

پودمان ۲

دستگاه‌های حرارتی



در صنایع شیمیایی، همه فرایندها در دمای محیط انجام نمی‌شوند. هنگامی که در بخشی از فرایندها دما بالاتر یا پایین‌تر از محیط است، استفاده از دستگاه‌های حرارتی و آگاهی از طرز عملکرد آنها لازم است.

واحد یادگیری ۲: دستگاه‌های حرارتی

مقدمه

در صنایع شیمیایی، دستگاه‌های حرارتی برای انتقال گرما استفاده می‌شوند. کاربرد هر یک از این دستگاه‌ها به هدف انتقال حرارت بستگی دارد؛ به‌عنوان مثال، هنگامی که هدف، انتقال حرارت بین دو سیال مهم باشد، از مبدل‌های حرارتی استفاده می‌شود. اگر هدف از انتقال حرارت، فقط خنک کردن آب باشد، کافی است از برج‌های خنک‌کننده استفاده شود تا آب گرم، خنک شود و اگر تبخیر رطوبت یک ماده، هدف باشد، از خشک‌کن‌ها استفاده می‌شود تا از طریق انتقال گرما، رطوبت ماده خارج شود. در این بخش انواع دستگاه‌های حرارتی، مبدل‌های حرارتی، برج‌های خنک‌کننده و خشک‌کن‌ها معرفی می‌شوند. روش عملکرد، اصول حاکم بر هر یک از این دستگاه‌ها و انواع آن معرفی خواهد شد و با انجام دادن آزمایش و بازدیدهای علمی، طرز عملکرد هر یک را بهتر درک خواهید کرد.

استاندارد عملکرد

کار با مبدل‌های حرارتی، برج‌های خنک‌کننده و خشک‌کن‌ها مطابق با دستور کار

شایستگی‌های غیر فنی:

- ۱- اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت‌شناسی، انجام دادن وظایف و کارهای محوله، پیروی از قوانین؛
- ۲- مدیریت منابع: شروع به کار به موقع، مدیریت مؤثر زمان، استفاده از مواد و تجهیزات؛
- ۳- کار گروهی: حضور فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام دادن کارها و وظایف محوله؛
- ۴- مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت‌های آزمایشگاهی؛
- ۵- محاسبه و کاربست ریاضی.

شایستگی‌های فنی:

- ۱- کار با مبدل‌های حرارتی؛
- ۲- کار با برج‌های خنک‌کننده؛
- ۳- کار با خشک‌کن‌ها.

۲-۱- انتقال حرارت

بحث کنید ۱



به نظر شما آتش چگونه دست ما را گرم می‌کند؟

در بیشتر کارخانه‌های صنایع شیمیایی اعم از پالایشگاه‌های نفت، گاز و پتروشیمی تبادل گرما از جریان یا مواد اصلی فرایند اجتناب‌ناپذیر است. این تبادل گرما ممکن است با یک سیال دیگر فرایند، آب، بخار آب، هوا و یا مانند آن صورت گیرد تا دمای آن افزایش یا کاهش یابد. رادیاتور موتور خودرو که آب در گردش داخل موتور را با جریان هوا خنک می‌کند، یا شوفاژها و سامانه‌های تهویه از انواع دستگاه‌های حرارتی هستند.

نیروی محرکه انتقال گرما، اختلاف دما است. به این معنی که تا زمانی که اختلاف دمایی بین دو جسم نباشد، انتقال گرمایی صورت نمی‌گیرد؛ به‌طور کلی سه روش برای انتقال حرارت وجود دارد که عبارت‌اند از: رسانایی^۱، جابه‌جایی^۲ و تشعشع^۳ (تابش). روش انتقال حرارت رسانایی به تبادل گرما از درون یک جسم جامد گفته می‌شود، که از طریق جنبش مولکول‌ها و الکترون‌ها صورت می‌پذیرد. وقتی جسم گرم می‌شود، سرعت مولکول‌های آن به‌سرعت افزایش می‌یابد؛ لذا مولکول‌ها با انرژی بالا به مولکول‌های نزدیک برخورد می‌کنند و آنها را به حرکت وا می‌دارند. بدین ترتیب انرژی گرمایی منتقل می‌شود. وقتی دست خود را با شوفاژ تماس می‌دهیم، انتقال گرمای رسانایی باعث گرم شدن دست ما می‌شود. انتقال گرمای جابه‌جایی به تبادل حرارتی از طریق حرکت سیال‌ها (مایع و گاز) اطلاق می‌شود، خنک شدن بدن از طریق هوای کولر و گرم شدن بدن از طریق هوای بخاری خودرو از نمونه‌های انتقال حرارت جابه‌جایی است. انتقال حرارت به‌روش تشعشع زمانی کاربرد دارد که اختلاف دمای دو سطح بسیار زیاد است، به‌عنوان مثال هنگامی که نزدیک شعله‌های آتش باشیم، تابش زبانه‌های آتش باعث گرم شدن ما می‌شود.

۱- Conduction
۲- Convection
۳- Radiation



فیلم روش‌های انتقال حرارت را مشاهده کنید و در مورد روش‌های استفاده شده برای انتقال گرما با هم کلاسی‌های خود بحث کنید.

دستگاه‌های حرارتی با توجه به هدف از تبادل گرما، نوع سیال‌های تبادل دهنده، حرارت و میزان تبادل گرمای سیال، انواع مختلفی دارند و به صورت زیر نام‌گذاری می‌شوند:

جدول ۱-۲. نام‌گذاری دستگاه‌های حرارتی بر اساس سیال‌های تبادل دهنده و هدف از تبادل

نام رایج در صنعت	هدف	سیال‌های تبادل دهنده	دسته‌بندی
Process to Process Heat Exchanger	کاهش دمای یک جریان و افزایش دمای جریان دیگر	دو جریان فرایندی ^۲	مبدل حرارتی ^۱
Water Cooler	سرد کردن جریان فرایندی	جریان فرایندی - آب	
Steam Heater	گرم کردن جریان فرایندی	جریان فرایندی - بخار	
Air Cooler	سرد کردن جریان فرایندی	جریان فرایندی - هوا	کولر هوایی
Fired Heater	گرم کردن جریان فرایندی به میزان بیشتر نسبت به گرم‌کننده	جریان فرایندی - گاز حاصل از سوختن	کوره
Cooling Tower	سرد کردن آب برای استفاده در خنک‌کننده آبی	آب - هوا	برج خنک‌کننده
Dryer	خشک کردن رطوبت جامد	جامد مرطوب - هوا	خشک‌کن
Boiler	تولید بخار برای استفاده در گرم‌کننده	آب - گاز به دست آمده از سوختن	دیگ بخار

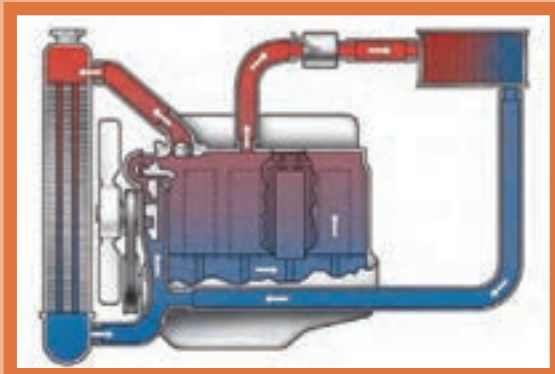
روش‌های انتقال حرارت رسانایی و جابه‌جایی در همه دستگاه‌های حرارتی فوق کاربرد دارند، در حالی که روش تابش تنها در کوره‌ها و دیگ بخار استفاده می‌شود.

