

## فصل دوم

# انتخاب مواد در متالورژی

### مقدمه

قبل از ورود به تدریس این قسمت ابتدا توضیحاتی در خصوص لزوم حرارت در متالورژی و فواید و مضرات انتقال حرارت در متالورژی به صورت بسیار ساده و قابل فهم و با استفاده از تصویر و فیلم برای هنرجویان بیان شود. در خلال نمایش تصاویر و فیلم پیشنهاد می‌شود با مطرح کردن سؤالاتی از طرف هنرآموز توجه آنها را جلب کرده و همچنین با توضیحات کاربردی و ملموس به تحریک تفکر آنها کمک کنید برای بهتر نتیجه گرفتن موضوع از هم‌فکری و گفت‌وگوی گروهی استقبال کنید و سعی کنید از همهٔ هنرجویان در بحث استفاده شود تا سبب توجه بیشتر هنرجویان به مطلب گردد. در نهایت پس از پایان فیلم و یا تصاویر در خصوص لزوم حرارت و انتقال آن در متالورژی توضیحات را کامل کرده و به سؤالات مطرح شده توسط خود و هنرجویان پاسخ دقیق داده و نتیجه‌گیری کلی را بیان کنید.

### انتقال حرارت

پیشنهاد می‌گردد برای تدریس این مبحث ابتدا توضیح ساده و کوتاهی راجع به انتقال حرارت برای هنرجویان داشته باشید و مثال‌های بسیار ساده که موضوع انتقال را روشن کند بیان کنید. برای مثال می‌توانید از خود هنرجویان به عنوان اتم و با حرکت دادن آنها به عنوان تئوری انتقال استفاده کرد. در خلال توضیحات می‌توان مطالب قابل بحث را به صورت سؤال از تک تک هنرجویان و یا به صورت عمومی که حتی تمامی هنر جویان را به درگیر شدن در بحث وادار کند. و برای ورود به بحث محاسباتی انتقال حرارت و قوانین مربوط به آن می‌توانید از لحاظ اقتصادی انتقال حرارت را بیان کنید و میزان حرارت و کاهش راندمان حرارتی در تولید قطعات را برای کنجکاوای هنرجویان استفاده کنید.

### انواع انتقال حرارت

در این قسمت با استفاده از تصاویر و فیلم شروع به توضیح انواع انتقال حرارت کرده و همان‌طور که در مبحث قبل گفته شد استفاده از هنرجویان به عنوان اتم به درک بهتر انتقال حرارت کمک بسیاری خواهد کرد. در هر قسمت از تدریس مبحث انواع انتقال حرارت، پیشنهاد می‌گردد در ابتدا و اواسط توضیحات یک سؤال انگیزشی مطرح شود تا هنرجویان را به تفکر و اندیشه در موضوع انتقال حرارت وادار کند و پس از پایان بحث گروهی به بیان توضیح و

پاسخ صحیح بپردازد.

پیشنهاد می‌گردد برای تدریس انواع انتقال حرارت مثال‌هایی از دستگاه‌ها و ماشین‌آلات ریخته‌گری که انتقال حرارت در آنها دخیل است بیان شود و همچنین این نکته ذکر شود که انتقال حرارت باعث افزایش یا کاهش راندمان کاری آن دستگاه‌ها خواهد شد. لزوم نمایش تصاویر، فیلم و مطرح کردن سؤالات مربوط به انتقال حرارت از اهمیت بسیاری برخوردار است و باعث افزایش توجه و گیرایی هنرجویان خواهد شد.

### محاسبات انتقال حرارت از طریق هدایت

برای تدریس این قسمت پیشنهاد می‌گردد از قبل فرمول‌ها را در کاغذ A1 نقشه‌کشی چاپ کرده و در کلاس استفاده شود این کار باعث خوانا بودن فاکتورهای فرمول شده و همچنین از اتلاف وقت برای نوشتن فرمول بر روی تخته کلاس جلوگیری می‌کند. البته در صورت وجود ویدئو پروژکتور در کلاس فایل مربوط به کتاب و فصل مربوطه را آورده و بر روی صفحه نمایش به تصویر کشیده و توضیح لازم را ارائه دهید. در مطالب قبل گفته شد که می‌توان از هنرجویان به عنوان اتم استفاده کرد و در تفهیم فاکتورهای فرمول از آنها استفاده کرد.

**برای مثال فاکتور زمان s** به او بگویید که در یک زمان خاص (برای مثال دو ثانیه) کسانی از کلاس خارج شوند آیا کسی می‌تواند خارج شود و در صورت افزایش زمان احتمال خروج از کلاس بیشتر می‌شود.

**فاکتور فاصله d** برای فاکتور فاصله از یکی از هنرجویان اول کلاس که به در کلاس نزدیک است و هنرجویی که در انتهای کلاس قرار دارد خواسته شود از در کلاس خارج شوند و مطمئناً هنرجوی اول کلاس سریع‌تر خارج شده و سپس نتیجه گرفته شود که هرچه فاصله کمتر باشد خروج هنرجو سریع‌تر انجام می‌گیرد و به همین ترتیب می‌توان برای تمامی فاکتورها مثال عملی به کار برد. پس از تفهیم فاکتورهای مؤثر بر انتقال حرارت فرمول انتقال حرارت از طریق هدایت نمایش داده و بر روی آن دوباره توضیح دهید.

### واحدهای انتقال حرارت

در این قسمت هر فاکتور را جداگانه واحدگذاری کرده و توضیح کوتاه داده شود و برای واحد k یا ضریب هدایت حرارتی از هم‌فکری هنرجویان استفاده شود پیشنهاد می‌گردد که در تمامی قسمت‌های تدریس فعالیت هنرجویان بسیار حائز اهمیت بوده و به تفهیم درس کمک خواهد کرد به عنوان مثال طرح سؤال یا طرح تغییر در واحدها و به دست آوردن واحد بقیه فاکتورهای فرمول انتقال حرارت از طریق هدایت بسیار مناسب است و در انتهای این قسمت یک مثال آورده شده است و

با کمک هنرجویان آن تمرین را حل کرده و پیشنهاد می‌گردد که از هنرجویان خواسته شود که مجهول مثال ذکر شده را تغییر داده و به دلخواه فاکتور دیگری را مجهول نمایند و مسئله دوباره توسط هنرجویان و با کمک هنرآموز حل گردد. لازم به ذکر است که مثال بالا یک پیشنهاد بوده و از تمرین‌های داخل کتاب حتماً در کلاس حل گردد.

### حل یکی از تمرین‌های کار در کلاس

اگر ضریب هدایت حرارتی یک جسم  $80 \frac{\text{cal}}{\text{cm} \cdot ^\circ \text{C} \cdot \text{s}}$  باشد مقدار آن را برحسب  $\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ \text{C}}$  به دست آورید.

$$\frac{\text{cal}}{\text{cm} \cdot ^\circ \text{C} \cdot \text{s}} \rightarrow \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ \text{C}} = \frac{\text{J}}{\text{m} \cdot ^\circ \text{C} \cdot \text{s}}$$

$$\frac{\text{cal}}{4/2} = \text{J}$$

$$\frac{\text{cm}}{100} = \text{m}$$

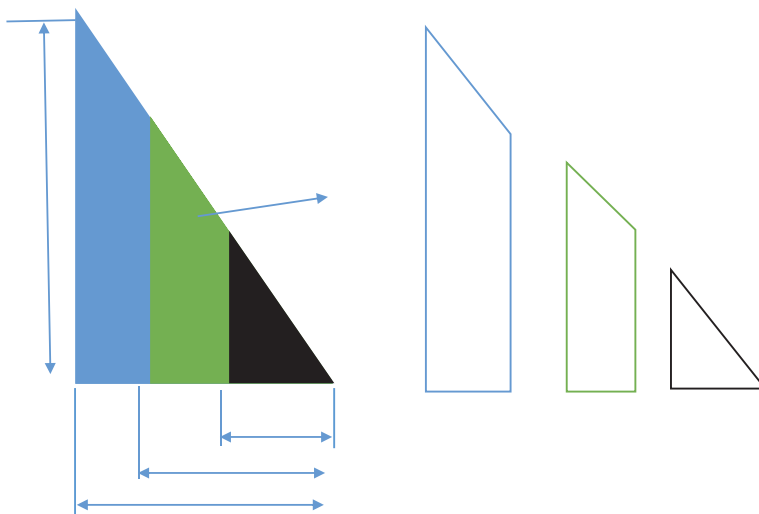
$$80 \times \frac{4/2}{1} = 33600 \frac{\text{J}}{\text{m} \cdot ^\circ \text{C} \cdot \text{s}}$$

## شیب حرارتی

برای تدریس این قسمت کمک از چارت نمایشی و تصویر بسیار مهم بوده و در صورت وجود یک انیمیشن که حرارت را به صورت شماتیک در داخل آجر نمایش دهد بسیار مفید خواهد بود.

