پودمان ۲

ارزیابی و کنترل حرارت

در فرایند تولید بدنه‌های سرامیکی مانند خشک کردن و پخت نیاز به اعمال حرارت و افزایش دما وجود دارد. حرارت مورد نیاز از منابع سوختی مختلف تأمین شده و به بدنه منتقل می‌شود. پس از تولید حرارت اندازه‌گیری دما و کنترل آن اهمیت دارد تا دمای مطلوب برای انجام فرایند تأمین شود.

واحد یادگیری ۲

شایستگی ارزیابی و کنترل حرارت

هدف از این شایستگی، کسب دانش و مهارت به کارگیری، تنظیم و کنترل تجهیزات کوره‌ها و خشک‌کن است. همچنین هنرجو روش‌های تأمین و انتقال حرارت در کوره برای خشک کردن و پخت بدنه‌های سرامیکی را فرا می‌گیرد.

استاندارد عملکرد

در این پودمان ابتدا انواع کوره‌های مورد استفاده در صنعت سرامیک و ابزارهای کنترل و اندازه‌گیری حرارت معرفی شده است. سپس انواع المنت‌ها و نحوهٔ کار آنها در کوره‌های الکتریکی بیان شده است. سپس کوره‌های مشعلی و اجزای آن و اثر اتمسفر بر عملکرد مشعل توضیح داده شده است. به منظور آشنایی با نحوهٔ پخت بدنه در کوره‌ها انواع روش‌های انتقال حرارت در آنها بیان شده است.

منابع تأمین حرارت

آیا تا به حال به این موضوع اندیشیده‌اید که چگونه حرارت درون کوره تأمین می‌شود؟
کوره از جمله مهم‌ترین تجهیزات هر کارگاه یا کارخانه تولید سرامیک است. کوره‌های سرامیک از نظر تولید حرارت به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:
الف) کوره‌های الکتریکی
ب) کوره‌های مشعلی

شکل ۱ــ کوره

کوره‌های الکتریکی

چگونه حرارت در وسایل نشان داده شده در شکل ۲ تولیدمی‌شود؟

شکل ۲

کوره‌های الکتریکی به وسیلهٔ المنت‌ها حرارت تولید می‌کنند.
المنت‌ها رشته‌هایی از سیم نیمه‌هادی با مقاومت الکتریکی هستند که جریان الکتریکی را به حرارت تبدیل می‌کنند. المنت‌ها خاصیت مقاومت حرارتی و تحمل جریان الکتریکی بالایی دارند. برای مثال، اگر جریان الکتریکی زیادی در یک سیم نازک ساده برقرار شود، سیم در عرض چند صدم ثانیه ذوب می‌شود. اما المنت‌ها علاوه بر مقاومت الکتریکی بالا مقاومت حرارتی زیادی نیز دارند؛ بنابراین جریان و دمای بالا را می‌توانند تحمل کنند.

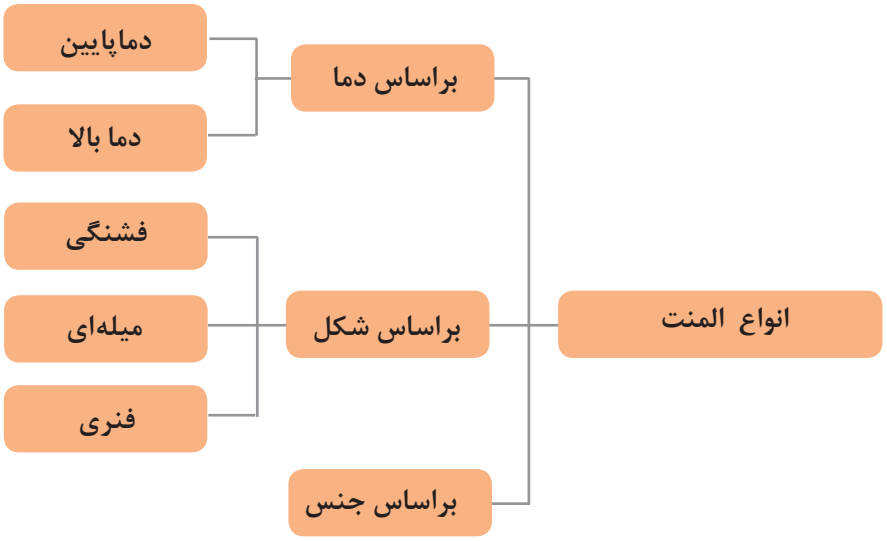
شکل ۳ـ کوره الکتریکی

شکل ۴ـ المنت داغ شده

نکته

المنت‌ها قبل از حرارت دیدن انعطاف‌پذیر هستند، اما بعد از حرارت دیدن و گداخته شدن، انعطاف‌پذیری خود را از دست می‌دهند و شکننده می‌شوند.

در نمودار ۱ انواع المنت دسته‌بندی شده است:



نمودار ۱

در جدول ۱ کاربردهای هر یک از المنت‌ها از لحاظ میزان تولید حرارت نشان داده شده است:

جدول ۱ــ انواع المنت‌از نظر مقدار تولید حرارت

نوع المنت	محدوده تولید حرارت	برخی از کاربردها	تصویر
دما پایین	تا ۱۰۰۰ درجه سلسیوس	• لوازم خانگی	
		• دستگاه‌های شکل‌دهی جِیگر و جولی (سر قالب)	
		• خشک کن	
		• گرمخانه شیشه و کوره‌های تمپر حرارتی شیشه	
		• حمام آزمایشگاهی آب گرم (بن ماری)	
دما بالا	۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ درجه سلسیوس	• کوره‌های الکتریکی	

فکر کنید

کوره‌های دکور و کورهٔ فیوزینگ شیشه جزء کدام دسته از موارد مشخص شده در جدول ۱ هستند؟

جنس انواع المنت‌ها

۱ المنت‌هایی که تا دمای ۱۰۰۰ درجهٔ سلسیوس به‌کار می‌روند، معمولاً از جنس آلیاژ نیکل ـ کروم (آلیاژ نیکروم) هستند.

