

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَّآلِ مُحَمَّدٍ وَّعَجِّلْ فَرَجَهُمْ



# سرویس و نگهداری تجهیزات صنایع شیمیایی

رشته صنایع شیمیایی

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه یازدهم دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



نام کتاب: سرویس و نگهداری تجهیزات صنایع شیمیایی - ۲۱۱۵۲۱

پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: طیبه کنشلو، اعظم صفاری، سیدرضا سیف محدثی، رابعه شیخ‌زاده، اعظم یوسفی و قاسم حاجی قاسمی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

مدیریت آماده‌سازی هنری: حمیدرضا جاودان، حسین بریجانیان، ناصر اسمعیلی، اعظم یوسفی و رابعه شیخ‌زاده (اعضای گروه تألیف) اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری) - صبا کاظمی (طراح جلد) - مریم وثوقی انباردان (صفحه‌آرا) - فاطمه رئیس‌یان فیروزآباد، محمود شوشتری و الهام محبوب (رسام)

نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)

تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌گاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن: ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹-۳۷۵۱۵

چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ هفتم ۱۴۰۲

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



اگر یک ملتی نخواهد آسیب ببیند، باید این ملت اولاً با هم متحد باشد و ثانیاً در هر کاری که اشتغال دارد آن را خوب انجام بدهد. امروز کشور محتاج به کار است. باید کار کنیم تا خودکفا باشیم، بلکه ان شاء الله صادرات هم داشته باشیم. شما برادرها الآن عبادت تان این است که کار بکنید. این عبادت است. امام خمینی (قَدِّسَ سِرُّهُ)



**پودمان اول: آچارکشی تجهیزات**

- ۱..... واحد یادگیری ۱: آچارکشی تجهیزات
- ۲..... نگهداری و تعمیر
- ۳..... راهبردهای نگهداری و تعمیرات
- ۴..... ۱- استانداردهای نت
- ۵..... ۲- اجرای برنامه‌ها
- ۸..... ۳- کنترل نتایج حاصله
- ۸..... ۴- اصلاح
- ۹..... الکتریسیته ساکن
- ۱۰..... روش‌های حذف الکتریسیته ساکن
- ۱۳..... نشستی تجهیزات
- ۱۴..... تجهیزات مورد نیاز برای تشخیص نشستی
- ۱۶..... آچارکشی تجهیزات
- ۱۹..... انواع آچار
- ۲۰..... پیچ و مهره و واشر
- ۲۴.....

**پودمان دوم: رسوب‌زدایی تجهیزات**

- ۲۹..... واحد یادگیری ۲: رسوب‌زدایی تجهیزات
- ۳۰..... رسوب
- ۳۱..... تشکیل رسوب
- ۳۲..... روش‌های پیشگیری از تشکیل رسوب
- ۳۵..... رسوب‌زدایی
- ۴۵..... روش مکانیکی
- ۴۶..... روش شیمیایی
- ۵۲..... دیگ بخار
- ۵۶.....

**پودمان سوم: پایش عملکرد صافی‌ها**

- ۶۱..... واحد یادگیری ۳: پایش عملکرد صافی‌ها
- ۶۲..... معرفی فیلتر
- ۶۳..... صافی و عملیات صاف کردن
- ۶۴..... کاربرد صافی‌ها
- ۶۵.....

- ۶۸ ..... انواع فیلتراسیون
- ۷۴ ..... انواع صافی‌ها
- ۸۱ ..... افت فشار در فیلترها
- ۸۴ ..... راه‌اندازی فیلتر جدید
- ۸۸ ..... تمیزکاری و تعویض فیلترها

#### پودمان چهارم: روانکاری تجهیزات

- ۹۵ ..... واحد یادگیری ۴: روانکاری تجهیزات
- ۹۶ ..... روانکاری
- ۹۷ ..... تقسیم‌بندی انواع روانکارها
- ۱۰۰ ..... خواص فیزیکی و شیمیایی روغن‌ها
- ۱۱۴ ..... روش‌های روغن‌کاری
- ۱۳۰ ..... تجزیه و تحلیل روغن
- ۱۳۵ ..... روانکاری پمپ‌ها
- ۱۳۶ ..... کمپرسورها و روانکاری آنها
- ۱۳۸ ..... تمیزکاری و شست‌وشوی سامانه‌های روانکاری
- ۱۴۷

#### پودمان پنجم: خنک‌کاری تجهیزات

- ۱۵۱ ..... واحد یادگیری ۵: خنک‌کاری تجهیزات
- ۱۵۲ ..... خنک‌کاری
- ۱۵۳ ..... برج خنک‌کننده
- ۱۵۷ ..... انواع برج‌های خنک‌کننده آب
- ۱۶۴ ..... برج‌های خنک‌کننده و اجزای آن
- ۱۶۸ ..... برج‌های خنک‌کننده روغنی و غیر روغنی
- ۱۷۵ ..... سامانه خنک‌کننده خودرو
- ۱۸۲ ..... سامانه خنک‌کننده کمپرسور
- ۱۸۷

#### منابع و مآخذ

۱۹۲

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی، براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار واقعی به‌طور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی، شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی - حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

- ۱ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی آچارکشی، رسوب‌زدایی و ...
- ۲ شایستگی‌های غیر فنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه
- ۳ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات

۴ شایستگی‌های مربوط به یادگیری همیشگی مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است.

این درس، چهارمین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژه رشته صنایع شیمیایی در پایه ۱۱ تألیف شده است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و حرفه‌ای شما بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی سرویس و نگهداری تجهیزات صنایع شیمیایی شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید و نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد. در صورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی مجدد تا آخر سال تحصیلی

وجود دارد. کارنامه شما در این درس شامل پودمان و از بخش نمره مستمر و نمره شایستگی برای هر پودمان خواهد بود و اگر در یکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، تنها در همان پودمان لازم است، مورد ارزشیابی قرار گیرید و پودمان‌های قبول شده در مرحله اول ارزشیابی مورد تأیید و لازم به ارزشیابی مجدد نمی‌باشند. همچنین این درس دارای ضریب ۸ است و در معدل کل شما بسیار تأثیرگذار است.

همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزای بسته آموزشی، که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی، کتاب همراه هنرجو می‌باشد که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده نمایید. کتاب همراه خود را می‌توانید، هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید. سایر اجزای بسته آموزشی نیز برای شما در نظر گرفته شده است که با مراجعه به وبگاه رشته خود با نشانی [www.tvoccd.medu.ir](http://www.tvoccd.medu.ir) می‌توانید از عناوین آن مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط زیست و شایستگی‌های یادگیری همیشگی و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی، طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید. رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است، لذا توصیه‌های هنرآموز محترمتان، را در انجام کارها جدی بگیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت مؤثر و شایسته جوانان برومند میهن اسلامی، برداشته شود.

**دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش**

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه درسی رشته صنایع شیمیایی طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می‌باشد که برای سال یازدهم تدوین و تألیف گردیده است این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از یک یا چند واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی می‌بایست برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌گردد که شامل ارزشیابی پایانی در هر پودمان و ارزشیابی مستمر برای هر یک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است، که لازم است از سایر اجزای بسته آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. لازم به یادآوری است، کارنامه صادر شده در سال تحصیلی قبل بر اساس نمره ۵ پودمان بوده است و در هنگام آموزش و سنجش و ارزشیابی پودمان‌ها و شایستگی‌ها، می‌بایست به استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی منتشر شده توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی مراجعه گردد. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیر فنی و مراحل کلیدی بر اساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند. همچنین برای هنرجویان تبیین شود که این درس با ضریب ۸ در معدل کل محاسبه می‌شود و دارای تأثیر زیادی در معدل آنها است.



کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: با عنوان «آچارکشی تجهیزات» که ابتدا مفاهیم نگهداری و تعمیر تجهیزات (نت) و سپس انجام آچارکشی تجهیزات آموزش داده می‌شود و در ادامه تشخیص نشتی تجهیزات بیان می‌شود.

پودمان دوم: «رسوب‌زدایی تجهیزات» نام دارد، که در آن به پیشگیری از تشکیل رسوب، رسوب‌زدایی مکانیکی و شیمیایی پرداخته می‌شود.

پودمان سوم: دارای عنوان «پایش عملکرد صافی‌ها» است. در این پودمان ابتدا شناسایی صافی و اجزای آن، خواندن اختلاف فشار دو سر فیلتر، هماهنگی با اتاق فرمان به منظور در سرویس قرار دادن صافی جدید و باز کردن، پاک کردن و جاگذاری صافی شرح داده شده است.

پودمان چهارم: «روانکاری تجهیزات» نام دارد. ابتدا تهیه چند نمونه روغن روان‌کننده، روانکاری پمپ‌ها و کمپرسورها و نظافت محیط و تجهیزات آموزش داده شده است. پودمان پنجم: با عنوان «خنک‌کاری تجهیزات» می‌باشد که در آن هنرجویان ابتدا با تهیه چند نمونه مایع خنک‌کننده، کار با تجهیزات خنک‌کاری و ایمنی سامانه‌های خنک‌کاری آشنا می‌شوند.

امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق گردد.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش





# پودمان ۱

## آچارکشی تجهیزات



آچارکشی یکی از فعالیت‌های مهم در برنامه نگهداشت و تعمیرات است که بایستی به دقت و اصولی انجام گیرد.

# واحد یادگیری ۱

## آچارکشی تجهیزات

### مقدمه

آچارکشی یکی از فعالیت‌های مهم در نگهداری و تعمیرات واحدهای صنعتی می‌باشد. هر واحد صنعتی شامل تجهیزات و خطوط انتقال مواد بوده که همواره آچارکشی مناسب نقش بسزایی در جلوگیری از نشتی دارد. با توجه به اینکه در بیشتر فرایندهای شیمیایی، با مواد سمی و خطرناک روبرو هستیم، اگر در خطوط لوله، اتصالات و فلنج‌ها آچارکشی نامناسب باشد، علاوه بر نشتی و هدر رفت مواد، خطرات جانی و مالی نیز وجود خواهد داشت و همچنین باعث خرابی و اشرفا و ایجاد ارتعاش تجهیزات فرایندی خواهد شد.

### استاندارد عملکرد

به‌کارگیری مفاهیم نت، انجام آچارکشی و تشخیص نشتی تجهیزات مطابق دستور کار

### شایستگی‌های غیر فنی

- ۱ اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت‌شناسی، انجام 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: حضوری فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام کارها و وظایف محوله
- ۴ مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت‌های کارگاهی

### پس از اتمام این واحد یادگیری هنر جوان قادر خواهند بود

- ۱ مفاهیم نت را به کار گیرند.
- ۲ نشتی تجهیزات را تشخیص دهند.
- ۳ آچارکشی تجهیزات را انجام دهند.



آیا نقش تعمیر و نگهداری در صنایع را می‌دانید؟



پس از انقلاب صنعتی در سال ۱۷۹۱ میلادی، در کشورهای انگلستان و آمریکا، تحوّل عظیمی در فعالیت‌های تولیدی و اقتصادی، به وقوع پیوست و حجم عظیمی از ماشین‌آلات و تجهیزات برای بالا بردن میزان تولید و کسب سود بیشتر به کار گرفته شد. اما یکی از مشکلاتی که از سال‌های اولیه گریبان‌گیر تولیدکنندگان شد، خرابی و از کارافتادگی دستگاه‌ها بود. در آن سال‌ها پس از وقوع هر نوع شکست، چه خرابی و یا از کار افتادگی، ماشین جدیدی جایگزین می‌گشت و در این شرایط هزینه‌های تولید رو به فزونی می‌نهاد. در قدم بعد، سعی شد هزینه‌هایی را برای تعمیرات دستگاه متحمل شوند، که البته نسبت به هزینه‌های قبلی به مراتب کمتر بود. در عین حال با از بین بردن زمینه‌های ایجاد از کار افتادگی، این هزینه‌ها نیز کاهش یافت. امروزه، نیاز صنایع و واحدهای تولیدی به یک سامانه جدید نگهداری و تعمیرات بیشتر شده است. البته انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات (نت) به معنی حذف تمامی زیان‌ها و ضررها نخواهد بود، اما همیشه هدف اصلی، رسیدن به شرایط مطلوب‌تر می‌باشد.

در کشورهای صنعتی، رقابت شدیدی در بالا بردن کیفیت محصول و پایین آوردن هزینه تولید وجود دارد. هر واحد صنعتی که در این رقابت عقب بماند، محکوم به نابودی خواهد بود. برنامه‌ریزی درست در نگهداری و تعمیر تجهیزات، نقش مهمی در کاهش زمان توقف و بالطبع کاهش هزینه تولید دارد.

لغت نگهداری<sup>۱</sup> از نظر مفهومی، کلیه عملیات و فعالیت‌هایی را شامل می‌گردد که در راستای سالم و مرتب نگاه داشتن تجهیزات (ماشین یا غیرماشین) انجام می‌شود. لغت تعمیر<sup>۲</sup>، به مجموعه فعالیت‌هایی گفته می‌شود که بر روی یک سامانه دچار خرابی و یا از کارافتادگی، انجام می‌گیرد تا آن را به حالت آماده و قابل بهره‌برداری بازگرداند. برخی از این عملیات عبارت‌اند از:

۱ بازدید مرتب تجهیزات

۲ رفع عیوب و نواقص احتمالی و جلوگیری از وقوع آسیب‌های بزرگ

۳ تعمیرات دوره‌ای در فواصل زمانی معین

۱- Maintenance

۲- Repair



تغییر نگرش مدیران و کارکنان از تفکر قدیمی «هرگاه دستگاهی خراب شد، تعمیر می‌شود» به سمت جست‌وجو برای انتخاب مناسب‌ترین برنامه‌نت (نگهداری و تعمیرات) می‌باشد.

## راهبردهای نگهداری و تعمیرات

از زمان پیدایش مفاهیم اولیه تعمیرات و با گذشت زمان، راهبردهای پیشرفته‌تری ظهور کرد. در ابتدا اولویت با نگهداری بود و بعد از آن تعمیرات موردنظر قرار گرفت. در طی ۷۰ سال اخیر نگهداری و تعمیرات مسیر تکاملی خود را پیمود. در ادامه روند تکامل راهبردهای نگهداری و تعمیرات، به اختصار مرور می‌گردد:

### تعمیرات پس از خرابی<sup>۱</sup>

در این راهبرد که قدیمی‌ترین و ساده‌ترین نوع تعمیرات است، بعد از وقوع هر نوع شکست و از کار افتادگی ماشین، تمامی قطعات آن را باز کرده و مورد بازرسی قرار می‌دهند. در صورت مشاهده عیب و نقص در هر قطعه‌ای، نسبت به تعمیر و یا تعویض آن اقدام می‌گردد.

مثال‌هایی از راهبرد تعمیرات پس از خرابی را در زندگی بیان کنید.

پرسش



### تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه<sup>۲</sup>

در این روش با بازرسی در فاصله‌های زمانی مشخص، قطعات مختلف دستگاه بازرسی می‌شوند. به عبارت دیگر نت برنامه‌ریزی شده یا پیشگیرانه، معمولاً برای بازدیدها یا تعمیرات دوره‌ای (زمان کارکرد مشخص)، با دوره‌های زمانی مشخص تنظیم گشته است. تفاوت عمده نت پیشگیرانه و نت هنگام شکست در این است که در نت هنگام شکست، قبل از انجام هر فعالیتی باید خرابی و از کارافتادگی وجود داشته باشد. در صورتی که در نت پیشگیرانه، تمامی تلاش‌ها برای جلوگیری از وقوع شکست و خرابی است. البته این روش هزینه‌هایی را نیز به همراه خواهد داشت و به دلیل معایب آن، راهبردهای دیگری هم مطرح شد. به عنوان مثال استفاده از چرخه نگهداری و تعمیرات، به صورت شکل ۱، یکی از این راهکارهاست.

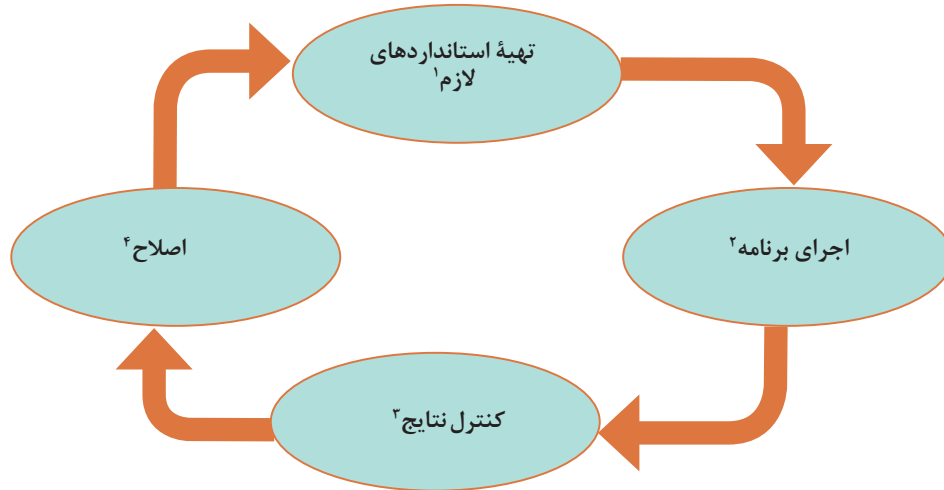
آیا می‌توانید برای نت پیشگیرانه مثال‌هایی بیان کنید.

پرسش



۱- Breakdown Maintenance

۲- Preventive Maintenance



شکل ۱- چرخه نگهداری و تعمیرات (نت)

توضیحات بیشتر در مورد اجزای مختلف چرخه نگهداری و تعمیرات در ادامه آورده شده است.

## ۱- استانداردهای نت

استانداردهای نت شامل چهار گروه اصلی می باشد:

### جلوگیری از بروز فرسایش :

جلوگیری از بروز فرسایش شامل استانداردهای نظافت، آچارکشی و روان سازی اجزای ماشین می باشد. برای این منظور جدول هایی همراه با تصویرهای واضح برای هر ماشین تهیه شده و نقاط نیازمند نظافت، آچارکشی و روان سازی به همراه دوره انجام کار و ابزار مورد نیاز جهت انجام صحیح و کامل کار در آنها مشخص می شود.

در جدول ۱ تجهیزاتی که در بیشتر واحدهای صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند، آورده شده است. نقاط لازم جهت تمیزکاری و نواحی نیازمند به روان کاری، همچنین زمان مناسب برای انجام کار مشخص شده است. در ضمن ابزارآلات مرسوم جهت فعالیت ها مشخص گردیده است.

۱- Standardize

۲- Do

۳- Check

۴- Action

جدول (۱) تعدادی از تجهیزات مورد نیاز نت در واحدهای صنعتی

بیشتر  
بدانید



نام دستگاه	شکل	نقاط نیازمند نظافت	آچارکشی	روان سازی	تناوب انجام کار	ابزار مورد نیاز
پمپ		ناحیه نزدیک مکش، اطراف محفظه روغن، فشارسنج، دماسنج	پیچ و مهره اتصالات مکش و رانش	یاتاقان‌های محور پمپ و الکتروموتور	ماهیانه	آچار فرانسه، آچار تخت
کمپرسور هوا		صافی هوای ورودی و محفظه ورودی، ابزار دقیق	صفحه‌ای هوای ورودی	یاتاقان‌های محور و الکتروموتور	ماهیانه	آچار یک سر، آچار یک سر تخت و یک سر رینگ
الکتروفن		پروانه، بدنه	صفحه‌ای هوای ورودی	یاتاقان‌های محور پمپ و الکتروموتور	ماهیانه	آچار یک سر، آچار یک سر تخت و یک سر رینگ
توربین گازی		صافی هوا، صافی روغن، ابزار دقیق	صفحه‌ای هوای ورودی	یاتاقان‌های محور پمپ و الکتروموتور	ماهیانه	آچار یک سر، آچار یک سر تخت و یک سر رینگ

تجهیزات نیازمند نت در کارگاه و آزمایشگاه هنرستان خود را شناسایی نموده و برای آنها جدولی مانند جدول ۱ تهیه نمایید.


فعالیت  
عملی ۱



### اندازه‌گیری میزان فرسایش :

اندازه‌گیری میزان فرسایش شامل مهارت‌های اندازه‌گیری، تعیین دامنه و میزان فرسایش تجهیزات می‌باشد. این عملیات اصلاحی لازم و نظیر آنها را به همراه عکس‌ها و استانداردها اطلاعاتی نظیر قسمت‌هایی که باید بازرسی شوند، فواصل زمانی بین بازرسی‌ها، روش‌ها، وسایل نمودارهای گویا در برمی‌گیرد (جدول ۲).

جدول (۲) تعدادی از تجهیزات نیازمند بازرسی فنی

نام تجهیز	شکل	بازرسی فنی	قطعات یا نقاط مورد بازرسی	زمان بازرسی
پمپ		نشت یاب، ضخامت سنج، ارتعاش سنج، تحلیل گر برق	فشارسنج‌ها، دماسنج‌ها، کلیدها محل نشت روغن یا گریس	ماه‌بانه
توربین گازی		نشت یاب، ضخامت سنج، ارتعاش سنج، تحلیل گر برق	فشارسنج‌ها، دماسنج‌ها، کلیدها محل نشت روغن یا گریس	ماه‌بانه
			ابزار دقیق	هر ۶ ماه
الکتروفن		ارتعاش سنج، تحلیل گر برق	فشارسنج‌ها، دماسنج‌ها، کلیدها محل نشت روغن یا گریس	ماه‌بانه
کمپرسور		نشت یاب، ضخامت سنج، ارتعاش سنج، تحلیل گر برق	فشارسنج‌ها، دماسنج‌ها، کلیدها محل نشت روغن یا گریس	ماه‌بانه

بیشتر  
بدانید





مشابه جدول ۲، برای تجهیزات نیازمند بازرسی فنی در آزمایشگاه و کارگاه خود جدولی تنظیم کنید.

### بازگرداندن تجهیزات به شرایط اولیه: روش‌های انجام فعالیت‌های نت:

شامل شرایط، روش‌ها و زمان‌های لازم برای انجام عملیات تعمیراتی است. این استانداردها را می‌توان برای هر دستگاهی به‌طور جداگانه تهیه نمود و یا براساس نوع عملیات تعمیراتی (نظیر لوله‌کشی، برق‌کاری و...) تهیه و طبقه‌بندی نمود. شامل دستورکارها و زمان‌های لازم برای انجام فعالیت‌های نت است. این استانداردها برای اندازه‌گیری توانایی و کارایی گروه‌های نت، تخمین زمان لازم، برنامه‌ریزی زمانی عملیات و همچنین برای آموزش کارگران جدید، مفید می‌باشد.

## ۲- اجرای برنامه‌ها

مراحل اجرای صحیح و کامل برنامه‌ها عبارت‌اند از:

### برنامه‌ریزی جهت اجرا:

براساس استانداردهای تدوین شده، برنامه‌های سالیانه نت برای دستیابی به قابلیت اطمینان مورد انتظار و هزینه بهینه، طراحی و تدوین می‌گردد.

### اجرای برنامه‌ها:

برنامه‌ها جهت اجرا به‌صورت برنامه‌های ماهیانه و یا هفتگی تهیه گردیده و برای مجریان نت ارسال می‌گردد. لازم است کارکنان تولید نیز در اجرای برنامه‌ها مشارکت داشته باشند. توصیه می‌گردد که در فعالیت‌های جلوگیری از فرسایش تجهیزات از کارکنان با تجربه همان واحدها استفاده گردد.

### بازرسی اجرای برنامه‌ها:

توصیه می‌گردد که واحد برنامه‌ریزی نت، افرادی را جهت بازرسی و اطمینان از اجرای صحیح و کامل برنامه‌ها در نظر بگیرد.

## ۳- کنترل نتایج حاصله

واحد برنامه‌ریزی نت باید شاخص‌هایی را جهت کنترل اثر بخش بودن اجرای برنامه‌ها در نظر گرفته و در فاصله‌های زمانی (به‌عنوان مثال به‌صورت ماهیانه، سه ماهه، شش ماهه و سالیانه) نسبت به محاسبه آنها اقدام نماید.

برخی از شاخص‌های قابل استفاده در این راستا عبارت‌اند از:

- قابلیت دسترسی به ماشین‌آلات
- کارایی ماشین‌آلات
- کیفیت تولید



## ۴- اصلاح

پس از تشخیص مشکلات موجود در دستگاه‌های تجهیزات و یا واحد صنعتی، نسبت به برنامه‌ریزی و سپس اجرای راهکار اصلاحی، اقدام لازم به عمل می‌آید. برای نمونه به توضیح نمودار چرخه نگهداری و تعمیر برای یک تجهیز مانند پمپ پرداخته می‌شود.

### نگهداری و تعمیرات در سوددهی و بقای یک واحد تولیدی نقش مهمی دارد.



شکل ۲- تعمیر اساسی پمپ در کارگاه مکانیک

برای نمونه وضعیت کارکرد پمپ و یا کمپرسور در یک واحد صنعتی موردنظر است. در گام اول، باید استانداردهای لازم را تهیه نمود (شکل ۲). بر اساس این استانداردها، مجموعه‌ای از اطلاعات مورد نیاز است که برخی از آنها موجود و بعضی دیگر با دستگاه‌های قابل حمل اندازه‌گیری می‌شوند. برای مثال دبی جریان پمپ را می‌توان توسط دستگاه دبی‌سنج فراصوتی<sup>۱</sup> اندازه‌گیری کرد و بر اساس استاندارد مشخص، وضعیت عملکرد پمپ را با محاسبه بازده به دست می‌آورند. این قسمت کار، فرایند اجرا (Do) در چرخه می‌باشد. در گام بعدی، نتایج حاصله را با وضعیت عملکرد طراحی شده مقایسه می‌کنند تا علت انحراف از وضعیت مطلوب

مشخص شود. این مرحله، همان «کنترل نتایج» می‌باشد. در گام آخر، با اصلاحات لازم، باید تأیید عملیات و کارشناسان باتجربه را اخذ نماید. سپس روش کار مربوطه را نوشته تا تغییرات لازم صورت پذیرد. در این حالت با اصلاح وسیله، چرخه کامل می‌گردد.

استانداردهای مربوط به تجهیزات آزمایشگاه و کارگاه خود را تهیه کنید.

تحقیق کنید



### تفاوت نت تجهیزات با تعمیر اساسی<sup>۲</sup> فرایند

یک واحد صنعتی در صنایع شیمیایی به طور مثال یک پالایشگاه نفت، متشکل از واحدهای مختلف می‌باشد که در آن محصولاتی از قبیل بنزین، گازوئیل و برش‌های مختلف تولید می‌گردد. هر واحد از فرایندهای موجود دارای دانش فنی بوده که مربوط به یک یا چند شرکت بزرگ نفتی می‌باشد. در کتابچه‌های راهنما مشخص شده که فرایند در چه شرایطی باید کار کند و چه زمان نیاز به تعمیرات اساسی دارد. در این زمان، واحد به طور کامل از مدار خارج شده و خوراک آن واحد به واحد دیگر و یا مخازن ذخیره فرستاده می‌شود. واحدهایی که مستقل نبوده و محصول آنها خوراک واحدهای دیگر می‌باشد، تعمیرات اساسی این واحدها

۱- Ultrasonic Flowmeter

۲- Overhaul

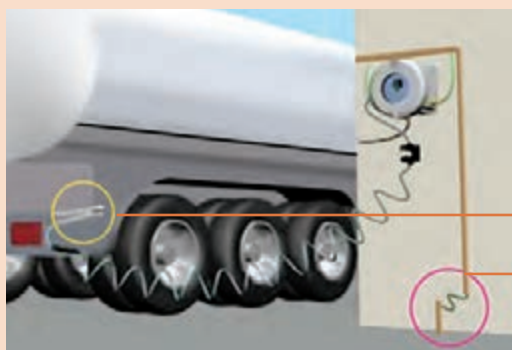
هم زمان انجام می‌شود و برای تعمیر اساسی، برنامه مفصلی تهیه و نقش هر یک از واحدها و زمان‌بندی تعمیرات آن مشخص می‌گردد.

در ارتباط با تعمیر تجهیزات از قبیل پمپ‌ها، کمپرسورها و... بر اساس ساعت‌های کارکرد و شرایط خود تجهیز، برنامه‌ریزی تعمیرات دوره‌ای، تهیه و اجرا می‌گردد. همواره این تعمیرات بدون اینکه واحد متوقف شود، انجام می‌گردد، چرا که همواره هر تجهیز، یک جایگزین<sup>۱</sup> داشته که در زمان تعمیرات از آن استفاده می‌گردد.

به عنوان مثال روغن همواره نقش خنک‌کننده و یا روان‌کاری در پمپ‌ها، کمپرسورها و دیگر تجهیزات را داشته که با استفاده از استانداردهای موجود، بر اساس نوع و شرایط کاری، روغن مناسب را می‌توان مشخص نمود. همچنین نوع و جنس واشر و کلیه لوازم یدکی مورد نیاز، در کتابچه راهنمای دستگاه قید شده است. همچنین دستور کار لازم جهت زمان مناسب برای تعویض و بازدیدهای دوره‌ای در کتابچه راهنمای دستگاه آورده شده است. بخشی از این اطلاعات نیاز مبرم به دانش و تجربه عملیاتی دارد. اطلاعات توسط کارکنان در جدول‌های ویژه<sup>۲</sup> درج شده تا توسط کارشناسان خبره مورد بررسی قرار گرفته و در مرحله بعد اقدامات اصلاحی لازم انجام گردد.

## الکتریسیته ساکن

فکر کنید



چرا به عقب بدنهٔ تانکرهای نفت کش جاده‌ای، زنجیر کوتاهی که با سطح زمین تماس دارد، وصل شده است؟

اتصال گیره به کامیون نفت‌کش

محل اتصال به چاه ارت

شیوهٔ اتصال به چاه ارت در هنگام بارگیری نفت‌کش

بحث کنید



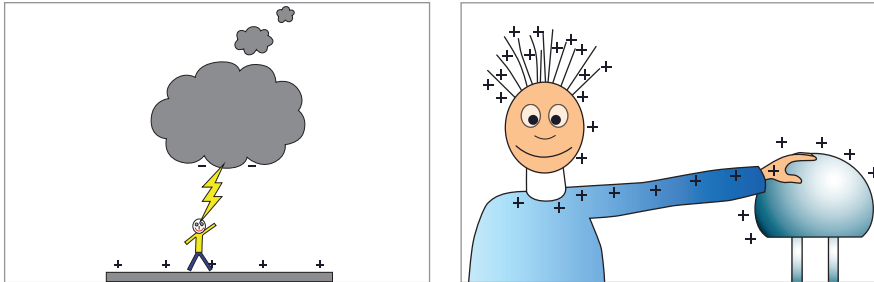
در مورد تصویر زیر با دوستان خود بحث کرده و در مورد علت این پدیده نظر دهید.

۱- Standby

۲- Log Sheet

## بودمان اول: آچارکشی تجهیزات

الکتریسیته از کلمه یونانی الکترون گرفته شده است. هرگاه شانه پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهیم، اجسام سبکی مانند کاه را به خود جذب می‌کند. الکتریسیته ساکن، پدیده‌ای رایج است که بر اثر نابرابری میان بارهای الکتریکی مثبت و منفی ایجاد می‌شود. این پدیده در اجسامی با جنس خاص و در برخی از فصول، به خصوص روزهای سرد و خشک زمستانی، بیشتر به وقوع می‌پیوندد. در صنایع مختلف، ایجاد الکتریسیته ساکن، امری حتمی و اجتناب‌ناپذیر است، این پدیده می‌تواند خطرات و خسارت‌های زیادی را در پی داشته باشد (شکل ۳)، اما می‌توان با انجام ترفندهایی که در ادامه معرفی می‌شود، آن را منتقل کرده و به حداقل رساند.



شکل ۳- نمونه‌هایی از تولید و انتقال الکتریسیته ساکن

وقتی دو سطح در حال تماس، نسبت به یکدیگر حرکت کنند، معمولاً بار الکتریکی ساکن ایجاد می‌شود. این پدیده طی فرایندهای صنایع شیمیایی نیز، به‌ویژه وقتی که ذرات گردوغبار هنگام جابه‌جایی با یکدیگر برخورد می‌کنند یا وقتی مایعات نسبت به سطح جداره‌های لوله حرکت می‌کنند، ظاهر می‌گردد. بار الکتریکی حاصل می‌تواند انرژی کافی را برای شروع یک انفجار آزاد کند. منابعی که با ایجاد الکتریسیته ساکن دچار آتش‌سوزی می‌شوند عبارت‌اند از رساناهای عایق دار، کارگران، کیسه‌ها و پوشش‌های پلاستیکی.

## الکتریسیته ساکن چه تفاوتی با الکتریسیته جاری دارد ؟

پرسش



ولتاژی که بر اثر بارهای ساکن ایجاد می‌شود، با مقدار بار ذخیره شده در آن جسم (Q) رابطه مستقیم دارد. ظرفیت جسم نسبت به محیط اطراف خود (C) به وسیله رابطه  $V = \frac{Q}{C}$  به دست می‌آید. اگر روند تولید بارهای ساکن در یک جسم بیشتر از میزان نشت آن باشد، ولتاژ جسم رفته رفته افزایش می‌یابد به حدی که بالاخره سبب تخلیه ناگهانی

انرژی<sup>۱</sup> به بخشی از محیط اطراف می‌شود. این تخلیه ناگهانی در پاره‌ای از موارد خطرآفرین خواهد بود؛ لذا در هنگام انتقال مایعات شیمیایی از تانکرها به مخازن، معمولاً به وسیله یک سیم که از تانکر به چاه ارت وصل شده است، هرگونه جریان الکتریکی تخلیه می‌گردد (شکل ۴). سامانه ارتینگ<sup>۲</sup> شامل چاه ارت، سیم و ستون (صفحه فلزی متصل به سیم ارت) می‌باشد.

۱- Spark

۲- Earthing

فعالیت  
عملی



- ۱- تعدادی بادکنک تهیه کرده و آنها را باد کنید.
- ۲- با مالش دادن بادکنک‌ها، آنها را باردار کنید.
- ۳- وقتی بادکنک‌های باردار را به یکدیگر نزدیک می‌کنید، چه پدیده‌ای را مشاهده می‌کنید؟
- ۴- بادکنک‌های باردار را در آرایش‌های دوتایی، سه‌تایی و چهارتایی به یکدیگر متصل کنید.
- ۵- شکل‌های مختلف ایجاد شده، را رسم کرده و زاویه بین بادکنک‌ها را محاسبه کنید.

نکته ایمنی



افزایش ولتاژ قبل از تخلیه می‌تواند به چندین هزار ولت برسد.



شکل ۴ - شیوه اتصال به چاه ارت

فیلم



نمایش یک فیلم از الکتریسیته ساکن و نقش تخریبی آن

تحقیق  
کنید



معمولاً الکتریسیته ساکن در چه مواردی، در صنایع تولید می‌گردد؟

نکته ایمنی



متصل نبودن زنجیر موجود در تانکر حمل مواد شیمیایی، به ستون فلزی و تخلیه نشدن الکتریسیته ساکن، موجب حادثه می‌شود.

بیشتر  
بدانید



در سال ۲۰۰۸ میلادی، در صنایع شیمیایی بارتون<sup>۱</sup> در آیوا<sup>۲</sup> آمریکا به دلیل اتصال ناکافی تانکر به ستون فلزی و تخلیه نشدن الکتریسیته ساکن، انفجار مهیبی رخ داد. این انفجار باعث خسارت جانی و مالی زیادی به این کارخانه و تأسیسات جانبی آن شد. در گزارش حادثه که توسط واحد ایمنی<sup>۳</sup> تهیه شد، علت حادثه دقت نکردن در تخلیه الکتریسیته ساکن در زمان بارگیری ذکر گردید.

فیلم



نمایش یک فیلم از حادثه

۱- Barton

۲- Iowa

۳- HSE



چه روش‌هایی برای حذف الکتریسیته ساکن در محیط زندگی و کار می‌توان به کار برد؟

### ■ وصل کردن سنجاق به لباس‌ها

روی بخش یقه لباس‌ها یا درز و شکاف پایین شلوارها، یک سنجاق وصل کنید (شکل ۵) تا الکتریسیته تجمع یافته، تخلیه شود.



شکل ۵ - وصل کردن سنجاق به لباس‌ها

### ■ استفاده از چوب لباسی فلزی

وصل کردن لباس روی چوب لباسی فلزی یا قرار دادن آنها روی یا زیر لباس، در کاهش و تخلیه و از بین بردن الکتریسیته ساکن مو، بدن و... مؤثر است (شکل ۶).



شکل ۶ - استفاده از چوب لباسی فلزی

الکتریسیته یا برق گرفتگی را با روش‌های زیر می‌توان کاهش و یا حذف نمود:

### ■ استفاده از مرطوب‌کننده‌های محیط

الکتریسیته ساکن در مکان‌های خشک، بیشتر از سایر قسمت‌ها به وجود می‌آید؛ به خصوص در فصل زمستان و زمانی که اختلاف دمای داخل منزل با خارج زیاد است. استفاده از دستگاه‌های مرطوب‌کننده هوا، راهکار خوبی در این شرایط می‌باشد.

### ■ استفاده از افشانه‌های ضد الکتریسیته ساکن

استفاده از این افشانه‌ها، به صورت ویژه برای فرش و موکت توصیه می‌شود و سبب کاهش الکتریسیته ساکن از روی فرش و پوشش زیر پا می‌شود. برخی از کارخانه‌های تولیدکننده فرش، این افشانه‌ها را تولید کرده و همراه با فرش عرضه می‌کنند. برخی نیز در ساختار فرش‌های تولید شده، از مواد ضدالکتریسیته استفاده می‌کنند.

### ■ مرطوب نگه داشتن سطح پوست

استفاده از کرم‌های مرطوب‌کننده و لوسیون‌های بدن به خصوص بعد از استحمام، در کاهش الکتریسیته ساکن و از بین بردن آن در بدن مؤثر است.

### ■ تعویض جنس لباس‌ها

اگر از لباس‌های پلاستیکی، پلی‌استر و نایلونی استفاده می‌کنید، بهتر است که از این جنس لباس خود را تغییر دهید و از کتان و نخ استفاده کنید.

### ■ استفاده از کفش‌های مناسب

جنس کفش در پراکنده کردن الکتریسیته ساکن مؤثر است. بر این اساس، کفش‌های چرمی بیشتر از کفش‌های دیگر مثل کفش‌های پلاستیکی، الکتریسیته را ساکن و در خود ذخیره می‌کنند و یکی از علل جرقه‌زدن و برق داشتن بدن می‌باشد.



## ■ حمل یک شیء فلزی به همراه سایر وسایل

همیشه در میان وسایل یا داخل جیب خود، یک شیء فلزی نظیر سکه به همراه داشته باشید. این کار از جمع شدن الکتریسیته جلوگیری می‌کند.

## نشستی تجهیزات

بحث  
گروهی



چرا در صنایع مختلف، توجه به نشستی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؟ مسئله نشستی یک نوع اسید را از نظر ایمنی، اقتصادی و زیست‌محیطی بررسی کنید.



نشستی از اتصال در خط لوله



نشستی از خطوط لوله

شکل ۷- نشستی

نشستی، به خروج تدریجی و جزئی سیال از یک مقطع گفته می‌شود (شکل ۷). منظور از مقطع، لوله و اتصالات، شیرآلات، مخازن و غیره است. صنایع، همواره هزینه‌های زیادی بابت نشستی متحمل می‌شوند، که علت آن برنامه‌ریزی نامناسب برای نگهداری و تعمیر و یا عوامل محیطی و عملیاتی می‌باشد. نشستی در صنایع شیمیایی خطرات جبران‌ناپذیر به دنبال داشته و بدین منظور در تمامی صنایع، واحد ایمنی نقش بسیار مهمی را در سلامت کارکنان و جلوگیری از حوادث دارد.

نکته ایمنی



حفاظت مستمر از خطوط لوله، تأسیسات و تجهیزات تحت فشار و مخازن مواد شیمیایی (که در بسیاری از موارد در آنها مواد آلاینده محیط‌زیست، مواد آتش‌زا و حتی مواد سمی وجود دارد) از اهمیت زیادی در صنعت برخوردار است.

در دسامبر ۱۹۸۴ (میلادی)، ابر مسموم‌شده ناشی از نشت گاز سمی صنعتی خطرناکی، بر فراز شهر «بوپال»<sup>۱</sup> به حرکت درآمد که وخیم‌ترین فاجعه صنعتی جهان نام گرفت. نوعی گاز سمی از کارخانه حشره‌کش‌سازی شرکت آمریکایی «یونیون کارباید» نشت کرد و این فاجعه چندین هزار کشته و بیش از ۳۰۰۰ مسموم بر جای گذاشت، که بسیاری از آنها کاملاً معلول شدند و در شرایط دشواری زندگی می‌کنند.

۱- Bhopal

۲- Union Carbide



شکل ۸- خطوط لوله آسیب دیده در کارخانه یونیون کار باید

بدیهی است که وجود نشتی در خطوط لوله، تأسیسات، تجهیزات و مخازن، به‌ویژه در مواردی که خطرات و محدودیت‌های زیست‌محیطی به‌همراه دارند، می‌تواند موجب هزینه‌های گزاف و صدمات ناخوشایندی گردد. همچنین، به هدر رفتن بخشی از مواد ارزشمند که جزء محصولات و یا مواد اولیه ما هستند، از لحاظ اقتصادی نیز ناخوشایند است.

**به‌طور کلی وجود نشتی می‌تواند مشکلات زیر را در پی داشته باشد:**

- آلودگی محیط‌زیست؛
  - ایجاد مسمومیت در انسان و دیگر موجودات زنده؛
  - انفجار؛
  - هدر رفتن مواد ارزشمند؛
  - افزایش هزینه‌های زیست‌محیطی؛
  - هزینه‌های تعمیر و تعویض خطوط لوله؛
  - و ...
- بنابراین دو عامل اقتصاد و محیط‌زیست، انگیزه کافی را برای رفع چنین مشکلاتی فراهم می‌کنند.
- عواملی که باعث ایجاد نشتی می‌شوند عبارت‌اند از:**
- فرسودگی و خوردگی لوله‌ها و مخازن؛
  - عوامل و تغییرات محیطی مثل سرما، یخبندان، گرما و ...؛
  - خسارت‌های عمدی و سهوی و نیز عملیات خارج از محدوده طراحی که ممکن است به لوله‌ها و مخازن از محدوده طراحی که ممکن است به لوله‌ها و مخازن



با توجه به مطالبی که در سال‌های گذشته خوانده‌اید، ساده‌ترین روش برای تشخیص نشتی چیست؟

از آنجا که وجود نشتی خطرات جبران‌ناپذیری به بار می‌آورد، بهتر است جهت تشخیص به موقع نشتی، از تجهیزات دقیق‌تری استفاده گردد (شکل ۹). آشکارسازها و دوربین‌های حرارتی تجهیزات دقیق تشخیص نشتی می‌باشند.

برای تشخیص محل و مقدار نشتی از وسایل و تجهیزات زیر می‌توان استفاده کرد:



نشت یاب گاز



نشت یاب هوا



نشت یاب آب

شکل ۹- تجهیزات نشت یاب گاز، هوا، آب

### ۱ نشت یاب گاز

یکی از ابزارهایی که جهت آشکارسازی حضور نوعی گاز در یک محدوده یا قسمتی از یک سامانه به کار می‌رود، نشت یاب گاز است که معمولاً جهت آشکارسازی گازهای مضر، قابل اشتعال و سمی به کار می‌رود. تشخیص گازهای خطرناک و کشنده بسیار مهم است؛ امروزه می‌توان به وسیله نشت یاب‌های گاز با دقت بالا از وجود گاز در محدوده‌ای مشخص با خبر شد. معمولاً نشت یاب‌های گاز، به وسیله حس‌گری حساس و سریع، نوع گاز و مقدار گاز محیط را تشخیص داده، هشدار صوتی ایجاد می‌کنند.

### ۲ نشت یاب آب

هنگامی که یک لوله فلزی یا غیر فلزی که حامل جریان آب با فشار باشد، اگر مورد آسیب واقع شود و نشتی در آن ایجاد گردد، آب با فشار از محل آسیب خارج می‌گردد. بدون در نظر گرفتن کیفیت و عوامل مؤثر بر صدای نشتی، صدای ایجاد شده با تغییراتی به سطح زمین منتقل می‌شود و دستگاه نشت یاب با دریافت این موج‌های بسیار ضعیف از طریق حس‌گر خود و تقویت و فیلتر کردن آن، محل دقیق نشتی را مشخص می‌کند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- تشخیص نشتی آب با دستگاه نشت یاب فراصوت<sup>۱</sup>

۱- Ultrasonic Leak Detector

صدای ناشی از چهار نوع صدای مختلف ایجاد می‌شود که عبارت‌اند از:

- ۱ صدای جریان آب؛
- ۲ صدای ضربه ایجاد شده؛
- ۳ صدای مالش و اصطکاک؛
- ۴ صدای نوسانی.

این صداها با هم ترکیب شده و صدای ناشی را تشکیل می‌دهند. همواره بیشترین شدت صدای ناشی دریافتی بر روی نقطه ناشی اتفاق می‌افتد و کاربر می‌تواند با تعیین بیشترین صدای ناشی موجود، محل دقیق ناشی را آشکار نماید.

### ۳ دوربین حرارتی<sup>۱</sup>

دوربین حرارتی ابزاری جهت شناسایی عیوب در نگهداری و تعمیرات مبتنی برپایش وضعیت حرارتی است. در واقع هر عیبی که خود را با اختلاف دما آشکار کند، به وسیله دوربین‌های حرارتی قابل شناسایی می‌باشد. چگونگی کار دوربین‌های حرارتی به این صورت است که در این سامانه‌ها، از تابشی که از خود اجسام ساطع می‌گردد، برای تصویربرداری استفاده می‌کنند. همان‌طور که می‌دانیم اجسام از خود امواج الکترومغناطیسی ساطع می‌کنند که به دمای جسم بستگی دارد. در شکل ۱۱، یک نوع دوربین حرارتی نشان داده شده است.



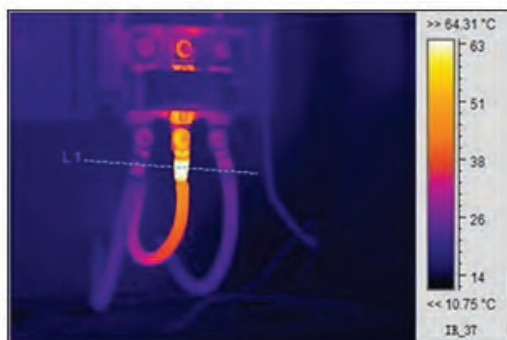
شکل ۱۱- دوربین حرارتی

طبق قانون پلانک، هر جسمی که دارای دمای بالاتر از صفر مطلق باشد (۲۷۳- درجه سلسیوس)، از خود انرژی ساطع می‌کند.

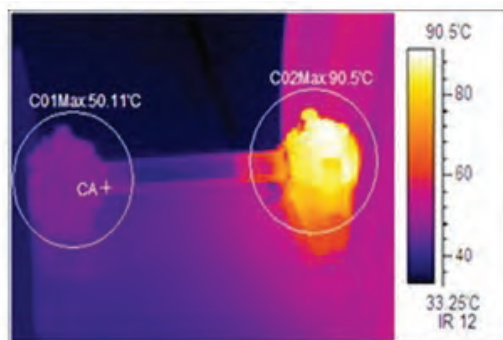
بیشتر  
بدانید



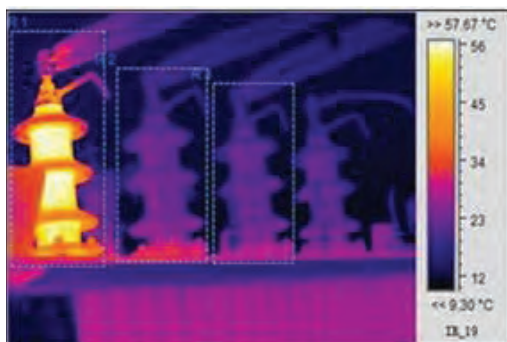
همان‌طور که در شکل ۱۲ دیده می‌شود با استفاده از دستگاه دوربین حرارتی، محل ناشی مشخص می‌گردد. در هر یک از شکل‌ها نوار عمودی صفحه نمایشگر، درجه حرارت نواحی اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد که نقاط دمای بالا، نشان‌دهنده ناشی می‌باشد. بر این اساس می‌توان مقدار هدر رفت حرارت و انرژی را مشخص نمود.



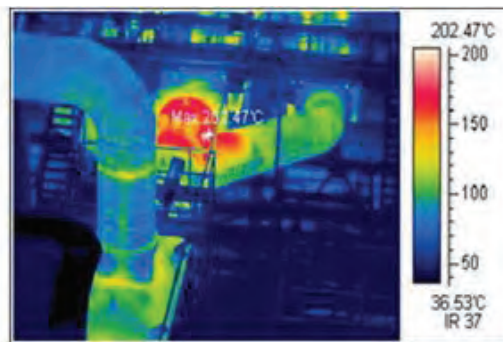
گالری تصویر ترموگرافی - پانل های الکتریکی



گالری تصویر ترموگرافی - تجهیزات دوار



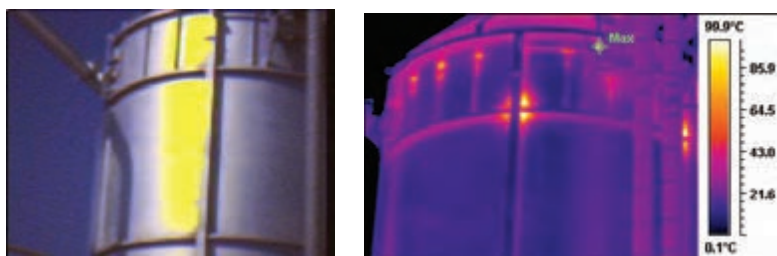
گالری تصویر ترموگرافی - ترانس های قدرت



گالری تصویر ترموگرافی - تجهیزات فرایندی

شکل ۱۲- تشخیص محل نشتی با استفاده از دوربین حرارتی

در شکل ۱۳، نمونه‌هایی از تشخیص نشتی حرارتی از عایق مخازن نشان داده شده است.



شکل ۱۳- تشخیص نشتی حرارتی از عایق مخازن

پرسش



- ۱- منظور از نت تجهیزات چیست؟
- ۲- چرخه نت پمپ را توضیح دهید.
- ۳- نت تجهیزات با تعمیرات اساسی یک فرایند، چه شباهت و چه تفاوتی دارد؟
- ۴- سامانه ارتینگ، چه سامانه‌ای می‌باشد؟
- ۵- به نظر شما، در بین انواع آچارهای معرفی شده در این پودمان، کدام یک کاربرد بیشتری دارد؟
- ۶- مشکلات ناشی از پدیده نشتی را برشمرید.
- ۷- طرز کار دوربین حرارتی چگونه است؟





آیا این تجهیزات را می‌شناسید؟ آیا می‌دانید که هر کدام چه کاربردی دارد؟



اختراع اولین آچار به سولیمون مریک<sup>۱</sup> تعلق دارد که آن را در سال ۱۸۳۵ میلادی ابداع کرد. انواع زیادی از آچارها وجود دارند که انسان معمولاً در زندگی روزمره خود برای اهداف مختلفی به آنها نیاز پیدا می‌کند. آچارها برای بستن یک اتصال که شامل پیچ و مهره است، به کار می‌روند. در برخی از نقاط دنیا آچارها به «مهره‌گشا» نیز معروف هستند. تعدادی از آنها از آلیاژهای کروم - وانادیوم ساخته می‌شوند. آب کاری با کروم به جلوگیری از زنگ زدگی آچار کمک می‌کند. آچارها بخش مهمی از جعبه ابزار را تشکیل می‌دهند. به غیر از آچارهایی که معمولاً در خانه‌ها یافت می‌شوند، انواع مختلفی از آنها کاربرد ویژه خود را دارند.

۱- Salimon Meric



## انواع آچار

### آچار پیچ گوشتی

انواع ابزار پیچ گوشتی با استفاده از خاصیت اهرمی و گشتاوری، در باز و بسته کردن انواع پیچ به کار برده می‌شود. به عبارت دیگر برای پیچاندن، سفت کردن و یا شل کردن پیچ، باید از انواع ابزار پیچ گوشتی استفاده کرد. در تعریفی دیگر می‌توان گفت، به واسطهٔ انواع ابزار پیچ گوشتی، نیروی کمتری برای باز و بسته کردن پیچ‌ها به کار برده می‌شود. اهرمی که در انواع ابزار پیچ گوشتی وجود دارد، با فشار کمی که وارد می‌شود، می‌تواند پیچ‌های سفت را باز و بسته کند. این در حالی است که بدون استفاده از این ابزار، کارها به دشواری صورت می‌گیرد. نوک پیچ گوشتی در سرپیچ قرار می‌گیرد و با جای‌گیری در آن، می‌تواند پیچ را حرکت دهد. نکته‌ای که باید به آن توجه کرد این است که سر پیچ گوشتی باید متناسب با شیار پیچ انتخاب شود. به این معنا که هر چقدر شیار پیچ، تنگ‌تر باشد، سر پیچ گوشتی نیز باید ظریف‌تر باشد تا در شیار قرار بگیرد. استفادهٔ نادرست از پیچ گوشتی نه تنها می‌تواند سبب بروز حادثه شود بلکه منجر به از بین رفتن ابزار و حتی پیچ نیز می‌گردد. انواع آچار پیچ گوشتی در شکل ۱۴، نشان داده شده است.



شکل ۱۴- انواع آچار پیچ گوشتی

### تقسیم‌بندی انواع پیچ گوشتی طبق شکل ساختاری

**نوع عایقی:** ترمینالی یا همان پیچ گوشتی مخصوص کار با جریان برق و معمولی.  
**ضربه پذیری:** چکش خور تشتکی، چکش خور فولادی و معمولی.  
**نوع پیچ:** چهارسو، دوسو یا تخت، ستاره‌ای، خورشیدی و سه پر.

### آچار دو سر تخت<sup>۱</sup>:



شکل ۱۵- آچار دو سر تخت

هر دو انتهای این نوع آچار تخت است. دهانه‌های آن U شکل بوده ولی هم اندازه نیستند (شکل ۱۵). این آچار وقتی مفید است که با پیچ و مهره سر و کار دارید. این آچارها پیچاندن پیچ و مهره را راحت‌تر می‌کنند.

### آچار دو سر رینگی<sup>۲</sup>:



شکل ۱۶- آچار دو سر رینگی

آچار دو سر رینگی، یک حلقه بسته در هر یک از دو انتهای خود دارد (شکل ۱۶). این حلقه معمولاً برای سفت کردن شکل شش ضلعی و در برخی موارد برای سفت کردن شکل مربعی طراحی شده است. حلقه‌ها در هر دو سر آچار اندازه‌های متفاوتی دارند. این آچارها در مواردی به کار می‌روند که آچارهای دو سر تخت خوب عمل نمی‌کنند. آچارهای دو سر رینگی از گردشگی لبه‌هایی که ممکن است به هنگام استفاده از آچارهای دوسر تخت رخ دهد، جلوگیری می‌کنند.

### آچار یک سر تخت و یک سر رینگی<sup>۳</sup>:



شکل ۱۷- آچار یک سر تخت و یک سر رینگی

آچار یک سر تخت و یک سر رینگی، همان‌طور که معلوم است یک آچار ترکیبی از آچار دو سر تخت و آچار دو سر رینگ است. این آچار یک حلقه بسته در یک انتهای خود دارد و انتهای دیگر آن تخت است (شکل ۱۷). این آچارها می‌توانند برای باز کردن پیچ و مهره‌ها با سر رینگی و سپس جدا کردن سریع آنها با استفاده از سر تخت مورد استفاده قرار گیرند.

### آچار فرانسه<sup>۴</sup>:



شکل ۱۸- آچار فرانسه

این ابزار یک آچار با سر تخت است، اما تنها یک انتهای آن می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. اندازه باز شدن دهانه، ثابت نیست و می‌تواند بر حسب اندازه پیچ و مهره تغییر پیدا کند (شکل ۱۸). این آچارها می‌توانند برای پیچ و مهره‌هایی با اندازه‌های متفاوت به کار روند. بر خلاف آچارهای قبلی که می‌توانستند تنها برای یک یا دو مورد استفاده شوند. براساس اندازه پیچ و مهره باید از آچار فرانسه با اندازه مناسب استفاده شود.

۱- Open - ended

۲- Box - ended

۳- Combination

۴- Adjustable

## آچار آلن<sup>۱</sup>:

این ابزار انتهای شش ضلعی دارد و به دو نوع T شکل و L شکل است. مطابق شکل ۱۹، آچار نوع T شکل شبیه نوع L شکل است و تنها تفاوتش این است که یک دسته دارد که از فلز و یا پلاستیک ساخته شده که نوع L شکل، این دسته را ندارد. این آچارها که سر آنها شش ضلعی است، برای پیچاندن پیچها به کار می‌روند. روشی که آنها عمل می‌کنند، شبیه آچار پیچ‌گوشتی است.



آچار آلن نوع L



آچار آلن نوع T

شکل ۱۹- انواع آچار آلن

## آچار بکس<sup>۲</sup>:

آچار بکس با پیچ و یا مهره کاملاً ثابت می‌شود. چنین آچاری به یک دسته نیاز دارد (شکل ۲۰). به هنگام استفاده از آچار بکس، لازم نیست که بعد از انجام پیچش، از سر پیچ و یا مهره کاملاً برداشته شود. دسته می‌تواند برداشته شود و دوباره وصل شود، در حالی که کاسه روی پیچ و یا مهره باقی می‌ماند.



شکل ۲۰- آچار بکس

## آچار خطی<sup>۳</sup>:

آچار خطی، وسیله‌ای بین آچار دو سر تخت و آچار دو سر رینگی است (شکل ۲۱). هر دو انتهای این آچار برخلاف آچار دو سر رینگی، تخت است. از طرفی برخلاف آچار دو سر تخت، دهانه‌های آن به حد کافی گشاد

- ۱- Allen
- ۲- Socket
- ۳- Line



شکل ۲۱- آچار خطی



شکل ۲۲- آچار جفجغه



شکل ۲۳- آچار لوله‌گیر یا آچار شلاقی



شکل ۲۴- آچار ترک یا آچار گشتاور

هستند تا با سر پیچ و یا مهره منطبق شوند. این آچار وقتی به کار می‌رود که پیچ‌ها و یا مهره‌ها از فلز نرم‌تری ساخته شده‌اند. آچارهای خطی بیشترین مقدار سر پیچ و یا مهره را پوشش می‌دهند و بیشترین تماس را با آن دارند، در نتیجه آسیب وارده به سر فلزی نرم‌تر را به حداقل می‌رسانند.