پیشنهاد می‌گردد که یک مثلث قائم‌الزاویه که قاعده آن ضخامت دیواره نسوز و ارتفاع آن تغییرات دمایی و وتر آن شیب دمایی باشد رسم کرده و با تغییر قاعده و ارتفاع که به ترتیب همان ضخامت و اختلاف دما می‌باشد تغییرات شیب دمایی را نشان دهید.

و از همین مثلث رابطه تانژانت یا فرمول شیب دمایی را استخراج کنید. در ادامه با عددگذاری در قاعده و ارتفاع مثلث می‌توان مقدار شیب را با توجه به میزان قاعده و ارتفاع تمرین کرد. اگر دو مثلث قائم‌الزاویه که نسبت به هم متشابه باشند را در نظر بگیرید می‌توانید مثال‌هایی برای درک بهتر درجه حرارت در نقاط مختلف داخل دیواره نسوز به دست آورد.



در خلال تدریس با استفاده از سؤال، هنرجویان را به گفت‌وگو و بحث گروهی وادار کرده و از میزان درک آنها نسبت به مطالب مطلع گردید و چنانچه لازم باشد از تمرین و مثال‌های ساده جهت درک بهتر و کامل‌تر شدن درک هنرجویان استفاده کنید.

نکته



یک تمرین را با جابه‌جا کردن معلوم و مجهول چندین بار استفاده کنید.

## مفاهیم انتقال حرارت از طریق هدایت

در این قسمت ابتدا مفهوم شدت جریان حرارتی و شدت جریان حرارتی مخصوص را شرح و توضیح داده و همراه با تعامل هنرجویان مطلب را مورد بحث و گفت‌وگو قرار دهید سپس با هر کدام از مفاهیم یک تمرین ساده را محاسبه کرده و برای درک بهتر از هنرجویان جهت حل تمرین استفاده کنید اگر یک مسئله از ابتدا تا انتها با مشارکت هنرجویان حل گردد نتیجه بسیار مطلوب‌تری حاصل خواهد شد. موارد بالا برای مفاهیم هدایت حرارتی و مقاومت حرارتی تکرار گردد.

## انتقال حرارت از سطوح چند لایه

در این بخش از تدریس کتاب، تصویری از یک جسم چند لایه کشیده شود یا به صورت تصویر چاپ شده یا فیلم نمایش داده شود و با توجه به میزان هدایت حرارتی هر لایه شیب حرارتی کند یا تند شود و به هنرجویان علت این امر و همچنین دلیل استفاده از هر لایه، برای مثال لایه‌های ورق فولادی ورق آزیست خاک نسوز آجر در کوره‌های زمینی را بیان گردد. فرمول مربوطه و حل یک مثال با توضیح به همراه تعامل با هنرجویان انجام گیرد.

برای به دست آوردن ضریب هدایت حرارتی معادل ابتدا مقدار مخرج کسر محاسبه شده، سپس عدد  $d$  را بر آن تقسیم کنید. به هنرجویان توضیح دهید که در انجام محاسبات دچار اشتباه نشوند.

نکته



## انتقال حرارت از دیواره‌های استوانه‌ای تک لایه و چند لایه

طبق توضیحات قبل، ابتدای تدریس هر واحد درسی حتماً از تصاویر، فیلم و توضیحات جهت تفهیم استفاده شود، سپس فرمول محاسبه انتقال حرارت را نوشته و توضیح دهید در حین توضیح از هنرجویان استفاده کرده و با سؤالات آنها را با درس همراه کنید و پیشنهاد می‌گردد که پس از مطرح شدن سؤال از چند هنرجو خواسته شود که راجع به سؤال با هم به بحث و گفت‌وگو بپردازند و در نهایت همه هنرجویان نظرات خود را بیان کنند، سپس با حل یک تمرین سؤالات را جواب داده و در ادامه با تمرین‌های بیشتر و حل تمرین توسط هنرجویان مطلب را کاملاً به هنرجویان آموزش دهید.

نکته



در محاسبه ضریب هدایت حرارتی معادل ابتدا مخرج کسر محاسبه شده سپس عدد ۱ بر آن تقسیم می‌گردد.

### انتقال از طریق جابه‌جایی

طبق روال قبل توضیحات کلی از مفاهیم اصلی انتقال حرارت به طریق جابه‌جایی را با استفاده از تصاویر، فیلم و چارت بیان کنید، سپس توضیح دهید این انتقال در چه دستگاه‌هایی و چه ماشین‌آلاتی مورد کاربرد قرار گرفته و آیا سبب افزایش یا کاهش راندمان دستگاه می‌گردد؟ در خلال توضیحات باید با سؤال انگیزشی هنرجویان را با درس همراه کرده و از نظرات آنها استفاده کرد و به صورت یک بحث گروهی اطلاعات هنرجویان رد و بدل گردد و موجب افزایش درک از مطلب گردد پس از اتمام بحث گروهی توضیحات تکمیلی و پاسخ درست به سؤال و نتیجه‌گیری نهایی توسط هنرآموز انجام گیرد.

به تشریح و توضیح فرمول محاسبه انتقال از طریق جابه‌جایی به صورت تصاویر، فیلم و یا چارت آموزشی پرداخته و یک مثال ساده حل گردد در ادامه با حل تمرین و تکرار آن با کمک هنرجویان نسبت به میزان یادگیری هنرجویان پی‌برده و در جهت افزایش آن می‌توانید از تمرین‌های بیشتر استفاده کنید.

### انتقال حرارت از طریق تشعشع

می‌توانید از بحث انتقال حرارت از طریق جابه‌جایی برای این موضوع نیز استفاده کنید.

## ارزشیابی پایانی جلسه پنجم

برای تکمیل این کار برگ ابتدا آن را از کتاب درسی تکثیر نموده و در اختیار هنرجویان قرار دهید و پس از تکمیل کاربرگ توسط هنرجویان نمره خود را طبق یادداشت‌های نظارتی که در طول روز تهیه کرده‌اید تکمیل کرده و در کار پوشه هنرجویان ثبت کنید.

### کار برگ ارزشیابی پایان جلسه پنجم

خیر	بلی	مؤلفه‌های خودارزیابی
		انتقال حرارت را متوجه شدم.
		انواع انتقال حرارت را می‌دانم.
		فرمول انتقال حرارت از طریق هدایت برای سطوح مسطح را می‌دانم.
		فرمول انتقال حرارت از طریق هدایت برای سطوح استوانه‌ای را می‌دانم.
		شدت جریان حرارتی و فرمول آن را یاد گرفتم.
		شیب حرارتی و فرمول مربوطه را یاد گرفتم.
		انتقال حرارت از طریق جابه‌جایی را متوجه شدم.

نمره دریافتی	بارم	مؤلفه‌های ارزشیابی
	۳	انتقال حرارت را متوجه شده است.
	۳	انواع انتقال حرارت را می‌داند.
	۳	فرمول انتقال حرارت از طریق هدایت برای سطوح مسطح را می‌داند.
	۳	فرمول انتقال حرارت از طریق هدایت برای سطوح استوانه‌ای را می‌داند.
	۳	شیب حرارتی و فرمول مربوطه را یاد گرفته است.
	۳	انتقال حرارت از طریق جابه‌جایی متوجه شده است.
	۲	صحت نمره خود ارزیابی هنرجو
	۲۰	جمع



## جلسه ششم

### سوختها

در تدریس این قسمت ابتدا در رابطه با حرارت و ایجاد حرارت و کاربرد آن در متالورژی با هنرجویان گفت‌وگو شود؛ نظرات تک تک هنرجویان را خیلی کوتاه گرفته و در نهایت توضیحات تکمیلی توسط هنرآموز ارائه گردد.

در ادامه یک سؤال انگیزشی در رابطه با انواع سوختها مطرح گردد و خواسته شود که به بحث و گفت‌وگو بپردازند تا به نتیجه برسند و در نهایت هنرآموز پاسخ صحیح را با توضیحات خود مشخص کند.

سپس با توجه به راندمان حرارتی کوره‌ها به توضیحاتی که مربوط به محاسبه سوخت و حرارت می‌باشد، بپردازد.