۱. Heat Exchanger

۲. جریان مایع یا گاز موجود در یک کارخانه را جریان فرایندی می‌گویند.

۲-۲- مبدل‌های حرارتی

شیوه عملکرد شوفاژها و رادیاتور ماشین را مقایسه کنید و شرح دهید؟



بحث کنید ۲



مبدل‌های حرارتی به آن دسته از دستگاه‌های حرارتی گفته می‌شود که در آنها تبادل حرارت بدون تماس مستقیم بین دو سیال فرایندی، آب و یا بخار از طریق رسانایی دیواره لوله‌ها و نیز انتقال حرارت از نوع جابه‌جایی سیال صورت می‌گیرد. گرما از سیال گرم به دیواره لوله‌ها و سپس به سیال سرد منتقل می‌شود.

انواع مبدل‌های حرارتی بر اساس نوع جریان

فیلم مبدل‌های دو لوله‌ای را ببینید و به هم‌سو و ناهم‌سو بودن جریان‌ها توجه کنید. کدام یک کارایی و بازدهی بیشتری دارد؟

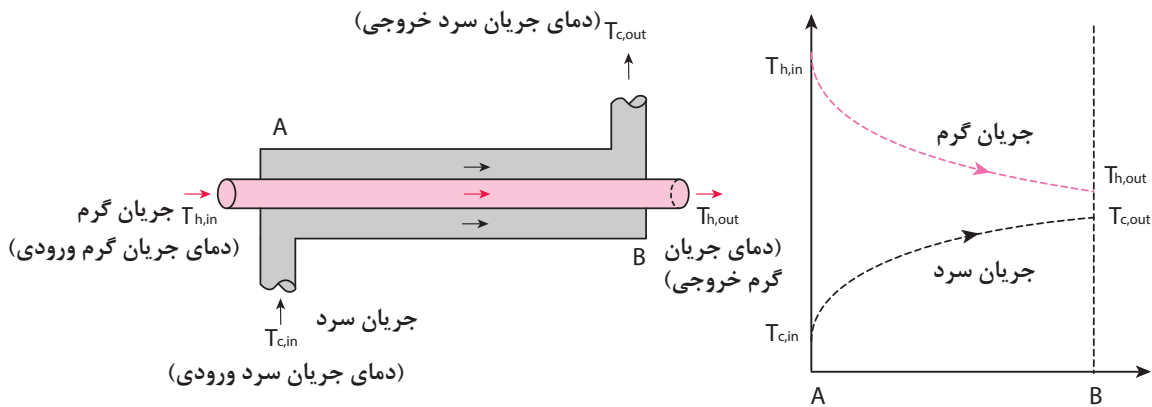
فیلم ۲



در مبدل‌های حرارتی شیوه عبور جریان سرد و گرم یکی از مشخصه‌های مهم است که در میزان اختلاف دما (به‌عنوان نیروی محرکه تبادل حرارت) تأثیر دارد و به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شود:

جریان هم‌سو^۱

در مبدل‌ها با جریان هم‌سو، جریان سرد و گرم از یک سو وارد مبدل شده و هر دو از سمت دیگر خارج می‌شوند (شکل ۲-۱).

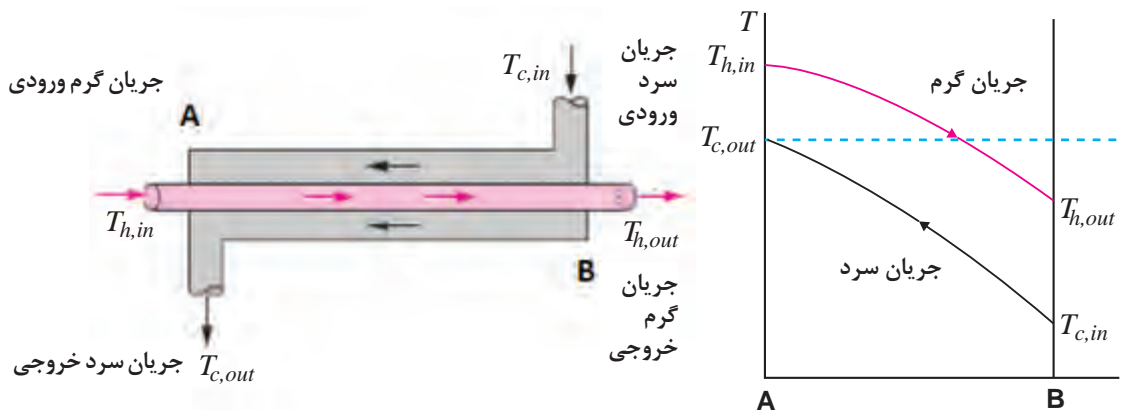


شکل ۲-۱- جریان هم‌سو در مبدل‌ها و شیوه تغییرات دما

در این حالت اختلاف دما در امتداد مبدل کاهش می‌یابد و در نتیجه از شدت انتقال گرما به مرور کاسته می‌شود و برای هم‌دما شدن دو سیال، به میزان بی‌نهایت سطح انتقال حرارت نیاز است. این نوع جریان بازدهی کمی نسبت به سطح انتقال حرارت دارد.

جریان ناهم‌سو^۱

در مبدل‌ها با جریان ناهم‌سو، جریان گرم و سرد از دو سمت مخالف وارد می‌شوند (شکل ۲-۲).

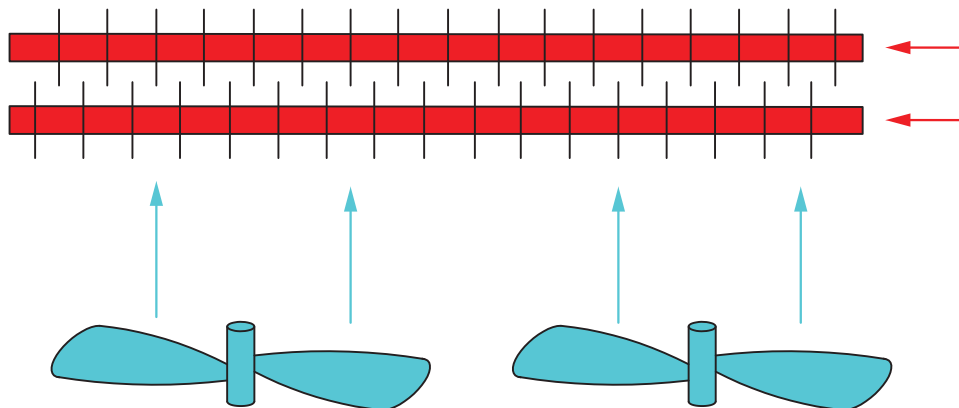


شکل ۲-۲- جریان ناهم‌سو در مبدل‌ها و تغییرات دما در طول مبدل

در جریان‌های متقابل یا ناهم‌سو، اختلاف دمای دو سیال در امتداد مبدل تقریباً ثابت است و انتقال حرارت به‌خوبی صورت می‌پذیرد. این نوع جریان به‌علت بازدهی بالاتر نسبت به سطح انتقال حرارت کاربرد وسیع‌تری دارد.