### آچار جفجغه<sup>۱</sup>:

آچار جفجغه شبیه آچار بکس است (شکل ۲۲). در آچار جفجغه، دسته فلزی با حرکات چرخشی به قسمت کاسه‌ای شکل وصل شده است به همین دلیل، تا وقتی که کار به طور کامل انجام نشده است، نیازی به جدا کردن خود آچار از سر پیچ و یا مهره نیست. این آچارها وقتی استفاده می‌شوند، کار را سریع‌تر به اتمام می‌رسانند و همچنین می‌توانند در فضاهای محدود به کار روند.

### آچار لوله‌گیر یا آچار شلاقی<sup>۲</sup>:

آچار لوله‌گیر نوعی آچار فرانسه است (شکل ۲۳). سطح داخلی گیره‌های این آچار شبیه اره است. این آچار عموماً برای لوله‌های آهنی نرم و لوازمی که شکل گردی دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. گیره‌ها به حالتی طراحی شده‌اند که وقتی دسته به جلو کشیده می‌شود، سفت‌تر می‌شوند. به خاطر حالت اره‌مانند گیره‌ها، این آچارها عمدتاً برای اهداف لوله‌کشی به کار می‌روند. اما این گیره‌های دنداندار روی سطوحی که در آن قرار می‌گیرند، خراش‌هایی بر جای می‌گذارند.

### آچار ترک یا آچار گشتاور<sup>۳</sup>:

آچار ترک مقدار گشتاور ویژه‌ای برای سفت کردن ایجاد می‌کند. این کار به جلوگیری از سفت شدن بیش از اندازه مجموعه پیچ و مهره کمک خواهد کرد. مقدار گشتاور لازم می‌تواند با مدرج کردن آچار به دست بیاید. در برخی موارد در صنعت، میزان گشتاور لازم برای سفت کردن، مقدار دقیقی است. این آچارها در مجموعه‌ای از فعالیت‌های دقیق به کار می‌روند.

۱- Ratcheting

۲- Pipe

۳- Torque



همواره برای حفظ تقارن در بستن پیچ و مهره‌های قطعات یک دستگاه مثلاً پیچ‌های یک اتصال یا چرخ خودرو، باید آنها را به صورت ضربدری، باز یا بسته کرد.

### گشتاور نیرو چیست؟

عامل مؤثر در گشتن هر جسم به دور محوری را گشتاور نیرو یا لنگر می‌نامند. گشتاور، یک کمیت فیزیکی است و در حرکت چرخشی، به بزرگی نیرو، مسیر و مکان اثر نیرو بستگی دارد. گشتاور یک کمیت برداری بوده و واحد آن نیوتن.متر است.

## پیچ و مهره و واشر



شکل ۲۵- انواع پیچ و مهره

«پیچ»<sup>۱</sup> در واقع استوانه‌ای است که شیارهای مارپیچ آن را احاطه کرده است (شکل ۲۵). طراحی شیار پیچ‌ها برای بریدن مواد نرم‌تر و سخت‌تر متفاوت است. شیارها اغلب به صورت مثلث، مربع، دوزنقه و نیم‌دایره روی سطح جانبی بدنه ایجاد می‌شوند. شایع‌ترین کاربرد پیچ برای نگهداری اشیاء و قطعات به یکدیگر می‌باشد. در انتهای اغلب پیچ‌ها یک بخش خاص و نوک تیز وجود دارد تا ورود به قطعه آسان گردد. ابزارهای رایج برای استفاده از پیچ‌ها، آچار و پیچ‌گوشتی است. سر این ابزار معمولاً بزرگ‌تر از بدنه پیچ است تا بتواند نیروی بیشتری به پیچ وارد کرده و آن را در طول قطعه براند.

«مهره»<sup>۲</sup> جسمی حلقه‌ای شکل، گرد یا چندضلعی است که داخل سوراخ آن، شیار (رزوه) شده است. مهره‌ها، یراقی کمکی برای پیچ‌ها هستند تا به واسطه آنها پیچ‌ها سفت‌تر در مسیر پیچش خود بسته شوند. مهره و پیچ اصطلاحاً با حالت مادگی و نری درون هم منطبق می‌گردند. شیار مهره‌ها با شیار پیچ‌ها باید دارای تناسب

۱- screw

۲- Nut



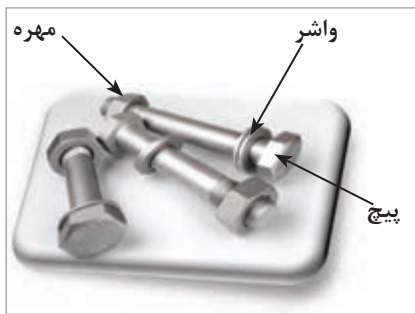
## بودمان اول: آچارکشی تجهیزات

خاص برای چرخش صحیح پیچ درون مهره باشد. مهره‌ها معمولاً از جنس فولاد، آهن یا دیگر فلزات هستند، اما برای پیچ‌های پلاستیکی مهره‌های پلاستیکی هم ساخته شده است.

### واشر

«واشر» در حقیقت، واسطه‌ای بین مهره و بدنه بوده و حلقه‌ای است از جنس فلز و یا گاه لاستیک (شکل‌های ۲۶ و ۲۷). واشرها معمولاً جهت توزیع بار پیچ و مهره‌ها استفاده می‌شوند. استفاده از واشر دلایل گوناگونی دارد که به عنوان نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱ زیر مهره قرار می‌گیرد تا چرخش مهره، به قطعه اصلی آسیب نرساند.
- ۲ از باز شدن مهره یا پیچ بر اثر لرزش جلوگیری می‌کند.
- ۳ فشار حاصل از بستن مهره بر قطعه کار را بهتر انتقال می‌دهد.



شکل ۲۷- پیچ و مهره و واشر



شکل ۲۶- انواع واشر

آچاری که برای کار روی مهره یا پیچ انتخاب می‌شود، باید با آچارخور آن به خوبی منطبق شود، در غیر این صورت، مهره یا آچارخور پیچ خراب می‌شود.

نکته



صحيح

غلط



- ۱ با توجه به جدول زیر، نام هر ابزار را در ستون مربوطه بنویسید.  
 ۲ هریک از ابزارهای ستون سمت چپ جدول را با توجه به کاربرد آنها، به تصویر مناسب در ستون سمت راست ارتباط دهید.  
 ۳ چگونگی انجام کار با هریک از ابزارها را شرح دهید.

نام ابزار	ابزار مناسب	تصویر	ردیف
			۱
			۲
			۳
			۴

			۵
			۶
			۷

- ۱ چند شاخه لوله فلزی، به طول تقریبی ۵۰ سانتی متر که دو سر آنها شیار شده باشد، تهیه نمایید.
- ۲ تعدادی زانویی با زاویه‌های مختلف و اتصالات دیگر با پیچ و مهره مناسب فراهم کنید.
- ۳ با استفاده از آچارهایی که در این بخش با آنها آشنا شده‌اید، شبکه‌های مختلفی از لوله‌ها و اتصالات را تشکیل دهید.

فعالیت  
کارگاهی



## ارزشیابی شایستگی آچارکشی تجهیزات

### شرح کار:

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 کار، وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.

### استاندارد عملکرد:

به کارگیری مفاهیم نت، انجام آچارکشی و تشخیص نشستی تجهیزات مطابق دستور کار  
**شاخص‌ها:**

- رعایت مسائل ایمنی در هنگام کار - انجام کار طبق دستور کار

### شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط مکان: کارگاه

شرایط دستگاه: آماده به کار

زمان: یک جلسه آموزشی

ابزار و تجهیزات: وسایل ایمنی شخصی، ابزار عمومی (انواع آچار و...)، دستگاه تشخیص نشستی

### معیار شایستگی:

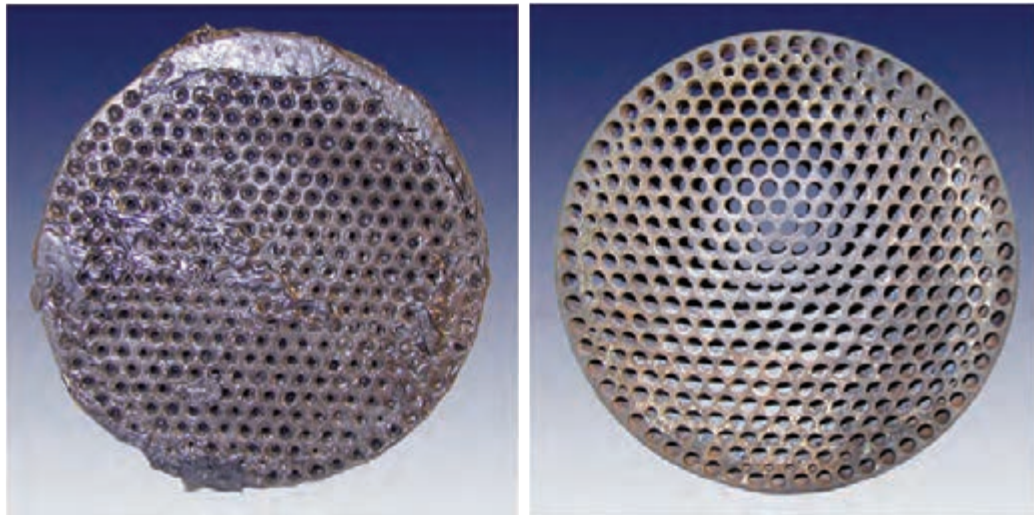
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنجار
۱	به کارگیری مفاهیم نت	۱	
۲	تشخیص نشستی تجهیزات	۲	
۳	انجام آچارکشی تجهیزات	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲- نگرش: استفاده صحیح از ابزار و تجهیزات ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی‌های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- کار گروهی ۴- مستندسازی: گزارش نویسی	۲	
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنجار برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.



## پودمان ۲

# رسوب زدایی تجهیزات



رسوب زدایی در کاهش هزینه‌ها، افزایش سوددهی و عمر یک واحد تولیدی نقش مهمی دارد.

## واحد یادگیری ۲

### رسوب زدایی تجهیزات

#### مقدمه

نگهداری تجهیزات فرایندی، در شرایط عملیاتی طراحی شده، از مهم ترین اهداف در صنعت هر کشور است. عوامل خوردگی، رسوب گذاری، فرسودگی و ... سبب می شوند که به تدریج فرایندها، بازدهی اولیه طراحی شده را نداشته باشند. همچنین با توجه به صرفه جویی در انرژی، پیشگیری، کاهش و تمیز کردن رسوبها در تجهیزات فرایندی از اهمیت بسیاری برخوردار است.

#### استاندارد عملکرد

انجام عملیات رسوب زدایی از دستگاه، مطابق دستور کار تعمیراتی، در شرایط ایمن کاری، و بدون صدمه دیدن بدنه دستگاه و ابزارآلات کار

#### شایستگی های غیر فنی

- ۱ اخلاق حرفه ای: حضور منظم و وقت شناسی، انجام 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: حضوری فعال در فعالیت های گروهی، انجام کارها و وظایف محوله
- ۴ مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت های کارگاهی

#### پس از اتمام این واحد یادگیری هنر جوان قادر خواهند بود:

- ۱ از تشکیل رسوب پیشگیری کنند.
- ۲ رسوب زدایی مکانیکی را انجام دهند.
- ۳ رسوب زدایی شیمیایی را انجام دهند.





به نظر شما چرا پس از مدتی، جریان خروجی آب شیرهای کتری و سماور کاهش می‌یابد؟

آب، مهم‌ترین سیالی است که در سامانه‌های حرارتی و برودتی وظیفه انتقال حرارت را بر عهده دارد. هرگاه دمای آب افزایش یابد و یا مقداری از آن تبخیر گردد، لایه‌هایی از رسوب در جداره لوله‌ها، مخازن و شیرآلات تشکیل می‌شود. رسوب سفید رنگی که در دهانه شیرها، روشویی‌ها، ظرفشویی‌ها، زیردوشی‌ها و وان‌های حمام تشکیل می‌شود، نشانگر وجود رسوب‌های کلسیم‌کربنات و منیزیم‌کربنات است. در کولرهای آبی نیز به علت تبخیر مداوم آب، با افزایش غلظت نمک، شوره تشکیل می‌شود. زمانی که از آب به‌عنوان یک سیال حرارتی استفاده می‌شود، املاح و سختی موجود در آب بر اثر افزایش دما و یا تغییر شیمیایی محیط (مانند تغییر pH) رسوب ایجاد کرده، رسوب حاصله بر روی سطوح می‌نشیند. طبق تعریف، رسوب به لایه پیوسته و چسبنده‌ای گفته می‌شود که در سطحی از بدنه دیگ بخار<sup>۱</sup> و لوله‌های تبادل حرارت که با آب و یا سیال حرارتی در تماس‌اند، تشکیل می‌گردد.



در رابطه با تصویرهای زیر با دوستان خود گفتگو کنید.

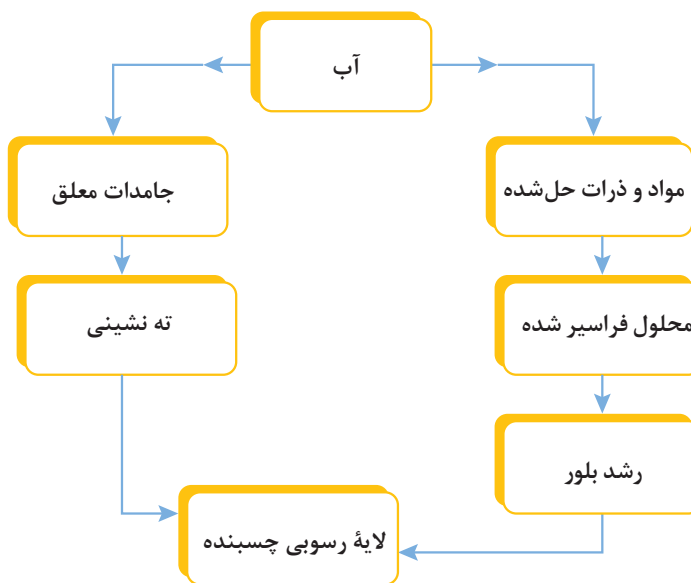




## تشکیل رسوب

با زیاد شدن غلظت مواد و جامدات حل شده و معلق در آب جوش آورها (بویلرها)، مبدل های حرارتی و... امکان تشکیل رسوب افزایش می یابد. مطابق شکل ۱، تشکیل رسوب در آب از دو منبع سرچشمه می گیرد:

۱ غلظت مواد و ذرات حل شده در آب (که با افزایش دما و اشباع شدن یون ها رسوب پدید می آید) ۲ مواد معلق موجود در آب (که می تواند ناشی از محصولات خوردگی، ذرات معلق هوا و یا رشد میکروارگانیسم ها در آب باشد).



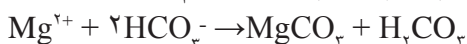
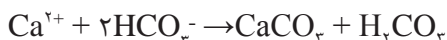
شکل ۱- نمودار چگونگی تشکیل رسوب

عوامل مؤثر در تشکیل لایه رسوبی چسبنده عبارت اند از:

- ۱ دمای سیال
- ۲ سرعت سیال عبوری
- ۳ اندازه و ترکیب ذرات موجود در سیال
- ۴ دمای سطح حرارتی

### فرایند تشکیل رسوب در اثر اشباع شدن یون ها

نمک های کلسیم به صورت بی کربنات ( $\text{HCO}_3^-$ ) به فراوانی در آب یافت می شوند. در سطوح حرارتی، دمای آب بالا رفته، یون بی کربنات به صورت یون کربنات ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) رسوب می کند. به عنوان مثال می توان به جرم یا رسوب کتری و سماور اشاره کرد که با حرارت دادن آب، کلسیم و منیزیم بی کربنات به کلسیم و منیزیم کربنات تبدیل می شوند. وقتی یون های کلسیم، منیزیم و کربنات به حد اشباع و سیر شده می رسند، روی جداره داخلی کتری یا سماور رسوب می کنند. واکنش هایی را که در اثر حرارت دادن آب رخ می دهند، می توان به صورت زیر نشان داد.





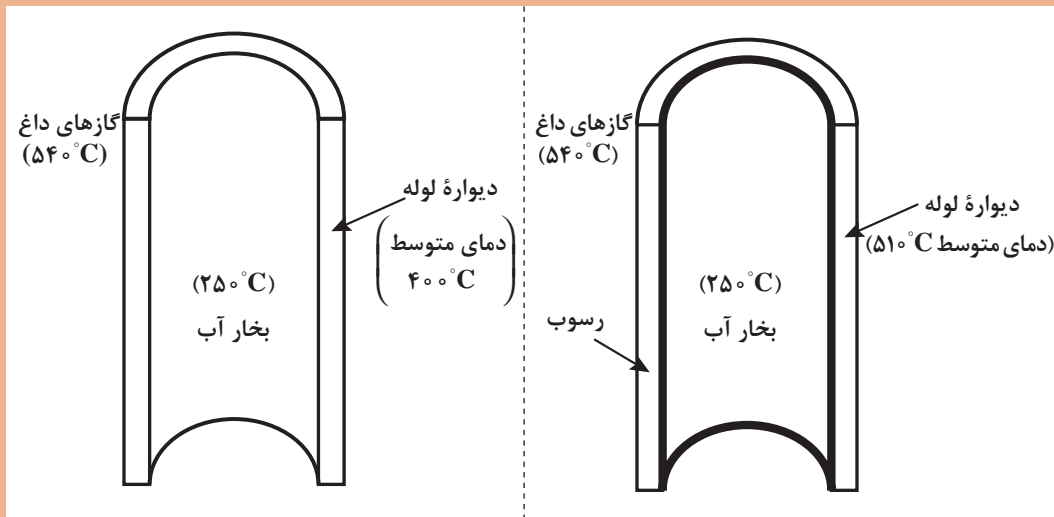
به نظر شما تشکیل رسوب چه مشکلاتی را ایجاد می‌کند؟

### معایب و مشکلات ناشی از تشکیل رسوب:

وجود رسوبات سبب کاهش قطر داخلی لوله‌ها و در نتیجه، کاهش جریان آب می‌شود. همچنین رسوبات به‌عنوان یک عایق حرارتی در سطوح انتقال حرارت عمل می‌کنند. بنابراین هر دو عامل، سبب کاهش انتقال حرارت و بازده حرارتی دیگ‌های بخار، مبدل‌های حرارتی و... می‌گردند (شکل ۲). وجود هرگونه رسوب در تجهیزاتی مانند دیگ‌های بخار، نامطلوب است، بنابراین عناصر تشکیل‌دهنده آن مثل کلسیم، منیزیم، آهن و سیلیسیم باید از آب ورودی به دیگ بخار جدا شوند. زیرا با کاهش انتقال حرارت و بازده حرارتی دیگ بخار، جذب حرارت از گازهای حاصل از احتراق کاهش می‌یابد، انرژی به هدر می‌رود و تولید بخار کم می‌گردد. لذا برای جبران کاهش تولید بخار، میزان سوخت مصرفی دیگ بخار افزایش می‌یابد.



با توجه به شکل ۲، توضیح دهید تشکیل رسوب بر روی دمای دیواره لوله چه تأثیری دارد؟

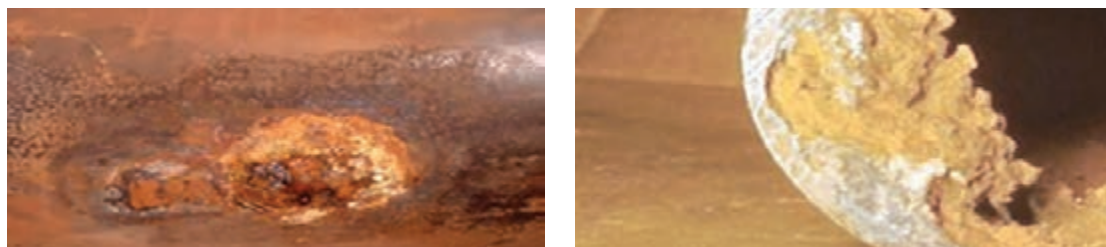


دیواره بدون رسوب و دمای دیواره لوله حدود  $40^{\circ}\text{C}$

لایه‌ای از رسوب روی دیواره لوله و دمای دیواره لوله حدود  $51^{\circ}\text{C}$

شکل ۲- اثر تشکیل رسوب بر روی دمای دیواره لوله

سطوح حرارتی و لوله‌هایی که از یک طرف با رسوبات عایق شده‌اند و از طرف دیگر در دمای گازهای داغ قرار دارند، بسیار گرم شده، مقاومت خود را از دست می‌دهند. در این حالت، شکافتگی لوله‌ها و حتی پوسته‌دیگ بخار اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. لذا ارائه راه‌حل‌های مناسب برای مشکلات مذکور، از اهمیت زیادی برخوردار است. ضمناً رسوبات می‌توانند سبب تسریع خوردگی گردند. انباشتگی رسوبات، محصولات خوردگی و تجمع آنها سبب تشکیل برآمدگی و نقاط متورم بر روی سطوح می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳- برآمدگی و خوردگی ناشی از تشکیل رسوب

به طور کلی معایب و مشکلات تشکیل رسوب در تجهیزات عبارت‌اند از:

- ✓ کاهش میزان انتقال حرارت
- ✓ کاهش شدت جریان خروجی به علت کاهش سطح مقطع داخلی لوله‌ها؛
- ✓ افزایش زمان و تعداد تعمیرات اساسی مجموعه؛
- ✓ افزایش هزینه‌ها و قیمت تمام شده محصول؛
- ✓ کاهش بازده تولید و افزایش میزان مصرف مواد اولیه؛
- ✓ افزایش تعداد تعویض لوله‌های مبدل‌های حرارتی، لوله‌ها، مخازن، تجهیزات و به دنبال آن، کاهش عمر مفید دستگاه‌ها و این معایب و مشکلات در نهایت سبب اختلال در همه فرایندها می‌شود.

نقش زیان‌بار تشکیل رسوب در اقتصاد واحدهای صنعتی چیست؟

تحقیق کنید



در کنار فرسایش و خوردگی تجهیزات حرارتی، وجود رسوبات، باعث به‌هدر رفتن مقدار قابل توجهی از انرژی می‌شود که به دلیل عدم تبادل حرارت، بازده تأسیسات نیز کاهش می‌یابد. اثر رسوب بر اتلاف انرژی موضوعی است که امروزه بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. تا ۲۵ سال پیش، معضل تشکیل رسوب در مبدل‌های حرارتی تقریباً غیرقابل حل محسوب می‌شد. اما در حال حاضر با برنامه‌ریزی‌های دقیق در نگهداشت و تعمیرات آنها، این مشکل تا اندازه‌ای قابل مدیریت می‌باشد.



### مقایسه دو ظرف با و بدون رسوب:

**روش کار:** دو ظرف تهیه آب جوش کاملاً یکسان را، با این تفاوت که یکی نو و دیگری سال‌ها استفاده شده باشد فراهم کرده، به محل کارگاه خود بیاورید. با افراد هم‌گروهی خود، در مورد رسوب موجود در آن دو ظرف بحث کرده، پس از مقایسه آنها، تفاوت‌ها را در جدولی مانند جدول زیر یادداشت کنید.

ظرف استفاده شده	ظرف نو	تفاوت
		
		تشکیل رسوب
		زیبایی
		وزن
		کیفیت آب خروجی
		بهداشت
		میزان مصرف انرژی
		دبی آبی خروجی
		زمان جوش آمدن
		...

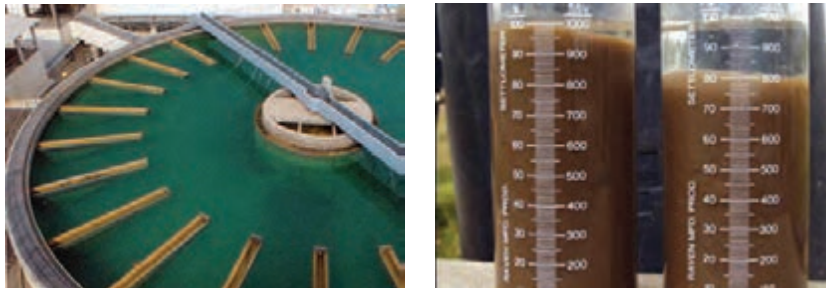
## روش‌های پیشگیری از تشکیل رسوب

مهم‌ترین روش برای پیشگیری از تشکیل رسوب، بهبود کیفیت آب مصرفی در صنایع گوناگون است. این روش به صورت‌های مختلف ته‌نشینی، صاف کردن، هوازدایی، روغن‌زدایی، استفاده از روش زیر آبکشی<sup>۱</sup> و نرم کردن آب مصرفی، انجام می‌شود. روش‌های فیزیکی برای بهبود کیفیت آب در تجهیزات و دستگاه‌های فرایندی صنایع، همانند صنایع نفت، گاز و پتروشیمی از اهمیت زیادی برخوردار هستند. در ادامه، پیرامون هر کدام از این روش‌ها توضیح مختصر ارائه می‌گردد:

۱- Blow Down

## ۱ ته نشینی

مرحله اول زلال سازی آب، روش ته نشینی است. در این روش با استفاده از حوضچه های ته نشینی<sup>۱</sup>، غلظت گل و لای، لجن و مواد معلق در آب را کاهش می دهند و یا اینکه آب را با سرعت کم از مخازن بزرگ عبور داده آن را زلال می کنند. عمل ته نشینی بیشتر برای آب های گل آلود مناسب است. در شکل ۴ فرایند ته نشینی و مخزن صنعتی آن نمایش داده شده است.



شکل ۴- نمایشی از فرایند ته نشینی و مخزن صنعتی آن

## ۲ صاف کردن

معمولاً عمل صاف کردن باید بعد از عمل ته نشینی انجام گیرد تا ذرات معلق باقیمانده حذف شوند. صافی های صنعتی از لایه های شنی ریز دانه بندی شده تشکیل شده اند و از بالا به پایین درشت تر می شوند. آب از بالا وارد و از پایین خارج می گردد. آب می تواند با استفاده از وزن خود یا تحت فشار، صاف شود ولی در صنعت، صافی های تحت فشار، بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند.

معمولاً مصالح صافی ها، ماسه و از جنس سنگ سیلیس با درجه خلوص ۹۸٪ می باشد. اندازه دانه ها از ۰/۳۵ تا ۱ میلی متر می باشد. این اندازه کوچک، موجب جداسازی تمامی مواد معلق در سطح صافی می گردد، به علاوه ممکن است لایه ای ریز زیستی<sup>۲</sup> در سطح مشترک تماس بین آب و شن به وجود آید. کف صافی ها را معمولاً از مواد پلاستیکی می سازند و در هر مترمربع آن، ۶۰ تا ۹۰ عدد لوله (نازل) پلاستیکی برای خروج آب صاف، قرار داده می شود. انتهای آنها، داخل آب صاف شده زیر صافی قرار می گیرد. در شکل ۵، نمایی از درون و بیرون صافی صنعتی نشان داده شده است.



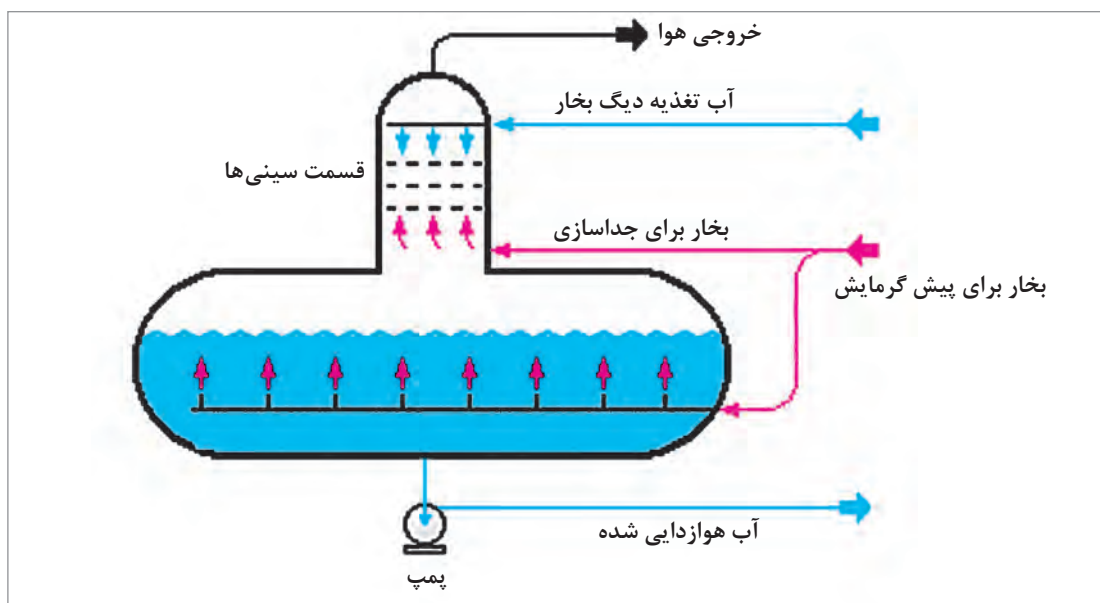
شکل ۵- نمای درونی و بیرونی صافی صنعتی

۱- Clarifier

۲- Microbiotics

### ۳ هوازدایی

بخش اعظم گازهای خورندهٔ محلول در آب مثل  $\text{CO}_2$  و اکسیژن را می‌توان از طریق هوازدایی حذف کرد. گرم‌کن‌های باز برای هوازدایی آب برای تولید بخار با فشار کم مناسب است. اما اگر بخار با فشار بالاتر از ۲۷ بار مورد نیاز باشد، معمولاً گرم‌کن‌های هوزدا از نوع افشانه‌ای<sup>۱</sup> به کار برده می‌شوند. هوازدایی به دو روش فیزیکی و شیمیایی صورت می‌گیرد. در روش فیزیکی، حذف اکسیژن و کربن دی‌اکسید را می‌توان به وسیلهٔ حرارت دادن آب انجام داد. این کار باعث کاهش تمرکز اکسیژن و کربن دی‌اکسید در فاز مایع شده، گازهای محلول در آب، از فاز مایع به سمت فاز گازی خارج می‌شوند. هوازدایی فیزیکی، اقتصادی‌ترین روش هوازدایی است. این کار در نقطهٔ جوش آب و در فشار درونی هوزدا<sup>۲</sup> انجام می‌شود. هوزداها می‌توانند تحت فشار و یا در فشار خلأ هم کار کنند. در شکل ۶ شیوهٔ کارکرد یک نوع هوزدا نمایش داده شده است. در روش شیمیایی هوازدایی، با استفاده از موادی مانند سدیم سولفیت و یا هیدرازین، گاز اکسیژن حذف شده، ترکیباتی مانند سدیم سولفات و یا نیتروژن و آب تولید می‌شوند.



شکل ۶- تصویر یک نوع هوزدا

به نظر شما، چرا در شکل ۶، بخار از دو مسیر وارد هوزدا شده است؟

پرسش



تحقیق کنید



در رابطه با هوزداهای افشانه‌ای و گرم‌کن باز تحقیق کرده و در کلاس ارائه نمایید.

۱- Open Heaters

۲- Spray-type Deaerating Heater

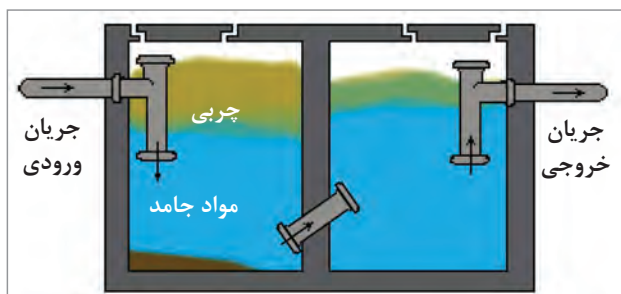
۳- Deaerator



- ✓ به علت فرار بودن  $\text{CO}_2$  و تخریب حرارتی کربنات، pH آبی که هوازدایی شده حدود (۸/۵-۹/۵) است.
- ✓ غلظت بی‌کربنات ورودی به دیگ‌های بخار را باید تا حد امکان، پایین نگاه داشت، زیرا علاوه بر تشکیل رسوبات کربناتی، باعث افزایش غلظت  $\text{CO}_2$  می‌گردد.
- ✓ اکسیژن حل شده در آب سبب اکسید شدن فلز می‌گردد. این نوع خوردگی در دمای بالاتر از  $60^\circ\text{C}$  شدت یافته، در مدت زمان کوتاهی باعث سوراخ شدن لوله‌ها و مخازن می‌گردد.
- ✓ چنانچه گاز کربنیک ناشی از تجزیه بی‌کربنات‌های موجود در آب، به کمک هوازدا از آب تغذیه دیگ بخار خارج نگردد، خوردگی خطوط لوله اتفاق خواهد افتاد.
- ✓ رسوباتی همانند  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  که حاصل محصولات خوردگی فلزاتی هستند، نوع دیگری از رسوبات می‌باشند.

#### ۴ روغن زدایی

طراحی انواع جداکننده‌های آب - روغن (چربی‌گیرها) براساس اختلاف چگالی استوار می‌باشد. چربی‌گیرهای ثقیلی معمولاً برای زدودن و حذف روغن، گریس و نفت به کار می‌روند. بنابراین در عمل، بازده جداکننده ثقیلی بستگی به طراحی دقیق هیدرولیکی جداکننده و زمان ماند آب دارد. سامانه چربی‌گیر API<sup>۱</sup> در واقع یک جداکننده روغن از آب می‌باشد که تحت استانداردهای API طراحی شده است. این سامانه به‌طور وسیعی در تصفیه‌خانه‌ها و بسیاری از واحدهای صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۷ یک نمونه چربی‌گیر آورده شده است.

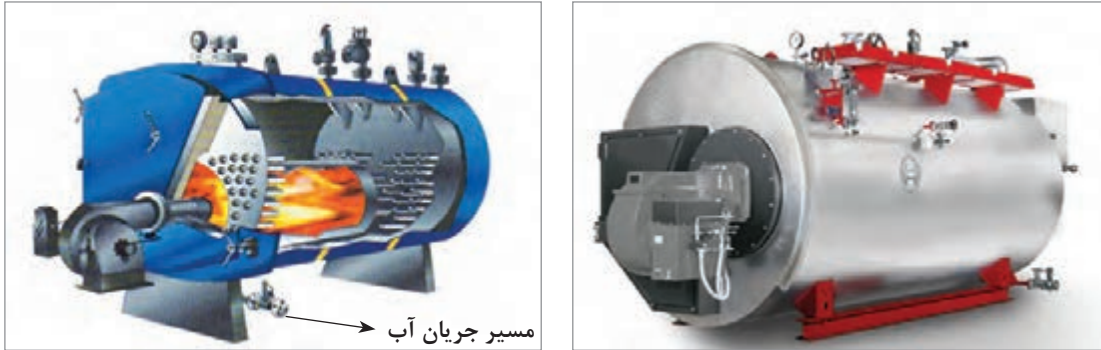


شکل ۷- تصویر ساده و واقعی یک نوع چربی‌گیر



### ۵ زیر آبکشی

عملیات زیر آبکشی عبارت است از خارج ساختن آب سیر شده از مواد معلق و نمک‌های محلول از دیگ بخار. آبی که به این طریق از دیگ بخار خارج می‌گردد به وسیله آب تغذیه‌ای جدید که دارای مواد محلول کمتری است، جبران می‌شود (شکل‌های ۸ و ۹). در شکل ۹ جریان دوریز نشان داده شده است.



شکل ۸- تصویر واقعی و نمای داخلی زیر آبکشی از یک نوع دیگ بخار

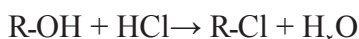
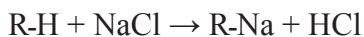


شکل ۹- نمایش جریان دوریز دیگ بخار (زیر آب یا بلودان)

## ۶ نرم کردن آب

نرم کردن آب به معنی کاهش یون‌های کلسیم و منیزیم است که به دو روش ته‌نشینی شیمیایی<sup>۱</sup> و استفاده از رزین‌های تبادل یونی<sup>۲</sup> صورت می‌گیرد. از روش‌های دیگر پیشگیری از رسوب‌گذاری در سامانه‌های حرارتی می‌توان به تزریق اسید، به‌سازی با جریان‌های جانبی و استفاده از مواد بازدارنده<sup>۳</sup> شیمیایی، اشاره کرد. در شکل ۱۰ رزین‌های تبادل یونی نشان داده شده است.

روش‌های تبادل یونی، براساس تبادل برگشت‌پذیر یون‌ها بین محلول و یک فاز جامد استوار است. فاز جامد در آب، غیر محلول بوده، دارای گروه‌هایی به‌صورت بنیان اسیدی یا بازی است. این بنیان‌ها عوامل اصلی تبادل یون هستند. رزین‌های تبادل یونی، منشأ آلی دارند و از پلیمرهایی با وزن ملکولی زیاد تشکیل شده‌اند. تبادل گرهای یونی، شامل دو گروه آنیونی و کاتیونی هستند. به‌عنوان مثال و برای روشن‌تر شدن واکنش‌های تبادل یونی، رزین‌های اسیدی و بازی را به‌صورت R - OH و R - H در نظر بگیرید. طبق واکنش‌های زیر یون‌های سدیم و کلرید با یون‌های هیدروژن و هیدروکسید مبادله می‌شوند.



شکل ۱۰- تصویر نمونه صنعتی و آزمایشگاهی رزین‌های تبادل یونی



شکل ۱۱- ته‌نشینی شیمیایی

در روش ته‌نشینی شیمیایی با استفاده از مواد شیمیایی مختلف، مواد جامد محلول در آب به رسوب تبدیل می‌شوند (شکل ۱۱).

۱- Chemical Precipitation

۲- Ion Exchange

۳- Inhibitor

✓ پدیده رسوب‌گذاری علاوه بر کاهش بازده مبدل‌های حرارتی و افزایش هزینه تولید، سبب کاهش کیفیت و یا مقدار محصولات تولیدی می‌گردد.  
✓ بهترین روش برای جلوگیری از ایجاد رسوب، حذف عناصر تشکیل‌دهنده رسوب یا تبدیل آن عناصر به شکل بی‌ضررتر است.

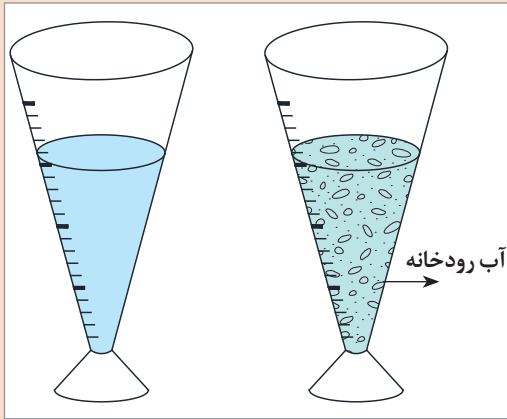


### مشاهده رسوب آب

**روش کار:** سه ظرف و سه گرم‌کن الکتریکی کاملاً یکسان انتخاب کنید. مراحل زیر را به ترتیب انجام دهید:  
الف) حدود دو لیتر آب مقطر، آب شهر و آب رودخانه (به‌طور جداگانه) درون هر کدام از ظرف‌ها بریزید.  
ب) ظروف حاوی آب‌های مختلف را به‌طور هم‌زمان، بر روی گرم‌کن‌ها با سرعت حرارتی یکسان قرار دهید.  
پ) گرم‌کن‌ها را روشن کرده، اجازه دهید که حدود دو ساعت آب درون آنها بجوشد.  
ت) پس از سرد شدن تجهیزات، مشاهدات خود را در مورد میزان رسوب تشکیل شده بر سطح داخلی ظروف یادداشت کنید.



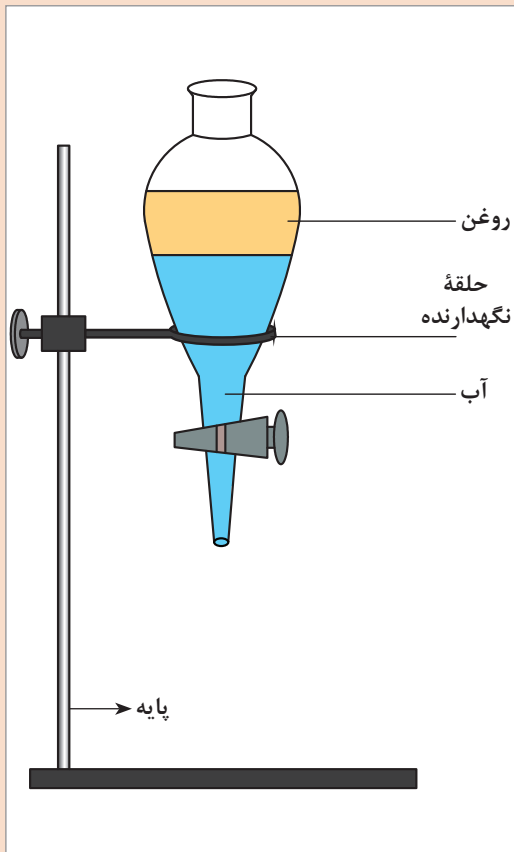
فعالیت  
کارگاهی ۳



### صاف کردن آب به روش ته‌نشینی

**روش کار:** مقداری آب رودخانه یا آب جوی محله خود را (با رعایت اصول بهداشتی) درون ظرف مخروطی<sup>۱</sup> مدرج آزمایشگاهی بریزید. به دقت به آب و ذرات جامد معلق در آن نگاه کنید. عمل رصد کردن آب را به مدت یک ساعت ادامه داده، مشاهدات خود را یادداشت کنید.

فعالیت  
کارگاهی ۴



### صاف کردن آب به روش روغن‌زدایی

**روش کار:** مقداری آب آلوده به مواد چرب و روغنی را به درون قیف جداکننده بریزید و با دقت به آن نگاه کنید. چه می‌بینید؟

بدون اینکه به قیف و محتویات آن دست بزنید، پس از یک ساعت، مشاهدات خود را با ذکر دلیل یادداشت کنید.

چگونه می‌توانید روغن و چربی را از آب جدا کنید؟



قیف جداکننده با دو فاز روغن و آب



شکل ۱۲- دستگاه گریز از مرکز جداکننده روغن

استفاده از دستگاه‌های گریز از مرکز (سانتریفیوژ) نیز، یکی از روش‌های معمول صاف کردن در صنعت می‌باشد (شکل ۱۲).

فعالیت  
کارگاهی ۵

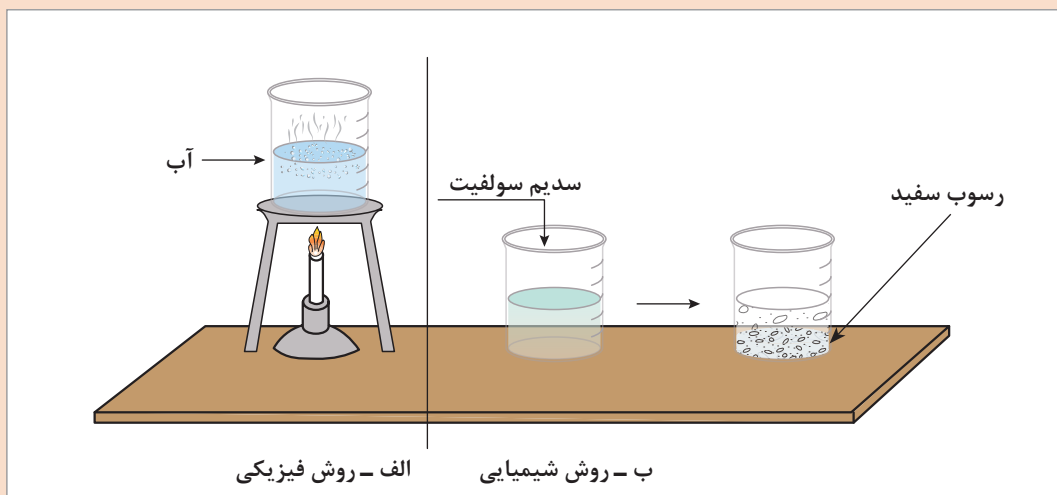


### روش هوازدایی آب

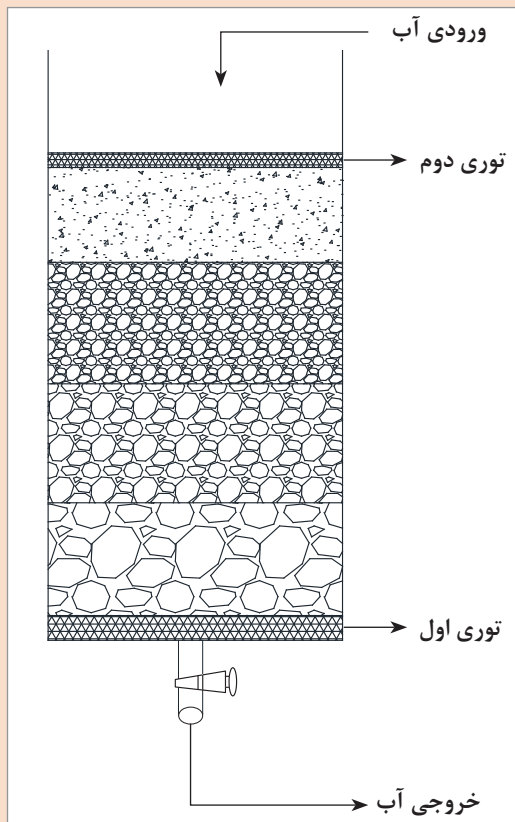
روش هوازدایی آب را با دو روش فیزیکی و شیمیایی مطابق مراحل زیر انجام دهید:  
**الف) روش فیزیکی:** مقداری آب معمولی را درون بشری بریزید. محتویات بشر را حرارت دهید. با جوشش آب، گازهای محلول در آن خارج می‌شوند. چگونه ثابت می‌کنید که آب درون بشر، گازهای خود را از دست داده است؟

### ب) روش شیمیایی

**روش کار:** مقداری آب معمولی (۵۰ mL) را درون بشری بریزید. حدود ۰/۱ گرم سدیم سولفیت به آب اضافه کرده و آن را به خوبی هم بزنید. اجازه دهید که واکنش شیمیایی ترکیب سدیم سولفیت با اکسیژن انجام شود. سپس ۰/۱ گرم کلسیم کلرید به محلول حاصله بیفزایید. تشکیل رسوب سفید رنگ کلسیم سولفات و تجمع آن در پایین بشر، نشان از هوازدایی آب است.



واکنش‌های شیمیایی انجام شده در این فعالیت را بنویسید.



### ساخت صافی شنی

مخزنی شفاف و شیردار (مشابه آکواریوم)، دو نمونه توری پلاستیکی، یا فلزی (هم‌اندازه با مساحت داخلی مخزن) و انواع سنگدانه (با دانه‌بندی‌های مختلف) تهیه کنید. به ترتیب مراحل زیر را انجام دهید:

(الف) یکی از توری‌های پلاستیکی یا فلزی را در انتهای مخزن قرار دهید.

(ب) سنگدانه‌های مختلف را به درون مخزن شفاف به طور منظم طوری بچینید که بزرگ‌ترین ذرات در انتها و کوچک‌ترین آنها در بالای بستر ایجاد شده، قرار بگیرند.

(پ) توری دوم را بر روی بالاترین ذرات قرار دهید. (ت) دستگاه صافی شنی خود را با گروه‌های دیگر مقایسه کرده، تفاوت‌ها و شباهت‌های آنها را یادداشت کنید.

(ث) در صورت وجود فرصت کافی، صافی با چیدمان برعکس نیز تهیه شده و نتایج، با یکدیگر مقایسه شوند.

شکل ساده‌ای از صافی شنی



### بررسی عملکرد صافی شنی (ساخته شده توسط هنرجو)

حدود ۵ لیتر آب گل آلود تهیه کنید. مراحل زیر را به دقت انجام دهید:

(الف) ۲۰۰ میلی‌لیتر از آب گل آلود را درون بشری بریزید و در کنار میز کار خود نگهداری کنید.

(ب) آب باقی‌مانده را به آرامی از بالای دستگاه صافی شنی ساخته شده خود، وارد کنید.

(پ) آب صاف شده را از انتهای دستگاه صافی جمع‌آوری کنید.

(ت) ۲۰۰ میلی‌لیتر از آب صاف شده را درون بشری مشابه بشر اول بریزید.

(ث) محتویات این دو بشر را با یکدیگر مقایسه کرده، و نتایج را در جدول زیر یادداشت کنید.

بشر	شفافیت	رنگ	بو	...
نمونه آب گل آلود				
نمونه آب صاف شده				

## رسوب زدایی

در صنایعی مانند نفت، گاز و پتروشیمی، همواره سعی بر پیشگیری از تشکیل رسوب با استفاده از روش‌های مختلف در تجهیزاتی مانند مبدل‌های حرارتی و دیگ‌های بخار می‌باشد. در این زمینه، هزینه‌های زیادی برای مواد و افزودنی‌های شیمیایی صرف می‌شود. اما بیشتر مبدل‌های حرارتی صنعتی به دلایل مختلف مانند کیفیت پایین آب‌ها در مناطق مختلف، در معرض رسوب‌گذاری قرار می‌گیرند. این رسوبات بیشتر در لوله‌های مبدل‌ها تشکیل می‌شوند. برای کاستن زیان‌های پدیده رسوب، مبدل باید پیوسته تحت نظارت عملکرد و تمیزکاری قرار گیرد.

انجمن تولیدکنندگان مبدل‌های پوسته لوله<sup>۱</sup> توصیه می‌کند، همواره مقداری مجاز برای رسوب‌گذاری در طراحی مبدل‌ها در نظر گرفته شود، تا این امر تأثیر زیادی در فرایند تولید نداشته باشد. اما در تمامی موارد باید تمیزکاری مبدل در فواصل زمانی مناسب صورت گیرد.

### در فرایندهای صنعتی، رسوب‌ها انواع مختلفی دارند که برخی از آنها عبارت‌اند از:

- ✓ رسوب ذرات ریز معلق؛
- ✓ رسوب ناشی از خوردگی؛
- ✓ رسوب بیولوژیکی؛
- ✓ رسوب به علت تشکیل بلورهای جامد؛
- ✓ رسوب در اثر یک واکنش شیمیایی؛
- ✓ رسوب در اثر تغییر دما مانند انجماد؛

### زمان‌های مناسب تمیزکاری مبدل‌های حرارتی

با توجه به اینکه مبدل‌های حرارتی بخش مهمی از فرایندهای مختلف هستند، در صورت تشکیل رسوب در آنها و برای حفظ مقدار انتقال حرارت، لازم است، دما یا جریان سیال گرم افزایش یابد. این افزایش دما یا جریان می‌تواند منجر به افزایش هزینه انرژی ورودی به فرایند یا کاهش میزان تولید گردد. در هر دو حالت هزینه‌هایی بر فرایند تحمیل می‌شود که آنها را هزینه رسوب‌گذاری می‌گویند. برای اتخاذ تصمیم‌های مناسب اقتصادی، این هزینه‌ها باید در زمان‌های مختلف و متناسب با مقدار انتقال حرارت ناشی از رسوب، محاسبه گردند.

به‌طور کلی زمان تمیزکاری را باید با توجه به میزان تأثیر رسوب بر فرایند محاسبه کرد، تا به یک مقدار بهینه برای زمان تمیزکاری دست یافت. تمیزکاری در فواصل زمانی کم، باعث افزایش زمان کلی صرف شده برای تعمیرات مبدل‌ها می‌شود. بنابراین، این موضوع علاوه بر افزایش هزینه‌های تمیزکاری، با کاهش محصولات تولیدی مجتمع، درآمد کلی را هم کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، تمیزکاری در فواصل زمانی طولانی به دلیل افزایش رسوبات، نیاز به انرژی را برای حفظ دمای سیالات افزایش می‌دهد. علاوه بر این، در مواردی هم گرفتگی بیش از حد مبدل‌ها می‌تواند تولید مجتمع صنعتی را مختل کند. پس، برای افزایش کارایی مبدل‌های حرارتی رسوب گرفته، باید تمیزکاری آنها در فواصل زمانی معین انجام شود. رسوب‌زدایی، سطح داخلی لوله‌ها را به حالت اولیه خود (که در واقع سطح فلز است) برمی‌گرداند و معمولاً باعث افزایش دوام آن می‌گردد. زیرا بعد از هر بار تمیزکاری، لایه نازکی از اکسید در سطح لوله تشکیل می‌شود که عامل جلوگیری از خوردگی است. تمیزکاری لوله‌های مبدل فقط در صورتی انجام می‌گیرد که مبدل در حال کار نباشد.

۱- TEMA: Tubular Exchanger Manufacturers Association



## روش‌های حذف رسوب

روش‌های مختلفی برای تمیزکاری مبدل‌های حرارتی، اعم از شست‌وشوی مکانیکی و شیمیایی استفاده می‌شوند. به‌طور کلی انواع روش‌های حذف رسوب عبارت‌اند از:

✓ تمیزکاری مکانیکی؛

✓ تمیزکاری شیمیایی؛

در ادامه، هر کدام از این روش‌ها به اختصار توضیح داده می‌شود.

## روش مکانیکی

انواع روش‌های شست‌وشوی مکانیکی رسوب عبارت‌اند از:

- ۱- ایجاد جریان معکوس
- ۲- جت آب<sup>۱</sup> (فشار آب)
- ۳- هیدروفرز مکانیکی<sup>۲</sup>
- ۴- فشنگی ساینده<sup>۳</sup>

### ایجاد جریان معکوس:

یک روش انجام رسوب‌زدایی، توقف و بستن واحد و تمیز کردن مبدل‌های آن می‌باشد. هر بار که واحد بسته و دوباره راه‌اندازی گردد، مقدار زیادی انرژی، مواد اولیه، وقت، تولید محصول و ... تلف می‌شود. به این دلیل راه ساده‌تری وجود دارد که تا چند بار قبل از توقف واحد برای تعمیرات، قابل استفاده و مؤثر است. به این ترتیب که موقتاً و تنها به مدت چند دقیقه، جهت ورود و خروج آب خنک‌کننده برعکس می‌شود. این کار از طریق باز و بسته کردن چند شیر صورت می‌گیرد. بخش عمده‌ای از رسوب‌ها با این روش کهنده می‌شوند و تا مدتی می‌توان از انتقال حرارت نزدیک به مقدار طراحی شده بهره برد. البته هر بار که این کار صورت گیرد، بازبایی انتقال حرارت از دفعه قبل کمتر خواهد بود. همین موضوع درباره بازبایی افت فشار مسیر آب نیز صادق است. بسته به طراحی خنک‌کننده، یکی از دو عامل کاهش انتقال حرارت یا افزایش افت فشار، می‌تواند تأثیر منفی بیشتری بر ادامه کار واحد شیمیایی مربوطه داشته باشد، اما معمولاً کاهش انتقال حرارت زودتر مشخص می‌گردد. برای سهولت ایجاد جریان معکوس (به‌ویژه در واحدهایی که تعداد خنک‌کننده‌های بیشتری دارند)، از یک شیر چهارراهه استفاده می‌شود (شکل ۱۳). در شکل ۱۴ چگونگی معکوس شدن جهت جریان آب در مبدل‌ها مشخص شده است.

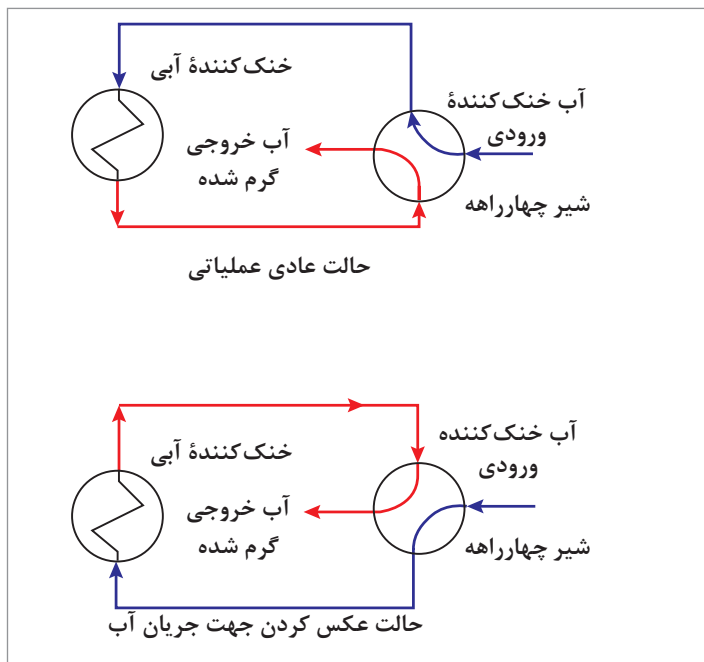


شکل ۱۳- دو نوع شیر چهارراهه

۱- Water Jet

۲- Mechanical Hydrofrez

۳- Sponge Ball



شکل ۱۴- روش معکوس کردن جهت جریان آب

### روش جت آب:

از میان روش‌های مختلف شست‌وشو، استفاده از آب فشار قوی بیشتر متداول است. شست‌وشوی با آب به دلیل اینکه فشار (جت) آب به آرامی لوله‌ها را تمیز می‌کند، وقت‌گیر می‌باشد. باید دقت کرد که در این روش تمیزکاری، عدم آرامش و دقت، باعث تخریب لوله‌ها و یا صفحه نگهدارنده آنها می‌گردد. البته بیشتر این تخریب‌ها بعد از راه‌اندازی دوباره مبدل آشکار می‌گردد.



شکل ۱۵- روش فشار آب (جت آب)



## استفاده از فشار آب برای رسوب‌زدایی (جت آب)

روش جت آب فراتر از فشار قوی می‌تواند لوله‌هایی را که با هیچ روش دیگری قابل تمیز شدن نیستند، رسوب‌زدایی کند. در این روش علاوه بر جریان آب، از انواع تمیزکننده‌های پلاستیکی و فلزی با اسم پیگ<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. تمیزکننده‌های پلاستیکی تنها در لوله‌هایی که دارای رسوبات نرم باشند، کارایی دارند. از دیگر ابزارهای مورد استفاده، انواع برس و تمیزکننده‌های فلزی هستند که برای رسوبات سخت‌تر استفاده می‌شوند. دستگاه‌های فشار آب صنعتی مؤثرترین و کارآمدترین روش برای شست‌وشوی لوله‌ها و مبدل‌های حرارتی می‌باشند. اگر رسوبات مجرا، نرم و سطحی باشند، دستگاه‌های فشار آب با فشار ۲۵۰ بار مؤثر خواهند بود. هرچه سختی رسوب و آلودگی بیشتر باشد از دستگاه‌ها با فشار بیشتر استفاده می‌شود. آگاهی از فناوری پیشرفته این تجهیزات، موجب می‌شود که استفاده از دستگاه‌های آب صنعتی با کارایی بیشتری همراه باشد. به همین دلیل در ادامه، متغیرهای اصلی مؤثر در شست‌وشو توسط دستگاه‌های آب مورد بررسی قرار می‌گیرند که عبارت‌اند از:



**۱ فشار مؤثر جت آب:** نیروی مورد نیاز برای جدا کردن آلودگی‌ها از سطوح، از فشار آب تأمین می‌شود (شکل ۱۶). بنابراین، آلودگی‌های جزئی با فشار کم آب از بین می‌روند. ولی برای جدا کردن رسوبات سخت، پلیمری، روغنی و آلودگی‌هایی که در اثر مرور زمان پیوندهای محکمی با سطوح ایجاد کرده‌اند، نیاز به نیروی بسیار بیشتری می‌باشد.