در این خصوص با یک سؤال انگیزشی هنرجویان را به همکاری وادار کنید. برای مثال سؤال شود چگونه می‌شود راندمان کوره‌ها را افزایش داد و نیز اینکه چه راهکاری برای کاهش مصرف سوخت دارید این سؤالات را از جنبه اقتصادی مطرح کنید تا انگیزه ایجاد کند و همچنین از لحاظ زیست‌محیطی سؤال کنید کدام نوع سوخت را برای صنعت متالورژی پیشنهاد می‌دهید که از لحاظ آلودگی کمترین ضرر را به محیط برساند.

سپس جواب‌های هنرجویان را گرفته و با توضیحات تکمیلی پاسخ صحیح را مطرح کنید.

در ادامه مفاهیم کلی را توضیح دهید و به تشریح هر کدام بپردازید.

برای درک بهتر و تفهیم مطلب نیاز به تصاویر فیلم چارت نمایشی ضروری است. مفاهیم احتراق کامل و ناقص مدل سطحی و همچنین درجه حرارت احتراق و ضریب تخلخل را به‌صورت جداگانه توضیح دهید و برای درک بهتر و تعامل هنرجویان برای هر کدام یک سؤال انگیزشی مطرح نمایید و به‌صورت بحث گروهی اطلاعات هنرجویان را دریافت کنید و در ادامه با توضیحاتی جواب سؤالات را داده و نتیجه‌گیری کنید.

در ادامه فرمول هر یک از مفاهیم ذکر شده را به‌صورت چارتر نمایشی یا بر روی تخته کلاس بیاورید و به توضیح تک تک فاکتورها و واحد آنها بپردازید.

در خلال توضیحات برای همکاری هنرجویان از آنها سؤال کنید برای مثال چرا قرار دادن یک کاغذ بزرگ بر روی آتش، احتمال خاموش شدن آن زیاد است؟ و یا چرا آتش نشان‌ها برای خاموش کردن آتش از کف یا پودر استفاده می‌کنند؟

در ادامه بین هنرجویان بحث گروهی ایجاد کنید به‌طوری که همه در موضوع هم‌فکری کنند و در نهایت با توضیحاتی پاسخ صحیح را بیان کنید.

سپس یک مثال از کتاب را حل کرده و برای درک بهتر مثال‌های دیگر را با کمک هنرجویان انجام دهید.

مراحل بالا را برای بقیه مفاهیم به همین ترتیب می‌توانید به کار ببرید.

## شرایط احتراق کامل

در ابتدای تدریس این بخش از کتاب، یک سؤال انگیزشی مطرح کنید. برای مثال به چه دلیل پاشش آب بر روی شعله آتش باعث خاموش شدن آن می‌شود و در ادامه از هر یک از هنرجویان جواب دریافت کنید و فضای کلاس را به گونه‌ای ایجاد کنید که بین هنرجویان بحث و گفت‌وگو صورت گیرد.

در نهایت با توضیحاتی پاسخ صحیح را بیان کرده سپس هر یک از شرایط احتراق را توضیح داده و فرمول آن را به صورت چارت نمایشی یا روی تخته کلاس نمایش دهید و سپس هر کدام از فاکتورهای فرمول را توضیح داده و واحد آن را مشخص کنید.

یکی از مثال‌های کتاب را حل کرده و در هر مرحله از حل، توضیحاتی به هنرجویان دهید سپس با تغییر در مجهول مسئله و ایجاد مسائل جدید از هنرجویان خواسته شود که در حل مسئله همکاری جمعی داشته باشند.

پیشنهاد می‌گردد اگر یک مسئله توسط هنرجو به درستی حل نشد با توضیح خطا در حل مسئله از هنرجویان بخواهید راه‌های دیگر را برای حل مسئله امتحان کنند و در ادامه برای درک بهتر موضوع تمرین‌ها و مسائل اضافه نیز با کمک و همفکری بقیه هنرجویان انجام گیرد.

## دانش افزایی

### دسته‌بندی سوخت‌ها

به‌طور کلی تمام سوخت‌های آلی و فسیلی را می‌توان به دو گروه طبیعی و مصنوعی تقسیم‌بندی کرد که هر گروه نیز به سه دسته سوخت‌های جامد، مایع و گاز طبقه‌بندی می‌شوند.

از مهم‌ترین سوخت‌های جامد طبیعی چوب و زغال سنگ و از مهم‌ترین سوخت‌های جامد مصنوعی کک، زغال چوب و بریکت را می‌توان نام برد. انواع و اقسام نفت‌های استخراجی، سوخت‌های مایع طبیعی را تشکیل می‌دهند که در حقیقت نوعی تبدیل و تغییر شکل زغال سنگ‌ها هستند که در شرایط خاص و وجود عوامل حیوانی، به صورت مایع درآمده‌اند. الکل‌ها و محصولات تقطیر نفت طبیعی، مانند بنزین، نفت سفید و گازوئیل از سوخت‌های مایع مصنوعی به شمار می‌آیند.

گاز طبیعی چاه‌های نفت و گاز معادن زغال سنگ، در دسته سوخت‌های گازی طبیعی قرار می‌گیرند. در حالی که سوخت‌های گازی مصنوعی دامنه وسیعی دارند و مشتمل بر گاز کوره‌های بلند ذوب آهن، گاز تقطیر زغال سنگ، محصولات گازی کراکینگ (شکسته‌شدن مولکول‌های بزرگ و تبدیل آنها به مولکول‌های کوچک)، گاز مولدها (دستگاه‌هایی که در آنها زغال سنگ، به‌طور ناقص محترق شده و تولید گازهای قابل سوختن می‌کند) هستند. در جدول ۱ دسته‌بندی انواع سوخت، نشان داده شده است.

جدول ۱- دسته‌بندی سوخت‌های آلی

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

ترکیب سوخت: همان‌طور که قبلاً ذکر شد، قسمت اعظم و سازنده اصلی سوخت‌ها را کربن و هیدروژن تشکیل می‌دهد. با این حال از نقطه نظر اشتعال و ایجاد حرارت مورد نیاز، سوخت‌ها را می‌توان ترکیبی از کربن (C)، هیدروژن (H)، اکسیژن (O)، ازت (یا نیتروژن N)، گوگرد فزار یا قابل احتراق ( $S_V$  Volatile Sulphur)، مواد غیر قابل احتراق به نام خاکستر (A) و رطوبت (W) دانست. این مواد و عناصر، در داخل سوخت، دارای ترکیبات ساده یا پیچیده‌ای هستند که مطالعه و بررسی آنها مربوط به علم شیمی است.

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

$$C+H+N+S_V+A+W=100 \text{ درصد}$$

این رابطه در واقع درصد ترکیب عناصر ساده (به استثنای خاکستر A و رطوبت W که اجسام مرکبی هستند) و مؤثر در ایجاد حرارت و عملیات احتراق سوخت را نشان می‌دهد.

گوگرد در داخل سوخت‌ها ممکن است به سه شکل و ترکیب متفاوت وجود داشته باشد. که عبارت‌اند از:

(الف) سولفات‌ها ( $Ca_2SO_4, K_2SO_4, Na_2SO_4$ )

(ب) سولفور فلزات (معمولاً پیریت به فرمول  $FeS_2$ )

(ج) ترکیبات آلی

گوگرد به شکل سولفات، قابل احتراق نیست (غیر فزار) و وارد خاکستر می‌شود. ترکیبات آلی گوگرد و همچنین گوگرد به شکل پیریت، می‌توانند محترق شوند و از این نظر، مجموعاً گوگرد قابل احتراق سوخت را تشکیل می‌دهند. بنابراین در صورتی که گوگرد به شکل سولفور (پیریت) با  $S_p$  و به شکل ترکیبات آلی با  $S_o$  نمایش داده شود، بدیهی است که گوگرد قابل احتراق چنین خواهد بود:

$$S_V=S_p+S_o \text{ درصد}$$

با روش‌های تهیه مواد معدنی، دو نوع گوگرد به شکل سولفات‌ها و سولفورها قابل جدا کردن است و می‌توان با وسایلی آنها را از بین برد و یا دست کم مقدارشان را به حداقل رساند (مثلاً شست‌وشوی نفت یا زغال سنگ توسط اسید سولفوریک). در حالی که گوگرد به شکل ترکیبات آلی در ساختمان و ترکیب شیمیایی سوخت است و به سهولت نمی‌توان آن را جدا کرد (گوگرد، عنصر مضرّی شناخته شده است و وجود آن در فلزات و آلیاژها، خواص مکانیکی و متالورژیکی آنها را پایین می‌آورد). معمولاً مقدار گوگرد به شکل ترکیبات آلی، در داخل سوخت‌ها ناچیز است و از ۰/۱ درصد تجاوز نمی‌کند. از این نظر در محاسبات احتراق می‌توان از آن صرف‌نظر کرده و ترکیبات آلی سوخت را فقط شامل C، H، O، N دانست.

