = (۸\times۱۲) + (۱۸\times۱) = ۱۱۴\ kg$

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

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

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

طبق روال مسائل قبلی اینگونه مطرح می‌شود که این مقدار گاز اکتان باید با چه مقدار اکسیژن در شرایط متعارفی ترکیب شود تا احتراق کامل انجام گیرد.

$C_۸H_{۱۸}$ $O_۲$

۱۱۴ ۱۲/۵×۲۲/۴

۱۱/۴ $X \Rightarrow X = \frac{۱۱/۴\times۱۲/۵\times۲۲/۴}{۱۱۴} = ۲۸ m^3$

این عدد مقدار اکسیژن لازم در شرایط متعارفی را به ما می‌دهد ولی مسئله در شرایط غیرمتعارفی مطرح شده است بنابراین طبق رابطه قبلی. (حجم در شرایط غیرمتعارفی)

$V = \frac{P.V.\alpha T}{P}$

$V = \frac{۷۶۰\times۲۸\times۳۰۳}{۲۷۳\times۶۸۰} = ۳۴/۷۳۳\ m^3$

این مقدار حجم اکسیژن لازم در شرایط غیرمتعارفی را به ما می‌دهد.

از آنجایی که صورت مسئله عنوان کرده ترکیب اکسیژن ۲۰٪ بوده بنابراین

حجم هوای لازم $۳۴/۷۳۳\times\frac{۱۰۰}{۲۰} = ۱۷۳/۶۶۵ m^3$

یا در ۱۰۰ قسمت هوا ۲۰ قسمت آن اکسیژن است در ۳۴/۷۳۳ قسمت اکسیژن چند قسمت هوا است

اکسیژن	هوا
۲۰	۱۰۰
$۳۴/۷۳۳ \Rightarrow X = \frac{۱۰۰ \times ۳۴/۷۳۳}{۲۰} = ۱۷۳/۶۶۵$	X

در صورت مسئله نیز عنوان شد برای اینکه مطمئن شویم احتراق صددرصد کامل انجام می‌شود هوای ورودی با ۱۰٪ بیشتر به سوخت داده شود یعنی ۱۱۰٪ یا ۱/۱

$۱۷۳/۶۶۵ \times ۱/۱ = ۱۹۱/۰۳۱۵ m^۳$

قسمت دوم درس: احتراق سوخت‌های مایع و گاز

همانگونه که در بخش نخست توضیح داده شد ترکیب شیمیایی سوخت‌های مایع و گاز مشخص است و در اکثر موارد فقط متشکل از کربن و هیدروژن می‌باشند لذا محاسبه حجم هوای احتراقی به سهولت از فعل و انفعال زیر امکان‌پذیر است.

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

در قسمت قبل توضیح داده شد و مثال زده شد که برای موازنه یک فرمول شیمیایی دو راه وجود دارد که رابطه شیمیایی موازنه شود. (در رابطه فوق نیز این عمل انجام شد) از آنجایی که ترکیب سوخت‌ها فقط از کربن و هیدروژن تشکیل شده و در نهایت گاز دی‌اکسید کربن و آب می‌دهند بنابراین رابطه مربوطه به‌صورت فرموله ارائه شده است.

تذکر: در این رابطه m و n به ترتیب ضرایب کربن و هیدروژن می‌باشند چنانچه برای هر کدام ضریبی در نظر گرفته نشود یعنی ضریب آن یک است. برای تفهیم مطالب مثال صفحه ۵۶ در کلاس حل شده و توضیح کامل داده شود.

قسمت سوم درس:ضریب تخلخل

کک مصرفی در ریخته‌گری باید متخلخل باشد تا احتراق به‌طور کامل انجام شود یعنی اکسیژن یا هوا در بین کک نفوذ کنند تا بهترین واکنش انجام شود و احتراق کامل صورت گیرد، برای این منظور کک‌ها را متخلخل می‌سازند برای به‌دست آوردن مقدار تخلخل یا ضریب تخلخل کک از رابطه $P = \frac{m}{V}$ نمونه جامدی تهیه می‌کنند، این نمونه را داخل سیالی (گاز یا مایع) قرار می‌دهند، از این طریق چگالی حقیقی و ظاهری را محاسبه می‌کنند.

از رابطه زیر ضریب تخلخل کک را به‌دست می‌آورند

$$e = ۱ - \frac{\rho'}{\rho}$$

ρ' چگالی ظاهری (مربوط به حالت متخلخل)

ρ چگالی حقیقی (مربوط به حالتی که بدون خلل و فرج می‌باشد)

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

عموماً درصد تخلخل کک‌ها بین ۴۵ تا ۵۵ درصد برای ریخته‌گری مناسب است کمتر یا بیشتر از آن مشکلاتی ایجاد می‌کند.

در بعضی از منابع رابطه زیر نیز به‌عنوان رابطه ضریب تخلخل معرفی شده است

$$e = ۱ - \frac{d'}{d}$$

d' وزن مخصوص ظاهری d وزن مخصوص حقیقی

قسمت چهارم درس: راکتیویته

طبق تعریف عبارت‌است از نسبت تعداد مولکول‌های دی‌اکسید کربن تبدیل شده به منواکسید کربن بر تعداد کل مولکول‌های دی‌اکسید کربن تولید شده در احتراق.

تعریف دیگر راکتیویته: استعداد کک برای تأثیر بر دی‌اکسید کربن که از رابطه زیر به‌دست می‌آید

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

مثال: به‌منظور تعیین راکتیویته یک نوع زغال کک مقداری گاز $CO_۲$ را در غیاب هوا و اکسیژن با فشار و درجه حرارت ثابت و معینی از روی آن عبور داده‌اند. درصد گازهای خروجی عبارتند از ۸۸٪ گاز اکسید کربن (CO) و بقیه گاز کربنیک ($CO_۲$)، مطلوب‌است درصد راکتیویته این کک.

گاز کربنیک یا دی‌اکسید کربن ۱۲٪=۸۸-۱۰۰

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

$$\%R = \frac{۸۸}{۸۸ + ۲(۱۲)} \times ۱۰۰ \Rightarrow \%R = \%۷۸/۵۷$$

قسمت پنجم درس: بررسی قدرت حرارتی سوخت

در عمل سوخت همواره حاوی خاکستر و رطوبت نیز هست که به‌خصوص مقدار خاکستر در سوخت‌های جامد قابل ملاحظه است. خاکستر و مواد غیرقابل احتراق فقط به دلیل کاهش درصد مواد قابل احتراق در قدرت حرارتی مؤثرند، در حالی‌که رطوبت موجود در سوخت امکان تبخیر و گرماگیری دارند و اثرات آن کاهش قدرت حرارتی، بیشتر از مقدار درصد غیرقابل احتراقی آن است.

حضور اکسیژن در سوخت به علت ترکیب با هیدروژن (در موقع احتراق) از قدرت حرارتی آن می‌کاهد. براساس واکنش‌های قابل احتراق عناصر داخلی سوخت با اکسیژن و همچنین تعیین درصد آنها، همواره می‌توان

حرارت تولید شده برای هر واحد جرم (kg) و یا واحد حجم (m^3) یعنی ارزش حرارتی سوخت را محاسبه و تعیین کرد.

به‌طور کلی قدرت حرارتی یک سوخت را با توجه به گرما زایی عناصرمختلف در ترکیب با اکسیژن و ساده شدن شرایط محاسبه می‌توان از رابطه زیر تعیین کرد.

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

برای تفهیم بیشتر مثال صفحه ۶۴ در کلاس حل می‌گردد.

قسمت ششم درس

خلاصه درس و تعیین تکلیف

۱ـ واکنش سوخت‌های مایع و گاز به نحو زیر بیان شد.

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

۲ـ رابطه ضریب تخلخل کک

$$e = ۱ - \frac{\rho'}{\rho}$$

۳ـ رابطه راکتیویته

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

۴ـ رابطه قدرت حرارتی یک سوخت

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

تمرین ۷ و ۸ و ۹ آخر فصل برای جلسه آینده حل شود.

هفته دوازدهم: تعاریف مهم فصل و رفع اشکال و آزمون فصل سوم

این جلسه مربوط به توضیح مثال‌های حل شده کتاب و تمرین‌های باقیمانده از فصل سوم بوده و رفع اشکال هنرجویان و بعد امتحان از فصل سوم گرفته می‌شود.

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

نام و نام خانوادگی ..... زمان ۶۰ دقیقه استفاده از ماشین حساب مجاز است

۱ـ در تجزیه کمی ۵۸ گرم از یک نوع سوخت ۴۸ گرم کربن و بقیه هیدروژن تعیین شده است اولاً فرمول ساده سوخت را مشخص کنید. ثانیاً حجم هوای لازم برای احتراق ۳ کیلوگرم از آن در شرایط متعارفی را به‌دست آورید. ثالثاً حجم هوا در شرایط غیرمتعارفی ۶۸۰ میلی‌متر جیوه و ۳۰ درجه سانتی‌گراد چند متر مکعب است؟ درصد حجمی هوا شامل ۲۰٪ اکسیژن و بقیه نیتروژن است. ۷ نمره $a = \frac{۱}{۲۳۷}$

۲ـ مکعبی به ضلع ۸cm را یک مرتبه به ۸ مکعب مساوی و در مرتبه دیگر به ۱۲۵ مکعب مساوی تقسیم کرده‌ایم. تعیین کنید مدول سطحی در حالت دوم چند برابر افزایش یافته است؟ (نسبت به حالت اول) ۴ نمره

۳ـ در احتراق ۲۴kg کربن $۳۳/۶m^۳$ اکسیژن وجود دارد چنانچه در احتراق کامل به ازای هر کیلو کربن ۸۰۰۰kcal گرما تولید و در واکنش کربن با دی‌اکسید کربن به ازای هر کیلو ۳۲۰۰kcal گرما لازم باشد مطلوب‌است. ۴ نمره

الف) نسبت گاز CO به $CO_۲$ تولید شده

۴ـ مطلوب‌است تعیین قدرت حرارتی یک نوع کک با نسبت ترکیبی ۲ نمره

C= ۸۹٪ H= ۲٪ A= ۶٪ W=۳٪

۵ـ گوگرد در سوخت‌ها به چند شکل وجود دارد مثال بزنید؟ ۱ نمره

۶ـ چرا در عمل حجم هوای ورودی را بیشتر از مقدار تئوری در نظر می‌گیرند و این مقدار چقدر است؟ ۱ نمره

۷ـ راکتیویته را تعریف کرده و رابطه و اجزای آن را بنویسید؟ ۱ نمره

در ضمن پاسخ‌گویی به آزمون توسط هنرجویان،فرصت برای حضور و غیاب وجود دارد.

پس از ۶۰ دقیقه برای آزمون کلاسی برگه‌ها برای تصحیح با هنرجوی بغل‌دستی تعویض و حل مسئله روی

تخته با بارم مربوطه نوشته می‌شود. هنرجویانی که برگه‌ها را تصحیح می‌کنند نام خانوادگی خود را به همراه امضای صحت تصحیح روی برگه‌ها بنویسند. به این طریق یک حضور و غیابی نیز از هنرجویان به‌عمل می‌آید.

حل مسئله ۱

اولاً

۵۸-۴۸=۱۰gr ۰/۵ $C=\frac{۴۸}{۱۲}=۴$ ۰/۵ $H=\frac{۱۰}{۱}=۱۰$ ۰/۵

$C_۴H_{۱۰}$ ۰/۵

ثانیاً

$C_mH_n+(m+\frac{n}{۴})O_۲ \Rightarrow mCO_۲+\frac{n}{۲}H_۲O$ ۱

$C_۴H_{۱۰}+(۴+\frac{۱۰}{۲})O_۲ \Rightarrow ۴CO_۲+\frac{۱۰}{۲}H_۲O$

$C_۴H_{۱۰}+۶/۵O_۲ \Rightarrow ۴CO_۲+۵H_۲O$ ۱

$C_۴H_{۱۰}$ $۶/۵O_۲$

$(۱۲\times۴)+(۱\times۱۰)$ $۶/۵\times۲۲/۴m^۳$

۳۰۰۰gr $X \Rightarrow \frac{۳\times۶/۵\times۲۲/۴}{(۱۲\times۴)+۱۰}=\frac{۴۳۶/۸}{۵۸}=۷/۵۳m^۳$ ۱

$۷/۵۳\times\frac{۱۰۰}{۲۰}=۳۷/۶۵m^۳$ ۰/۵

ثالثاً

$V=\frac{\alpha\times P_۰\times V_۰\times T}{p}$ ۱ $V=\frac{۷۶۰\times۷/۵۳\times(۲۷۳+۳۰)}{۶۸۰\times۲۷۳}=۹/۳۴m^۳$ ۰/۵

حل مسئله ۲

$\sqrt[۳]{۸}=۲$ ۰/۵ ۸÷۲=۴cm ۰/۲۵

$A_۱=۸\times۶a_۱^۲$ ۰/۵ $A_۱=۸\times۶(۴)^۲=۷۶۸cm^۲$ ۰/۲۵

$\sqrt[۳]{۱۲۵}=۵$ ۰/۵ ۸÷۵=۱/۶cm ۰/۲۵

$A_۲=۱۲۵\times۶a_۲$ ۰/۵ $A_۲=۱۲۵\times۶(۱/۶)^۲=۱۹۲۰$ ۰/۲۵

$V_۱=V_۲$

$\frac{M_{a_۲}}{M_{a_۱}}=\frac{\frac{A_۱}{V_۱}}{\frac{A_۲}{V_۲}}=\frac{A_۲}{A_۱}=\frac{۱۹۲۰}{۷۶۸}=۲/۵$ ۱