شکل ۱۶- نازل فشار قوی جت آب صنعتی با قدرت تخریب زیاد

**۲ فاصله نازل از سطح رسوب:** وقتی که نازل در فاصله نزدیک‌تری از سطح آلودگی قرار داشته باشد، ضربه فشار آب، اثر تخریبی بیشتری بر آلودگی خواهد داشت. به عبارتی، رابطه بین فاصله نازل از سطح رسوب با میزان رسوب‌زدایی روش جت آب، به‌طور معکوس است.

**۳ شدت جریان سیال:** افزایش دبی سیال می‌تواند سرعت تمیز کردن و نیز تأثیر فشار را زیاد کند. اما با افزایش دبی، علاوه بر مصرف بیشتر آب، نیروی عکس‌العمل وارد شده به متصدی دستگاه بیشتر و کار با نازل سخت‌تر می‌شود. استفاده از انواع ربات‌ها این مشکل را مرتفع می‌کند. همچنین با استفاده از نازل‌های مختلف می‌توان نیاز دبی آب مصرفی را کمتر کرده، با هزینه کمتری به نتیجه مطلوب رسید.

**۴ زاویه پاشش آب:** بیشترین فشار آب زمانی است که مسیر آن به‌صورت عمود بر سطح باشد. در این حالت بیشترین نیرو به آلودگی وارد شده، آن را بهتر جدا می‌کند؛ ولی پاشش آب با زاویه ۴۵ درجه به دلیل عقب راندن بهتر رسوبات جدا شده و در نتیجه خروج آنها از لوله، به تمیز کردن کمک می‌کند. بنابراین لازم است پاشش آب با زاویه‌های مختلف صورت گیرد تا بهترین نتیجه برای رسوب‌زدایی حاصل شود.



۵ تعداد نازل‌ها: استفاده از چند خروجی در نازل موجب افزایش سرعت رسوب‌زدایی در سطح لوله‌ها می‌شود (شکل ۱۷). البته درمورد رسوبات سخت‌تر، به فشار آب و در نتیجه نیروی بیشتری برای جدا کردن آلودگی از سطح نیاز است.

شکل ۱۷- نازل فوران آب با چند خروجی و با زاویه‌های مختلف

۶ دمای آب: برای زدودن آلودگی‌هایی که از روغن، گریس و... تشکیل شده باشند، فوران آب گرم به مراتب بهتر از فوران آب سرد عمل می‌کند. همچنین جدا شدن رسوبات و آلودگی‌هایی که به سختی به سطح چسبیده باشند، با آب گرم بهتر از آب سرد انجام می‌شود.

استفاده از روش پیگ برای رسوب‌زدایی

فیلم



شکل ۱۸- چند نمونه تمیزکننده پلاستیکی

تمیزکننده‌های پلاستیکی، رسوبات ریززیستی را بهتر تمیز می‌کنند. همچنین در صورتی که لوله‌ها اندازه کوچک‌تری داشته باشند یا دارای پوشش‌هایی از نوع اپوکسی باشند، می‌توان از این نوع تجهیزات استفاده کرد. شکل ۱۸ نمونه‌هایی از این تمیزکننده‌ها را نشان می‌دهد.

### معایب روش رسوب‌زدایی با فشار آب (جت آب)

رسوب‌زدایی با استفاده از فشار آب، گرچه در بسیاری از مواقع یک روش مناسب است، ولی معایب و محدودیت‌هایی دارد که عبارت‌اند از:

- ✓ مصرف زیاد آب
- ✓ مصرف زیاد انرژی
- ✓ عدم رسوب‌زدایی از لوله‌های نیمه‌گرفته و یا کاملاً مسدود
- ✓ عدم رسوب‌زدایی از لوله‌های U شکل

خطر قطع دست و پا برای افراد غیرمتخصص و ناشی در کار با جت آب وجود دارد. لذا کار با این دستگاه در صنعت مجوز ویژه می‌خواهد.

نکته ایمنی





روش فشار آب (جت آب) معمولاً برای شست‌وشوی نهایی<sup>۱</sup> استفاده می‌شود.



شکل ۱۹- چند نمونه تمیزکننده فلزی

برای کندن و حذف رسوبات سخت‌تر، از تمیزکننده‌های فلزی استفاده می‌شود. شکل ۱۹ نمونه‌هایی از تمیزکننده‌های فلزی را نشان می‌دهد. این تمیزکننده‌ها شامل قطعات فلزی U شکلی هستند که بر روی هم سوار می‌شوند. طرز قرار گرفتن این قطعات بر روی هم به صورتی است که در مجموع، تمامی سطح داخلی لوله را به یک‌باره تمیز می‌کند. این قطعات از انتها به یک قطعه پلاستیکی و یا لاستیکی متصل می‌شوند و این امکان را به وجود می‌آورند که از فوران آب نیز به‌طور هم‌زمان برای تمیزکاری بهتر استفاده گردد.

آب مورد استفاده برای تمیزکاری توسط یک دستگاه فوران آب، به همراه یک پمپ قابل حمل با فشارهای مختلف، به درون لوله‌های مبدل حرارتی تزریق می‌شود. قابل حمل بودن این تجهیزات امکان می‌دهد که از آنها در قسمت‌های مختلف یک واحد تولیدی استفاده شود. در بیشتر موارد، فشار آب مورد استفاده در حدود ۲۰ بار می‌باشد. فشارهای بیشتر، امکان تخریب مبدل را به وجود می‌آورد. نمونه‌هایی از دستگاه‌های تزریق‌کننده آب پر فشار در شکل ۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۲۰- نمونه‌هایی از دستگاه‌های تزریق‌کننده آب پر فشار

### روش هیدروفورز مکانیکی:

روش هیدروفورز مکانیکی برای رسوبات بسیار سخت استفاده می‌شود. در شرایط معمولی جداسازی این رسوبات بسیار مشکل است. به این خاطر، در این روش ابتدا رسوبات داخل لوله‌ها توسط مته‌های مناسب و برس‌های ویژه جداسازی می‌گردند و سپس برای خارج ساختن آنها از یک کمپرسور هوا با فشار زیاد استفاده می‌شود. شکل ۲۱ یک نمونه از این تجهیزات را نشان می‌دهد.



در رابطه با نقش کمپرسور هوا در روش هیدروفورز مکانیکی، تحقیق کرده و در کلاس ارائه نمایید.



شکل ۲۱- دستگاه تزریق هیدروفورز مکانیکی

از مزایای این روش، می‌توان به ایمنی زیاد ابزار آن برای کار در داخل محوطهٔ مجتمع، سرعت، قدرت و کارایی زیاد، قابلیت تغییر دور، هزینه‌های کم، امکان ساخت و تهیهٔ کلیه لوازم آن در داخل کشور، امکان به‌کارگیری دو نازل به‌طور هم‌زمان، امکان کار متصدی با دستگاه از راه دور، تعمیر و نگهداری آسان و سریع، کیفیت و استحکام زیاد آن اشاره کرد.

### معایب روش هیدروفورز مکانیکی:

- ✓ ابزار به‌کار رفته در این روش به علت داشتن لوله‌های محکم انتقال نیرو، قابل انعطاف نبوده، در برخورد با رسوبات سخت، دچار شکستگی مته و آسیب به جدارهٔ داخلی لوله می‌شود.
- ✓ به دلیل کوچک بودن منافذ خروج آب از نوک ابزار، با افزایش تعداد منافذ گرفته شده، اصطکاک و تنش حرارتی افزایش می‌یابد، لذا موجب شکسته شدن مته و آسیب رساندن به لوله می‌شود.



روش هیدروفورز مکانیکی

### روش فشنگی ساینده:

در این روش توسط یک تفنگ هوای فشرده، فشنگی‌هایی به‌داخل لوله شلیک می‌شوند. جنس فشنگی‌های ساینده، پلاستیکی بوده، با سرعت جدارهٔ داخلی لوله را جاروب می‌کنند. استفاده از گلوله‌های اسفنجی با یک سطح صاف در لوله‌های مبدل حرارتی، نتایج بهتری در کاهش رسوب دارد. قطر گلوله‌های اسفنجی کمی بزرگ‌تر از قطر داخلی لوله بوده، به گونه‌ای است که هر ۵ تا ۱۰ دقیقه یک گلوله شلیک می‌شود.

### معایب روش فشنگی ساینده:

- ✓ این روش برای لوله‌های نیمه‌گرفته و یا کاملاً گرفته و نیز برای رسوبات سخت کاربرد ندارد.



روش فشنگی ساینده



برای شست‌وشوی شیمیایی تجهیزات، ابتدا باید نوع رسوبات (اعم از رسوبات ناشی از سیالات فرایندی و یا رسوبات ناشی از خوردگی) مشخص شود. در این روش بسته به نوع رسوب، از انواع مواد شیمیایی استفاده می‌گردد. بر این اساس، حذف شیمیایی رسوب، به سه دسته اسیدشویی، شست‌وشوی قلیایی و استفاده از مواد کمپلکس‌دهنده تقسیم‌بندی می‌شود. در روش شست‌وشوی شیمیایی با اسیدها، برای جلوگیری از اثرات نامطلوب اسید بر سطح فلز از مواد بازدارنده خوردگی استفاده می‌شود. اسید به کار رفته در این مواد، بسته به جنس رسوبات و متالورژی سامانه ممکن است معدنی، آلی و یا مخلوطی از هر دو باشد. در جدول ۱ اسیدهایی که بیشترین نقش را در شست‌وشوی شیمیایی دارند، ذکر شده است. هر رسوبی باید با توجه به طبیعت شیمیایی و خواص فیزیکی مربوطه از روی سطوح برداشته شود. اغلب محلول‌های رسوب‌زدا بر پایه اسیدهای آلی و معدنی می‌باشند. در میان اسیدهای معدنی، اسیدهای HCl و H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> بیشترین کاربرد را دارند. از اسیدهای آلی نیز غالباً سیتریک اسید، استیک اسید و اتیلن دی‌آمین تتراستیک اسید (EDTA) به کار گرفته می‌شوند.

جدول ۱- برخی از اسیدهای مورد استفاده در شست‌وشوی شیمیایی رسوبات

اسید معدنی		اسید آلی	
فرمول شیمیایی	نام شیمیایی	فرمول شیمیایی	نام شیمیایی
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	فسفریک اسید	HCOOH	فرمیک اسید
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	سولفوریک اسید	HOC(CH <sub>2</sub> COOH) <sub>2</sub> (COOH)	سیتریک اسید
HF	هیدروفلوئوریک اسید	HOCCOOH	اگزالیک اسید
NH <sub>4</sub> SO <sub>4</sub> H	سولفامیک اسید	(HOCCH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> N(CH <sub>2</sub> COOH) <sub>2</sub>	اتیلن دی‌آمین تترا استیک اسید
HNO <sub>3</sub>	نیتریک اسید		
HCl	هیدروکلریک اسید		



شکل ۲۲ برخی از تجهیزات را قبل و بعد از شست‌وشوی شیمیایی نشان می‌دهد.



شکل ۲۲- برخی از تجهیزات قبل و بعد از شست‌وشوی شیمیایی

هیدروکلریک اسید یکی از مهم‌ترین اسیدهایی است که در شست‌وشوی شیمیایی استفاده می‌شود. انتخاب مواد بازدارنده خوردگی، بستگی به غلظت، دما، زمان اسیدشویی، متالورژی سامانه و نوع اسیدکاری دارد. جدول ۲ متغیرها و موادی را که در یک نوع اسیدشویی با هیدروکلریک اسید به کار می‌روند، نشان می‌دهد.

جدول ۲- متغیرهای تنظیم مرحله اسیدشویی با هیدروکلریک اسید

غلظت	مواد شیمیایی
۳/۵ تا ۷/۵ درصد وزنی	هیدروکلریک اسید
حدود ۰/۲ تا ۰/۳ درصد حجمی	بازدارنده خوردگی
۰ تا ۰/۲ درصد حجمی	مواد فعال سطحی (سورفکتانت)
۰ تا ۰/۱ درصد وزنی	آمونیم‌بی‌فلوراید ( $\text{NH}_4\text{HF}_2$ )
۰ تا ۱/۵ درصد وزنی	تیواوره
۰/۱ درصد وزنی	اگزالیک اسید
$70 - 82^\circ \text{C}$	دما
۸ تا ۱۸ ساعت	مدت زمان اسیدشویی

چرا در رسوب‌زدایی کاشی‌های داخل حمام و دست‌شویی، نباید از محلول‌های اسیدی استفاده شود؟

تحقیق کنید





مبدل‌های پوسته - لوله از جمله بخش‌های اساسی یک فرایند و از تجهیزات مهم در صنایع شیمیایی محسوب می‌شوند که دارای تنوع در ابعاد و اندازه هستند. مبدل‌های پوسته و لوله و شرایط عملکرد آنها تأثیر قابل توجهی در وضعیت اقتصادی یک مجتمع دارد. برای انتخاب یک روش مناسب تمیزکاری و در نتیجه افزایش کارایی مبدل‌ها باید تمهیدات ویژه‌ای در نظر گرفت. روش انتخاب شده از بین روش‌های مکانیکی و شیمیایی، علاوه بر کارایی مناسب، باید کمترین صدمه را به مبدل وارد آورد تا هزینه‌های تعمیر و نگهداری نیز کاهش یابد. اگر چه با شست‌وشوی شیمیایی، می‌توان برای رسوب‌زدایی مبدل‌ها اقدام کرد، ولی همواره سعی بر این است که از کمترین مواد شیمیایی که برای محیط زیست خطرناک هستند، استفاده شود. در واقع مشکل اصلی در روش شست‌وشوی شیمیایی هزینه زیاد و اثرات زیست محیطی مواد دور ریز می‌باشد. همچنین در این روش، جداسازی رسوب‌ها به‌طور کامل صورت نمی‌گیرد و برای تکمیل تمیزکاری به روش‌های مکمل مکانیکی نیاز است. علاوه بر این، برای افزایش کارایی مبدل‌ها در مواجهه با مشکل تشکیل رسوب، باید داده‌های تجربی در یک دوره از عملکرد مبدل جمع‌آوری گردد.

### معایب روش شست‌وشوی شیمیایی:

- این روش معایبی دارد که عبارت‌اند از:
  - ✓ آسیب دیدن بدنه تجهیزات؛
  - ✓ مصرف زیاد آب؛
  - ✓ مصرف زیاد انرژی؛
  - ✓ خطرهای ناشی از کار با مواد شیمیایی؛
- ✓ ایجاد آلودگی آب‌های سطحی و زیرسطحی توسط مواد نفتی و یا شیمیایی؛
- ✓ عدم رعایت مسائل زیست‌محیطی؛
- ✓ عدم رسوب‌زدایی از لوله‌های نیمه‌گرفته یا کاملاً مسدود؛

در جدول ۳، مقایسه روش‌های مختلف رسوب‌زدایی به‌طور خلاصه آورده شده است.

جدول ۳ - مقایسه روش‌های مختلف رسوب‌زدایی

شیمیایی	مکانیکی			نوع روش
	فشنگی ساینده	هیدروفورز مکانیکی	جت آب	نام دستگاه
مواد شیمیایی	زیاد	عالی	متوسط	کیفیت رسوب‌زدایی
عالی	زیاد	زیاد	متوسط	سرعت تمیزکاری
زیاد	متوسط	عالی	متوسط	ایمنی تجهیزات
عالی	دارد	ندارد	دارد	ایجاد خسارت (خوردگی، سائیدگی) به مجموعه تمیزشونده
ندارد	زیاد	پائین	زیاد	مصرف انرژی
متوسط	ندارد	متوسط	زیاد	مصرف آب
زیاد	ندارد	متوسط	ندارد	قابلیت تمیزکاری لوله‌های U شکل
دارد	ندارد	عالی	ندارد	امکان رسوب‌زدایی لوله‌های کاملاً گرفته شده



### تهیه ماده رسوب زدای شیمیایی

در وسایلی مانند سماور و کتری، که در آنها آب جوش تهیه می شود، کلسیم بی کربنات و منیزیم بی کربنات محلول در آب در اثر حرارت، به کربنات ها تبدیل می شوند و در داخل ظرف رسوب می کنند. به تدریج مقدار این رسوب، که جرم سماور نامیده می شود، افزایش می یابد. برای از بین بردن این جرم رسوبی، از روش های مختلفی استفاده می شود. یکی از این راه ها، تهیه محلول قلیایی است.

#### وسایل و مواد لازم:

بشر؛

همزن؛

ترازو؛

سدیم کلرید؛

سدیم هیدروکسید؛

پتاسیم کربنات؛

پوست بلوط؛

**روش کار:** ۱۰ گرم سدیم کلرید، ۲ گرم سدیم هیدروکسید، ۵/۵ گرم پتاسیم کربنات و ۲/۰ گرم پوست بلوط را وزن کرده، با هم مخلوط کنید. سپس آن را به وسیله آسیاب، به خوبی نرم کنید. و داخل بشر بریزید و هم بزنید. پودر به دست آمده را برای از بین بردن جرم رسوب کرده سماور یا کتری به کار ببرید و نتیجه را مشاهده کنید.



### رسوب زدایی شیمیایی

**روش کار:** سه ظرف کاملاً یکسان که دارای مقداری رسوب باشند، انتخاب کنید.

- ۱ در هر کدام از آنها حدود ۲ لیتر آب معمولی بریزید.
- ۲ حدود ۵ گرم از سه نوع ماده شیمیایی مختلف (مانند سرکه، جرم گیر تجاری و یک نمونه جرم گیر آزمایشگاهی)، به هر کدام از ظروف اضافه کنید.
- ۳ بر روی هر ظرف نام ماده استفاده شده را بنویسید.
- ۴ به مدت ۲-۴ ساعت، ظروف را به همراه محتویات آنها حرارت دهید.
- ۵ بگذارید تا تمام مواد و وسایل به دمای محیط برسند.
- ۶ محتویات هر کدام از ظروف را صاف کنید.
- ۷ با استفاده از ترازو، جرم رسوبات جمع آوری شده را اندازه گیری کنید. کدام ماده برای حذف رسوب مناسب تر بوده است؟

دیگ بخار عبارت است از یک مخزن بسته که در آن، آب توسط اعمال مستقیم گرمای ناشی از سوختن سوخت (جامد، مایع یا گاز) و یا به کمک انرژی برق یا هسته‌ای تبدیل به بخار می‌گردد. داخل دیگ بخار شامل دو بخش است، طرف آتش و طرف آب. سطح گرمایی دیگ بخار، به کلیه سطوح در طرف آتش دیگ بخار اطلاق می‌شود. تمام بخش‌های داخلی و تحت فشار یک دیگ بخار از آلیاژهای آهنی ساخته می‌شوند. دیگ‌های بخار از نظر نوع جنس به دو دسته چدنی و فولادی تقسیم‌بندی می‌شوند. از دیگ چدنی فقط در سامانه‌های حرارت مرکزی با سیال آب گرم استفاده می‌شود زیرا جنس چدنی، در مقابل فشار بالا مقاومت زیادی نداشته، و قابلیت تنظیم فشار در آنها بسیار کم می‌باشد. بیشتر دیگ‌های بخار از نوع فولادی هستند. دیگ بخار بر دو نوع است:

دیگ‌های لوله آبی؛  
دیگ‌های لوله آتشی؛

### دیگ لوله آبی:

همگام با توسعه صنعت در قرن گذشته، استفاده از دیگ‌های بخار با فشار زیاد ضرورت پیدا کرد و بنا به دلایلی، گاهی انفجارهای مصیبت‌باری به همراه داشته است. آن روزها، دیگ‌های بخار مانند ظروفی با قطرهای زیاد بودند که فشار داخلی، سبب تنش‌های انبساطی در دیواره‌های آن می‌شد. بهترین راه برای جلوگیری از بروز این مشکل، کاهش قطر ظرف تحت فشار است که این امر اساس کار دیگ‌های لوله آبی است. در این دیگ‌ها، آب درون لوله‌ها جاری است و گازهای داغ سطح خارجی لوله‌ها را گرم می‌کنند. دیگ‌های لوله آبی متشکل از لوله‌هایی است که توسط مخزن به یکدیگر متصل شده‌اند. آب در درون لوله‌ها گردش کرده، گازهای داغ از اطراف لوله‌ها عبور می‌کنند. مهم‌ترین مزیت دیگ‌های لوله آبی، آزادی در افزایش ظرفیت ساخت آنهاست. دیگ‌های لوله آبی می‌توانند بخاری تا ظرفیت نیم تن در ثانیه با فشار ۱۶۰ اتمسفر و دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس تولید کنند. البته دیگ‌های لوله آبی در اندازه‌های کوچک‌تر نیز ساخته می‌شوند که در صنایع نفت و پتروشیمی کاربرد فراوان دارند. یک نمونه دیگ بخار لوله آبی و نمایش ساده اجزای آن در شکل ۲۳ آورده شده است.



شکل ۲۳- دیگ بخار لوله آبی و نمایش ساده اجزای آن





شکل ۲۴- نمای برش خورده از یک دیگ بخار لوله آتشی

### دیگ لوله آتشی:

این نوع دیگ‌های بخار معمولاً، شامل بدنه اصلی، صفحه، لوله‌های جلو و عقب، کوره و اتاقک برگشت می‌باشند. در شکل ۲۴ نمای برش خورده از یک نمونه دیگ بخار لوله آتشی نشان داده شده است. این دستگاه برای گرم کردن روغن به کار می‌رود، روغن در پوسته و آتش در لوله می‌باشد.

انواع دیگ‌های بخار بر حسب تعداد مسیری که گازهای ناشی از احتراق طی می‌کنند تا وارد دودکش شوند، به چند دسته به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

### ■ تک گذره:

نسل اول دیگ‌های بخار زغال سنگ سوز لوکوموتیوهای بخار، از این نوع بوده‌اند که در آنها گازهای ناشی از احتراق، مسیر دیگ را یک بار طی کرده و بعد وارد دودکش می‌شوند. این نوع از دیگ‌های بخار دیگر ساخته نمی‌شوند.

### ■ دو گذره:

گازهای ناشی از احتراق، مسیر دیگ را دو بار طی می‌کنند و بعد وارد دودکش می‌شوند. این نوع دیگ‌های بخار برای تولید آب گرم استفاده می‌گردند.

### ■ کوره برگشتی:

گازهای ناشی از احتراق، مسیر کوره را دوبار طی می‌کنند. سپس به مسیر لوله‌ها منتقل شده، به سمت دودکش حرکت می‌کنند. بازده دیگ‌های بخار کوره برگشتی از دیگ‌های بخار دو گذره بیشتر است.

### ■ سه گذره:

گازهای ناشی از احتراق، مسیر دیگ را سه بار طی می‌کنند و بعد وارد دودکش می‌شوند. این نوع دیگ‌های بخار برای تولید آب گرم و بخار استفاده می‌شود.

### ■ چهار گذره:

دیگ‌های چهار گذره صرفاً برای تولید بخار به میزان زیاد تولید می‌شوند. گازهای ناشی از احتراق، مسیر دیگ را چهار بار طی می‌کنند و بعد وارد دودکش می‌شوند. آب پس از خالص‌سازی و اکسیژن‌زدایی، توسط پمپ به داخل دیگ بخار هدایت می‌شود و با حرارتی که توسط مشعل به آب داده می‌شود، به بخار تبدیل می‌گردد.

فیلم آموزشی شست‌وشوی دیگ بخار نشان داده شود.

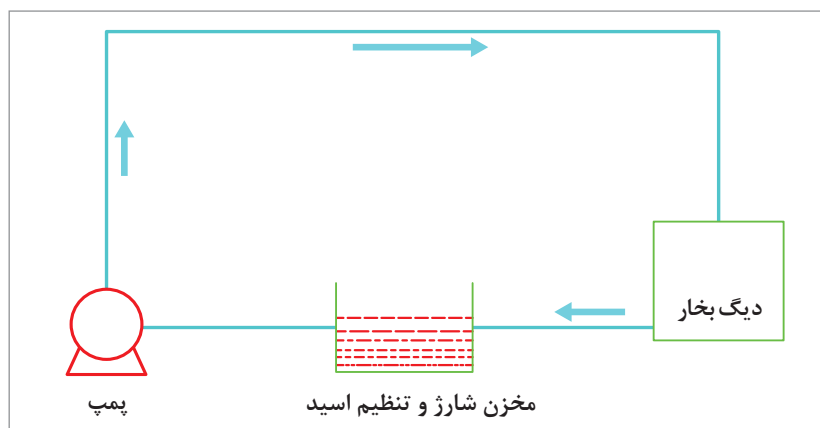
فیلم



### شست‌وشوی اسیدی دیگ‌های بخار پوسته‌ای!

متداول‌ترین روش رسوب‌زدایی از دیگ‌های بخار، شست‌وشوی اسیدی و معمولی‌ترین اسید مورد استفاده، هیدروکلریک اسید (HCl) است. این اسید به خوبی روی رسوبات اثر کرده، آنها را از بین می‌برد. البته ضمن پاک کردن رسوبات، به فلز بدنه دیگ نیز آسیب می‌رساند. بنابراین مصرف هیدروکلریک اسید حفاظت نشده، خطر خوردگی و از بین رفتن خود دیگ بخار را به همراه دارد. لذا برای جلوگیری از این پدیده، به هیدروکلریک اسید، ماده بازدارنده از خوردگی اضافه می‌کنند. این مواد، ترکیبات پیچیده‌ای هستند که با افزایش میزان کمی از آنها به اسید، از حمله آن به فلز بدنه دیگ<sup>۲</sup> و سایر تجهیزات جلوگیری می‌کنند.

برای شست‌وشوی اسیدی دیگ‌های بخار معمولاً از روش «واچرخان» استفاده می‌گردد. بدین ترتیب که دیگ را تا حد عادی از اسید حفاظت شده ۵-۱۲ درصد پر کرده، تا ۴۰-۵۰ درجه سلسیوس گرم می‌کنند. سپس با استفاده از پمپ و مدار چرخشی، اسید را در مدار، به گردش درمی‌آورند (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- نمای مدار چرخشی اسید

با توجه به تجزیه و تحلیل رسوب و برای افزایش تأثیر اسید روی آن، گاهی مواقع از مواد و ترکیبات کمکی هم استفاده می‌کنند. یکی از معمولی‌ترین و مؤثرترین آنها، نمک‌های حاوی فلوئور است که به میزان کم به اسید مدار چرخشی اضافه می‌شود.

پس از اطمینان از تمیز شدن دیگ و پایان عملیات شست‌وشوی اسیدی، اسید را با رعایت اصول ایمنی و زیست محیطی تخلیه می‌کنند. سپس دیگ را با آب شست‌وشو داده، توسط مواد قلیایی مناسب (هیدروکسیدها یا فسفات‌ها) خنثی و محیط دیگ را بازرسی فنی می‌کنند.

۱- Shell Boilers

۲- Base Metal



نکته

معمولاً پس از هر بار شست و شوی دیگ بخار، بازدید داخلی آن انجام می‌شود و در صورت رسوب زدایی کامل، دوباره وارد فرایند تولید خواهد شد.



فعالیت  
کارگاهی ۱۰



### رسوب زدایی دیگ بخار به روش اسیدشویی

- ۱ این فعالیت باید با هماهنگی قبلی و در زمان تعمیرات سالانه تأسیسات حرارتی (موتورخانه) هنرستان صورت پذیرد.
- ۲ هنگام اسیدشویی دیگ بخار، توسط کارگر و یا مهندس مربوطه و به همراه هنرآموز درس، توضیحات لازم داده شود.
- ۳ به دلیل حساسیت کار، این فعالیت نباید توسط هنرجو انجام گیرد، چرا که نیاز به آموزش‌های عملی بیشتری وجود دارد.

پرسش



- ۱- منظور از رسوب چیست؟
- ۲- چگونگی تشکیل رسوب را شرح دهید.
- ۳- تشکیل رسوب در تجهیزات، چه پیامدهایی دارد؟
- ۴- انواع روش‌های پیشگیری از تشکیل رسوب را نام ببرید.
- ۵- منظور از عملیات زیرآبکشی چیست؟
- ۶- رزین‌های تبادل یون، چگونه آب را نرم می‌کنند؟
- ۷- در چه زمانی رسوب زدایی تجهیزات، الزامی است؟
- ۸- متغیرهای اصلی مؤثر در شست و شوی رسوب باجت آب کدام‌اند؟
- ۹- تفاوت روش رسوب زدایی هیدروفورز مکانیکی با فشنگی ساینده چیست؟
- ۱۰- در دیگ بخار، چگونه آب به بخار تبدیل می‌شود؟

## ارزشیابی شایستگی رسوب‌زدایی تجهیزات

### شرح کار:

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 کار وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.

**استاندارد عملکرد:** انجام عملیات رسوب‌زدایی از دستگاه، مطابق دستور کار تعمیراتی، در شرایط ایمن کاری و بدون صدمه دیدن بدنه دستگاه و ابزار آلات کار

### شاخص‌ها:

۱ رعایت مسائل ایمنی در هنگام کار  
 ۲ انجام کار طبق دستور کار

### شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط مکان: کارگاه ایمن و مجهز  
 شرایط دستگاه: آماده به کار  
 زمان: یک جلسه آموزشی  
 ابزار و تجهیزات: وسایل ایمنی شخصی و تجهیزات لازم کارگاهی

### معیار شایستگی:

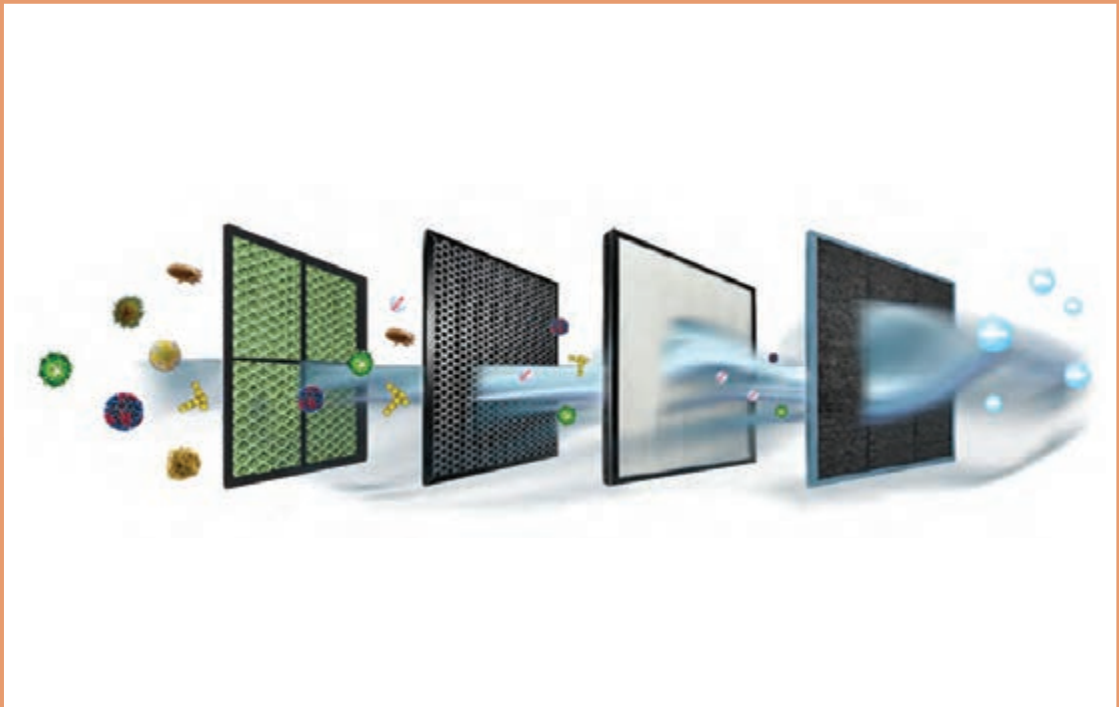
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	پیشگیری از تشکیل رسوب	۲	
۲	رسوب‌زدایی فیزیکی و مکانیکی	۱	
۳	رسوب‌زدایی شیمیایی	۱	
	<b>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</b> ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲- نگرش: صرفه جویی در مواد مصرفی ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی‌های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۵- مستندسازی: تهیه گزارش دقیق و کامل	۲	
	میانگین نمرات		*

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



## پودمان ۳

# پایش عملکرد صافی‌ها



فیلترها در زندگی روزمره و صنایع مختلف کاربردهای فراوانی دارند، به طوری که صنعت بدون صافی، صنعتی ناقص تلقی می‌شود.

## واحد یادگیری ۳

### پایش عملکرد صافی‌ها

#### مقدمه

صافی‌ها (فیلترها)، بنا به وظیفه‌ای که به عهده دارند، عاملی برای افزایش عملکرد مناسب تجهیزات در صنایع مختلف می‌باشند. این وظیفه یا از طریق جلوگیری از ورود عوامل ناخواسته به سامانه و یا از طریق جداسازی یک عامل ناخواسته از یک سیال در جریان فرایند صورت می‌گیرد. در هر حالت فیلتر نیاز به نظارت مستمر دارد تا هر عاملی را که باعث کاهش عملکرد آن می‌شود، بتوان در زمان مناسب برطرف نمود و یا به روش‌های مناسب فیلتر را تعویض نمود. در این پودمان با چگونگی عملکرد صافی‌ها و انواع آن در صنایع شیمیایی و همچنین چگونگی بهبود عملکرد آنها آشنا خواهید شد.

#### استاندارد عملکرد

شناسایی فیلتر و اجزای آن، خارج کردن آن از سرویس و باز کردن و پاک کردن و جاگذاری دوباره آن طبق دستور کار

#### شایستگی‌های غیر فنی

- ۱ اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت‌شناسی، انجام 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: حضوری فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام کارها و وظایف محوله
- ۴ مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت‌های کارگاهی

#### پس از اتمام این واحد یادگیری هنر جوان قادر خواهند بود

- ۱ فیلتر و اجزای آن را شناسایی کنند.
- ۲ اختلاف فشار دو سر فیلتر را بخوانند.
- ۳ با اتاق فرمان به منظور راه‌اندازی صافی هماهنگی کنند.
- ۴ باز کردن، پاک کردن و جاگذاری فیلتر را انجام دهند.



به تصویرهای زیر نگاه کنید، آیا این وسایل را می‌شناسید؟ می‌دانید چه کاربردی دارند؟



در بدن انسان فیلتر<sup>۱</sup> یا صافی‌های مختلفی وجود دارد، که هر کدام فعالیت‌های خاصی از جمله سم‌زدایی بدن را انجام می‌دهند. به عنوان مثال، پاک‌سازی خون به قدری اهمیت دارد که اگر صافی‌های خون به خوبی عمل نکنند، بدن به سرعت از سموم پر، و منجر به مرگ می‌شود. این وظیفه در بدن به عهده کلیه‌ها می‌باشد. در هر دقیقه حدود یک لیتر خون (یک پنجم خونی که توسط قلب پمپ می‌شود)، از طریق سرخرگ‌ها وارد کلیه‌ها گشته، سپس خون تصفیه شده از طریق سیاهرگ‌ها به بدن باز می‌گردد. داخل هر کلیه، متجاوز از یک میلیون واحد بسیار کوچک وجود دارد، که هر یک نقش صافی را داشته، آب و مواد زائد را از خون جدا می‌کنند.

فیلترها در زندگی روزمره و صنایع مختلف کاربردهای فراوانی دارند، به طوری که صنعت بدون صافی، صنعتی ناقص تلقی می‌گردد. در شکل ۱، نمونه‌هایی از فیلترها و اجزایی از بدن که نقش صافی را دارند و نیز تصویر برش خورده یک کلیه، نشان داده شده است.



با توجه به شکل ۱، طرز کار هر کدام از فیلترهای طبیعی و مصنوعی را توضیح دهید.

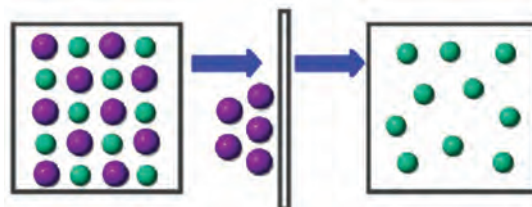


شکل ۱- نمونه‌هایی از اجزا بدن و تصویر برش خورده کلیه که نقش صافی دارند و یک فیلتر

## صافی و عملیات صاف کردن

صافی یا فیلتر، وسیله‌ای است که برای تمیز کردن و تصفیه سیالات (گازها و مایعات) از ذرات خارجی، (معلق، جامد و یا قطرات مایع غیرمحلول) استفاده می‌شود.

صاف کردن یا فیلتراسیون<sup>۱</sup> فرایندی است که در آن یک مایع و یا گاز (سیال)، به دلیل اختلاف فشار یا اختلاف پتانسیل الکتریکی و یا اختلاف غلظت، از فیلتر عبور می‌کند. با انجام عمل فیلتراسیون، ذراتی که از اندازه حفره‌های فیلتر کوچک‌تر هستند، از فیلتر عبور می‌کنند. ذرات با اندازه بزرگ‌تر، از سیال جدا شده، در پشت آن می‌مانند. بنابراین، فیلتر وسیله‌ای است که وظیفه جداسازی ذرات معلق آلاینده را از سیال عبوری بر عهده دارد. لذا با این تعریف، فیلتر خوب و با کیفیت، فیلتری است که با ایجاد کمترین مقاومت در مسیر عبور جریان سیال، ذرات ریز معلق در آن را جذب کند (شکل ۲).



شکل ۲- تصویری ساده از فرایند فیلتراسیون

## بودمان سوم: پایش عملکرد صافی‌ها

در فرایند فیلتراسیون، به سیال حاوی ذرات خارجی، معلق، جامد و نامحلول، «خوراک یا دوغاب<sup>۱</sup>»، و به ذرات جمع شده در پشت صافی «کیک فیلتر<sup>۲</sup>» و سیال صاف شده عبوری از صافی، صافاب یا «فیلتریت<sup>۳</sup>» و به محیط صافی «مدیا<sup>۴</sup>» گفته می‌شود.

با توجه به وسایل معرفی شده در جدول زیر، فیلتر آن را مشخص کرده، خانه‌های خالی آن را کامل کنید.

ردیف	وسیله	مدیا	دوغاب	کیک	صافاب(فیلتریت)	ملاحظات
۱	هواکش آشپزخانه					
۲	آب‌میوه‌گیری					
۳	ماشین لباس‌شویی					
۴	یخچال					
۵	جاروبرقی					
۶	شیر آب					
۷	...					

فعالیت  
گروهی



به نظر شما در صنایع، کدام یک از کیک یا صافاب (فیلتریت) اهمیت بیشتری دارند؟

فکر کنید



## کاربرد صافی‌ها

صافی‌ها در صنایع مختلفی به کار می‌روند که می‌توان از صنعت آب و فاضلاب، صنایع داروسازی، تصفیه هوا و خالص‌سازی گازها، صنایع شیمیایی، صنعت خودروسازی، صنایع زیست‌محیطی و... نام برد. ضرورت استفاده از صافی و عملیات فیلتراسیون در تعدادی از این صنایع ارائه شده است:

- ۱- Slurry
- ۲- Filter Cake
- ۳- Filterate
- ۴- Media



### ✓ صنعت آب و فاضلاب

۹۹٪ از آب‌ها در طبیعت به راحتی قابل دسترس نمی‌باشند و فقط ۱٪ آن شامل دریاچه‌ها و رودخانه‌ها و چاه‌ها می‌باشد که به راحتی به دست می‌آید. فرایند پاک‌سازی و تصفیه آب، بسیار طولانی و زمان‌بر است. یکی از مراحل تصفیه آب، جدا کردن آلاینده‌ها از آن می‌باشد که در این مرحله از فیلتراسیون استفاده می‌شود.

### ✓ صنایع غذایی

صنعت لبنیات، آب‌میوه و صنایع دیگری که در حوزه صنایع غذایی قرار می‌گیرند، یکی دیگر از مصرف‌کنندگان اصلی صافی‌ها محسوب می‌شوند. به‌طور مثال، در تولید پنیر و پاستوریزاسیون و هموژنیزاسیون شیر از فیلتراسیون استفاده می‌شود. امروزه به‌وسیله فیلتراسیون توانسته‌اند اجزای شیر را تغلیظ و به‌طور جزء‌به‌جزء جداسازی کنند. این امر موجب شده است که بتوان محصولات جدیدی مطابق با نیازهای مصرف‌کننده به بازار عرضه کرد.

### ✓ صنایع داروسازی

تولید دارو با تجهیزات مختلفی انجام می‌شود. داروی تولید شده، نیاز به خالص کردن دارد و اهمیت خالص‌سازی دارو کمتر از تولید آن نیست. به طوری که تولید دارو فقط ۳۰٪ از هزینه‌های دارو را در بر می‌گیرد، در حالی که ۷۰٪ از بقیه هزینه‌ها، صرف خالص‌سازی دارو می‌شود. مهم‌ترین مرحله خالص‌سازی، فرایند فیلتراسیون است.



شکل ۳- استفاده از فیلتر در ماسک‌های تنفسی

### ✓ تصفیه هوا و خالص‌سازی گازها

یکی از کاربردهای اصلی فرایند فیلتراسیون، تصفیه هوا و یا تولید گازهای خالص، مانند اکسیژن و نیتروژن می‌باشد. یک مثال آشنا از کاربرد صافی‌ها برای تصفیه هوا، ماسک‌های دهان و بینی می‌باشند. ماسک‌های معمولی که بیشتر در روزهای آلوده از آنها استفاده می‌کنید، نوعی فیلتر دارند که به ذرات معلق هوا اجازه عبور نمی‌دهند و به این ترتیب مانع رسیدن برخی از آلودگی‌ها به مجاری تنفسی می‌شوند.

### ساخت یک نمونه فیلتر کارگاهی

برای ساخت فیلتر مراحل زیر را انجام دهید:

✓ مقداری اسفنج یا کاغذ مخصوص صاف کردن و یک قاب فلزی یا پلاستیکی تهیه کنید.

✓ با استفاده از طرح صافی که می‌خواهید بسازید، کاغذ و قاب را شکل‌دهی کنید.

✓ اجزای ساخته شده را در یکدیگر ثابت کنید.

به همین ترتیب فیلتر دیگری بسازید.

صافی‌های خود را با گروه‌های دیگر مقایسه کنید.

فعالیت  
کارگاهی ۱





### کاربرد صافی‌های ساخته شده

با توجه به فعالیت کارگاهی ۱ و صافی‌های ساخته شده، آنها را در محل مناسب خود نصب کنید. دوغابی متناسب با صافی‌های ساخته شده، تهیه کرده، و آن را به دو قسمت مساوی تقسیم کنید. صاف کردن دوغاب‌ها را در شرایط مشابه ولی با فیلترهای متفاوت انجام دهید. میزان ذرات جامد و مایع صاف شده در هر مورد را با یکدیگر مقایسه کنید. دلیل تفاوت‌های موجود چیست؟



فیلتراسیون با فرایندهای فیزیکی مانند غربال‌گری و جذب، متفاوت است.

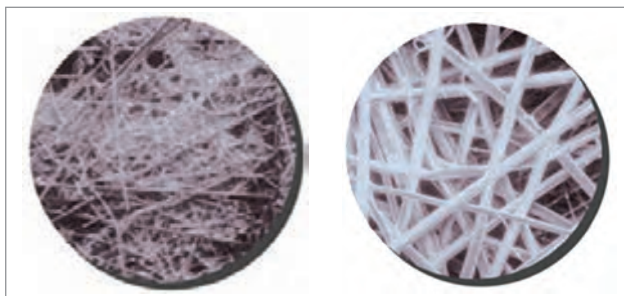


تفاوت‌ها و شباهت‌های فیلتراسیون را با غربال‌گری و جذب بیابید.

### انتخاب صافی‌ها:

صافی‌ها دارای اجزای مختلفی هستند و مهم‌ترین قسمت یک صافی، مدیای آن است. مدیای صافی شامل بخشی از آن است که وظیفه از بین بردن آلودگی‌ها را دارد. این بخش از صافی معمولاً به صورت ورقه‌ای تولید شده، سپس آنها را به شکل چین‌دار درمی‌آورند تا مساحت بیشتری از آن، در مقابل جریان سیال قرار گیرد. شکل ظاهری مدیا منجر به کاهش

اختلاف فشار به وجود آمده شده، ضمناً ظرفیت جذب آلودگی فیلتر را بالا می‌برد. برخی از مدیاهای مورد استفاده، از سلولز، کامپوزیت‌های فایبرگلاس و یا دیگر مواد مصنوعی تشکیل شده‌اند. در شکل ۴ دو نمونه از فایبرگلاس مورد استفاده در صافی‌ها به عنوان مدیا نشان داده شده است. در شکل ۵، نمونه‌هایی از صافی و تصویر برش خورده آن آورده شده است.



شکل ۴- تصویر میکروسکوپی دو نمونه از فایبرگلاس مورد استفاده در صافی‌ها



شکل ۵- چند نمونه صافی و تصویر برش خورده از یک صافی

ذراتی که در پشت صافی باقی می‌مانند، به مرور زمان و با استفاده مداوم از صافی، بیشتر می‌شوند. این مسئله، می‌تواند باعث مسدود شدن روزنه‌های صافی شود. به این دلیل، باید بعد از مدت زمان مشخصی، صافی را تعویض و یا آن را پاک‌سازی کرد. این مسئله که به گرفتگی صافی معروف می‌باشد، از اهمیت زیادی برخوردار است.

از عوامل مهمی که در انتخاب نوع صافی و کارکرد آن مؤثر می‌باشند عبارت‌اند از:

### ۱ اندازه حفره‌های فیلتر

موادی با اندازه بزرگ‌تر از حفره‌های صافی، در پشت آن باقی می‌مانند و عبور نمی‌کنند، در نتیجه، برای جداسازی ذرات با اندازه مشخص باید از صافی‌های مناسب استفاده کرد.

### ۲ غلظت دوغاب

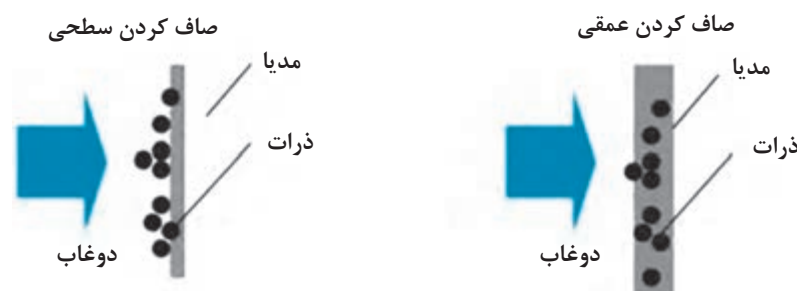
در مورد عوامل مؤثر و بازدهی فیلترها تحقیق کنید.

تحقیق کنید



## انواع فیلتراسیون

همان‌طور که گفته شد، صاف کردن یا فیلتراسیون، یک روش فیزیکی برای حذف ذرات معلق در هر سیال از جمله آب است. این ذرات معلق می‌توانند گل، رنگ، مواد آلی، پلانکتون، باکتری، ذرات حاصل از سختی‌گیری و... باشند. به عبارت دیگر، فیلتراسیون فرایندی است که در آن، مواد معلق جامد، در اثر عبور از یک محیط متخلخل جدا می‌شوند. می‌توان فرایند فیلتراسیون را بر اساس چگونگی حرکت سیال بر روی آنها به دو دسته سطحی<sup>۱</sup> و عمقی<sup>۲</sup> طبقه‌بندی کرد (شکل ۶).



شکل ۶- انواع فیلتراسیون (بر حسب چگونگی حرکت سیال)

در فیلتراسیون نوع سطحی، مواد جامد در سطح صافی به دام می‌افتند. صافی‌های کاغذی، بوختر، تسمه‌ای، استوانه‌ای دوآر خلأ و توری از جمله این نوع صافی‌ها هستند. (شکل ۷)  
در فیلتراسیون عمقی، ذرات جامد به درون صافی نیز نفوذ می‌کنند. انواع فیلترهای یک‌بار مصرف، جزء این دسته از صافی‌ها هستند. صافی‌های دندانپزشکی نمونه‌ای از صافی‌های یک‌بارمصرف می‌باشد.

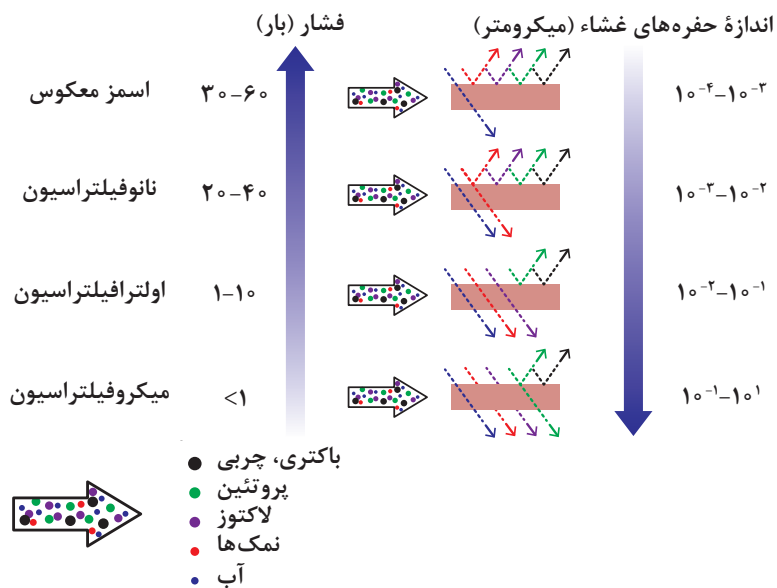
۱- Surface Filter

۲- Depth Filter



شکل ۷- نمونه‌هایی از صافی‌های سطحی

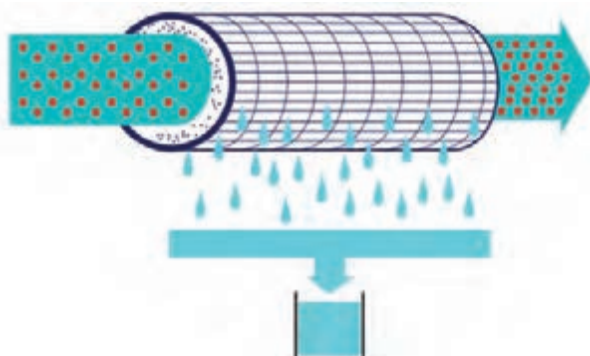
فرایند فیلتراسیون بر حسب اندازه حفره‌های محیط فیلتر آنها به چهار دسته زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:  
 ✓ میکروفیلتراسیون<sup>۱</sup> ✓ اولترافیلتراسیون<sup>۲</sup> ✓ نانوفیلتراسیون<sup>۳</sup> ✓ اسمز معکوس<sup>۴</sup>  
 در شکل ۸ محدوده استفاده از انواع فیلتراسیون، بر حسب اندازه حفره‌ها، نشان داده شده است.



شکل ۸- محدوده استفاده از انواع فیلتراسیون بر حسب اندازه حفره‌ها

- ۱- Microfiltration
- ۲- Ultrafiltration
- ۳- Nanofiltration
- ۴- Reverse Osmosis

**میکروفیلتراسیون:** میکروفیلتراسیون فرایندی است که در آن از غشاهای متخلخل برای جداسازی ذرات سوسپانسیونی، جامدات معلق کوچک و موادی دیگر مثل باکتری‌ها، کیست‌ها، مولکول‌ها و ذراتی بزرگ‌تر از  $0.2$  میکرون استفاده می‌شود. این یک فرایند فیزیکی است که برای حذف مواد معلق و سوسپانسیونی از گازها و مایعات به کار می‌رود. بدین منظور جریان خوراک را از میان یک مانع متخلخل (مدیا) عبور می‌دهند. محصول فیلتراسیون جریانی است که از غشا عبور کرده، دارای ذراتی است که ریزتر از اندازه تخلخل غشا یا صافی می‌باشند.



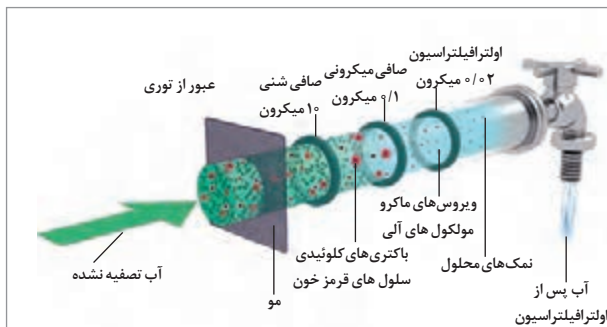
شکل ۹- نمایی ساده از فرایند میکروفیلتراسیون

در مورد کاربرد میکروفیلتراسیون در صنایع تحقیقی انجام داده و در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



**اولترافیلتراسیون:** در اولترافیلتراسیون، مولکول‌هایی بزرگ‌تر از  $0.5$  میکرون جدا می‌شوند. قطر حفره‌های مدیای فیلتر، بین  $2$  تا  $50$  نانومتر است. این فرایند برای جداسازی و تغلیظ مواد کلوئیدی و سوسپانسیونی، پروتئین‌ها، مواد میکروبی بیماری‌زا و مولکول‌های آلی بزرگ به کار می‌رود. این روش در صنایع پزشکی، صنایع غذایی؛ تصفیه آب، صنایع نفت و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد.

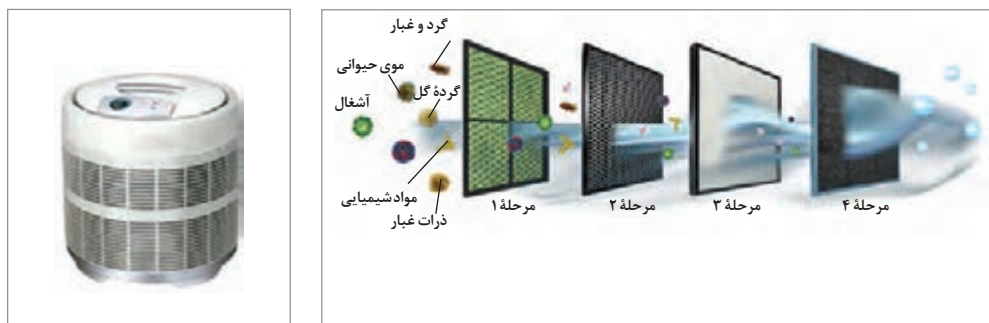


شکل ۱۰- نمایی ساده و واقعی از فرایند اولترافیلتراسیون

**نانوفیلتراسیون:** اندازه حفره‌های نانوفیلتر بین  $2$  تا  $5$  نانومتر است. روش نانوفیلتراسیون طی چند سال گذشته رونق گرفته است. در نانوفیلتراسیون، جداسازی بر اساس اندازه مولکول صورت می‌گیرد. اساساً این روش، جهت حذف اجزای آلی نظیر آلوده‌کننده‌هایی در اندازه میکرونی و یون‌های چند ظرفیتی می‌باشد. از دیگر کاربردهای نانوفیلتراسیون می‌توان به حذف مواد شیمیایی که به منظور کشتن موجودات مضر به آب

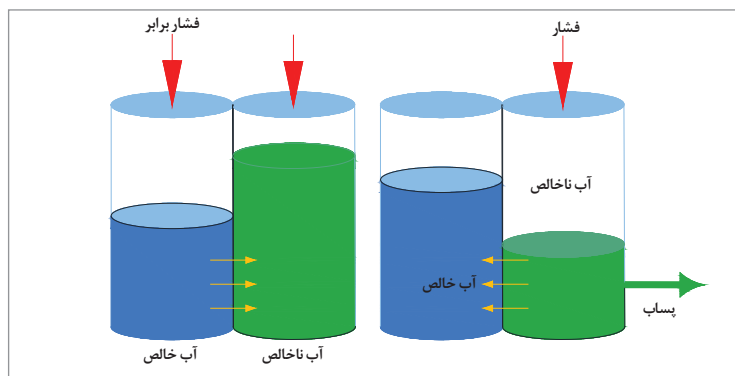
اضافه شده‌اند، حذف فلزات سنگین مانند جیوه، تصفیه آب‌های مصرفی، رنگ‌زدایی و حذف آلوده‌کننده‌ها اشاره کرد. نانوفیلتراسیون می‌تواند تقریباً از هر منبع آبی، آب خالص به وجود آورد و تمام باکتری‌های موجود در آب را حذف کند.

شکل ۱۱، انواع صافی‌های مورد استفاده در یک فیلتراسیون پیشرفته را برای حذف آلودگی‌های مختلف نشان می‌دهد. در این نوع فیلتراسیون، صفحات فیلتر از اندازه حفره‌های درشت به ریز چیده شده‌اند.



شکل ۱۱- تصویر واقعی و ساده از یک صافی و فیلتراسیون پیشرفته

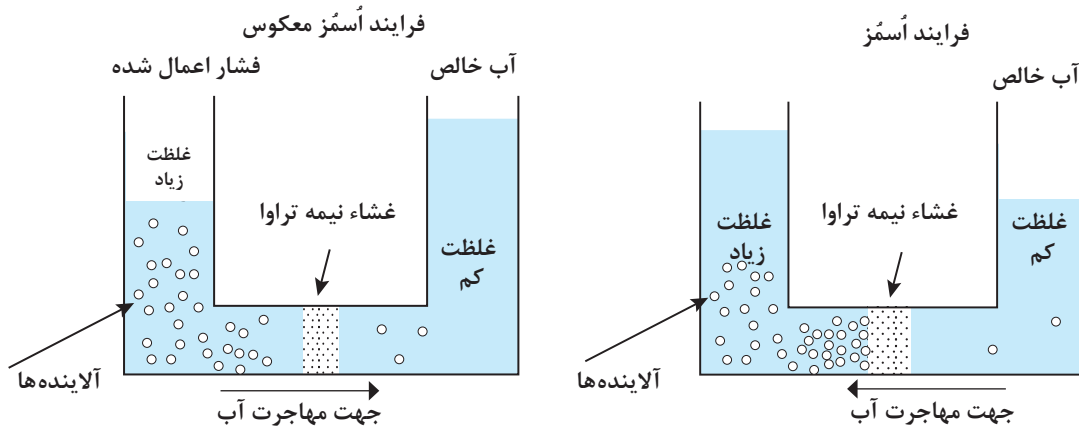
**اسمز معکوس:** برای درک پدیده اسمز معکوس، ابتدا باید فشار اسمزی را توضیح داد. به این منظور شکل ۱۲ را در نظر بگیرید:



شکل ۱۲- نمایش فشار اسمزی

فرض کنید دو ظرف حاوی آب ناخالص (آب آلوده و یا آب نمک) و آب خالص با سطحی یکسان وجود دارد که توسط یک لوله با یکدیگر در ارتباط هستند. در این صورت جهت برقراری تعادل در غلظت آلودگی و یون‌های آب، آنها از ظرف حاوی ناخالصی، وارد ظرف آب خالص شده تا غلظت دو طرف برابر شود. اما اگر در بین این دو ظرف یک غشای نیمه تراوا (صافی) قرار داده شود، این صافی اجازه عبور آلودگی و یون را نمی‌دهد. بنابراین برای برقراری تعادل غلظتی، آب خالص، از صافی عبور کرده، وارد ظرف آب ناخالص می‌شود. این تبادل، تا زمانی که افزایش سطح آب در ظرف حاوی ناخالص، فشار مضاعف ایجاد کند، ادامه می‌یابد. به این

فشار، فشار اسمزی می‌گویند. در همین شرایط و در پدیدهٔ اسمز معکوس با استفاده از یک فشار خارجی، جهت جریان آب را از سمت آب ناخالص به سمت آب خالص ایجاد می‌کنند و چون فشار وارده در خلاف جهت فشار اسمزی است، به آن فرایند اسمز معکوس می‌گویند (شکل ۱۳). از پدیدهٔ اسمز معکوس، بیشتر برای شیرین‌سازی آب دریا که روشی گران‌قیمت است، استفاده می‌شود.