جریان متقاطع^۱

در این حالت جریان‌های سرد و گرم به صورت متقاطع از کنار یکدیگر عبور می‌کنند، که در کولرهای هوایی اتفاق می‌افتد (شکل ۲-۳).



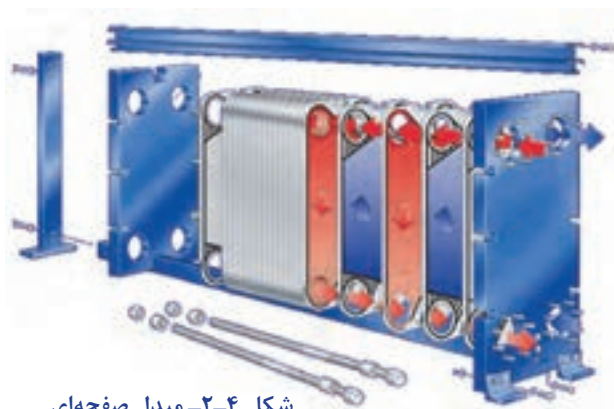
شکل ۲-۳- جریان متقاطع در کولرهای هوایی

۲-۳- انواع مبدل‌های حرارتی بر اساس ساختمان آنها

مبدل‌های حرارتی بر اساس ساختمان، به سه دسته مبدل‌های صفحه‌ای^۲ و مبدل‌ها با سطوح پره‌دار^۳ و مبدل‌های لوله‌ای^۴، تقسیم‌بندی می‌شوند.

مبدل‌های صفحه‌ای

این مبدل‌ها از صفحات نازک با سطوح چین‌دار تشکیل شده‌اند (شکل ۲-۴) که سیال‌های سرد و گرم را از یکدیگر جدا می‌سازند. صفحه‌ها با استفاده از واشر، جوش یا لحیم به یکدیگر متصل می‌شوند تا از نشت سیال جلوگیری شود.



شکل ۲-۴- مبدل صفحه‌ای

- ۱- Cross Flow
- ۲- Plate and Frame Heat Exchanger
- ۳- Finned Surfaces Heat Exchanger
- ۴- Tubular Heat Exchanger

مبدل‌های صفحه‌ای از بخش‌های زیر تشکیل شده است:

۱- صفحه ثابت؛ ۲- صفحه‌های انتقال حرارت؛ ۳- صفحه متحرک؛ ۴- تکیه‌گاه؛ ۵- میله حامل؛ ۶- پیچ محکم‌کننده.

در این مبدل‌ها نسبت سطح انتقال حرارت به حجم مبدل زیاد است، و به همین دلیل در زمان کوتاهی انتقال حرارت انجام می‌شود. مبدل صفحه‌ای سبک‌ترین نوع مبدل است و معمولاً برای انتقال گرما بین گاز- مایع یا جریان‌های دو فازی استفاده می‌شود؛ اما فشار و دمای عملیاتی آن کم است و برای سیالات خطرناک و عملیات در شرایط خلأ مناسب نیست.

فیلم مبدل‌های صفحه‌ای را ببینید و در مورد شیوه عملکرد آن بحث کنید.

فیلم ۳



مبدل‌ها با سطوح پره‌دار



شکل ۵-۲- لوله‌های پره‌دار استفاده شده در مبدل‌ها با سطوح پره‌دار

در این نوع مبدل‌ها سطح صفحه یا لوله دارای پره (یا فین) است. با توجه به اینکه ضریب انتقال حرارت در سمت گاز از سمت مایع کوچک‌تر است، با نصب پره‌ها در سمت گاز و ایجاد اغتشاش در آن، ضریب انتقال حرارت و در نتیجه میزان تبادل گرما افزایش می‌یابد. در شکل ۵-۲ لوله‌های پره‌دار نشان داده شده است.

پره‌ها (فین‌ها) به صورت‌های طولی، عمود بر لوله یا مارپیچ روی لوله قرار دارند. از این لوله‌های پره‌دار، عمدتاً در کولرهای هوایی استفاده می‌شود.

مبدل‌های لوله‌ای

فیلم مبدل‌های دو لوله‌ای را ببینید و به هم‌سو و ناهم‌سو بودن جریان‌ها توجه کنید. کدام یک کارایی و بازدهی بیشتری دارد؟

فیلم ۴



مبدل‌های لوله‌ای از رایج‌ترین مبدل‌های حرارتی هستند، که نوع دو لوله‌ای^۱ و پوسته - لوله‌ای^۲ آن پرکاربردترین است. در نوع دو لوله‌ای، یک لوله در داخل لوله‌ای با قطر بزرگتر قرار می‌گیرد. در مبدل‌های پوسته - لوله‌ای یک دسته لوله داخل پوسته قرار می‌گیرد. در این مبدل‌ها سیال‌های سرد یا گرم از یک سمت وارد لوله و از سمت دیگر آن خارج می‌شود. سیال دوم به لوله بزرگ‌تر و یا پوسته وارد می‌شود و پس از تبادل گرما از سمت دیگر خارج می‌شوند.

۱- Double Pipe Heat Exchanger

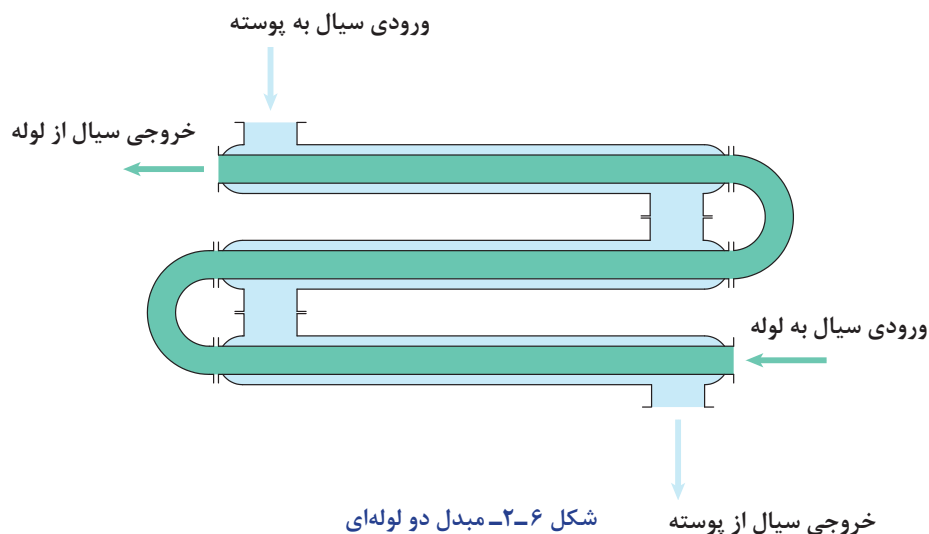
۲- Shell and Tube Heat Exchanger

مبدل حرارتی دو لوله‌ای

این مبدل‌ها از دو لوله هم محور تشکیل شده است (شکل ۶-۲). کاربرد این تجهیز حرارتی هنگامی است که سطح انتقال گرما کوچک باشد و یا جریان یکی از دو سیال کم یا گران‌روی آن زیاد باشد.