حل مسئله ۳

$C+O_۲ \Rightarrow CO_۲+۸۰۰۰kcal/kg$ ۰/۲۵

C	O_2	CO_2	
۱۲	۲۲/۴	۲۲/۴	
X	۳۳/۶	Y	۰/۷۵

$X=\frac{۱۲\times ۳۳/۶}{۲۲/۴}=۱۸kg$ ۰/۲۵

۲۴-۱۸=۶kg ۰/۲۵

$Y=\frac{۲۲/۴\times ۳۳/۶}{۲۲/۴}=۳۳/۶$ CO_2 ۰/۲۵

$C+CO_2 \Rightarrow 2CO-۳۲۰۰kal/kg$ ۰/۲۵

C	CO_2	۲CO	
۱۲	۲۲/۴	۲×۲۲/۴	
٦	X	Y	۰/۷۵

$X=\frac{۶\times ۲۲/۴}{۱۲}=۱۱/۲m^3$ CO_2 ۰/۲۵

$Y=\frac{۶\times ۲\times ۲۲/۴}{۱۲}=۲۲/۴m^3$ CO ۰/۲۵

CO_2=۳۳/۶ - ۱۱/۲ = ۲۲/۴m³ ۰/۲۵

نسبت $\frac{CO}{CO_2}\times ۱۰۰\Rightarrow \frac{۲۲/۴}{۲۲/۴}\times ۱۰۰=۱۰۰\%$ ۰/۵

حل مسئله ۴

$q_M=۸۰C+۳۴۰(H-\frac{O}{۸})+۲۰S-۶W$ ۰/۵

q_M= ۸۰C+۳۴۰H-۶W ۰/۵

q_M=۸۰×۸۹+۳۴۰×۲-۶×۳ ۰/۵

q_M=۷۷۸۲

۵ـ به سه شکل و با ترکیب متفاوت وجود دارد

الف) سولفات‌ها ب) سولفور فلزات (پیریت) ج) ترکیبات آلی ۰/۵

گوگرد به شکل سولفات قابل احتراق نیست و وارد خاکستر می‌شود. گوگرد به شکل ترکیبات آلی و پیریت محترق شوند. ۰/۵

۶ـ در عمل با توجه به شکل، ابعاد و نوع کوره و همچنین مرغوبیت و نوع سوخت و عوامل متعدد دیگر نظیر اکسیدان یا خنثی بودن محیط ذوب حجم هوا را بیشتر از مقدار محاسبه شده درنظر می‌گیرند. ۰/۵

حجم را در ضریبی بین ۱/۸ تا ۱/۱ که متغیر است ضرب می‌کنند. یعنی سوخت با ۱۰ الی ۸۰ درصد بیشتر از هوای لازم محترق می‌شود. ۰/۵

۷ـ راکتیویته عبارت است از نسبت تعداد مولکول‌های دی‌اکسید کربن تبدیل شده به منواکسید کربن (B)

بر تعداد مولکول‌های دی‌اکسیدکربن تولید شده (A) در احتراق.

$$R = \frac{B}{A} \qquad \text{۰/۵}$$

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

فصل چهارم

محاسبات ساده در ریخته‌گری

در این فصل هنرجویان با عناصر و اجزای تشکیل‌دهنده آلیاژ آشنا می‌شوند. موارد کاربرد هر یک از شمش‌های اولیه، ثانویه آلیاژ سازها، قراضه‌ها و مواد افزودنی دیگر را در ساخت آلیاژ فرا می‌گیرند. آلیاژ را تعریف می‌کنند. با توجه به درصد عناصر موجود در یک آلیاژ مقدار هر یک از آلیاژ سازها را محاسبه می‌کنند. با توجه به قراضه‌های موجود می‌توانند ترکیب یک آلیاژ را محاسبه نمایند. اتلافات هر یک از شمش‌ها و عناصر موجود در مذاب را با توجه به نوع کوره ذوب محاسبه می‌کنند. از روی چگالی، وزن قطعه و وزن مدل را محاسبه می‌کنند. از روی ضریب انقباض خطی می‌توانند جرم قطعه را محاسبه نمایند. انواع انقباضات مربوط به قطعه و مدل را می‌شناسند و انقباض مضاعف را در تبدیل مدل چوبی به مدل فلزی و سپس به قطعه ریختگی محاسبه می‌کنند و از روی انقباض مضاعف جرم قطعه ریختگی یا مدل فلزی را به‌دست می‌آورند. عوامل کاهش راندمان ریختگی را می‌شناسد و راندمان ریختگی را با توجه به وزن قطعه،تغذیه، سیستم راهگاهی می‌تواند محاسبه نماید. راندمان کل یا راندمان مفید را با توجه به وزن قطعات قابل فروش و جرم کل شارژ محاسبه می‌کند.

دانسته‌های قبلی

در درس محاسبات فنی عمومی نحوه محاسبه درصد عناصر را آموخته است و با عمل تناسب‌گیری آشنا می‌باشد. در درس اصول تکنولوژی و اصول متالورژیکی با هر یک از شمش‌های اولیه و ثانویه آشنا شده است. روابط مربوط به چگالی، حجم و وزن را در درس محاسبات فنی عمومی آموخته است. انواع انقباضات را در درس رسم فنی مدل و قالب شناخته و محاسبه می‌کند. در درس ریاضی با معادلات یک مجهولی آشنا شده و می‌تواند این گونه معادلات را حل نماید.

واژه‌ها و اصطلاحات اصلی درس

آلیاژ: عبارت‌است از ترکیب یا محلول یا کریستال‌های مخلوط دو یا چند عنصر که یکی از آنها فلز بوده یا کلاً خاصیت فلزی داشته باشد.

شمش‌های اولیه: قطعاتی هستند که از مواد اولیه (سنگ معدن) تهیه شده و دارای درجه خلوص زیادی هستند

شمش‌های ثانوی: قطعاتی هستند با ترکیب معین که از ذوب و تصفیه قراضه‌ها و یا از ذوب مجدد و تصفیه و اضافه کردن مواد ترکیبی معین تولید می‌شوند.

آلیاژ سازها: قطعاتی که اختلاف نقاط ذوب زیاد یا قابلیت انحلال کم یا اختلاف فشار بخار زیاد وجود داشته باشد از آلیاژسازها استفاده می‌شود. از مشخصات این آلیاژها،دارای نسبت ترکیبی متنابهی از حداقل دو عنصر هستند، دارای نقطه ذوب پایین هستند، ترد و شکننده هستند به‌طور کلی می‌توان گفت آلیاژ دو یا چند عنصر با نسبت ترکیبی پرعیاری که عموماً ارزش صنعتی و مکانیکی ندارد و فقط در مورد عملیات ذوب و افزودن عنصری به عنصر دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

انواع قراضه: برگشتی‌ها، قراضه‌های تجاری

برگشتی‌ها: قطعات معیوب، راه‌گاه‌ها، منابع تغذیه و ... که در تولید قبلی به‌جا مانده‌اند. نسبت ترکیبی آنها مشخص است.

قراضه‌های تجاری: قطعات فلزی که قبلاً قسمتی از ماشین آلات یا دستگاه‌های تولید بوده‌اند و به دلیل شکستن، خرد شدن ارزش تعمیراتی نداشته.

تلفات: همواره نسبتی از عناصر ترکیبی در اثر فعل و انفعال با هوا و یا سوخت به سرباره منتقل می‌شوند.

انقباض مضاعف: مجموع انقباضات تبدیل مدل چوبی به مدل فلزی و مدل فلزی به قطعه ریختگی.

راندمان ریختگی: نسبت جرم قطعات بدون سیستم راهگاهی و تغذیه به جرم قطعات با سیستم راهگاهی و تغذیه

راندمان کلی یا راندمان مفید: نسبت مجموع جرم قطعات قابل فروش به جرم کل آلیاژ

جدول زمان‌بندی پیشنهادی درس محاسبات فنی تخصصی رشته متالورژی فصل چهارم

شماره هفته	فصل	عنوان	صفحات	محل انجام فعالیت
سیزدهم	چهارم	دسته‌های مختلف آلیاژی- آلیاژسازی حل مسائل نمونه از محاسبات شارژ	۶۶_۷۰	کلاس
چهاردهم	چهارم	حل مسائل نمونه از محاسبات شارژ تلفات شارژ	۶۶_۷۵	کلاس
پانزدهم	چهارم	محاسبه جرم قطعه ریختگی به کمک جرم مدل محاسبه جرم قطعه ریختگی با توجه به ضریب انقباض خطی محاسبه انقباض مضاعف	۷۶_۷۹	کلاس

شانزدهم	چهارم	راندمان ریختگی راندمان کلی (مفید) حل مسائل باقیمانده آخر فصل- تعاریف مهم فصل	۷۹ـ۸۵	کلاس
هفدهم	چهارم	رفع اشکال و امتحان دوره‌ای فصل چهار	ـــــ	کلاس

هدف کلی این فصل

آشنایی با محاسبات مربوط به شارژ

هفته سیزدهم: دسته‌های مختلف آلیاژی- آلیاژسازی و حل مسائل نمونه از محاسبات شارژ

این جلسه مربوط به صفحات ۶۶ الی ۷۰ بوده و به قسمت‌های زیر تقسیم می‌شود.

۱ـ حضور و غیاب و مقدمه محاسبه ترکیب آلیاژها

۲ـ دسته‌های مختلف مواد اولیه آلیاژسازی

۳ـ آلیاژسازی و حل مثال

۴ـ حل مسائل نمونه

۵ـ خلاصه درس و تعیین تکلیف

قسمت اول درس: محاسبه ترکیب آلیاژها

فلزات در کاربردهای تجاری به ندرت به‌صورت خالص (غیرآلیاژی) استفاده می‌شوند. معمولاً یک یا چند عنصر شیمیایی با فلز پایه آلیاژ می‌شوند تا خواص فلز پایه در جهت بهبود ساخت و یا شکل‌پذیری تغییر کند. (برای توضیحات بیشتر به مبحث انجماد کتاب اصول متالورژی مراجعه شود)

دانستنی‌های معلم

فلزات در صنعت تعدادشان محدود است و بنابراین خواص آنها نیز محدود است از فلزات خالص بجز در موارد به‌خصوصی نمی‌توان استفاده نمود (مانند خاصیت حرارتی بالا، خاصیت الکتریکی بالا، تغییر شکل و ...) لذا برای بهبود مشخصات و ابعاد تغییرات مناسب در آنها عناصری به فلز خالص اضافه می‌شود که این اضافه کردن عناصر به فلز خالص یا به‌طور کلی آلیاژسازی باعث می‌شود که استحکام فلز خالص افزایش یابد. بنابراین **آلیاژ عبارت‌است از ترکیب یا محلول یا کریستال‌های مخلوط دو یا چند عنصر که یکی از آنها فلز بوده یا کلاً خاصیت فلزی داشته باشد.** به عناصری که این آلیاژ را تشکیل می‌دهند اجزای آلیاژ گفته می‌شود. اگر سیستمی از دو جزء تشکیل شده باشد مجموعه‌ای از ترکیبات متفاوت این دو جزء پدید آورنده یک سیستم آلیاژی دو تایی است. حال اگر یک سیستم آلیاژی سه جزء تشکیل شود یک سیستم آلیاژی سه تایی نامیده می‌شود. (مثلاً مس، روی (برنج) از دو جزء تشکیل شده و مس، روی، سرب از سه جزء و مس، روی، سرب، قلع از چهار جزء و ...

اگر تنها ۴۵ عنصر معروف فلزات درنظر گرفته شوند با آنها می‌توان ۹۹۰ سیستم دوتایی پدید

آورد و ترکیب سه تایی آنها بیش از ۱۴۰۰۰ سیستم سه تایی خواهد بود. در یک سیستم دوتایی تنها با تغییر ترکیب دو جزء به میزان یک درصد ۱۰۰ آلیاژ گوناگون پدید می‌آیند. از آنجایی که اغلب آلیاژهای صنعتی حاوی چند جزء (عنصر یا ترکیب) هستند روشن است که تعداد آلیاژهای امکان‌پذیر به بی‌نهایت خواهد رسید.

در ساخت آلیاژها فلزی که درصد بیشتری را تشکیل می‌دهد عنصر پایه و بقیه عناصر را آلیاژی گویند.

ترکیب: اغلب ترکیبات شیمیایی از عناصری تشکیل می‌شوند که دارای ظرفیت‌های منفی و مثبت هستند، انواع مختلف اتم‌ها به نسبت‌های مشخصی با هم ترکیب می‌شوند و در کنار هم قرار می‌گیرند که با فرمول شیمیایی نشان داده می‌شوند از نمونه‌های معروف NaCl و H_2O و ... که در فرمول آب دو اتم هیدروژن با یک اتم اکسیژن ترکیب شده. اتم‌ها با هم ترکیب شده و مولکول را به‌وجود می‌آورند که کوچک‌ترین واحدی است که خواص یک ترکیب شیمیایی را دارد، در ترکیب‌ها اتم‌ها در باندهای معینی قرار می‌گیرند.

محلول: اکثر فلزات در حالت مذاب با هم تشکیل محلول‌های مذاب همگنی را می‌دهند، در تبدیل آنها به یک حالت کریستالی جامد همگنی بسیاری از آلیاژها حفظ می‌شود در نتیجه قابلیت آنها نیز حفظ می‌شود. فازهای جامدی که در آنها نسبت اجزاء می‌توانند بدون تخلف از یکنواختی تغییر کنند را محلول جامد گویند. در محلول جامد انواع مختلف اتم‌های اجزای موجود در آلیاژ یک شبکه کریستالی مشترک را تشکیل می‌دهند. عنصری که شبکه کریستالی‌اش حفظ شود حلال و عنصری که شبکه کریستالی آن از بین برود محلول نامیده می‌شود.

کریستال مخلوط: بسیاری از فلزات دارای خاصیتی می‌باشند که می‌توانند، اتم‌های یون‌های فلزات دیگر را تحت شرایطی در شبکه خود جای دهند بدین ترتیب مخلوطی بسیار ظریف از هر دو نوع اتم‌ها در یک شبکه کریستالی به‌وجود می‌آید که به کریستال مخلوط معروف است. این کریستال مخلوط دارای شبکه کریستالی فلزات اصلی می‌باشند و با حروف یونانی α، β، γ ... نشان می‌دهند.