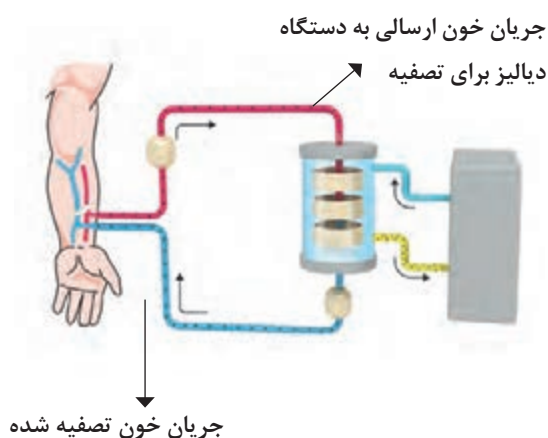


شکل ۱۳- طرح ساده‌ای از فرایندهای اسمز و اسمز معکوس

بنابراین، اسمز معکوس فرایندی است که آب در اثر اختلاف فشار از یک غشای نازک عبور می‌کند تا محتویات و مواد معدنی شامل نمک، ویروس‌ها، سموم و سایر ترکیبات آلودهٔ غیرآلی را جدا کند و اتم‌ها و مولکول‌هایی در مقیاس کوچک‌تر از  $0.001$  میکرون را در محدودهٔ یونی جدا می‌کند.

در رابطه با انواع روش‌های شیرین‌سازی آب دریا تحقیق کنید.

تحقیق کنید



شکل ۱۴- طرح ساده‌ای از فرایند دیالیز

اسمز معکوس، فناوری‌ای است که در دیالیز طبی هم از آن استفاده می‌شود. دیالیز، مورد استفادهٔ افرادی است که مشکل کلیوی دارند. کلیه‌ها، مواد زائد مثل اوره و آب را از خون جدا، و به شکل ادرار از بدن خارج می‌کنند و بدین وسیله باعث تصفیهٔ خون می‌شوند. یک دستگاه دیالیز مشابه عملکرد کلیه‌ها، کار می‌کند. در این روش، خون از بدن عبور کرده تا وارد دستگاه دیالیز شود. در آنجا از فیلتر اسمزی عبور داده می‌شود تا مواد زائد از آن جدا گشته، خون تصفیه شده دوباره به بدن بازگردد. در شکل ۱۴ فرایند کلی دیالیز خون نشان داده شده است.

تفاوت انواع فیلتراسیون چیست؟

پرسش







در رابطه با الکترودیالیز تحقیق کرده، نتیجه را در کلاس ارائه کنید.

در جدول ۱، ویژگی‌های انواع روش‌های فیلتراسیون با یکدیگر مقایسه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های انواع فیلتراسیون

ویژگی	میکروفیلتراسیون	اولترافیلتراسیون	نانوفیلتراسیون	اسمز معکوس
پلیمرها	سرامیک پلی پروپیلن پلی تترافلوراید اتیلن اکریلیک	سرامیک سلولزی پلی سولفون فلوراید	فیلم نازک مواد مرکب کامپوزیت سلولزی پلی سولفون	فیلم نازک مواد مرکب کامپوزیت سلولزی پلی سولفون
محدوده اندازه منافذ (میکرون)	۱ - ۰/۱	۰/۰۱ - ۰/۰۱	۰/۰۰۱ - ۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۰۱
محدوده فشار عملیاتی (بار)	< ۱	۱-۱۰	۲۰-۴۰	۳۰-۶۰
حذف مواد معلق جامد	بله	بله	بله	بله
حذف مواد آلی محلول	بله	بله	بله	بله
حذف مواد غیرآلی محلول	خیر	بله	بله	بله
حذف میکروارگانیسم‌ها	جلبک، باکتری	جلبک، باکتری، ویروس	همه	همه
غلظت دوغاب	بالا	بالا	متوسط	متوسط
مصرف انرژی	پایین	پایین	متوسط رو به پایین	متوسط
توانایی غشاء	بالا	بالا	متوسط	متوسط



در رابطه با انواع فیلتراسیون از نظر فشار تحقیق کرده و در کلاس ارائه نمایید.

## انواع صافی‌ها

صافی‌ها نیز انواع و اقسام مختلف دارند. در نتیجه به روش‌های گوناگونی تقسیم‌بندی شده‌اند، از جمله: صافی‌های ثقیلی، تحت فشار، گریز از مرکز، بیوفیلتر و غشایی (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- انواع فیلترهای ثقیلی، تحت فشار، گریز از مرکز، بیوفیلتر و غشایی

در رابطه با انواع صافی‌های ثقیلی، تحت فشار، سانتریفیوژ، بیوفیلتر و غشایی تحقیق کنید.

تحقیق  
کنید



یک نوع دسته‌بندی صافی‌ها، می‌تواند بر اساس تقسیم‌بندی سیالات عبوری از آنها باشد، مانند صافی هوا، روغن، ... و امثال آنها گاهی اوقات ممکن است در یک سامانه از ترکیب چند نوع صافی استفاده شود، مانند موتور خودرو، توربین گازی و مواردی از این قبیل. در خودروها از فیلترهای هوا، روغن و سوخت به‌طور هم‌زمان استفاده می‌شود. در ادامه، توضیح انواع فیلتر روغن، هوا و سوخت آورده شده است.

**الف) صافی های روغن:** معمولاً روغن ها برای روان کاری و کاهش اصطکاک استفاده می شوند. هر جا که سطوح در تماس با یکدیگر دارای حرکتی نسبی هستند، روان کاری نقش بسیار مهمی در انجام حرکت به شیوه صحیح ایفا می کند. روان کار، ماده ای است که به منظور کاهش اصطکاک بین دو سطحی که نسبت به هم دارای حرکت هستند، استفاده می شود و از تماس فلز با فلز دیگر جلوگیری می کند.

وظیفه صافی های روغن، جداسازی آلودگی هایی است **۱** آلودگی هایی که توسط خود سامانه ایجاد می شوند. که در اثر موارد زیر به روغن وارد شده است: **۲** آلودگی هایی که از خارج به سامانه وارد می شوند، مانند گرد و خاک، رطوبت و آب، براده های جوشکاری، بسته بندی نامناسب و حمل و نقل نامناسب. **۱** آلودگی هایی که توسط افراد وارد سامانه می شوند، مانند مواد حاصل از سوختن گازهای احتراق حاوی گوگرد، روغن سوزی موتور، کیفیت نامطلوب سوخت و روغن، تنظیم نبودن موتور، تجزیه روغن در اثر حرارت و ذراتی که در اثر سایش قطعات فلزی ایجاد شوند. سازندگان توصیه شده است.

**دسته بندی صافی های روغن:** صافی های روغن بر اساس چگونگی نصب در موتور، به دو دسته اصلی کارتریجی<sup>۱</sup> و پیچی<sup>۲</sup> تقسیم بندی می شوند.

**صافی های کارتریجی:** عنصر اصلی تصفیه، به همراه قطعات نگه دارنده عنصر و واشر آب بندی، با هم عرضه می شوند و در زمان تعویض صافی فقط عنصر تصفیه، تعویض شده و بقیه قطعات ثابت می باشند. صافی های کارتریجی معمولاً در جایی که میزان مواد معلق در سیال کمتر از ۱۰۰ ppm باشد، مورد استفاده قرار می گیرند. این صافی ها غالباً در بخش های پیش تصفیه به کار می روند. در این صافی ها ذرات موجود در سیال در زمان عبور از صافی در میان مدیای صافی گیر کرده، مایع صافی شده به صورت شفاف از این صافی خارج می گردد.

ذرات ریز موجود در سیال در لایه های داخلی این صافی ها به دام می افتند و ذرات درشت تر در لایه های بیرونی قرار می گیرند. این نوع صافی ها قدرت جداسازی مواد جامد به قطرهای ۵ تا ۱۰۰ میکرون را دارا می باشند.

**صافی های پیچی:** عنصر اصلی تصفیه به همراه بدنه فلزی و سایر متعلقات در یک مجموعه قرار داده شده، در زمان تعویض صافی، کلیه قطعات عوض می شوند. در شکل ۱۶، نمونه هایی از صافی های کارتریجی و پیچی و در شکل ۱۷، یک صافی پیچی با قسمت های مختلف آن، نشان داده شده است.



شکل ۱۶- نمونه هایی از فیلترهای کارتریجی و پیچی

۱- Cartridge Filters

۲- Spin Filters



شکل ۱۷- اجزای مختلف فیلتر پیچی

### جنس صافی‌ها

مواد سازنده صافی‌های روغن موتور در طول سالیان تغییر کرده است. صافی‌های اولیه از جنسی شبیه سیم ظرف‌شویی، تورهای فلزی و صفحه‌های فلزی بود. اما بعدها از توده‌های پنبه و یا پارچه‌های بافته شده مانند کتانی در ساخت آنها استفاده گردید. هنگامی که استفاده از صافی‌های روغن یک‌بار مصرف رایج شد، در ساخت آنها از سلولز و کاغذ برای به حداقل رساندن قیمت محصولات استفاده گردید. در نهایت فیلترهای روغن مصنوعی<sup>۱</sup> معرفی شدند که در آنها از نوعی الیاف خاص مصنوعی استفاده می‌شود. فایبرگلاس و پارچه‌های فلزی نیز گاهی اوقات برای ساخت صافی‌های روغن استفاده می‌شوند. امروزه بسیاری از صافی‌های پیچی یک‌بار مصرف و ارزان قیمت روغن موتور از سلولز ساخته می‌شوند. صافی‌های با کیفیت بیشتر روغن موتور نیز از مواد مصنوعی ساخته می‌شوند.

### انواع صافی‌های روغن موتور

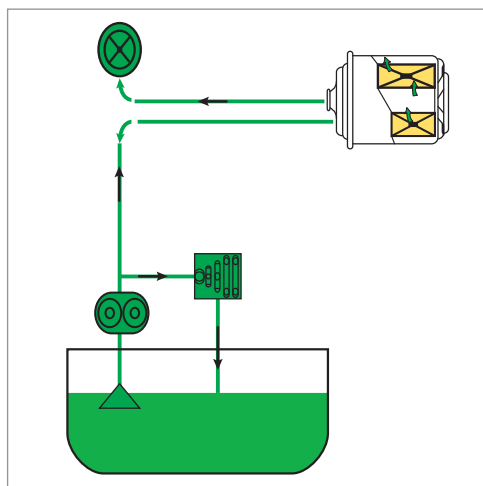
صافی‌های روغن موتور برحسب نوع جریان به سه نوع اصلی (اولیه)، فرعی (ثانویه) و ترکیبی تقسیم‌بندی می‌شوند:

**الف) صافی‌های اصلی روغن:** در این گونه صافی‌ها، ابتدا تمام روغن از صافی عبور کرده، سپس به سمت محل‌هایی که باید روان کاری شوند، می‌رود. صافی‌های اصلی یا اولیه روغن موتور در تمام موتورهای خودرو به صورت استاندارد وجود دارند. آنها همچنین با عنوان «جریان کامل» نامیده می‌شوند، زیرا ۱۰۰٪ روغن موتور به صورت معمولی از صافی اولیه عبور می‌کند. این نوع صافی نباید محدودیت زیادی در جریان روغن موتور ایجاد کند و این یکی از دلایلی است که صافی به بعضی از ذرات بسیار ریز اجازه عبور می‌دهد و یا گاهی صافی روغن موتورها را بسیار بزرگ می‌سازند.

در شکل ۱۸ چگونگی کارکرد صافی اصلی روغن نشان داده شده است. در این گونه صافی‌ها، ابتدا تمام روغن از صافی عبور کرده، سپس به سمت محل‌هایی که باید روان کاری شوند، می‌رود. سطح روغن در مخزن اصلی به وسیله حسگر ارتفاع<sup>۲</sup> پایش می‌گردد تا هیچ‌گاه سطح مخزن اصلی از یک میزان معین کمتر نشود.

۱- Synthetic

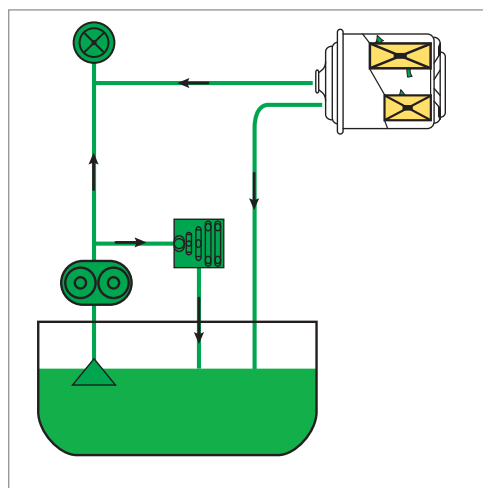
۲- Level Transmitter



شکل ۱۸- چگونگی کارکرد صافی اصلی روغن

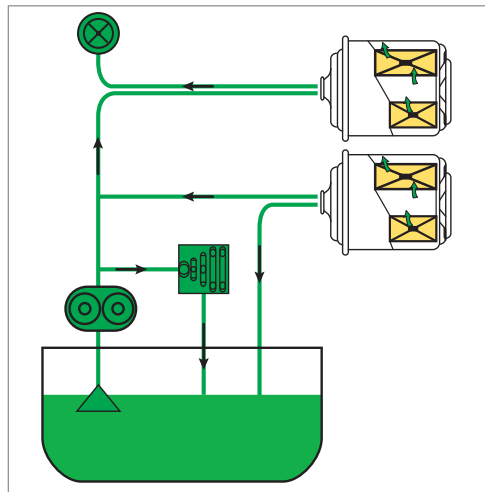
ب) **صافی های فرعی روغن:** از آنجایی که صافی های اصلی یا اولیه روغن موتور، ذرات بسیار کوچک را حذف نمی کنند، در موتورهایی که برای کار در شرایط سخت طراحی شده اند و برای عمر طولانی تر آنها، از صافی های فرعی، «بایپس<sup>۱</sup>» یا ثانویه استفاده می شود. صافی ثانویه روغن موتور، سهم کمی از جریان روغن موتور در حدود ۱۰٪ و حتی گاهی ۱٪ را گرفته، دوباره آن را تمیز می کند. صافی ثانویه روغن موتور به طور جدا از صافی اولیه عمل می کند. این صافی ها ذرات بسیار ریز گاهی حتی تا یک میکرون را جذب می کنند. در شکل ۱۹ چگونگی کارکرد صافی فرعی روغن نشان داده شده است.

بخش کمی از روغن موتور در این صافی ها قرار دارد و همواره قسمت عمده روغن در فیلتر اصلی جریان داشته، به سمت محل هایی که باید روان کاری شوند، می رود. سطح روغن در مخزن اصلی به وسیله حسگر ارتفاع پایش شده تا هیچ گاه سطح مخزن اصلی از یک میزان معین کمتر نشود.



شکل ۱۹- چگونگی کارکرد صافی فرعی

پ) **صافی‌های ترکیبی روغن:** در صافی‌های ترکیبی، مجموعه‌ای از صافی‌های اصلی و فرعی وجود دارد. این نوع صافی‌ها بیشتر در خودروهای دیزلی جدید قرار دارند و وارد بازار شده‌اند. در این خودروها، صافی‌های اولیه و ثانویه روغن موتور در اتاقک‌های جداگانه ولی در یک محل و زیر یک سرپوش قرار دارند. در شکل ۲۰ چگونگی کارکرد این نوع صافی‌ها نشان داده شده است.



شکل ۲۰- چگونگی کارکرد فیلترهای ترکیبی

در شکل هر دو صافی اصلی و فرعی به کار رفته‌اند و روغن موتور پس از عبور از صافی اصلی و فرعی به سمت محل‌هایی که باید روان کاری شوند، می‌رود. سطح روغن در مخزن اصلی به وسیله حسگر ارتفاع پایش شده تا هیچ‌گاه سطح مخزن اصلی از یک میزان معین کمتر نشود.

### صافی با جریان عبوری زیاد روغن

در برخی از خودروهای خاص مانند خودروهای مسابقه، نیاز است روغن با شدت و فشار بسیار زیادتری نسبت به خودروهای معمولی، در موتور جریان داشته باشد. از این رو، این خودروها نیاز به صافی‌های خاص دارند. فیلترهای روغن جریان زیاد، دارای یک محیط سلولزی (مدیای) اشباع شده از رزین بوده، در این شرایط برای عبور مقدار زیادی از روغن، آمادگی دارد. عمل فیلتراسیون نیز به خوبی انجام می‌گیرد. در خودروهای مسابقه، روغن‌های با گرانروی بیشتر استفاده می‌شود و روغن نسبت به حالت معمولی بیشتر و سریع‌تر پمپ می‌گردد. وقتی که موتور، روغن را با شدت بالاتری می‌چرخاند، فیلترهای جریان زیاد در زمان فیلتراسیون، افت فشار کمتری را ایجاد می‌کنند و این موضوع از مزایای این دسته از صافی‌ها می‌باشد.

**مشخصات یک فیلتر روغن ایده آل:** مهم‌ترین وظیفه یک فیلتر، تصفیه و جداسازی ذرات و ناخالصی‌ها می‌باشد. معمولاً ذرات با قطر ۵ تا ۴۰ میکرون که به صورت معلق در روغن در حال حرکت وجود دارند، بیشترین صدمات را به موتور و قطعات در حال حرکت وارد می‌کنند. زیرا ذرات با قطرهای بزرگ‌تر به دلیل سنگینی، عمدتاً در برگشت روغن در ته ظرف روغن رسوب می‌کنند. قابل ذکر است، ذرات با قطرهای کوچک‌تر از ۵ میکرون در صورتی که از تراکم و تجمع بالایی برخوردار باشند، می‌توانند به قطعات موتور آسیب وارد کنند. لذا یک فیلتر مرغوب و کارآمد باید توانایی جذب این ذرات را به خوبی و با کمترین افت فشار داشته باشد.

بیشتر  
بدانید



طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۲۵ برای فیلترهای روغن، داشتن استانداردهای زیر الزامی است:

- ✓ افت فشار یک فیلتر روغن در دبی اسمی<sup>۱</sup> آن کمتر از ۰/۳ بار باشد.
- ✓ فیلترهای پیچی در برابر ارتعاشات تا ۵۰۰۰۰۰۰ سیکل را تحمل کنند. (به دلیل کسب اطمینان از کارکرد فیلترهای روغن در برابر ارتعاشات حین حرکت خودرو).
- ✓ فیلتر، در برابر ضربه‌های روغن تا ۴۰۰۰۰۰ سیکل ضربه را تحمل کند. (به دلیل کسب اطمینان از کارایی فیلتر در زمان اولیه روشن شدن موتور، خصوصاً زمانی که روغن سرد است و به محض روشن شدن خودرو، روغن پمپ شده به فیلتر ضربه وارد می‌کند).
- ✓ قابلیت تحمل: فیلتر در برابر فشار هیدرولیکی باید تا سه برابر فشار کارکرد پمپ روغن، توانایی تحمل فشار را داشته باشد.

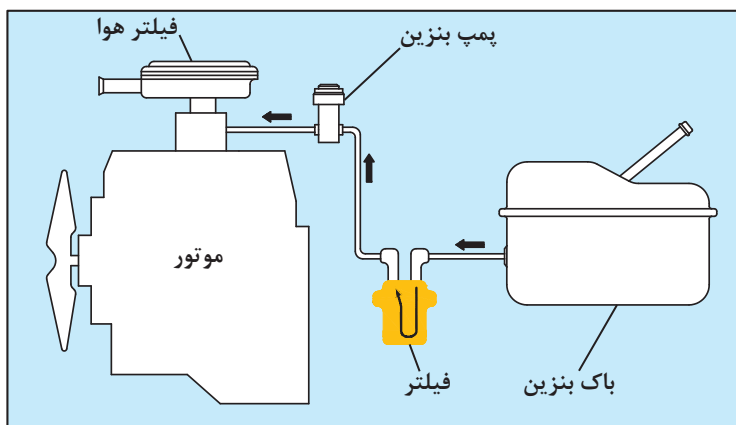
## فیلتر هوا

هوا مخلوطی از گازهای مختلف است و در حالت طبیعی از اکسیژن (۲۰٪)، نیتروژن (۷۸٪)، آرگن (۱٪)، کربن دی‌اکسید (۰/۳٪) تشکیل شده است. همچنین مقدار جزئی از بعضی گازها مانند هیدروژن و بخار آب در هوا موجود می‌باشند. از طرف دیگر، هوا دارای ذرات خارجی مختلفی است که ممکن است ناشی از یک فرایند طبیعی همچون وزش باد، تبخیر آب دریا، زمین لرزه، فوران آتشفشان‌ها و یا نتیجه فعالیت‌های انسان‌ها، همچون محصولات احتراق از فرایندهای صنعتی باشد.

همانند شکل ۲۱، مخلوطی از اکسیژن و بنزین به نسبت مشخص، با ورود به محفظه داخلی موتور موجب احتراق شده، در پی آن، حرکت پیستون‌ها را به دنبال دارد. این دو ماده باید عاری از هرگونه مواد زائد و مضر باشند. در صورت جلوگیری نکردن از ورود این ذرات، فرایند احتراق و روند عملکرد موتور دچار مشکل و یا ضعف می‌گردد. هوا از طریق محفظه‌ای وارد موتور می‌شود. این هوا علاوه بر اکسیژن، حاوی ذرات مختلفی مانند شن، ماسه، گرد و غبار، ذرات ریز لاستیک ماشین‌ها، دوده، رطوبت، گرده گیاهان و... می‌باشد. فیلتر هوا در مسیر ورودی هوا به موتور قرار گرفته، از ورود این ذرات به داخل موتور جلوگیری می‌کند. اگر این آلاینده‌ها با فیلتر جدا نشوند؛ باعث فرسایش سریع قطعات داخلی موتور و اجزای آن، و عاقبت کاهش عمر موتور و قطعات آن می‌شوند.

۱- دبی اسمی، مقدار دبی است که در شرایط معمولی یا به عبارت دیگر در شرایط کاری پیوسته و متناوب، بدون تجاوز از خطای مجاز وجود داشته باشد.





شکل ۲۱- نمایی از موقعیت فیلترهای خودرو

فقط مقدار کمی از غبار جاده می‌تواند، باعث تخریب موتور گردد. برحسب یک بررسی انجام یافته، اگر حدود ۲۲۰ گرم گرد و غبار وارد موتور شود، این آلاینده‌ها می‌توانند باعث خرابی موتور گردند. از طرفی، به ازای مصرف هر لیتر سوخت و احتراق آن در موتور، سه تا چهار هزار لیتر هوا مصرف می‌شود. اینجا است که اهمیت وجود فیلتر هوا در خودرو مشخص تر می‌گردد.

اگرچه دلیل عمده استفاده از فیلتر هوا، جداسازی ذرات ساینده و کاهش آلاینده‌ها (شامل غبار، دود و سایر ذرات خروجی از اگزوز در اثر احتراق آن) می‌باشد. ولی اغلب، وظایف دیگری نیز برعهده دارند. تقریباً در تمام طراحی‌های فیلترهای هوا و محفظه آنها، موضوع کاهش صدا همواره مد نظر قرار می‌گیرد. زیرا با افزایش تعداد

خودروها در شهرهای جهان، موضوع آلودگی صوتی ناشی از آنها اهمیت روزافزونی یافته است. آلاینده‌های موجود در هوا به تدریج فیلتر را کثیف می‌کنند. اگر فیلتر هوا کثیف باشد؛ سه پدیده نامطلوب اتفاق می‌افتد:

✓ کاهش قدرت موتور

✓ افزایش خفگی

✓ افزایش استهلاک موتور

فیلترهای هوا معمولاً یک‌بار مصرف بوده، ملاک تعیین عمر مفید آنها؛ افت فشار سیال در طرفین آن است. شکل ۲۲، مقایسه دو صافی هوای تمیز و کارکرده را نشان می‌دهد.



شکل ۲۲ - فیلتر هوای تمیز و کار کرده

### فیلتر سوخت

آب، مواد خارجی و آلودگی‌ها ممکن است در طول مراحل حمل‌ونقل، انبارداری و نیز هنگام استفاده (داخل باک موتور)، وارد سوخت شده، آن را آلوده سازند. همچنین خود سوخت نیز دارای ناخالصی‌ها و مواد بسیار ریز میکروسکوپی است. ورود هرگونه ناخالصی و آلودگی‌های ریز و درشت باعث صدمه رساندن و



شکل ۲۳- فیلتر سوخت

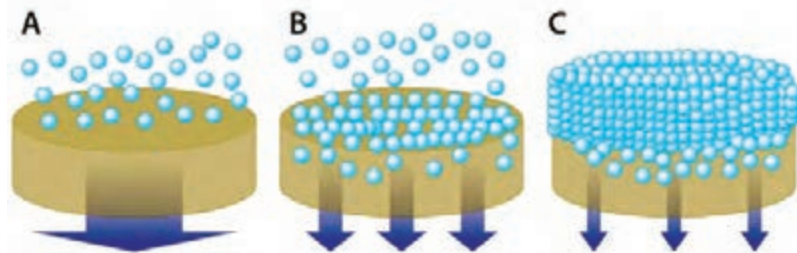
فرسایش سریع این قسمت‌ها می‌شود. ورود آب نیز به این قسمت‌ها موجب زنگ‌زدگی و فرسایش قطعات ظریف سامانه سوخت‌رسانی خواهد گردید. وجود آب و ناخالصی‌ها در سوخت می‌تواند انژکتورهای سوخت را مسدود کرده، باعث کار نامنظم موتور، نشر دود از اگزوز و کاهش توان موتور شود. به همین دلیل در سامانه‌های سوخت‌رسانی، از فیلترها یا تصفیه‌کننده‌ها برای جدا کردن آلودگی‌ها از سوخت استفاده می‌گردد (شکل ۲۳).

آلاینده‌ها ممکن است از مسیرهای مختلفی وارد سوخت شوند که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:  
✓ ورود آلودگی در هنگام تولید سوخت، حمل‌ونقل، انبار و غیره  
✓ ورود آلودگی‌ها از طریق سامانه تهویه مخازن سوخت  
✓ ورود آلودگی‌ها از طریق زنگ‌زدگی لوله‌ها و مخازن  
✓ چگالش (میعان) آب در مخازن سوخت به دلیل تغییرات دمایی.

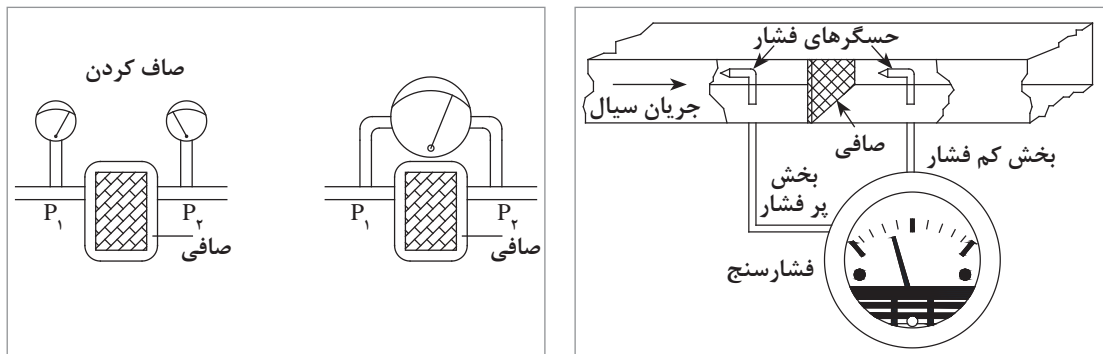
بیشتر فیلترهای تصفیه‌کننده سوخت دیزل از نوع کاغذی هستند. قسمت تصفیه‌کننده این فیلترها از یک نوع کاغذ مخصوص ساخته شده است و برای افزایش سطح مؤثر فیلتراسیون، آن را به صورت چین‌دار ساخته، در داخل یک محفظه فلزی قرار داده‌اند. اندازه قطر منافذ کاغذ از ۲ تا ۱۵۰ میکرون، بسته به نوع کاربری فیلتر متفاوت است. البته فیلترها در انواع دیگری مانند پنبه‌ای، نمدی، و یا پارچه‌ای نیز وجود دارند که امروزه ساخت و استفاده از آنها بسیار کم می‌باشد.

## افت فشار در فیلترها

با کارکرد فیلتر و به دلیل تجمع ذرات جامد در داخل و بر روی پارچه فیلتر (مدیا)، تغییر فشار سیال در دو طرف آن امری کاملاً طبیعی است (شکل ۲۴). هر چقدر میزان ذرات جمع شده بیشتر و متراکم‌تر باشد، افت فشار ایجاد شده بیشتر خواهد بود. ایجاد اختلاف فشار در زمان کارکرد فیلتر، نشانه‌ای از صحیح بودن عملیات فیلتراسیون است. چنانچه در فیلترها پس از مدت معمول، اختلاف فشار به وجود نیاید، ممکن است عنصرهای فیلتر نصب نشده باشند، یا دستگاه اندازه‌گیری اختلاف فشار به‌طور معکوس نصب گردیده باشد و یا فیلترها پاره شده باشند.

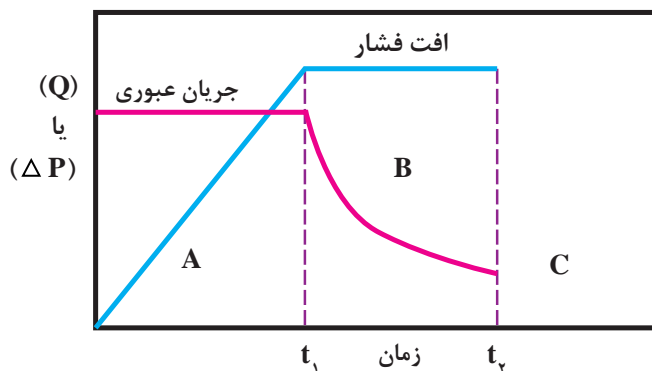


شکل ۲۴- تجمع ذرات جامد بر روی پارچه فیلتر



شکل ۲۵- ایجاد افت فشار در دو طرف فیلتر

در شکل ۲۶، تغییرات افت فشار و میزان جریان عبوری از فیلتر با گذر زمان نشان داده شده است. بنابراین افت فشار یکی از عوامل اصلی مؤثر بر چگونگی فرایند فیلتراسیون است.



شکل ۲۶- تغییرات افت فشار و میزان جریان عبوری از فیلتر با گذر زمان

هر چقدر افت فشار ایجاد شده در طی فرایند فیلتراسیون کمتر باشد، فیلتر مناسب‌تر خواهد بود. به‌طور کلی عوامل مؤثر بر فرایند فیلتراسیون عبارت‌اند از:

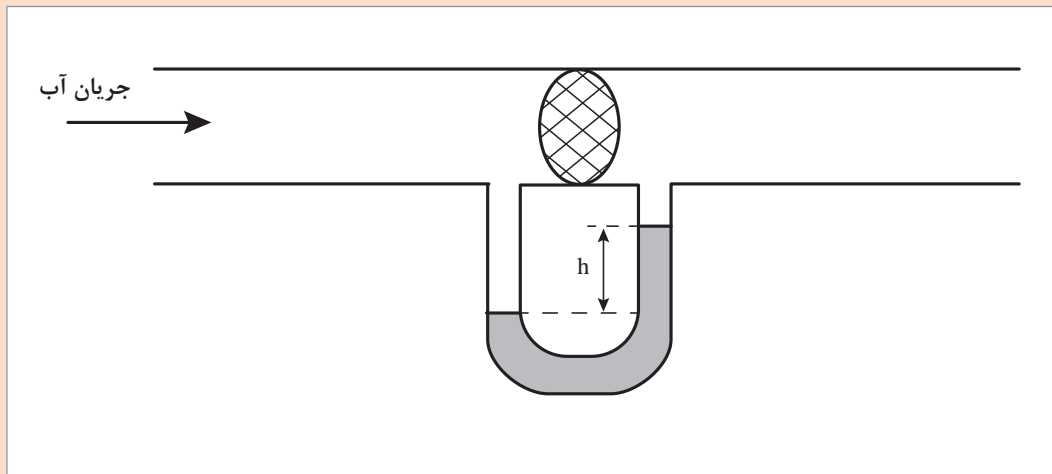
- ۱ مساحت مفید سطح فیلتر
- ۲ افت فشار
- ۳ گران‌روی سیال صاف شده
- ۴ مقاومت فیلتر در مقابل ذرات جمع شده بر روی آن (کیک فیلتر)



### ساخت مجموعه فیلتراسیون به همراه مانومتر

به این منظور با امکانات موجود در کارگاه و آزمایشگاه هنرستان خود سعی کنید مراحل زیر را به ترتیب انجام دهید:

- ✓ یک مانومتر U شکل مدرج تهیه کنید.
  - ✓ یک مجموعه از صافی‌ها (خط لوله حاوی فیلتر، صافی بوختر یا ...) را که کارایی نصب مانومتر بر روی آنها وجود داشته باشد، فراهم کنید.
  - ✓ یک سمت مانومتر را قبل از فیلتر و سر دیگر آن را بعد از آن نصب کنید.
- دقت کنید که اتصالات شما نشتی نداشته باشند. به این ترتیب توانسته‌اید یک مجموعه فیلتراسیون به همراه مانومتر بسازید (شکل ۲۷).



شکل ۲۷- مجموعه فیلتراسیون به همراه مانومتر



### تعیین اختلاف فشار حاصل از تصفیه یک نمونه از سیال آلوده

برای انجام این فعالیت، مراحل زیر را به ترتیب انجام دهید:

- یک نمونه آب گل آلود تهیه کنید.
  - ✓ به روش دستی و یا با استفاده از یک پمپ کوچک، آب آلوده را به فیلتر ساخته شده در فعالیت ۳ منتقل کنید.
  - ✓ فشار دو طرف فیلتر را با گذر زمان (حدود یک ساعت) در جدول زیر یادداشت کنید.
  - ✓ اطلاعات خواسته شده در جدول را کامل کنید.
  - ✓ نمودار تغییرات افت فشار بر حسب زمان را رسم کنید.
- چه نتیجه‌ای از این نمودار می‌گیرید؟

ردیف	فشار قبل از فیلتر	فشار بعد از فیلتر	اختلاف فشار	زمان
	cm H <sub>2</sub> O/Hg			s
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				
۶				

به نظر شما، چرا باید فیلترها را تمیز کرد؟

پرسش



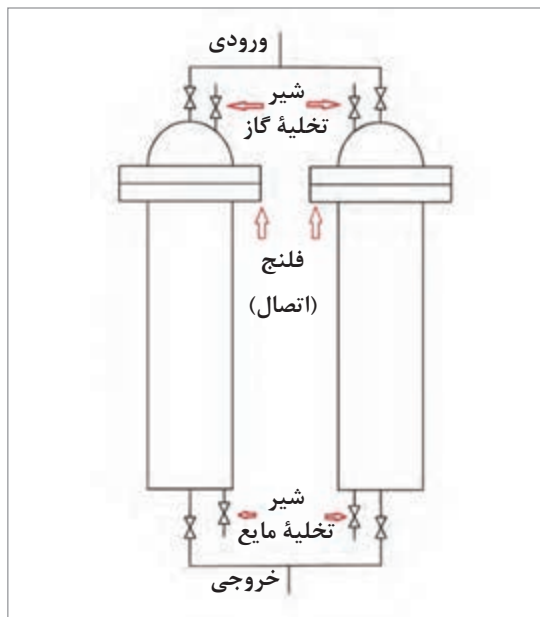
## راه اندازی فیلتر جدید

### هماهنگی با اتاق فرمان، به منظور راه اندازی فیلتر جدید

از وظایف متصدیان واحد در محوطه آن، بازدید افت فشار صافی‌ها می‌باشد. هرگاه افت فشار دو سر یک فیلتر به حد معینی برسد، نشان می‌دهد که فیلتر موجود باید با یک فیلتر جدید جایگزین شود. در مجتمع‌ها و صنایع بزرگ، این کار باید با هماهنگی اتاق فرمان<sup>۱</sup> انجام شود. لذا، پس از تماس با متصدی مربوطه در اتاق فرمان (به وسیله تلفن ثابت یا بی‌سیم)، او را در جریان لزوم تعویض فیلتر می‌گذارند. او اکنون باید مراقبت کند که جریان عبور کننده از این فیلتر، و ادوات فرایندی قبل یا بعد از آن، در مدت تعویض فیلتر، دچار تغییرات شدیدی نشوند. او در صورت لزوم، باید تأثیرات احتمالی این تغییرات را بر فرایند جبران کند. در برخی از موارد نیز ممکن است متصدی مربوطه ناچار گردد که جریان خوراک فرایندی را به طور موقت کاهش دهد.



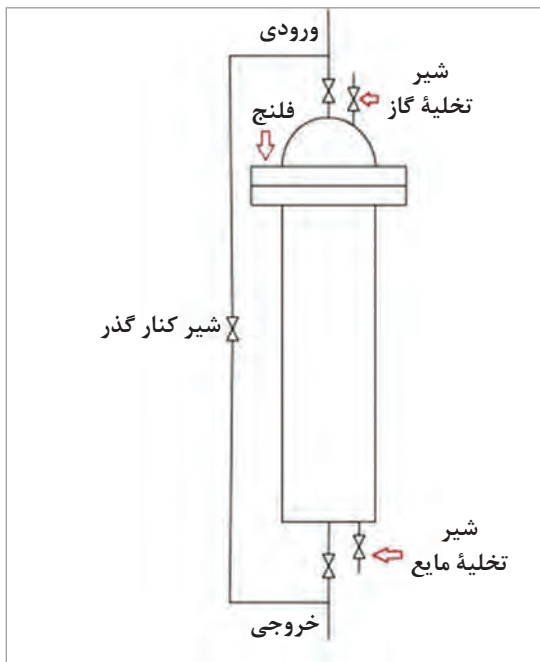
شکل ۲۸- نمایی از اتاق فرمان واحد



شکل ۲۹- فیلتر دارای یک جایگزین آماده به کار

با توجه به نوع فیلتر، متصدی تعویض آن باید مراحل زیر را انجام دهد:

الف) اگر فیلتر موجود دارای یک جایگزین آماده به کار<sup>۱</sup> باشد (شکل ۲۹)، ابتدا باید شیر ورودی فیلتر جایگزین را اندکی باز کند تا جریان فرایندی به آرامی وارد آن گردد. سپس با گشودن آهسته و به مقدار کم شیرهای تخلیه مایع و گاز، هرگونه آب، هوا یا گازهای موجود در آن را تخلیه کند. با این کار فیلتر جدید پر از جریان فرایندی و آماده به کار می شود. اکنون باید با گشودن تدریجی خروجی فیلتر، آن را به کار بیندازد. سپس با بستن تدریجی جریان ورودی به فیلتر قبلی و بعد بستن شیر خروجی آن، فیلتر قبلی را از مسیر فرایندی خارج کند. اکنون با گشودن شیرهای تخلیه مایع و گاز، محتویات فیلتر قدیم را تخلیه، و آن را آماده باز کردن و تعویض فیلتر مستعمل کند.



شکل ۳۰- فیلتر بدون جایگزین آماده به کار

ب) اگر فیلتر موجود دارای یک جایگزین آماده به کار نباشد (شکل ۳۰)، ابتدا شیر کنار گذر<sup>۲</sup> فیلتر را باز کرده، سپس شیرهای ورودی و بعد خروجی صافی موجود را به آرامی ببندد. اکنون با گشودن شیرهای تخلیه مایع و گاز، محتویات صافی قدیم را تخلیه، و آن را آماده باز کردن و تعویض فیلتر مستعمل کند. بعد از جایگزینی فیلتر مستعمل با یک صافی جدید، شیرهای تخلیه مایع و گاز بدنه فیلتر را به آرامی باز کند. با گشودن شیر ورودی فیلتر، محتویات آن تخلیه و با سیال فرایندی پر می شود. سپس شیرهای تخلیه مایع و گاز بدنه فیلتر را بسته، شیر خروجی فیلتر را به آرامی باز کند. حال شیر کنارگذر فیلتر را ببندد.

۱- Stand-by

۲- Bypass

## مجوز گیری

برای انجام هر کاری در صنایع بایستی مجوز<sup>۱</sup> لازم گرفته شود. انواع مجوزهای کار به دو دسته مجوز گرم و سرد تقسیم بندی می شوند.

**کار گرم**، عبارت است از انجام کاری که شعله مورد استفاده یا حرارت و جرقه ایجاد شده در آن کار؛ به اندازه ای باشد که باعث اشتعال مایعات، بخارها و گازهای قابل احتراق و هر ماده سوختنی دیگر بشود. موارد زیر شامل نمونه هایی از کارهای گرم هستند که برای انجام آنها؛ حتماً باید اجازه کار گرم توسط مسئولین مربوطه تنظیم و تأیید گردد.

**۱** جوش کاری لوله ها و مخازن مایعات قابل اشتعال **۲** استفاده از لوازم و دستگاه های برقی که ضد انفجار نیستند **۳** جوش کاری در محوطه های حاوی مواد منفجره و محترقه **۴** جوش کاری و برش کاری در محوطه انبارهای مواد قابل اشتعال و کلیه زاغه های مواد منفجره و کارگاه هایی که مواد شیمیایی قابل اشتعال تولید یا مصرف می کنند **۵** جوش کاری و برش کاری در محل نگه داری پرونده ها (کارگزینی ها) و کتابخانه ها **۶** استفاده از شعله باز بخاری برقی روباز در محوطه ممنوع **۷** به کارگیری ماشین ها با موتورهای بنزینی و یا گازوئیلی در انبارها و یا کارگاه های حاوی مواد قابل اشتعال و...

**کار سرد**، به کاری اطلاق می گردد که در انجام آن از حرارت استفاده نمی شود، ولی شیوه انجام کار به گونه ای است که به دلیل احتمال وارد آوردن صدمات فیزیکی نظیر ضربه، اصطکاک و همچنین وجود گاز، گرد و غبار، مواد قابل اشتعال و انفجار و نیز وجود گازهای سمی، کار را مخاطره آمیز می سازد.

فعالیت هایی که مشمول این مقررات می شوند، عبارت اند از:

- ۱** عملیات بارگیری، حمل و نقل و جابه جایی مواد منفجره و محترقه
- ۲** تمیز کردن و تعمیر دستگاه ها، ظروف تحت فشار، لوله ها و وسایل به کار رفته در مراکز ماند؛ زاغه های مهمات، مخازن مواد شیمیایی، حمام های آب کاری، لوله های حاوی مواد سمی، کانال های عبور فاضلاب و مخازن تولید مواد شیمیایی
- ۳** ورود به زاغه های مهمات، چاه های فاضلاب، کانال های عبور فاضلاب و مخازن مواد شیمیایی.

تعویض فیلتر، نیازمند مجوزهای کار سرد می باشد. نمونه ای از این نوع مجوز در جدول ۲ آورده شده است.

نکته



نکته ایمنی



✓ کارهای سردی که جزء فعالیت جاری کارگاه ها و یا بخش های صنعت بوده، دارای ضوابط و مقررات خاص ایمنی می باشند و به طور مستمر انجام می شود، از زمره این مقررات خارج خواهد بود و تشخیص این امر به عهده واحد ایمنی و بهداشت کار صنعت می باشد.

✓ مادامی که کار سرد در محوطه مخازن و یا ظروف مخاطره آمیز در دست انجام است، باید لااقل یک نفر را مأمور کرد که در شرایط اضطراری همواره آماده کمک و نجات کارکنان مشغول به کار سرد باشد.



جدول ۲- مجوز کار سرد

تاریخ:

اجازة کار سرد

شماره:

مدت اعتبار		از ساعت:	محل کار:
		تا ساعت:	نوع کار:
وسایل (مخزن - برج - ظرف - کوره - کمپرسور - تلمبه و...)			
شرح کار سرد:			
شرایط مورد بازرسی:			
بلی	خیر	چرا خیر؟	۶- آزمایش گازها:
			۱- آیا وسایل کاملاً تخلیه شده اند؟
			۲- آیا وسایل با بخار آب شسته شده اند؟
			۳- آیا منبع نیروی برق وسایل قطع شده تا بلوی خطر روی کلید و فیوز نصب شده است؟
			۴- آیا از کلید نقاطی که ممکن است گاز، بخار یا مواد نفتی داخل وسایل شود، بازرسی گردیده و ارتباط آنها قطع شده است؟
			۵- آیا مواردی وجود دارد که انجام این کار را به خطر اندازد؟ در صورت مثبت بودن اقدامات احتیاطی در قسمت مخصوص قید شود.
نام و امضاء:			
۷- وسایل استحضافی ویژه:			
<input type="checkbox"/> لازم نیست <input type="checkbox"/> عینک ایمنی <input type="checkbox"/> دستگاه‌های تنفسی هوای فشرده <input type="checkbox"/> دستگاه تنفسی هوای واحد <input type="checkbox"/> نقاب صورت <input type="checkbox"/> دستکش مخصوص مواد شیمیایی <input type="checkbox"/> لباس مواد شیمیایی <input type="checkbox"/> سایر وسایل .....			
۸- احتیاط‌های لازم:			
۹- محوطه برای انجام کار سرد آماده است و محل کار را به مسئول اجرای کار نشان داده‌ام.		نام و امضای مسئول سرکارگران یا مسئول نوبت کاری واحد:	
۱۰- کلیه شرایط بالا را شخصاً بازرسی کرده و محوطه را برای انجام این کار کاملاً ایمن می‌دانم.		نام و امضای مسئول نوبت کاری واحد یا مسئول محوطه:	
۱۱- از روش‌های احتیاطی مورد لزوم کاملاً آگاهم و پس از پایان کار مسئول محوطه را مطلع می‌نمایم.		نام و امضای مسئول اجرای کار:	
نام و امضای نماینده پیمانکار:			
کار فوق‌الذکر در ساعت ..... تکمیل و به مسئول محوطه تحویل گردید.			
نام و امضای مجری کار:			
نام و امضای مسئول محوطه:			
مسئولیت هرگونه پیش‌آمدی در رابطه با این پروانه کار به‌عهده امضاکنندگان فوق می‌باشد.			
توزیع نسخ:			
۱- مجری کار (مشکی)	۲- مسئول محوطه (آبی):	۳- مسئول اجرای کار (زرده)	



تهیه مجوز کار سرد  
- هر گروه از هنرجویان قبل از شروع به کار در کارگاه هنرستان، یک نمونه مجوز کار سرد تهیه کند.  
- مجوزهای تهیه شده توسط گروه‌های هنرجویان در کلاس مقایسه شوند.

## تمیز کاری و تعویض فیلترها



اگر فیلترها را تمیز کاری نکنیم، چه اتفاقاتی ممکن است، بیفتد؟

### عمر مفید فیلترها

میزان کارکرد و عمر مفید یک فیلتر صنعتی طبق استاندارد (ملی ۳۴ و ۲۵۲۵) با تعیین حد معینی از افت فشار مشخص می‌شود. برای فیلترهای دارای سوپاپ اطمینان، زمانی که افت فشار تا ۰/۶۵ bar افزایش یابد، فیلتر قابل استفاده می‌باشد و بعد از آن غیرقابل مصرف است. برای فیلتر بدون سوپاپ اطمینان مقدار فوق ۰/۵۵bar تعیین شده است.

در مورد فیلترهای معمولی مانند فیلترهای خانگی، خودرو و ... عمر مفید آنها از طرف سازندگان تعیین شده است که پس از سپری شدن آن دوره، صافی‌ها، باید تعویض و یا تمیز شوند. فرایندهای تمیز کردن فیلترها و دوره کاربرد هر صافی پس از تمیز شدن، از مسائل مهمی هستند که باید به آنها توجه کرد. در یک نگاه کلی به فرایندهای تمیز کاری فیلترها، می‌توان آنها را به سه دسته کلی فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و حرارتی تقسیم‌بندی کرد. هر کدام از این تقسیم‌بندی‌ها می‌توانند به دسته‌بندی‌های کوچک‌تری تقسیم شوند.

**الف) فرایند تمیز کاری فیزیکی:** این فرایند شامل روش‌های شست‌وشوی جریان معکوس و استفاده از کمپرسور هوا است.

**ب) فرایند تمیز کاری شیمیایی:** این فرایند شامل روش‌های استفاده از حلال‌ها، فرایند تمیز کاری قلیایی و فرایند تمیز کاری اسیدی است.

**ب) ۱- فرایند تمیز کاری با استفاده از حلال‌ها:** در گذشته استفاده از حلال‌ها در فرایند تمیز کاری بسیار مرسوم بود ولی در حال حاضر با توجه به پیشرفت‌های صورت گرفته در فرایندهای تمیز کاری فیلترها، استفاده از حلال‌ها تقریباً منسوخ شده است. از طرف دیگر به دلیل قیمت زیاد این حلال‌ها و مشکلات زیست‌محیطی و ایمنی محیط کار، استفاده از حلال به‌عنوان یک فرایند تمیز کاری روش مناسبی نمی‌باشد.

**ب) ۲- فرایند تمیز کاری با مواد قلیایی:** فرایندهای شست‌وشوی قلیایی را در بعضی موارد همراه با سامانه فراصوت و در بعضی موارد بدون آن مورد استفاده قرار می‌دهند. هرچند که در سامانه‌های جدید تمیز کاری، میزان وابستگی به این فناوری بسیار کاهش یافته است.

**ب) ۳- فرایند تمیز کاری با مواد اسیدی:** با در نظر گرفتن دیدگاه تمیز کاری شیمیایی، متوجه می‌شویم که در بعضی موارد ناچار به استفاده از سامانه‌های اسیدی برای تمیز کاری هستیم، به عبارت دیگر با توجه به نوع ناخالصی‌های باقی‌مانده در فیلتر، در موارد خاصی باید از شست‌وشوی اسیدی برای تمیز کردن آن استفاده کنیم.

**ج) فرایند تمیز کاری حرارتی:** سامانه‌های تمیز کردن حرارتی عبارتند از: سامانه‌های بستر سیال، سامانه‌های با حمام نمک مذاب، سامانه‌های آب‌کافت<sup>۱</sup>، سامانه‌های پیرولیز<sup>۲</sup> (تجزیه در اثر حرارت) و (دی‌کام)<sup>۳</sup>. فرایند

۱- Hydrolysis

۲- Pyrolysis

۳- Deecom Steam Cleaning

تمیزکاری دی کام یک سامانه جدید تمیزکاری است که به عنوان جایگزینی برای سامانه های تمیزکاری شیمیایی و حرارتی مطرح شده است. در این سامانه از بخار فوق گرم<sup>۱</sup> برای تمیزکاری استفاده می شود (شکل ۳۱).



شکل ۳۱- فرایند تمیزکاری دی کام

به طور کلی زمان مناسب تمیزکاری یا تعویض فیلتر با توجه به عوامل زیر تعیین می شود:

- ✓ کاهش کارایی فیلتر
- ✓ خصوصیات ظاهری و کثیفی فیلتر
- ✓ افت فشار نامطلوب
- ✓ کاهش دبی سیال خروجی
- ✓ زمان پیشنهادی شرکت سازنده
- ✓ گرم شدن بیش از حد دستگاه
- ✓ صدای ناهنجار

در بعضی موارد، دیدگاه افراد بسیار متفاوت است. به گونه ای که حتی از فرایند تمیز کردن صافی، انتظار بهبود و اصلاح عملکرد صافی هایی را دارند که یا درست طراحی نشده اند و یا بر اثر استفاده مداوم و بسیار زیاد مستهلک شده اند. در گذشته، سرعت تغییر و تحول در فناوری های تمیز کردن فیلترها در مقایسه با سایر فرایندها بسیار کند بود. در حالی که انتظار می رود در آینده ای نه چندان دور به دلیل اعمال فشار از سوی استانداردهای زیست محیطی، استانداردهای ایمنی کار و همچنین هزینه های تولید، این فناوری ها دچار تغییر و تحول اساسی شوند.

بیشتر  
بدانید



نکته



کوچک ترین سوراخ یا پارگی در فیلتر هوا آن را بی مصرف خواهد کرد.

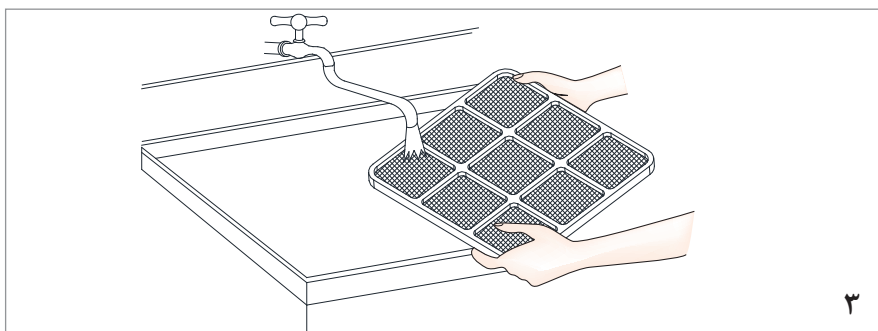
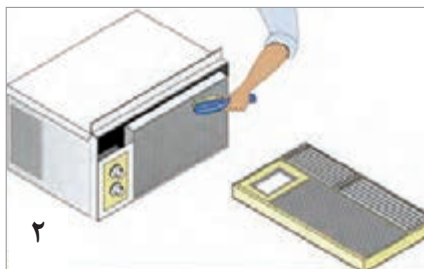
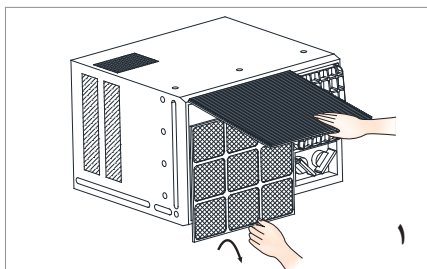


شکل ۳۲- چگونگی تمیز کردن فیلتر با فشار هوا و آب

در صورتی که می‌خواهید یک صافی هوا مانند صافی هوای خودرو را با فشار باد تمیز کنید، حتماً این کار را باید در جهت خلاف ورود هوای فیلتر به موتور انجام دهید (شکل ۳۲). در صورت عدم رعایت پیشنهاد فوق، ذرات گرد و غبار، بیشتر در منافذ فرو می‌روند و از آن جدا نخواهند شد. برای تمیز کردن فیلتر هوا می‌توانید مانند مراحل شکل ۳۳ عمل کنید.

باز کردن فیلتر هوا

در صورت نیاز، کشیدن برس نرم برای زدودن گرد و غبار



شست‌وشو با آب ولرم

شکل ۳۳- مراحل تمیز کردن فیلتر هوا

## تمیزکاری فیلتر روغن

فیلترهای روغن نیز مانند فیلترهای دیگر به مرور کثیف شده، باید تمیزکاری و یا تعویض شوند. در این مورد به دلیل کثیفی بیش از حد آنها، اولویت در تعویض فیلتر روغن است (شکل ۳۴). مواردی که در هنگام تعویض فیلترهای روغن باید انجام شود، عبارت‌اند از:

۱ از کار خارج کردن فیلتر کارکرده

۲ کاهش فشار فیلتر روغن با بازکردن مسیر انتهایی آن

۳ تخلیهٔ محفظهٔ فیلتر با استفاده از شیر مخصوص

۴ تمیز کردن داخل محفظهٔ فیلتر

۵ نصب فیلتر جدید و تخلیهٔ هوا

۶ هواگیری محفظهٔ فیلتر با بازکردن مسیر ورودی روغن

در سامانه‌هایی که روان کاری می شوند، نکات زیر را همواره مورد توجه قرار دهید:

۱ از فیلترهای جریان کامل که مشخصات ارائه شده توسط سازندگان ماشین‌آلات را دارا می‌باشند، استفاده کنید.



۲ فیلتر جریان کامل را در زمان پیشنهاد شده توسط سازندهٔ آن و یا حتی قبل

از آن، خصوصاً زمانی که فیلتر در فضای غبار آلود کار می‌کند، تعویض کنید.

۳ برای دستیابی به طول عمر بیشتر فیلتر، هرگز از فیلترهایی که توسط ذرات

درشت پر شده‌اند، استفاده نکنید.

۴ هرگز روغن را بدون تعویض فیلتر، عوض نکنید. اگر مجبور هستید که بین

تعویض روغن و تعویض فیلتر جریان کامل یکی را انتخاب کنید، حتماً تعویض

فیلتر را انتخاب کنید.

شکل ۳۴- فیلتر روغن مستعمل

نکته ایمنی



چنانچه فیلتر کثیف به موقع عوض نشود، جریان عبور روغن به اندازهٔ کافی نخواهد بود. بنابراین سوپاپ اطمینان فیلتر باز شده، کمبود روغن مورد نیاز موتور، به صورت روغنی تصفیه نشده جبران می‌شود، که در بلند مدت، کاهش عمر موتور را به دنبال خواهد داشت.

## تمیزکاری فیلتر سوخت

تعویض به موقع فیلتر یا فیلترهای سوخت، غالباً فراموش می‌گردد، یا به موقع انجام نمی‌پذیرد. این موضوع باعث مشکلات زیر می‌گردد:

۱ فشار مضاعف به پمپ سوخت

۲ دیر روشن شدن خودرو

۳ افت کارایی موتور

۴ مکث موتور هنگام شتاب‌گیری



شکل ۳۵- یک نمونه فیلتر اولیه سوخت

بنابراین تعویض یک‌بار در سال فیلتر بنزین، به عنوان اصلی مهم در نگهداری خودرو، تضمین‌کنندهٔ کاهش خطر مسدود شدن فیلتر بنزین است.

## تعویض صافی های صنعتی

در طراحی اولیه توربین های گاز، سعی می شود تا با به کارگیری مسیرهای مناسب، یک سامانه فیلتر با افت فشار ناچیز ساخته شود.