۲ المنت‌های آلیاژ کنتال (Fe_ Cr_Al_Co) برای تولید حرارت تا دماهای ۱۲۰۰ درجهٔ سلسیوس به‌کار می‌روند.

۳ المنت‌های سیلیکون کارباید و مولیبدن در دماهای بالاتر از ۱۲۰۰ درجهٔ سلسیوس به‌کار می‌روند.

۴ المنت‌های گرافیتی و تنگستنی برای دماهای بسیار بالا استفاده می‌شوند.

با پیشرفت صنعت در دنیا استفاده از المنت برای تولید حرارت افزایش چشمگیری پیدا کرده است و در بیشتر صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد. پرمصرف‌ترین المنت‌ها براساس شکل ظاهری عبارت‌اند از:

نمودار ۲ـ انواع المنت‌ها از لحاظ شکل ظاهری

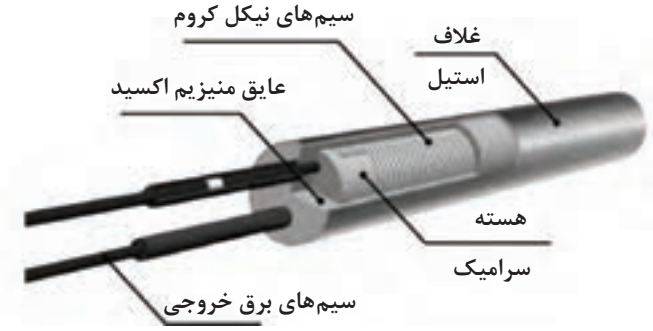
المنت فشنگی

المنت‌های فشنگی[۱] (کارتریجی) در اغلب وسایل الکتریکی خانگی و در صنایع قالب‌گیری پلاستیک به‌عنوان منبع تولید حرارت به‌کار می‌روند.

شکل ۵ـ المنت فشنگی

۱ـ Cartridge Heaters

این نوع المنت در ولتاژ و توان‌های متفاوت و در قطر و طول‌های مختلف طراحی و تولید می‌شوند. در شکل ۶ اجزای داخلی المنت فشنگی نشان داده شده است.



شکل ۶ـ اجزای داخلی یک نمونه المنت فشنگی

المنت میله‌ای[۱]

المنت میله‌ای یکی از پرمصرف‌ترین المنت‌ها است. اتصالات برق این المنت به‌صورت مفتول‌های رزوه‌دار با فیش‌های مربوط به آن انجام می‌شود که به نصب آسان المنت کمک می‌کند.

شکل ۷ـ المنت میله‌ای

در خشک‌کن‌های سرامیکی معمولاً از این نوع المنت‌استفاده می‌شود.

المنت فنری[۲]

طراحی این المنت به شکل فنر باعث شده است که کارایی بسیار بالایی نسبت به دیگر المنت‌ها داشته باشد. کوره‌های الکتریکی که برای پخت بدنه‌های سرامیکی استفاده می‌شوند، معمولاً دارای این نوع المنت‌ها هستند.

شکل ۸

۱ـ Tubular Heaters

۲ـ Coil Heaters

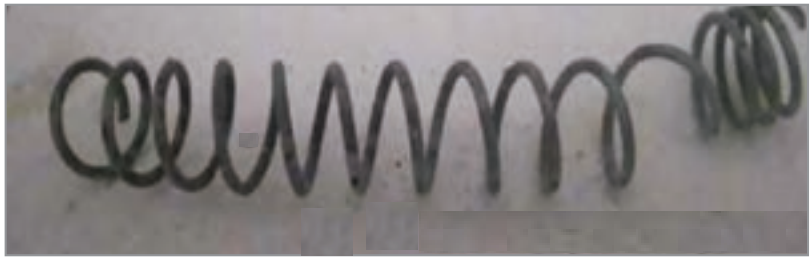
مهم‌ترین ویژگی این المنت‌عبارت است از:

۱ حجم کم

۲ توان حرارتی بالا

۳ تولید و انتقال حرارت در کمترین زمان

مهم‌ترین ویژگی المنت فنری، شکل مارپیچی آن است که طول بسیار زیادی از المنت می‌تواند در فضای محدودی قرار گیرد و به‌همین دلیل تولید حرارت افزایش می‌یابد. در هر جایی که محدودیت فضا وجود دارد و به‌حرارت بالایی نیاز است، می‌توان ازاین نوع المنت برای ایجاد حرارت مورد نیاز استفاده کرد.



شکل ۹

فعالیت کارگاهی

کارعملی ۱: ساخت المنت فنری

مواد و ابزار: یک میله استوانه‌ای شکل، یک متر سیم مسی، وسیلهٔ اندازه‌گیری طول، سیم بُر

شرح فعالیت

۱ به‌وسیلهٔ سیم‌بُر، یک متر از سیم را برش دهید.

۲ سیم مسی را دور میله به صورت فنری بپیچانید.

۳ میله را از سیم جدا کنید.

پرسش

چگونه می‌توان طول سیمی را که به‌شکل فنر درآورده‌اید، بیشتر کاهش دهید؟

المنت سیلیکون کاربایدی

المنت سیلیکون کاربایدی از جنس سیلیکون کارباید (SiC) ساخته می‌شوند و به شکل میله‌ای و فنری وجود دارند. این المنت برای تولید حرارت بین محدودهٔ ۱۲۰۰تا ۱۸۰۰ درجهٔ سلسیوس به‌کار می‌رود و نسبت به‌المنت‌های دیگر قیمت بالاتری دارد.