مثلاً آلیاژ برنج (مس روی) یک محلول است ولی نمک طعام یک ترکیب است، فاز α (فریت) در فولادها یک کریستال مخلوط است. (به مبحث انجماد فلزات درس اصول متالورژی ارجاع داده شود)

جدول ۱ـ۴ـ خصوصیات فلزی که توسط آلیاژسازی تحت تأثیر قرار می‌گیرند

خواص مکانیکی	خواص فرایندی	خواص کاری	خواص فیزیکی
استحکام در دمای بالا	قابلیت ریخته‌گری	مقاومت حرارتی	مدول الاستیسیته
سختی‌پذیری	قابلیت جوشکاری (لحیم‌کاری)	تافنس و مقاومت سرمایی	دانسیته
مقاومت خستگی	قابلیت شکل‌پذیری	مقاومت خوردگی	خواص مغناطیسی
مقاومت خزشی	قابلیت ماشین‌کاری	سختی و مقاومت به سایش	خواص الکتریکی
		مقاومت اکسیداسیون	انبساط حرارتی
			رنگ

در متالورژی تعیین درصد عناصر یا مواد تشکیل‌دهنده و یا انطباق بعضی از خواص اجسام با نسبت اتم‌های متشکل آن لازم به‌نظر می‌رسد. در عمل همواره مقدار کل و مجموعه اتم‌ها یا مواد را با عدد ۱۰۰ نشان می‌دهند. بنابراین محاسبه عناصر متشکله به صورت دو درصد اتمی و وزنی بوده که درصد وزنی از آنجایی که با وزن کردن مواد با ترازو راحت‌تر است معمول‌تر می‌باشد و از درصد اتمی کمتر استفاده می‌شود. بنابراین یکی از مهم‌ترین مسائلی که در تهیه قطعات ریختگی همواره مورد توجه است تعیین ترکیب آلیاژ می‌باشد. مهم‌تر آنکه در تهیه آلیاژ و ساخت قطعات باید به مشخصات اقتصادی نیز توجه نمود و با استفاده حداکثر از مواد اولیه ارزان، هزینه تمام شده قطعات را حتی‌الامکان کاهش داد.

تحصیل دو عامل متالورژیکی و اقتصادی فوق، استفاده از قراضه‌ها، برگشتی‌ها و کاهش اتلافات مواد ذوب و محاسبات دقیق و کنترل شرایط ذوب را لازم می‌نماید.

قسمت دوم درس: دسته‌های مختلف مواد اولیه آلیاژسازی

در تهیه آلیاژ معمولاً از دسته‌های مختلف آلیاژی استفاده می‌شود که عبارت‌اند از:

۱ـ شمش‌های اولیه

۲ـ شمش‌های ثانویه

۳ـ آلیاژسازها

۴ـ قراضه‌ها

شمش‌های اولیه: شمش‌های اولیه قطعاتی هستند که برحسب نوع فلز در وزن معین، از مواد اولیه (سنگ معدن) تهیه می‌شوند، این شمش‌ها معمولاً درجه خلوص زیادی دارند، این شمش‌ها مستقیماً از روش‌های استخراجی تهیه می‌شوند و حاوی ناخالصی‌های موجود در سنگ معدن فلز می‌باشند. در این مورد می‌توان به

شمش‌های آلومینیوم، مس، روی و ... اشاره کرد.

شمش‌های ثانویه: این شمش‌ها دارای ترکیب معین و مشخصی می‌باشد و از ذوب و تصفیه قراضه‌ها و یا ذوب مجدد و تصفیه و اضافه کردن مواد ترکیبی معین تولید می‌شوند، از نظر درجه خلوص با شمش‌های اولیه متفاوت می‌باشند ولی کنترل ترکیبی معین در آنها وجود دارد. این شمش‌ها با ترکیباتی معین ساخته می‌شوند که مستقیماً قابل مصرف در صنعت هستند.

آلیاژسازها: در تهیه آلیاژهای مختلف، اغلب لازم است که فلزی را به فلز دیگر افزود، افزایش یک فلز (عنصر) به فلز دیگر اشکالاتی را پدید می‌آورد که به نقطه ذوب آنها و تفاوت فشار بخار آنها بستگی دارد.

به‌عنوان مثال چنانچه عنصری با نقطه ذوب پایین به عنصری با نقطه ذوب بالا افزوده شود و کاملاً درهم محلول باشند، هیچ‌گونه مسئله متالورژیکی پدید نمی‌آید. در حالی‌که اگر میزان حلالیت این دو عنصر کم باشد و یا اختلاف فشار آنها زیاد باشد امکان تبخیر و تصعید عنصر با نقطه ذوب پایین زیاد می‌شود، از طرفی در چنین حالتی تمایل عنصر با نقطه ذوب پایین به اکسیده شدن زیاد است که در نتیجه دامنه اتلافات فلزی زیاد می‌شود، علاوه بر آنچه عکس مسئله بالا باشد یعنی فلزی یا عنصری با نقطه ذوب بالا به فلزی با نقطه ذوب پایین اضافه شود امکان ذوب آن و پخش یکنواخت و محلولی آن کم است و نمی‌توان به سهولت آن را به شارژ اضافه کرد. در چنین مواردی از ترکیبات پرعیار آنها تحت نام آلیاژساز استفاده می‌شود.

بنابراین آلیاژسازها عبارت‌اند از آلیاژ دو یا چند عنصر با نسبت ترکیبی پرعیار که عموماً ارزش صنعتی و مکانیکی ندارند و فقط در مورد عملیات ذوب و افزون عنصری به عنصر دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. از مشخصات مهم این آلیاژها آن است که:

الف) دارای نسبت ترکیبی متنابهی از حداقل دو عنصر هستند

ب) نقطه ذوب آنها حتی‌الامکان پایین است

ج) قابل شکستن هستند

قراضه‌ها: مواد غیرقابل استفاده از قراضه گویند، قراضه‌ها به دو دسته برگشتی‌ها و قراضه‌های تجاری تقسیم می‌شوند.

الف) برگشتی‌ها ب) قراضه‌های تجاری

الف) برگشتی‌ها: در هر کارگاه ریخته‌گری، قطعات برگشتی وجود دارد که این مواد شامل قطعات معیوب، راهگاه‌ها، منابع تغذیه و ...می‌باشند که در تولید قبلی به‌جا مانده‌اند. بنابراین برگشتی‌ها شامل قطعات اضافی است که در خود کارگاه وجود دارد و از آنجایی که در کارگاه تولید شده نسبت ترکیبی آن مشخص است.

ب) قراضه‌های تجاری: قراضه‌های تجاری عبارت از قطعات فلزی می‌باشند که قبلاً قسمتی از ماشین‌آلات یا دستگاه‌های تولیدی بوده‌اند و به دلیل شکستن، خرد شدن و ... ارزش تعمیراتی ندارند و فقط به‌منظور ذوب

مجدد از آنها استفاده می‌شود. از این رو از آنها به میزان ۳۰ تا ۷۰ درصد شارژ توصیه می‌شود، به‌طور کلی قراضه‌ها ترکیباتی مشخص ندارند و فقط از روی شکل ظاهری هر قطعه به دامنه آلیاژی آن می‌توان پی‌برد. در کارخانه‌های صنعتی پیشرفته ابتدا قراضه‌ها را ذوب کرده ترکیبی از آن مشخص می‌کنند و سپس از آن استفاده می‌کنند.

قسمت سوم درس: آلیاژسازی

آلیاژ سازی را می‌توان به‌صورت فرایند افزودن یک یا چند عنصر به فلز پایه به‌منظور ایجاد تغییرات مفید در خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی تعریف کرد. یا چنانچه یک یا عنصر اضافه شده به فلز پایه در اثر ترکیب با هوا، یا گازهای دیگر به سرباره منتقل نشوند و در داخل مذاب باقی بمانند عمل آلیاژسازی انجام شده است. بدیهی است که هر عنصری و به هر دلیلی مذاب شده باشد قسمتی از نسبت ترکیب آلیاژ را اشغال خواهد نمود. در آلیاژسازی سعی می‌شود که حتی‌الامکان از داخل شدن ناخالصی‌ها و مواد ناخواسته جلوگیری به‌عمل آید.

دانستنی‌های معلم

مقادیر تشکیل دهنده هر آلیاژ به صورت جزء وزنی (یا اتمی) و یا درصد وزنی (یا اتمی) بیان می‌گردد.

توجه: مجموع مقادیر وزنی (یا اتمی) اجزای تشکیل دهنده یک آلیاژ در صورت بیان به‌صورت جزء وزنی (یا اتمی) برابر واحد و در صورت بیان به‌صورت درصد وزنی (یا اتمی) برابر ۱۰۰٪ است.

درصد وزنی عبارت است از نسبت وزن یک عنصر یا یک ترکیب در ۱۰۰ واحد وزن از یک ماده.

درصد اتمی عبارت است از نسبت تعداد اتم‌های یک عنصر یا یک ترکیب در ۱۰۰ واحد اتم از یک ماده.

نسبت اجزای تشکیل دهنده هر آلیاژ می‌تواند در دو مقیاس اتمی و وزنی به صورت‌های جزءاتمی یا جزء وزنی و یا درصد اتمی یا وزنی بیان شود. در بسیاری از موارد لازم است تا این دو معیار به یکدیگر تبدیل شوند. معادلات زیر روش محاسبه مقیاس‌های اتمی و وزنی و نحوه تبدیل آنها به یکدیگر برای آلیاژی متشکل از دو جزء فرضی A و B را نشان می‌دهد.

$$\text{درصد اتمی جزء A} = \frac{\text{تعداد اتم‌های A}}{\text{تعداد اتم‌های B + تعداد اتم‌های A}} \times ۱۰۰ \equiv \Rightarrow = \frac{\frac{\text{(X) درصد وزنی A}}{\text{(M) وزن اتمی A}}}{\frac{\text{(Y) درصد وزنی B}}{\text{(N) وزن اتمی B}} + \frac{\text{(X) درصد وزنی A}}{\text{(M) وزن اتمی A}}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درصد اتمی جزء B} = \frac{\text{تعداد اتم‌های B}}{\text{تعداد اتم‌های B + تعداد اتم‌های A}} \times ۱۰۰ \equiv \Rightarrow = \frac{\frac{\text{درصد وزنی B (Y)}}{\text{وزن اتمی B (N)}}}{\frac{\text{درصد وزنی A (X)}}{\text{وزن اتمی A (M)}} + \frac{\text{درصد وزنی B (Y)}}{\text{وزن اتمی B (N)}}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درصد وزنی جزء A} = \frac{\text{وزن جزء A}}{\text{وزن جزء B + وزن جزء A}} \times ۱۰۰ \equiv \Rightarrow = \frac{\text{وزن اتمی A (M)} \times \text{درصد اتمی A (X′)}}{\text{وزن اتمی B (N)} \times \text{درصد اتمی B (Y′)} + \text{وزن اتمی A (M)} \times \text{درصد اتمی A (X′)}}$$

$$\text{درصد وزنی جزء B} = \frac{\text{وزن جزء B}}{\text{وزن جزء B + وزن جزء A}} \times ۱۰۰ \equiv \Rightarrow = \frac{\text{وزن اتمی B (N)} \times \text{درصد اتمی B (Y′)}}{\text{وزن اتمی B (N)} \times \text{درصد اتمی B (Y′)} + \text{وزن اتمی A (M)} \times \text{درصد اتمی A (X′)}}$$

قسمت چهارم درس: مثال‌های مختلف

۱ـ چنانچه در ۲۰ کیلو از یک آلیاژ برنز (مس قلع) ۲ کیلو قلع وجود داشته باشد درصد وزنی هر یک از عناصر را محاسبه نمائید؟ این آلیاژ از دو جزء A مس و جزء B قلع تشکیل شده است طبق روابط بالا داریم

وزن مس ۲۰−۲=۱۸kg

$$\text{درصد وزنی جزء A} = \frac{\text{وزن جزء A}}{\text{وزن جزء B + وزن جزء A}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \text{درصد وزنی مس} = \frac{۱۸}{۱۸+۲} \times ۱۰۰ = ٪۹۰$$

$$\text{درصد وزنی جزء B} = \frac{\text{وزن جزء B}}{\text{وزن جزء B + وزن جزء A}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \text{درصد وزنی قلع} = \frac{۲}{۱۸+۲} \times ۱۰۰ = ٪۱۰ \text{ درصد قلع در آلیاژ}$$

راه حل دوم که به‌صورت تناسب است (هر روشی که هنرجو راحت‌تر یاد می‌گیرد)

۲۰kg آلیاژ ۲kg قلع

۱۰۰ $X \Rightarrow \frac{۲ \times ۱۰۰}{۲۰} = ٪۱۰$ درصد قلع در آلیاژ

۲۰kg آلیاژ ۱۸ kg مس

۱۰۰ $X \Rightarrow \frac{۱۸ \times ۱۰۰}{۲۰} = ٪۹۰$ درصد مس در آلیاژ

۲ـ مطلوب‌است تعیین درصد اتمی اکسیژن و هیدروژن در آب خالص به فرمول شیمیایی $H_۲O$؟

این رابطه از دو جزء A هیدروژن و جزء B اکسیژن تشکیل شده است طبق روابط بالا داریم

تعداد اتم‌های موجود در مولکول آب ۳ = ۱(O) + ۲(H)

$$\text{درصد اتمی جزء A} = \frac{\text{تعداد اتم‌های A}}{\text{تعداد اتم‌های B + تعداد اتم‌های A}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \frac{۲}{۲+۱} \times ۱۰۰ = ٪۶۶/۶۶۷ \text{ درصد اتمی هیدروژن}$$

درصد اتمی جزء B $= \frac{\text{تعداد اتم‌های B}}{\text{تعداد اتم‌های A + تعداد اتم‌های B}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \frac{۱}{۲+۱} \times ۱۰۰ = \%۳۳/۳۳۴$ درصد اتمی اکسیژن

راه حل دوم که به‌صورت تناسب است (هر روشی که هنرجو راحت‌تر یاد می‌گیرد)

۳atom ($H_۲O$) ۱atom (O)

۱۰۰ $x \Rightarrow \frac{۱\times۱۰۰}{۳} = \%۳۳/۳۳۴$ درصد اتمی اکسیژن

۳atom ($H_۲O$) ۲atom(H)

۱۰۰ $X \Rightarrow \frac{۲\times۱۰۰}{۳} = \%۶۶/۶۶۷$ درصد اتمی هیدروژن

۳ـ مطلوب‌است تعیین درصد اتمی و درصد وزنی آهن و اکسیژن در یک ترکیب متجانس اکسیدی آن به فرمول $Fe_۲O_۳$؟

$M_{Fe}=۵۶$ $M_O=۱۶$

تعداد اتم‌های موجود در مولکول اکسید آهن ۵ =۳(O) + ۲(Fe)

درصد اتمی **درصد اتمی**

اتم اکسیژن	اتم اکسید آهن	اتم آهن	اتم اکسید آهن
۳	۵	۲	۵
$X \Rightarrow \%O = \frac{۳\times۱۰۰}{۵} = \%۶۰$	۱۰۰	$X \Rightarrow \%Fe = \frac{۲\times۱۰۰}{۵} = \%۴۰$	۱۰۰

درصد وزنی

$Fe_۲O_۳=۲\times۵۶+۳\times۱۶=۱۶۰$

آهن	اکسید آهن
۱۱۲gr	۱۶۰gr
$X \Rightarrow \%Fe = \frac{۱۱۲\times۱۰۰}{۱۶۰} = \%۷۰$	۱۰۰

اکسیژن	اکسید آهن
۴۸	۱۶۰gr
$X \Rightarrow \%O = \frac{۴۸\times۱۰۰}{۱۶۰} = \%۳۰$	۱۰۰

۴ـ مقدار آلومینیوم در یک آلیاژ مس آلومینیوم برابر ۹ درصد وزنی است تعیین کنید درصد اتمی آلومینیوم را در این آلیاژ؟

چنانچه وزن این آلیاژ ۱۰۰ گرم درنظر گرفته شود معلوم است که ۹ گرم از آن به آلومینیوم و ۹۱ گرم از آن به مس اختصاص دارد. با توجه به وزن اتمی آلومینیوم و مس که به ترتیب برابر ۲۷ و ۶۴ می‌باشد.