در شکل ۶-۲ جریان‌ها به صورت هم‌سو، ناهم‌سو و یا متقاطع است؟ هر یک در کدام بخش اتفاق می‌افتد.

فکر کنید ۱



شکل ۶-۲- مبدل دو لوله‌ای

به تعداد تماس سیال سرد و گرم، گذر^۱ گفته می‌شود؛ به عنوان مثال در شکل ۶-۲ مبدل دارای سه گذر است.

در این فعالیت عملکرد مبدل حرارتی دو لوله‌ای را بررسی کنید.

وسایل لازم:

۱- لوله ۲۵/۰ اینچی برای عبور آب گرم؛

۲- لوله ۷۵/۰ اینچی برای عبور آب سرد؛

۳- مخزن ذخیره آب گرم؛

۴- پمپ انتقال آب؛

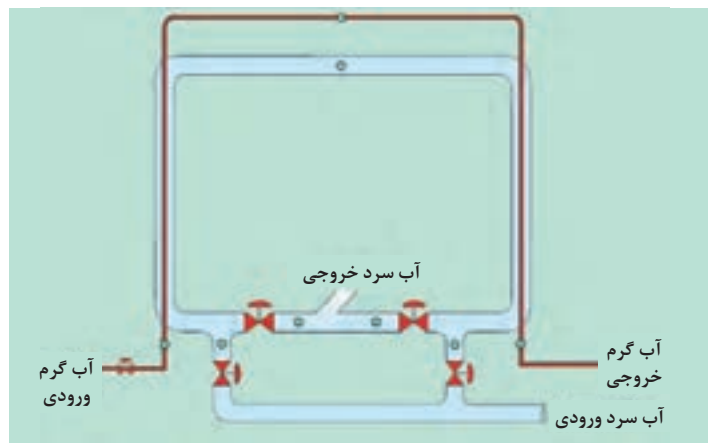
۵- عدد شیر برای بستن یا باز کردن مسیرهای آب گرم و سرد؛

۶- عدد دماسنج؛

۷- عایق برای عایق‌بندی لوله‌های آب سرد و گرم.

فعالیت
کارگاهی ۱





آزمایش مبدل حرارتی دولوله‌ای - U - شکل

- ۱- هنگام کار کردن با منبع سیال گرم با دمای بالا و استفاده از سطوح داغ، از دست‌کش‌های عایق گرما استفاده کنید.
- ۲- هنگام کار با دستگاه دقت کنید تا آب داخل مخزن کاملاً خالی نشود.

نکته ایمنی ۱



مراحل فعالیت کارگاهی:

- ۱- آب گرم درون مخزن را تا دمای ۷۰ درجه سلسیوس گرم کنید؛
- ۲- پمپ انتقال آب را روشن کنید؛
- ۳- شیرهای آب سرد را باز کنید تا آب سرد به صورت هم‌سو با آب گرم در لوله بیرونی جریان یابد؛
- ۴- دمای نقاط مختلف را در جدول صفحه بعد یادداشت کنید. متوجه خواهید شد که پس از مدتی دمای نقاط به ثبات رسیده‌اند. در این هنگام، مبدل حرارتی به حالت پایداری رسیده است و مرحله اول آزمایش در این زمان به پایان رسیده است.
- ۵- شیرهای آب سرد را به گونه‌ای باز کنید تا به صورت ناهم‌سو با جریان آب گرم حرکت کند و دوباره دمای نقاط را در زمان‌های متناظر با حالت هم‌سو، تا زمان رسیدن به حالت پایا یادداشت کنید؛
- ۶- دمای نقاط متناظر در حالت جریان هم‌سو و جریان ناهم‌سو را با هم مقایسه و نتیجه‌گیری کنید؛
- ۷- نمودار دمایی پایدار آب سرد و گرم در دو حالت آزمایش را ترسیم کنید.

با توجه به کمبود منابع آب در کشور، آب خروجی از مبدل (آب سرد و آب گرم) به مخزن ذخیره آب هدایت شود.

نکته ۱



- ۱: در این آزمایش مقدار جریان و دمای آب سرد و گرم ورودی در هر دو حالت می‌بایست یکسان باشد. علت چیست؟
- ۲: در صورتی که مخزن آب در حال کار خالی شود، چه مشکلی می‌تواند ایجاد کند؟

پرسش ۱



جدول ثبت نتایج:

		۶۰	۳۰	هم‌سو	زمان (دقیقه)
							هم‌سو	دمای آب سرد ورودی (سلسیوس)
							ناهم‌سو	
							هم‌سو	دمای آب سرد میانی (سلسیوس)
							ناهم‌سو	
							هم‌سو	دمای آب سرد خروجی (سلسیوس)
							ناهم‌سو	
							هم‌سو	دمای آب گرم ورودی (سلسیوس)
							ناهم‌سو	
							هم‌سو	دمای آب گرم میانی (سلسیوس)
							ناهم‌سو	
							هم‌سو	دمای آب گرم خروجی (سلسیوس)
							ناهم‌سو	

مبدل حرارتی پوسته - لوله

مبدل‌های پوسته - لوله (شکل ۷-۲)، کاربرد بسیار وسیعی در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و صنایع غذایی دارند. این نوع مبدل از پوسته^۱، دسته لوله^۲، کله‌گی جلو^۳ و کله‌گی عقب^۴ تشکیل شده است. به محل ورود و خروج جریان‌ها نازل^۵ می‌گویند. دسته لوله‌ها با استفاده از صفحه لوله^۶ در ابتدا و انتهای آن ثابت شده است، و برای ثابت نگه داشته شدن لوله‌ها و همچنین ایجاد اغتشاش در جریان سمت پوسته، از تیغه (بافل^۷) استفاده می‌شود.



شکل ۷-۲- مبدل پوسته - لوله

فیلم مبدل‌های پوسته-لوله‌ای را ببینید و در مورد اجزای تشکیل دهنده آن بحث کنید.

فیلم ۵



در آزمایشی مشابه فعالیت کارگاهی مبدل حرارتی دولوله‌ای، عملکرد مبدل حرارتی پوسته-لوله را بررسی کنید.

فعالیت

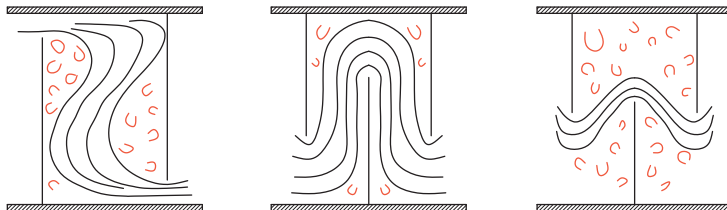
کارگاهی ۲



پرسش ۲



در کدام شکل، اندازه و طراحی تیغه مناسب است؟ دلیل خود را بیان کنید.