شکل ۱۰

المنت سیلیکون کاربایدی به بخار آب و بخارهای گازی حساس هستند؛ بنابراین برای جلوگیری از آسیب دیدن این المنت ابتدا بدنه‌ها در کوره‌های الکتریکی با سایر المنت‌ها پیش پخت می‌شود تا بخارها و گازها خارج شوند، سپس پخت نهایی درون کوره‌های سیلیکون کاربایدی انجام می‌شود.

موارد مصرف المنت سیلیکون کارباید

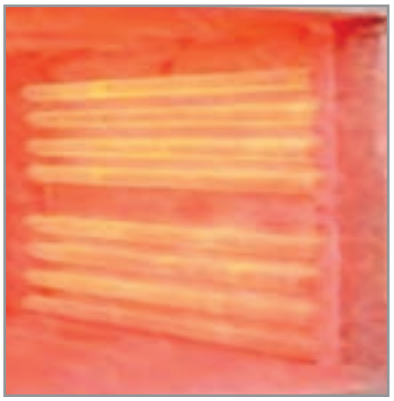
از این المنت در زمینهٔ تولید سرامیک‌های مهندسی (ساخت مگنت‌ها)، در آزمایشگاه‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی استفاده می‌شود.

فکر کنید

آیا برای ساخت بدنه‌هایی با لعاب نمکی استفاده از کوره‌های الکتریکی مناسب است؟ چرا؟

نکته

المنت‌های کورهٔ الکتریکی، بیشتر با روش تابشی حرارت را انتقال می‌دهند که با درنظر گرفتن حجم کوره، مقدار حرارت پخش شدهٔ درون کوره تغییر می‌کند.



شکل ۱۱ــ المنت گرم شده درون کوره

روش نصب المنت‌های کوره‌های الکتریکی

الف) المنت‌ها روی پایه‌های استوانه‌ای شکل از جنس دیرگداز به‌عنوان نگهدارنده قرار می‌گیرند.

شکل ۱۲ــ نصب المنت بر روی پایه

ب) در طول دیواره و کف کوره شیار ایجاد می‌شود و المنت‌درون آنها نصب می‌شوند.

شکل ۱۳ــ نصب المنت درون شیار

نکات ایمنی هنگام کار با کوره‌های الکتریکی

شکل ۱۴

۱ هنگام برداشتن یا جابه‌جایی نمونه‌ها درون کوره نباید انبر یا دست به‌المنت‌برخورد کند، زیرا باعث آسیب رسیدن به المنت می‌شود. همچنین برخورد انبر با المنت‌باعث ایجاد جرقه، آتش‌سوزی یا برق‌گرفتگی می‌شود.

شکل ۱۵

۲ هیچ‌گاه در کوره روشن را باز نکنید، زیرا علاوه بر سوختگی صورت و بدن باعث وارد آمدن شوک حرارتی به‌بدنه‌های در حال پخت، آجر دیرگداز کوره، المنت و سوختن آنها می‌شود.

۳ هیچ‌گاه بدنه‌های سرامیکی را در تماس با المنت قرار ندهید زیرا باعث آسیب رسیدن به‌بدنه و المنت می‌شود.

۴ بدنه‌های سرامیکی لعاب خورده نباید هیچ‌گونه تماسی با المنت داشته باشند، زیرا در نقطهٔ تماس، مقاومت المنت افزایش می‌یابد و باعث ذوب نقطه‌ای و قطع شدن المنت می‌شود.

فعالیت کارگاهی

کار عملی ۲: بررسی المنت کوره‌های الکتریکی کارگاه

شرح فعالیت:

به‌المنت کوره‌های کارگاه خود دقت کنید و مشخص کنید که المنت کوره به‌چه شکلی و از چه نوعی هستند؟

شکل ۱۶

نکات ایمنی و بهداشتی

قبل از بررسی المنت کوره اطمینان حاصل کنید که کوره متصل به برق نیست و کاملاً سرد است.

تحقیق

دربارهٔ محدودهٔ دمایی و کاربرد المنت سوپر کنتال تحقیق کرده و گزارشی به‌کلاس ارائه کنید.

کوره‌های مشعلی

کوره‌های مشعلی دارای اجزای بسیار زیادی هستند. نوع سوخت و مشعل از مهم‌ترین اجزای به‌کار رفته در این کوره‌ها است.

انواع سوخت

سوخت ماده‌ای است که با مقدار کافی اکسیژن ترکیب می‌شود و حرارت زیاد تولید می‌کند. انواع سوخت‌ها از لحاظ حالت ماده در نمودار ۳ نشان داده شده است.

نمودار ۳

سوخت گازی

سوخت گازی از مهم‌ترین و معمول‌ترین سوخت‌های مصرفی در کشور ما است که به دلیل قیمت مناسب، در دسترس بودن و آلایندگی کمتر، بیشتر استفاده می‌شوند.

موارد مصرف سوخت گازی:

۱ مصارف صنعتی
۲ مصارف خانگی
۳ مصارف دامداری و کشاورزی

گاز طبیعی و گاز مایع از اصلی‌ترین سوخت‌های گازی هستند.

گاز طبیعی به طور طبیعی در مخازن زیرزمینی یافت می‌شود که به‌صورت محلول در نفت خام یا روی بستر نفت خام وجود دارد. گاز طبیعی فشرده یا (CNG)[۱] که در خودروها نیز استفاده می‌شود، از متراکم کردن گاز طبیعی تولید می‌شود.

گاز مایع از پالایش نفت خام به‌دست می‌آید. هنگام استفاده از این سوخت باید احتیاط کرد، زیرا در هنگام سوختن حرارت زیادی تولید می‌شود و احتمال نشت گاز زیاد است.