وزن مس ۱۰۰-۹=۹۱gr

$$\%AL=\frac{\frac{\text{A درصد وزنی (X)}}{\text{A وزن اتمی (M)}}}{\frac{\text{A درصد وزنی (X)}}{\text{A وزن اتمی (M)}}+\frac{\text{B درصد وزنی (Y)}}{\text{B وزن اتمی (N)}}}\times ۱۰۰\Rightarrow \%AL=\frac{\frac{۹}{۲۷}}{\frac{۹}{۲۷}+\frac{۹۱}{۶۴}}\times ۱۰۰\Rightarrow \%AL=\frac{۰/۳۳}{۱/۴۲+۰/۳۳}\times ۱۰۰$$

$$\Rightarrow \%AL=\%۱۸/۸۵$$

$$\%CU=\frac{\frac{\text{B درصد وزنی (Y)}}{\text{B وزن اتمی (N)}}}{\frac{\text{A درصد وزنی (X)}}{\text{A وزن اتمی (M)}}+\frac{\text{B درصد وزنی (Y)}}{\text{B وزن اتمی (N)}}}\times ۱۰۰\Rightarrow \%CU=\frac{\frac{۹}{۶۴}}{\frac{۹۱}{۶۴}+\frac{۹}{۲۷}}\times ۱۰۰\Rightarrow \%CU=\frac{۱/۴۲}{۱/۴۲+۰/۳۳}\times ۱۰۰$$

$$\Rightarrow \%CU=\%۸۱/۱۵$$

مثال: برای تهیه ۲۰ کیلو آلیاژ Al_Si (سیلومین) چنانچه ۱۰ درصد این آلیاژ را سیلیسیم تشکیل دهد وزن سیلیسیم و آلومینیوم را در ۲۰ کیلو محاسبه کنید؟

درصد آلومینیوم در آلیاژ ۱۰۰-۱۰=۹۰٪

Al -Si	Si
۱۰۰kg	۱۰kg
۲۰	$X\Rightarrow \frac{۱۰\times ۲۰}{۱۰۰}=۲kg$ وزن سیلیسیم در آلیاژ

وزن آلومینیوم در آلیاژ ۲۰-۲ =۱۸kg

یا

Al -Si	Al
۱۰۰kg	۹۰kg
۲۰	$X\Rightarrow \frac{۹۰\times ۲۰}{۱۰۰}=۱۸kg$ وزن آلومینیوم در آلیاژ

مثال: برای تهیه ۳۰kg از آلیاژ برنز با ترکیب ۸۷٪ مس، ۷٪ قلع و ۱٪ سرب چند کیلو از هر یک از فلزات مورد نیاز است؟

	Cu
۱۰۰ kg	۸۷ kg
۳۰	$X\Rightarrow \frac{۸۷\times ۳۰}{۱۰۰}=۲۶/۱kg$ وزن مس لازم
	Sn
۱۰۰kg	۷kg
۳۰	$X\Rightarrow \frac{۷\times ۳۰}{۱۰۰}=۲/۱kg$ وزن قلع مورد نیاز

Pb

۱۰۰kg ۱kg

۳۰ $X \Rightarrow \frac{۱\times۳۰}{۱۰۰} = ۰/۳\ kg$ وزن سرب لازم

هنرجویان توجه کنند، در مسئله قبلی (امتحان کلاسی) وزن عنصر آلیاژی داده شده بود و درصد عنصر آلیاژی خواسته شده بود، ولی در تمرین بعدی درصد عنصر آلیاژی داده شده و وزن آن خواسته شده است. به این دو مطلب خوب توجه کنند، تا این دو مقوله را از هم تفکیک نمایند.

مثال: برای تهیه ۲۰ کیلو آلیاژ Al - Si (سیلومین) چنانچه ۳ کیلو از این آلیاژ را سیلیسیم تشکیل دهد درصد سیلیسیم و آلومینیوم را محاسبه کنید؟

وزن آلومینیوم در آلیاژ ۲۰-۳=۱۷

Al -Si Si

۲۰ ۳

۱۰۰ $X \Rightarrow \frac{۳\times۱۰۰}{۲۰} = \%۱۵$ درصد سیلیسیم در آلیاژ

درصد آلومینیوم در آلیاژ ۱۰۰-۱۵ =٪۸۵

یا

Al -Si Al

۲۰ ۱۷

۱۰۰ $X \Rightarrow \frac{۱۷\times۱۰۰}{۲۰} = \%۸۵$

مثال: در تهیه یک آلیاژ برنز از ۵۰ کیلو مس خالص، ۳۰ کیلو قلع، ۲۰ کیلو شمش برنز با ترکیب (٪۸۷ مس، ٪۷ قلع، ٪۵ روی و ٪۱ سرب) و ۱۰۰ کیلو تسمه برنزی با ترکیب (٪۸۵ مس، ٪۱۰ قلع، ٪۳ روی و ٪۲ سرب) استفاده شده است. چنانچه اتلافات مذاب منظور نشود تعیین کنید درصد ترکیب آلیاژ را؟

حل:

جرم کل آلیاژ ۲۰۰kg = تسمه برنزی ۱۰۰kg + شمش برنز ۲۰kg + قلع ۳۰kg + مس خالص ۵۰kg

ابتدا وزن تک‌تک عناصر موجود را به‌طور جداگانه در هر یک از آلیاژها مشخص می‌کنیم

اول مس:

۵۰ کیلو به‌صورت خالص وجود دارد

$\frac{۲۰\times۸۷}{۱۰۰} = ۱۷/۴kg$ مقدار مس موجود در شمش برنزی

$\frac{۱۰۰\times۸۵}{۱۰۰} = ۸۵kg$ مقدار مس موجود در تسمه برنزی

وزن کل مس موجود در ۲۰۰ کیلو آلیاژ ۱۵۲/۴kg= ۸۵+ ۱۷/۴+۵۰

عنصر دوم قلع:

۳۰ کیلو به‌صورت خالص وجود دارد

مقدار قلع موجود در شمش برنزی $\frac{۲۰\times۷}{۱۰۰}=۱/۴kg$

مقدار قلع موجود در تسمه برنزی $\frac{۱۰۰\times۱۰}{۱۰۰}=۱۰kg$

وزن کل قلع موجود در ۲۰۰ کیلو آلیاژ ۴۱/۴kg =۱۰+۱/۴+۳۰

عنصر سوم روی:

مقدار روی موجود در شمش برنزی $\frac{۲۰\times۵}{۱۰۰}=۱kg$

مقدار روی موجود در تسمه برنزی $\frac{۱۰۰\times۳}{۱۰۰}=۳\ kg$

وزن کل روی موجود در ۲۰۰ کیلو آلیاژ ۴kg=۱+۳

عنصر چهارم سرب:

مقدار سرب موجود در شمش برنزی $\frac{۲۰\times۱}{۱۰۰}=۰/۲\ kg$

مقدار سرب موجود در تسمه برنزی $\frac{۱۰۰\times۲}{۱۰۰}=۲\ kg$

وزن کل سرب موجود در ۲۰۰ کیلو آلیاژ ۲/۲kg=۲+۰/۲

دانستنی‌های معلم

برای اینکه از صحت محاسبات مطمئن شویم

باید وزن مجموع عناصر آلیاژی با وزن کل شارژ یکی به‌دست آید، وزن کل آلیاژ برابر ۲۰۰ کیلو می‌باشد، حال وزن مجموع عناصر آلیاژی را محاسبه می‌کنیم.

۱۵۲/۴ وزن کل مس + ۴۱/۴ وزن کل قلع + ۴ وزن کل روی + ۲/۲ وزن کل سرب = ۲۰۰ کیلو

بدین ترتیب صحت عملیات اثبات می‌شود

اکنون با چند تناسب درصد هر یک از عناصر آلیاژی را محاسبه می‌کنیم.

آلیاژ	مس
۲۰۰	۱۵۲/۴
۱۰۰	$X\Rightarrow \frac{۱۵۲/۴\times۱۰۰}{۲۰۰}=۷۶/۲$ درصد مس

به همین ترتیب در مورد عناصر دیگر می‌توان نوشت

درصد قلع $\frac{۱۰۰\times۴۱/۴}{۲۰۰}=۲۰/۷$

درصد روی $\frac{۱۰۰\times۴}{۲۰۰}=۲$

درصد سرب $\frac{۱۰۰\times۲/۲}{۲۰۰}=۱/۱$

قسمت پنجم درس: خلاصه درس و تکلیف منزل

ـ در این جلسه با انواع مواد شارژ آشنا شدید و نحوه محاسبه درصد هر عنصر را در آلیاژها یاد گرفتید.

ـ برای تکلیف نمونه‌ای از سؤال زیر و تمرین ۱ و ۲ آخر فصل به هنرجویان داده می‌شود.

برای تهیه آلیاژی از چدن در کوره دوار از سه نوع شمش زیر استفاده شده است چنانچه اتلافات مذاب منظور نشود تعیین کنید درصد هر یک از عناصر را در آلیاژ؟

شمش ۱ به وزن ۵۰ کیلو: کربن ۳/۶٪، سیلیسیم ۲/۴٪، منگنز ۰/۱۶٪، مس ۰/۸۷٪، نیکل ۲٪، مولیبدن ۰/۲٪ و آهن ۹۰/۷۷٪

شمش ۲ به وزن ۴۰ کیلو: کربن ۳/۸٪، سیلیسیم ۲/۸٪، منگنز ۰/۲٪، مس ۱٪، نیکل ۱/۵٪، مولیبدن ۰/۴٪ و آهن ۹۰/۳٪

شمش ۳ به وزن ۳۰ کیلو: کربن ۳/۴٪، سیلیسیم ۲/۶٪، نیکل ۱٪ و آهن ۹۳٪

هفته چهاردهم: حل مسائل نمونه از محاسبات شارژ و تلفات ذوب

این جلسه مربوط به صفحات ۷۱ الی ۷۵ بوده و شامل قسمت‌های زیر است.

۱ـ حضور و غیاب امتحان کلاسی و حل آن

۲ـ حل سؤال تکلیف منزل

۳ـ حل مسائل نمونه

۴ـ محاسبه تلفات در شارژ و حل تمرین

۵ـ خلاصه درس و تکلیف منزل

قسمت اول درس

پس از استقرار هنرجویان امتحان کلاسی از مطالب جلسه قبل به عمل می‌آید. در حین امتحان حضور و غیاب نیز انجام می‌شود البته جهت حل امتحان کلاسی بهتر است از هنرجویانی که در امتحانات قبلی نمره خوبی گرفته‌اند استفاده شود.

نام و نام خانوادگی ..... زمان ۲۰ دقیقه
برای تهیه آلیاژی از برنز از ۲۵ کیلو مس خالص، ۱۵ کیلو قلع و ۱۰ کیلو شمش برنزی با ترکیب (۸۷٪ مس، ۷٪ قلع، ۶٪ روی) استفاده شده است. چنانچه از اتلافات مذاب صرفنظر شود درصد ترکیب آلیاژ را محاسبه کنید؟

پس از ۲۰ دقیقه برگه‌ها با هنرجوی روبرویی تعویض شده و از یکی از هنرجویان خواسته می‌شود (طبق شناخت قبلی هنرآموز از هنرجویان) برای حل تمرین به جلوی تخته بیاید و با راهنمایی هنرآموز مربوطه مسئله حل شود.