۱- در صورتی که یک سیال سمی یا دارای خوردگی بالا باشد، می‌بایست از درون لوله‌ها جریان یابد؛ زیرا تعویض و تمیز کردن لوله‌ها به راحتی انجام می‌شود.

۲- در صورتی که جریان درون پوسته دارای دمای بالاتر از ۶۰ درجه سلسیوس باشد، پوسته مبدل می‌بایست عایق‌بندی شود.

۳- همه اتصالات می‌بایست به خوبی بسته شوند تا از نشت سیال به بیرون جلوگیری شود.

نکته‌ایمنی ۲



۱- Shell

۲- Tube Bundle

۳- Front End Head

۴- Rear End Head

۵- Nozzle

۶- Tube sheet

۷- Baffle

۴-۲- برج‌های خنک‌کننده^۱



شکل ۸-۲- برج خنک‌کن

در بیشتر کارخانه‌های کوچک و بزرگ، یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین دستگاه‌ها، انواع برج‌های خنک‌کننده است. برج‌های خنک‌کننده علاوه بر آب به منظور خنک کردن سیالات دیگر استفاده می‌شود.

برج‌های خنک‌کننده و چیلرها جهت خنک‌سازی آب استفاده می‌شوند. در برج‌های خنک‌کننده گرمای اضافی آب را به وسیله هوا و تبخیر آب، حذف می‌کنند تا گرمای ایجادشده در فرایند را دفع کنند (شکل ۸-۲). برج خنک‌کننده یا برج خنک‌کن برای کاهش دمای آب در فرایندهای سردسازی سامانه‌های تهویه مطبوع، نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها و دیگر واحدهای صنعتی استفاده می‌شود.

در تمام کارخانه‌ها تعداد زیادی دستگاه مبدل حرارتی وجود دارد که در بیشتر آنها آب عامل سردکنندگی است. علت چیست؟

پرسش ۳



فرض کنید در یک واحد صنعتی، مبدلی جهت سرمایش جریان فرایندی استفاده می‌شود. در این مبدل آب مصرفی از دمای ۳۰ درجه سلسیوس به ۴۰ درجه سلسیوس می‌رسد. آب مصرفی برای سرد کردن جریان، می‌تواند از دریا فراهم شود، در این صورت آب با دمای ۴۰ درجه سلسیوس به دریا هدایت می‌شود.

دمای آب ورودی به دریا و رودخانه نباید از حد مجاز که از سوی سازمان محیط زیست اعلام می‌شود بیشتر باشد، زیرا موجب تغییر در محیط اطراف آن و صدمه به آبزیان می‌شود.

نکته زیست

محیطی ۱



اما اگر واحد صنعتی در شهرهای غیر ساحلی قرار گرفته باشد، می‌بایست از آب به صورت گردش استفاده کرد تا از اتلاف آب جلوگیری شود. در این صورت، هنگامی که دمای آب از ۳۰ درجه سلسیوس به ۴۰ درجه سلسیوس رسید، برای خنک کردن دوباره مناسب نیست و باید آن را برای استفاده دوباره به دمای ۳۰ درجه سلسیوس رساند.



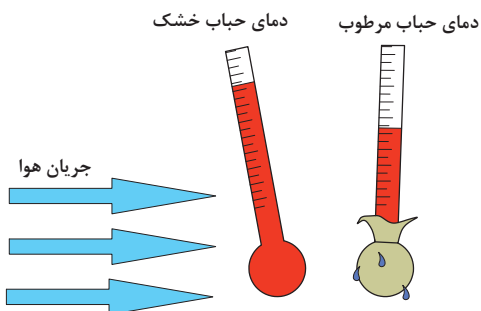
چرا در مثال بالا آب با دمای ۴۰ درجهٔ سلسیوس برای خنک‌سازی جریان فرایندی مناسب نیست؟

برج‌های خنک‌کننده دارای اندازه‌های مختلفی هستند، که از برج‌های نصب‌شده بر روی بام ساختمان‌ها تا سازه‌های هذلولی شکل که ارتفاع آن ممکن است به ۲۰۰ متر و قطر ۱۰۰ متر برسد، متغیر است. در رابطه با برج‌های خنک‌کننده، تقسیم‌بندی‌های مختلفی می‌توان انجام داد. سه مشخصهٔ مهم در برج‌های خنک‌کن عبارت‌اند از:

- ۱- روش انتقال گرما: تماس بین آب و هوا می‌تواند به صورت مستقیم یا غیر مستقیم انجام بگیرد.
- ۲- شیوهٔ گردش هوا: هوا می‌تواند به صورت طبیعی و یا به صورت مکانیکی (به وسیله پمپ یا فن) انجام شود.
- ۳- شیوهٔ حرکت هوا نسبت به جریان آب (جریان هم‌جهت، جریان متقابل و جریان متقاطع).

دمای حباب خشک^۱ و دمای حباب مرطوب^۲

یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های تأثیرگذار در عملکرد برج خنک‌کننده، دمای حباب مرطوب و دمای حباب خشک هوا است. دمای حباب خشک هوا دمایی است که با یک دماسنج که به‌طور مستقیم در معرض هوا و به دور از رطوبت و تابش مستقیم قرار گرفته باشد، اندازه‌گیری شود.



دمای هوا را که دماسنج (که حباب آن توسط یک پارچهٔ خیس پوشانده شده است و با محیط اطراف خود در تماس است) نشان می‌دهد، دمای حباب مرطوب می‌نامند. این دما کمتر از دمای هوای خشک است. این دما در سامانه‌های تبخیری و برج خنک‌کننده تعیین‌کننده است و کمترین دمایی است که در این سامانه‌ها قابل دسترس هست. دمای هوای مرطوب بستگی به رطوبت نسبی هوا، دمای خشک، ارتفاع و فشار هوا دارد.

آیا در رطوبت نسبی ۱۰۰، دمای حباب خشک و دمای حباب مرطوب با هم تفاوتی دارند؟ چرا؟ با هم‌گروهی‌های خود بحث کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.



به چه دلیل در صنعت، دمای حباب خشک و مرطوب هوا اهمیت دارد.



۱- Dry-bulb Temperature

۲- Wet-bulb Temperature

دمای حباب مرطوب و دمای حباب خشک هوای محیط را در آزمایشگاه و فضای آزاد اندازه گیری کنید و نتیجه را ارائه دهید

با توجه به روش انتقال گرما، برج‌های خنک کننده به انواع برج خنک کننده^۱ مرطوب^۱ و برج خنک کننده خشک^۲ تقسیم بندی می شود:

فیلم مربوط به برج خنک کن مرطوب را مشاهده کنید و درباره شیوه عملکرد آن با هم گروهی های خود بحث کنید و گزارش خود را درباره بخش های مختلف آن، متقابل و متقاطع بودن جریان آب و هوا و همچنین طبیعی یا القایی بودن جریان هوا در کلاس ارائه دهید.