شکل ۱۷ــ کورهٔ گازی

سوخت مایع

علاوه‌بر سوخت گازی، سوخت مایع نیز در صنعت استفاده می‌شوند. این سوخت‌ها برای افزایش بازدهی، به اسپری شدن بر روی مشعل نیاز دارند؛ بنابراین کاربرد آنها نسبت به‌نوع گازی محدودتر است. مهم‌ترین سوخت‌های مایع در صنعت شامل موارد زیر است:

- نفت سفید
- گازوئیل
- نفت کوره

۱ـ Compact Natural Gas

بیشتر بدانید

نفت کوره (مازوت) در مراحل تصفیهٔ نفت خام پس از اتر، بنزین و نفت سفید به‌دست می‌آید و به‌دلیل رنگ سیاهش، به‌آن نفت سیاه نیز گفته می‌شود. این ماده ارزان‌ترین مادهٔ سوختنی است که در آجرپزی‌ها کاربرد دارد. آلودگی زیست‌محیطی نفت کوره زیاد است که باعث محدود شدن کاربرد آن شده است.

شکل ۱۸ـ کوره آجرپزی

سوخت جامد

سوخت جامد انواع زیادی دارد که در بین آنها، زغال سنگ و کُک کاربرد بیشتری در تولید حرارت کوره دارند.

الف) زغال‌سنگ: زغال‌سنگ مهم‌ترین سوخت جامد صنعتی است که برای کاربردهایی مانند تولید انرژی الکتریکی، شکل‌دهی فلزات و ساخت مواد شیمیایی مصرف می‌شود. این سوخت از پسماند مواد گیاهی طی سالیان دراز تشکیل می‌شود.

شکل ۱۹ـ زغال سنگ

ب) کُک: برای تهیه سوخت کک زغال‌سنگ در کوره‌های مخصوص تحت حرارت به‌کک تبدیل می‌شوند؛ ترکیب شیمیایی کک شامل ۹۴ـ۸۵ درصد کربن و بقیهٔ آن شامل مواد فرّار، خاکستر و گوگرد است.

شکل ۲۰ـ کُک

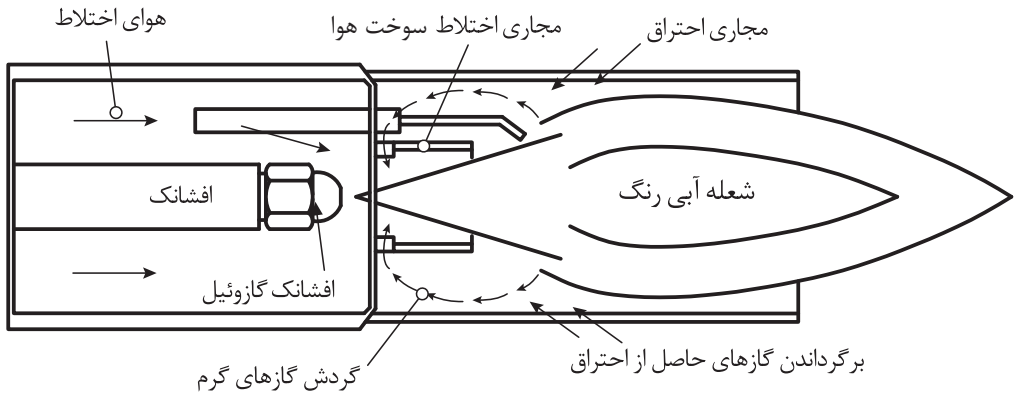
مشعل

آیا تاکنون پی‌برده‌اید که چگونه شعلهٔ اجاق گاز روشن می‌شود؟

شکل۲۱

یکی از اجزای مهم کوره مشعل[1] است. مشعل در کوره به‌منظور اختلاط کامل سوخت و هوا و ایجاد حداکثر حرارت به‌کار می‌رود. طرز کار مشعل به این روش است که با پاشش سوخت مانند گازوئیل و ترکیب شدن آن با اکسیژن موجود در هوا و ایجاد جرقه، عمل احتراق انجام می‌شود و حرارت مورد نیاز به‌صورت شعله به داخل کوره هدایت می‌شود. در شکل ۲۲ این فرایند را می‌توانید مشاهده کنید.

الف) مشعل کارخانه سیمان



ب) اجزای مشعل و احتراق در آن

شکل ۲۲

۱ـ Burner

در شکل ۲۳ نمونه‌ای از مشعل و سرمشعل کوره که در صنایع سرامیک کاربرد دارد، نشان داده شده است.

الف) سر مشعل

ب) مشعل

شکل ۲۳

انواع مشعل از نظر تأمین هوای احتراق

مشعل‌ها از نظر تأمین هوای مورد نیاز برای احتراق به دو دسته تقسیم می‌شوند:

طبیعی (اتمسفریک) ← **گازهای حاصل از احتراق، چگالی کمتری نسبت به هوای محیط بیرون از کوره دارند؛ بنابراین مکش طبیعی هوا از محیط اطراف به درون محفظه احتراق انجام می‌شود.**

اجباری (دمنده‌دار) ← **مشعل اکثر کوره‌های بزرگ صنعتی با سامانهٔ دمنده هوای اجباری کار می‌کنند و هوای داخل کوره توسط فن تأمین می‌شود.**

انواع مشعل از نظر سوخت مصرفی

مشعل‌ها را می‌توان براساس نوع سوخت مصرفی به سه دسته کلی تقسیم بندی کرد:

۱ مشعل گازسوز
۲ مشعل مایع سوز
۳ مشعل دوگانه سوز

نکته

در صنایع به منظور افزایش بازده ساختمان مشعل دوگانه‌سوز طراحی می‌کنند. در مشعل‌های دوگانه‌سوز می‌توان در مواردی از سوخت گازی یا سوخت مایع استفاده کرد. مشعل‌های دوگانه سوز مانند خودروهای دوگانه‌سوز هستند که قابلیت کار با هر دو نوع سوخت گاز و مایع را دارند.