جرم کل آلیاژ ۲۵+۱۵+۱۰=۵۰kg

$$Cu = ۲۵ + \frac{۱۰ \times ۸۷}{۱۰۰} = ۳۳/۷kg$$

$$Sn = ۱۵ + \frac{۱۰ \times ۷}{۱۰۰} = ۱۵/۷kg$$

$$Zn = \frac{۱۰ \times ۶}{۱۰۰} = ۰/۶kg$$

امتحان صحت محاسبات ۳۳/۷+۱۵/۷ +۰/۶=۵۰kg

$$\%Cu = \frac{۱۰۰ \times ۳۳/۷}{۵۰} = ۶۷/۴$$

$$\%Sn = \frac{۱۰۰ \times ۱۵/۷}{۵۰} = ۳۱/۴$$

$$\%Zn = \frac{۱۰۰ \times ۰/۶}{۵۰} = ۱/۲$$

قسمت دوم درس: حل تمرین منزل

وزن عناصر موجود در کل آلیاژ

$$C = \frac{۵۰ \times ۳/۶}{۱۰۰} + \frac{۴۰ \times ۳/۸}{۱۰۰} + \frac{۳۰ \times ۳/۴}{۱۰۰} = ۴/۳۴ kg$$

$$Si = \frac{۵۰ \times ۲/۴}{۱۰۰} + \frac{۴۰ \times ۲/۸}{۱۰۰} + \frac{۳۰ \times ۲/۶}{۱۰۰} = ۳/۱ kg$$

$$Mn = \frac{۵۰ \times ۰/۱۶}{۱۰۰} + \frac{۴۰ \times ۰/۲}{۱۰۰} = ۰/۱۶ kg$$

$$Cu = \frac{۵۰ \times ۰/۸۷}{۱۰۰} + \frac{۴۰ \times ۱}{۱۰۰} = ۰/۸۳۵ kg$$

$$Ni = \frac{۵۰ \times ۲}{۱۰۰} + \frac{۴۰ \times ۱/۵}{۱۰۰} + \frac{۳۰ \times ۱}{۱۰۰} = ۱/۹ kg$$

$$Mo = \frac{۵۰ \times ۰/۲}{۱۰۰} + \frac{۴۰ \times ۰/۴}{۱۰۰} = ۰/۲۶ kg$$

ترکیب آلیاژ:

$$\%C = \frac{۴/۳۴ \times ۱۰۰}{۱۲۰} = ۳/۶۱۶$$

$$\%Si = \frac{۳/۱ \times ۱۰۰}{۱۲۰} = ۲/۵۸۳$$

$$\%Mn = \frac{۰/۱۶ \times ۱۰۰}{۱۲۰} = ۰/۱۳$$

$$\%Cu = \frac{۰/۸۳۵ \times ۱۰۰}{۱۲۰} = ۰/۶۹۵$$

$$\%Ni = \frac{۱/۹ \times ۱۰۰}{۱۲۰} = ۱/۵۳$$

$$\%Mo = \frac{۰/۲۶ \times ۱۰۰}{۱۲۰} = ۰/۲۱۶$$

قسمت سوم درس

در این قسمت از درس مسئله را به این شکل طرح می‌کنیم که اگر ترکیب مشخصی را بخواهیم و شمش‌های متفاوتی داشته باشیم با درصدهای متفاوت از عناصر آلیاژی آنگاه چگونه از هر یک از شمش‌ها مقدار مشخص آن‌را برداریم تا ترکیب موردنظر به‌دست آید. برای حل اینگونه مسائل به مثال زیر توجه کنید.

مثال: برای تهیه ۲۵ کیلو از آلیاژ آلومینیومی با ترکیب ۱۲٪ سیلیسیم، ۰/۲٪ مس و ۰/۱٪ منیزیم و بقیه آلومینیوم شمش‌های زیر موجود هستند. (از تلفات صرف‌نظر شود)

۱ـ شمش آلومینیوم با ۱۵٪ سیلیسیم و ۰/۱٪ مس ۲ـ شمش خالص آلومینیوم

۳ـ شمش خالص منیزیم ۴ـ شمش خالص مس

در ابتدا باید وزن هر یک از عناصر موجود در آلیاژ را به‌دست آوریم

$Al = ۱۰۰-(۱۲+۰/۲+۰/۱)=۸۷/۷$

$\frac{۲۵\times ۸۷/۷}{۱۰۰}=۲۱/۹۲kg$ وزن آلومینیوم مورد نیاز برای ۲۵ کیلو ترکیب

$\frac{۲۵\times ۱۲}{۱۰۰}=۳kg$ وزن سیلیسیم مورد نیاز برای ۲۵ کیلو ترکیب

$\frac{۲۵\times ۰/۲}{۱۰۰}=۰/۰۵kg$ وزن مس مورد نیاز برای ۲۵ کیلو ترکیب

$\frac{۲۵\times ۰/۱}{۱۰۰}=۰/۰۲۵kg$ وزن منیزیم مورد نیاز برای ۲۵ کیلو ترکیب

امتحان صحت محاسبات ۲۱/۹۲+ ۳+ ۰/۰۵ + ۰/۰۲۵ = ۲۴/۹۹

از آنجایی که سیلیسیم فقط باید از شمش تأمین شود و سایر عناصر به‌صورت خالص وجود دارند و می‌توانند از خالص آنها تأمین شوند بنابراین تمام سیلیسیم مورد نیاز را از شمش آلومینیوم- سیلیسیم ۱۵٪ می‌گیریم.

شمش آلومینیوم- سیلیسیم	سیلیسیم
۱۰۰	۱۵
X	$۳ \Rightarrow \frac{۳\times ۱۰۰}{۱۵}=۲۰kg$

یعنی اگر ۲۰ کیلو از شمش ۱۵٪ سیلیسیم برداریم ۳ کیلو سیلیسیم مورد نیاز برای ۲۵ کیلو ترکیب تأمین می‌شود.

اما باید توجه کرد که به همراه این ۲۰ کیلو شمشی که جهت تأمین سیلیسیم گرفته شده آلومینیوم و مس هم وارد ترکیب می‌شوند. بنابراین باید مقدار مس و آلومینیومی که از طرف این ۲۰ کیلو شمش تأمین می‌شود محاسبه گردد، پس:

	Cu
۱۰۰	۰/۱
۲۰	$X \Rightarrow \frac{۲۰\times ۰/۱}{۱۰۰}=۰/۰۲kg$ مقدار مسی که از ۲۰ کیلو شمش ۱۵٪ سیلیسیم وارد ترکیب می‌شود

اما مقدار مس مورد نیاز ۰/۰۵ کیلو می‌باشد که باقیمانده باید از مس خالص تأمین شود

این مقدار باید از شمش خالص تأمین شود $۰/۰۵ - ۰/۰۲ = ۰/۰۳ kg$

از این ۲۰ کیلو شمش علاوه بر مس، آلومینیوم نیز وارد می‌شود بنابراین وزن آلومینیوم برابر است با آلومینیوم موجود در شمش ۱۵٪ سیلیسیم $۱۰۰-(۱۵+۰/۱)=۸۴/۹kg$

Al

۱۰۰ ۸۴/۹

۲۰ $X \Rightarrow \frac{۸۴/۹ \times ۲۰}{۱۰۰} = ۱۶/۹۸ kg$ مقدار آلومینیومی که از ۲۰ کیلو شمش وارد ترکیب می‌شود

اما آلومینیوم مورد نیاز برای ترکیب ۲۱/۹۲ کیلو بوده که ۱۶/۹۸ کیلوی آن تأمین شده پس باقیمانده باید از شمش خالص آلومینیوم تأمین شود. بنابراین

باید از شمش خالص تأمین شود ۲۱/۹۲-۱۶/۹۸=۴/۹۴kg

آخرین عنصر ترکیب منیزیم می‌باشد، از آنجایی که در آمیژان هیچ منیزیمی وجود ندارد بنابراین باید از شمش خالص منیزیم به میزان ۰/۰۲۵ کیلو تأمین شود

مثال: برای تهیه ۳۰ کیلو از آلیاژ آلومینیومی با ترکیب ۱۲٪ سیلیسیم، ۰/۷٪ مس و ۰/۴٪ منیزیم و بقیه آلومینیوم شمش‌های زیر موجود هستند (از تلفات صرفنظر شود)

۱ـ شمش آلومینیوم با ۱۰٪ سیلیسیم و ۰/۱٪ مس و ۰/۱٪ منیزیم ۲ـ شمش خالص آلومینیوم

۳ـ شمش خالص منیزیم ۴ـ شمش خالص مس

۵ـ آمیژان آلومینیوم منیزیم با ۵۰٪ منیزیم

سیلیسیم

۱۰۰ ۱۲

۳۰ $X = \frac{۳۰ \times ۱۲}{۱۰۰} = ۳/۶ kg$ سیلیسیم لازم

Cu

۱۰۰ ۰/۷

۳۰ X=۰/۲۱ kg مس لازم

Mg

۱۰۰ ۰/۴

۳۰ X=۰/۱۲kg منیزیم لازم

۱۰۰-(۱۲+۰/۷ +۰/۴) = ۸۶/۹ kg آلومینیوم موجود در ترکیب

Al

۱۰۰ ۸۶/۹

۳۰ X=۲۶/۰۷ kg آلومینیوم لازم

از آنجایی که سیلیسیم لازم فقط از آمیژان شماره یک باید تأمین می‌شود بنابراین کل سیلیسیم لازم از

آمیژان شماره یک گرفته می‌شود

Si

۱۰۰ ۱۰

X $۳/۶ = \frac{۱۰۰ \times ۳/۶}{۱۰} = ۳۶ kg$

Cu

۱۰۰ ۰/۱

۳۶ X= ۰/۰۳۶ kg مسی که از آمیژان شماره یک به همراه سیلیسیم می‌آید

۰/۲۱ -۰/۰۳۶ = ۰/۱۷۴ kg باید از شمش مس خالص تأمین شود

Mg

۱۰۰ ۰/۱

۳۶ X=۰/۰۳۶ منیزیمی که از آمیژان شماره یک به همراه سیلیسیم می‌آید

۰/۱۲-۰/۰۳۶=۰/۰۸۴kg منیزیمی که باید از آمیژان شماره ۵ تأمین شود

Mg

۱۰۰ ۵۰

X ۰/۰۸۴ = ۰/۱۶۸ kg منیزیمی که باید از آمیژان شماره ۵ گرفته شود

توجه معلم

از شمش خالص منیزیم به دلیل سوختن و تلفات بالای آن استفاده نمی‌شود. همواره سعی براین است که از آمیژان عناصر استفاده شود.

مثال: برای تهیه ۲۵ کیلو از مذاب آلومینیوم با ترکیب ۱۱٪ سیلیسیم، ۰/۷٪ مس، ۰/۳٪ منیزیم و بقیه آلومینیوم مقدار لازم از هر یک از عناصر را محاسبه نمایید (از تلفات صرفنظر شود)

Si

۱۰۰ ۱۱

۲۵ $X \Rightarrow \frac{۲۵ \times ۱۱}{۱۰۰} = ۲/۷۵ kg$ مقدار سیلیسیم لازم

$\frac{۲۵ \times ۰/۷}{۱۰۰} = ۰/۱۷۵ kg$ مقدار مس لازم

$\frac{۲۵ \times ۰/۳}{۱۰۰} = ۰/۰۷۵ kg$ مقدار منیزیم لازم

۱۰۰-(۱۱+۰/۷+۰/۳) =۸۸ مقدار آلومینیوم موجود در ترکیب

$\frac{۲۵ \times ۸۸}{۱۰۰} = ۲۲ kg$ مقدار آلومینیوم لازم

قسمت چهارم درس: تلفات کوره

در عمل همواره نسبتی از عناصر ترکیبی در اثر فعل و انفعال با هوا یا مواد سوخت به سرباره منتقل می‌شوند.

اتلافات ذوب به عوامل متعددی بستگی دارد که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:

الف) روش باردهی و اندازه قطعات: قطعات کوچک سطح تماس زیادتری داشته، بنابراین با سرعت بیشتری اکسید می‌شوند همانگونه که در فصل سوم مدول سطحی محاسبه شد. بنابراین جهت ذوب براده‌ها آنها را به‌شکل بلوک‌هایی آماده کرده و سپس ذوب می‌کنند.

ب) روش و شرایط ذوب: اتمسفر محیط، درجه حرارت فوق ذوب، استفاده از فلاکس‌های پوششی و ... می‌توانند در مقدار تلفات مذاب مؤثر باشند. در مورد هر یک از پارامترهای فوق در درس اصول متالورژیکی به‌طور کامل توضیح داده شد.

ج) نوع کوره: کوره‌ها اتلافات متفاوتی دارند که از نوع سوخت و ارتباط سوخت با مذاب ناشی می‌شود. هر یک از کوره‌های زمینی، تشعشعی، القایی و قوسی اتلافات متفاوتی دارند. در جدول ۲ـ۴ کتاب محاسبات فنی تخصصی این مقدار برای هریک از کوره‌ها و فلزات مختلف نشان داده شده است.

د) نوع شارژ: شارژ از شمش‌های اولیه و یا قراضه تشکیل شده که مقدار اتلافات هر یک متفاوت است.

دانستنی‌های معلم

محاسبه مقدار تلفات با دو روش تناسب و محاسبه مستقیم مقدار کل تلفات انجام می‌گیرد، محاسبه مقدار تلفات به روش تناسب مقدار دقیقی را به ما نمی‌دهد زیرا وزن تلفات محاسبه شده خود دارای تلفات است که این تلفات محاسبه نشده است. در درصدهای کم (مقادیر کم) تلفات این مقدار کم بوده و قابل چشم‌پوشی است. ولی وقتی درصد تلفات زیاد باشد و قطعه تولیدی نیز به مقادیر جزیی عنصر آلیاژی حساس باشد، این مقدار محاسبه شده دیگر قابل چشم‌پوشی نیست. بهترین روش محاسبه مقدار تلفات که در نهایت مقدار کل به همراه تلفات را می‌دهد رابطه زیر است.

$$\text{مقدار مورد نیاز} = \frac{\text{ترکیب}}{\text{درصد تلفات} - ۱}$$

مثلاً: منیزیم را برای یک آلیاژ آلومینیوم درنظر بگیرید طبق جدول ۲ـ۴ کتاب محاسبات فنی تخصصی مقدار تلفات در کوره‌های مختلف از ۲ درصد تا ۱۰ درصد متغیر است و از طرفی مقدار منیزیم طبق جدول ۱ـ۴ کتاب محاسبات فنی تخصصی در آلیاژ آلومینیوم بین ۹ تا ۱۱ درصد نیز می‌رسد.

حال آلیاژی از قراضه منیزیم را اگر بخواهیم در یک کوره شعله‌ای که ۱۰ درصد تلفات دارد ذوب کنیم به فرض ۱۱ درصد منیزیم.

۱۰۰ تلف شده ۱۰

۱۱ جرم منیزیم تلف شده به روش تناسب $X \Rightarrow \frac{۱۰\times۱۱}{۱۰۰}=۱/۱kg$

وزن منیزیم محاسبه شده $X_{Mg}=۱۱+۱/۱=۱۲/۱$

وزن منیزیم محاسبه شده با احتساب تلفات $X_{Mg}=\frac{۱۱}{۱-\frac{۱۰}{۱۰۰}}=\frac{۱۱}{۱-۰/۱}=۱۲/۲۲$

اختلاف دو وزن محاسبه شده ۱۲/۲۲-۱۲/۱=۰/۱۲

حال پرسیده می‌شود، این اختلاف از کجا ناشی می‌شود؟

همان‌گونه که دیده می‌شود روش دوم هم راحت‌تر و هم سریع‌تر مقدار کل را می‌دهد. از طرفی مقدار محاسبه شده در روش دوم کمی بیشتر از روش اول است و این مقدار همان‌گونه که قبلاً گفته شد وزن تلفات محاسبه شده خود دارای تلفات است که این تلفات در روش اول (تناسب) محاسبه نشده است.