در شرایط عملیاتی نیز کارکنان بهره بردار باید با بازدید و تنظیم افت فشار فیلتراسیون هوای ورودی، افت فشارهای موجود را در حد امکان کاهش دهند.

شست و شوی فیلتر توربین گازی با هوا، سامانه ای مؤثر و به نسبت کم هزینه است. در این سامانه، حسگرهای فشار، میزان افت فشار ناشی از قسمت های مختلف فیلتر را حس کرده، بنا به تنظیم انجام شده، با افزایش فشار بیشتر از حد خاصی، با باز شدن شیر سامانه، هوای فشرده، شست و شوی فیلتر انجام می گیرد.

صنایع مختلف شامل فرایندهای گوناگونی همراه با تجهیزات متفاوت هستند. تمیزکاری فیلترهای صنعتی مشابه فیلترهای معمولی است، ولی به دلیل تأثیرگذاری عملکرد هر دستگاه بر روی سایر تجهیزات، تمیزکاری یا تعویض این گونه فیلترها از حساسیت بیشتری برخوردار بوده، باید با دقت و ملاحظات خاصی صورت گیرد.

به عنوان مثال پمپ های خلأ روغنی معمولاً هر ۸۰۰ ساعت کارکرد، نیاز به یک بازدید اولیه (تعویض فیلتر روغن، فیلتر غبارگیر و تعویض روغن) دارند. این میزان، یک زمان متعارف و نسبی برای انجام بازدید پمپ خلأ است و با توجه به نوع کاربری و شرایط به کارگیری پمپ خلأ، این زمان متغیر است.

### تمیزکاری یک نمونه فیلتر

با اجازه و راهنمایی هنرآموز خود، فیلترهای هواکش آزمایشگاهی، بیولوژیکی، جاروبرقی، شارژی، یخچالی، تصفیه آب، ... و دیگر موارد موجود در کارگاه و آزمایشگاه هنرستان خود را با روش های تخلیه کردن، تکان دادن، شست و شو با آب، تمیزکاری با کمپرسور هوا، ... و سایر موارد تمیزکاری کنید.



فعالیت  
کارگاهی ۶



### تعویض فیلترهای موجود در کارگاه

با اجازه و راهنمایی هنرآموز خود، فیلترهای هواکش آزمایشگاهی، بیولوژیکی، جاروبرقی، شارژی، یخچالی، تصفیه آب، ... و دیگر موارد موجود در کارگاه و آزمایشگاه هنرستان خود را تعویض کنید.

فعالیت  
کارگاهی ۷



فعالیت  
کارگاهی ۸



### بازدید از مراکز تمیزکاری و تعویض فیلترها

با اجازه و راهنمایی هنرآموز خود فعالیت‌های زیر را انجام دهید:

- ۱ از یک مرکز تعمیراتی مانند یک تعمیرگاه خودرو، آب شیرین کن و ... در زمان تعویض و یا تمیزکاری فیلترهای وسایل، بازدید کنید.
- ۲ با تعمیرکاران لوازم خانگی و صنعتی در زمینه صافی و فیلتراسیون، گفت‌گو کرده، از آنها کسب تجربه کنید.

تحقیق  
کنید



از طریق گروه‌های کلاسی در زمینه‌های معرفی شده زیر، تحقیقی به عمل آورده، آن را در کلاس ارائه کنید.

- ✓ کاربرد انواع فیلتراسیون
- ✓ کاغذ صافی آزمایشگاهی
- ✓ صافی‌های پارچه‌ای
- ✓ صافی‌های جاروبرقی
- ✓ صافی هوای قابل استفاده در کارگاه و آزمایشگاه
- ✓ هواکش آزمایشگاهی و بیولوژیکی
- ✓ صافی یخچال
- ✓ صافی لوازم خانگی

پرسش



- ۱- همراه با شکل ساده، کلمات زیر را تعریف کنید:
- الف) فیلتر (ب) فیلتراسیون (پ) دوغاب (ت) کیک فیلتر (ث) صافاب
- ۲- تفاوت فیلتراسیون سطحی و عمقی در چیست؟
- ۳- ترتیب انواع فیلتراسیون را بر حسب اندازه‌های حفره‌های مدیای آنها بنویسید.
- ۴- با رسم شکل ساده، تفاوت پدیده‌های اسمز و اسمز معکوس را نشان دهید.
- ۵- تفاوت‌ها و شباهت‌های فیلتر کارتریجی و پیچی را در جدولی خلاصه کنید.
- ۶- در خودروهای خاص، از چه نوع فیلتری استفاده می‌شود؟ چرا؟
- ۷- دلیل ایجاد افت فشار در صافی‌ها را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۸- منظور از کار گرم و سرد چیست؟
- ۹- فرایند تمیزکاری شیمیایی به چند رشته تقسیم‌بندی می‌شود؟
- ۱۰- تفاوت تمیزکاری‌های شیمیایی، فیزیکی و حرارتی را بنویسید.
- ۱۱- زمان مناسب تمیزکاری یا تعویض صافی، به چه عامل‌هایی بستگی دارد؟



## ارزشیابی شایستگی عملکرد صافی ها

### شرح کار:

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 کار، وسایل را تمیز و سالم به حالت اولیه برگرداند.

استاندارد عملکرد: شناسایی فیلتر و اجزای آن، از کار خارج کردن آن و باز کردن، پاک کردن و جاگذاری مجدد آن طبق دستور کار.

شاخص ها: رعایت مسائل ایمنی هنگام کار - انجام کار طبق دستور کار و با کیفیت قابل قبول

### شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط مکان: کارگاه مجهز و ایمن شرایط دستگاه: بازدید شده و سالم زمان: یک جلسه آموزشی

### ابزار و تجهیزات: استفاده از وسایل ایمنی شخصی و تجهیزات

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	شناسایی فیلتر و اجزای آن	۲	
۲	خواندن اختلاف فشار دو سر فیلتر	۱	
۳	هماهنگی با اتاق فرمان به منظور در سرویس قرار دادن فیلتر جدید	۱	
۴	باز کردن، پاک کردن و جاگذاری فیلتر	۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲- نگرش: صرفه جویی در آب مصرفی مبدل ها ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی های غیر فنی: ۱- اخلاق حرفه ای ۲- مدیریت منابع ۳- مستندسازی: گزارش نویسی	۲	
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.



## پودمان ۴

# روانکاری تجهیزات



توجه به روانکاری تجهیزات، تأثیر بسزایی در کاهش مصرف انرژی و هزینه‌ها خواهد داشت.

## واحد یادگیری ۴

### روانکاری تجهیزات

#### مقدمه

روانکاری به عنوان علم تسهیل حرکت نسبی سطوح در تماس با یکدیگر تعریف شده است. روان کننده ماده‌ای است که برای کاهش اصطکاک بین دو سطح، در بین آنها قرار می‌گیرد. روانکاری تجهیزات، افزایش عمر مفید دستگاه‌ها، کاهش مصرف انرژی و هزینه‌ها را در پی دارد. در این پودمان هنرجویان با تهیه چند نمونه روغن روان کننده، روانکاری پمپ‌ها، کمپرسورها آشنا می‌شوند. در ابتدای این پودمان، مطالب تئوری مربوط به روانکاری، انواع روانکارها، روش تهیه روغن‌های پایه از نفت خام، ویژگی‌ها، خواص فیزیکی و شیمیایی روانکارها مطرح شده و در بخش‌های دیگر، مطالبی در مورد سامانه‌های روانکاری پمپ‌ها و کمپرسورها ارائه شده است.

#### استاندارد عملکرد

تهیه چند نمونه روانکار و بازرسی دوره‌ای سطح سیال روانکار و انجام دوره‌ای تخلیه و بارگیری سیال روانکار مطابق دستور کار

#### شایستگی‌های غیر فنی

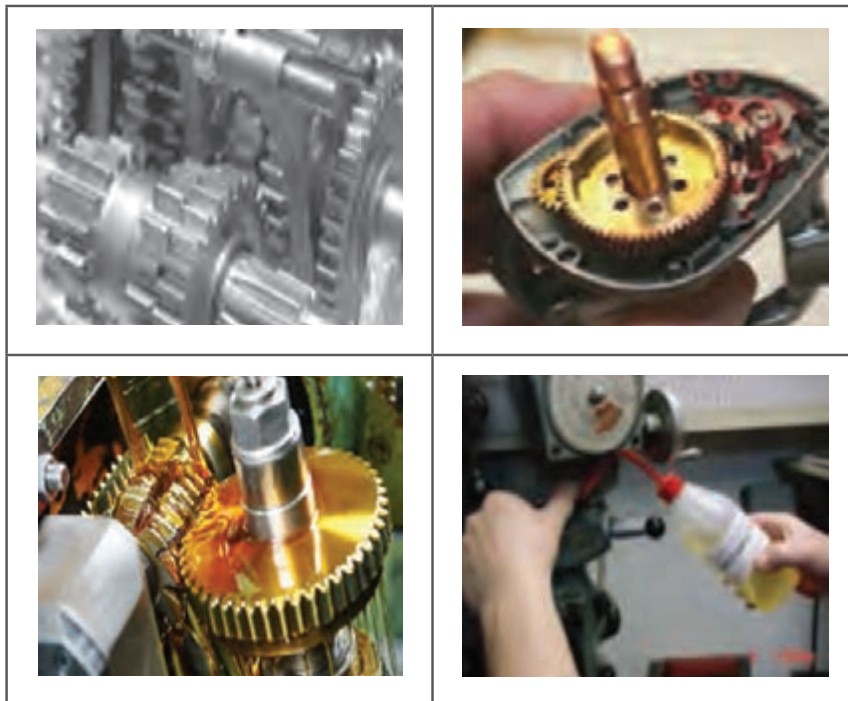
- ۱ اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت‌شناسی، انجام وظایف و کارهای محوله، پیروی از قوانین
- ۲ مدیریت منابع: شروع به کار به موقع، مدیریت مؤثر زمان، استفاده از مواد و تجهیزات
- ۳ کار گروهی: حضوری فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام کارها و وظایف محوله
- ۴ مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت‌های کارگاهی
- ۵ محاسبه و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

#### پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود

- ۱ چند نمونه روغن روان کننده را تهیه نمایند.
- ۲ روانکاری پمپ‌ها را انجام دهند.
- ۳ روانکاری کمپرسورها را انجام دهند.
- ۴ نظافت محیط و تجهیزات را انجام دهند.

آیا تاکنون از باز و بسته شدن یک درِ فلزی، به دلیل صدای ناخوشایند آن آزرده شده‌اید؟ به نظر شما، علاج مشکل چیست؟

بحث  
گروهی

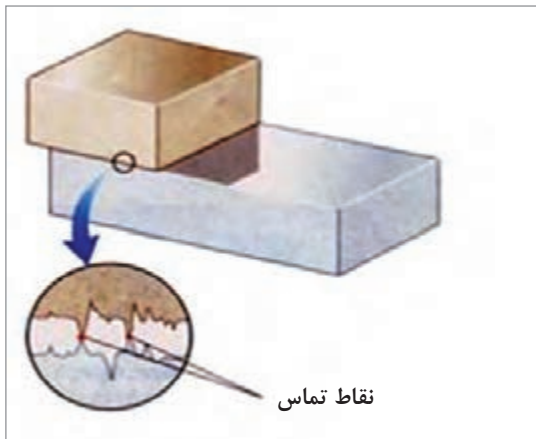


فیلم آموزشی روانکاری

فیلم



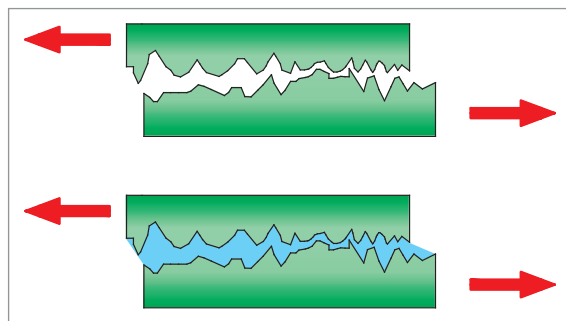
بسیاری از ما با کلمهٔ روانکاری آشنا هستیم، ولی از معنی و مفهوم علمی و فنی آن آگاه نیستیم. در یک تعریف ساده، روانکاری، روشی است برای جلوگیری از اصطکاک و سایش سطوح متحرکی که روی یکدیگر قرار می‌گیرند. اصطکاک، عبارت از نیرویی است که در برابر حرکت یک سطح بر روی سطح دیگر، مقاومت می‌کند. بنابراین اصطکاک وقتی وجود دارد که سطوح نسبت به یکدیگر دارای حرکت باشند. ولی منشأ اصطکاک در کجاست؟



در حقیقت، سطح واقعاً صاف وجود ندارد و اغلب سطوح، دارای پستی و بلندی‌هایی در اندازه میکرون هستند (شکل ۱). نیروی فشاری بین سطوح مختلف باعث می‌شود تا این بلندی‌ها تغییر شکل پیدا کرده و به اصطلاح به یکدیگر جوش سرد بخورند. با افزایش نیروی فشاری، تعداد این نقاط زیادتر شده و نیروی لازم برای شکست این جوش‌ها بیشتر خواهد شد.

شکل ۱- پستی و بلندی سطوح در تماس با یکدیگر

به عبارت دیگر می‌توان گفت که: «نیروی اصطکاک، مقاومت در برابر حرکت دو سطح در تماس با یکدیگر است.» همان‌طور که می‌دانید، وجود اصطکاک در اغلب ماشین‌آلات، نامطلوب بوده و همواره در پی کم کردن و یا حذف آن هستیم. چرا که باعث فرسایش، ایجاد حرارت و در نهایت کم شدن عمر مفید تجهیزات خواهد شد. همان‌طور که بیان شد روانکاری از مهم‌ترین روش‌های حل این مشکل است (شکل ۲). توجه داشته باشید هیچ‌گاه نمی‌توان اصطکاک را به‌طور کامل حذف نمود، یعنی حتی در حالت روانکاری هم اصطکاک وجود دارد. اصطکاک را در صورت وجود روانکار، «اصطکاک تر» و در صورت موجود نبودن روانکار، «اصطکاک خشک» می‌نامند. در صنعت همواره تلاش می‌شود تا اصطکاک خشک به اصطکاک تر تبدیل شود. برای جداسازی سطوح در تماس با یکدیگر، می‌توان از مقدار کافی روانکار استفاده کرد. بنابراین وظیفه اصلی روانکار، کاهش میزان اصطکاک بین سطوح متحرک و ثابت است.



شکل ۲- جداسازی سطوح توسط روانکار

اگر دو چرخه خود را مدت زمان زیادی روانکاری نکنید، چه پیامدهایی خواهد داشت؟

بحث  
گروهی



## وظایف روانکارها

روغن‌های روان‌کننده بسته به شرایط کار دستگاه، وظایف زیر را دارند:

- ۱ روانکاری:** روانکاری عبارت است از تشکیل لایه‌ای از روغن با ضخامت مناسب بین قطعات متحرک به منظور کمتر کردن اصطکاک و ساییدگی قطعات در هنگام کار.
- ۲ انتقال حرارت:** انتقال حرارت ایجاد شده از سطوح مورد نظر و خنک کردن قطعات متحرک.
- ۳ ضربه‌گیری:** یکی از ویژگی‌های مهم روغن، کاهش تأثیر نامطلوب ضربات در هنگام انجام حرکت مکانیکی روی قطعات است، بدین معنی که روغن از تأثیر منفی ضربه‌های قطعات بر یکدیگر جلوگیری می‌کند.
- ۴ حفاظت از سطوح:** روانکارها، سطوح قطعات فلزی را در مقابل زنگ‌زدگی و خوردگی شیمیایی محافظت می‌کنند.
- ۵ آب‌بندی:** آب‌بندی قطعات نیز از ویژگی‌های مهم روغن است. برای مثال، روغن موتور با تشکیل لایه‌ای از روغن بین پیستون و سیلندر در موتورهای احتراق داخلی از فرار گازهای متراکم شده، جلوگیری می‌کند.
- ۶ انتقال مواد و تمیزکاری:** روانکارها ذرات ناشی از ساییدگی قطعات و مواد ناشی از تجزیه روغن و سوخت را به صورت معلق نگه‌داشته و با خود حمل می‌کنند. با این کار تمیزکردن قطعات و جلوگیری از ته‌نشینی آلودگی‌ها توسط روانکارها انجام می‌شود.
- ۷ صرفه‌جویی:** استفاده از روانکارها، به دلیل کاهش اصطکاک، موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود. بسته به کاربرد روغن، موارد ذکر شده ممکن است بعضی از وظایف اصلی روغن (روانکار) و بقیه به‌عنوان وظایف فرعی مطرح باشد.

روغن‌ها برای اینکه بتوانند وظایف خود را به‌درستی انجام دهند باید دارای ویژگی‌های معینی باشند.

## خواص ضروری روانکارها

روغن‌های روان‌کننده باید خواص و ویژگی‌های زیر را داشته باشند:

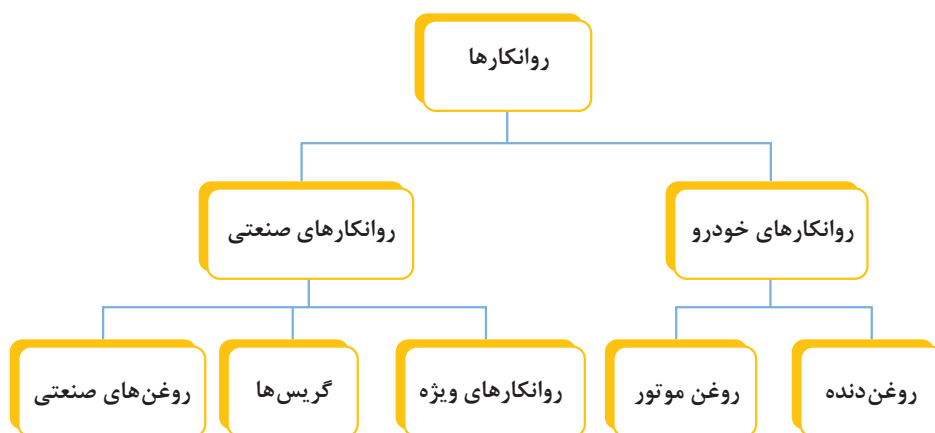
- ۱ گرانروی مناسبی داشته باشند تا لایه (فیلم) روغن با ضخامت مناسب تشکیل شود و وظایف کم شدن اصطکاک و ساییدگی، انتقال حرارت، ضربه‌گیری و آب‌بندی را به‌خوبی انجام دهند.**
- ۲ گرانروی خود را در محدوده دمایی کاری حفظ کنند تا لطمه‌ای به انجام وظایف آنها وارد نشود.**
- ۳ در مقابل تجزیه حرارتی و اکسید شدن مقاومت داشته باشند.**
- ۴ باعث زنگ‌زدگی و خوردگی قطعات، که توسط مواد اسیدی و ساینده به‌وجود می‌آید، نشوند.**
- ۵ دارای مواد پاک‌کننده و معلق مناسب باشند تا از ته‌نشینی رسوب‌ها در لابه‌لای قطعات جلوگیری نمایند.**
- ۶ مواد آلوده‌کننده خارجی مثل گرد و خاک و... همراه نداشته باشند.**
- ۷ در هنگام کار و استفاده از آنها ایجاد کف نکنند.**

ویژگی‌های ذکر شده در تمام روغن‌ها به‌طور مشترک ضروری است ولی ممکن است در هر مورد خاص، موارد معینی از آنها اولویت داشته باشد.



به نظر شما آیا می‌توان از یک روغن خاص برای روانکاری هر وسیله‌ای استفاده کرد؟

شکل ۳، طرح ساده‌ای از تقسیم‌بندی انواع روانکارها را برحسب نوع کاربرد آنها نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید روانکارها را در یک نگاه کلی می‌توان به دو دسته بزرگ روانکارهای خودرو و روانکارهای صنعتی تقسیم کرد. روانکارهای خودرو نیز به دو دسته روغن دنده و روغن موتور تقسیم‌بندی می‌شوند. روانکارهای صنعتی نیز به سه دسته عمده شامل روغن‌های صنعتی، گریس‌ها و روانکارهای ویژه دیگر مثل روانکارهای فلزکاری<sup>۱</sup> و... تقسیم می‌شوند.



شکل ۳- طرح ساده‌ای از تقسیم‌بندی انواع روانکارها برحسب نوع کاربرد

روانکارها را از نظر نوع حالت نیز می‌توان به چهار دسته روان‌کننده‌های گازی، مایع، جامد و نیمه جامد (گریس‌ها) طبقه‌بندی کرد. در ادامه به توضیح هر کدام از این روانکارها پرداخته می‌شود.

**الف) روانکارهای گازی:** روانکارهای گازی مانند هوا، هلیوم، بخار مایعات و... در دماهای خیلی بالا و یا پایین و یا در مواردی که پرتوهای هسته‌ای در محیط وجود دارند، استفاده می‌شوند. یکی از خصوصیات بسیار مهم روانکارهای گازی این است که گرانشی آنها با تغییر دما، تغییر چندانی نمی‌کند و به همین دلیل این روانکارها، کاربردهای وسیعی در صنعت دارند. روانکارهای گازی اصطکاک کمی دارند، عاری از ناخالصی‌اند و خاصیت سرریزی را ندارند. علاوه بر آن، این نوع روانکارها به دلیل سرریز نکردن، می‌توانند مواد مطمئنی در صنایع غذایی، دارویی و شیمیایی باشند. روانکاری راکتورهای اتمی، ماشین‌های ریسندگی پرسرعت، توربین‌های گازی، موتورجت، اولتراسانتریفیوژها<sup>۲</sup> و... از جمله موارد کاربرد این دسته از روانکارها هستند.

۱- به فرایند کار کردن با فلزات برای ساخت محصولات فلزی، فلزکاری می‌گویند.





شکل ۴- یک نوع روانکار مایع

ب) **روانکارهای مایع:** این نوع روانکارها، اغلب مایعاتی هستند که با اعمال فشار می‌توانند به خوبی به فضای میان دو سطح نفوذ کرده و سطوح مورد نظر را روانکاری کنند. روانکارهای مایع علاوه بر روانکاری، گرمای میان سطوح در حال تماس را جذب کرده و آن را از محیط خارج می‌سازند. این روانکارها از مواد معدنی مانند نفت خام، قطران زغال سنگ و یا از منابع طبیعی مانند گیاهان و در بعضی موارد از حیوانات ساخته می‌شوند (شکل ۴).

در بین انواع روانکارها، روانکارهای مایع بیشترین کاربرد را دارند و در سه دسته زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

■ روغن‌های پایه طبیعی (حیوانی، گیاهی و معدنی)<sup>۱</sup>

■ روغن‌های مصنوعی<sup>۲</sup>

■ روغن‌های نانو<sup>۳</sup>

اغلب روغن‌ها به صورت مستقیم و خالص قابل استفاده نیستند، به این جهت آنها را با مواد افزودنی<sup>۴</sup> خاصی مخلوط می‌کنند تا بتوانند گرانش و خواص مورد نظر را در آنها ایجاد کنند. در بازار بیش از ۳۰۰ نوع روغن مایع موجود است که کاربردهای متنوعی دارند. در این میان روغن‌های زیر از اهمیت و کاربرد بیشتری برخوردار هستند:

■ روغن‌های خودرو؛

■ روغن‌های چرخ دنده؛

■ روغن‌های یاتاقان؛

■ روغن‌های موتورهای الکتریکی؛

هر کدام از روانکارها و روغن‌های ذکر شده دارای استاندارد خاصی هستند. از مهم‌ترین آنها روغن موتور خودروها است که کاربرد وسیعی در صنعت دارد.

## روانکارهای پایه طبیعی

– **روغن‌های حیوانی:** با روغن‌های حیوانی به خوبی آشنا هستید، از جمله این روغن‌ها می‌توان روغن پیه نهنگ، روغن دنبه، روغن خوک و روغن پاچه گاو را نام برد. این روغن‌ها قبلاً برای روغن‌کاری موتور اتومبیل به کار گرفته می‌شدند، ولی اکنون در چرم‌سازی مصرف دارند. از دیگر روغن‌های حیوانی، روغن «گراز دریایی» است که در دباغی و

۱- Mineral Oils

۲- Synthetic Oil

۳- Nano Oil

۴- Additive

صابون‌سازی کاربرد دارد. همه روغن‌های مذکور ریشه حیوانی داشته و در دمای معمولی با ثبات هستند، ولی در دماهای بالا ثبات و پایداری خود را از دست داده و تجزیه می‌شوند. از این روغن‌ها برای روغن‌کاری چرخ‌های خیاطی، ساعت‌ها و ماشین‌آلات سبک استفاده می‌گردد. از روغن «چنگال گراز دریایی» جهت روغن‌کاری ساعت‌های گران‌قیمت، آلات و ابزار دقیق، نفیس و حساس بهره گرفته می‌شود. هیچ‌یک از روغن‌هایی که ریشه حیوانی دارند، برای روغن‌کاری موتورهای احتراق داخلی مناسب نیستند، زیرا در دماهای بالا با تولید اسیدهای چرب، باعث خوردگی قطعات موتور می‌شوند. این روغن‌ها به عنوان روان‌ساز در صنایع آرایشی، غذایی، صابون‌ها و شوینده‌ها نیز کاربرد دارند.

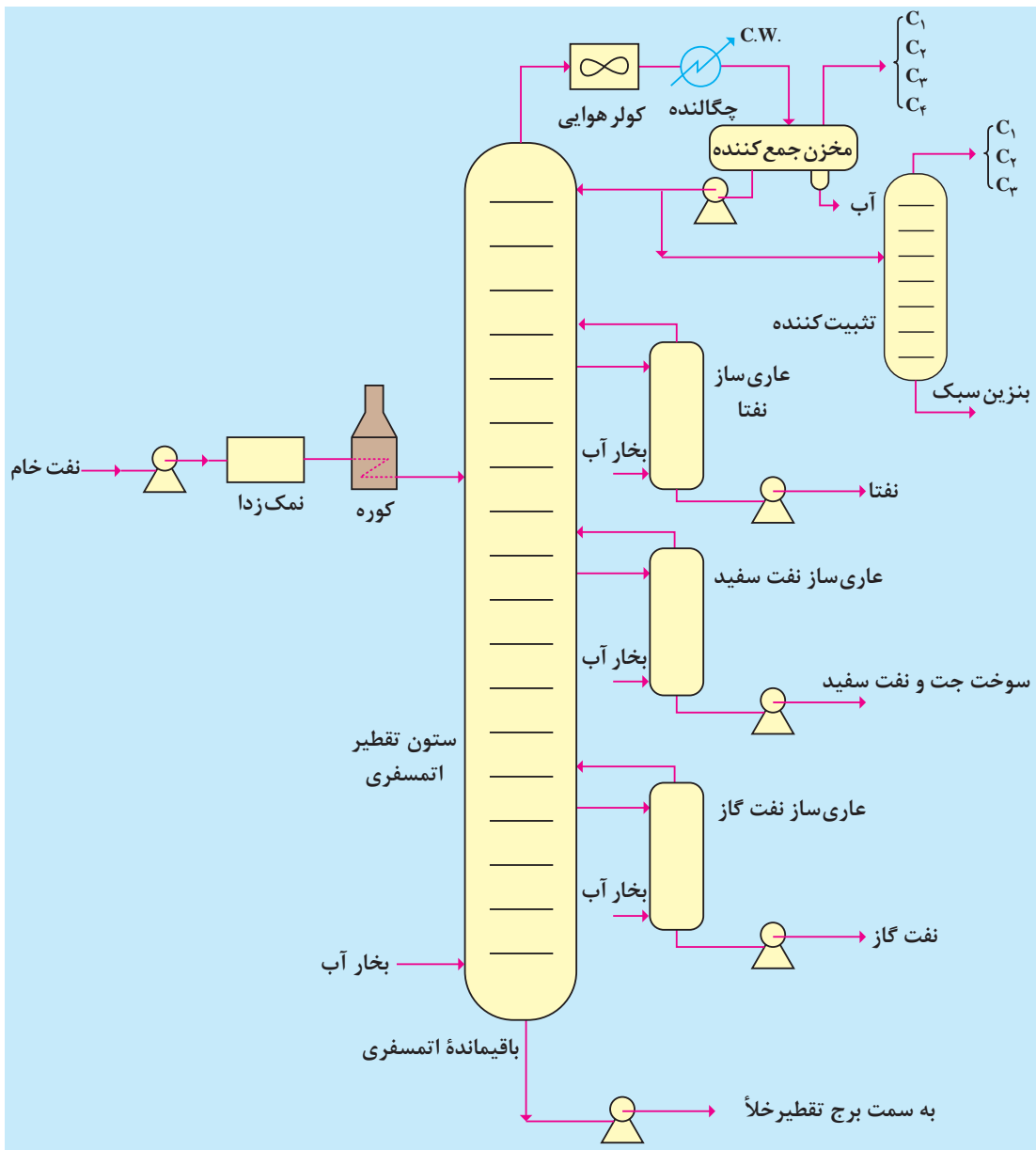
**– روغن‌های گیاهی:** روغن‌های گیاهی، مانند روغن کرچک، زیتون، پنبه‌دانه، هسته انگور و ... روغن‌هایی هستند که پایه گیاهی دارند. این روغن‌ها زمانی که در معرض هوا قرار گیرند با اکسیژن هوا ترکیب شده و اکسید می‌شوند. روغن‌های گیاهی و حیوانی، اصطکاک کمتری نسبت به روغن‌های معدنی دارند، و می‌توانند براده‌ها و ساییدگی‌های فولاد را از بین ببرند، به همین دلیل برای برش فولادهای سخت، از روغن پنبه‌دانه به عنوان روغن برش استفاده می‌شود.

**– روغن‌های معدنی:** امروزه روغن‌هایی که ریشه معدنی دارند به طور گسترده‌ای در موتورهای احتراق داخلی همچون موتور پیستونی اتومبیل و هواپیما به کار گرفته می‌شوند. زیرا به آسانی قابل پمپ کردن بوده و به راحتی به صورت ذرات ریز تبدیل می‌شوند. از طرفی، روغن‌های مایع توانایی بسیار خوبی در جذب حرارت و پخش آن دارند و لایه روان‌ساز خوبی بین قطعات متحرک به وجود می‌آورند.

#### مزایای روغن‌های معدنی عبارت‌اند از:

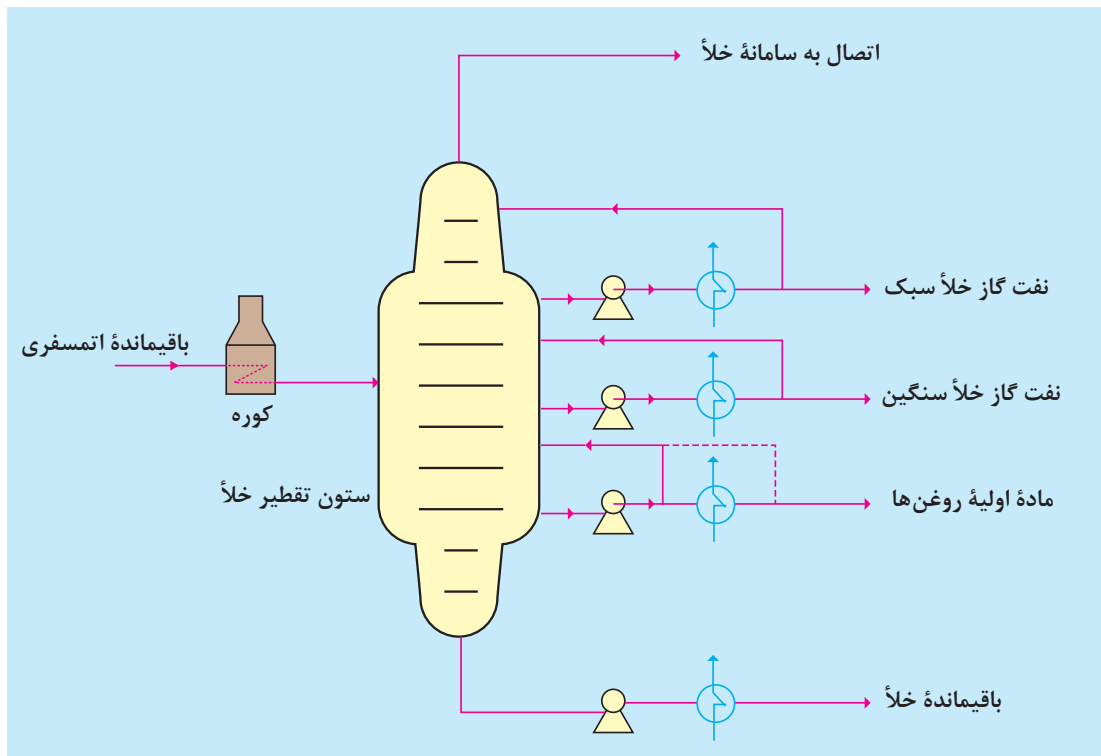
- ۱ خواص فیزیکی و شیمیایی آنها را در هنگام تولید می‌توان به خوبی کنترل کرد.
- ۲ قابلیت تحمل طیف وسیعی از دما را دارند.
- ۳ با مواد شیمیایی آلی، قابل مخلوط شدن هستند.
- ۴ ارزان بوده و به راحتی در دسترس هستند.
- ۵ دارای پایداری و مقاومت مناسبی می‌باشند.
- ۶ از نظر شیمیایی بی‌اثر بوده و غیر خورنده هستند.
- ۷ قابلیت جذب و انتقال حرارت بالایی دارند.

**روش تهیه روغن‌های معدنی:** اغلب روغن‌های معدنی از نفت خام به دست می‌آیند. نفت خام پس از استخراج و جدا شدن گازها و نمک‌های محلول در آن، توسط پمپ‌های مخصوص وارد پالایشگاه‌های نفت می‌شود و با انجام عملیات تقطیر، فراورده‌های مختلفی از جمله روغن‌های معدنی از آن به دست می‌آید (شکل ۵).



شکل ۵- تقطیر اتمسفری نفت خام

باقیمانده تقطیر اتمسفری به برج تقطیر در خلأ فرستاده می شود (شکل ۶). یکی از محصولات برج تقطیر خلأ، برش روغن های معدنی<sup>۱</sup> است که به عنوان ماده اولیه روغن به کارخانه های روغن سازی ارسال می شود.



شکل ۶- تقطیر خلأ باقیمانده اتمسفری

### واحدهای روغن سازی

خوراک اولیه کارخانجات روغن سازی، از برج تقطیر در خلأ به دست می آید. برش های حاصل از تقطیر، ترکیبات نامطلوبی دارند که برای روانکاری مناسب نیستند. وجود بعضی از ترکیبات در روغن باعث می شود که روغن پس از مدت کوتاهی سیاه شده و گرانشی آن بالا رود، همچنین این ترکیبات ممکن است تولید اسید کرده و در داخل روغن به صورت نامحلول باقی بماند. وظیفه واحدهای روغن سازی جدا نمودن ناخالصی های موجود در روغن و تولید روغن پایه با کیفیت مناسب است. به عنوان مثال مواد آروماتیکی سنگین، موم ها (پارافین های سنگین) و... باید از روغن جدا شوند.

### واحدهای پالایشگاهی تولید روغن:

**۱ واحد فورفورال:** وجود هیدروکربن های آروماتیک در روغن های روانکار مناسب نیست، زیرا موجب اکسید شدن، سیاه شدن، تولید لجن، و ایجاد ویژگی های نامطلوب در روغن می شود. در واحد استخراج، با استفاده از حلال فورفورال، این گونه مواد موجود در روغن های اولیه از آنها جدا می گردد.

خوراک ورودی (ماده اولیه روغن) ابتدا توسط تعدادی مبدل، پیش گرم شده و وارد برج جداکننده می شود. در این برج از بالا حلال فورفورال و از پایین خوراک گرم شده وارد می شود. به دلیل اختلاف چگالی، خوراک گرم شده و

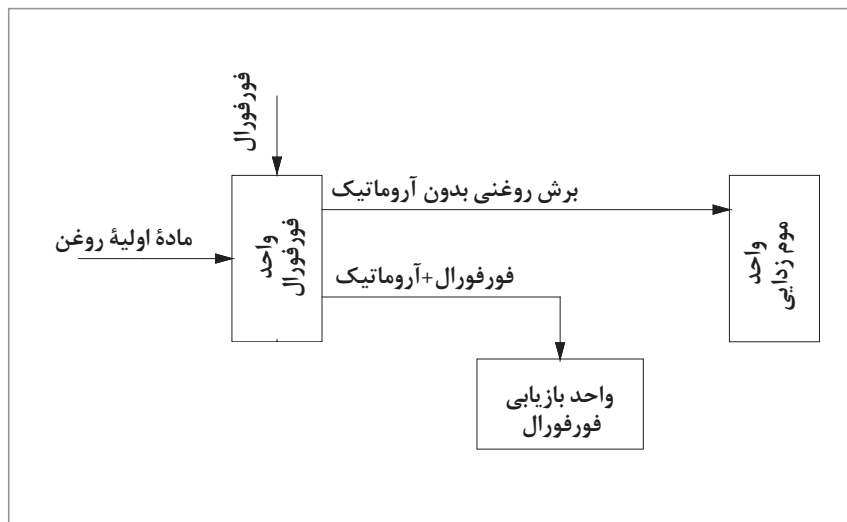
## بودمان چهارم: روانکاری تجهیزات

فورفورال در جهت مخالف یکدیگر شروع به حرکت می‌کنند. در این مرحله چون فورفورال خاصیت انتخاب پذیری مواد آلی را دارد، تا حدود زیادی مواد آروماتیکی سنگین را جدا کرده و به سمت پایین برج هدایت می‌شود و از بالای برج نیز محصولی که حاوی برش‌های سبک روغنی است، خارج شده و به واحد موم‌زدایی ارسال می‌شود.

نکته ایمنی



فورفورال یک حلال آلی بدون رنگ و دارای بوی تند و تیزی است. این ماده، اندکی سمی بوده و حلال بیشتر مواد آلی است و مواد غیرآلی در آن نامحلول هستند. از لحاظ حرارتی پایدار بوده و خواص فیزیکی آن تقریباً تا ۲۳۰ درجهٔ سلسیوس ثابت می‌ماند.



شکل ۷- نمای ساده‌ای از واحد استخراج با فورفورال

مواد پایین برج واحد فورفورال، پس از جداسازی حلال فورفورال، برای استفاده در صنایع لاستیک‌سازی، سوخت کوره و... فرستاده می‌شود.

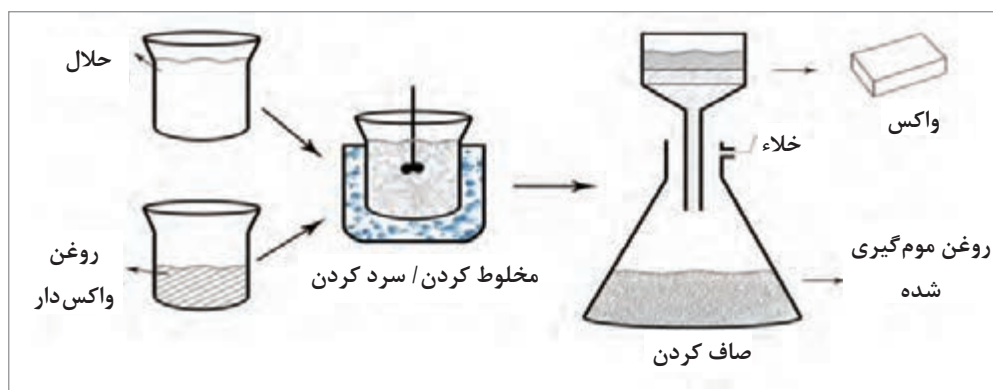
**۲ واحد موم‌زدایی:** واحد موم‌زدایی به دلیل استفاده از حلال متیل اتیل کتون<sup>۱</sup> (MEK) به این نام معروف است و عملیات جداسازی موم (واکس<sup>۲</sup>) را انجام می‌دهد. خوراک این واحد که از واحد فورفورال تأمین می‌شود، حاوی پارافین‌های سنگین و موم‌هایی با نقطهٔ ریزش<sup>۳</sup> بالا است. برای پایین آوردن نقطهٔ ریزش روغن، موم را باید از آن جدا کرد.

در این عملیات، خوراک را تحت شرایط معینی با حلال (مخلوط تولوئن و متیل اتیل کتون) مخلوط کرده و سپس سرد می‌کنند (۱۰- تا ۲۵- درجهٔ سلسیوس). در این مرحله بلورهای پارافینی سنگین (واکس) تشکیل شده

۱- Methyl - ethyl - ketone

۲- Wax

و به صورت مواد نامحلول در حلال، ظاهر می‌شوند. سپس با عبور مخلوط از صافی‌های مناسب، موم متبلور، از روغن و حلال جدا می‌شود. موم حاصله پس از انجام عملیات تکمیلی، به عنوان محصول جانبی پالایشگاه، به صورت پارافین جامد به بازار عرضه می‌گردد (شکل ۸).  
 برش صاف شده، به ستون تقطیر ارسال می‌شود تا حلال از روغن جدا شود. حلال بازیابی شده به واحد موم‌گیری بازگردانده شده و روغن برای عملیات نهایی به واحد مربوطه فرستاده می‌شود.



شکل ۸- جداسازی موم از روغن

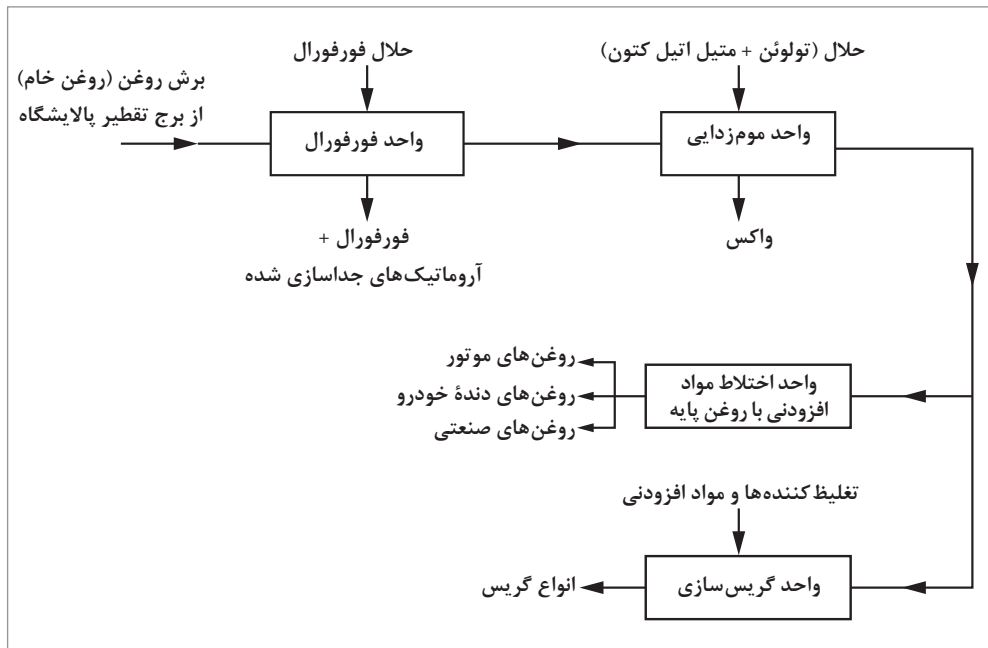
توجهات زیست‌محیطی حلال‌های فورفورال و متیل اتیل کتون را با استفاده از برگه‌های MSDS تهیه کرده و در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



**۳ واحد تصفیه نهایی:** پس از عملیات استخراج با فورفورال و موم‌زدایی، روغن معمولاً مشخصات فیزیکی لازم را به دست می‌آورد ولی بد رنگ و ناپایدار است. هدف از عملیات تصفیه، بهبود رنگ و افزایش پایداری روغن است. پیش از این، تصفیه روغن به وسیله خاک‌های جاذب رنگ بر انجام می‌شد، ولی از سال ۱۳۳۹ شمسی (۱۹۶۰ میلادی) بیشتر از روش‌های تصفیه با هیدروژن<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. در این روش با حذف ناخالصی‌های گوگردی، نیتروژنی و اکسیژنی توسط هیدروژن، رنگ روغن بهبود و پایداری آن افزایش می‌یابد و گاهی نیز گرانیوی روغن بهتر می‌شود.  
 محصول نهایی واحد تصفیه، روغن پایه نام دارد و با افزایش مواد افزودنی، برای تولید انواع روانکارها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در شکل ۹ نمودار کلی یک واحد روغن سازی (بدون تصفیه با هیدروژن) نشان داده شده است.



شکل ۹- فرایند تولید روغن‌های روان‌کننده

امروزه کلیه روانکارها اعم از معدنی و یا مصنوعی، برای داشتن کارایی مناسب و مطلوب، نیازمند افزودن مواد شیمیایی دیگری (افزودنی‌ها) هستند که بتوانند خواص مورد نیاز را در روانکار ایجاد نمایند. این مواد شیمیایی ضمن اینکه خواص جدیدی به روانکار می‌دهند، می‌توانند برخی از ویژگی‌های موجود در روانکار را تقویت و از بروز برخی پدیده‌های نامطلوب جلوگیری نمایند. همچنین این مواد شیمیایی موجب طولانی‌تر شدن عمر روانکار می‌شوند. کارایی یک روانکار به کیفیت روغن پایه و نوع و میزان افزودنی‌های آن بستگی دارد. مواد افزودنی مورد استفاده ممکن است یک یا چند گروه از انواع زیر باشند:

- ✓ بازدارنده‌های اکسایش<sup>۱</sup>؛
- ✓ بهبود دهنده‌های گرانش<sup>۲</sup>؛
- ✓ مواد پایین آورنده نقطه ریزش<sup>۳</sup>؛
- ✓ مواد افزودنی پاک‌کننده و معلق‌کننده<sup>۴</sup>؛
- ✓ ضد کف‌ها<sup>۵</sup>؛

- ۱- Anti Oxidants
- ۲- Viscosity Index Improver
- ۳- Pour Point Depressants
- ۴- Dispersants and Detergents
- ۵- Anti Foams/ Defoamers



- ✓ امولسیون کننده و جداکننده امولسیون<sup>۱</sup>؛
- ✓ مواد ضدسائیدگی<sup>۲</sup>؛
- ✓ مواد ضد خوردگی و ضد زنگ زدگی<sup>۳</sup>.

در تهیه روانکارها، مقدار افزودنی‌ها از چند ppm تا ۵ درصد وزنی می‌تواند تغییر کند.

### روغن‌های مصنوعی

با توجه به قدرت و بازدهی بالای موتورهای پیشرفته امروزی که در شرایط سختی کار می‌کنند، روانکاری قطعات آنها توسط روغن‌های تولید شده از هیدروکربن‌های معدنی امکان‌پذیر نیست. همچنین برای صنعت هواپیمایی، کمبود روغن موتور با نقطه ریزش خیلی پایین و نیاز به روغن‌های با کیفیت‌های بالا، باعث استفاده روزافزون و توسعه روغن‌های مصنوعی<sup>۴</sup> (سنتزی) شده است. برخلاف روغن‌های معدنی که از تصفیه نفت خام به دست می‌آیند، روغن‌های مصنوعی از طریق متصل کردن یک یا چند جزء آلی مشخص با وزن مولکولی کم در شرایط تنظیم شده، ساخته می‌شوند.

مشخصه‌های بارز روغن‌های مصنوعی عبارت‌اند از:

- ۱ تغییرات کم گرانروی نسبت به تغییرات دما؛
- ۲ ثبات شیمیایی و پایداری؛
- ۳ طول عمر بالا؛
- ۴ مقاومت در برابر اکسایش، پرتوهای رادیواکتیو و حرارت؛
- ۵ فرآیند کم؛

روغن‌های مصنوعی دارای قیمت‌های بیشتری نسبت به روغن‌های معدنی می‌باشند و همین امر باعث شده است که روغن‌های معدنی در صنایع و ماشین‌آلات، موارد استفاده زیادی داشته باشند.

روغن‌های مصنوعی نیاز به فرایندهای پیچیده و هزینه‌های بالای تولید دارند.

**روغن‌های نانو:** فناوری نانو با آرایش اتم‌ها در مقیاس نانومتری، از کنار هم قرار گرفتن صدها اتم در اندازه نانومتر، خصوصیات جدید و ممتازی را در مواد ایجاد می‌کند. این فناوری در زمینه‌های مختلف علمی وارد شده و در صنایع مختلف نیز، محصولاتی بر این پایه ایجاد شده است. در این میان، افزودنی‌های روغن موتور و سوخت نیز تحت تأثیر نانوفناوری قرار گرفته و محصولات مربوطه، وارد بازار شده است. نانوذرات در فاصله بین دو سطح درگیر شده و در سوراخ‌های بسیار ریز سطوح قرار می‌گیرند و خواص ضد اصطکاک و ضدسایش، نسبتاً بالایی در سطوح ایجاد می‌کنند. به همین جهت می‌توان از آنها در فرمولاسیون روغن استفاده نمود. در واقع این توانایی

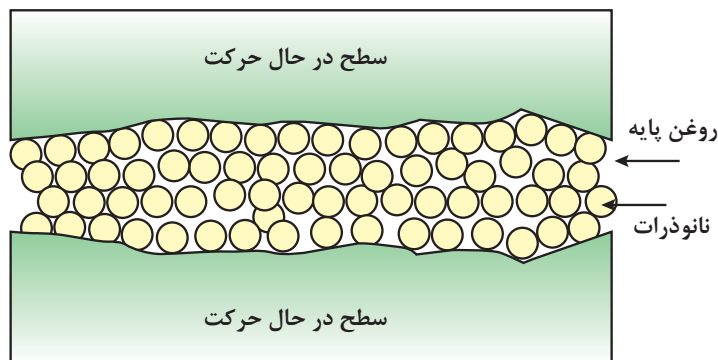
۱- Emulsifiers and Demulsifiers

۲- Anti Wear

۳- Anti Corrosion & Anti Rust

۴- Synthetic

نانوذرات، به کروی بودن آنها مربوط می‌شود که مانند ساچمه بلبرینگ (شکل ۱۰) قرار گرفته و موجب کاهش اصطکاک می‌شوند. نانو ذره نیکل به‌عنوان یک ضد سایش و ضد اصطکاک در روغن‌های روان‌کننده به کار می‌رود. نانو افزودنی‌های روغن، به‌طور اساسی بر صرفه‌جویی سوخت و بازدهی بیشتر موتور تأثیر دارند.



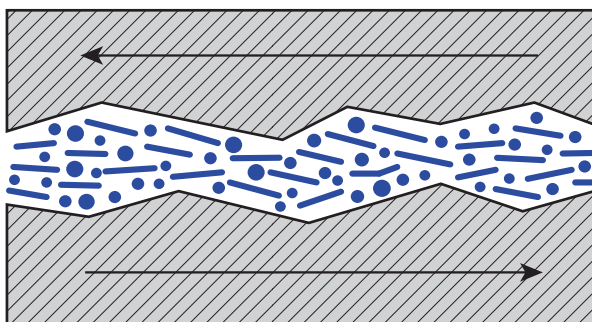
شکل ۱۰- عملکرد نانوذرات در روغن

به‌طور کلی، خواصی که برای نانو افزودنی‌ها ذکر شده است عبارت‌اند از: کاهش اصطکاک، کاهش ساییدگی، ترمیم سطوح درگیر و بهبود خواص سطحی، افزایش عمر موتور، کاهش هزینه تعمیر و نگهداری، کاهش صدای موتور و گازهای آلاینده، جلوگیری از اکسایش روغن و تمیز کردن سامانه سوخت‌رسانی.

**پ) روانکارهای جامد:** روانکارهای جامد به‌عنوان یک لایه نازک بر روی سطوح در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند تا این سطوح به‌راحتی بر روی یکدیگر بلغزند (شکل ۱۱). به‌کارگیری این نوع از روانکارها با پیشرفت فناوری‌ها، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این روانکارها دارای مقاومت بسیار پایین، سختی کم، پیوستگی بالا، پایداری حرارتی و خنثی بودن از لحاظ شیمیایی هستند. همچنین این روانکارها برای کار در شرایط به‌خصوص مانند خلأ، دمای زیاد و تجهیزاتی مثل راکتورهای هسته‌ای استفاده می‌شوند. مقاومت در خلأ، دماهای زیاد و پرتوهای رادیواکتیو و فزاینده، از مهم‌ترین خواص یک روانکار جامد است. گرافیت، بورنیتريد، تنگستن دی‌سولفید و برخی ترکیبات آلی جامد مانند فتالوسیانین، میکا، تالک و... از انواع روانکارهای جامد هستند که در این بین، گرافیت بیشترین کاربرد را دارد.

روانکارهای جامد را در جایی که نتوان از روانکارهای دیگر استفاده کرد (دمای زیاد و شرایط سخت)، به کار می‌برند. به‌عنوان مثال در پروانه کشتی و دینام‌ها فقط استفاده از روانکار جامد امکان‌پذیر است.

منظور از شرایط سخت، شرایطی است که استفاده از روغن، سبب آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود.



شکل ۱۱- شیوه عملکرد روانکار جامد

استفاده از روغن‌های جامد به عنوان ماده نرم در روغن کاری دستگاه‌ها با سرعت کم، رضایت‌بخش است اما این روغن‌ها قادر به پخش سریع حرارت ماشین‌ها و دستگاه‌های پر سرعت نیستند. روغن‌های جامد با پر کردن نقاط پست روی فلز، آن را به صورت سطحی کاملاً صاف پرداخت کرده و در همان حال، یک لایه لغزان جهت کاهش اصطکاک، فراهم می‌آورند. زمانی که یک روان‌ساز جامد به خوبی پودر شده باشد، می‌تواند به‌عنوان یک ساینده نرم به منظور صاف کردن سطح ناهموار، مورد استفاده قرار گیرد. بعضی از روغن‌های جامد قادرند بارهای سنگین را تحمل کنند و از این رو با مخلوط کردن آنها با روغن‌های مایع، ساییدگی سطوح در معرض فشار را کاهش می‌دهند.

#### ت) روانکارهای نیمه جامد (گریس‌ها)

گریس یک محصول نیمه مایع تا جامد است که از پراکنده کردن ماده سفت کننده در روغن پایه به دست می‌آید. در بیشتر موارد به منظور ایجاد و تقویت بعضی از خواص، به آن مواد افزودنی اضافه می‌کنند. به لحاظ تاریخی در مصر باستان در حدود ۱۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، از مخلوط کردن روغن زیتون و آهک چنین روانسازهایی تهیه می‌شده است و برای روانکاری محور چرخ‌های ارابه‌های چوبی از آن استفاده می‌کردند. امروزه با پیشرفت صنعت، گریس‌های متنوعی با کارایی‌های متفاوتی تولید می‌شود. اجزای تشکیل دهنده گریس، عبارت‌اند از یک سیال پایه (عموماً روغن‌های پایه)، صابون و غلظت‌دهنده‌ها به همراه انواع افزودنی‌ها مانند بهبوددهنده گرانروی، ضد خوردگی، ضد اکسیداسیون، ضد کف و... تا خواص مورد نیاز را فراهم سازند. شکل ۱۲ چند نمونه گریس را نشان می‌دهد. این مواد در هنگام فرایند روانکاری، تحت تأثیر فشار به حالت مایع درمی‌آیند و با تمام شدن فرایند، حالت جامد خود را باز می‌یابند.



شکل ۱۲- چند نمونه گریس

کاربرد گریس‌ها به نوع صابونی که در تولید آنها به کار می‌رود، بستگی دارد و بر این اساس در کاربردهای عمومی چهار نوع گریس وجود دارند:

- گریس با پایه کلسیم؛
- گریس با پایه لیتیم؛
- گریس با پایه سدیم؛
- گریس با پایه باریم.

گریس پایه کلسیم، مقاومت خوبی در برابر آب دارد ولی دمای زیاد را تحمل نمی‌کند. از این گریس‌ها، برای روغن کاری پمپ‌ها استفاده می‌شود.

گریس پایه سدیم، اگرچه مقاومت حرارتی خوبی دارد و در بلب‌رینگ‌ها نیز استفاده می‌شود، ولی نسبت به آب، مقاومت کمی دارد.

از جمله خواص عمومی گریس‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ✓ آب‌بندی دستگاه که مانع ورود گرد و غبار به داخل آن می‌شوند.
- ✓ نیاز به بازرسی مداوم نداشته و اغلب تا مدت‌ها کارایی خود را حفظ می‌کنند.
- ✓ استفاده از مقدار کمی از آنها، روانکاری خوبی را ایجاد می‌کند.
- ✓ در محیط‌های گوناگون پایداری خوبی دارند.

روانکاری با گریس نسبت به روانکاری با روغن مزایایی دارد که عبارت‌اند از:

- قابلیت ماندگاری در محل روانکاری، حتی در مواردی که دستگاه و یا قطعه روانکاری شده آب‌بندی خوبی نداشته باشد و احتمال جدایی روانکار از سطوح زیاد باشد.
- سهولت مصرف و کاهش دفعات روانکاری به خصوص در مواردی که تعویض روان کار در فاصله‌های زمانی کوتاه امکان‌پذیر نباشد.
- موجب کامل‌تر شدن آب‌بندی دستگاه‌ها و کاهش نشتی روانکار می‌شود.
- چسبندگی روانکار به قطعات در شرایط دما و فشار زیاد به خوبی انجام می‌شود.

جهت انتخاب گریس مناسب برای کاربردهای مختلف توجه به نکته‌های زیر ضروری است:

- ✓ محدوده دمایی قطعه روانکاری شده؛
- ✓ بیشترین سرعت حرکت نسبی قطعات؛
- ✓ فشار و بار اعمال شده به قطعه روانکاری شده در هنگام عملکرد؛
- ✓ میزان حضور آب یا رطوبت در محیط؛
- ✓ جنس سطوح روانکاری شده؛
- ✓ تغییرات pH محیط؛
- ✓ نفوذناپذیری قطعات ریز و مجاری دستگاه‌ها.

تحقیق کنید



با استفاده از منابع اینترنتی، دسته‌بندی‌های دیگری از روانکارها را معرفی کنید.

فعالیت عملی ۱



## تهیه روانکارهای طبیعی

### الف) تهیه روانکار حیوانی:

- ۱ مقدار دنبه گوسفند تهیه کرده، آن را بشویید و سپس خرد کنید.
- ۲ دنبه‌ها را در ظرف مناسب ریخته و روی شعله ملایم قرار دهید.
- ۳ هنگام حرارت دادن گاهی محتویات ظرف را هم بزنید.
- ۴ اجازه بدهید تا روغن دنبه‌ها کاملاً خارج شود.
- ۵ محتویات ظرف را صاف کنید و در ظرف در بسته مناسب، جمع‌آوری کرده و در یخچال نگهداری کنید.