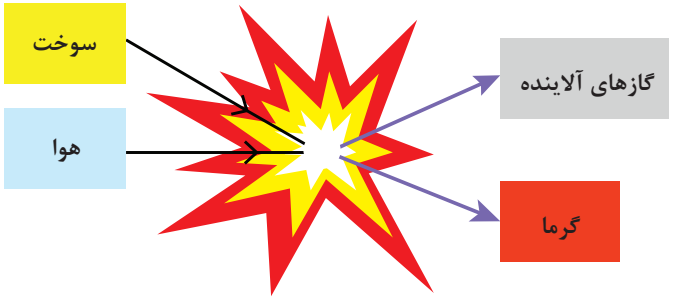
اتمسفر کوره

به‌تصاویر زیر نگاه کنید:
دلیل تغییر رنگ شعله‌ها چیست؟

الف ب ج

شکل ۲۴

احتراق واکنشی است که بین سوخت و اکسیژن صورت می‌گیرد و حرارت زیادی را تولید می‌کند. اتمسفر کوره تعیین‌کنندهٔ میزان اکسیژنی است که به شعله برای انجام واکنش احتراق می‌رسد.



شکل ۲۵ـ واکنش احتراق

در کوره‌های سوخت‌سوز می‌توان اتمسفر و مشعل کوره را تحت کنترل قرار داد. اتمسفر کوره به دو دسته تقسیم می‌شود:

۱ اکسیدی

۲ احیایی

در پخت با اتمسفر اکسیدی اکسیژن بیشتری به‌مشعل می‌رسد و حرارت بیشتری ایجاد می‌شود. رنگ شعله در این اتمسفر در دماهای پایین غالباً به‌رنگ آبی است و در دماهای بالا رنگ شعله قرمز روشن مشاهده می‌شود.

برای ایجاد اتمسفر احیایی اکسیژن کمتری برای احتراق به‌مشعل تغذیه می‌شود و احتراق ناقص انجام می‌شود؛ بنابراین در شعله هنگام سوختن مقداری دود (کربن نسوخته) نیز به‌وجود می‌آید. شعله مشعل در این اتمسفر غالباً به‌رنگ زرد و نارنجی قابل مشاهده است.

در اتمسفر احیایی مقداری کربن روی بدنه درحال پخت ایجاد می‌شود که باعث تغییر رنگ در بعضی از بدنه‌ها می‌شود.

اتمسفر بیش از حد احیایی به‌دلایل زیر مطلوب نیست:

الف) توده‌های عظیمی از دود سیاه ایجاد می‌شود که باعث آلودگی زیست‌محیطی می‌شود.

ب) اتمسفر احیایی باعث اتلاف سوخت می‌شود.

ج) اتمسفر احیایی باعث جلوگیری از افزایش درجهٔ حرارت می‌شود. دمای شعله اکسیدی بیشتر از احیایی است.

گفت‌وگو

چرا رنگ قسمت مرکزی شعله در اتمسفر احیایی آبی است اما اطراف آن زرد مشاهده می‌شود؟

شکل ۲۶ـ رنگ شعله در اتمسفر احیایی

فعالیت کارگاهی

کار عملی ۳: تنظیم اتمسفر کوره

شرح فعالیت: شرایط و اتمسفر کوره را با تغییر ورودی سوخت و اکسیژن به حالت اکسیدی یا احیایی تغییر دهید.

نکات ایمنی و بهداشتی

ـ در هنگام باز کردن شیر ورودی سوخت مراقب باشید و فاصله ایمنی با کوره را رعایت کنید.
ـ از دستکش و روپوش نسوز استفاده کنید.

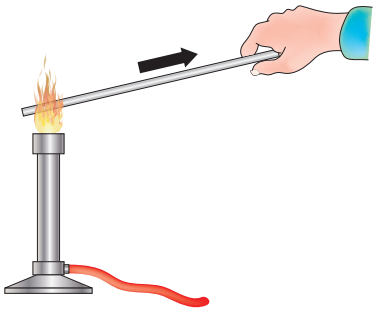
انتقال حرارت

انتقال حرارت با اختلاف دما ایجاد می‌شود. هر چه اختلاف دما بین دو نقطه زیادتر باشد سرعت انتقال حرارت بیشتر می‌شود. حرارت به سه روش انتقال می‌یابد:

نمودار ۴ـ انواع روش‌های انتقال حرارت

۱ هدایت

وقتی میلهٔ فلزی را به‌شعله نزدیک می‌کنید، پس از مدت کوتاهی انگشتان شما گرما را احساس می‌کند. حرارت چگونه به‌دستان شما انتقال یافته است؟



شکل ۲۷

انتقال حرارت در اجسام جامد به‌روش هدایت انجام می‌شود. هنگامی‌که دمای بخشی از جسم از بخش دیگر آن بیشتر باشد حرارت از بخش گرم‌تر به‌سمت بخش سردتر جریان می‌یابد.

بیشتر بدانید

میزان حرارت منتقل شده با روش هدایت با رابطه زیر به‌دست می‌آید:

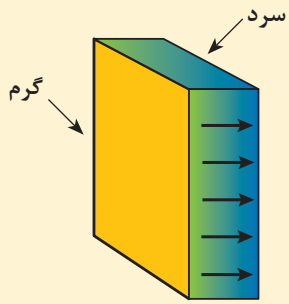
$$q = \frac{KA\Delta T}{L} = \frac{KA(T_{گرم} - T_{سرد})}{L}$$

L = طول جسم

A = سطح مقطع جسم

K = ضریب هدایت حرارتی

ΔT = اختلاف دمای دو نقطهٔ سرد و گرم



در رابطهٔ بالا K ضریب ثابتی است که به‌آن ضریب هدایت حرارت نیز گفته می‌شود و واحد آن $\frac{W}{mK}$ (وات برمترکلوین) است. مقدار ضریب هدایت حرارتی به‌جنس ماده بستگی دارد. در جدول زیر ضریب هدایت حرارت برای مواد مختلف بیان شده است.