ـ سؤال ۳ آخر فصل نیز حل گردد.

مثال: از آنجایی که کتاب تلفات را به‌صورت تناسبی حل کرده بهتر است با همین روند مسائل حل شود. اما روش محاسبه تلفات به همراه وزن عنصر مورد نظر جهت تکمیل مطالب به هنرجویان آموزش داده شود.

حل تمرین شماره ۴ آخر فصل:

مقدار منگنزی که باید اضافه شود ۰/۷۵-۰/۵ =۰/۲۵

۱۰۰ ۰/۲۵

۱۰۰ به ازای هر صد کیلو $X \Rightarrow X=\frac{۱۰۰\times۰/۲۵}{۱۰۰}=۰/۲۵$

Fe-Mn

۱۰۰ ۷۰

X $۰/۲۵ \Rightarrow X=\frac{۱۰۰\times۰/۲۵}{۷۰}=۰/۳۵۷kg$

تلفات منگنز $\frac{۰/۳۵۷\times۲۵}{۱۰۰}=۰/۰۸۹$

مقدار فرو منگنز مورد نیاز ۰/۳۵۷+۰/۰۸۹=۰/۴۴۶kg

مقدار فرو منگنز برای یک تن مذاب ۰/۴۴۶×۱۰=۴/۴۶kg

حل تمرین شماره ۵ آخر فصل:

مقدار مس تلف شده $۲۰\times\frac{۱}{۱۰۰}=۰/۲kg$

مس باقیمانده $۲۰-۰/۲=۱۹/۸\ kg$

مقدار روی تلف شده $۱/۷۵\times\frac{۳}{۱۰۰}=۰/۰۵۲۵kg$

مقدار روی باقیمانده $۱/۷۵-۰/۰۵۲۵=۱/۶۹kg$

مقدار قلع تلف شده $۱/۲۵\times\frac{۱/۲}{۱۰۰}=۰/۰۱۵kg$

مقدار قلع باقیمانده $۱/۲۵-۰/۰۱۵=۱/۲۳kg$

وزن کل آلیاژ $M=۱۹/۸+۱/۶۹+۱/۲۳=۲۲/۷۲kg$

۲۲/۷۲ ۱۹/۸

۱۰۰ $X\Rightarrow X=٪۸۷/۱۴$ درصد مس در بوته

۲۲/۷۲ ۱/۶۹

۱۰۰ $X=\Rightarrow X=٪۷/۴۴$ درصد روی در بوته

۲۲/۷۲ ۱/۲۳

۱۰۰ $X=\Rightarrow X=٪۵/۴۱$ درصد قلع در بوته

قسمت پنجم درس: خلاصه درس و تکلیف منزل

در این جلسه متوجه شدید که تمام مقدار موادی را که به شارژ اضافه می‌کنید در شمش یا آلیاژ نهایی نخواهد ماند بلکه درصدی از آنها در حین ذوب سوخته و از آلیاژ (ذوب) خارج می‌شوند. این مقدار کسر شده را تلفات می‌گویند که با محاسبه آن آشنا شدید. در واقع باید میزان مواد شارژ را مقداری اضافه‌تر درنظر گرفت به‌نحوی که پس از تلفات مقدار مورد نیاز در ذوب باقی بماند.

برای جلسه آینده تمرین ۶ آخر فصل را به عنوان تکلیف منزل حل کنند.

هفته پانزدهم: محاسبه جرم قطعه ریختگی به کمک جرم مدل و محاسبه جرم قطعه ریختگی با توجه به ضریب انقباض خطی و محاسبه انقباض مضاعف

این جلسه از مباحث ذیل تشکیل شده است (صفحات ۷۶ الی ۷۹)

۱ـ حضور و غیاب امتحان کلاسی و حل آن

۲ـ حل سؤال و تکلیف منزل

۳ـ محاسبه جرم قطعه ریختگی به کمک جرم مدل

۴ـ محاسبه جرم قطعه ریختگی با توجه به ضریب انقباض خطی

۵ـ محاسبه انقباض مضاعف

۶ـ خلاصه درس و تکلیف منزل

قسمت اول درس

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

نام و نام خانوادگی ..... زمان ۱۵ دقیقه

۴۰ کیلو شمش برنز با ترکیب ۱۰٪ قلع، ۶٪ روی و ۴٪ سرب، و بقیه مس وجود دارد چنانچه تلفات قلع ۵٪ و روی ۷٪ و سرب ۰/۵٪ و مس ۱٪ باشد مقدار (وزن) هر کدام از عناصر تشکیل‌دهنده برنز در ۴۰ کیلو چقدر است؟

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

حل سؤال امتحانی:

Sn

۱۰۰ ۱۰

۴۰ $X \Rightarrow X=4kg$ قلع موجود در ۴۰ کیلو شمش برنز

Zn

۱۰۰ ۶

۴۰ $X \Rightarrow X=2/4kg$ روی موجود در ۴۰ کیلو شمش برنز

Pb

۱۰۰ ۴

۴۰ X⇒X=۱/۶kg سرب موجود در ۴۰ کیلو شمش برنز

Cu

۱۰۰ ۸۰

۴۰ X⇒X=۳۲kg مس موجود در ۴۰ کیلو شمش برنز

$۴\times\frac{۵}{۱۰۰}=۰/۲kg$ تلفات قلع ۴+۰/۲=۴/۲kg قلع لازم

$۲/۴\times\frac{۷}{۱۰۰}=۰/۱۶۸kg$ تلفات روی ۲/۴+۰/۱۶۸=۲/۵۶۸kg روی لازم

$۱/۶\times\frac{۰/۵}{۱۰۰}=۰/۰۰۸kg$ تلفات سرب ۱/۶+۰/۰۰۸=۱/۶۰۸kg سرب لازم

$۳۲\times\frac{۱}{۱۰۰}=۰/۳۲kg$ تلفات مس ۳۲+۰/۳۲=۳۲/۳۲kg مس لازم

قسمت دوم درس: حل تکلیف منزل

درصد آلومینیوم ٪۹۳/۳۵=(۵+۰/۴ +۱/۲۵)-۱۰۰

Si

۱۰۰ ۵

۱۰۰۰ X⇒X=۵۰kg وزن سیلیسیم در ۱۰۰۰ کیلو آلیاژ آلومینیوم

Mg

۱۰۰ ۰/۴

۱۰۰۰ X⇒X=۴kg وزن منیزیم در ۱۰۰۰ کیلو آلیاژ آلومینیوم

Cu

۱۰۰ ۱/۲۵

۱۰۰۰ X⇒X=۱۲/۵kg وزن مس در ۱۰۰۰ کیلو آلیاژ آلومینیوم

Al

۱۰۰ ۹۳/۳۵

۱۰۰۰ X⇒X=۹۳۳/۵kg وزن آلومینیوم در ۱۰۰۰ کیلو آلیاژ آلومینیوم

$Si\Rightarrow ۵۰\times\frac{۱}{۱۰۰}=۰/۵$ تلفات سیلیسیم ۵۰+۰/۵=۵۰/۵ سیلیسیم لازم

$Mg\Rightarrow ۳\times\frac{۴}{۱۰۰}=۰/۱۲$ تلفات منیزیم ۴+۰/۱۲=۴/۱۲ منیزیم لازم

$Cu\Rightarrow ۱۲/۵\times\frac{۱}{۱۰۰}=۰/۱۲۵$ تلفات مس ۱۲/۵+۰/۱۲۵ =۱۲/۶۲۵ مس لازم

$Al\Rightarrow ۹۳۳/۵\times\frac{۱}{۱۰۰}=۹/۳۳۵$ تلفات آلومینیوم ۹۳۳/۵+۹/۳۳۵=۹۴۲/۸۳۵ آلومینیوم لازم

Si

۱۰۰ ۱۳

X ۵۰/۵⇒X=۳۸۸/۴۶ kg باید از آلیاژ ۱۳٪ سیلیسیم گرفته شود تا ۵٪ سیلیسیم آلیاژ تأمین گردد

آلومینیومی که از آلیاژ ۱۳٪ سیلیسیم وارد مذاب می‌شود ۳۸۸/۴۶-۵۰/۵=۳۳۷/۹kg

Mg

۱۰۰ ۱۰

X ۴/۲⇒X=۴۱/۲kg باید از آلیاژ ۱۰٪ منیزیم گرفته شود تا ۰/۴٪ منیزیم آلیاژ تأمین گردد

آلومینیومی که از آلیاژ ۱۰٪ منیزیم وارد مذاب می‌شود ۴۱/۲-۴/۱۲=۳۷/۰۸ kg

Cu

۱۰۰ ۵۰

X ۱۲/۶۲⇒ X=۲۵/۲۴ kg باید از آلیاژ ۵۰٪ مس گرفته شود تا ۱/۲۵٪ مس آلیاژ تأمین گردد

آلومینیومی که از آلیاژ ۵۰٪ مس وارد مذاب می‌شود ۲۵/۲۴-۱۲/۶۲=۱۲/۶۲ kg

مقدار آلومینیومی که باید از شمش آلومینیوم خالص تأمین شود ۹۴۲/۸۳-(۳۳۷/۹+۳۷/۰۸+۱۲/۶۲) =۵۵۶/۱۳ kg

قسمت سوم درس: محاسبه جرم قطعه ریختگی به کمک جرم مدل

جرم قطعاتی که قالب‌گیری آنها احتیاج به ماهیچه گذاری ندارند از روی نسبت چگالی قطعه به چگالی مدل محاسبه می‌شود، این در صورتی است که حجم مدل و حجم قطعه یکسان فرض شود. معادله زیر قابل استفاده است.

$$m_C = m_M \times \frac{\rho_C}{\rho_M}$$

توجه معلم

از آنجایی که در قطعات تولیدی اضافه تراش، شیب و انقباض درنظرگرفته می‌شود. چون اضافه تراش و شیب در تبدیل مدل به قطعه تغییر نمی‌کنند و ثابت می‌مانند ولی انقباض موجب کاهش ابعاد قطعه و در نهایت حجم قطعه و در آخر موجب کاهش وزن قطعه می‌شود بنابراین رابطه فوق تقریبی می‌باشد. یعنی حدود وزن قطعه را می‌دهد.

اثبات رابطه

$$\rho_C = \frac{m_C}{V_C} \Rightarrow m_C = \rho_C \times V_C$$

$$\rho_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow m_M = \rho_M \times V_M$$ از تقسیم دو رابطه فوق نسبت به هم

چون فرض کردیم حجم قطعه و مدل برابر باشند $\Rightarrow \frac{m_C}{m_M}=\frac{\rho_C \times V_C}{\rho_M \times V_M}$

$$\boxed{\frac{m_C}{m_M}=\frac{\rho_C}{\rho_M}}$$

به نسبت‌های رابطه توجه شود $\frac{m_M}{m_C}=\frac{\rho_M}{\rho_C}$ این رابطه به شکل فوق هم نوشته می‌شود.

مثال: جرم یک قطعه ریخته شده از چدن به چگالی $۷/۲\ gr/cm^۳$ برابر $۵۱kg$ است. چنانچه قالب‌گیری ساده و بدون ماهیچه‌گذاری انجام گیرد و از انقباض قطعه صرفنظر شود مطلوب‌است؟

الف) محاسبه حجم قطعه برحسب دسی متر مکعب

ب) جرم مدل چوبی بر حسب کیلوگرم با چگالی $۰/۶۵\ gr/cm^۳$

ج) جرم مدل آلومینیومی برحسب کیلوگرم با چگالی $۲/۷\ gr/cm^۳$

الف)

$$\rho_C=\frac{m_C}{V_C}\Rightarrow ۷/۲=\frac{۵۱}{V_C}\Rightarrow V_C=۷/۰۸۳dm^۳$$

توجه معلم

همانگونه که ملاحظه می‌شود چگالی صورت مسئله برحسب $gr/cm^۳$ است و بدون تبدیل واحد به $kg/dm^۳$ تبدیل شده.

صورت مسئله را اینگونه طرح می‌کنیم که $۱gr/cm^۳$ چند $kg/dm^۳$ است؟

در فصل اول در مورد تبدیل واحدها به یکدیگر توضیح داده شد. پس همانند روش آموخته شده عمل می‌کنیم.

gr	۱kg	$۱۰۰۰cm^۳$	kg
$Cm^۳$	۱۰۰۰gr	$۱dm^۳$	$dm^۳$

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

یعنی $۱gr/cm^۳$ برابر با $۱kg/dm^۳$ می‌باشد.

ب)

$$\frac{m_C}{m_M}=\frac{\rho_C}{\rho_M}\Rightarrow \frac{۵۱}{m_M}=\frac{۷/۲}{۰/۶۵}\Rightarrow m_M=۴/۶۰۴kg$$

از آنجایی که حجم مدل و حجم قطعه با هم برابر فرض شده‌اند.

راه حل اول:

$$\rho_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow ۰/۶۵ = \frac{m_M}{۷/۰۸۳} \Rightarrow m_M = ۴/۶۰۴kg$$

ج)

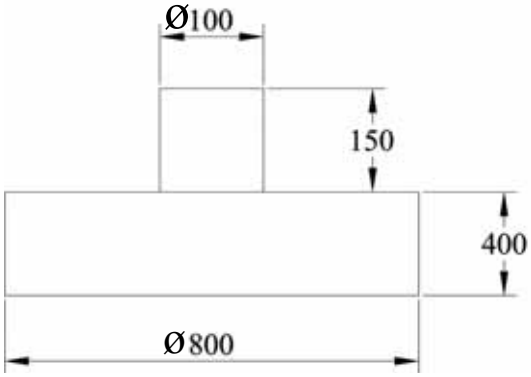
$$\frac{m_C}{m_M} = \frac{\rho_C}{\rho_M} \Rightarrow \frac{۵۱}{m_M} = \frac{۷/۲}{۲/۷} \Rightarrow m_M = ۱۹/۱۲۵kg$$

راه حل دوم: اطلاعات مدل چوبی کامل شده را می‌توان به عنوان اطلاعات قطعه درنظر گرفت و مسئله را به این صورت حل نمود.

$$\frac{m_C}{m_M} = \frac{\rho_C}{\rho_M} \Rightarrow \frac{۴/۶۰۴}{m_M} = \frac{۰/۶۵}{۲/۷} \Rightarrow m_M = ۱۹/۱۲۴kg$$

پس از حل این مسئله یک مثال در رابطه با کار عملی هنرجویان زده می‌شود تا بتوانند کاربرد این رابطه را در کارهای عملی بهتر احساس کنند.