فیلم مربوط به برج خنک کن خشک را مشاهده کنید و درباره شیوه عملکرد آن با هم گروهی های خود بحث کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

هنگام کار کردن در یک برج خنک کن در حال کار و نمونه گیری، از ماسک های محافظ ذرات هوا^۳ استفاده کنید. در غیر این صورت فن های برج خنک کننده می بایست خاموش شوند. همچنین از دستکش ایمنی، عینک محافظ و لباس ایمنی استفاده کنید.

فعالیت
آزمایشگاهی ۱



فیلم ۶



فیلم ۷



نکته ایمنی ۳



۵-۲- چیلر

یکی از نیازهای هر ساختمانی تأمین سرمایش آن در فصل تابستان است، این مهم در ساختمان های بزرگ با استفاده از چیلر انجام می گیرد. چیلرها از جمله تجهیزات بسیار مهم در سرمایش ساختمان هستند. چیلر دستگاهی است که برای خنک کاری هوا یا دستگاه ها استفاده می شود. چیلر دارای یک چرخه^۴ بسته است و ماده ای را که باعث کاهش دما می شود، ماده سرد کننده (مبرد^۵) می نامند. ماده مبرد در چرخه بسته چیلر حرکت می کند و باعث خنک سازی می شود. چیلرها در سامانه های تهویه مطبوع و در صنعت کاربرد مختلفی دارند. کولرهای گازی یک نوع چیلر محسوب می شوند.

۱- Wet Cooling Tower

۲- Dry Cooling Tower

۳- High-Efficiency Particulate Air (HEPA) Protective Mask

۴- Cycle

۵- Refrigerant



شکل ۹-۲. یک نمونه چیلر

هدف چنین دستگاهی دریافت بیشترین انرژی از محیط سرد (Q_L) در برابر کمترین مقدار انرژی مصرفی (W) است. شیوه عملکرد چیلرها را به وسیله عاملی به نام ضریب عملکرد (COP) بررسی می کنند که این عامل به صورت معادله زیر تعریف می شود:

$$COP = \frac{Q_L}{W}$$

کافی است واحد گرمای گرفته شده و کار انجام شده یکسان باشد، در صورتی که هر دو از جنس انرژی یا توان باشند، ضریب عملکرد نشان دهنده عملکرد دستگاه است.



از برچسب انرژی دستگاههایی مانند یخچال و کولرگازی چه می دانید؟ برچسب انرژی دستگاههایی مانند یخچال و کولرگازی چه ارتباطی با ضریب عملکرد دارد؟

پرسش ۵



تمرین:

- ۱- ضریب عملکرد یک یخچال با ظرفیت تبرید 30000 BTU/hr و توان کمپرسور 2400 وات چقدر است؟ برچسب انرژی این یخچال چیست؟
- ۲- ضریب عملکرد یک یخچال به ظرفیت سرمایش 10000 وات، برابر با $3/5$ است. توان کمپرسور آن چقدر است؟
- ۳- توان کمپرسور یک یخچال با ضریب عملکرد ۳، برابر با 3500 وات است. ظرفیت سرمایش این یخچال چقدر است؟

نکته ۱: پس از مدتی از عملکرد چیلرها، لوله ها و مسیر عبور سیال سردکننده رسوب می گیرد. در این حالت اسیدشویی مسیرهای عبور سیال، مشکل را حل می کند.

بخش های سردسازی یخچال را بررسی کنید و درباره شیوه عملکرد و برچسب انرژی آن گزارش تهیه کنید .

فعالیت کارگاهی ۲



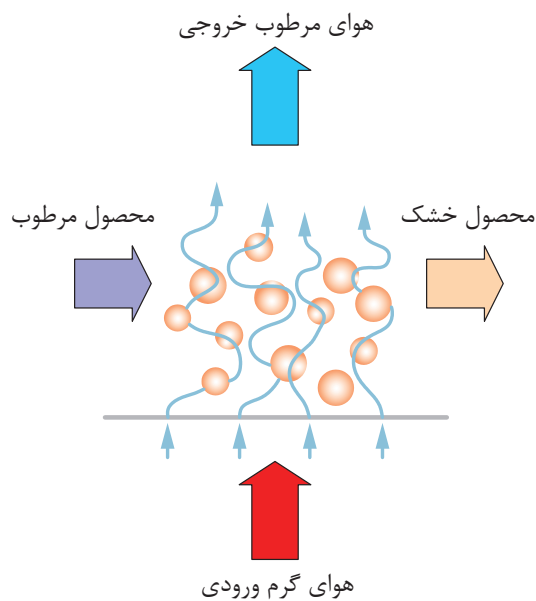
۲-۶- خشک‌کن‌ها^۱



شکل ۲-۱۰- یک نمونه خشک‌کن

فرایند خشک کردن جامدات یکی از قدیمی‌ترین فعالیت‌های انسان است. خشک کردن گوشت، میوه‌ها و سبزیجات از رایج‌ترین روش‌های نگهداری مواد است که به صورت سنتی از طریق گرمای حاصل از آفتاب و هوا، یا از طریق خشک‌کن برقی انجام می‌شود (شکل ۲-۱۰). خشک کردن معمولاً آخرین مرحله یک فرایند است، مخصوصاً در حالتی که محصول برای بسته‌بندی نهایی آماده می‌شود.

خشک کردن جامد یعنی حذف آب یا مایع دیگر از ماده جامد تا حد مجاز، با استفاده از روش تبخیر. عملیات خشک کردن عموماً در حضور یک جریان گاز مانند هوا انجام می‌پذیرد که به آن گاز حامل گفته می‌شود. این جریان گاز می‌تواند به صورت هم‌سو، ناهم‌سو یا متقاطع نسبت به جامد مرطوب باشد. شکل ۲-۱۱ را مشاهده کنید.



شکل ۲-۱۱- عملیات خشک کردن با هوا

هوای گرم ورودی با تبخیر رطوبت ماده خشک‌شونده، رطوبت را با خود حمل می‌کند و میزان رطوبت ماده را کاهش می‌دهد. توجه داشته باشید که جداسازی همین مقدار رطوبت را از روش‌های مکانیکی (مثل فشردن یا سانتریفیوژ) نمی‌توان خشک کردن نامید. از اهداف تبخیر کردن می‌توان به نگهداری موادی که در مجاورت رطوبت فاسد می‌شوند، کم کردن وزن محصول برای بسته‌بندی و حمل و نقل نام برد. خشک کردن در زمینه‌های مختلفی استفاده می‌شود، مثل کاتالیزورها، بسپارها (پلیمرها)، محصولات غذایی، دارویی، کشاورزی و معدنی.