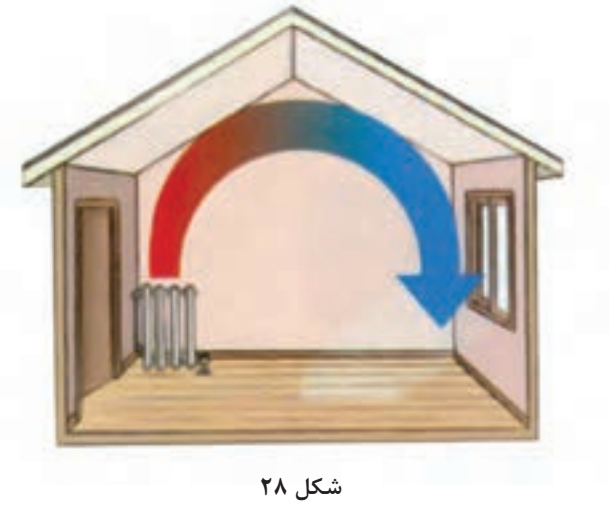
جدول ۲ـ ضریب هدایت حرارتی مواد مختلف

ماده	ضریب هدایت حرارتی $\frac{W}{mK}$	ماده	ضریب هدایت حرارتی $\frac{W}{mK}$
سرب	۳۵	آهن	۸۲
شیشه	۱	نقره	۴۱۸
پنبه نسوز	۰/۰۹	هوا	۰/۰۲۴
آب	۰/۰۴	آجر	~ ۰/۶
یخ	۲/۲	چوب	~۰/۰۸
چوب پنبه	۰/۰۳	مس	۴۰۰
آلومینیوم	۲۳۸		

هدایت گرمایی در همه جامدات برابر نیست؛ فلزات بیشتر و نافلزات کمتر گرما را به این روش منتقل می‌کنند. به‌دلیل اینکه تعداد الکترون‌های آزاد در فلزات بسیار زیاد است، از هدایت گرمایی خوبی برخوردار هستند. هنگامی‌که به‌نقطه‌ای از فلز گرما داده می‌شود، الکترون‌های آزاد انرژی جنبشی بیشتری به‌دست می‌آورند و سریع‌تر حرکت می‌کنند و انرژی گرمایی به‌سرعت از قسمت‌های گرم به‌قسمت‌های سرد منتقل می‌شود.

۲ همرفت (کنوکسیون)

یک شوفاژ روشن را در نظر بگیرید:
هوای سرد که چگالی بیشتری دارد و سنگین‌تر است، در پایین قرار دارد. در مجاورت شوفاژ هوا گرم می‌گردد چگالی آن کم می‌شود و سبک شده به‌طرف بالا می‌رود. دوباره هوای سرد دیگری به جای آن می‌نشیند و جابه‌جایی هوا مرتب ادامه می‌یابد تا تمام هوا گرم شود.



شکل ۲۸

همرفت انتقال حرارت به‌وسیلهٔ حرکت مولکول‌ها در محیط از یک نقطه به‌نقطهٔ دیگر است. مولکول‌هایی که گرم شده‌اند از یک نقطه به‌نقطهٔ دیگر حرکت می‌کنند و حرارت را با خود جابه‌جا می‌کنند.

فعالیت کارگاهی

کار عملی ۴: تعیین جریان همرفتی

مواد و ابزار: بشر بزرگ، کاغذ، قیچی، چراغ الکلی یا اجاق گاز، آب

شرح فعالیت:

۱ بشر بزرگی را پر از آب کنید.

۲ کاغذهایی را به‌صورت نوارهای بسیار نازک ببرید.

۳ نوارهای کاغذی را درون آب بریزید تا خیس بخورند و در آب ته‌نشین شوند.

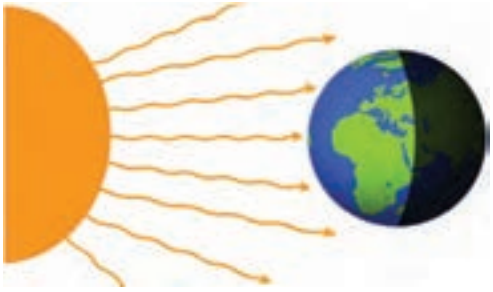
۴ بشر را روی شعله گاز یا چراغ الکلی قرار دهید و آن را روشن کنید تا به‌خوبی گرم شود.

۵ نحوهٔ حرکت نوارهای کاغذ را تعیین کنید. (ذرات کاغذ مسیر جریان همرفتی را نشان می‌دهد).

شکل ۲۹

۳ تابش

انرژی گرمایی خورشید چگونه به‌سطح زمین منتقل می‌شود؟



شکل ۳۰

هر جسم داغ، حتی بدن انسان، از خود اشعه‌هایی ساطع می‌کند که این اشعه‌ها توسط اجسام سردتر جذب می‌شوند.

فکر کنید

برای جذب اشعه‌های تابشی، اجسام با رنگ تیره مناسب‌تر هستند یا با رنگ روشن؟

در انتقال حرارت به‌روش تابش، به‌محیط مادی نیازی نیست؛ یعنی می‌تواند در خلأ نیز انجام گیرد. در این روش حرارت به‌صورت نور یا امواج الکترومغناطیسی از منبع داغ به‌اطراف منتقل می‌شود.