### ب) تهیه روانکار گیاهی:

- ۱ مقداری دانه‌های تازه زیتون (هسته انگور و یا کنجد) تهیه کنید.
- ۲ در صورت لزوم دانه‌ها را با آب بشویید و اجازه دهید تا خشک شوند.
- ۳ دانه‌ها را در ظرف مناسب ریخته و با هاون له کنید، هسته‌های زیتون را جدا کنید.
- ۴ زیتون له شده را داخل پارچه مناسب ریخته و تحت فشار قرار دهید تا روغن آن خارج شود.
- ۵ روغن تهیه شده را در ظرف در بسته مناسب جمع‌آوری کرده و در یخچال نگهداری کنید.

روغن‌های تهیه شده حیوانی و گیاهی را از نظر رنگ، بو، حالت، گرانی، چگالی و... مقایسه کنید. در این مرحله، روانکار پایه تهیه شده است. با اضافه کردن مواد افزودنی مانند مواد ضد اکسایش، ضد زنگ، ضد کف و... می‌توان انواع روانکار با خصوصیات مختلف تهیه نمود.

فعالیت عملی ۲



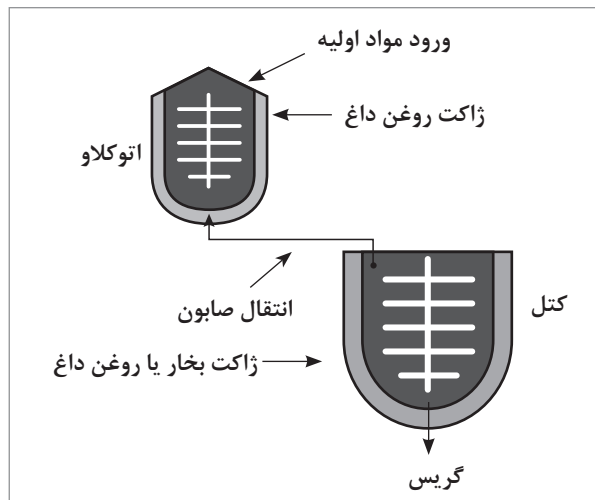
## تهیه و بررسی خواص روانکارها

- چند نمونه روانکار مصنوعی خریداری کنید.
- حدود ۵ میلی لیتر از هر روانکار را به درون لوله‌های آزمایش بریزید.
- آنها را از نظر رنگ، بو، شفافیت، چگالی، گرانی و... با یکدیگر مقایسه کنید.
- همین مقایسه‌ها را با روغن‌های گیاهی و حیوانی تهیه شده در فعالیت عملی ۱ نیز انجام دهید.

## تهیه گریس

در صنعت مطابق شکل صفحه بعد، پس از ساخت صابون، مواد به داخل دستگاه پخت گریس به نام «کتل»<sup>۱</sup> انتقال یافته و سپس روغن به آن افزوده می‌شود. این دستگاه مشابه اتوکلاو عمل می‌کند با این تفاوت که تحت فشار قرار نمی‌گیرد. در زمان پخت، صابون در داخل روغن به صورت بلورهای ریز درآمده و مخلوطی به

حالت ژلاتینی به وجود می‌آورد. رشد بلورها در روغن از عمده و حساس‌ترین مراحل پخت گریس است. اگر از مواد اولیه به‌ویژه روغن پایه نامرغوب استفاده شود، ساختار بلورهای به‌وجود آمده، ضعیف شده و در زمان کارکرد در شرایط عادی و یا سخت، صابون از روغن جدا و گریس خاصیت روانکاری را از دست خواهد داد.



### تهیه یک نوع گریس

فعالیت  
عملی ۳



- ۱ مقدار دوده، پودر صابون و روغن زیتون تهیه کنید.
- ۲ در یک بشر تمیز، دوده و پودر صابون را به نسبت ۱:۱۰۰ با یکدیگر مخلوط کنید.
- ۳ بشر و محتویات آن را بر روی حرارت غیرمستقیم (حمام آب گرم) قرار دهید.
- ۴ مطابق جدول زیر با درصدهای مختلف روغن و صابون اقدام به تهیه گریس کنید و هر نمونه را با یک شماره مشخص کنید.
- ۵ روغن زیتون را قطره‌قطره و به آرامی به مخلوط فوق اضافه کرده و مرتب هم بزنید تا خمیر یکنواختی به‌دست آید.

نمونه‌ها	روغن معدنی (%)	صابون (%)
۱	۷۰	۳۰
۲	۸۰	۲۰
۳	۹۰	۱۰

کیفیت گریس‌های تولیدی را از نظر رنگ، قوام، پایداری، ... با یکدیگر مقایسه کنید.

## خواص فیزیکی و شیمیایی روغن‌ها

خواص فیزیکی و شیمیایی، معیار خوبی برای کنترل کیفیت محصول تولیدی می‌باشد. انجام آزمایش‌های گوناگون فیزیکی و شیمیایی روغن‌ها می‌تواند تغییرات ایجاد شده در روغن در اثر کارکرد و علت آن را تعیین نماید. آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی بسیار زیادی هست که هر کدام می‌تواند اطلاعات بسیار مفیدی در رابطه با خصوصیات روغن‌های روان‌کننده به ما نشان دهد، ولی باید توجه داشت که نتایج این آزمایش‌ها همیشه کافی نبوده و بسیاری از مصرف‌کنندگان عمده روغن، مانند ارتش و سازندگان ماشین‌آلات، آزمایش عملکردی<sup>۱</sup> خاصی را توصیه می‌نمایند. خواص فیزیکی و شیمیایی روغن‌ها که می‌توان آنها را با آزمایش‌های گوناگون به دست آورد عبارت‌اند از:

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| ۱ گرانروی؛                            | ۸ تعیین مقدار خاکستر <sup>۴</sup> ؛         |
| ۲ چگالی؛                              | ۹ باقیمانده کربنی <sup>۵</sup> ؛            |
| ۳ نقطه اشتعال و احتراق <sup>۲</sup> ؛ | ۱۰ صابونی شدن <sup>۶</sup> ؛                |
| ۴ نقطه ریزش و ابری شدن <sup>۳</sup> ؛ | ۱۱ تعیین مقدار گوگرد؛                       |
| ۵ رنگ؛                                | ۱۲ پایداری در مقابل اکسیدشدن <sup>۷</sup> ؛ |
| ۶ چگالی نسبی؛                         | ۱۳ عناصر شیمیایی؛                           |
| ۷ مقدار آب؛                           | ۱۴ تمایل به ایجاد کف <sup>۸</sup> .         |

با مراجعه به کتاب همراه هنرجو و منابع اینترنتی، استانداردهای بین‌المللی و ملی خواص فیزیکی و شیمیایی روانکارها را بیابید و در کلاس ارائه دهید.

تحقیق  
کنید



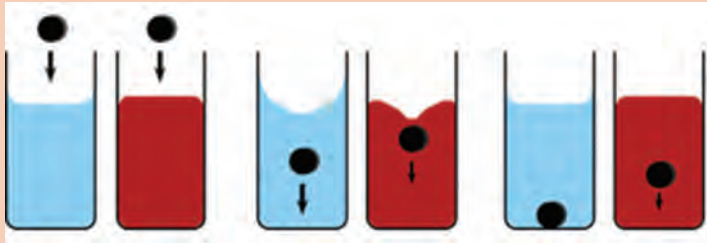
در ادامه به توضیح برخی از این خواص پرداخته می‌شود.

- ۱- Performance Tests
- ۲- Flash&Fire Point
- ۳- Pour&Cloud Point
- ۴- Ash
- ۵- Carbon Residue
- ۶- Saponification
- ۷- Oxidation Stability
- ۸- Foaming Tendency



## گرانروی

به تصویر داده شده توجه کنید. چه تفسیری از آن دارید؟ با هم گروهی خود بحث کرده و نتیجه را در کلاس اعلام کنید.



گرانروی، کمیتی است که میزان مقاومت داخلی یک سیال را در مقابل جریان یافتن نشان می‌دهد. این مقاومت نتیجه اصطکاک مولکول‌هایی است که بر روی هم می‌لغزند. به عبارت ساده‌تر گرانروی، برعکس سیالیت است. گرانروی در دماهای معین اندازه‌گیری می‌شود. معمولاً حرارت زیاد، موجب کم شدن گرانروی سیال و پایین آمدن دما باعث افزایش آن خواهد شد (به جز گازها).

به تصویر زیر نگاه کنید، از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



مقایسه چشمی گرانروی

از آنجا که گرانروی عامل بسیار مهمی در روغن‌های صنعتی است، تمام مشخصات طراحی شده برای روغن‌های صنعتی، به گرانروی آنها ارجاع داده می‌شود. گرانروی روغن در دمای کاری، مشخص‌کننده خواص روغن در مقابل اصطکاک می‌باشد. هنگام انتخاب روغن، لازم است روغن غلیظ انتخاب شود تا تشکیل یک لایه نازک بین دو سطح درگیر امکان‌پذیر شود و از تماس مستقیم قطعات ثابت و متحرک جلوگیری به عمل آید. نیروی اصطکاک با ضخیم شدن لایه روغن نسبت مستقیم دارد. اگر روغن خیلی رقیق باشد، ممکن است نتواند دو سطح متحرک فلزی را کاملاً از هم جدا نگه دارد (به دلیل کم شدن لایه روغن) و در نتیجه، در بعضی از نقاط دو سطح با هم

بحث  
گروهی



پرسش



تماس پیدا می‌کنند و گرمای ناشی از اصطکاک باعث کمتر شدن گرانشی روغن و تماس بیشتر فلز با فلز می‌شود. هرچه تماس دو سطح فلزی بیشتر شود، گرمای حاصله بالاتر خواهد رفت تا جایی که باعث جوش خوردن دو سطح (گریپاژ کردن) و توقف ماشین می‌شود. در اتومبیل‌های سواری فاصله بین دمای شروع به کار و هنگام عملیات زیاد است، بدین جهت باید در انتخاب روغن دقت کافی به عمل آید تا هنگام شروع به کار موتور در هوای سرد، روغن جریان داشته باشد و از طرفی نیز در گرمای عملیات، گرانشی آن مناسب باشد.

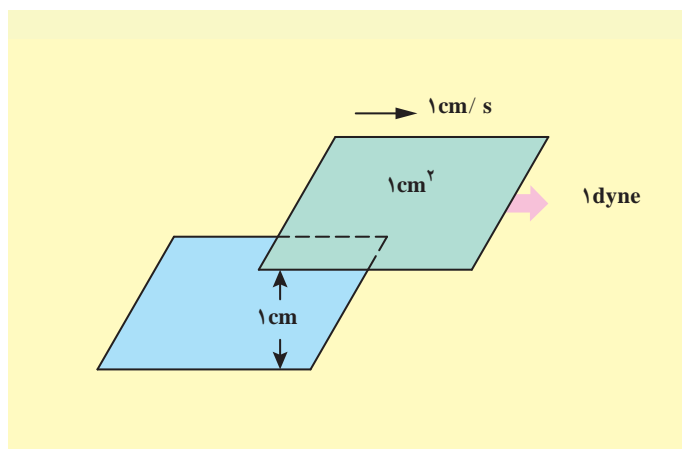
فکر کنید



به شکل روبه‌رو توجه کنید. کدام سیال بیشترین گرانشی و کدام کمترین گرانشی را دارد؟



### انواع گرانشی:



شکل ۱۳- تعریف یک پویز

گرانشی دینامیک یا مطلق<sup>۱</sup>: این گرانشی را با علامت  $\mu$  نشان می‌دهند و واحد اندازه‌گیری آن در سامانه CGS، پویز<sup>۲</sup> (P) می‌باشد. یک پویز عبارت از گرانشی دینامیکی سیالی است که اگر نیروی یک دین به یک سطح فرضی به مساحت یک سانتی‌متر مربع از آن اعمال شود، با سرعت یک سانتی‌متر بر ثانیه نسبت به سطح دیگری که در فاصله یک سانتی‌متری آن است، حرکت کند (شکل ۱۳).

از نظر ابعادی می‌توان نوشت:

$$\frac{\text{طول} \times \text{نیرو}}{\text{سرعت} \times \text{سطح}} = \frac{(MLT^{-2})(L)}{(L^2)(LT^{-1})} = \frac{M}{LT} \rightarrow \frac{g}{cm \cdot s} = P$$

۱- Dynamic Viscosity

۲- Poise

به عبارت دیگر، یک پویز عبارت است از یک گرم بر سانتی‌متر. ثانیه واحد دیگر اندازه‌گیری گرانروی دینامیک، سانتی‌پویز<sup>۱</sup> (cP) می‌باشد. رابطه بین پویز و سانتی‌پویز چنین است:

$$1 \text{ P} = 100 \text{ cP}$$

در سامانه FPS واحد اندازه‌گیری گرانروی دینامیکی، پوند جرمی بر فوت ساعت است. رابطه سانتی‌پویز با این واحد چنین است:

$$1 \text{ cP} = 2 / 42 \frac{\text{lb}_m}{\text{ft} \cdot \text{h}}$$

**گرانروی نسبی<sup>۲</sup>:** عبارت است از نسبت گرانروی دینامیکی سیال به گرانروی آب در دمای ۲۰°C و یا به عبارت ساده:

$$\text{گرانروی دینامیکی در دمای } T \text{ (}^\circ\text{C)} = \frac{\text{گرانروی دینامیکی آب در دمای } 20^\circ\text{C}}{\text{گرانروی نسبی در دمای } T \text{ (}^\circ\text{C)}}$$

چون گرانروی آب در دمای ۲۰°C برابر با یک cP است، بنابراین مقدار عددی گرانروی نسبی و دینامیکی برابر است.

**گرانروی سینماتیک<sup>۳</sup>:** در یک سیال جاری (در حال حرکت)، که لایه‌های مختلف آن نسبت به یکدیگر جابه‌جا می‌شوند، به مقدار مقاومت لایه‌های سیال در برابر لغزش روی هم، گرانروی سینماتیک می‌گویند و آن را با علامت  $\nu$  نشان می‌دهند. مطابق معادله زیر، مقدار گرانروی سینماتیک برابر است با نسبت گرانروی دینامیکی به چگالی سیال در همان دما.

$$\nu = \frac{\mu}{d}$$

از نظر ابعادی می‌توان نوشت:

$$\nu = \frac{\mu}{d} \rightarrow \frac{\frac{M}{L \cdot T}}{\frac{M}{L^3}} = \frac{L^2}{T} \rightarrow \text{cm}^2 / \text{s}$$

بنابراین در سامانه CGS، واحد گرانروی سینماتیک، سانتی‌مترمربع بر ثانیه است که به آن استوکس (St)<sup>۴</sup> می‌گویند. به دلیل بزرگی واحد استوکس از نظر عددی، برای گرانروی سینماتیک از واحد کوچک‌تری، به نام سانتی‌استوکس (cSt)<sup>۵</sup> استفاده می‌شود.

$$1 \text{ St} = 100 \text{ cSt}$$

۱- Centi Poise

۲- Relative Viscosity

۳- Cinematic Viscosity

۴- Stokes

۵- Centi Stokes



$$1 \frac{m^2}{s} = 10^4 \text{St}$$

ثابت کنید:

وسایلی که برای اندازه‌گیری گرانروی سیالات به کار می‌روند، مستقیماً گرانروی آنها را اندازه‌گیری نمی‌کنند. بلکه این وسایل، زمان عبور مقدار معین نمونه را از یک مجرای استاندارد، اندازه‌گیری می‌کنند و سپس با استفاده از یک ضریب تبدیل که توسط سازندگان تعیین می‌شود، زمان اندازه‌گیری شده به گرانروی سینماتیک تبدیل می‌شود. در جدول ۱، گرانروی سینماتیک چند محصول نفتی آورده شده است.

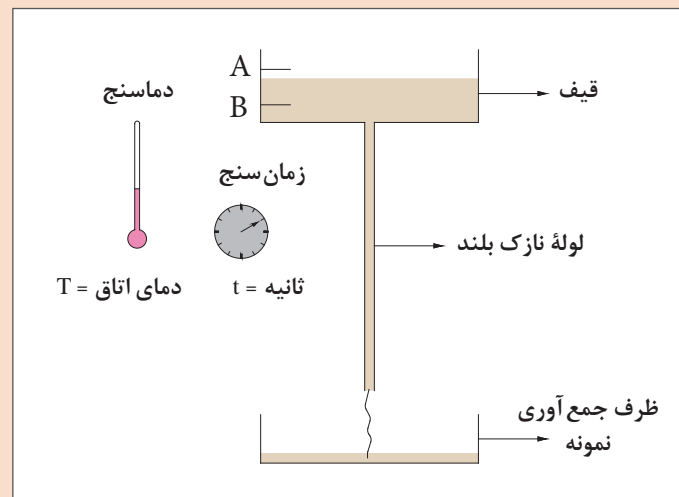
جدول ۱- گرانروی سینماتیک چند نمونه از محصولات نفتی

نام ماده	دمای آزمایش (°C)	گرانروی سینماتیک (eSt)
نفت گاز (گازوئیل)	۳۷/۸ (۱۰۰ °F)	۲-۵/۵
نفت کوره	۵۰ (۱۲۲ °F)	حداکثر ۸۰
روغن موتور SAE -۳۰	۸۱/۱ (۲۱۰ °F)	۹/۷-۱۲



### مقایسه گرانروی

با استفاده از امکانات موجود در کارگاه (قیف، دماسنج، کروномتر و...) همانند شکل زیر آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان به راحتی و به سرعت، گرانروی مایعات و مواد نفتی مختلف نظیر نفت سفید و روغن موتور را با یکدیگر مقایسه کرد.

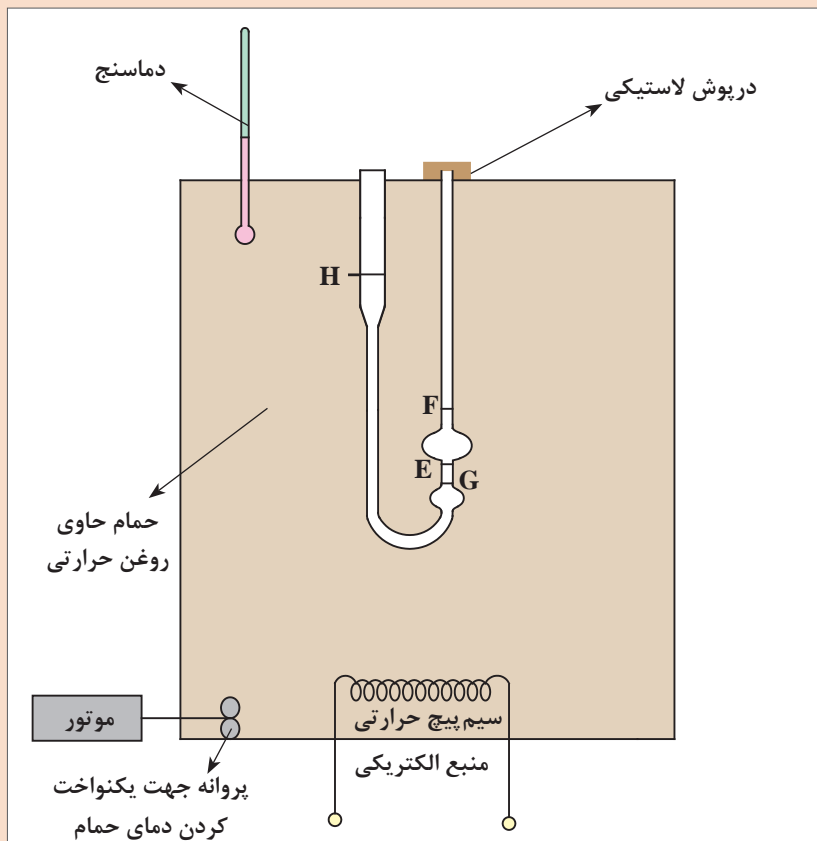


شکل ۱۴- مقایسه گرانروی مایعات



### تعیین گرانروی روانکارها با استفاده از انواع ویسکومتر

روش متداول برای اندازه‌گیری گرانروی سینماتیک، استفاده از ویسکومتر است. با ساختمان و طرز کار ویسکومترها در سال گذشته آشنا شدید. ویسکومتر، یک لوله شیشه‌ای U شکل استاندارد با مجرای مویین می‌باشد (شکل ۱۵). برحسب نوع ماده و محدوده گرانروی آنها، ویسکومترهایی با اشکال مختلف طراحی شده است. گرانروی سیالات در دماهای مشخص اندازه‌گیری و گزارش می‌شود.



شکل ۱۵- اندازه‌گیری گرانروی مایعات توسط ویسکومتر در دماهای مختلف

#### وسایل مورد نیاز:

- ویسکومتر شیشه‌ای؛
- حمام مجهز به کنترل‌کننده دما و دماسنج؛ شکل ۱۵ طرح ساده‌ای از ویسکومتر در داخل حمام را نشان می‌دهد. در صورتی که حمام مناسب در کارگاه موجود نباشد، اندازه‌گیری گرانروی فقط در دمای محیط امکان‌پذیر خواهد بود.
- زمان‌سنج با دقت دهم ثانیه جهت اندازه‌گیری مدت زمان جریان سیال در ویسکومتر.

## روش کار:

- ۱ ابتدا یک ویسکومتر تمیز و خشک با ضریب مناسب انتخاب کنید.
- ۲ نمونه را از دهانه بزرگ تر به داخل ویسکومتر بریزید، به گونه ای که دقیقاً بین دو نشان H و G قرار بگیرد. برای آنکه بتوانید نمونه را در این محدوده نگه دارید، اضافه کردن نمونه به داخل ویسکومتر را به تدریج انجام دهید. ضمناً برای آنکه بر اثر اختلاف ارتفاع و در نتیجه اختلاف فشار در دو شاخه ویسکومتر، نمونه از نشان G بالاتر نرود، یک درپوش لاستیکی بر روی دهانه دیگر قرار دهید، هرگاه این درپوش را بردارید سیال جریان می یابد و هرگاه آن را ببندید، حرکت سیال متوقف می شود. بدین ترتیب می توانید دقیقاً نمونه را بین دو نشان H و G قرار دهید. ضمناً نمونه داخل ویسکومتر به هیچ عنوان نباید حباب هوا داشته باشد. ویسکومتر حاوی نمونه را به صورت عمودی حدود نیم ساعت در داخل حمام قرار دهید تا به دمای مورد نظر برسد.
- ۳ از دهانه باریک تر ویسکومتر با کمک یک دستگاه مکنده (پمپت پرکن یا دستگاه ایجاد خلأ) مایع را به سمت بالا مکش کنید تا جایی که از دو خط نشانه روی لوله ویسکومتر بالاتر رود. (دقت کنید که مایع از بالای ویسکومتر خارج نشود) سپس دستگاه خلأ را از دهانه ویسکومتر جدا کنید، مایع با نیروی جاذبه زمین سقوط می کند. هنگامی که سطح سیال به نشان E رسید، زمان سنج را به کار اندازید. خاتمه کار هنگامی است که نمونه به نشان F برسد که در این لحظه باید زمان سنج را متوقف کنید.
- ۴ آزمایش را دوباره انجام داده و اندازه گیری زمان را تکرار کنید سپس بین دو زمان به دست آمده میانگین بگیرید.
- ۵ جهت محاسبه گرانروی سینماتیک بر حسب  $cSt$ ، از رابطه زیر استفاده می شود:

$$v = Ct$$

- که در آن C ثابت ویسکومتر و t زمان عبور سیال بین دو نقطه F و E می باشد.
- ۶ براساس رابطه زیر و داشتن مقدار چگالی سیال، می توان گرانروی دینامیک را به دست آورد.

$$\mu = d v$$

که در آن:

$$\mu = (cP) \text{ گرانروی دینامیکی}$$
$$d = \left( \frac{g}{cm^3} \right) \text{ چگالی در دمای آزمایش}$$
$$\text{گرانروی سینماتیک } v = (cSt) \text{ می باشد.}$$

فعالیت بالا را ابتدا برای تعیین گرانروی آب در دمای محیط انجام دهید و سپس این کار را با نمونه های مختلف روغنی و در دماهای مختلف تکرار کرده و نتایج را در جدولی قرار داده و با یکدیگر مقایسه کنید.

## نقطه ریزش<sup>۱</sup> و ابری شدن<sup>۲</sup>

نقطه ریزش یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های مایعات نفتی است. وجود پارافین‌های سنگین در مایعات نفتی سبب می‌شود که این مایعات در سرما سیالیت خود را از دست داده یا به عبارتی «ببندند» و علت آن، وجود پارافین‌های سنگین است که زودتر از دیگر هیدروکربن‌ها منجمد می‌شوند. نقطه ابری شدن و نقطه ریزش را می‌توان به‌طور خلاصه چنین تعریف کرد:

**نقطه ابری شدن:** هنگام سرد کردن یک نمونه از محصولات نفتی، دمایی که در آن، ابر یا هاله‌ای از بلورهای ترکیبات پارافینی ظاهر می‌شود، نقطه ابری شدن نام دارد.

**نقطه ریزش:** به هنگام سرد کردن یک نمونه از محصولات نفتی، پایین‌ترین دمایی که در آن، نمونه هنوز سیالیت و روانی خود را حفظ کرده است، نقطه ریزش نام دارد. به عبارت دیگر، نقطه ریزش پایین‌ترین دمایی است که در آن دما ماده نفتی می‌تواند جریان داشته باشد.

نقطه ریزش، مشخصه‌ای است که برای مصرف‌کننده بسیار اهمیت دارد. در سرمای زمستان، اگر نقطه ریزش روانکار به حد کافی پایین نباشد، سیالیت و روانی خود را از دست می‌دهد و در نتیجه در سامانه‌های مختلف گرفتگی ایجاد شده، عملاً دستگاه از کار می‌افتد.

از نظر کاربردی، نقطه ریزش اهمیت بیشتری نسبت به نقطه ابری شدن دارد، اما در یک آزمایش، هر دو مشخصه اندازه‌گیری می‌شوند. این آزمایش در حقیقت شاخصی از مقدار پارافین‌های سنگین (موم) موجود در روانکار و در نهایت شاخصی از کیفیت عملیات پالایش می‌باشد.

فعالیت  
عملی ۶



### تعیین نقطه ریزش و ابری شدن

این آزمایش بر روی محصولات نظیر انواع روغن‌های موتور انجام می‌شود. باید توجه داشت که هدف از انجام این آزمایش تعیین نقطه انجماد نمونه مورد نظر نیست، بلکه تعیین پایین‌ترین دمایی است که از آن دما بالاتر، می‌توان با اطمینان از محصول استفاده نمود، بدون آنکه محصول ببندد و روانی و سیالیت خود را از دست بدهد.

#### وسایل مورد نیاز:

شکل ۱۶ تجهیزات مورد نیاز برای اندازه‌گیری نقطه ابری شدن و نقطه ریزش را نشان می‌دهد که شامل قسمت‌های زیر است:

✓ لوله آزمایش از جنس شیشه به ارتفاع حدود ۱۱/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر و قطر داخلی حدود ۳ تا ۳/۴ سانتی‌متر، مجهز به درپوش لاستیکی یا چوب پنبه. در وسط درپوش سوراخی جهت عبور دماسنج ایجاد شده است.

✓ دو عدد دماسنج جیوه‌ای که محدوده دمایی  $38^{\circ}\text{C}$  - تا  $50^{\circ}\text{C}$  را نشان دهند. یکی از دماسنج‌ها در داخل حمام و دیگری در داخل نمونه قرار می‌گیرد.

✓ درپوش لاستیکی نمونه؛

✓ درپوش لاستیکی حمام؛

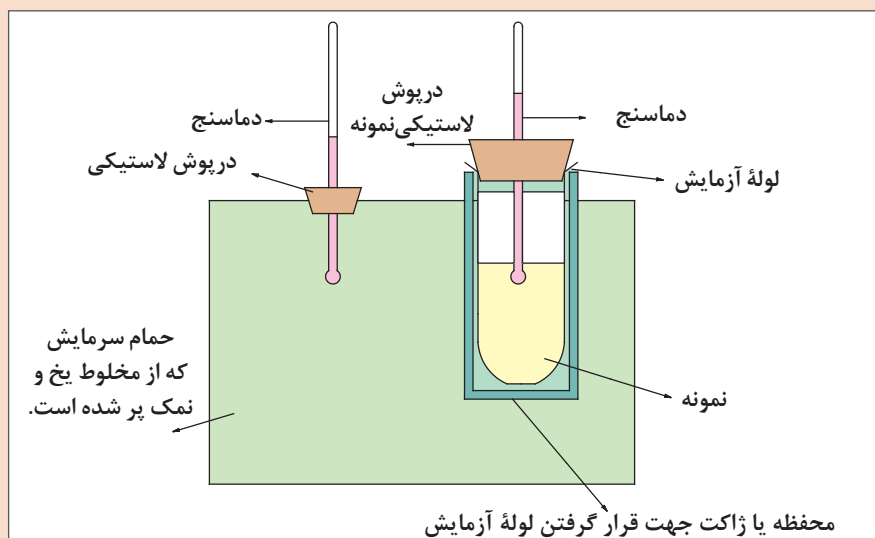
✓ نمونه روغنی؛



- ✓ محفظه، جهت قرار گرفتن لوله آزمایش در آن؛
  - ✓ حمام سرمایش که از مخلوط یخ و نمک پر شده است؛
  - ✓ حمام سرمایش که نوع و اندازه آن دلخواه است. این حمام می تواند مجهز به سامانه سرمایش مکانیکی (چرخه سرمایش یخچال) و یا یک ظرف ساده آزمایشگاهی باشد که با مخلوط یخ و نمک پر شده است. در هر صورت حمام باید دو ویژگی اصلی داشته باشد:
    - ۱ بتواند دمای نمونه را تا حد کافی پایین بیاورد.
    - ۲ لوله آزمایش به طور کامل و به شکل عمودی در داخل حمام قرار گیرد و به آسانی از آن خارج شود. ضمناً هنگامی که لوله آزمایش و دماسنج در حمام قرار می گیرد، باید بتوان به آسانی کاهش دما را مشاهده کرد. در صورت ساخت یک حمام ساده در کارگاه، پیشنهاد می شود یک محفظه یا ژاکت فلزی که قطر آن کمی بیش از قطر لوله آزمایش است، در داخل حمام پیش بینی شود، به گونه ای که لوله آزمایش به آسانی در داخل آن قرار گرفته یا برداشته شود.
- بسته به نوع نمونه مورد آزمایش و دمای مورد نظر، می توان از مخلوط های جدول ۲ استفاده کرد.

جدول ۲- چند نوع مخلوط جهت استفاده در حمام های سرمایش

نوع مخلوط	مناسب ایجاد سرما تا دمای
مخلوط آب و یخ	۱۰°C (۵۰°F)
مخلوط یخ خرد شده و بلورهای نمک سدیم کلرید	۱۲°C - (۱۰°F)
مخلوط یخ خرد شده و بلورهای نمک کلسیم کلرید	۲۶°C - (-۱۵°F)
مخلوط یخ خشک و استن یا نفتا	۵۷°C - (-۷۰°F)



شکل ۱۶- تجهیزات اندازه گیری نقطه ابری شدن و نقطه ریزش

### روش کار:

۱ نمونه مورد نظر را در داخل لوله آزمایش بریزید به گونه‌ای که حدود  $\frac{1}{3}$  تا  $\frac{1}{4}$  از لوله را پر کند. یکی از دماسنج‌ها را از داخل سوراخ درپوش عبور داده، درپوش را روی لوله آزمایش قرار دهید. مخزن دماسنج باید در زیر سطح مایع (۳ میلی‌متر پایین‌تر از سطح مایع) قرار گیرد. سپس این مجموعه را در داخل حمام سرمایش قرار دهید (شکل ۱۶). دقت داشته باشید که دماسنج و لوله آزمایش به شکل عمودی در حمام قرار گیرند.

۲ با کاهش هر  $3^{\circ}\text{C}$  (یا  $5^{\circ}\text{C}$ )، لوله آزمایش را از حمام بیرون آورده و آن را بررسی کنید. دمایی که در آن، ابر یا هاله، در داخل نمونه ظاهر شد، نقطه ابری شدن است، آن دما را یادداشت کنید و دماسنج را به نزدیک انتهای لوله آزمایش رسانده، لوله را به داخل حمام برگردانده و عمل سرد کردن را ادامه دهید.

۳ از این به بعد، هر بار که لوله آزمایش را از حمام خارج می‌کنید، آن را کمی کج کرده و بررسی کنید که آیا نمونه روغنی هنوز روان است و می‌ریزد یا خیر؟ دمایی که در آن، با کج کردن لوله آزمایش، نمونه روان نشود (در این صورت می‌گوییم نمونه بسته است) نقطه ریزش است، بنابراین آن را یادداشت کنید.

۴ علت آنکه با کاهش هر  $3^{\circ}\text{C}$  (یا  $5^{\circ}\text{C}$ ) لوله آزمایش را از حمام خارج کرده و مورد بررسی قرار می‌دهید آن است که نمونه باید فرصت کافی داشته باشد تا در داخل حمام، حرارت از دست داده و بلورها تشکیل شوند.

۵ عددی که به عنوان نقطه ریزش یادداشت شد، به همان شکل گزارش نمی‌شود و باید تصحیح گردد. بدین ترتیب که به منظور افزایش اعتماد و اطمینان به نتایج آزمایش و به دلیل آنکه هر  $3^{\circ}\text{C}$  (یا  $5^{\circ}\text{C}$ ) کاهش دما یک بار نمونه مورد بررسی قرار می‌گیرد،  $3^{\circ}\text{C}$  (یا  $5^{\circ}\text{C}$ ) به نتایج آزمایش اضافه کرده و آن را به عنوان نتیجه نهایی گزارش کنید.

مثال: در یک آزمایش که به منظور تعیین نقطه ابری شدن و نقطه ریزش یک نمونه نفتی انجام گرفت، مشاهدات زیر گزارش شد:

دما (°F)	نتیجه بررسی نمونه
۶۸	- شروع آزمایش (دمای محیط)
⋮	- (اجازه می‌دهیم دمای نمونه در حمام کاهش یابد).
۳۰	- هیچ ابری یا هاله‌ای در نمونه ظاهر نشد (اولین بررسی).
۲۵	- اولین بلورها به شکل ابر یا هاله در نمونه ظاهر شد، اگر لوله آزمایش را کمی کج کنید، نمونه روان می‌شود.
۲۰	- مقدار ابر یا هاله در نمونه افزایش یافته است اما اگر لوله آزمایش را کمی کج کنیم، هنوز نمونه روان می‌شود.
۱۵	- ابر یا هاله تقریباً سراسر لوله آزمایش را فراگرفته و اگر آن را کمی کج کنید، نمونه روان نمی‌شود.

براساس مشاهدات فوق، در نهایت نتایج زیر گزارش شد:

$$\text{نقطه ابری شدن} = 25^{\circ}\text{F}$$

$$\text{نقطه ریزش} = 15 + 5 = 20^{\circ}\text{F}$$



در یک کارخانه که در منطقه‌ای سردسیر قرار دارد و دمای هوا در شب‌های زمستان به حدود  $10^{\circ}\text{C}$  می‌رسد، جهت انتقال سوخت (گازوئیل) از مخازن به کوره‌ها توسط پمپ، چه مشکلاتی پدید می‌آید؟ چه راه‌حلی برای رفع این مشکل پیشنهاد می‌کنید؟ نقطه ریزش گازوئیل مورد استفاده  $7^{\circ}\text{C}$  است.

جدول ۳ نقطه ابری شدن و نقطه ریزش چند نمونه از محصولات نفتی را نشان می‌دهد.

جدول ۳- نقطه ابری شدن و نقطه ریزش گازوئیل، نفت کوره و یک نوع روغن موتور

نام ماده	نقطه ابری شدن ( $^{\circ}\text{F}$ )	نقطه ریزش ( $^{\circ}\text{F}$ )
گازوئیل	تابستان $40$ زمستان $35$	تابستان $30$ زمستان $25$
نفت کوره	-	تابستان $50$ زمستان $30$
روغن موتور ( $30 - \text{SAE}$ )	-	$0$ (حداکثر)



- نقطه ریزش و ابری شدن روانکارهای تولیدشده در فعالیت‌های ۱ و ۲ را با روش بالا اندازه‌گیری نماید.  
- کلیه دماهای ریزش و ابری شدن اندازه‌گیری شده را با هم مقایسه کنید.

### نقطه اشتعال و احتراق

**نقطه اشتعال:** وقتی مایع نفتی، در شرایط مشخصی گرم شود، در دمای معینی بخار یا گاز کافی برای تشکیل مخلوط قابل اشتعال با هوا ایجاد می‌شود. در این حالت اگر شعله کوچکی نزدیک آن برده شود، سطح مایع برای لحظه‌ای مشتعل می‌گردد. در این دما، مقدار بخارها به اندازه‌ای نیست که بتواند ایجاد شعله نماید و با دور کردن شعله از سطح مایع، احتراق ایجاد شده بلافاصله خاموش خواهد شد.

**نقطه احتراق:** اگر حرارت دادن به مایع نفتی ادامه داده شود تا مقدار بخار قابل اشتعال روی سطح مایع افزایش بیشتری پیدا کند، زمانی می‌رسد که غلظت این بخارها به اندازه کافی زیاد می‌شوند که با نزدیک کردن یک شعله به سطح مایع، احتراقی برای پنج ثانیه متوالی در سطح آن رخ می‌دهد.  
برای هر محصول، نقطه اشتعال و احتراق بستگی زیادی به ظرف آزمایش و سرعت حرارت دادن دارد. نقطه اشتعال روغن‌ها با تغییر گرانشی تغییر می‌کند.

کم شدن نقطه اشتعال در روغن‌های کارکرده، بیانگر این است که یا سوخت وارد روغن شده یا روغن برای مدت بسیار زیادی تحت دمای بالا کار کرده است. این عامل باعث شکست حرارتی<sup>۱</sup> یا شکسته شدن مولکول‌های بزرگ و تبدیل شدن آنها به مولکول‌های کوچک‌تر با نقطه اشتعال پایین‌تر خواهد شد.

لازم به یادآوری است که اندازه‌گیری نقطه اشتعال و احتراق را در سال گذشته آموخته و بر روی نمونه‌های نفتی آزمایش انجام داده‌اید. به دلیل اهمیت بالای این ویژگی در محصولات نفتی و به ضرورت تأمین ایمنی بیشتر در صنایع در این بخش نیز یک فعالیت عملی پیش‌بینی شده است.

### تعیین نقطه اشتعال<sup>۱</sup> و احتراق<sup>۲</sup> روانکارها

مطابق آموخته‌های سال گذشته، نقطه اشتعال و احتراق انواع روانکارهای موجود در کارگاه و ساخته شده توسط گروه‌های هنرجویی در فعالیت‌های ۱ و ۲ را اندازه‌گیری کنید.

فعالیت  
عملی ۷



نکته ایمنی



- ✓ دستگاه در محلی مطمئن و دور از مواد قابل اشتعال (حتماً در زیر هواکش کارگاه) قرار گیرد.
- ✓ در حین انجام آزمایش استفاده از وسایل ایمنی شخصی، ماسک، عینک و... الزامی است.
- ✓ در صورتی که نمونه مشتعل شده و شعله‌های آن خاموش نشود، یک درپوش فلزی روی ظرف قرار دهید تا با نرسیدن هوا به نمونه، شعله خاموش شود. فوراً حرارت دادن را قطع کرده و اجازه دهید دستگاه خنک شود.

زیست  
محیطی



- ✓ قبل از آغاز هر آزمایش، شستن ظرف (فنجان) با حلال مناسب الزامی است.
- ✓ مایعات مورد آزمایش را پس از سرد شدن در ظرفی جداگانه جمع‌آوری کنید و از ریختن آن در فاضلاب خودداری نمایید.

**چگالی:** چنان که می‌دانید چگالی عبارت است از جرم واحد حجم جسم در دمای معین، که توسط معادله زیر به دست می‌آید:

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \longrightarrow d = \frac{m}{v}$$

پرسش



چگالی را برحسب چه واحدهایی می‌توان بیان کرد؟ آنها را نام ببرید.

چگالی، تابع دماست یعنی با تغییرات دما مقدار آن تغییر می‌کند. بنابراین به هنگام اندازه‌گیری آن حتماً باید دمای نمونه مورد آزمایش گزارش شود. معمولاً چگالی ترکیبات نفتی را در دمای  $15/5^{\circ}\text{C}$  ( $60^{\circ}\text{F}$ ) اندازه‌گیری می‌کنند.

۱- Flash Point

۲- Ignition Point



با توجه به تصویر زیر، مواد نام برده در شکل را براساس کاهش چگالی مرتب کنید.



بیشترین چگالی			→	کمترین چگالی		

### چگالی نسبی

به همراه نفت خام مقداری نمک‌های محلول استخراج می‌شود. به نظر شما چگونه نمک‌ها را از نفت جدا می‌کنند؟



**چگالی نسبی:** کمیتی است بدون بُعد و برابر است با نسبت چگالی ماده مورد نظر به چگالی یک ماده مرجع در دمای معین. برای مایعات معمولاً آب را به عنوان ماده مرجع انتخاب می‌کنند. در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی چگالی نسبی را «نسبت چگالی ترکیب مورد نظر در دمای ۶۰°F به چگالی آب در دمای ۶۰°F» تعریف می‌کنند. معادله زیر این تعریف را (با علامت‌های اختصاری) نشان می‌دهد:

$$\text{spgr}_{60/60^\circ\text{F}} = \frac{d_{(60^\circ\text{F})}}{d_{\text{H}_2\text{O}_{(60^\circ\text{F})}}}$$

چگالی نسبی ترکیب نفتی مورد نظر بر مبنای دمای ۶۰°F =  $\text{spgr}_{60/60^\circ\text{F}}$

چگالی ترکیب نفتی مورد نظر در دمای ۶۰°F =  $d_{(60^\circ\text{F})}$

چگالی آب (ماده مرجع) در دمای ۶۰°F =  $d_{\text{H}_2\text{O}_{(60^\circ\text{F})}}$

چگالی نسبی HCN چنین گزارش شده است:

$$\text{spgr } 10/4 = 1/2675$$

منظور از آن را توضیح دهید. اگر چگالی آب در  $4^{\circ}\text{C}$  برابر  $1\text{g/cm}^3$  باشد، چگالی HCN را در  $10^{\circ}\text{C}$  به دست آورید.

پرسش



### هیدرومتر

فیلم آموزشی تعیین چگالی با هیدرومتر

فیلم



هیدرومترها وسایل شیشه‌ای با جرم و حجم استاندارد هستند که بر حسب نوع نمونه باید به گونه‌ای انتخاب شوند که در داخل مایع غوطه‌ور شوند. مقدار نفوذ هیدرومتر در مایع نشان‌دهنده چگالی مایع است. اگر هیدرومتر آنقدر سنگین باشد که در کف ظرف بنشیند، یا آنقدر سبک باشد که وارد نمونه نشده و بر روی آن شناور شود، مناسب مایع مورد آزمایش نیست. در شکل ۱۷، چند نمونه هیدرومتر نشان داده شده است.

شکل ۱۷- چند نمونه هیدرومتر

هیدرومترها از یک لوله باریک که روی آن درجه‌بندی شده و در انتهای آن حباب بزرگی قرار دارد، تشکیل شده است. گلوله‌های کوچک سرب موجود در ته حباب کمک می‌کند تا این ابزار هنگام شناور شدن در مایع، قائم بایستد.

به نظر شما آیا یک نمونه هیدرومتر برای اندازه‌گیری چگالی تمام روانکارها مناسب است؟ چرا؟

پرسش





## تعیین چگالی روانکارها

چگالی مایعات را با استفاده از وسایلی مانند پیکنومتر و هیدرومتر می‌توان اندازه‌گیری نمود. در سال گذشته با طرز کار پیکنومترها آشنا شدید و چگالی مایعات غیرنفتی را با استفاده از آنها اندازه‌گیری نمودید.

### وسایل مورد نیاز:

- هیدرومتر مناسب
- حمام گرمایش و سرمایش جهت نگه‌داشتن دمای نمونه در محدوده دمایی  $0^{\circ}\text{C}$  تا  $100^{\circ}\text{C}$ .
- در صورتی که حمام با محدوده دمایی ذکر شده موجود نباشد، حمام  $60^{\circ}\text{F}$  ( $15/5^{\circ}\text{C}$ ) ترجیح داده می‌شود.
- دماسنج جهت اندازه‌گیری دمای نمونه با محدوده دمایی مناسب ( $10^{\circ}\text{C}$  تا  $120^{\circ}\text{C}$ )
- استوانه شیشه‌ای یا پلاستیکی شفاف جهت ریختن نمونه و قرار دادن هیدرومتر در آن.

### روش کار:

برای اندازه‌گیری سریع چگالی روغن روانکاری به ترتیب زیر عمل کنید:

- ۱ نمونه مورد آزمایش را داخل استوانه ریخته و هیدرومتر را در داخل آن قرار دهید و مجموعه را به مدت ۱۵ الی ۲۰ دقیقه داخل حمام قرار دهید.
- ۲ زمانی که نمونه به دمای مورد نظر رسید، در صورت امکان درجه هیدرومتر داخل حمام را از همان جا بخوانید. در غیر این صورت استوانه را که نمونه و هیدرومتر داخل آن است از حمام خارج کرده و بر روی سطح صاف و افقی قرار دهید و درجه هیدرومتر را یادداشت کنید.
- ۳ دمای آزمایش را یادداشت نموده و چگالی نمونه را با دمای انجام آزمایش گزارش کنید. شکل ۱۸، شیوه خواندن صحیح هیدرومتر را نشان می‌دهد.

### نکته



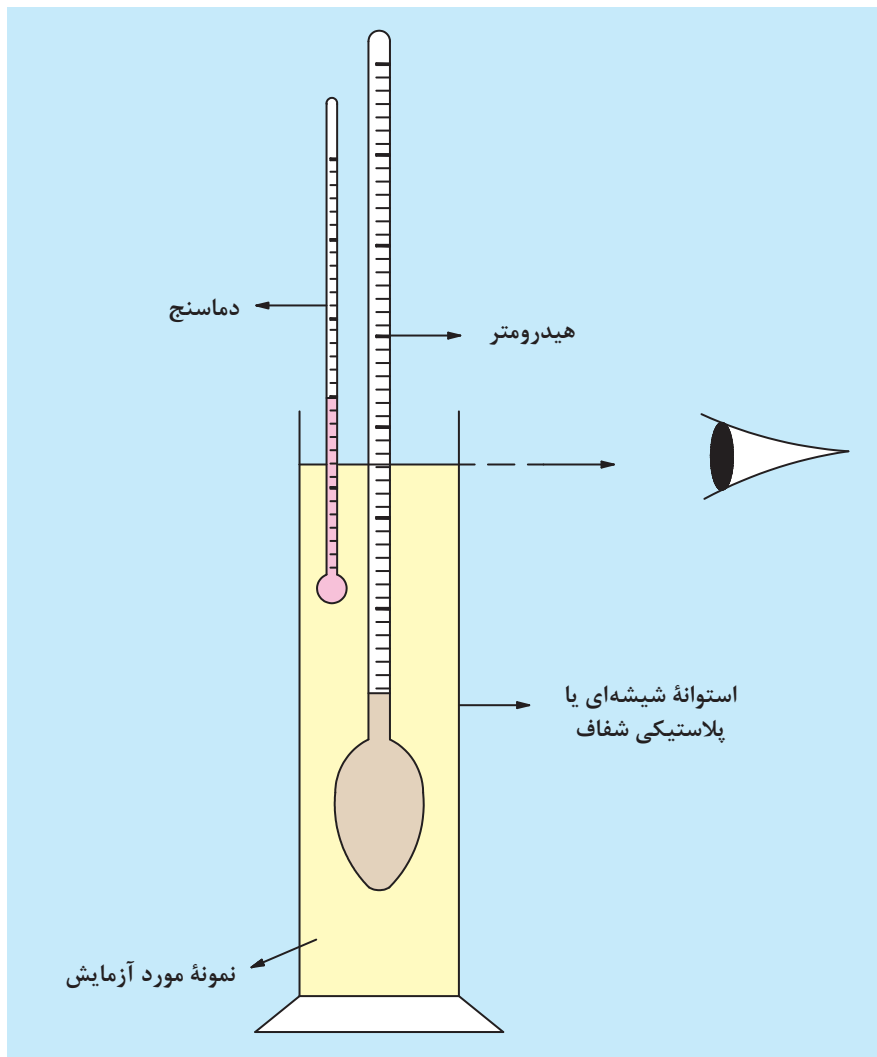
ابعاد حمام باید به اندازه‌ای باشد که استوانه حاوی نمونه در آن جای گیرد. فاصله میان انتهای هیدرومتر و کف استوانه حداقل  $2/5$  سانتی‌متر باشد. قطر داخلی استوانه از قطر هیدرومتر بزرگ‌تر و ارتفاع آن به اندازه‌ای باشد که هنگام غوطه‌ور شدن هیدرومتر در آن، فاصله میان انتهای هیدرومتر تا کف استوانه حداقل  $2/5$  سانتی‌متر باشد.

### فکر کنید



هیدرومترها برحسب چه کمیتی درجه‌بندی شده‌اند؟ (چگالی، چگالی نسبی)





شکل ۱۸- شیوه اندازه‌گیری سریع چگالی توسط هیدرومتر

پیشنهاد می‌شود این آزمایش ابتدا در دمای محیط و با استفاده از آب انجام شود.

### بررسی اثر دما بر چگالی و چگالی نسبی

جهت بررسی اثر دما بر چگالی، چگالی یک نمونه از محصول نفتی مانند روغن موتور یا گازوئیل را در دماهای مختلف اندازه‌گیری کرده و نتایج آن را در جدول ۴ ثبت نمایید. سپس منحنی تغییرات چگالی را بر حسب دما رسم کنید. (برای رسم این منحنی‌ها حداقل از ۵ نقطه استفاده کنید).

فعالیت  
عملی ۹



جدول ۴- تغییرات چگالی و چگالی نسبی نسبت به دما

T (°C)	d (g/cm <sup>3</sup> )	spgr T/۱۵/۵ °C
۰	.....	.....
۱۵/۵	.....	.....
۳۰	.....	.....
۴۵	.....	.....
۶۰	.....	.....
۷۵	.....	.....
۹۰	.....	.....

با توجه به نتایج آزمایش و رسم نمودار، اثر دما بر چگالی را بیان کنید.

پرسش

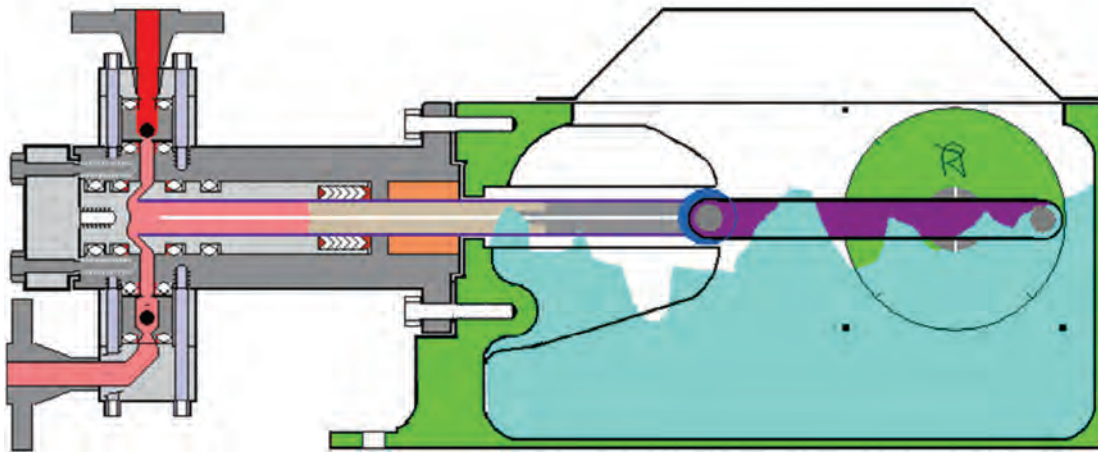


## روش‌های روغن کاری

مهم‌ترین عامل در کارایی دستگاه‌ها و قطعات متحرک آنها، انتخاب صحیح نوع روغن و سامانه روغن کاری است. اصولاً نوع سامانه روغن کاری بر اساس وضعیت و نیاز دستگاه مورد نظر انتخاب می‌شود و به روش‌های زیر عملی می‌شود:

- ✓ قطره‌ای؛
- ✓ پاششی؛
- ✓ هیدرواستاتیکی؛
- ✓ تحت فشار.

**روغن کاری قطره‌ای:** سامانه‌های روغن کاری قطره‌ای شامل تعدادی پمپ پلانجری رفت و برگشتی قابل تنظیم است و روی محفظه‌ای (مخزن روغن) نصب شده و توسط لوله‌هایی مقدار روغن مورد نیاز را تأمین و ارسال می‌کند. در شکل ۱۹ طرح ساده‌ای از یک پمپ قطره‌ای روغن از نوع پلانجری رفت و برگشتی نشان داده شده است.



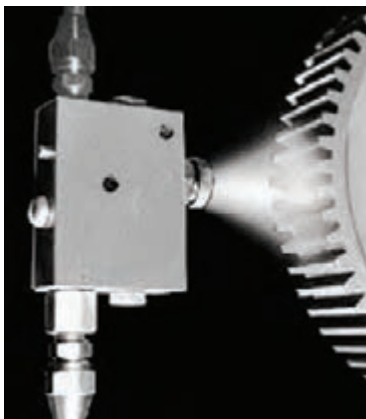
شکل ۱۹- طرح ساده‌ای از یک پمپ قطره‌ای از نوع پلانجری رفت و برگشتی

سطح روغن داخل مخزن نباید از خطی که مشخص‌کننده سطح روغن است کمتر یا بیشتر باشد، زیرا در هر دو حالت روانکاری ناقص می‌شود.

نکته



به دلیل نشتی‌های اجتناب‌ناپذیری که وجود دارد سطح روغن تغییر می‌کند، این موضوع می‌تواند در سامانه روانکاری اختلال ایجاد کند. پس لازم است سامانه‌ای وجود داشته باشد که بتواند به‌طور خودکار سطح روغن را در حد مطلوبی نگه دارد. **روغن کاری پاششی:** در این روش، روغن توسط نازل‌هایی بر روی قطعه متحرک پاشیده می‌شود (شکل ۲۰).



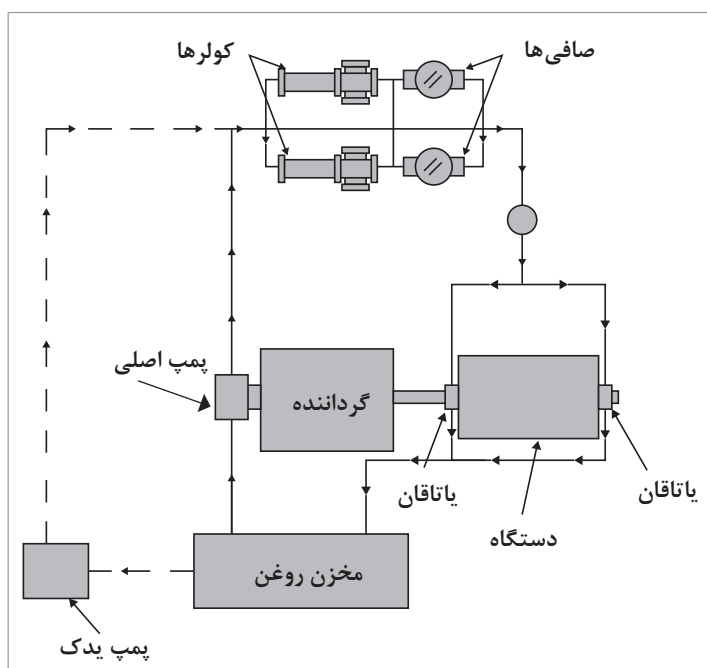
شکل ۲۰- روغن کاری پاششی



روغن کاری هیدرواستاتیکی: در این روش، قطعه متحرک یا در روغن غوطه‌ور است و یا به وسیلهٔ عاملی به‌طور مرتب روغن کاری می‌شود. در بیشتر دستگاه‌های کوچک از این روش استفاده می‌شود (شکل ۲۱).

شکل ۲۱- روغن کاری هیدرواستاتیکی

روغن کاری تحت فشار: در این سامانه برای روغن کاری، از روغن تحت فشار استفاده می‌شود. برای روغن کاری باید همیشه از روغن تمیز استفاده شود، زیرا ذرات موجود در روغن می‌تواند در فواصل کم بین قطعات گیر افتاده و باعث ساییدگی شود. در شکل ۲۲ تصویر ساده‌ای از اجزا و قطعات اصلی یک سامانه روغن کاری تحت فشار نشان داده شده است.



شکل ۲۲- اجزا و قطعات اصلی سامانه روغن کاری تحت فشار

قبل از اینکه پمپ یا هر دستگاه دیگر راه‌اندازی شود، کلیهٔ مجموعه و سامانه‌های حفاظتی آن مورد بررسی قرار گیرند تا از عملکرد صحیح سامانه‌های حفاظتی آنها اطمینان حاصل شود.

نکته



### مسائلی که قبل از راه اندازی یک سامانه روغن کاری باید رعایت شوند عبارت اند از:

- ۱ تمیز کردن تمامی لوله ها و مسیرها؛
- ۲ تنظیم تمامی شیرهای کنترل، ترموکوپل ها و ...؛
- ۳ تنظیم دقیق کلیه نشان دهنده های فشار و دما؛
- ۴ کنترل شیوه عملکرد کلیه کلیدها، شیرهای یک طرفه و شیرهای اطمینان<sup>۱</sup>.

### مواردی که باید روی سامانه حفاظتی روغن کنترل شوند عبارت اند از:

- ۱ کنترل سامانه هشدار از کار افتادن پمپ اصلی روغن<sup>۲</sup>.  
وظیفه این کلید در سرویس قرار دادن پمپ یدک روغن و همچنین تحریک سامانه هشدار است.
- ۲ کنترل سامانه هشدار گرفتگی فیلتر روغن<sup>۳</sup>.  
وظیفه این کلید اعلان وضعیت گرفتگی فیلتر روغن براساس میزان افت فشار اندازه گیری شده در دو طرف ورودی و خروجی فیلتر روغن است.
- ۳ اطمینان از کارکرد مناسب گرمکن های روغن (برقی و بخاری) و چگونگی عمل کردن آنها در دمای مناسب.
- ۴ هواگیری کلیه مسیرهای روغن اعم از فیلترها، کولرها و ...
- ۵ هواگیری سامانه آب خنک کننده<sup>۴</sup>.