## احتراق در سوخت‌های مایع و گاز:

پیشنهاد می‌گردد ابتدا راجع به این نوع سوخت و ترکیبات آن توضیحاتی بیان شود سپس واکنش یک گاز را با اکسیژن بر روی تخته کلاس نوشته و یا از چارت نمایشی استفاده شود.

سپس به توضیح تمامی جزئیات آن پرداخته و راجع به موازنه این واکنش توضیحاتی را بیان کنید سپس با توجه به یک نوع گاز برای مثال  $CH_4$  گاز متان واکنش را عددگذاری کرده و توضیح دهید.

سپس نوع گاز را تغییر داده و از هنجریان خواسته شود فرمول را با توجه به نوع گاز جدید عددگذاری نمایند. در ادامه یکی از موارد واکنش را مجهول کرده و شروع به حل مسئله کنید به عنوان مثال مقدار اکسیژن مورد نیاز برای سوختن ۲۰ کیلوگرم از گاز متان چقدر است.

در ادامه با کمک هنجریان انواع دیگر گازها را در مسئله قرار داده و محصولات آن را به دست آورند.

## دانش افزایی

### زغال کک به عنوان سوخت مصرفی در صنایع ذوب فلزات

زغال کک و یا به اختصار کک (Coke)، از حرارت دادن زغال سنگ در محیط مسدود تولید می‌شود. در اثر حرارت گازهای مختلفی از زغال سنگ خارج و تغییراتی در حجم زغال سنگ ایجاد می‌شود. با ادامه عمل، شدت گازهای متصاعد شده کاهش می‌یابد و بالاخره متوقف می‌شود و جسم جامد خاکستری رنگ نسبتاً سختی با تخلخل نسبی حاصل می‌شود که آن را کک می‌نامند.

هر چند در گذشته از زغال سنگ نیز به‌طور مستقیم در صنایع ذوب و گرم کردن استفاده می‌شد. ولی امروزه استفاده مستقیم از زغال سنگ متوقف شده است و عموماً از کک، به عنوان تنها سوخت جامد صنعتی بهره می‌گیرند. علل عدم کاربرد زغال سنگ را می‌توان به این صورت خلاصه کرد:

الف) قدرت حرارتی انواع زغال سنگ‌ها متفاوت است، در حالی که قدرت حرارتی کک نسبتاً ثابت است و کنترل و تنظیم حرارت کوره بهتر انجام می‌گیرد.

ب) خواص مکانیکی زغال سنگ‌ها از نظر مقاومت به فشار، ضربه و اصطکاک نیز متفاوت و پایین است. بنابراین در عمل علاوه بر سختی شرایط کنترل، به سهولت خرد و نرم می‌شوند که در نتیجه جریان هوا از داخل آنها به سختی انجام می‌گیرد و باعث خفگی در احتراق می‌شود.

ج) زغال سنگ‌ها دارای مواد آلی پر ارزشی هستند که در کک‌سازی خارج می‌شوند و مورد استفاده قرار می‌گیرند (قطران، آمونیاک، بنزن، فنل، نفتالین و آنتراسن از

این گازها محسوب می‌شوند). علاوه بر آن سوختن زغال سنگ و خروج گازهای مذکور آلودگی محیط کارگاه را تشدید می‌کنند.

د) زغال سنگ در مجاورت هوا به تدریج اکسید می‌شود، به همین دلیل انبار کردن زغال سنگ بسیار خطرناک است و احتمال احتراق آن وجود دارد. به علاوه اکسیداسیون و جذب اکسیژن، ارزش حرارتی و قابلیت کک شدن زغال سنگ را به میزان قابل ملاحظه‌ای پایین می‌آورد.

مشخصات ککی که در صنایع ذوب فلزات به کار می‌رود عبارت‌اند از:

**الف) ترکیب شیمیایی:** کک مناسب برای ریخته‌گری دارای چنین ترکیبی است:

کربن: ۸۵-۹۰ درصد مواد فزّار: کمتر از ۱ درصد

خاکستر: حداکثر ۱۲ درصد رطوبت: حداکثر ۲ درصد

گوگرد قابل احتراق (S<sub>v</sub>): کمتر از ۲ درصد

گوگرد، عنصر نامطلوب در کک شناخته شده است و باید مقدار آن از ۲ درصد کمتر باشد (لازم به توضیح است که درصد گوگرد کک مصرفی در تهیه بعضی از فلزات نظیر چدن با گرافیت کروی باید به مراتب کمتر از این اندازه باشد). ترکیب، درصد و نقطه ذوب خاکستر نیز از عوامل شناخته شده‌ای هستند که نقش مهمی در ارزش حرارتی کک دارند.

**ب) ضریب تخلخل:** کک مصرفی در ریخته‌گری باید متخلخل باشد تا احتراق به‌طور کامل انجام شود. محاسبه نشان داده است که ضریب تخلخل یک قطعه کک (نسبت حجم فضای خالی به حجم کل قطعه) برابر است با:

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

که در آنها P و P' به ترتیب چگالی حقیقی و ظاهری کک هستند. کک‌های صنعتی معمولاً دارای چنین مشخصاتی هستند:

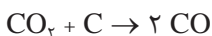
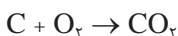
$$e = 0.45 - 0.55 \quad P = 1.8 - 2 \text{ g/cm}^3 \quad P' = 0.8 - 1.1 \text{ g/cm}^3$$

**ج) ارزش حرارتی:** در کوره‌هایی که سوخت، مستقیماً با بار کوره تماس دارد (مانند کوره کوپل و کوره بلند ذوب آهن) کک بهترین و مناسب‌ترین سوخت محسوب می‌شود؛ زیرا اولاً کربن آزاد موجود در کک نقش مهمی در احیای مواد اکسیدی دارد و ثانیاً در کوره کوپل و کوره بلند جزء یکی از عناصر اصلی و مهم چدن است.

در هر حال با اینکه قدرت حرارتی کک نسبتاً زیاد نیست ولی به علت همین تماس با بار راندمان کوره‌های مذکور در مقایسه با سایر کوره‌ها بالاست.

ارزش حرارتی یک کک خوب با ترکیب شیمیایی مناسب و با داشتن حداکثر خاکستر به میزان ۸ درصد بین ۶۵۰۰ تا ۷۵۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم تغییر می‌کند. لازم به توضیح است که قدرت حرارتی کربن خالص (کک ایدئال) برابر است با:  $۸۰۹۰ \text{ Kcal/kg}$

**(د) راکتیویته (Reactivity):** در احتراق کک، میزان تولید گاز کربن منواکسید (CO) یکی از مشخصات و خواص عمده آن، در عملیات احیای اکسید فلزات است. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد در یک احتراق ناقص، در ابتدا مقداری از کربن کک در مجاورت اکسیژن (یا هوا) می‌سوزد و تولید گاز کربن دی‌اکسید ( $\text{CO}_2$ ) می‌کند. سپس باقیمانده کربن، با این گاز ترکیب می‌شود و تولید گاز کربن منواکسید می‌کند:



گاز CO به سهولت می‌تواند اکسیدهای فلزی را احیا و به علاوه تولید گرما کند (فعل و انفعال گرمازا) مثلاً در احیای اکسید آهن توسط CO داریم:



طبق تعریف، راکتیویته عبارت است از نسبت تعداد مولکول‌های کربن دی‌اکسید تبدیل شده به کربن منواکسید (B) بر تعداد کل مولکول‌های کربن دی‌اکسید تولید شده (A) در احتراق است. یعنی:

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

محاسبه نشان داده است که درصد راکتیویته بر حسب درصد گازهای کربن دی‌اکسید و کربن منواکسید چنین است:

$$\%R = \frac{\% \text{CO}}{\% \text{CO} + 2\% \text{CO}_2} \times 100$$

راکتیویته کک در فشار ثابت بستگی به دو عامل مهم، درجه حرارت گاز  $\text{CO}_2$  و سرعت عبور آن از روی کک گذاشته دارد. در داخل کوپل راکتیویته کک حدود ۲۰٪ است و تقریباً کربن کک با احتراق می‌سوزد. در حالی که در کوره بلند ذوب آهن که مقدار اکسیدهای آهن زیاد است، راکتیویته کک در  $900^\circ \text{C}$  حداقل حدود ۷۵٪ و حداکثر حدود ۹۰٪ است.