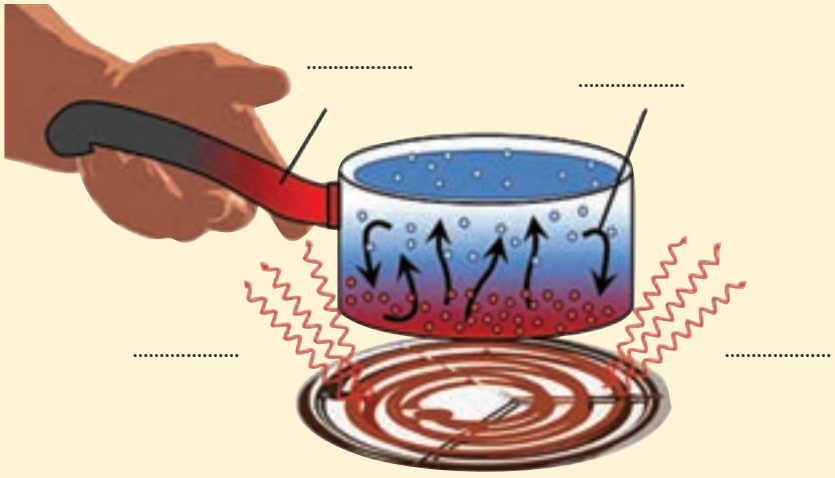
شکل ۳۱

فکر کنید

در بین روش‌های انتقال حرارت کدام روش سریع‌تر است؟ چرا؟

فعالیت کلاسی

در شکل ۳۲ روش‌های انتقال گرما را مشخص کنید.



شکل ۳۲

انتقال حرارت درون کوره

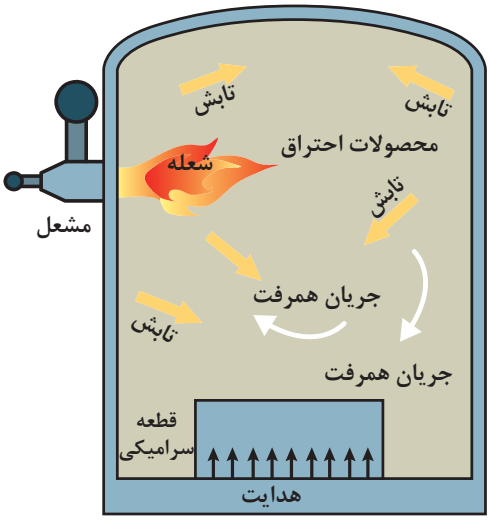
درون کوره‌ها هر سه روش انتقال حرارت شامل هدایت، همرفت و تابش وجود دارد:

کف کوره، چیدمان و بدنهٔ داخل کوره: انتقال حرارت با روش هدایت انجام می‌شود.

هوای داخل کوره: همرفت گازهای داغ وجود دارد.

مشعل، المنت و دیرگدازهای گرم شده: انتقال حرارت به‌روش تابش وجود دارد.

- در دماهای پایین‌تر از ۵۰۰ درجه سلسیوس، همرفت روش اصلی انتقال حرارت درون کوره است.
- در دماهای بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سلسیوس، انتقال حرارت با هر دو روش تابش و همرفت انجام می‌شود.



شکل ۳۳

- هنگامی‌که دما بالاتر از ۱۰۰۰ درجه سلسیوس است، تابش اصلی‌ترین روش در انتقال حرارت درون کوره است.

اندازه‌گیری دما

- چگونه می‌توان هوای درون اتاق را اندازه‌گیری کرد؟
- نمایشگرهای نشان‌دهندهٔ دمای درون فرهای گازی چگونه کار می‌کنند؟

تعیین و کنترل دمای کوره مهم‌ترین موضوع در کار با کوره‌ها است. روش‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری دمای کوره وجود دارد که عبارت‌اند از:

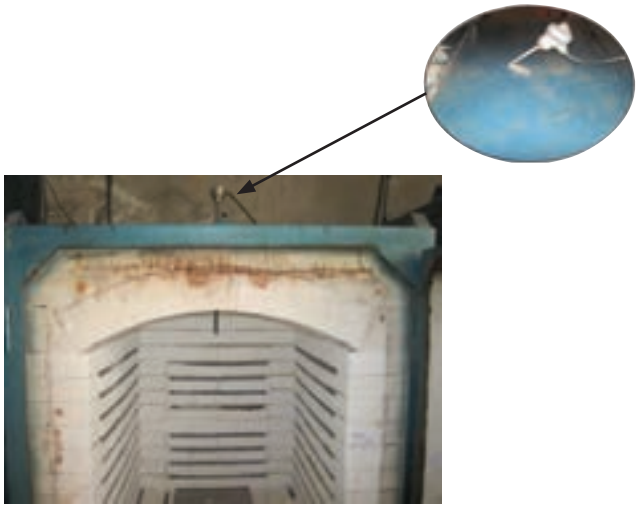
شکل ۳۴

شکل ۳۵ـ اندازه گیری دمای کوره

۱ ترموکوپل

شکل ۳۵ دمای کوره را بر روی صفحه نمایشگر نشان می‌دهد. ترموکوپل متداول‌ترین وسیله برای اندازه‌گیری و کنترل دما است.

ترموکوپل یکی از مهم‌ترین اجزای کوره و خشک‌کن است که داخل دیواره یا سقف آنها نصب می‌شود. در کوره‌های بزرگ عموماً از چندین ترموکوپل در نقاط مختلف کوره استفاده می‌شود. در شکل ۳۶ ترموکوپل نصب شده در سقف نشان داده شده است.



شکل ۳۶

در جدول ۳ محل قرارگیری ترموکوپل درون خشک‌کن و کوره نشان داده شده است.

جدول ۳

وسیله	ترموکوپل	محل نصب
خشک‌کن		
کوره		

همان‌طور که در شکل ۳۷ نشان داده شده ترموکوپل معمولاً از به‌هم پیوستن دو فلز غیر هم‌جنس به‌یکدیگر ایجاد می‌شود که براساس جنس سیم‌ها محدودهٔ دمای قابل اندازه‌گیری ترموکوپل تغییر می‌کند.

شکل ۳۷

متداول‌ترین ترموکوپل‌ها براساس جنس سیم‌های به‌کار رفته در جدول زیر بیان شده است

جدول ۴

نوع	محدودهٔ دمایی قابل اندازه گیری(درجه سلسیوس)
مس ـ کنستانتان (CC)	۰ـ۳۵۰
آهن ـ کنستانتان (IC)	۰ـ۸۰۰
کرومل ـ آلومل (CR)	۰ـ۱۲۰۰
پلاتین ـ رودیوم (PR)	۰ـ۱۶۰۰

نکته

ترموکوپل به‌عنوان قطع‌کنندهٔ جریان گاز نیز کاربرد دارد. از ترموکوپل برای ایمن‌سازی تجهیزات گازسوز در مواردی که شعله گاز به‌دلایلی مانند جریان باد، خاموش می‌شود، همچنین برای قطع کردن گاز و جلوگیری از انتشار آن نیز به‌کار می‌رود.