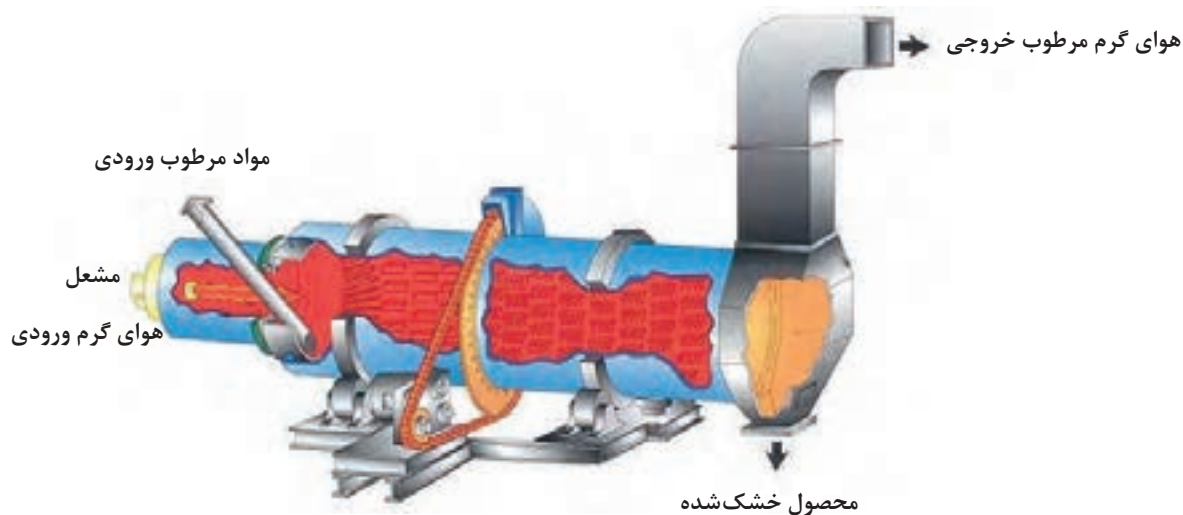
یک مثال روزمره از فرایند خشک شدن در زندگی خود بیان کنید.

پرسش ۶



روش‌های عملکرد خشک‌کن‌ها

ماده‌ای که باید خشک شود، می‌تواند به‌صورت پیوسته یا ناپیوسته در عملیات خشک‌کردن قرار گیرد. در خشک‌کردن ناپیوسته، مقدار ماده‌ای که باید خشک شود، درون دستگاه و در مسیر جریان پیوسته از هوا قرار داده می‌شود تا رطوبت آن تبخیر شود. خشک‌کردن ناپیوسته در کارگاه‌های کوچک، واحدهای آزمایشی و کارهای تحقیقاتی استفاده می‌شود، زیرا روش نسبتاً پرهزینه‌ای است؛ اما در عملیات خشک‌کردن پیوسته، ماده خشک‌شونده و جریان هوا به‌طور پیوسته از دستگاه عبور می‌کنند.



۱۲-۲- عملکرد خشک‌کن

متغیرهای مؤثر در خشک‌کردن

برای خشک‌کردن لباس‌های خیس، آنها را روی طناب پهن می‌کنند، چه عواملی در خشک‌شدن لباس‌های خیس مؤثر است؟

بحث کنید ۴



هنگامی که یک جامد مرطوب در مجاورت گاز حامل قرار بگیرد، جسم جامد رطوبت خود را با فرایند تبخیر از دست می‌دهد. این عمل تا زمانی ادامه می‌یابد که رطوبت موجود در جسم جامد با رطوبت گاز حامل به تعادل برسد. در این حالت گاز حامل و جسم جامد در حال تعادل خواهند بود و به مقدار رطوبت جسم جامد در این حالت، رطوبت تعادلی در شرایط فرایند گفته می‌شود؛ بنابراین، هر چه گاز حامل خشک‌تر باشد، رطوبت بیشتری را از جسم جامد جذب می‌کند.

از متغیرهای مهم دیگر، می‌توان به دمای گاز حامل اشاره کرد. هر چه دمای گاز حامل بیشتر باشد، میزان تبخیر رطوبت بیشتر خواهد بود. به‌عنوان مثال در صورتی که یک پارچه مرطوب را در معرض هوای گرم

قرار دهید در مقایسه با حالتی که هوا سرد باشد، مقدار رطوبت بیشتری را از دست می‌دهد. طبیعت و شکل ماده خشک‌شونده هم از مشخصه‌های مهم است. جسم جامد می‌تواند به‌صورت پودر، دانه‌های کروی، جامد کلوخه‌ای و مانند آن باشد. توجه داشته باشید که رطوبت مواد باارزشی مثل مواد دارویی را در دمای پایین و با روشی متفاوت از آن خارج می‌کنند تا ماده دارویی صدمه نبیند. زمان تماس هوا و جسم مرطوب، متغیر مهم دیگر فرایند خشک کردن است. هر چه زمان تماس بیشتر باشد، رطوبت بیشتری از ماده خشک‌شونده جذب می‌شود؛ اما به دلیل مسائل اقتصادی، این عملیات می‌بایست در زمان بهینه انجام پذیرد که از طریق آزمایش به دست می‌آید.

روش‌های خشک کردن

از تقسیم‌بندی‌های دیگر عملیات خشک کردن، می‌توان به روش گرمادادن برای تبخیر رطوبت اشاره کرد. در صورتی که گرما از راه تماس مستقیم گاز گرم با ماده خشک‌شونده تأمین شود تا رطوبت جسم تبخیر شود، به آن خشک کردن مستقیم گفته می‌شود؛ اما در خشک کردن‌های غیرمستقیم، گرما به‌وسیله منبع گرمایی غیر از گاز حامل به ماده خشک‌شونده اعمال می‌شود؛ به‌عنوان مثال، گرما ممکن است از روش رسانایی از دیواره فلزی یا از طریق تابش پرتو مادون قرمز به ماده منتقل شود.

انواع خشک‌کن‌های صنعتی

ساختار خشک‌کن‌های صنعتی تا حد زیادی به طبیعت ماده خشک‌شونده بستگی دارد. از انواع خشک‌کن‌های صنعتی می‌توان به خشک‌کن‌های کابینتی، خشک‌کن‌های تونلی و خشک‌کن‌هایی با جریان سراسری اشاره کرد.

الف) خشک‌کن‌های کابینتی

جامدهایی که باید روی سینی نگه‌داری شوند، مانند مواد خمیری، جامدات کلوخه‌ای که باید روی سینی پخش شوند، درون اتاقکی حاوی سینی‌های متحرک قرار داده می‌شود. پس از بارگیری سینی‌ها، اتاقک بسته می‌شود و هوای گرم از بین سینی‌ها دمیده می‌شود تا رطوبت را از جامد خارج سازد. اگر مایع تبخیرشونده قابل سوختن باشد یا جامد در اثر تماس با اکسیژن دچار تغییر شود، از گازهای بی‌اثر به جای هوا استفاده می‌شود. خشک‌کن کابینتی (قفسه‌ای) در شکل ۱۳-۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۳-۲- دستگاه خشک‌کن کابینتی (قفسه‌ای)



عملیات در خشک‌کن کابینتی پیوسته است یا ناپیوسته؟ مستقیم است یا غیر مستقیم؟ دلیل خود را بیان کنید.