مثال: مدلی به شکل زیر از جنس چوب با چگالی $۰/۷gr/cm^۳$ ساخته شده چنانچه بخواهیم از روی این مدل یک عدد قطعه چدنی با چگالی $۷/۸\ gr/cm^۳$ تولید کنیم وزن قطعه حدوداً چند کیلو خواهد بود که با احتساب وزن سیستم راهگاهی مقدار تقریبی شمش شارژ شده در کوره را به‌دست آوریم (از انقباض صرفنظر شود)



شکل ۱-۱۵

با دو روش می‌توان این مسئله را حل کرد.

روش اول: برای هنرجویان توضیح داده می‌شود که مدل چوبی را با ترازو وزن کرده و جرم آن‌را به‌دست می‌آوریم چنانچه چگالی چوب را بخواهیم هم می‌توانیم از منابع مختلف این چگالی را به‌دست آوریم مثلاً از کتاب تکنولوژیِ کارگاه مدل‌سازی با داشتن وزن و چگالی چوب از رابطه $\rho_M = \frac{m_M}{V_M}$ حجم به‌دست می‌آید چون حجم مدل و حجم قطعه یکسان فرض شده، بنابراین از رابطه $\rho_C = \frac{m_C}{V_C}$ می‌توان جرم قطعه را محاسبه نمود.

روش دوم: با توجه به ابعاد مدل چوبی حجم آن‌را می‌توان محاسبه نمود چون حجم قطعه و مدل یکسان فرض شده با داشتن چگالی قطعه جرم قطعه قابل محاسبه است. (اندازه‌های میلی‌متر باید به دسی‌متر تبدیل

شوند)

$$V_M = (\frac{\pi D^2}{4} \times H) + (\frac{\pi d^2}{4} \times h) \Rightarrow V_M = (\frac{3/14 \times 8^2}{4} \times 4) + (\frac{3/14 \times 1^2}{4} \times 1/5) \Rightarrow V_M = 202/137 dm^3$$

$$V_M = V_C \Rightarrow V_C = 202/1375\ dm^3$$

$$\rho_C = \frac{m_C}{V_C} \Rightarrow 7/8 = \frac{m_C}{202/137} \Rightarrow m_C = 1576/66 kg$$

وزن مدل را هم می‌توان از رابطه زیر به‌دست آورد.

$$\rho_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow 0/7 = \frac{m_M}{202/137} \Rightarrow m_M = 141/49 \approx 141/5 kg$$

دانستنی‌های معلم

تأثیر عناصر آلیاژی در وزن مخصوص: همانگونه که در ابتدای این فصل توضیح داده شد آلیاژها اجسامی هستند که همواره بیش از یک نوع اتم در ساختمان آنها دخالت دارد. در عمل به استثنای موارد معدودی که از فلز خالص استفاده می‌شود عموماً قطعات صنعتی از آلیاژ تشکیل شده است. بنابراین چون وزن مخصوص نسبی و یا چگالی فلزات و عناصر با هم متفاوت هستند، در نتیجه وزن مخصوص یک آلیاژ همواره تابعی از نسبت ترکیبی عناصر متشکله خود می‌باشند. به‌طور مثال وزن مخصوص فولادی با ۱/۲ درصد کربن در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد برابر با ۷/۸۳۰ می‌باشد درحالی‌که وزن مخصوص همین فولاد در دمای ۱۵ درجه با ۰/۲ درصد کربن برابر با ۷/۸۵۹ می‌باشد. در حالت کلی وزن مخصوص هر دو آلیاژ با وزن مخصوص اجزاء تشکیل دهنده آن مغایر می‌باشد. بدیهی است که نسبت ترکیبی و عناصر موجود در آلیاژ علاوه بر وزن مخصوص در کلیه مشخصات مکانیکی، فیزیکی، شیمیایی و متالورژیکی آلیاژ تأثیر مطلق دارند.

تعیین وزن مخصوص آلیاژها: تغییرات وزن مخصوص آلیاژها با تغییرات درصد عناصر ترکیبی آلیاژ قابل محاسبه می‌باشند، که این محاسبه می‌تواند براساس درصد ترکیبی آلیاژ در مقیاس‌های وزنی، حجمی و یا اتمی بیان شود اما از آنجایی که عموماً براساس درصد وزنی ترکیب آلیاژ عنوان می‌شود محاسبه وزن مخصوص با درصد وزنی به‌صورت زیر است.

$$\frac{X}{\rho_A} + \frac{100 - X}{\rho_B} = V$$

$$\text{وزن مخصوص آلیاژ } \rho = \frac{100}{V}$$

مثال: آلیاژی است از آلومینیوم- سیلیسیم با ترکیب ۱۲٪ وزنی سیلیسیم و بقیه آلومینیوم (سیلومین) در صورتی‌که وزن مخصوص آلومینیوم ۲/۷ و وزن مخصوص سیلیسیم ۲/۳ باشد وزن مخصوص آلیاژ را تعیین

کنید؟

$X=۱۲ \qquad P_{SI}=۲/۳ \qquad P_{Al}=۲/۷$

$$\frac{X}{\rho_A}+\frac{۱۰۰-X}{\rho_B}=V$$

$$V=\frac{۱۲}{۲/۳}+\frac{۱۰۰-۱۲}{۲/۷}\Rightarrow V=۵/۲۱+۳۲/۵۹=۳۷/۸Cm^۳$$

$$\rho=\frac{۱۰۰}{V}\Rightarrow \rho=\frac{۱۰۰}{۳۷/۸}\Rightarrow \rho=۲/۶۴$$

وزن مخصوص با درصد حجمی:

$$P=X\times \rho_A+(۱۰۰-X)\times \rho_B$$

$$\rho=\frac{P}{۱۰۰}$$

مثال: جرم یک قطعه فولادی ریختگی به چگالی $gr/cm^۳$ ۷/۸۴ برابر است با ۲۴ کیلوگرم اگر قالب‌گیری ساده و از انقباض صرفنظر شود مطلوب‌است.

الف) حجم قطعه بر حسب دسی‌متر مکعب

ب) جرم مدل چوبی آن بر حسب کیلوگرم با چگالی $gr/cm^۳$ ۰/۶۱

$$\rho_C=\frac{m_C}{V_C}\Rightarrow ۷/۸۴=\frac{۲۴}{V_C}\Rightarrow V_C=۳/۰۶dm^۳$$

$$\frac{m_C}{m_M}=\frac{\rho_C}{\rho_M}\Rightarrow \frac{۲۴}{m_M}=\frac{۷/۸۴}{۰/۶۱}\Rightarrow m_M=۱/۸۶kg$$

حل تمرین شماره ۷:

الف) $\rho_C=\frac{m_C}{V_C}\Rightarrow ۷/۸۴=\frac{۲۴}{V_C}\Rightarrow V_C=۳/۰۶dm^۳$

ب) $\frac{m_C}{m_M}=\frac{\rho_C}{\rho_M}\Rightarrow \frac{۲۴}{m_M}=\frac{۷/۸۴}{۰/۶۱}\Rightarrow m_M=۱/۸۶kg$

ج) $\frac{m_C}{m_M}=\frac{\rho_C}{\rho_M}\Rightarrow \frac{۲۴}{m_M}=\frac{۷/۸۴}{۸/۳}\Rightarrow m_M=۲۵/۴kg$

د) $\frac{m_C}{m_M}=\frac{\rho_C}{\rho_M}\Rightarrow \frac{۲۴}{m_M}=\frac{۷/۸۴}{۱/۸۳}\Rightarrow m_M=۵/۶kg$

قسمت چهارم درس: محاسبه جرم قطعه ریختگی با توجه به ضریب انقباض خطی

باید توجه داشت که محاسبات مطرح شده در مورد وزن قطعه در جلسه قبل در صورتی صحیح است که از تمام انقباض‌های قطعه و همچنین مدل صرفنظر شده باشد. در غیراین‌صورت برای محاسبات مربوطه لازم است درصد انقباض‌ها و یا ضریب انقباض‌های مربوط به قطعه ریختگی منظور شود.

رابطه محاسبه وزن قطعه با توجه به ضریب انقباض خطی

$$M_C=V_M(۱-۳\alpha\Delta\theta)\rho c$$

توجه معلم

مطمئناً زمانی که انقباض خطی منظور می‌شود نسبت به موقعی که انقباض منظور نمی‌شود وزن قطعه کمتر خواهد بود.

مثال: جرم یک مدل فلزی از آلیاژ منیزیم با چگالی ۱/۸۲ gr/cm^3 برابر است با ۷/۷ kg، چنانچه قالب‌گیری ساده و بدون ماهیچه‌گذاری و قطعه ریختگی از یک نوع چدن با چگالی ۷/۲ gr/cm^3 باشد مطلوب‌است.

الف) جرم قطعه ریختگی در صورتی‌که انقباض چدن ناچیز فرض شود

ب) جرم قطعه ریختگی با منظور کردن ضریب انقباض خطی

ج) تعیین اختلاف جرم و درصد کاهش جرم در دو حالت الف و ب

α=۱۰/۲×۱۰$^{-۶}$ $\quad \theta_m$=۱۲۵۰°C $\quad \theta_i$=۲۵°C

الف)
$$\frac{m_C}{m_M}=\frac{\rho_C}{\rho_M}\Rightarrow\frac{m_C}{۷/۷}=\frac{۷/۲}{۱/۸۲}\Rightarrow m_C=۳۰/۴۶\,kg$$

ب)
$$Mc=Vm(۱-۳\alpha\Delta\theta)\rho c$$
$$\rho_M=\frac{m_M}{V_M}\Rightarrow ۱/۸۲=\frac{۷/۷}{V_M}\Rightarrow V_M=۴/۲۳dm^3$$
$$M_C=۴/۲۳(۱-۳\times۱۰/۲\times۱۰^{-۶}\times(۱۲۵۰-۲۵))\times۷/۲\Rightarrow M_C=۲۹/۳۱۴kg\approx۲۹/۳۲kg$$

ج)
$$\Delta m=۳۰/۴۶-۲۹/۳۲\Rightarrow\Delta m=۱/۱۴$$
$$\%\Delta m=\frac{\Delta m}{m_C}\times۱۰۰\Rightarrow\%\Delta m=\frac{۳۰/۴۶-۲۹/۳۲}{۳۰/۴۶}\times۱۰۰\Rightarrow\%\Delta m=\%۳/۷۵$$

قسمت پنجم درس: انقباض مضاعف

در اکثر موارد از آنجایی که مدل چوبی با دقت و هزینه زیاد ساخته می‌شود و از طرفی مدل چوبی شرایط قالب‌گیری مناسبی ندارد (در مقابل ضربه ماشین قالب‌گیری، سایش ماسه، رطوبت ماسه و ... مقاومت ندارد) از روی مدل چوبی (اولیه) مدل فلزی (ثانویه) تهیه می‌شود و با آن قالب‌گیری انجام می‌شود و هرگاه مدل فلزی دچار آسیب شد از روی مدل چوبی دوباره مدل فلزی تکثیر می‌شود.

اگر از روی مدل چوبی قطعه تهیه شود فقط یک انقباض درنظر گرفته می‌شود ولی در اکثر مواقع از روی مدل چوبی،مدل فلزی تهیه شده و از روی مدل فلزی کار تولید قطعه انجام می‌شود، بنابراین باید دو انقباض درنظر گرفته شود.

قطعه ریختگی ← (انقباض) مدل فلزی ← (انقباض) مدل چوبی

بسته به جنس مدل فلزی انقباض ($S_۱$) درنظر گرفته می‌شود و طبیعتاً بسته به جنس قطعه ریختگی که باید از روی مدل فلزی قالب‌گیری شود نیز انقباض ($S_۲$) جداگانه‌ای درنظر گرفته می‌شود، به مجموع این انقباضات

انقباض مضاعف گفته می‌شود.

در چنین مواقعی مجموع انقباضات مدل و قطعه انقباض نهایی را مشخص می‌کند.

$$S = S_1 + S_2$$

S_2 و S_1 به ترتیب درصد انقباض مدل چوبی به مدل فلزی و مدل فلزی به قطعه ریختگی می‌باشد.

$$m_C = V_m(1-\frac{3s}{100})\rho_C$$

مثال: جرم یک مدل اولیه (چوبی) ۴/۶ kg و چگالی آن ۰/۶۲ gr/cm^3 است چنانچه درصد انقباض خطی مدل فلزی ثانویه مربوط به این مدل و درصد انقباض خطی قطعه به ترتیب ٪۲/۱ ، ٪۱/۳ باشد جرم قطعه ریختگی از یک نوع آلیاژ برنز آلومینیوم با چگالی ۸/۴ gr/cm^3 را از روی مدل فلزی تعیین کنید؟

$$S=S_1+S_2 \Rightarrow S=1/3+2/1 \Rightarrow S=\%3/4$$

$$m_C = V_m(1-\frac{3s}{100})\rho_C$$

$$\rho_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow 0/62 = \frac{4/6}{V_M} \Rightarrow V_M = 7/42 dm^3$$

$$m_C = 7/42(1-\frac{3\times 3/4}{100})\times 8/4 \Rightarrow m_C = 56 kg$$

حال اگر بخواهیم جرم مدل فلزی را از روی درصد انقباض تعیین کنیم باید تا مرحله‌ای که مدل فلزی دچار انقباض می‌شود محاسبه کرده و در رابطه قرار دهیم.

مثال: چنانچه در مثال قبل از روی مدل چوبی مدل فلزی تهیه شود با همان مشخصات مدل فلزی، جرم مدل فلزی چقدر خواهد بود؟

$$m_C = V_m(1-\frac{3s}{100})\rho_C$$

$$m_C = 7/42\times(1-\frac{3\times 1/3}{100})\times 2/2 \Rightarrow m_C = 15/7 kg$$

قسمت ششم درس: خلاصه و تکلیف منزل

ـ با داشتن نسبت چگالی قطعه به چگالی مدل از رابطه زیر به‌سادگی می‌توان وزن قطعه ریختگی را تعیین کرد.

$$m_C = m_M \times \frac{\rho_C}{\rho_M}$$

تعیین وزن قطعه ریختگی برای تعیین میزان شارژ کوره در هر شیفت کاری مفید است.