## محاسبه حجم هوا در شرایط متعارفی و غیر متعارفی

در مباحث قبل چگونگی محاسبه مقدار اکسیژن توضیح داده شده است. در این قسمت از تدریس کتاب چگونگی محاسبه حجم هوا در دو حالت متعارفی و همچنین غیرمتعارفی می‌پردازد.

از هنرجویان سؤال کنید برای احتراق و سوختن انواع سوخت چرا از اکسیژن استفاده نمی‌شود؟

سپس بحث گروهی ایجاد کنید، از هر یک از هنرجویان اطلاعات دریافت کنید و در ادامه پاسخ صحیح را مطرح کرده و نتیجه‌گیری کنید.

در ادامه توضیح دهید که نسبت حجم اکسیژن هوا چه عددی است و براساس آن با معلوم بودن میزان اکسیژن چگونه هوا محاسبه می‌گردد.

پیشنهاد می‌گردد برای توضیح این قسمت یک مثال آورده شود و همراه با حل مسئله، درس نیز توضیح داده شود.

سپس برای درک بهتر و تفهیم مطلب تمرین‌ها و مثال‌های بیشتر با کمک هنرجویان انجام گیرد.

در ادامه فرمول محاسبه حجم هوا در شرایط غیر متعارفی را به‌صورت چارت نمایشی و یا استفاده از تخته کلاس نمایش داده و به توضیح تک تک فاکتورهای فرمول بپردازید و در خلال توضیحات از هنرجویان سؤالاتی در خصوص فرمول پرسیده شود و در نهایت با توضیحات شما فرمول تکمیل شده و یک مثال ساده حل گردد در ادامه برای درک بهتر مطلب پیشنهاد می‌گردد از تمرین‌های بیشتر استفاده شود و از همکاری هنرجویان در حل مسئله کمک گرفته شود.

## دانش افزایی

### بررسی قدرت حرارتی سوخت

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.

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

حضور اکسیژن در سوخت به علت ترکیب با هیدروژن (در مواقع احتراق) از قدرت حرارتی آن می‌کاهد (همچنین می‌توان گفت که جسم اکسیژن دار قبلاً اکسید



شده و در نتیجه از قدرت حرارتی آن کاسته شده است). به طور کلی قدرت حرارتی یک سوخت را با توجه به گرمایی عناصر مختلف در ترکیب با اکسیژن و ساده شدن شرایط محاسبه می‌توان از این رابطه تعیین کرد:

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

**مثال ۱:** مطلوب است تعیین قدرت حرارتی یک نوع گازوئیل که در تجزیه کمی آن ۹۰ درصد کربن، ۹ درصد هیدروژن، ۵/۵ درصد گوگرد و ۵/۵ درصد مواد غیرقابل احتراق تعیین شده است.  
**حل:**

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

$$q_m = 80 \times 90 + 340 \times 9 + 20 \times 0.5$$

$$q_m = 10270 \text{ Kcal/kg}$$

**مثال ۲:** مطلوب است تعیین قدرت حرارتی یک زغال با نسبت ترکیبی:

$$C = 84\% \quad H = 1\% \quad A = 11\% \text{ (خاکستر)} \quad W = 4\%$$

**حل:**

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

$$q_m = 80 \times 84 + 340 \times 1 - 6 \times 4$$

$$q_m = 7036 \text{ Kcal/kg}$$

عمل به دلیل ناچیز بودن اکسیژن و گوگرد در سوخت، اغلب مقدار آنها را در محاسبه منظور نمی‌کنند و حتی از تأثیر اضافی رطوبت نیز می‌توان در حدود تقریب صرف‌نظر کرد. به‌طور مثال قدرت حرارتی سوخت مذکور در مثال ۲ با فرمول ساده شده و حذف تأثیر اضافی رطوبت عبارت است از:

$$q_m = 80C + 340H$$

$$q_m = 80 \times 84 + 340 \times 1$$

$$q_m = 7060 \text{ Kcal/kg}$$

## ارزشیابی پایانی جلسه ششم

برای تکمیل این کار برگ ابتدا آن را از کتاب درسی تکثیر نموده و در اختیار هنرجویان قرار دهید و پس از تکمیل کاربرگ توسط هنرجویان، نمره خود را طبق یادداشت‌های نظارتی که در طول روز تهیه کرده‌اید تکمیل کرده و در کار پوشه هنرجویان ثبت کنید.

### کار برگ ارزشیابی پایان جلسه ششم

خبر	بلی	مؤلفه‌های خودارزیابی
		احتراق را یاد گرفتیم.
		مدول سطحی و رابطه آن را متوجه شدم.
		شرایط احتراق کامل سوخت را می‌دانم.
		طریقه محاسبه اکسیژن مورد نیاز برای سوخت‌های جامد را یاد گرفتیم.
		طریقه محاسبه اکسیژن مورد نیاز برای سوخت‌های مایع و گاز را متوجه شدم.
		محاسبه حجم هوا در شرایط متعارفی و غیر متعارفی را می‌دانم.

ارزشیابی توسط هنرآموز		
نمره دریافتی	بارم	مؤلفه‌های ارزشیابی
	۳	احتراق را یاد گرفته است.
	۳	مدول سطحی و رابطه آن را متوجه شده است.
	۳	شرایط احتراق کامل سوخت را می‌داند.
	۳	طریقه محاسبه اکسیژن مورد نیاز برای سوخت‌های جامد را می‌داند.
	۳	طریقه محاسبه اکسیژن مورد نیاز برای سوخت‌های مایع و گاز را می‌داند.
	۳	محاسبه حجم هوا در شرایط متعارفی و غیر متعارفی را می‌داند.
	۲	صحت نمره خود ارزیابی هنرجو
	۲۰	جمع

## جلسه هفتم

### فلز روی و ویژگی‌های آن



فلز روی از قرن‌ها پیش مورد استفاده بوده است. به خاطر نقطه جوش پایین و واکنش شیمیایی فلز روی (روی جدا شده دود شده و قابل دست‌یابی نبود) خصوصیات واقعی این فلز در زمان باستان مشخص نشده بود. کالاهای برنجی که به ۱۴۰۰-۱۰۰۰ سال پیش باز می‌گردند در فلسطین پیدا شده‌اند و اشیاء رویی با ۸۷٪ روی در ترانسیلوانیا ما قبل تاریخ یافت شده‌اند.

ساخت برنج به رومی‌ها نسبت داده شده است و مربوط به ۳۰ سال پیش از میلاد می‌باشد. آنها کالامین و مس را با یکدیگر در بوتۀ آهنگری حرارت می‌دادند که در این عمل اکسید روی در کالامین کاهش می‌یافت و فلز روی آزاد توسط مس به دام انداخته می‌شد و به شکل آلیاژ در می‌آمد. برنج به دست آمده یا در قالب ریخته می‌شد

یا با چکش به شکل‌های مختلف در می‌آمد.

روی چهارمین فلز متداول و مورد استفاده بوده و بعد از آهن آلومینیوم و مس بیشترین فلز تولیدی می‌باشد.



**فلز روی و صنعت آن:** فلزی است به رنگ سفید مایل به آبی یا نقره‌ای که در پوسته زمین وجود دارد. میزان فراوانی روی در طبیعت بسته به مکان و فصل تغییر می‌کند.

روی خالص بسیار نرم بوده و در درجه حرارت معمولی ترد و شکننده است و با ضربه چکش به راحتی می‌شکند. همچنین این ماده قابل نورد نیست. روی در طبیعت بیشتر به صورت سولفور یافت می‌شود.

این فلز به صورت اشکال تجاری متنوعی مانند: شمش و کلوخه ورق و سیم، گلوله‌ای، میله‌ای، دانه‌ای و پولکی ارائه می‌گردد. این فلز از جمله مهم‌ترین و باارزش‌ترین فلزات است که در صنایع مختلف به‌ویژه در ساخت آلیاژها و صنعت گالوانیزاسیون کاربردهای فراوانی دارد. این فلز در ساختار اقتصادی هر کشور جهت تولید و تکمیل انواع فرآورده‌های صنعتی نقش اساسی دارد. سرب و روی در طبیعت همواره با هم آمیخته بوده و سنگ‌های درون‌گیر مشترکی دارند.