شکل ۱۳-۲ دستگاه خشک‌کن کابینتی است. که ماکارونی‌های شکل‌دار درون سینی‌ها قرار داده می‌شود. در این نوع خشک‌کن‌ها، هوای گرم با پنکه در اتاقک خشک‌کن جریان می‌یابد و از روی مواد مرطوب عبور می‌کند. بیشترین ظرفیت خشک کردن چنین خشک‌کنی برای میوه‌ها و سبزیجات می‌تواند تا حدود ۲۰ تن در روز باشد. مدت زمان لازم برای خشک کردن در این نوع خشک‌کن ممکن است به ۲۰ ساعت هم برسد. نگهداری و کار با این خشک‌کن‌ها ساده است و از نظر تولید مواد مختلف بسیار انعطاف‌پذیر هستند. عیب خشک‌کن‌های کابینتی این است که کنترل عملیات خشک کردن از نظر تولید محصولی با کیفیت مناسب و ثابت به خوبی میسر نیست.



فیلم خشک‌کن کابینتی را مشاهده کنید و در مورد شیوه عملکرد آن بحث کنید.

یک جامد خمیری شکل را درون دستگاه اون که نوعی خشک‌کن کابینتی است قرار دهید و مدت زمان لازم برای خشک شدن آن را در دماهای 50°C ، 70°C و 90°C به دست آورید. از این فعالیت چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



هنگام کار کردن با اون، از دست‌کش عایق گرما استفاده کنید.



خشک‌کن‌های تونلی

در این نوع دستگاه، جامدهای مرطوب روی نوار نقاله یا سینی‌هایی قرار داده می‌شود که در واگن‌هایی تعبیه شده‌اند، و از درون تونلی که دارای دمای بالا یا دارای جریان هوای گرم است، عبور می‌کند. واگن‌ها می‌توانند بیرون از خشک‌کن بارگیری و به داخل و خارج تونل خشک‌کن حرکت داده شوند. زمان اقامت واگن‌ها باید آنقدر باشد که رطوبت جسم به مقدار مطلوب برسد. تخلیه واگن‌ها پس از خشک شدن و بیرون از تونل انجام می‌پذیرد؛ بنابراین، اتلاف زمانی بین چرخه‌های خشک‌کن وجود ندارد.

سمت و سوی حرکت هوا نسبت به حرکت ماده جامد ممکن است هم‌سو و یا ناهم‌سو باشد. هم‌سو بودن حرکت هوا این مزیت را دارد که هوا با بالاترین دما با ماده‌ای تماس پیدا می‌کند که دارای بیشترین رطوبت است. این شکل توزیع و استفاده از گرما عمل خشک کردن را به شیوه مؤثرتری انجام می‌دهد و از طرفی هوای خروجی به میزان قابل توجهی سرد شده است. در صورتی که جهت حرکت هوا مخالف جهت حرکت ماده مرطوب باشد، هوای داغ در ابتدا با ماده‌ای که به میزان زیاد خشک شده است در تماس قرار می‌گیرد و بنابراین ماده بسیار خشکی به دست می‌آید.

بر اساس طبیعت و ساختار ماده خشک‌شونده، ممکن است به جای واگن سینی‌دار، الیاف را از میله‌هایی آویزان کنند و یا چوب و الوار را روی یکدیگر انباشته کنند تا لایه‌های مختلف با قطعات فاصله‌دهنده از هم جدا شوند. از این نوع خشک‌کن‌ها می‌توان برای بلورها، خمیرها و سفال‌ها استفاده کرد. شکل ۱۴-۲ یک خشک‌کن تونلی واگن‌دار را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴-۲- دستگاه خشک‌کن تونلی واگن‌دار

عملیات در خشک‌کن تونلی شکل ۱۵-۲ پیوسته است یا ناپیوسته؟ مستقیم است یا غیرمستقیم؟

پرسش ۸



شکل ۱۵-۲- دستگاه خشک‌کن تونلی دارای نوار نقاله

آنچه در شکل ۱۵-۲ مشاهده می‌شود نیز نوعی خشک‌کن تونلی است که گرمای لازم از جریان برق (المنت‌های گرمایی) تأمین می‌شود. همان‌گونه که در شکل مشخص است، این نوع خشک‌کن‌ها می‌توانند یک یا چندین بستر متفاوت داشته باشند و دمای هر بستر را می‌توان به صورت مجزا و از طریق تجهیزات کنترلی تنظیم کرد.

نکته ایمنی ۵



- ۱- هنگام کار کردن با خشک‌کن‌ها مواظب سطوح داغ باشید. از دستکش‌های محافظ استفاده کنید؛
- ۲- در صورتی که رطوبت تبخیرشده سمی و یا مضر است، از ماسک استفاده کنید؛
- ۳- در صورتی که بخارهای موجود در خشک‌کن موجب صدمه به چشم می‌شود، از عینک‌های محافظ استفاده کنید.

نکته زیست محیطی ۲



یکی از مسائل مهم زیست‌محیطی در خشک‌کن‌ها، سوخت برای تأمین گرمای لازم است. بهترین سوخت برای جلوگیری از ایجاد آلودگی، گاز تصفیه‌شده شهری یا گازوئیل و نفت سفید استاندارد است. در صورتی که گاز خروجی از خشک‌کن دارای ترکیبات سمی و مضر باشد، آن را به صورت فیزیکی و شیمیایی خنثی کنید و مواد مضر را به شیوه‌ای ایمن که برای محیط‌زیست خطر نداشته باشد، دفع کنید.

بازدید ۱

از یک شرکت تولیدکننده مواد غذایی بازدید کنید و در رابطه با خشک‌کن‌های آن گزارش تهیه کنید. آیا نکات ایمنی در شرکت تولیدی بازدید شده رعایت می‌شود؟ آیا فرایندهای شرکت تولیدی بازدیدشده برای محیط‌زیست خطری دارد؟ برای حل آن راهکار ارائه دهید.

ارزشیابی شایستگی پودمان دستگاه‌های حرارتی

<p>شرح کار:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● چگونگی استفاده از تجهیزات کارگاهی را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد؛ ● هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند؛ ● پس از انجام دادن کار، وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد. 			
<p>استاندارد عملکرد:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● کار با مبدل حرارتی، برج خنک کننده و خشک کن‌ها مطابق دستور کار 			
<p>شاخص‌ها:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● رعایت مسایل ایمنی در هنگام انجام دادن کار؛ ● انجام دادن کار طبق دستور کار. 			
<p>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: مکان: کارگاه و آزمایشگاه زمان: یک جلسه آموزشی ابزار و تجهیزات: وسایل ایمنی شخصی، مبدل‌های حرارتی، برج خنک کننده، خشک کن.</p>			
<p>معیار شایستگی:</p>			
ردیف	مرحله کار	کمترین نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	کار با مبدل‌های حرارتی	۲	
۲	کار با برج‌های خنک کننده	۱	
۳	کار با خشک کن‌ها	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- ایمنی: انجام دادن کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسائل ایمنی شخصی؛ ۲- نگرش: صرفه جویی در آب مصرفی مبدل‌ها؛ ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام دادن کار بدون ریخت و پاش؛ ۴- شایستگی‌های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای، ۲- مدیریت منابع، ۳- محاسبه و کاربست ریاضی، ۵- مستندسازی: گزارش نویسی.	۲	
<p>میانگین نمرات</p>			*

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