**روش تمیز نمودن سامانه روغن کاری<sup>۵</sup>:** ورود ذرات جامد و زنگ های باقی مانده در لوله ها و مسیرهای روغن کاری باعث نفوذ آنها بین قطعات ثابت و متحرک و در نتیجه ساییدگی و فرسایش سریع قطعات می شود. برای جلوگیری از این آسیب، لازم است که کلیه مسیرها و نقاط مختلف سامانه روغن کاری، چه برای دستگاه هایی که به تازگی نصب شده باشند (با دقت خیلی بالاتر) و چه بعد از تعمیرات اساسی دستگاه ها روش های دقیق عملیات تمیزکاری، طبق یک دستور کار جامع انجام شود.

---

۱- Safety Valve

۲- Stand - by Pump Running - Failure of Main Oil Pump

۳- Filter High Differential Pressure

۴- Cooling Water

۵- Labe Oil System Flushing

## عیب یابی و روش های تصحیح عیوب سامانه روغن کاری

(الف) مواردی که می توانند باعث کم شدن فشار روغن روانکاری شوند عبارت اند از:

- ۱ کثیف بودن فیلتر<sup>۱</sup> پمپ روغن کاری؛
- ۲ بیش از حد باز بودن شیر رهاسازی<sup>۲</sup> روغن؛
- ۳ معیوب بودن سامانه آب بندی پمپ روغن که باعث ورود هوا به سامانه روغن می شود؛
- ۴ مناسب نبودن گرانشی روغن؛
- ۵ گرم شدن بیش از حد روغن؛
- ۶ ورود آب به سامانه روغن؛
- ۷ ورود گاز به سامانه روغن؛
- ۸ ورود هوا به قسمت ورودی پمپ در اثر شل بودن اتصالات؛
- ۹ پایین بودن سطح روغن مخزن.

(ب) مواردی که می توانند باعث بالا رفتن فشار روغن شوند عبارت اند از:

- ۱ گرفتگی مسیرهای روغن؛
- ۲ نامناسب بودن گرانشی روغن؛
- ۳ سرد بودن روغن.

(پ) مواردی که می توانند باعث افزایش دمای روغن شوند عبارت اند از:

- ۱ کثیف بودن لوله های کولر روغن؛
- ۲ کم بودن جریان آب خنک کننده یا کم بودن فشار آب ورودی به آن؛
- ۳ نشستی آب به داخل روغن؛
- ۴ بالا بودن دمای آب خنک کننده؛
- ۵ بالا بودن دمای روغن ورودی به کولر.

(ت) مواردی که برای اندازه گیری و تصمیم در مورد آنها، روغن باید تعویض شود عبارت اند از:

- ۱ اندازه گیری چگالی روغن؛
- ۲ اندازه گیری گرانشی روغن.

البته برای صرفه جویی و مصرف بهینه روغن و تعویض به موقع آن و همچنین کاربردهای دیگر باید با تجزیه و تحلیل<sup>۳</sup> کردن روغن، تصمیم به تعویض گرفته شود.

با تشخیص عیوب مختلف سامانه های روانکاری، رفع اشکال آنها به سادگی امکان پذیر است.

---

۱- Suction Strainer

۲- Relief Valve

۳- Analysis

## تجزیه و تحلیل روغن

تجزیه و تحلیل روغن از چندین سال پیش در بیشتر کشورهای پیشرفته به عنوان یک ابزار بسیار مفید و مناسب برای اهداف زیادی به کار رفته است و اجرای صحیح آن در صنایع مختلف می تواند گامی بلند و تحولی اساسی در جهت حفظ سرمایه های ملی و کاهش وابستگی ها و مصرف بهینه آن باشد.

کنترل اینکه در هنگام کار دستگاه، روغن، تمیز و بدون هرگونه آلودگی (آب، گرد و خاک، ذرات فرسایشی و...) باقی بماند، بسیار مهم و حیاتی است که این کار با تجزیه و تحلیل روغن محقق می شود. همانند خون در بدن انسان که حامل میکروب ها و بیماری ها است و با آزمایش یک نمونه آن به خیلی از بیماری ها می توان پی برد، روغن نیز این نشانه ها را به داده های ارزشمندی که به اهداف نگه داری و تعمیرات کمک می کند، تبدیل می نماید.

استخراج مداوم و منظم اطلاعات روغن از درون دستگاه ها و ماشین آلات از طریق نمونه گیری و آزمایش روغن به منظورهای زیر انجام می شود:

- ۱ حصول اطمینان از سلامت دستگاه؛
  - ۲ شناسایی عیوب احتمالی در مراحل اولیه تشکیل؛
  - ۳ شناسایی عوامل فرسایشی و استهلاک های غیرعادی؛
  - ۴ کاهش هزینه های تعمیراتی و تعویض به موقع قطعات؛
  - ۵ اقدامات اصلاحی به موقع و قبل از بروز خسارت های جدی؛
  - ۶ کمک در برنامه ریزی های تعمیراتی دستگاه ها و ماشین آلات؛
- حسن عیب یابی دستگاه ها براساس تجزیه و تحلیل روغن این است که قبل از بروز خرابی، مشکل ماشین در نطفه شناسایی می گردد و اقدامات اصلاحی مورد نیاز برای آن انجام می شود.

### اصول کلی تجزیه و تحلیل روغن

روش تجزیه و تحلیل روغن شامل مراحل اجرایی زیر است:

- ۱ نمونه گیری طبق روش های استاندارد و در فاصله زمانی معین؛
- ۲ ارسال نمونه های مختلف همراه مشخصات روغن و زمان کارکرد آن به علاوه نمونه اصلی روغن مصرف شده در دستگاه، به آزمایشگاه های تجزیه و تحلیل روغن؛
- ۳ انجام آزمایش های لازم؛
- ۴ مقایسه نتایج به دست آمده با نتیجه نمونه های قبلی؛
- ۵ بررسی نوع شکل و اندازه ذرات موجود در روغن با استفاده از روش های مختلف؛
- ۶ تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده و ارائه توصیه ها و اقدامات فنی مورد نیاز؛
- ۷ انجام اقدامات پیشگیرانه و توصیه های اصلاحی لازم.

آزمایشاتی که بر روی نمونه روغن ها انجام می شود:

آزمایشاتی که بر روی نمونه روغن ها انجام می شود به دو دسته چشمی و آزمایشگاهی تقسیم می شوند:



شکل ۲۳- مقایسه چشمی روغن تمبز و کثیف

### ۱ بازدیدهای چشمی:

برای این کار لازم است که حدود ۱۰۰ تا ۵۰۰ میلی لیتر روغن از مدار روغن کاری، نمونه گیری شده و در یک بطری شیشه ای ریخته شود. اگر روغن کثیف و یا رنگ مات داشته باشد باید آن را به مدت یک ساعت در دمای  $40^{\circ}\text{C}$  نگهداری نمود. حال براساس ظاهر روغن و تجربیات قبلی می توان اطلاعات مختصری از آن به دست آورد. این روش کارایی خیلی زیادی ندارد.

### ۲ آزمون های آزمایشگاهی

آزمون های آزمایشگاهی شامل موارد زیر است:

۱ آزمایش خواص فیزیکی و شیمیایی روغن و مقایسه آن با روغن نو برای ادامه کار روغن و یا تعویض آن؛

۲ آزمایش ذرات فلزی برای تشخیص وضعیت فرسایش قطعاتی که با روغن در تماس هستند؛

۳ آزمایش آلاینده های موجود در روغن.

در آزمایش خواص فیزیکی و شیمیایی روغن ها، ویژگی هایی نظیر گرانروی، خواص اسیدی و قلیایی، نقطه ریزش، آلودگی آب و... اندازه گیری می شود. مقادیر اندازه گیری شده، با مقادیر مجاز توصیه شده و مقادیری که قبلاً در شرایط مشابه اندازه گیری شده بود، مقایسه می شوند. همچنین نتایج آزمایش ها با مقادیر اندازه گرفته شده از نمونه روغن های کار نکرده، مقایسه می شوند. از این نتایج می توان به مواردی پی برد که برخی از آنها عبارتند از:

الف) بازدید وضعیت روغن برای ادامه کار یا تعویض آن؛

ب) تشخیص سریع فیلترهای معیوب؛

ج) تأیید عملیات تمیزکاری سامانه پس از انجام تعمیرات روی دستگاه ها؛

د) تأیید سالم بودن آب بندها.

## روانکاری پمپ ها

پمپ ها اغلب تحت فشار ناشی از عملکرد پیوسته و نیروهای شدید قرار دارند. بنابراین، کیفیت مناسب روغن و روغن کاری به موقع پمپ ها، یکی از نیازهای اولیه برای عمر طولانی و عملکرد عاری از اشکال آنها می باشد. روغن مصرفی در عملیات روغن کاری نباید حاوی ذرات خارجی و یا اسیدهای شست و شو باشد. کمترین نیازهای روغن های روان ساز مناسب، در استانداردهای مشخصی تعیین شده است. به این ترتیب تمامی عرضه کنندگان روغن های روان ساز در تلاش هستند که محصولات خود را بر این اساس طبقه بندی نموده و محصولی ارائه نمایند که از این استانداردها پیروی نماید. شکست در زمینه روان سازی و روغن کاری (عدم نگهداری بهینه، استفاده از روان سازهایی با کیفیت نامناسب، نشستی و...) می تواند موجب بالا رفتن دمای سطح پوشش پمپ تا میزان غیرقابل قبولی شود.

معمولاً یاتاقان های ضد اصطکاک پمپ ها، با گریس صابون لیتیم روان سازی می شوند. در صورت کارکردن مداوم پمپ، هر ۴ ماه یکبار، گریس را تجدید و روان سازی نمایید و لازم است مقدار گریس حدود نیمی



از محفظه پوشش یاتاقان باشد. البته می‌توان با استفاده از توده گریس روی پوشش یاتاقان، آن را بار دیگر روان‌سازی نمود. تعداد دیگری از پمپ‌ها از روانکارهای مایع استفاده می‌کنند و پس از اتمام زمان سرویس‌دهی پیشنهادی از طرف سازندگان روانکارها، روغن روانکاری باید تعویض شود.

روغن روان‌سازی می‌تواند موجب بروز حساسیت پوستی و التهاب چشم شود. لذا تمام نکات ایمنی لازم را که از سوی شرکت سازنده ذکر شده است، رعایت نمایید.

نکته ایمنی



### تعویض روغن در پمپ

برای تعویض روغن در روان‌سازی یا روغن‌کاری پمپ‌ها به ترتیب زیر عمل کنید:

فعالیت  
عملی ۱۰



۱ پمپ را خاموش کنید.

۲ یک سینی در زیر گذرگاه روغن بگذارید تا تمام روغن به‌طور ایمن خارج و جمع‌آوری شود.

۳ سرپوش پیچ را برداشته و روغن را کاملاً تخلیه و تجهیزات را تمیز و خشک کنید. بار دیگر سرپوش را محکم ببندید.

۴ شبکه‌بندی یاتاقان را طبق توضیحات روش کار روانکاری پمپ مربوطه، با روغن جدید پر کنید.

مثلاً در پر کردن روغن با مخزن دارای سطح ثابت در روانکاری پمپ‌ها به این صورت عمل کنید:

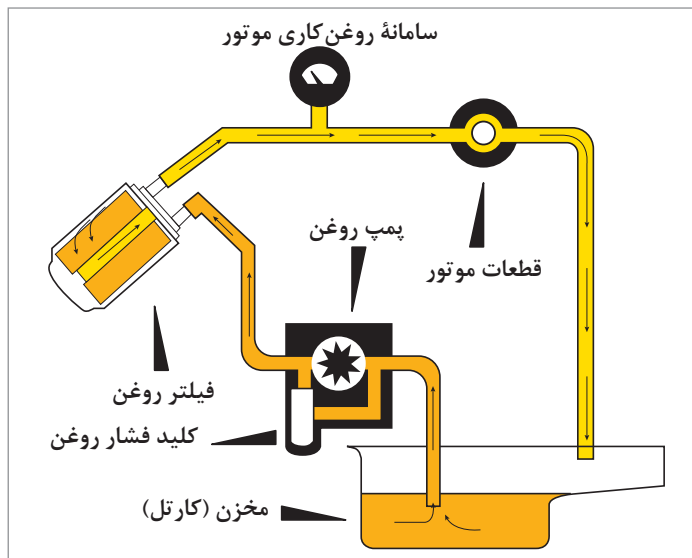
پیچ نگه‌دارنده را شل کرده و بطری روغن را از مخزن سطح ثابت خارج کنید. سرپوش پر کردن روغن را بردارید. بین یاتاقان و اجزای پمپ را با روغن پر کنید تا جایی که پوشش یا مخزن سطح ثابت، شروع به بالا آمدن کند. سپس بطری را با همان نوع روغن پر کرده و آن را فشار دهید تا روی پوشش یا لوله محافظ مخزن سطح ثابت، متوقف شود. این روش را تا پر شدن حداقل دو سوم مخزن ادامه داده و سپس با پیچ نگه‌دارنده آن را محکم کنید. سرپوش پر کردن مخزن را پیچیده و محکم کنید. میزان روغن داخل بطری را به دفعات بررسی کرده و در صورت لزوم باز هم آن را پر کنید.

استفاده از روغن مصرف‌شده باید مطابق با مقررات و اصول قانونی صورت پذیرد و همچنین به هیچ‌وجه نباید آن را داخل فاضلاب ریخت.

زیست  
محیطی



**روغن‌کاری موتور خودرو:** روغن‌کاری موتور، به وسیله روغن موجود در مخزن (کارتل) صورت می‌گیرد. روغن موتور که بین ۴ تا ۶ لیتر است، توسط پمپ مکیده شده و پس از تصفیه به وسیله صافی، با فشار معینی به مدار روغن‌کاری ارسال شده و سپس به یاتاقان‌های اصلی و فرعی هدایت می‌گردد (شکل ۲۴).

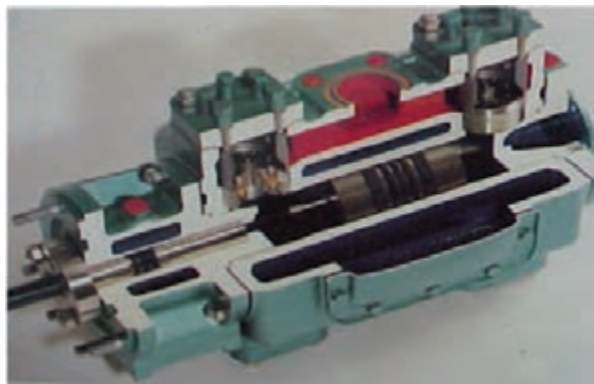


شکل ۲۴- سامانه روغن کاری موتور

با توجه به کاربرد فراوان انواع و اقسام دمنده‌ها<sup>۱</sup> و کمپرسورها<sup>۲</sup> در صنایع مختلف کشور، آشنایی هرچه بیشتر متخصصین تعمیر و نگهداری و کارکنان واحدهای عملیاتی با این تجهیزات امری ضروری است.

## کمپرسورها و روانکاری آنها

دمنده اصطلاحاً به دستگاه‌هایی اطلاق می‌شود که برای جابه‌جا کردن حجم متوسط گاز با فشارهای کم و تا حدود ۳ بار، مورد استفاده قرار می‌گیرند. کمپرسور به دستگاه‌هایی گفته می‌شود که برای فشرده کردن و انتقال گازها مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۲۵). بسته به نوع و ساختمان کمپرسورها، از آنها برای حجم‌ها و فشارهای مختلفی استفاده می‌شود. معمولاً اختلاف فشار گاز ورودی و خروجی کمپرسورها بیشتر از ۳ بار است. البته کمپرسورها و دمنده‌ها خیلی به هم شبیه‌اند و گاهی ممکن است یک دستگاه در یک واحد به عنوان دمنده و در واحد دیگر به عنوان کمپرسور شناخته شود.



شکل ۲۵- نمای داخلی یک کمپرسور

- ۱- Blowers
- ۲- Compressors

کمپرسورها دستگاه‌هایی هستند که در بیشتر مراکز صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از انواع کمپرسورها و موارد کاربرد آنها در صنایع نفت به شرح زیر می‌باشد:

- ۱ کمپرسورهای هوا<sup>۱</sup>: برای تولید هوای فشرده مورد نیاز سامانه‌های ابزار دقیق، واحدهای عملیاتی و ماشین‌آلات و ابزارهایی که با هوای فشرده کار می‌کنند، مورد استفاده قرار می‌گیرند و بیشترین فشار خروجی آنها ۸ بار است.
- ۲ کمپرسورهای جبرانی<sup>۲</sup>: این کمپرسورها در پالایشگاه‌ها برای فشرده کردن گاز هیدروژن با فشارهای زیاد تا حدود ۲۰۰ بار، جهت تزریق هیدروژن به راکتورهای واحدهای آیزوماکس (واحد شکستن هیدروژنی) مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این شرایط معمولاً از کمپرسورهای نوع رفت و برگشتی پیستونی استفاده می‌شود.
- ۳ کمپرسورهای گاز گردشی<sup>۳</sup>: این کمپرسورها برای چرخش گاز هیدروژن در داخل سامانه راکتور واحدهای آیزوماکس و تبدیل کاتالیزگری مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به ناخالصی گاز و شدت جریان بالای آن معمولاً از کمپرسورهای گریز از مرکز استفاده می‌شود.
- ۴ کمپرسورهای گاز مایع (LPG): این کمپرسورها برای فشرده کردن و جابه‌جا نمودن گازهایی مثل  $C_1$ ،  $C_2$ ،  $C_3$  و... مورد استفاده قرار می‌گیرند و معمولاً از کمپرسورهای نوع رفت و برگشتی هستند.
- ۵ کمپرسورهای ازت یا نیتروژن: این کمپرسورها برای پر کردن گاز نیتروژن به داخل مخازن مربوطه جهت مصارف عملیاتی گازدایی و تمیزکاری<sup>۴</sup> مسیرهای لوله‌کشی و دستگاه‌ها و همچنین شارژ کردن کپسول‌های نیتروژن در آتش‌نشانی مورد استفاده قرار می‌گیرند و غالباً از نوع کمپرسورهای دیافراگمی هستند.
- ۶ کمپرسورهای تزریقی: این کمپرسورها برای تزریق گاز به داخل چاه‌های نفت مناطق نفت‌خیز به منظور راندن نفت خام به داخل لوله‌های خروجی از چاه‌های نفت مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- ۷ کمپرسورهای سامانه‌های سرمایه‌ایش: این کمپرسورها روی خنک‌کننده‌ها و سامانه‌های تهویه مطبوع و نیز برای عملیات خنک‌کاری مورد استفاده قرار می‌گیرند و غالباً از نوع کمپرسورهای رفت و برگشتی هستند.

### طبقه‌بندی کمپرسورها

کمپرسورها از لحاظ اصول کار به سه دسته کلی طبقه‌بندی می‌شوند:

- کمپرسورهای جنبشی<sup>۵</sup>؛
- کمپرسورهای جابه‌جایی مثبت<sup>۶</sup>؛
- کمپرسورهای حرارتی<sup>۷</sup>.

۱- Air Compressors

۲- Make Up

۳- Recycle Gas

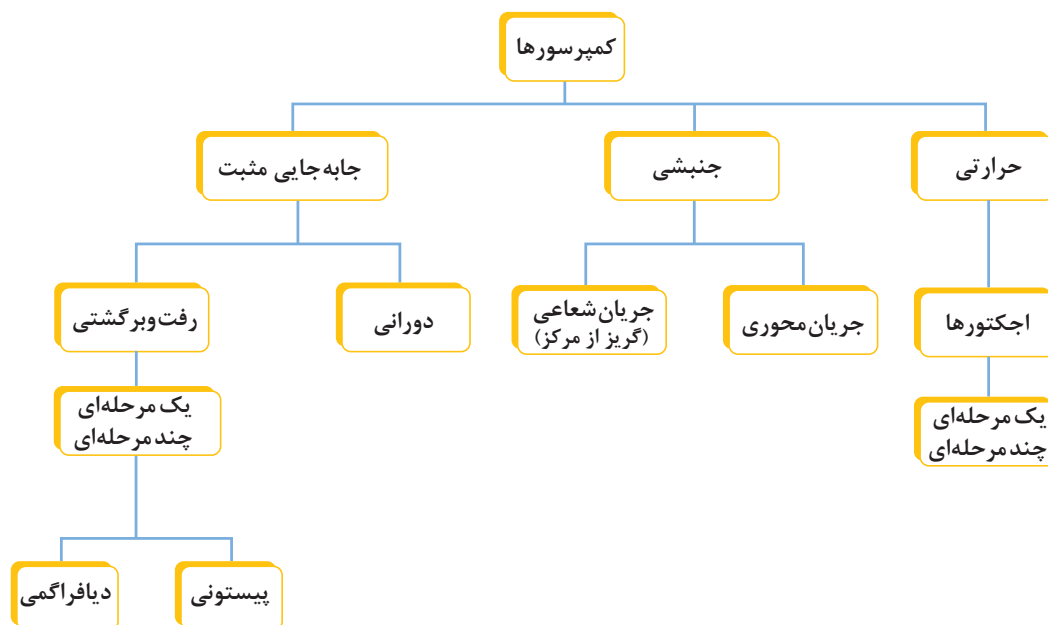
۴- Purging

۵- Dynamic Compressors

۶- Positive Displacement Compressor

۷- Thermal Compressors

هر کدام از این کمپرسورها، مطابق نمودار شکل ۲۶ به انواع دیگری طبقه‌بندی می‌شوند.



شکل ۲۶- طبقه‌بندی انواع کمپرسور

در ادامه برای آشنایی بیشتر، اصول کار چند نمونه از کمپرسورها شرح داده می‌شود.

### کمپرسورهای جنبشی

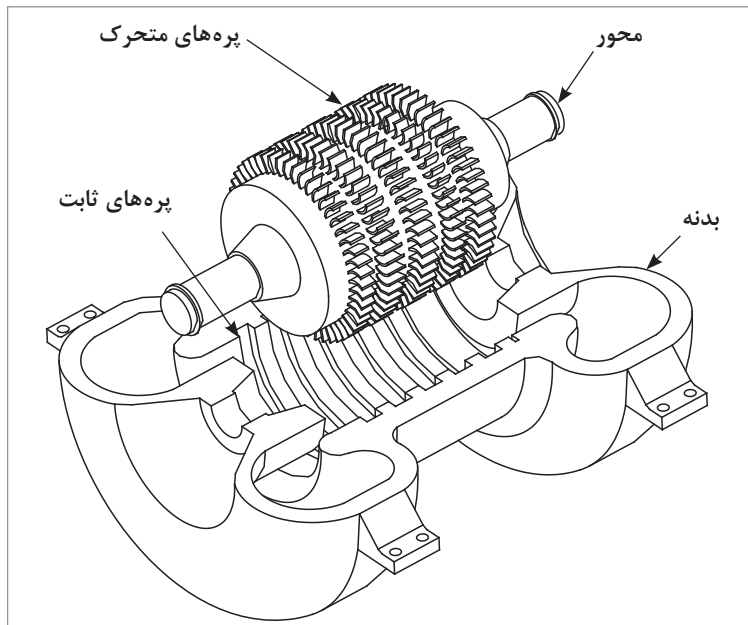
این نوع کمپرسورها، با سرعتی که توسط پره‌های دوار کمپرسور ایجاد می‌شود، عملیات بالا بردن فشار گاز را توسط حرکت دینامیکی انجام می‌دهند و باعث بالا بردن انرژی جنبشی گاز می‌شوند. این نوع کمپرسورها از لحاظ جریان گاز خروجی از پره‌ها در دو دسته کمپرسورهای جریان محوری<sup>۱</sup> و شعاعی<sup>۲</sup> طبقه‌بندی می‌شوند.

### کمپرسورهای جریان محوری

اصول کار این نوع کمپرسورها براساس حرکت دادن گاز توسط پره‌های دوار است. بیشترین استفاده این نوع کمپرسورها، در توربین‌های گازی و برای مواردی است که نیاز به جریان زیاد گاز است. معمولاً فشار خروجی این دسته از کمپرسورها کم و متوسط است. شکل ۲۷ طرح ساده‌ای از این نوع کمپرسور را نشان می‌دهد.

۱- Axial Flow Copressor

۲- Radial Flow Copressor



شکل ۲۷- کمپرسورهای جریان محوری

### کمپرسورهای جریان شعاعی

این نوع کمپرسورها به کمپرسورهای گریز از مرکز معروف هستند و اصول کار آنها استفاده از نیروی گریز از مرکز برای بالا بردن انرژی جنبشی گاز است. این عمل توسط پره‌های نصب شده بر روی پروانه صورت می‌گیرد. در این نوع کمپرسورها، عامل اصلی انتقال انرژی، پروانه کمپرسور است که روی محور نصب می‌شود و با آن می‌چرخد و پس از وارد شدن سیال به چشمه پروانه، وارد دور پروانه می‌شود و پس از قرار گرفتن در نوک پروانه توسط نیروی گریز از مرکز اعمال شده، از پروانه جدا می‌شود و وارد محفظه اطراف آن می‌شود تا انرژی جنبشی دریافت شده به انرژی فشاری تبدیل شود. این نوع کمپرسورها بیشترین کاربرد را در صنایع دارند و از آنها برای فشرده کردن هوا و گازهای دیگر در حجم‌ها و فشارهای مختلف استفاده می‌شود.

در بعضی از کمپرسورها برای جلوگیری از تماس مستقیم و اصطکاک قطعات ثابت و متحرک، با ایجاد یک لایه نازک روغن روانکاری که همراه گاز وارد کمپرسور می‌شود، از تماس و اصطکاک قطعات ثابت و متحرک جلوگیری می‌شود. بر این اساس، کمپرسورها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱- کمپرسورهای بدون روغن<sup>۱</sup>؛

۲- کمپرسورهای روغنی<sup>۲</sup>.

در کمپرسورهای روغنی به دلیل کمتر بودن فاصله بین قطعات ثابت و متحرک، به گازی (هوایی) که وارد کمپرسور می‌شود، روغن تزریق می‌کنند تا بین قطعات ثابت و متحرک، یک لایه روغن به وجود آید و از تماس قطعات جلوگیری شود. روغن تزریق شده دوباره در قسمت خروجی کمپرسور از گاز یا هوای خروجی توسط سامانه‌های جداکننده<sup>۳</sup> روغن و گاز، جدا می‌شود و جهت روغن کاری قطعات دوباره وارد چرخه اصلی خود می‌شود که گاهی هم نیاز به اضافه کردن روغن به داخل مخزن می‌باشد.

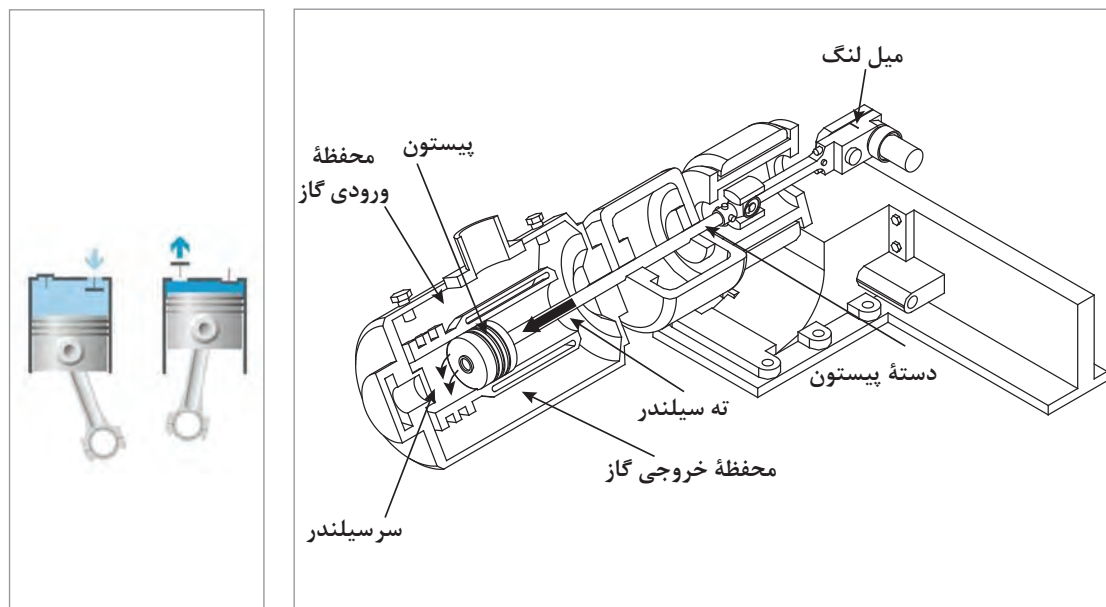
۱- Oil Free Compressor

۲- Oil Compressor

۳- Separator

### کمپرسور رفت و برگشتی نوع پیستونی

در این نوع کمپرسورها، حرکت رفت و برگشتی پیستون در داخل سیلندر، باعث تغییر حجم داخلی آن و مکش گاز به داخل سیلندر می‌شود. در مرحله تراکم، این کاهش حجم سیلندر در اثر حرکت پیستون به سمت جلو، باعث افزایش فشار داخل سیلندر (متراکم شدن گاز) و نهایتاً خارج شدن گاز با فشار بالا از داخل سیلندر در مسیر خروجی کمپرسور می‌شود. در شکل ۲۸ طرح ساده‌ای از یک کمپرسور رفت و برگشتی نوع پیستونی نشان داده شده است:



شکل ۲۸- کمپرسور رفت و برگشتی نوع پیستونی

کمپرسورها از لحاظ تعداد مراحل، به دو دسته یک مرحله‌ای<sup>۱</sup> و چند مرحله‌ای<sup>۲</sup> طبقه‌بندی می‌شوند. برای مواردی که حجم زیاد گاز و با فشار بالا مورد نیاز است، باید از کمپرسورهای چند مرحله‌ای استفاده کرد، بدین معنی که افزایش فشار گاز در چندین مرحله انجام می‌شود.

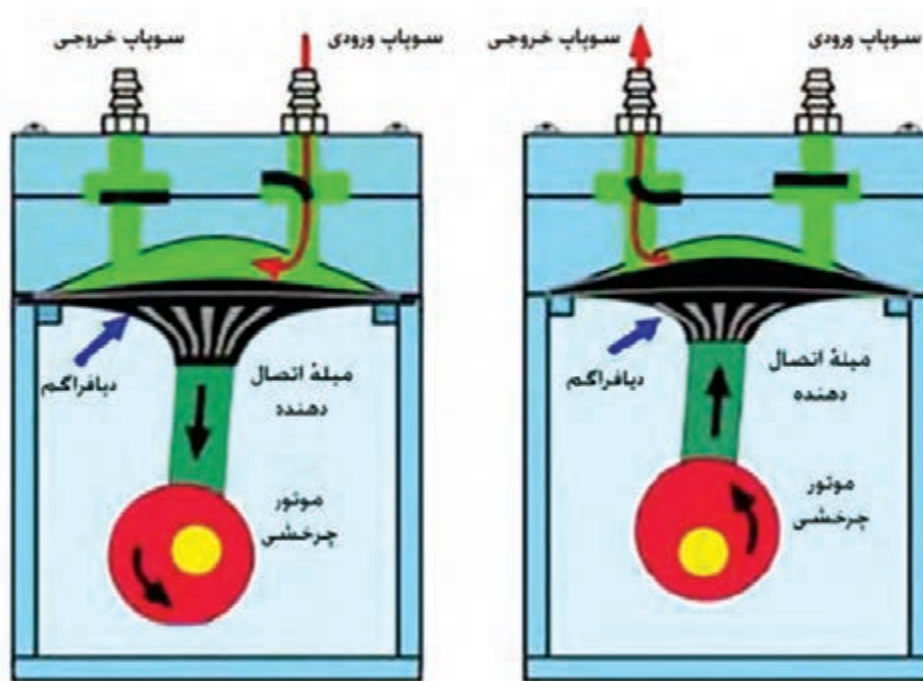
### کمپرسورهای دیافراگمی<sup>۳</sup>

اصول کار این نوع کمپرسورها نیز مانند کمپرسورهای پیستونی براساس تغییرات حجم داخل کمپرسور است که توسط حرکت رفت و برگشتی دیافراگم انجام می‌شود. با توجه به ظرفیت پایین کمپرسورهای دیافراگمی و نیز عدم تحمل فشارهای زیاد توسط غشاهای، کاربرد این نوع کمپرسورها محدود است. این تجهیزات بیشتر برای جابه‌جا کردن، فشردن و پر کردن کپسول گازهایی نظیر اکسیژن به کار می‌روند. در شکل ۲۹ طرح ساده‌ای از ساختمان داخلی یک کمپرسور دیافراگمی نشان داده شده است.

۱- Single Stage Compressors

۲- Multistage Compressors

۳- Diaphragm Compressor



شکل ۲۹- ساختمان داخلی کمپرسور دیافراگمی

برای کنترل کردن مسیرهای ورودی و خروجی گاز، از شیرهای کمپرسور (سوپاپ‌ها) استفاده می‌شود. شیرها از مهم‌ترین قطعات کمپرسورهای رفت و برگشتی می‌باشند که خراب شدن آنها باعث عدم آب‌بندی و برگشت دوباره گاز به داخل و گرم شدن آن و نهایتاً کاهش ظرفیت و جریان کمپرسور می‌شود و بالاخره عملکرد نامناسب آنها نیز باعث کاهش کارایی کمپرسور می‌شود.

### کمپرسورهای حرارتی<sup>۱</sup>

از آنجایی که حرارت دادن گاز باعث افزایش جنبش مولکول‌ها و افزایش فشار در حجم ثابت می‌شود (مثل دیگ‌های زودپز که برای پختن غذا از آنها استفاده می‌شود)، در بعضی از فرایندها که با چرخه‌گازی کار می‌کنند، از این سامانه‌ها استفاده می‌شود و بالا بردن فشار گاز در این سامانه‌ها با حرارت دادن گاز انجام می‌شود. اجکتورها<sup>۲</sup> جزو دسته کمپرسورهای حرارتی طبقه‌بندی می‌شوند و ساختمان و اصول کار آنها با کمپرسورهای معمولی متفاوت است. اجکتورها به صورت یک شیبور همگرا - واگرا هستند که با سرعت گرفتن سیال عبوری از آنها، خلأ ایجاد می‌شود. با استفاده از خلأ ایجاد شده، بخارها از داخل سامانه‌ی مربوطه مکیده شده و از آنجا خارج می‌شوند. از اجکتورها برای کاربردهایی نظیر تخلیه‌ی آب حوضچه‌ها استفاده می‌شود.

۱- Thermal Compressor

۲- Ejectors

## سامانه‌های روغن کاری کمپرسورها

کمپرسورها را با استفاده از سامانه پاششی ساده و سامانه‌های تغذیه اجباری به کمک پمپ، روغن کاری می‌کنند. در کمپرسورهای کوچک فقط از سامانه روغن کاری پاششی استفاده می‌شود اما در کمپرسورهای نیمه‌بسته و باز، روغن کاری توسط پمپ روغن انجام می‌گیرد.

به دلیل اهمیت روغن کاری باید از وجود روغن کافی در کمپرسور مطمئن شد؛ به همین منظور بر روی بدنه کمپرسور، شیشه‌ای قرار دارد تا بتوان سطح روغن داخل کمپرسور را بازدید نمود و در صورت پایین آمدن سطح روغن از اندازه تعیین شده، نسبت به جبران آن اقدام نمود.

همچنین برای اطمینان از کار صحیح پمپ روغن، از کلید پایش فشار استفاده می‌شود تا در صورت خراب شدن پمپ روغن و نبودن فشار مناسب برای روغن کاری اجزای کمپرسور، توسط آن کمپرسور خاموش شود. روانکاری بین جداره‌های رینگ‌ها و داخل سیلندر کمپرسورهای رفت و برگشتی، با استفاده از سامانه‌های روغن کاری قطره‌ای انجام می‌شود. همچنین برای جلوگیری از برگشت گاز کمپرسور به داخل لوله‌های روغن، معمولاً از شیر یک‌طرفه<sup>۱</sup> استفاده می‌شود تا از عکس شدن جریان گاز به داخل روغن که گاهی می‌تواند خطرناک هم باشد، جلوگیری شود.

در بیشتر کمپرسورها جهت افزایش ایمنی سامانه روغن کاری از یک پمپ قطره‌ای که لوله ورودی آن در داخل مخزن کمی بالاتر از لوله پمپ‌های دیگر است و همراه با بقیه پمپ‌ها کار می‌کند، استفاده می‌شود.

### بازرسی معمول راه‌اندازی اولیه و پس از تعمیرات اساسی کمپرسورهای رفت و برگشتی

در راه‌اندازی اولیه و یا پس از هر بار تعمیرات اساسی کمپرسورهای رفت و برگشتی، باید تمیزکاری کلی اطراف کمپرسور و بازرسی سرپوش‌ها برای جلوگیری از نفوذ اجسام خارجی به داخل سامانه روغن و کمپرسور انجام شود. این بازدیدها شامل بازرسی سامانه روغن کاری سیلندرها نیز می‌باشد.

مهم‌ترین عامل در کارایی دستگاه‌ها، انتخاب صحیح نوع روغن و سامانه روانکاری است. این سامانه شامل روغن کاری قسمت‌های ثابت و متحرک داخل سیلندر (سامانه روغن کاری قطره‌ای) نیز می‌باشد که در راه‌اندازی اولیه و پس از هر بار تعمیرات اساسی کمپرسورها باید مورد توجه قرار گیرند.

## راه‌اندازی کمپرسورها

فعالیت  
عملی ۱۱



نکات مورد توجه در راه‌اندازی اولیه و بعد از تعمیرات کمپرسورها عبارت‌اند از:

- ۱ اطمینان از تمیز بودن و عاری بودن سرپوش‌ها و قسمت‌های مختلف از خاک، شن و دیگر آلودگی‌ها که در صورت نیاز به تمیزکاری باید با پارچه‌ای بدون نخ‌های آزاد (بدون پرز) و با مایع تمیزکننده پاک شوند. به منظور سهولت انجام کار معمولاً داخل کمپرسورها رنگ سفید زده شده است تا آلودگی‌ها و اجسام خارجی به راحتی قابل دیدن باشند.

۱- Check Valve



۲ هنگام شست‌وشوی لوله‌های داخلی<sup>۱</sup> و بدنه کمپرسورها و دیگر ماشین‌آلات، از روغن‌هایی باید استفاده شود که غلظت آن کمتر از غلظت روغن اصلی سفارش‌شده کارخانه باشد تا قابلیت نفوذ و حرکت آن در کلیه منافذ بهتر باشد. لازم به توضیح است که با توجه به نوع روغن‌های حفاظتی استفاده‌شده، نوع روغن برای شست‌وشو و تمیزکاری مسیرهای روغن توسط کارخانه سازنده پیشنهاد می‌گردد.



شکل ۳۰- سامانه تمیزکاری کمپرسور

۳ هنگام شست‌وشو و تمیزکاری مسیرهای روغن، باید کلیه مسیرهای ورودی روغن به یاتاقان‌ها باز شوند و ابتدا مسیرهای لوله‌کشی پمپ، کولرها، فیلترها و... تمیز گردند. در این مرحله، افت فشار روغن در داخل فیلترها باید به دقت تحت نظر قرار گیرد و با افزایش افت فشار، فیلترها بازرسی شده و برای تمیزکاری و یا تعویض آنها اقدام شود.

۴ هنگام عملیات شست‌وشو و تمیزکاری مسیرهای روغن، هر پانزده دقیقه یک بار میل‌لنگ را باید یک چهارم دور چرخاند.

۵ کلیه اتصالات و سامانه‌های روغن باید از نظر نشتی مورد بازرسی قرار گیرند.

۶ پس از اتمام کار شست‌وشو و تمیزکاری، روغن کثیف داخل سامانه تخلیه شده و روغن پیشنهادی کارخانه سازنده به داخل محفظه روغن ریخته می‌شود و سطح آن تنظیم می‌شود. پس از شارژ روغن، موتور برقی یدک به کار انداخته می‌شود و سپس به اندازه حجم روغن کم شده که درون لوله‌ها، کولرها و... رفته است، دوباره مخزن روغن تا ارتفاع مشخص شده پر می‌شود.

۷ اطمینان از تنظیم بودن تمامی شیرهای کنترل<sup>۲</sup>، نشان دهنده‌های فشار<sup>۳</sup>، نشان دهنده‌های دما، ترموکوپل‌ها، کلیدها و... .

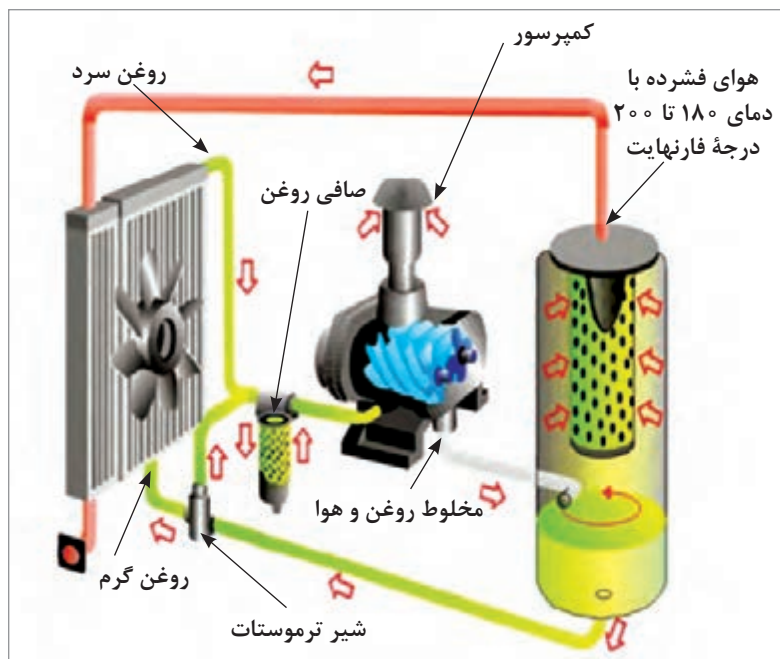
۸ بازدید کلیه کلیدهایی که به وسیله عامل فشار و دما تغذیه می‌شوند.

۱- Flushing

۲- Control Valve

۳- Pressure Gauge

- ۹ بازدید شیرهای یک طرفه و اطمینان از جهت صحیح نصب آنها.
- ۱۰ بازدید کلیه شیرهای اطمینان<sup>۱</sup> روغن طبق تنظیمات توصیه شده و زمان مقرر برای هر کدام از آنها.
- ۱۱ اطمینان از کارکرد مناسب گرمکن‌های روغن (برقی و بخاری) و شیوه عمل کردن آنها در دمای مناسب.
- ۱۲ هواگیری کلیه مسیرهای روغن اعم از فیلترها، کولرها و ...



شکل ۳۱- چرخه گردش روغن در کمپرسور

فیلم آموزشی روانکاری کمپرسورها.

فیلم



### موارد قابل توجه در سامانه روانکاری کمپرسور:

- بازبینی منظم فشار و دما هنگام کار و خاموشی دستگاه‌ها هر ۶ ماه یک بار؛
- بازرسی سطح روغن هنگام خاموشی دستگاه؛
- تعویض روغن در صورت کثیف شدن روغن؛
- تمیز کردن صافی روغن در هنگام تعویض روغن.

### مواردی که باید در هنگام روانکاری مورد توجه قرار گیرند عبارت‌اند از:

- تعداد و محل‌های روانکاری هر دستگاه؛
- روش روانکاری (استفاده از پمپ، گریس پمپ، قیف، برس مویی، حجم و میزان روانکار)؛
- نوع روانکار.

## تمیزکاری و شست‌وشوی سامانه‌های روانکاری

پایش تمیزی روغن در میان صاحبان تجهیزات امری کاملاً پذیرفته‌شده است و در قالب برنامه‌های تعمیر و نگهداری دوره‌ای و منظمی مانند تمیزکاری لوله‌ها، مخازن، دستگاه‌های خنک‌کننده و غیره انجام می‌گیرد. آلودگی روغن با کاهش کارایی و طول عمر روغن، عملکرد دستگاه‌ها را تحت تأثیر قرار داده و هزینه‌های سنگینی را تحمیل خواهد کرد. در این راستا یکی از روش‌های مؤثر که موجب بهبود کارایی روغن می‌شود، شست‌وشوی سامانه‌ی روانکاری با استفاده از روغن شست‌وشو است. معقول‌ترین و مؤثرترین روش بازرسی شرایط روغن، پایش مناسب روانکار و سامانه‌ی روانکاری است که براساس یک برنامه‌ی صحیح و دقیق تجزیه و آزمون روغن، تنظیم شده باشد. در این روش علاوه بر اندازه‌گیری مشخصات اصلی روانکار، به سؤالاتی مانند تمایل روانکار به ایجاد لجن و عوامل دیگر که موجب کاهش عمر روغن در هنگام کارکرد می‌شوند، با بررسی شرایط عمومی و مواد موجود در روانکار، پاسخ داده می‌شود.

پرسش اصلی این است، که وقتی رسوب، لجن یا آلودگی‌های ناشی از زنگ‌زدگی قطعات در سامانه‌ی روغن به وجود می‌آید یا زمانی که سامانه‌ی روانکاری یک واحد تازه راه‌اندازی شده به واسطه‌ی آلودگی‌های شیمیایی یا مکانیکی در حال صدمه دیدن است، چه باید کرد؟ با حجم بالای ذرات ساینده‌ی ناشی از خرابی و سایش شدید اجزای سامانه نظیر یاتاقان‌ها چه باید کرد؟

برای عملکرد بدون مشکل سامانه، آلودگی‌ها باید از سامانه‌ی روانکاری حذف شوند. به هر حال، زمانی که در شرایط حد، نوع و میزان این ذرات آلاینده، بیشتر از ظرفیت جداسازی فیلترها شود، عملکرد آتی اجزا تهدید شده و عملکرد سامانه دچار مشکل خواهد شد. در این شرایط، روش‌های نگهداری استاندارد به تنهایی کافی نیستند بلکه در کنار اقدامات تعریف شده، شست‌وشوی کامل سامانه با شوینده‌ای مناسب، به گونه‌ای که سیال شست‌وشو، تلاطم کافی داشته باشد، نیز باید انجام شود. اگر پس از انجام این کارها، روغن مورد استفاده همچنان ویژگی‌های موردنظر را در سطح مناسب تأمین نکند، روانکار را باید تعویض نمود.

از آنجایی که انجام عملیات تمیزکاری سامانه‌ی روانکاری در ضمن انجام تعمیرات اساسی سالیانه یا در واحدهایی که تازه راه‌اندازی شده‌اند، مشکل است، روش‌های متنوعی مانند سنبه‌زنی، شست‌وشوی شیمیایی (با استفاده از حلال‌ها، مواد افزودنی و غیره)، دمیدن بخار به داخل سامانه و یا استفاده از روش‌های متنوع شست‌وشو با روغن، در این خصوص مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از این روش‌ها در سامانه‌های خیلی آلوده نتایج مطلوب و



شکل ۳۲- رسوبات ناشی از تخریب روغن و خوردگی قطعات

در عین حال مقرون به صرفه‌ای را از نظر زمان و هزینه به دست نمی‌دهند و حتی اگر نتیجه‌ای هم حاصل شود غالباً ناپایدار بوده و پس از مدت کوتاهی از بین می‌رود و نیاز به تمیزکاری‌های بعدی نیز وجود خواهد داشت. این ناخالصی‌ها می‌توانند در طول کارکرد، در اثر تخریب روغن یا خوردگی قطعات ایجاد شوند (شکل ۳۲). در فرایندهایی که گاز فشرده مورد استفاده قرار می‌گیرد، گاز مقادیری از ناخالصی را با خود حمل می‌کند و می‌تواند با عبور از آب‌بندها با روغن پایه و یا مواد افزودنی روغن واکنش دهد. این آلودگی‌ها در داخل سامانه‌ی روانکاری جمع شده و رسوبات مختلفی را بر جای می‌گذارند.

ناخالصی‌ها دلیل اصلی سایش زودرس قطعات هستند و می‌توانند موجب توقف کامل سامانه شوند. آسیب‌پذیرترین دستگاه‌ها پمپ‌ها، خنک‌کننده‌های روغن، فیلترها و مخازن هستند. تمیزکاری یک سامانه روانکاری، کار آسانی نیست. تمیزکاری هیدرودینامیک با استفاده از پاشش آب با فشار بالا و به دنبال آن شست‌وشو با استفاده از جریان بسیار متلاطم روغن، روش ارزشمند و مفیدی است که جایگزین روش‌های قدیمی شده است. شست‌وشو با روغن بعد از فرایند آب‌شویی بسیار مؤثرتر و سریع‌تر خواهد بود. این امر اجازه می‌دهد تا یک برنامه منظم و بدون وقفه برای شروع به کار سامانه تنظیم گردد و نیازی به صرف زمان زیاد برای انجام شست‌وشو نخواهد بود. با اجرای این روش، امکان تعمیر و نگهداری سامانه به صورت مؤثر و فعال وجود خواهد داشت. این روش برای محیط‌زیست نیز زیان‌آور نیست چرا که آب یک حلال طبیعی و تمیز است و آب خروجی از سامانه نیز حاوی آلاینده‌های متصل به دیواره داخلی قطعات همراه با مقادیر بسیار کم روغن موجود در سامانه است. بسته به میزان دقت و کیفیت مورد استفاده در این روش، ضمانت بلندمدت‌تری برای تمیزی سامانه وجود خواهد داشت.

### انجام چند نمونه روانکاری

با استفاده از روانکارهای تهیه‌شده، روانکاری تجهیزات در دسترس خود مانند کولر، چرخ خیاطی، صندلی، لولاهای درها و... را انجام دهید.

فعالیت  
عملی ۱۲



### بازدید از مراکز صنعتی

با هماهنگی هنرآموز خود از مراکزی که دارای پمپ و کمپرسور هستند، بازدیدی به عمل آورید. در مورد آنها و سامانه‌های روانکاری گزارشی تهیه کنید.

فعالیت  
عملی ۱۳



پرسش



- ۱ روانکاری را تعریف کنید.
- ۲ اهمیت روانکاری در صنعت را شرح دهید.
- ۳ انواع روانکارها را نام ببرید.
- ۴ ویژگی‌های انواع روغن‌ها را بنویسید.
- ۵ خواص فیزیکی و شیمیایی روغن‌ها را نام ببرید.
- ۶ گراندرویی را شرح دهید.
- ۷ نقطه ریزش و ابری شدن را تعریف کنید.
- ۸ تفاوت گریس‌ها با روغن‌ها را بنویسید.
- ۹ چند نمونه کاربرد روانکارهای گازی را نام ببرید.
- ۱۰ خواص نانوروانکارها را بنویسید.
- ۱۱ در کدام روش از تمیزکاری یک سامانه روانکاری، احتمال آسیب زدن به محیط‌زیست کمتر است.

## ارزشیابی شایستگی روانکاری تجهیزات

### شرح کار:

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 کار وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.

استاندارد عملکرد: تهیه چند نمونه مایع خنک کننده و انجام خنک کاری تجهیزات و حفظ ایمنی سامانه های خنک کاری طبق دستور کار

### شاخص ها:

- ۱ رعایت مسائل ایمنی هنگام کار  
 ۲ انجام کار طبق دستور کار

### شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط مکان: کارگاه ایمن و مجهز

شرایط دستگاه: آماده به کار

زمان: یک جلسه آموزشی

ابزار و تجهیزات: وسایل ایمنی شخصی، تجهیزات لازم کارگاهی

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تهیه چند نمونه روغن روان کننده	۲	
۲	روانکاری پمپ ها	۱	
۳	روانکاری کمپرسورها	۱	
۴	نظافت محیط و تجهیزات	۱	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی. ۲- نگرش: صرفه جویی در مواد مصرفی. ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش. ۴- شایستگی های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی. ۵- مستندسازی: گزارش نویسی	۲	
	میانگین نمرات		*

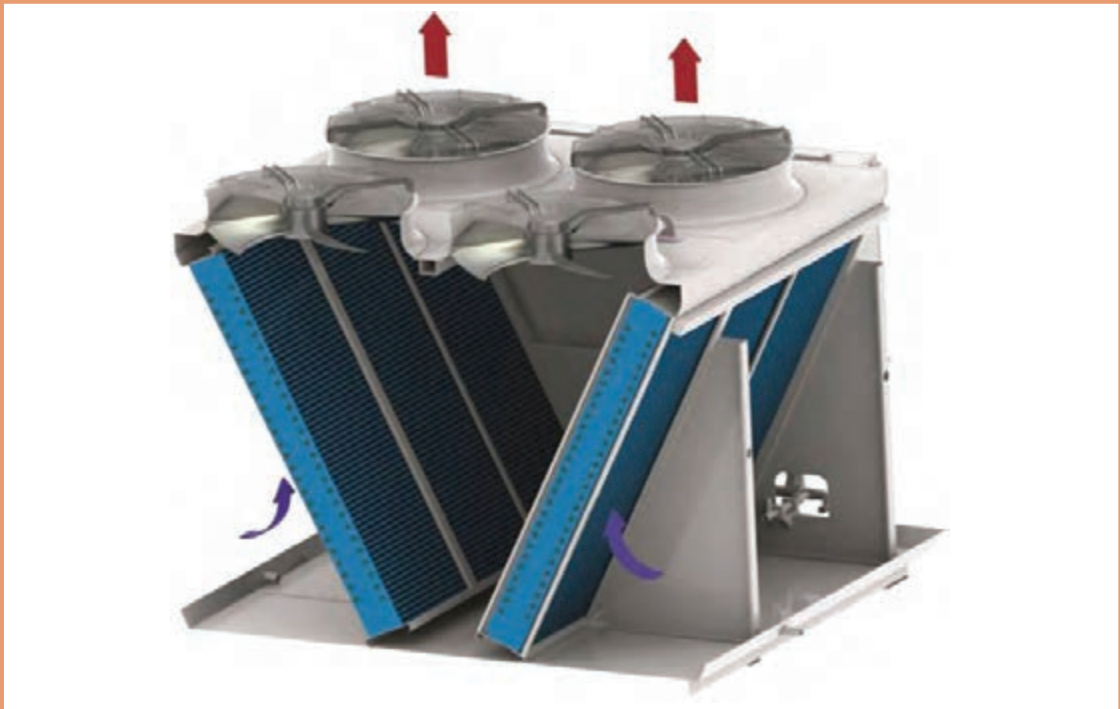
\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.





## پودمان ۵

# خنک کاری تجهیزات



استفاده از فرایندهای مختلف خنک کاری به دلیل حفاظت تجهیزات صنعتی، مسائل زیست محیطی، صرفه جویی در انرژی و... امری اجتناب ناپذیر است.

## واحد یادگیری ۵

### خنک کاری تجهیزات

#### مقدمه

بالا رفتن دمای مواد و وسایل در گیر در فرایندهای گوناگون، تبخیر مایعات، تغییر شکل یا فرسودگی قطعات و کاهش بازدهی عملکرد دستگاه‌ها از جمله نتایج باقیماندن و تجمع گرما در تجهیزات مختلف می‌باشند. برای پیشگیری یا کاهش این معایب، بایستی گرمای مزبور از این دستگاه‌ها خارج شود. برای این کار از انواع مختلف دستگاه‌های خنک‌کننده استفاده می‌گردد، چراکه روش‌های انتقال و دفع گرمای حاصل از یک منبع گرم به یک منبع سرد متفاوت است. در ابتدای این پودمان مطالب تئوری مربوط به خنک‌کاری، انواع سامانه‌های خنک‌کننده، عوامل مؤثر در طراحی برج‌های خنک‌کننده، مشکلات برج‌های خنک‌کننده، مایعات خنک‌کننده، سامانه خنک‌کننده کمپرسور و ایمنی سامانه خنک‌کننده‌ها ارائه شده است. در این پودمان هنرجویان با تهیه چند نمونه مایع خنک‌کن، انجام خنک‌کاری تجهیزات و حفظ ایمنی سامانه‌های خنک‌کاری نیز آشنا می‌شوند.

#### استاندارد عملکرد

تهیه چند نمونه مایع خنک‌کن و انجام خنک‌کاری تجهیزات و حفظ ایمنی سامانه‌های خنک‌کاری طبق دستور کار

#### شایستگی‌های غیر فنی

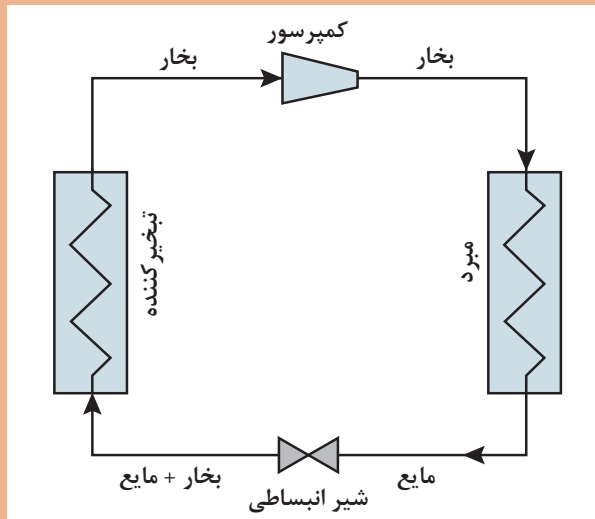
- ۱ اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت‌شناسی، انجام وظایف و کارهای محوله، پیروی از قوانین
- ۲ مدیریت منابع: شروع به کار به موقع، مدیریت مؤثر زمان، استفاده از مواد و تجهیزات
- ۳ کار گروهی: حضوری فعال در فعالیتهای گروهی، انجام کارها و وظایف محوله
- ۴ مستندسازی: گزارش‌نویسی فعالیتهای کارگاهی
- ۵ محاسبه و کاربست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

#### پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود

- ۱ چند نمونه مایع خنک‌کننده تهیه نمایند.
- ۲ تجهیزات خنک‌کاری را راه‌اندازی نمایند.
- ۳ ایمنی سامانه‌های خنک‌کاری را حفظ کنند.



با توجه به چرخه سرمایه‌ش زیر، چرا یخچال و فریزرهای موجود در منازل باید در فاصله مناسبی از دیوار قرار داشته باشند؟



باقی ماندن و تجمع گرما در تجهیزات مختلف سبب بالا رفتن دمای مواد و وسایل در گیر در فرایندهای گوناگون، تبخیر مایعات، تغییر شکل یا فرسودگی قطعات و کاهش بازدهی عملکرد دستگاه‌ها می‌شود. برای پیشگیری یا کاهش این عیب‌ها، باید گرمای مزبور از این دستگاه‌ها خارج شود. به این منظور لازم است از انواع مختلف خنک‌کننده‌ها استفاده شود، چرا که روش‌های انتقال و دفع گرمای حاصل از یک منبع گرم به یک منبع سرد، متفاوت است.