نکات مهم در مورد ترموکوپل

- اطراف ترموکوپل نباید از بدنه‌ها و قطعات پر شده باشد تا جریان حرارت به‌خوبی با ترموکوپل در تماس باشد.
- ترموکوپل نباید در معرض ضربه قرار گیرد.
- محل قرارگیری ترموکوپل اهمیت دارد و باید در محلی قرار گیرد که دما در آن قسمت به‌صورت یکنواخت جریان داشته باشد.

فعالیت کلاسی

شکل ۳۸ محل موردنظر برای نصب ترموکوپل درون کوره را نشان می‌دهد. چرا اطراف آن با پنبه‌نسوز پوشانده شده است؟

شکل ۳۸

۲ آذرسنج نوری[۱]

آذرسنج نوری دمای اجسام بسیار داغ را با استفاده از نور مرئی که جسم از خود ساطع می‌کند، تشخیص می‌دهد.

شکل ۳۹

در آذرسنج نوری نور مرئی ایجاد شده از کوره از درون یک سامانه نوری که درون آن یک لامپ گداخته شده قرار دارد گذرانده می‌شود. در اثر برخورد نور به این رشته‌های لامپ جریانی عبور می‌کند که تعیین‌کننده میزان دما است.

۳ مخروط زگر

برای تعیین دمای کوره از مخروط‌های دیرگداز استاندارد (مخروط زگر) استفاده می‌شود که دارای ابعاد استاندارد با ترکیب شیمیایی مشخص و نقطه خمیری شدن معین هستند. هریک از مخروط‌های زگر شمارهٔ مخصوصی دارند که در کوره‌ها حرارت می‌بینند تا به‌حالت خمیری درآید. سپس با توجه به‌جدول شماره ۵ و حالت خمیری مخروط زگر دمای کوره مشخص می‌شود. در جدول شماره ۵ تعدادی از مخروط‌های زگر بیان شده است.

۱ـ Pyrometer

جدول ۵ ـ دمای معادل مخروط‌های استاندارد زگر (درجه سلسیوس) بر اساس سرعت گرمایش ۱۷۰ درجه سلسیوس بر ساعت

شماره مخروط زگر	دمای معادل	شماره مخروط زگر	دمای معادل
۱۵	۱۴۳۵	۰۱	۱۱۴۵
۱۴	۱۴۰۰	۰۲	۱۱۲۵
۱۳	۱۳۵۰	۰۳	۱۱۱۵
۱۲	۱۳۳۵	۰۴	۱۰۶۰
۱۱	۱۳۲۵	۰۵	۱۰۴۰
۱۰	۱۳۰۵	۰۶	۱۰۱۵
۹	۱۲۸۵	۰۷	۹۹۰
۸	۱۲۶۰	۰۸	۹۵۰
۷	۱۲۵۰	۰۹	۹۳۰
۶	۱۲۳۰	۰۱۰	۹۰۵
۵	۱۲۰۵	۰۱۱	۸۹۵
۴	۱۱۹۰	۰۱۲	۸۷۵
۳	۱۱۷۰	۰۱۳	۸۶۰
۲	۱۱۶۵	۰۱۴	۸۳۰
۱	۱۱۶۰	۰۱۵	۸۰۵
		۰۱۶	۷۹۵
		۰۱۷	۷۷۰
		۰۱۸	۷۲۰
		۰۱۹	۶۶۰
		۰۲۰	۶۵۰
		۰۲۱	۶۱۵
		۰۲۲	۶۰۵

نکته

برای تهیه مخروط‌های زگر آنها را مشابه نمونه استاندارد می‌سازند.

فعالیت کارگاهی

کار عملی ۵: بررسی ترموکوپل کوره‌های کارگاه

شرح فعالیت: به‌کوره‌های کارگاه دقت کنید و مشخص کنید که دمای کوره با چه روشی اندازه‌گیری می‌شود؟

نکته

قبل از بررسی ترموکوپل کوره اطمینان حاصل کنید که کوره خاموش و کاملاً سرد باشد.

ارزشیابی نهایی شایستگی کسب مهارت ارزیابی و کنترل حرارت

شرح کار:
۱ـ به‌کارگیری تجهیزات تأمین و کنترل حرارت کوره
۲ـ روشن کردن انواع مشعل کوره
۳ـ تنظیم مشعل کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات و ابعاد قطعه
۴ـ تنظیم فشار و چرخه هوایی در کوره با توجه به نوع کوره
۵ـ شناخت انواع المنت‌ها و توانایی نصب آنها

استاندارد عملکرد:
ارزیابی و کنترل حرارت در کوره با استفاده از پارامترهای مختلف
شاخص‌ها:
کار کردن با انواع کوره، روشن کردن و تنظیم انواع مشعل، مشعل، فشار و چرخه هوایی

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی
ابزار و تجهیزات: کوره، دستکش نسوز، تجهیزات اطفای حریق، سیستم کنترل دما (ترموکوپل و پیرومتر)، لباس کار مناسب، عینک محافظ اشعه مادون قرمز

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	به کارگیری تجهیزات کنترلی مشعل کوره	۱	
۲	روشن کردن انواع مشعل کوره	۲	
۳	نصب انواع المنت	۲	
۴	تنظیم مشعل کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات و ابعاد قطعه و پیچیدگی	۲	
۵	تنظیم فشار و چرخه هوایی در کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات، ابعاد قطعه و پیچیدگی	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب		
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.