**ویژگی‌های روی:** این فلز به لحاظ خواص کاربردی از جمله واکنش‌پذیری با آهن، مقاومت در برابر خوردگی، خواص الکتروشیمیایی، نقطه ذوب پایین، سیالیت، ظرفیت بالا برای عمل‌آوری سطح، استحکام، آلیاژپذیری، شکل‌پذیری، مقاومت کششی بالا، ماده مغذی، بهبودی و التیام‌دهندگی و... مصارف گوناگونی پیدا کرده است.

زمانی که این فلز با ۴٪ آلومینیوم آلیاژ شود، مقاومت تسلیم و سختی آن به اندازه زیادی افزایش می‌یابد. خاصیت الکترونگاتیوی روی سبب استفاده وسیع آن در باتری‌های خشک شده است.

ویژگی‌های این فلز شامل:

- ۱ شکل‌پذیری
- ۲ الکتروشیمیایی
- ۳ درجه ذوب پایین
- ۴ مقاومت در برابر خوردگی
- ۵ سیالیت
- ۶ استحکام
- ۷ ویژگی‌های آلیاژی

ویژگی‌هایی نظیر (مقاومت در برابر خوردگی، واکنش‌پذیری با آهن و خاصیت الکتروشیمیایی فلز روی موجب استفاده از آن به عنوان یک (پوشش مناسب در برابر خوردگی) گالوانیزاسیون، گردیده است. از فولاد گالوانیزه در صنایع ساخت و ساز، نیرو، ساخت امکان رفاهی شهری (نظیر نیمکت و میز و...) کشاورزی و حمل و نقل استفاده می‌شود.

درجه ذوب پایین، سیالیت و استحکام روی موجب استفاده از آن در ریخته‌گری شده است.

از این فلز در تولید آلیاژهای مختلفی نظیر برنج، آلیاژهای آلومینیوم و آلیاژهای منیزیم استفاده می‌شود که این آلیاژها در صنایع ساخت‌وساز، اتومبیل‌سازی، الکتریکی و... کاربرد دارد.

شکل‌پذیری و مقاومت در برابر خوردگی این فلز سبب تولید ورق‌های روی می‌شود که از آنها در صنعت ساخت‌وساز استفاده می‌شود.

خاصیت الکتروشیمیایی این محصول موجب استفاده از آن در تولید باتری‌ها شده است.

خاصیت شیمیایی این فلز موجب استفاده از آن در تولید باتری‌ها شده است.

**مصارف و کاربردهای روی:** آمار جهانی مصرف اولیه و نهایی این فلز در بخش‌های مختلف اقتصادی به شرح زیر می‌باشد:

۱ گالوانیزاسیون

۲ برنج و برنز

۳ وسایل نیم‌ساخته

۴ مصارف شیمیایی

۵ ساخت‌وساز

۶ حمل‌ونقل

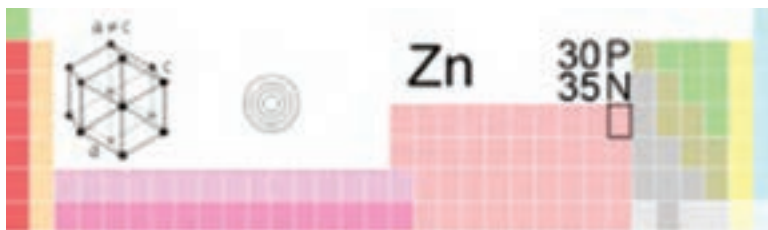
۷ مهندسی عمومی

۸ کالاهای مصرفی و الکتریکی

**مصارف و کاربردهای روی در صنعت گالوانیزاسیون:** روشی برای پوشش فلزات

فاسد شدنی با استفاده از فلزات دیگر همچون روی می‌باشد. یکی از عمده‌ترین محصولات تولیدی، آهن سفید (آهن گالوانیزه) است.

فولاد گالوانیزه شده در هر جایی ممکن است استفاده شده باشد از جمله ساختن لوله بخاری، کانال کولر، شیروانی منازل، لوله‌های آب و غیره. گالوانیزاسیون حدود ۴۷-۵۰٪ از مصرف روی را شامل می‌شود و عمده‌ترین صنعت مصرف‌کننده فلز روی به‌شمار می‌رود.



عمومی	
نام، علامت اختصاری، شماره	Zinc, Zn, ۳۰
گروه شیمیایی	فلز انتقالی
گروه، تناوب، بلوک	۱۲، ۴، d
جرم حجمی، سختی	۷۱۴۰ kg/m <sup>۳</sup> ، ۲-۵
رنگ	خاکستری کم‌رنگ مایل به آبی
خواص اتمی	
وزن اتمی	۱ E_ kg
شعاع اتمی (clac)	۱ E_ m
شعاع کووالانسی	۱۳۱ pm
شعاع واندروالس	۱۳۹ pm
ساختار الکترونی	[Ar]۳d <sup>۱۰</sup> ۴s <sup>۲</sup>
بازای هر سطح انرژی e <sup>-</sup>	۲، ۸، ۱۸، ۲
درجه اکسیداسیون (اکسید)	(آمفوتریک) ۲
ساختار کریستالی	شش گوشه

خواص فیزیکی	
حالت ماده	جامد دیامغناطیس
نقطه ذوب	۶۹۲/۶۸ K (۷۸۷/۱۵ °F)
نقطه جوش	۱۱۸۰ K (۱۶۶۵ °F)
حجم مولی	۹/۱۶ (scientific notation) $10^{-6}$ m <sup>3</sup> /mol
گرمای تبخیر	۱۱۵/۳ kJ/mol
گرمای هم جوشی	۷/۳۲۲ kJ/mol
فشار بخار	۱۹۲/۲ Pa at ۶۹۲/۷۳ K
سرعت صوت	۳۷۰۰ m/s at ۲۹۳/۱۵ K
متفرقه	
الکترون گانگانیویته	(درجه پائولینگ) ۱/۶۵
ظرفیت گرمایی ویژه	۳۹۰ J/kg* <sup>o</sup> K
رسانایی الکتریکی	اهم ۱۶/۶ $10^6$ /m
رسانایی گرمایی	۱۱۶ W/m* <sup>o</sup> K



## سرب و کاربرد آن در صنعت

**تاریخچه:** به علت فراوانی سرب (هنوز هم این گونه است)، تهیه آسان، کار کردن آسان با آن، انعطاف پذیری و چکش خواری بالا و پالایش راحت، حداقل از ۷۰۰۰ سال پیش مورد استفاده بشر می باشد. کیمیاگران می پنداشتند سرب قدیمی ترین فلز بوده و به سیاره زحل مربوط می شود. لوله های سربی که نشانه های امپراتوری روم را حمل می کردند، هنوز هم به کار می روند. نشان Pb برای سرب خلاصه نام لاتین آن plumbum است. در اواسط دهه ۸۰ تغییر مهمی در الگوهای پایان استفاده از سرب به وجود آمده بود. بیشتر این تغییر ناشی از پیروی مصرف کنندگان سرب آمریکا از قوانین زیست محیطی بود که به طرز قابل ملاحظه ای استفاده از سرب را در محصولات به جز باتری از جمله گازوئیل، رنگ، اتصالات و سیستم های آبی کاهش داده یا حتی حذف کرد.

**خصوصیات قابل توجه:** سرب فلزی است براق، انعطاف پذیر، بسیار نرم، شدیداً چکش خوار و به رنگ سفید مایل به آبی که از خاصیت هدایت الکتریکی پایینی برخوردار است. این فلز حقیقی به شدت در برابر پوسیدگی مقاومت می کند و به همین علت از آن برای نگهداری مایعات فرسایشگر (مثل سولفوریک اسید) استفاده می شود. با افزودن مقادیر خیلی کمی آنتیموان یا فلزات دیگر به سرب می توان آن را سخت کرد.

**کاربردها:** کاربردهای اولیه سرب عبارت بودند از: سازه های ساختمانی، رنگ دانه های مورد استفاده در لعاب سرامیک و لوله های انتقال آب، کاخ ها و کلیساهای بزرگ اروپا، در وسایل تزئینی، سقف ها، لوله ها و پنجره هایشان دارای مقادیر قابل توجهی سرب هستند.