ـ رابطه محاسبه وزن قطعه با توجه به ضریب انقباض خطی:

$$M_C=V_m(1-3\alpha\Delta\theta)\rho c$$

ـ رابطه محاسبه وزن قطعه با توجه به انقباض مضاعف:

$$m_C = V_m(۱ - \frac{۳s}{۱۰۰})\rho_C$$

ـ برای جلسه آینده تمرین ۹ آخر فصل حل شود.

هفته شانزدهم: راندمان ریختگی و راندمان کلی (مفید) و تعاریف مهم فصل آمادگی برای آزمون آخر فصل

این جلسه از مباحث ذیل تشکیل شده است. (صفحات ۷۹ الی ۸۲)

۱ـ حضور و غیاب امتحان کلاسی و حل آن

۲ـ حل سؤال تکلیف منزل

۳ـ محاسبه راندمان ریختگی

۴ـ محاسبه راندمان کلی (مفید)

۵ـ حل تمرین‌های آخر فصل چهارم

۶ـ خلاصه درس و تکلیف منزل

قسمت اول درس

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

نام و نام خانوادگی ..... زمان ۱۵ دقیقه

جرم یک مدل چوبی ۲۰ کیلو و چگالی آن $0/7\ gr/cm^3$ است اگر انقباض مدل ۱/۵ درصد و انقباض قطعه ۱/۹ باشد. جرم قطعه ریختگی از یک نوع برنج با چگالی $7/8\ gr/cm^3$ را از روی مدل فلزی به‌دست آورید.

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

حل مسئله امتحان کلاسی

$$\rho_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow ۰/۷ = \frac{۲۰}{V_M} \Rightarrow V_M = ۲۸/۵۷$$

$$S=S_۱+S_۲ \Rightarrow S=۱/۵ +۱/۹ \Rightarrow S= ٪۳/۴$$

$$m_C = V_m(۱-\frac{۳s}{۱۰۰})\rho_C \Rightarrow m_C = ۲۸/۵۷(۱-\frac{۳\times ۳/۴}{۱۰۰})\times ۷/۸ \Rightarrow m_C = ۲۰۰/۱۱kg$$

قسمت دوم درس: حل تکلیف منزل

$$\rho_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow ۰/۶۵ = \frac{۱۱/۲}{V_M} \Rightarrow V_M = ۱۷/۲۳$$

$$S=S_۱+S_۲ \Rightarrow S=۱/۵ +۱/۹ \Rightarrow S = ٪۳/۴$$

$$m_C = V_m(۱-\frac{۳s}{۱۰۰})\rho_C \Rightarrow m_C = ۱۷/۲۳(۱-\frac{۳\times ۳/۴}{۱۰۰})\times ۸/۸ \Rightarrow m_C = ۱۳۶/۱۵kg$$

قسمت سوم درس: راندمان ریختگی

از آنجایی که قطعات ریختگی همواره شامل عیوب و نواقصی هستند که در اغلب موارد باعث مردود شناخته شدن محصول و در نتیجه موجب کاهش تولید و به عبارت دیگر باعث کاهش راندمان واحد تولیدی می‌شوند و از آنجایی که تولید قطعات بدون عیب باید با حداقل قیمت ممکن انجام گیرد و از نظر اقتصادی نیز مطلوب باشد لذا باید مهم‌ترین عامل هزینه‌های ریختگی یعنی مقدار جرم فلز ریخته شده به‌صورت برگشتی تعیین شود.

می‌توان ضایعات در جریان تولید را به این صورت دسته‌بندی کرد.

۱ـ اتلافات در جریان ذوب از طریق اکسیدشدن مذاب و تجمع مذاب در سرباره و سرریزها که عملاً غیرقابل استفاده مجدد است.

۲ـ قطعات معیوب پس از ریختن که عملاً قابل بهره‌برداری نیستند و به‌صورت برگشتی مجدداً ذوب می‌شوند.

۳ـ راهگاه‌ها و منابع تغذیه که قسمت عمده قراضه برگشتی کارگاه را تشکیل می‌دهند.

۴ـ اتلافات براده‌ای و سوفاره‌ای در جریان تراشکاری که عملاً در مواردی غیربرگشتی و غیرقابل استفاده مجدد هستند به هر حال در بسیاری از موارد سوفاره و براده‌های درشت را جمع کرده و پس از فشردن به‌صورت بلوکه در ذوب مجدداً استفاده می‌کنند.

۵ـ قطعات معیوب که پس از کنترل نهایی از دور خارج شده و برای ذوب مجدداً برگشت داده می‌شوند.

با توجه به نکات عنوان شده اکنون می‌توانیم راندمان یا بازده تولید را از دو نظر مورد بررسی قرار دهیم.

راندمان ریختگی: عبارت‌است از نسبت جرم قطعات بدون سیستم راهگاهی و تغذیه (Q) به جرم قطعات با سیستم راهگاهی و تغذیه (P) در اینجا مشخص می‌شود که در این مرحله قطعات راهگاهی و منابع تغذیه جزء ضایعات (برگشتی) محسوب شده‌اند و لذا راندمان ریختگی پدیده‌ای است که در مورد طراحی سیستم راهگاهی حایز اهمیت است.

$$R_C = \frac{Q}{P} \times ۱۰۰$$

قسمت چهارم درس: راندمان کلی یا راندمان مفید

عبارت‌است از نسبت مجموع جرم قطعات قابل فروش (S) به جرم کل آلیاژ شارژ شده (M). بدیهی است که در راندمان کل هر دو گروه برگشتی و ضایعات غیر قابل برگشت تواماً دخالت دارند.

$$R_t = \frac{S}{M} \times ۱۰۰$$

هر نوع مخارجی که برای راندمان ریختگی منظور می‌شود دربازده و راندمان کلی نیز مؤثر است. چنانچه بازده ریختگی زیاد باشد (میزان برگشتی‌ها کم می‌شود) مسلماً در بازده کلی مؤثر است، به هر حال اگر چه تقلیل

بازده کلی باعث افزایش قیمت است ولی هزینه ذوب برگشتی‌ها از نظر سوخت و انبار کردن و غیره؛ عاملی است که می‌تواند کاهشی در مقدار هزینه بازده کلی ایجاد نماید و از این نظر نمی‌توان مخارج بازده کلی را فقط با مخارج و هزینه‌های ذوب در مدتی کوتاه بررسی نمود.

مثال: جرم یک قطعه ریختگی (بدون سیستم راهگاهی و تغذیه) ۲۴kg وجرم سیستم راهگاهی و تغذیه ۸kg توزین شده است. چنانچه جرم قطعات قابل فروش کلاً ۲۱۰kg و جرم کل آلیاژ شارژ شده ۲۴۰kg باشد راندمان ریختگی و راندمان کل را محاسبه کنید؟

$$R_C = \frac{Q}{P} \times ۱۰۰$$

$$R_C = \frac{۲۴}{۳۲} \times ۱۰۰ \Rightarrow R_C = \%۷۵$$

$$R_t = \frac{S}{M} \times ۱۰۰$$

$$R_t = \frac{۲۱۰}{۲۴۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow R_t = \%۸۷/۵$$

قسمت پنجم درس: حل تمرین شماره ۱۲ آخر فصل کتاب

وزن شارژ ۷۵۰+۲۵۰=۱۰۰۰kg

وزن قطعه و سیستم راهگاهی $R_C = \frac{Q}{P} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۶۲/۵ = \frac{۵}{P} \times ۱۰۰ \Rightarrow P = ۸kg$

وزن سیستم راهگاهی ۸-۵=۳kg

وزن فلز ریخته شده ۱۲۲×۸=۹۷۶kg

وزن اتلافات و سرریز در مرحله ذوب ۱۰۰۰-۹۷۶=۲۴kg

درصد اتلافات ذوب و سرریز $\frac{۲۴}{۱۰۰۰} \times ۱۰۰ = \%۲/۴$

چون در کنترل اولیه ۸ عدد و در کنترل نهایی ۴ عدد معیوب بوده‌اند بنابراین

تعداد قطعات معیوب ۸+۴=۱۲

تعداد قطعات قابل فروش ۱۲۲-۱۲=۱۱۰

از آنجایی که وزن قطعه قابل فروش یا وزن تراش داده نشده است بنابراین فرض می‌کنیم که قطعات ۵ کیلویی مستقیماً برای فروش آماده می‌شوند بدون آن‌که عمل تراشکاری روی آنها انجام شود.

وزن قطعات قابل فروش ۱۱۰×۵=۵۵۰kg

$$R_t = \frac{S}{M} \times ۱۰۰ \Rightarrow R_t = \frac{۵۵۰}{۱۰۰۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow R_t = \%۵۵$$

مثال: ۳۰۰ کیلو از شمش چدن نشکن (سورل) و ۲۰۰ کیلو از برگشتی‌های چدن نشکن کارگاه در کوره القایی شارژ شده‌اند. برای ریختن قطعاتی به وزن ۱۵ کیلو سیستم راهگاهی و تغذیه طوری طراحی شده‌اند که

راندمان ریختگی برابر ۵۰ درصد است در صورتی‌که تعداد قطعات قابل فروش ۱۲ عدد باشد راندمان کلی و درصد ضایعات را محاسبه کنید؟

وزن شارژ ۳۰۰+۲۰۰= ۵۰۰kg

وزن قطعه و سیستم راهگاهی $R_C = \frac{Q}{P} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۵۰ = \frac{۱۵}{P} \times ۱۰۰ \Rightarrow P = ۳۰kg$

وزن سیستم راهگاهی ۳۰-۱۵=۱۵

وزن فلز ریخته شده ۱۲×۳۰=۳۶۰kg

وزن اتلافات و سرریز در مرحله ذوب ۵۰۰-۳۶۰=۱۴۰kg

درصد اتلافات ذوب و سرریز $\frac{۱۴۰}{۵۰۰} \times ۱۰۰ = \%۲۸$

$R_t = \frac{S}{M} \times ۱۰۰ \Rightarrow R_t = \frac{۳۶۰}{۵۰۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow R_t = \%۷۲$

حل تمرین ۱۱:

الف)

$$R_C = \frac{Q}{P} \times ۱۰۰ \Rightarrow R_C = \frac{۲۸۰}{۳۴۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow R_C = \%۸۲/۳۵$$

ب)

$$R_t = \frac{S}{M} \times ۱۰۰ \Rightarrow R_t = \frac{۲۵۰}{۴۲۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow R_t = \%۵۹/۵۲$$

ج)

$$\text{درصد ضایعات} = \frac{\text{وزن ضایعات}}{\text{وزن کل}} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۲/۵ = \frac{X}{۴۲۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow X = ۱۰/۵kg$$

جرم برگشتی ۳۰-۱۰/۵=۱۹/۵ ۲۸۰-۲۵۰=۳۰

قسمت ششم درس: باقیمانده تمرین‌های آخر فصل در کلاس حل می‌گردد.

خلاصه درس و تکلیف منزل: امروز مطالب زیر تدریس شد.

۱ـ راندمان ریختگی که عبارت است از نسبت جرم قطعات بدون سیستم راهگاهی و تغذیه (Q) به جرم قطعات با سیستم راهگاهی و تغذیه (P) و از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$R_C = \frac{Q}{P} \times ۱۰۰$$

۲ـ راندمان کلی یا راندمان مفید که عبارت‌است از نسبت مجموع جرم قطعات قابل فروش (S) به جرم کل آلیاژ شارژ شده (M) و از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$R_t = \frac{S}{M} \times ۱۰۰$$

هفته هفدهم: رفع اشکال و امتحان دوره‌ای فصل چهار

ابتدا اشکالات هنرجویان رفع شده و سپس آزمون برگزار می‌شود.

در این فصل هنرآموز براساس مطالب کتاب و آزمون‌های سال‌های گذشته سؤالات آزمون را تهیه نموده و در این جلسه مطابق برنامه‌های گذشته آزمون برگزار می‌نمایید. در این جا برخی از سؤالات مطرح شده است.

سؤالات انتخابی فصل چهارم

۱ـ در تهیه آلیاژها، معمولاً از چه دسته‌های مختلف آلیاژی می‌توان استفاده کرد؟ ص ۶۷ خط دوم

۲ـ هر یک از شمش‌های اولیه، ثانویه آلیاژسازها را در یک خط توضیح دهید؟ ص ۶۷

۳ـ به چه منظور در هنگام اضافه کردن بعضی از عناصر آلیاژی از نوع خالص آن استفاده نشده بلکه از آلیاژسازها استفاده بعمل می‌آید؟ ص ۶۷ قسمت ۳ـ۱ـ۴

۴ـ مشخصات مهم آلیاژسازها را بنویسید؟ ص ۶۸ خط ۶

۵ـ قراضه‌ها به چند دسته تقسیم می‌شوند مختصراً توضیح دهید؟ ص ۶۹

۶ـ در چه صورت می‌توان حجم مدل و حجم قطعه را یکسان فرض کرد؟ ص ۷۶ خط آخر

۷ـ رابطه‌ای که با توجه به جرم مدل و چگالی قطعه و مدل جرم قطعه را محاسبه کرد نوشته و اجزای آن‌را معرفی نمایید (در صورتی‌که انقباض ناچیز فرض شود)؟ ص ۷۶

۸ـ چنانچه بخواهیم انقباض مدل چوبی و انقباض مدل فلزی را در محاسبه جرم قطعه درنظر بگیریم از کدام رابطه استفاده می‌کنیم، اجزای آن‌را بنویسید؟ ص ۷۸

۹ـ برگشتی‌های کارگاه کدامند و چرا نباید مقدار برگشتی زیاد باشد؟ ص ۸۰ شکل ۱ـ۴ و ص ۷۹

۱۰ـ رابطه راندمان ریختگی و راندمان کل را نوشته و اجزای آن را بنویسید؟ ص ۸۱

۱۱ـ مخارج راندمان ریختگی چه تأثیری روی راندمان کل دارد؟ ص ۸۱ دو خط آخر