در باتری های سرب اسید، در اجزای الکترونیکی، روکش کابل، مهمات، در شیشه CTR سرامیک، شیشه های سرب دار، لوله های سربی (اگرچه استفاده از اتصالات سربی در لوله های آب آشامیدنی در دهه ۹۰ در آمریکا قانونی شد، امروزه کاربرد آنچنانی ندارند)، در رنگ ها (از سال ۱۹۷۸ در آمریکا و به تدریج از دهه ۶۰ تا دهه ۸۰ در انگلستان ممنوع شد، اگرچه رنگ سطوح قدیمی می توانست تا ۵۰٪ وزن از سرب باشد)، آلیاژها، پیوتر، اتصالات و مواد پرکننده دندان.

همچنین در بامها به عنوان درزگیر برای محافظت اتصالات در برابر باران مورد استفاده قرار می گیرد. در گازوئیل ترا اتیل و تترامتیل سرب برای کاهش صدای موتور کاربرد دارد (pre-ignition, pre-detonation) و pinking هم نامیده می شود). فروش بنزین سرب دار در آمریکا از سال ۱۹۸۶ و در اتحادیه اروپا از سال ۱۹۹۹ ممنوع شد.



**جداسازی:** سرب محلی در طبیعت یافت می‌شود، اما کمیاب است. امروزه معمولاً سرب در کانی‌هایی همراه با روی، نقره و (بیشتر) مس یافت می‌شود و به همراه این مواد جدا می‌گردد. ماده معدنی اصلی سرب گالن (PbS) است که حاوی ۸۶/۶٪ سرب می‌باشد. سایر کانی‌های مختلف و معمول آن سروسیت (PbCO<sub>۳</sub>) و انگلسیت (PbSO<sub>۴</sub>) می‌باشند. اما بیش از نیمی از سربی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد، بازیافتی است.

سنگ معدن به‌وسیلهٔ مته یا انفجار جدا شده، سپس آن را خرد کرده و روی زمین قرار می‌دهند. بعد از آن، سنگ معدن تحت تأثیر فرایندی قرار می‌گیرد که در قرن نوزدهم در Broken Hill استرالیا به‌وجود آمد. یک فرایند شناور سازی، سرب و دیگر مواد معدنی را از پس‌مانده‌های سنگ جدا می‌کند تا با عبور سنگ معدن، آب و مواد شیمیایی خاص از تعدادی مخزن که درون آنها دوغاب همیشه مخلوط می‌شود، عصاره‌ای به‌وجود آید.

درون این مخزن‌ها هوا جریان یافته و سرب سولفید به حباب‌ها می‌چسبد و به‌صورت کف بالا آمده که می‌توان آن را جدا نمود. این کف (که تقریباً دارای ۵۰٪ سرب است) خشک شده، سپس قبل از پالایش به منظور تولید سرب ۹۷٪ سینتر می‌شوند. بعد از آن سرب را طی مراحل مختلف سرد کرده تا ناخالصی‌های سبک‌تر بالا آمده و آنها را جدا می‌کنند. سرب مذاب با گذاختن بیشتر به‌وسیلهٔ عبور هوا از روی آن و تشکیل لایه‌ای از تفالۀ فلز که حاوی تمامی ناخالصی‌های باقی‌مانده می‌باشد، تصفیه شده و سرب خالص ۹۹/۹٪ به‌دست می‌آید.

**ایزوتوپ‌ها:** سرب به‌طور طبیعی دارای چهار ایزوتوپ پایدار است:

$Pb_{-204}(1/4\%) - Pb_{-206}(24/1\%) - Pb_{-207}(22/1\%) - Pb_{-208}(52/4\%)$   
 سرب ۲۰۶، ۲۰۷ و ۲۰۸ همگی پرتوزا بوده، محصولات پایانی زنجیره فروپاشی پیچیده‌ای هستند که به ترتیب در  $U_{-238}$ ،  $U_{-235}$  و  $Th_{-232}$  رخ می‌دهند.

**هشدارها:** سرب فلز سمی است که به پیوندهای عصبی آسیب رسانده (به‌خصوص در بچه‌ها) و موجب بیماری‌های خونی و مغزی می‌شود. تماس طولانی با این فلز یا نمک‌های آن (مخصوصاً نمک‌های محلول یا اکسید غلیظ آن PbO<sub>۲</sub>) می‌تواند باعث بیماری‌های کلیه و دردهای شکمی شود. به اعتقاد بعضی افراد استفادهٔ تاریخی از سرب توسط امپراطوری روم برای لوله‌های آب و نمک آن عامل دیوانگی بسیاری از امپراطوران بود. نگرانی دربارهٔ نقش سرب در عقب‌ماندگی ذهنی کودکان موجب کاهش استفاده از آن در سطح جهان گردید.

فروش رنگ‌های حاوی سرب در کشورهای صنعتی متوقف شده، گرچه احتمالاً بسیاری از خانه‌های قدیمی هنوز دارای مواد سربی در رنگ‌هایشان هستند. کلاً پیشنهاد می‌شود رنگ‌های قدیمی را با سمباده از بین نبرند، چون این کار باعث

ایجاد غباری قابل استنشاق می‌گردد. نمک‌های سرب که در لعاب ظروف سفالی به کار می‌رود، گاهی اوقات ایجاد مسمومیت کرده‌اند، چون هنگامی که در آنها اسید نوشیده می‌شود، مانند آبمیوه‌ها، یون‌های سرب از لعاب ظرف جدا می‌شوند. گفته می‌شود استفاده از سرب برای فشردن سیب جهت تهیه آب سیب، عامل بیماری Devon colic می‌باشد.

سرب در واقع برای ساخت مدادهای اولیه مورد استفاده قرار می‌گرفت، اگرچه در چند دهه اخیر مغز مدادها از گرافیت که شکل طبیعی کربن می‌باشد، ساخته شده است.



عمومی	
نام ، علامت اختصاری ، شماره	Lead, Pb, ۸۲
گروه شیمیایی	فلز ضعیف
گروه ، تناوب ، بلوک	۶ ، ۱۴IVA، بلوک p
جرم حجمی، سختی	۱۱۳۴۰ kg/m <sup>۳</sup> ، ۱/۵
رنگ	سفید متمایل به آبی 
خواص اتمی	
وزن اتمی	۲۰۷/۲ amu
شعاع اتمی (clac.)	۱۸۰ (۱۵۴) pm
شعاع کووالانسی	۱۴۷ pm

شعاع واندروالس	۲۰۲ pm
ساختار الکترونی	$[Xe]4f^{14}5d^106s^26p^2$
$e^-$ به ازای هر سطح انرژی	۲، ۸، ۱۸، ۳۲، ۱۸، ۴
درجه اکسیداسیون (اکسید)	۴، ۲ آمفوتریک
ساختار کریستالی	face centered مکعبی
<b>خواص فیزیکی</b>	
حالت ماده	جامد
نقطه ذوب	۱ E۲ K (۶۲۱/۴۳ °F)
نقطه جوش	۱ E۳ K (۳۱۸۰ °F)
گرمای تبخیر	۱۷۷/۷ kJ/mol
گرمای هم جوشی	۴/۷۹۹ kJ/mol
فشار بخار	۴/۲۱ scientific notation $\times 10^{-۷}$ Pa at ۶۰۰ °K
سرعت صوت	۱۲۶۰ m/s at ۲۹۳/۱۵ °K
<b>متفرقه</b>	
الکترونگاتیویته	۲/۳۳ (درجه پائولینگ)
ظرفیت گرمایی ویژه	۱۲۹ J/kg °K
رسانایی الکتریکی	۴/۸۱ $10^6/m$
رسانایی گرمایی	۳۵/۳ W/m °K

**قلع:** قلع عنصر شیمیایی است که در جدول تناوبی با نشان Sn و عدد اتمی ۵۰ وجود دارد. این فلز ضعیف چکش خوار و نقره‌ای که به آسانی در آزمایش‌های مربوط به هوا اکسیده نمی‌شود و در برابر فرسایش مقاوم است، در بسیاری از آلیاژها وجود داشته و به‌عنوان پوشش مواد دیگر جهت جلوگیری از فرسایش آنها به کار می‌رود. قلع را عمدتاً از ماده معدنی کاسی تریت که در آن به‌صورت اکسید وجود دارد، به‌دست می‌آورند.

**خصوصیات قابل توجه:** قلع فلزی است چکش خوار، قابل انعطاف، شدیداً بلورین و سفید نقره‌ای که ساختار بلوری آن هنگام خم شدن قطعه‌ای از قلع صدای خاصی ایجاد می‌کند (علت آن شکست بلورها است). این فلز در برابر فرسایش ناشی از

آب تقطیر شده دریا و آب لوله‌کشی مقاومت می‌کند اما به‌وسیله اسیدهای قوی و موادقلیایی و نمکهای اسیدی مورد حمله قرار می‌گیرد. هنگامی که اکسیژن به‌صورت محلول است قلع به‌عنوان کاتالیزور عمل کرده و واکنش‌های شیمیایی را تسریع می‌کند.

در صورتی که آن را در حضور آزمایش‌های مربوط به هوا حرارت دهند  $\text{Sn}_2$  حاصل می‌شود.  $\text{Sn}_2$  اسید ضعیفی بوده و با اکسیدهای بازی تولید نمک‌های قلع می‌کند. قلع را می‌توان به مقدار زیادی جلا داد و به‌عنوان پوشش سایر مواد جهت ممانعت از فرسودگی یا واکنش‌های شیمیایی دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فلز مستقیماً با کلر و اکسیژن ترکیب می‌شود و جایگزین هیدروژن اسیدهای رقیق می‌گردد. قلع در دماهای معمولی انعطاف‌پذیر است اما در صورتی که گرم شود شکننده می‌شود.

**شکل‌های مختلف:** در فشار طبیعی قلع جامد دارای دو شکل مختلف است. در دماهای پایین به شکل خاکستری یا قلع آلفا وجود دارد که دارای ساختار بلوری مکعبی مانند سیلیکن و ژرمانیم است. وقتی دما بالاتر از  $13/2$  درجه سانتی‌گراد باشد به رنگ سفید یا قلع بتا تبدیل می‌شود که فلزی بوده و دارای ساختار چهار وجهی است. در صورتی که سرد شود به آهستگی به‌صورت خاکستری برمی‌گردد که بیماری قلع نامیده می‌شود. به هر حال این تغییر شکل تحت تأثیر ناخالصی‌هایی از قبیل آلومینیوم و روی قرار می‌گیرد که با افزودن آنتیموان یا بیسموت می‌توان از آن جلوگیری کرد.

**کاربردها:** قلع به آسانی به آهن متصل شده و برای پوشش سرب روی و فولاد مورد استفاده قرار می‌گیرد تا از پوسیدگی آنها جلوگیری شود. قوطی‌های فولادی با پوشش قلع برای نگهداری غذا کاربردی وسیع دارد و این کاربرد بخش وسیعی از بازار قلع فلزی را تشکیل می‌دهد.

#### سایر کاربردها

- برخی از آلیاژهای مهم قلع عبارت‌اند از: برنز، مفرغ، بابت، آلیاژ ریخته‌گری شده تحت فشار، پیوتر، برنز فسفردار، لحیم نرم و فلز سفید.
- مهم‌ترین نمک آن قلع کلرید است که به‌عنوان عامل کاهنده و یک خورنده در چاپ روی پارچه کاربرد دارد. اگر نمک قلع روی شیشه پاشیده شود لایه‌ای به‌وجود می‌آید که خاصیت هدایت الکتریکی دارد. از این پوشش‌ها در شیشه‌های اتومبیل ضد یخ و روشنایی تابلو فرمان استفاده می‌شود.
- برای ساخت شیشه پنجره با سطحی تخت، بیشتر از روش شناور کردن شیشه مذاب روی قلع مذاب (شیشه شناور) استفاده می‌شود این روش را فرایند Pilkington می‌نامند.

● از قلع همچنین در لحیم کاری برای اتصال لوله‌ها یا مدارهای الکتریکی، در آلیاژهای چرخ دنده، در شیشه‌سازی و طیف وسیعی از کاربردهای شیمیایی قلع استفاده می‌شود.

زیر دمای  $72/3^{\circ}\text{K}$  قلع تبدیل به یک ابررسانا می‌شود. در واقع قلع یکی از اولین ابررساناهایی بود که مورد بررسی قرار گرفت؛ Meissner effect که یکی از ویژگی‌های ابررساناها می‌باشد اولین بار در بلورهای قلع ابررسانا کشف شد.

آلیاژ نیوبیوم - قلع ( $\text{Nb}_3\text{Sn}$ ) به علت دمای بحرانی بالا ( $18\text{K}$ ) و میدان مغناطیسی بحرانی  $25\text{T}$  به صورت سیم‌هایی برای آهنرباهای ابررسانا کاربرد تجاری پیدا کرده است. یک آهنربای ابررسانا به وزن چند کیلوگرم قادر به تولید میدان‌های مغناطیسی مشابه الکترومغناطیس‌های چندتنی می‌باشد.

**تاریخچه:** قلع یکی از قدیمی‌ترین فلزات شناخته شده است و از دوران باستان به عنوان بخشی از برنز مورد استفاده بوده است. چون موجب سخت شدن مس می‌گردد از  $3500$  سال قبل از میلاد در وسایل برنزی به کار رفته است.



عمومی	
نام، علامت اختصاری، شماره	Tin, Sn, ۵۰
گروه شیمیایی	فلز ضعیف
گروه، تناوب، بلوک	۱۴ «IVA», ۵, p
جرم حجمی، سختی	$7310\text{ kg/m}^3$ , ۱/۵
رنگ	خاکستری درخشان نقره‌ای
خواص اتمی	
وزن اتمی	۱۱۸-۱۲۱۰ amu

شعاع اتمی (clac)	۱۴۵ (۱۴۵) pm
شعاع کووالانسی	۱۴۱ pm
شعاع وندروالس	۲۱۷ pm
ساختار الکترونی	$[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^2$
$e^-$ بازی هر سطح انرژی	۲، ۸، ۱۸، ۱۸، ۴
درجه اکسیداسیون «اکسید»	«آمفوتریک» ۴/۲
ساختار کریستالی	چهار گوش
<b>خواص فیزیکی</b>	
حالت ماده	جامد
نقطه ذوب	۵۰۵/۰۸ K (۴۴۹،۴۷ °F)
نقطه جوش	۲۸۷۵ K (۴۷۱۶ °F)
حجم مولی	متر مکعب بر مول « $\gg$ » ۱۰ <sup>-۶</sup> « $\gg$ » ۱۶/۲۹
گرمای تبخیر	۲۹۵/۸ kJ/mol
گرمای هم جوشی	۷/۰۲۹ kJ/mol
فشار بخار	۵/۷۸ E-۲۱ Pa at ۵۰۵ K
سرعت صوت	۲۵۰۰ m/s at ۲۹۳/۱۵ K
<b>متفرقه</b>	
الکترونگاتیویته	(درجه پائولینگ « $\gg$ » ۱/۹۶)
ظرفیت گرمایی ویژه	۲۲۸ J/(kg* $\gg$ K)
رسانایی الکتریکی	اهم ۹/۱۷ ۱۰ <sup>۶</sup> /m
رسانایی گرمایی	۶۶/۶ W/(m* $\gg$ K)

## ارزشیابی پایانی جلسه هفتم

برای تکمیل این کار برگ ابتدا آن را از کتاب درسی تکثیر نموده و در اختیار هنرجویان قرار دهید و پس از تکمیل کاربرگ توسط هنرجویان نمره خود را طبق یادداشت‌های نظارتی که در طول روز تهیه کرده‌اید تکمیل کرده و در کار پوشه هنرجویان ثبت کنید.

### کار برگ ارزشیابی پایان جلسه هفتم

خیر	بلی	مؤلفه‌های خودارزیابی
		مشخصات عمومی روی را متوجه شدم.
		تأثیر عناصر آلیاژی بر روی آلیاژهای روی را یاد گرفتم.
		ریخته‌گری آلیاژهای روی را متوجه شدم.
		مشخصات عمومی سرب را یاد گرفتم.
		آلیاژ یاتاقان و خواص آن را متوجه شدم.
		مشخصات عمومی قلع را یاد گرفتم.
		<b>ارزشیابی توسط هنرآموز</b>
نمره دریافتی	بارم	مؤلفه‌های ارزشیابی
	۳	مشخصات عمومی روی را متوجه شده است.
	۳	تأثیر عناصر آلیاژی بر روی آلیاژهای روی را یاد گرفته است.
	۳	ریخته‌گری آلیاژهای روی را متوجه شده است.
	۳	مشخصات عمومی سرب را یاد گرفته است.
	۳	آلیاژ یاتاقان و خواص آن را متوجه شده است.
	۳	مشخصات عمومی قلع را یاد گرفته است.
	۲	صحت نمره خود ارزیابی هنرجو
	۲۰	<b>جمع</b>