اگر آب گرم خروجی از انواع مبدل‌های حرارتی به‌طور مستقیم وارد دریاها و رودخانه‌ها شود، چه پیامدهای نامطلوبی به دنبال خواهد داشت؟

آیا می‌توانید برای استفاده از انرژی موجود در سیالات گرم خروجی از فرایندهای مختلف، یک روش مناسب پیشنهاد دهید؟

پرسش



تحقیق کنید



پرسش



به دلیل حفاظت از تجهیزات صنعتی، مسائل زیست‌محیطی، صرفه‌جویی در انرژی و... استفاده از فرایندهای مختلف خنک‌کاری اجتناب‌ناپذیر است. وقتی مایع گرمی با بخار اشباع نشده‌ای تماس می‌یابد، قسمتی از مایع تبخیر می‌شود، بنابراین دمای مایع باقیمانده افت می‌کند. مهم‌ترین کاربرد این اصل در سامانه‌های خنک‌کن است که بر مبنای آن، دمای آب مصرفی در چگالنده‌ها و مبدل‌های گرمایی کاهش می‌یابد. از جمله مصارف دستگاه‌های خنک‌کننده در صنایع شیمیایی، نیروگاه‌ها و وسایل تهویه مطبوع است. فرایندهای خنک‌کاری با استفاده از هوا، آب، انواع روغن و سیالات دیگر و با کمک تجهیزات مکانیکی و یا بدون کمک آنها صورت می‌گیرند.

بحث  
گروهی



در مورد خنک‌کاری مواد و وسایل موجود در جدول زیر با هم گروهی‌های خود بحث کرده و جدول را تکمیل کنید.

ردیف	نام وسیله	روش خنک‌کاری	توضیح
۱	جاروبرقی		
۲	رایانه		
۳	هوای اتاق و ساختمان‌ها		
۴	آب گرم خروجی از مبدل‌های حرارتی		
۵	محصولات برج تقطیر		
۶	...		

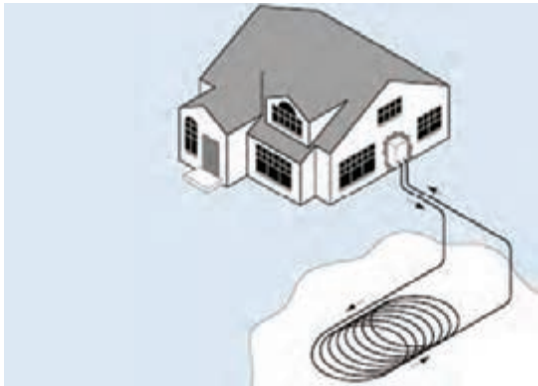
بدن انسان به‌طور طبیعی چگونه خنک می‌شود؟

تحقیق  
کنید



## انواع سامانه‌های خنک‌کننده

در بیشتر سامانه‌های خنک‌کننده، گرما به سیال خنک‌کن منتقل می‌شود. میزان خنک شدن، بسته به نوع سامانه و فرایند، متغیر است. انواع سامانه‌های خنک‌کننده به سه گروه اصلی گردشی بسته، گردشی باز و گذرا تقسیم می‌شوند.



شکل ۱- طرح ساده‌ای از سامانه خنک کننده گردش بسته

الف) سامانه‌های خنک کننده گردش بسته در سامانه‌های گردش، آب در نقطه‌ای گرم شده و در جای دیگر خنک می‌شود. در سامانه چرخشی کاملاً بسته، آب خنک کننده از میان سامانه عبور کرده و بدون اینکه هیچ گونه آبی تلف شود، به مخزن اصلی خود بر می‌گردد (شکل ۱).

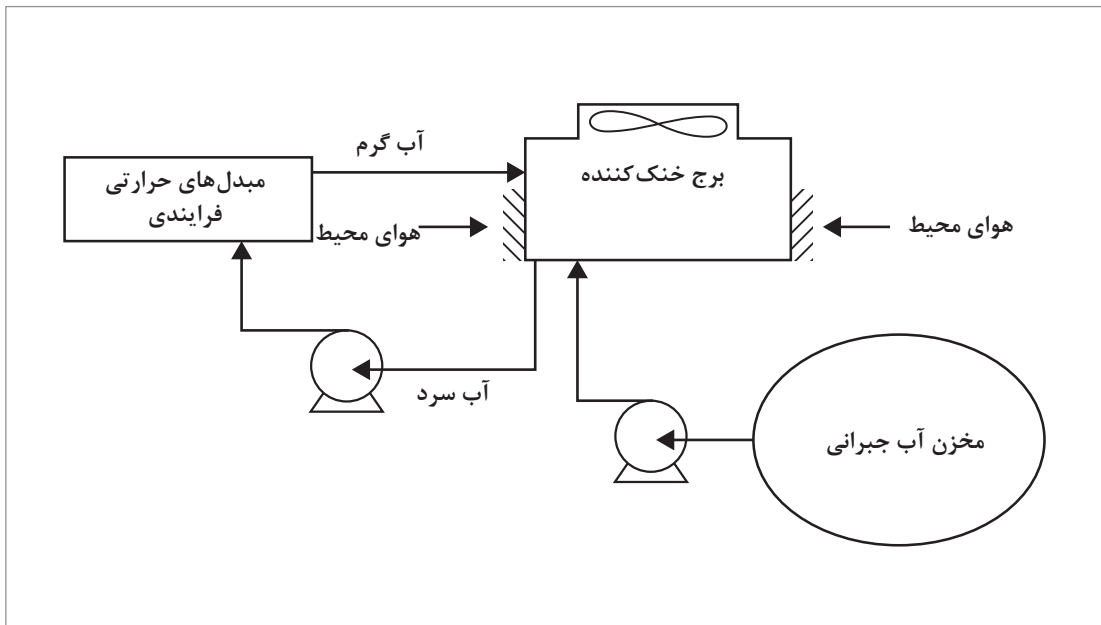
نمونه‌هایی از سامانه خنک کننده گردش بسته را نام ببرید.

پرسش



### ب) سامانه‌های خنک کننده گردش باز

سامانه‌های خنک کننده باز، از رایج‌ترین سامانه‌های خنک کننده می‌باشند. در این سامانه‌ها در هر چرخه گردش، حدود ۲ تا ۳ درصد آب تبخیر می‌شود، بنابراین آب تازه جایگزین آن می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- طرح ساده‌ای از سامانه خنک کننده گردش باز



شکل ۳- نمونه‌ای از سامانه‌ی خنک‌کننده گذرا در مجاور رودخانه‌ها

### پ) سامانه‌های خنک‌کننده گذرا

در سامانه‌ی خنک‌کننده‌ی گذرا، آب از داخل رودخانه، دریا و... به داخل سامانه فرستاده شده یک بار از داخل واحدهای خنک‌کننده عبور می‌کند و دوباره به منبع اصلی خود برگشت داده می‌شود. بنابراین، مصرف آب در این سامانه‌ها خیلی زیاد است و ملاحظات زیست‌محیطی شدیدی در این سامانه باید رعایت شود (شکل ۳).

بیشتر دستگاه‌های خنک‌کننده از یک مدار بسته تشکیل شده‌اند که آب در این دستگاه‌ها نقش جذب، دفع و انتقال گرما را به عهده دارد، یعنی آب، گرمای به‌وجود آمده توسط فرایند را جذب و از آن دور می‌سازد. این کار باعث یکنواختی عملیات و پایداری دستگاه‌ها می‌شود. باید توجه داشت که آب، بخشی از گرمای خود را به روش‌های تشعشع، هدایتی، جابه‌جایی و بقیه را از راه تبخیر از دست می‌دهد. در دستگاه‌هایی که به دلایلی مجبوریم آب را در آنها به کار ببریم، باید به‌گونه‌ای گرمای آب را دفع کرد. این کار با به کار بردن برج‌های خنک‌کننده انجام می‌گیرد. در تمام کارخانه‌ها تعداد زیادی مبدل حرارتی وجود دارد که در بیشتر آنها، آب عامل خنک‌کنندگی است. به دلایل زیر آب از متداول‌ترین سردکننده‌ها است:

- ۱ نسبت به سایر خنک‌کننده‌ها به مقدار زیاد و ارزان در دسترس می‌باشد.
- ۲ به آسانی می‌توان از آن استفاده نمود.
- ۳ قدرت سردکنندگی آن نسبت به مایعات دیگر بیشتر است.
- ۴ با تغییر دما، انقباض و انبساط آن جزئی است.

هر چند که آب برای انتقال گرما بسیار مناسب است، ولی با به کار بردن آن، مشکلاتی نیز به‌وجود می‌آید.

معایب و محاسن استفاده از آب را به عنوان خنک‌کننده نام ببرید.

پرسش



## انواع خنک کننده‌ها و عملیات خنک کاری

فیلم

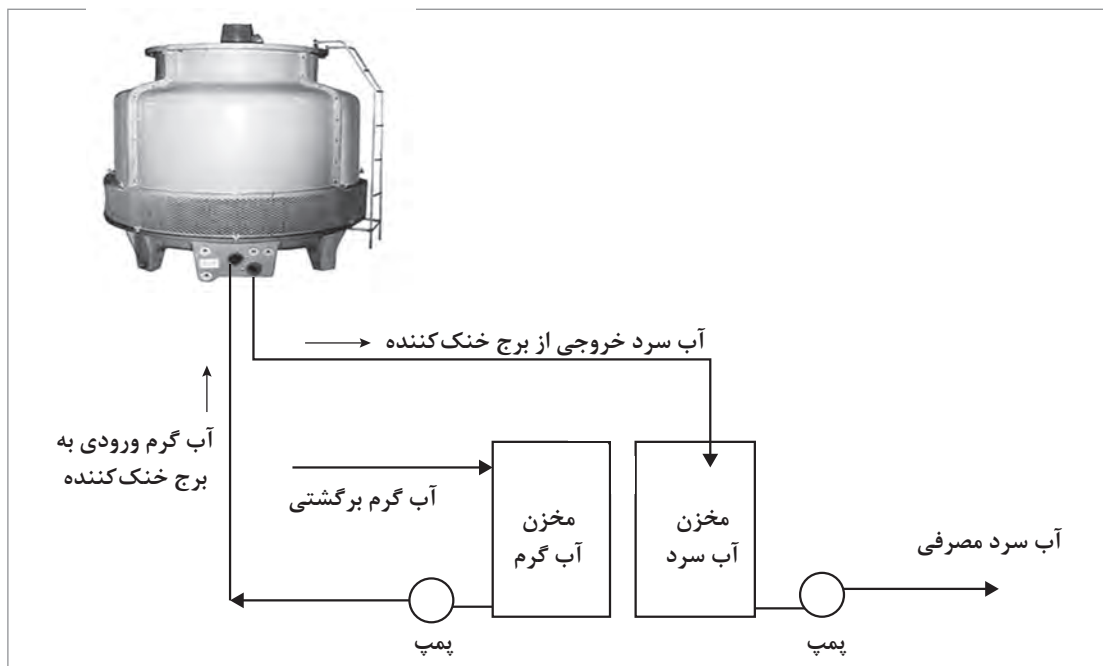


تحقیق کنید



با چه روش‌هایی می‌توان محل زندگی خود را خنک کرد؟ (حداقل پنج روش را بررسی کنید).

شکل ۴، یک نمونه سامانه خنک کننده ساختمان‌ها، را نشان می‌دهد.

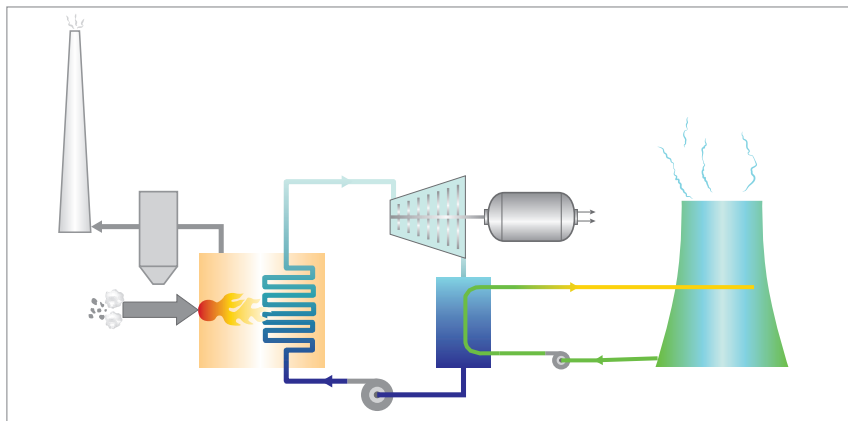


شکل ۴- یک نوع سامانه خنک کننده ساختمان‌ها

در ادامه، انواع دستگاه‌های خنک کننده شامل برج خنک کننده<sup>۱</sup>، سامانه خنک کننده خودرو و خنک کننده‌های پمپ و کمپرسور معرفی می‌شوند.

## برج خنک کننده

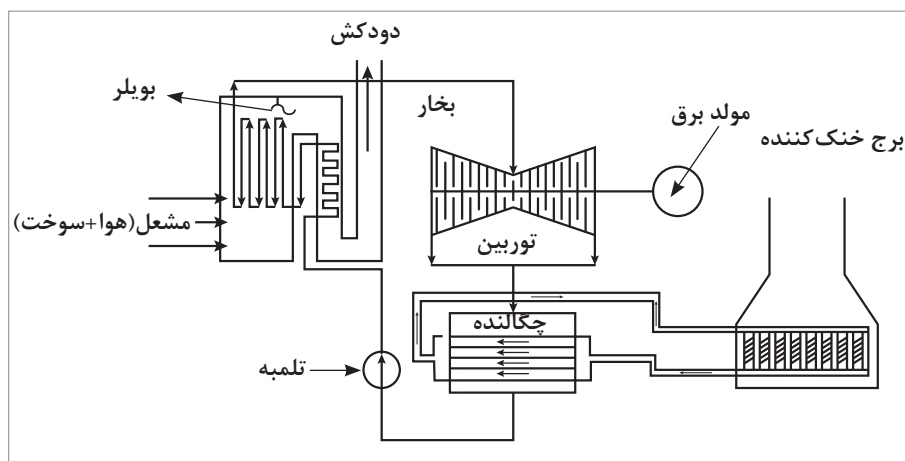
در اغلب کارخانه‌ها یکی از مهم‌ترین دستگاه‌ها، انواع برج‌های خنک کننده می‌باشد. این برج‌ها علاوه بر آب، به منظور خنک کردن سیالات دیگر نیز به کار می‌روند. برج‌های خنک کننده معمولاً حجیم هستند و به علت پاشیدن آب به محیط اطراف خود، معمولاً آنها را در انتهای فرایند نصب می‌کنند (شکل ۵). اکنون در ایران ساخت این برج‌ها در حد وسیعی صورت می‌گیرد.



شکل ۵- موقعیت برج خنک کننده در یک فرایند

برج خنک کننده، دستگاهی است که با ایجاد سطح وسیع تماس آب با هوا، تبخیر را آسان کرده و باعث خنک شدن سریع آب می‌گردد. عمل خنک شدن، در اثر از دست دادن گرمای نهان تبخیر انجام می‌شود؛ در حالی که تبخیر شدن مقدار کمی از آب، نیز باعث خنک شدن بقیه آن می‌شود. به عبارت دیگر، برج خنک کننده، وسیله‌ای برای دفع حرارت زائد آب مورد استفاده در چگالنده‌ها، به طریق تبادل حرارتی با هوا است. برج‌های خنک‌کننده معمولاً با تبخیر آب، حرارت ایجاد شده را دفع کرده و آب را تا دمای حباب مرطوب هوا کم می‌کنند.

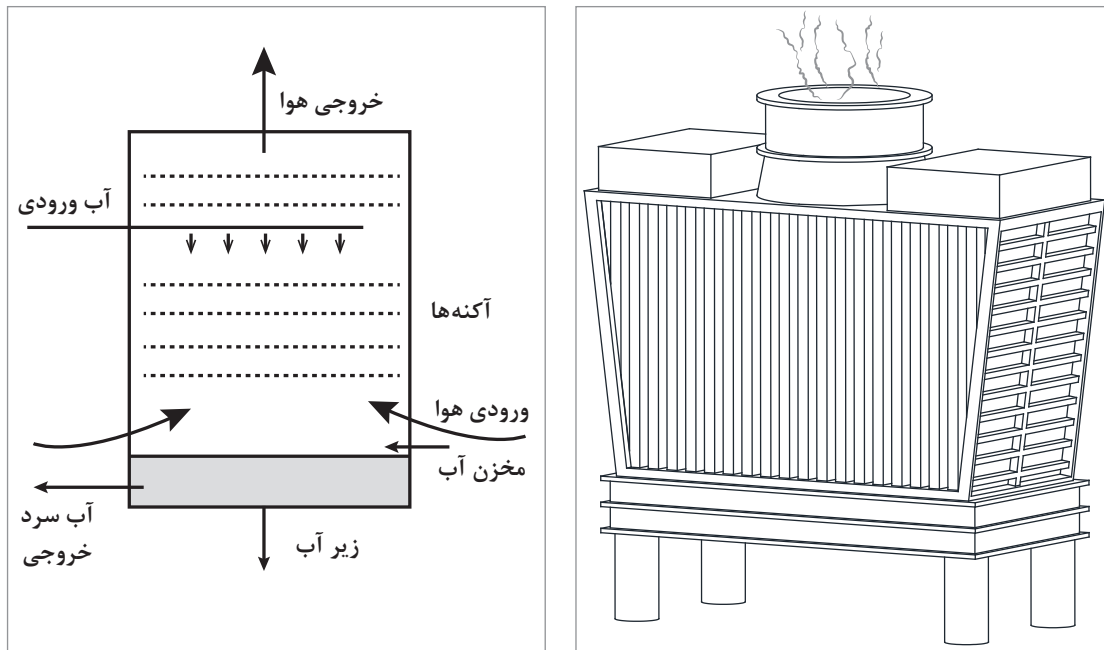
**کاربرد برج خنک کننده:** کاربرد برج‌های خنک کننده به قرن نوزدهم میلادی و اختراع چگالنده (کندانسور) برای استفاده در موتور بخار برمی‌گردد. نیروگاه‌های بخار به یک پس‌زنندهٔ گرما به خارج از چگالنده نیاز دارند. در این سامانه آب خنک کننده، چرخه‌ای را بین چگالنده و برج خنک کننده طی می‌نماید. آب خنک کننده به‌طور مستقیم در چگالنده با بخار خروجی از توربین برخورد کرده و با گرفتن گرمای نهان تبخیر، آن را مایع می‌کند. سپس گرمای گرفته شده را در اثر جریان طبیعی هوا در برج، به هوای محیط می‌دهد (شکل ۶).



شکل ۶- جایگاه برج خنک کننده در نیروگاه بخار

## اساس کار

اساس کار تمام برج‌های خنک‌کننده بر مبنای ایجاد سطح تماس بیشتر بین جریان آب گرم و هوای سرد و در نتیجه تبادل حرارتی بین این دو می‌باشد. در برج‌های خنک‌کننده، آب گرم توسط لوله‌هایی به بالای برج منتقل شده و در آنجا یا به صورت طبیعی و یا با آب‌فشان‌هایی به سمت پایین برج به جریان می‌افتد. آب گرم در طول این مسیر، با توجه به نوع برج، به شیوه‌های مختلف با جریان هوای سرد برخورد می‌کند و خنک می‌شود.



شکل ۷- طرح ساده‌ای از نمای داخلی و خارجی یک نمونه برج خنک‌کننده آزمایشگاهی

## انواع برج خنک‌کننده:

برج‌های خنک‌کننده، بر اساس میزان رطوبت به سه دسته مرطوب<sup>۱</sup>، خشک<sup>۲</sup> و خشک-مرطوب<sup>۳</sup> تقسیم می‌شوند.

### الف) برج‌های خنک‌کننده مرطوب

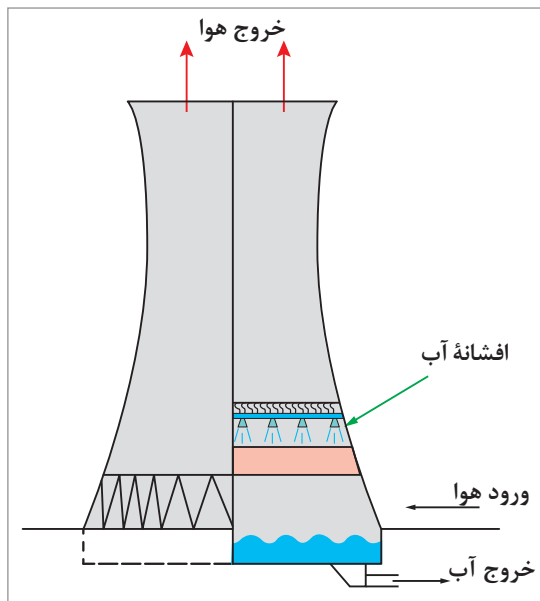
برج‌های خنک‌کننده مرطوب، حرارت فرایندها را به وسیله ساز و کارهای زیر به محیط می‌دهند:

- ۱ با افزایش دمای هوای اطراف؛
- ۲ با تبخیر بخشی از آب در حال گردش در سامانه؛
- ۳ با افزایش دمای مخزن طبیعی آب جمع‌آوری سرد شده

۱- Wet Cooling Towers

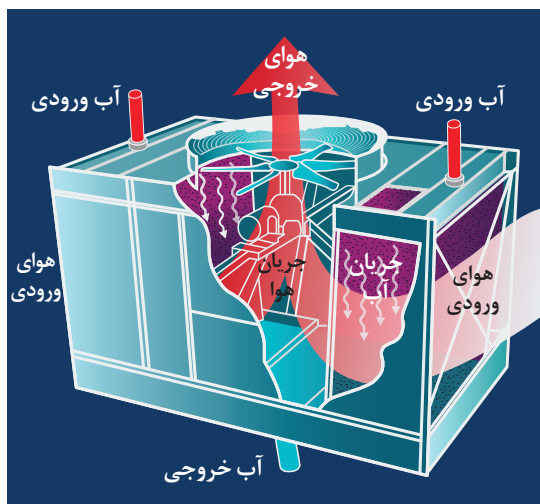
۲- Dry - Cooling Towers

۳- Wet - Dry Cooling Towers



شکل ۸ - طرح ساده‌ای از یک برج خنک‌کننده مرطوب

مطابق شکل ۸، برج‌های خنک‌کننده، یک سامانه توزیع و پخش آب گرم دارند که آب را به صورت یکنواخت روی یک شبکه کاری مشبک از تخته‌های افقی قرار می‌دهند. این شبکه‌ها آکنه نامیده می‌شوند.

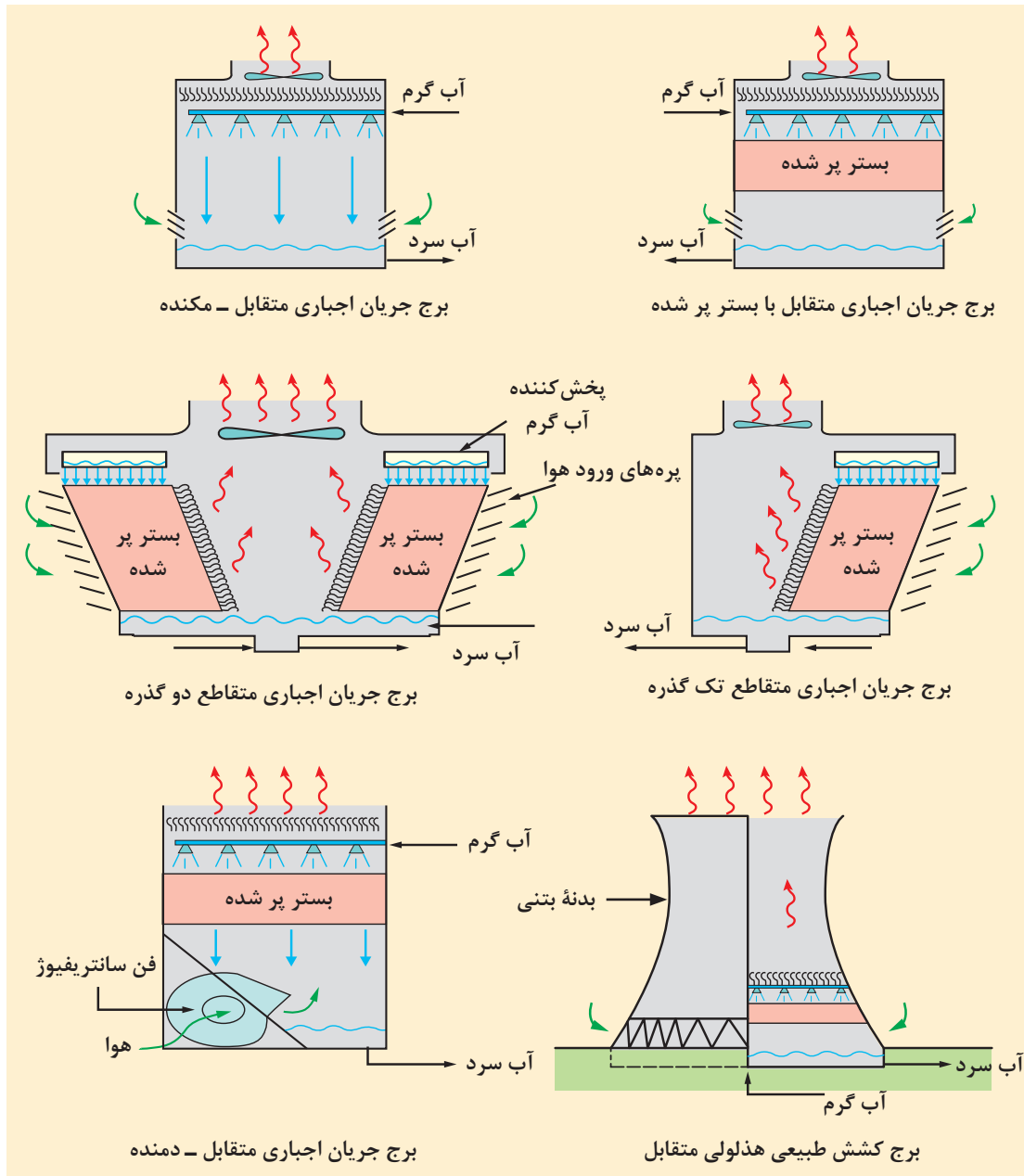


شکل ۹- نمایی برش خورده از برج خنک‌کننده مرطوب

آکنه‌ها آب سرازیر شده از بالای برج را با هوایی که از میان آنها حرکت می‌کند، کاملاً مخلوط کرده، به طوری که آب توسط نیروی وزن خود به صورت یک قطره از یک آکنه به سطح آکنه دیگر می‌ریزد. هوای بیرونی از طریق منافذی که به صورت تیغه‌های افقی کرکره‌ای در اطراف برج قرار دارند، وارد می‌شود. این تیغه‌ها به منظور نگه‌داری آب در داخل برج، به طرف پایین، مایل هستند. در اثر مخلوط شدن آب و هوا، انتقال حرارت و انتقال جرم اتفاق افتاده و در نتیجه آب، سرد می‌گردد. آب خنک در حوضچه بتنی که در انتهای برج قرار دارد، جمع‌آوری و سپس به طرف چگالنده، تلمبه می‌شود. اکنون هوای مرطوب از بالای برج خارج می‌گردد (شکل ۹). برج‌های خنک‌کننده مرطوب به دو صورت برج‌های خنک‌کننده با کشش طبیعی و برج‌های خنک‌کننده با کشش مکانیکی دسته‌بندی می‌شوند.



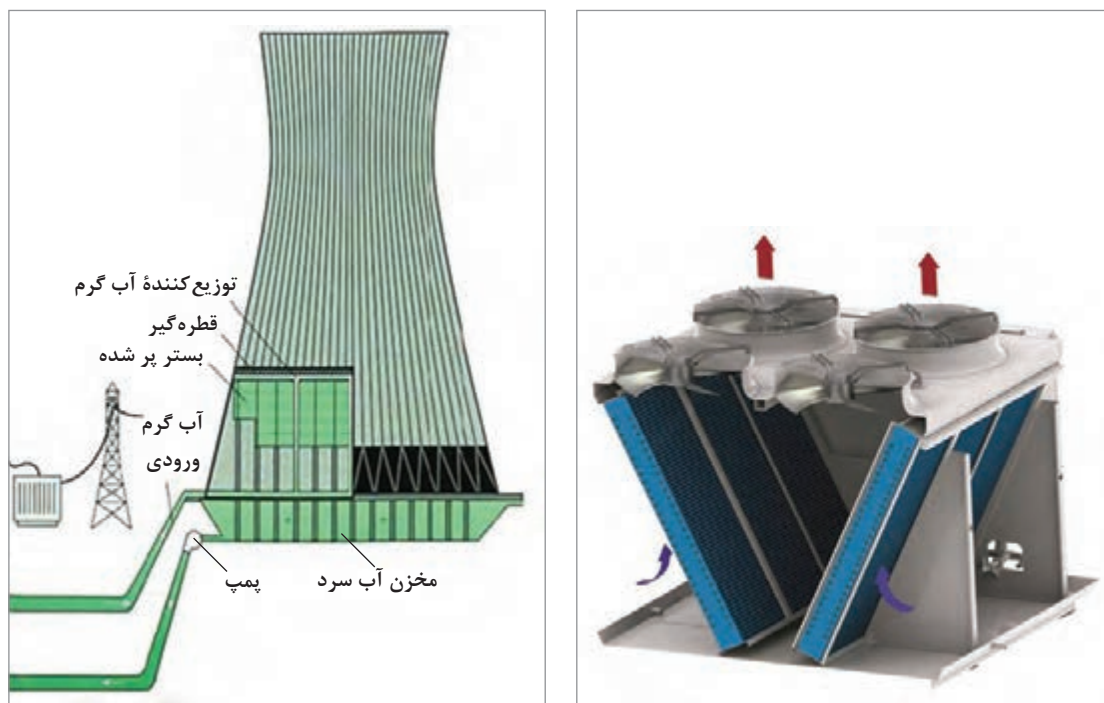
شکل ۱۰ انواع آرایش‌های برج خنک‌کننده مرطوب را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- انواع آرایش‌های برج‌های خنک‌کننده مرطوب

### ب) برج‌های خنک‌کننده خشک

در مکان‌هایی که آب کافی برای برج خنک‌کننده مرطوب وجود ندارد، باید از اتلاف میزان آب بر اثر تبخیر، جلوگیری به عمل آمده، بنابراین از این نوع برج‌ها استفاده می‌شود. در برج‌های خنک‌کننده خشک، آب در حال گردش از میان لوله‌های پره‌دار عبور کرده به طوری که هوای سرد از روی آنها عبور می‌کند. بنابراین، حرارت آب در حال گردش از طریق لوله‌ها خارج و جذب هوای سرد می‌گردد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- طرح ساده‌ای از یک برج خنک‌کننده خشک

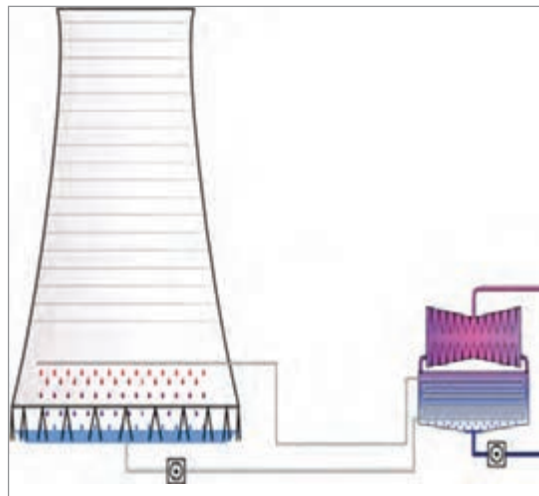
برج‌های خنک‌کننده خشک نیز می‌توانند با کشش طبیعی و یا با کشش مکانیکی عمل نمایند. یک افشانک هوا که با بخار کار می‌کند، با خارج کردن هوا و سایر گازهای غیرقابل تراکم، به برقراری خلأ کمک می‌کند. برای جلوگیری از ورود هوا به داخل دستگاه، پمپ، اختلاف فشار در داخل برج را مثبت نگه می‌دارد. فشار و دماهایی که یک برج خنک‌کننده خشک به کار می‌برد، به طور قابل ملاحظه‌ای، بیشتر از برج مرطوب است. در یک برج خنک‌کننده خشک با کشش طبیعی، شناوری هوای گرم شده باعث جریان یافتن هوا در سرتاسر سطوح تبادل حرارتی می‌گردد که برای انتقال حرارت آب داغ به جریان هوا ضروری است. همچنین می‌توان جریان هوا را با ایجاد کشش القایی یک بادبزن (پنکه یا فن) افزایش داد. کشش مکانیکی استفاده شده از یک بادبزن، اندازه برج را کاهش می‌دهد، ولی باعث اتلاف انرژی بیشتری در دستگاه می‌گردد. در برج خنک‌کننده خشک برخلاف برج خنک‌کننده مرطوب، یخ‌زدگی که (در شرایط خاص جوی) پدید می‌آید، ایجاد نمی‌شود.

### ج) برج‌های خنک‌کننده خشک - مرطوب

با توضیحاتی که در مورد دو نوع برج قبلی داده شد، مشخص می‌شود که برج‌های مرطوب همیشه مقداری آب به صورت تبخیر، مکش توسط هوا و نشستی مصرف می‌کنند. همچنین این برج، دچار مشکل پراکندن ذرات آب است. برج‌های خنک‌کننده خشک مشکلی بر کارکرد نیروگاه به خصوص در موقع گرم شدن هوای محیط تحمیل می‌کنند. در چنین مواردی برای کاهش عوارض حاصل از دو نوع برج ذکر شده، از برج‌های خنک‌کننده خشک-مرطوب استفاده می‌شود. همان طوری که از نام این نوع برج‌ها استنباط می‌شود، یک برج خنک‌کننده خشک-مرطوب، به وسیله ترکیبی از برج‌های خشک و مرطوب عمل می‌کند. در این گونه برج‌ها، قسمت بالای آن، بخش خشک می‌باشد که شامل لوله‌های پرده‌دار است و قسمت پایین برج که دارای آکنه‌هایی است، قسمت مرطوب است. آب گرم فرایند، از قسمت فوقانی برج وارد لوله‌های پرده‌دار شده و ضمن عبور مارپیچ از لوله‌ها، قسمت خشک را ترک کرده و تحت اثر نیروی جاذبه از میان آکنه‌ها در قسمت مرطوب، به حوضچه آب سرد می‌ریزد. هوای محیط از میان قسمت‌های خشک و مرطوب کشیده می‌شود و هوایی که برج را ترک می‌کند، زیر اشباع است (شکل ۱۲).

برج‌های خشک - مرطوب دو فایده مهم دارند:

- ۱ هوای خروجی، نسبت به برج مرطوب ذرات آب کمتری ایجاد می‌کند.
- ۲ چون آب قبلاً در قسمت خشک، خنک شده است، بنابراین، تبخیر کاهش یافته و در نتیجه از مصرف آب جبرانی برای جبران تبخیر آب، به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاسته خواهد شد.



شکل ۱۲- طرح ساده‌ای از یک برج خنک‌کننده خشک-مرطوب

با استفاده از نمودار و جدول‌های رطوبت‌سنجی، می‌توان مقدار گرمای خارج شده از برج خنک‌کننده و شرایط ترمودینامیکی هوا و آب را در هنگام ورود و خروج از برج به دست آورد.

از آنجایی که در بسیاری از صنایع، آب متداول‌ترین سیال خنک‌کننده فرایندهای گوناگون است، در ادامه انواع برج‌های سردکننده آب معرفی می‌شوند.

برج‌هایی که برای سرد کردن آب گرم خروجی از انواع فرایندها، مورد استفاده قرار می‌گیرند، معمولاً از چوب ساخته می‌شوند. این چوب از نوع مخصوص است که مقاومت بسیاری در مقابل رطوبت دارد. معمولاً در اثر تماس آب با چوب احتمال روپیدن گیاهان قارچی در درون خلل و فرج چوب وجود دارد. از این‌رو، پوشش نازکی از لاستیک نئوپرین روی چوب ایجاد می‌کنند تا از حمله گیاهان قارچی در امان باشد. بر دیواره‌های برج علاوه بر چوب از مواد دیگری نظیر ملات، پنبه نسوز و پلاستیک‌های مختلف استفاده می‌شود. حتی برج‌هایی وجود دارند که تماماً از مواد پلاستیک ساخته می‌شوند. آکنه‌های داخل برج همگی از جنس چوب بوده و به‌صورت قطعات باریک و نازک بر روی یکدیگر قرار داده می‌شوند. چوب‌ها را می‌توان به انواع مختلف روی یکدیگر قرارداد. نوع بسیار رایج این است که در هر ردیف، موازی با هم چیده شوند و جهت چوب‌ها در هر ردیف عمود بر جهت آنها در ردیف بالاتر باشد. استفاده از آکنه‌های پلاستیکی و حتی از جنس استیل (فولاد ضدزنگ) نیز مقدور است که در آن صورت به کمک قالب‌ریزی آنها را به‌صورت شبکه‌های مختلف در می‌آورند. برای آکنه افت فشار در طول برج به کمترین حد ممکن کاهش یابد درصد فضای خالی به حجم برج معمولاً بسیار زیاد و در حدود ۹۰ درصد در نظر گرفته می‌شود. در چنین حالتی می‌توان انتظار داشت که فاز آب علاوه بر حرکت از روی آکنه‌ها به شکل قطرات مجزا در فضای خالی برج به پایین بریزد که در این صورت سطح تماس موجود بین آب و هوا علاوه بر قسمت‌های مرطوب آکنه‌ها، شامل مجموع سطوح این قطرات نیز می‌باشد. بنابراین خصوصیت مشترک برج‌های خنک‌کننده این است که آب توسط نیروی وزن خود از بالا روی آکنه‌ها ریخته و توسط جریان هوایی که اطراف آن وجود دارد، خنک می‌شود. برج‌های خنک‌کننده به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند:

✓ برج‌های خنک‌کننده با کشش طبیعی هوا

✓ برج‌های خنک‌کننده با کشش مکانیکی هوا

هر یک از این برج‌ها نیز از نظر جهت جریان به دو دسته متقابل<sup>۱</sup> و متقاطع<sup>۲</sup> دسته‌بندی می‌شوند.

### انواع برج‌های خنک‌کننده با کشش طبیعی هوا

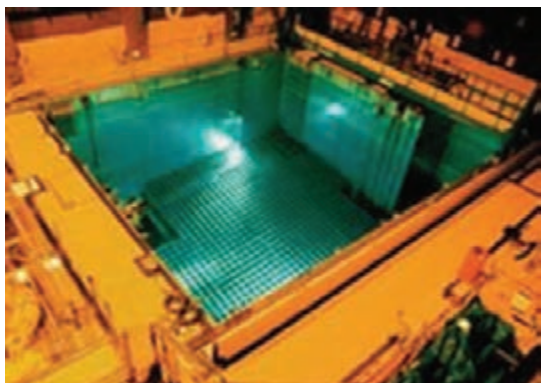
این برج‌ها شامل استخرهای خنک‌کننده، استخرهای آب‌پاش، برج‌های جوی و برج خنک‌کننده با کوران طبیعی هستند. در ادامه توضیح مختصر هر کدام از این برج‌ها آورده شده است.

#### ۱ استخرهای خنک‌کننده

استخرهای خنک‌کننده ساده‌ترین نوع دستگاه‌های خنک‌کننده می‌باشند و عمل خنک شدن به‌وسیله تماس آب با هوا در سطح استخر انجام می‌گیرد. قسمتی از خنک شدن به‌وسیله تماس آب با هوا در سطح استخر انجام گرفته و قسمتی از خنک شدن نیز به وسیله تبادل حرارت و انتقال آن به دیواره‌ها و کف استخر انجام می‌گیرد. آب از یک سوی استخر خارج شده و آب برگشتی از طرف دیگر وارد استخر می‌گردد. ساختن این نوع

۱- Counter Flow

۲- Cross Flow



شکل ۱۳- استخر خنک کننده

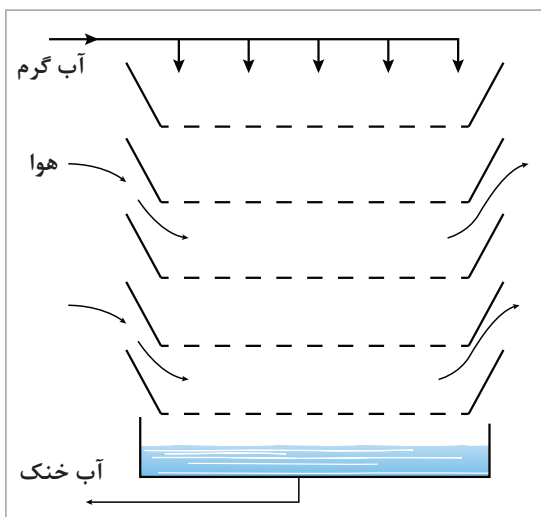
دستگاه‌های خنک کننده بسیار آسان است ولی احتیاج به فضای وسیعی داشته و مخارج بسیاری برای عمل حفاری لازم است (شکل ۱۳). میزان انتقال حرارت در این نوع استخرهای خنک کننده بسیار کم بوده و بازده، پایین می‌باشد.



شکل ۱۴- استخر خنک کننده آب پاش

## ۲ استخرهای آب پاش

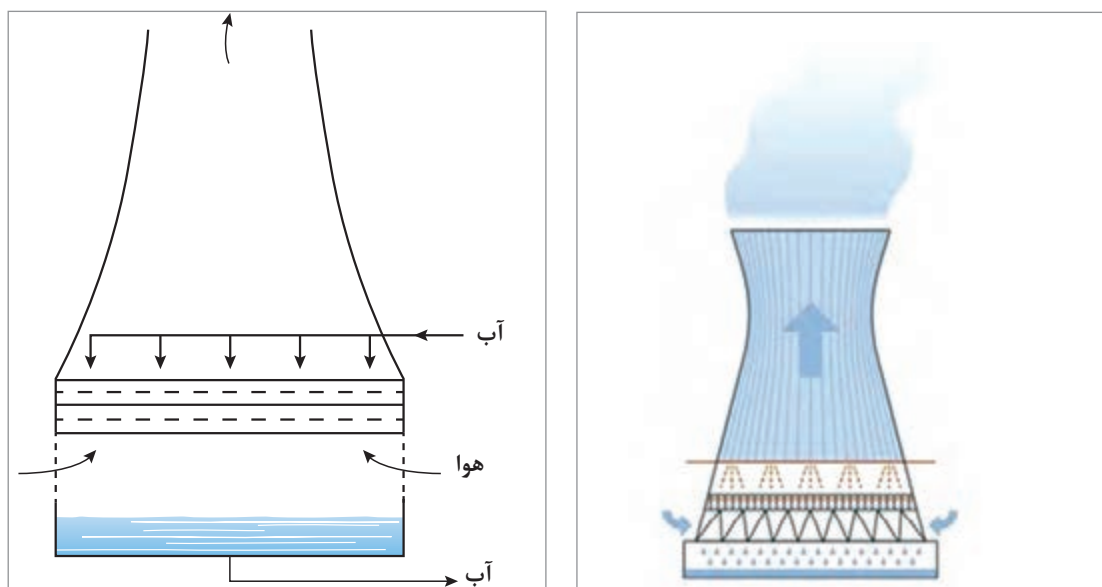
این استخرها دارای آب‌پاش‌هایی هستند که چندین فوت بالاتر از استخر قرار گرفته‌اند. این استخرها دارای دیواره‌های روزنه‌دار گنبدی شکلی هستند که کار این حصارها جلوگیری از انتقال آب توسط جریان هوا می‌باشد. از مزایای این نوع استخرها نسبت به نوع قبلی اشغال فضای کمتر، مخارج احداث کمتر و زمان تماس کمتر آب و هوا می‌باشد. (شکل ۱۴)



شکل ۱۵- طرح ساده‌ای از برج جوئی

**برج‌های جوئی:** حرکت هوا در این برج‌ها بستگی به وزش باد دارد. آب از بالای برج به طرف پایین سرازیر شده و جریان هوا، به‌طور افقی جریان عمودی آب را قطع می‌کند. در این حالت، قسمتی از جریان هوا را جابه‌جایی گرمای حاصل از آب گرم به‌وجود می‌آورد. این نوع برج‌ها عمر کوتاهی دارند. از خصوصیات ویژه این نوع برج‌ها بلند بودن ساختمان برج است، بنابراین، پمپ‌هایی با هد زیاد برای پمپ کردن آب به بالای برج لازم است. در ساخت این نوع برج‌ها باید دقت بسیار زیادی به خرج داد تا استحکام و مقاومت آنها در برابر وزش بادهای شدید، زیاد باشد. چون این نوع برج‌ها دارای ارتفاع زیادی هستند، لذا احتیاج به لنگرهای مناسبی دارند. افت دمایی آب به سرعت و جهت حرکت باد بستگی دارد و مخارج احداث زیاد است. شکل ۱۵ یک نمونه برج جوئی را نشان می‌دهد.

**برج خنک کننده با کوران طبیعی:** این نوع برج‌ها ابتدا در اروپا توسعه یافتند. نخستین برج خنک کننده با کشش طبیعی، در هلند بنا شد که از چوب ساخته شده بود. بعدها جنس این برج‌ها از چوب به استیل تغییر یافت، ولی امروزه این نوع برج‌ها از بتن مسلح ساخته می‌شوند. در ابتدا شکل آنها شبیه استوانه‌هایی بود که از وارونه کردن یک مخروط ناقص از طرف دیگر آن به دست می‌آمد ولی امروزه شکل آنها به صورت هذلولی (هیپربولیکی) است. یک برج خنک کننده با کشش طبیعی شامل یک پوسته خالی به شکل دودکش است که ممکن است بالغ بر ۱۰۰ متر ارتفاع و ۱۰۰ متر قطر داشته باشد. در حالی که در دودکش خنک کننده، آکنه‌هایی تعبیه شده که وظیفه پخش بهتر آب را انجام می‌دهند و ارتفاع بستر آکنه‌ای به ۱۰ متر می‌رسد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- برج خنک کننده با کوران طبیعی

در حال حاضر در بالای دودکش خنک کننده معمولاً یک حذف کننده نصب می‌شود تا از خروج قطره‌های آب همراه هوا جلوگیری نماید. در غیر این صورت قطرات آب توسط جریان هوا به بیرون منتقل می‌شوند و در صورت خروج، در اطراف برج ته‌نشین شده و به صورت باران کثیف در می‌آیند. پوسته این برج‌ها از بتن آرمه ساخته می‌شود که شکل آن به صورت هذلولی تغییر یافته است. این پوسته بر روی پایه‌هایی که به منظور ورود هوای آزاد ساخته شده است، نگه‌داشته می‌شوند. همچنین این پایه‌ها جهت مقاومت لازم در برابر نیروهای حاصل از جریان هوا، در داخل پوسته به صورت شیب‌دار ساخته می‌شوند. چون این نوع از برج‌ها از پروانه یا فن جهت جریان هوا استفاده نمی‌کنند، باید عاملی برای ایجاد جریان هوا وجود داشته باشد. این عامل به صورت فشار توسط اختلاف چگالی‌های هوای سرد خارج و هوای گرم و مرطوب داخل ایجاد می‌گردد. شکل خاص هذلولی مانند دودکش این نوع برج‌ها، به جریان یافتن بهتر هوا کمک می‌کند. آب توسط پمپ به آب‌فشان که در بالای شبکه‌ای از چوب قرار گرفته است، وارد شده و ضمن پایین آمدن از روی شبکه‌ها، قطرات جدیدی تشکیل می‌گردد. سپس این قطرات جدید بر روی آکنه‌ها ریخته و این عمل تا پایین برج

ادامه می‌یابد. در اینجا بین هوای سرد ورودی از انتهای برج و قطرات آب سرازیر شده، انتقال حرارت صورت گرفته و در نتیجه حرارت از طرف آب به سوی هوا منتقل می‌گردد. وظیفه اصلی دودکش خنک کننده، افزایش سطح جانبی بین آب گرم و هوای سرد است که این عمل به وسیله پاشیدن قطرات ریز آب در آکنه‌ها صورت می‌گیرد. برج‌های خنک کننده با کوران طبیعی ممکن است از نوع جریان متقابل (جهت حرکت هوا و قطرات مخالف یکدیگر) و یا از نوع جریان متقاطع (جهت حرکت هوا و قطرات عمود بر یکدیگر) باشند. در برج‌های جریان متقابل آکنه‌ها به صورت یک سطح وسیع گسترده شده‌اند و در نتیجه دارای ارتفاع کمی هستند. انتخاب بین انواع مختلف برج‌های خنک کننده به عوامل زیادی بستگی دارد که شرایط اقلیمی، اقتصادی و آب و هوایی از مهم‌ترین آنها می‌باشند.

### برج‌های خنک کننده با کشش مکانیکی (اجباری) هوا

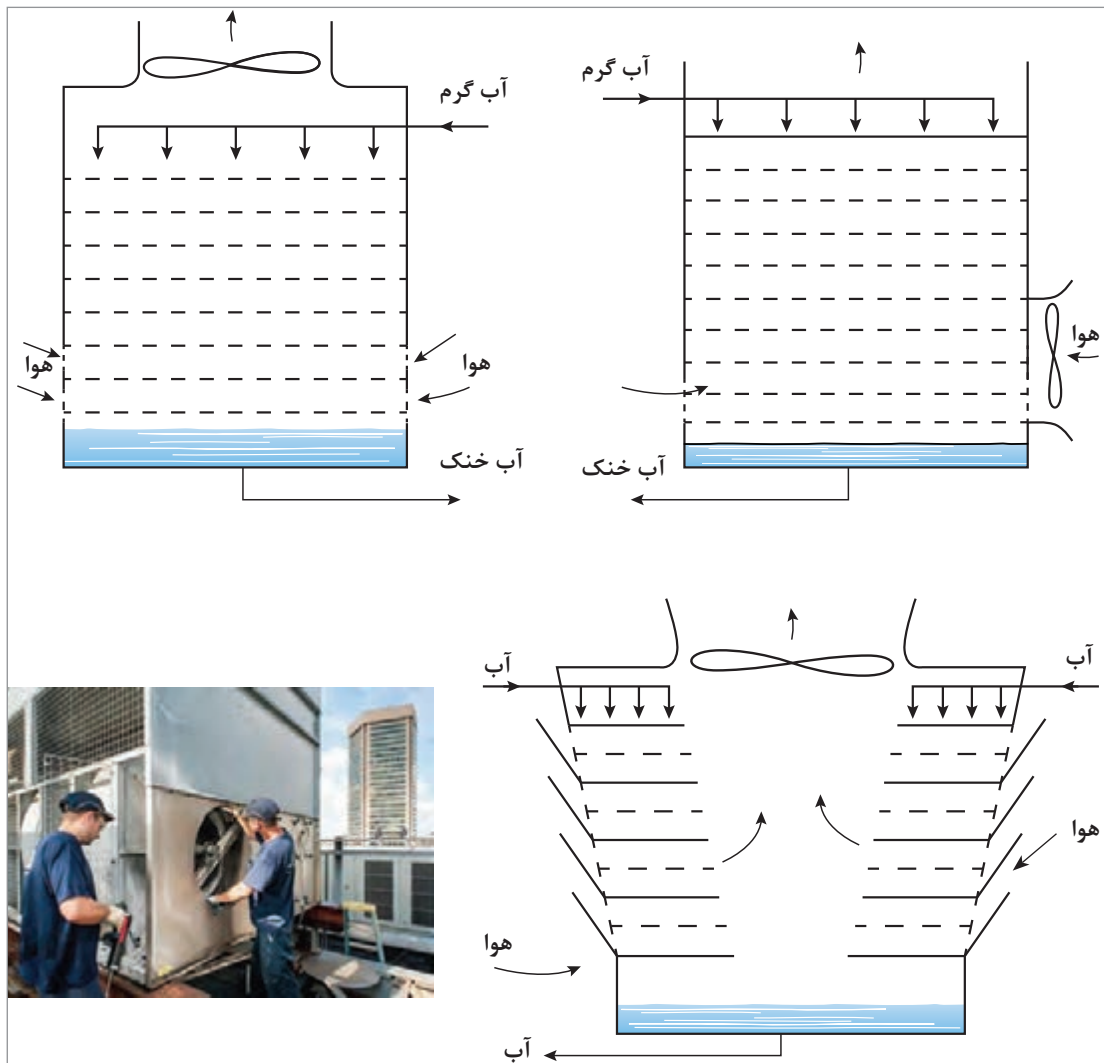
در این نوع از برج‌ها، هوا به وسیله یک یا چند بادبزن (فن) که به طور مکانیکی عمل می‌نمایند به حرکت در می‌آید (شکل ۱۷). در برج‌های کشش مکانیکی، فن‌ها جایگزین دودکش‌ها در برج‌های کشش طبیعی می‌شوند. خصوصیات عمل سرمایش (خنک کردن) قدری متفاوت است. در شرایط آب و هوایی که رطوبت بسیار پایین است، برج‌های کشش طبیعی به طور رضایت بخشی عمل می‌کنند ولی برج‌های کشش مکانیکی بسیار اقتصادی‌تر خواهند بود. بدون شک برای واحدهای کوچک برج‌های کشش مکانیکی ارزان‌تر از برج‌های کشش طبیعی است، اما در مورد واحدهای بزرگ که تمایل به زیاد شدن هزینه‌های اصلی و اولیه وجود ندارد، به کار بردن برج‌های کشش مکانیکی، از نظر هزینه توان مورد نیاز بادبزن باید مورد بررسی قرار گیرد. یکی از اشکالات کاربرد برج‌های کشش مکانیکی، تخلیه ذرات پخش شده از برج در ارتفاع کم می‌باشد که ممکن است این ذرات به داخل ورودی‌های هوا کشیده شوند. این برگشت دوباره ذرات می‌تواند سبب نزول ذرات و بدی عملکرد مجموعه بزرگی از تجهیزات برج‌های کشش مکانیکی گردد. به علاوه اگر ذرات به طرف زمین کشیده شوند، ممکن است اطراف برج مه‌آلود شود. از مزایای اصلی این برج‌ها می‌توان موارد زیر را نام برد:

- ۱ اطمینان از به جریان انداختن هوای مورد نیاز به هر میزان و در هر شرایط اقلیمی و آب و هوایی؛
- ۲ استفاده از پمپ‌های با فشار کم؛
- ۳ اشغال فضای کمتر؛
- ۴ تنظیم دقیق دمای آب.

از معایب این نوع برج‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱ قدرت زیاد بادبزن‌ها مستلزم هزینه زیادتر است؛
- ۲ ایجاد سر و صدا و لرزش‌های فراوان حاصل از گردش پروانه‌ها؛
- ۳ خسارات ناشی از خرابی بادبزن‌ها (فن‌ها) و فساد چوب‌ها.





شکل ۱۷- نمونه‌ای از برج‌های خنک‌کننده با کشش مکانیکی هوا

همچنین برای انجام عملیات خنک‌سازی آب می‌توان از انواع برج‌های آکنده و سینی‌دار استفاده نمود، ولی این دسته از برج‌ها دارای هزینه ساخت و افت فشار بالایی هستند. با وجود این، در مواردی که فازهای مورد نظر، آب و هوا باشند به علت فراوانی و ارزان بودن آنها از دستگاه‌های دیگری استفاده می‌گردد که ساختن و نگهداری آنها مستلزم هزینه‌های زیادی نمی‌باشد.

## برج‌های خنک‌کننده و اجزای آن

اختلاف فشار بخار آب بین سطح آب و هوا باعث تبخیر می‌شود. این اختلاف بستگی به دمای آب و میزان اشباع هوا از آب دارد. مقدار گرمایی که به وسیله مایعی جذب یا دفع می‌شود از معادله زیر به دست می‌آید:

$$E=W \times S \times TD$$



E: گرمای جذب شده بر حسب BTU/h

W: دبی مایع خنک‌شونده بر حسب lb/h

S: گرمای ویژه مایع خنک‌کننده بر حسب BTU/lb. °F

TD: کاهش دمای مایع خنک‌شونده بر حسب °F

در حالی که عمل خنک شدن از طریق تبخیر انجام می‌گیرد، گرمای نهان تبخیر از دست داده شده باید به گرمای جذب شده اضافه گردد و آن برابر است با حاصل ضرب گرمای نهان تبخیر در دبی. مقدار تبخیر بستگی به سطح برخورد آب با هوا و همچنین شدت جریان هوا دارد. اجزای اصلی یک برج خنک‌کننده شامل لوله‌ها، آکنه‌ها، حوضچه، بادبزن‌ها و حذف‌کننده‌ها می‌باشد که در ادامه به توضیح آنها پرداخته می‌شود.

**الف) لوله‌ها:** شامل قسمت‌هایی هستند که در جریان انتقال حرارت دخالت داشته و باعث می‌شوند که مقدار آب گرد (ریز) شده که همراه باد خارج می‌شود، کم شده و از خروج آنها از برج جلوگیری شود. همچنین نگهدار خوبی برای قسمت‌های دیگر برج می‌باشند.

**ب) حوضچه:** حوضچه در پایین برج قرار دارد که آب خنک‌کننده در آن جمع می‌گردد. به حوضچه، یک جریان به نام آب تکمیلی یا آب جبرانی وارد می‌شود و یک جریان برای استفاده در دستگاه‌های تبادل حرارت از آن خارج می‌گردد. آب علاوه بر جمع‌آوری در حوضچه، قبل از اینکه به سمت کندانسور، پمپ شود، صاف نیز می‌گردد. حوضچه‌های برج‌های بزرگ و مفید از بتن ساخته شده‌اند. عموماً این حوضچه‌ها طوری طراحی می‌شوند که برج بدون اضافه کردن آب جبرانی می‌تواند برای چندین ساعت کار کند. از عمل «زهکشی» برای برطرف کردن لجن ته نشین شده و کنترل سطح آب استفاده می‌شود.

**پ) بادبزن‌ها (فن‌ها):** در برج‌های خنک‌کننده با کشش مکانیکی، بادبزن‌هایی نصب می‌شود تا جریان هوای لازم را جهت عبور از آکنه‌ها تولید نمایند. بر حسب موقعیت قرار گرفتن بادبزن‌ها در برج، انواع برج‌های دمنده<sup>۱</sup> و مکنده<sup>۲</sup> به شرح زیر طراحی می‌شوند:

**۱) برج‌های دمنده:** محل بادبزن‌ها در قسمت ورودی هواست و هوا را به درون برج و سرتاسر بست و بندها می‌رانند. قسمت‌های مکانیکی بادبزن در نزدیکی سطح زمین و در روی سازه‌های بتنی محکم می‌شوند تا لرزش به کمترین مقدار ممکن برسد.

**۲) برج‌های مکنده:** در این نوع برج‌ها، بادبزن‌ها در محل خروجی هوا از برج قرار گرفته‌اند و محل آنها در بالای برج‌ها و در بعضی مواقع در دو طرف برج می‌باشد.

از لحاظ تئوری، برج دمنده ترجیح داده می‌شود، زیرا فن‌ها با هوای خنک‌کننده ورودی کار می‌کنند و بدین جهت نیروی کمتری را تلف می‌کنند. به هر حال آزمایش و کار با این نوع فن‌ها دارای بعضی نقطه ضعف‌ها

۱- Force Draft Cooling Tower

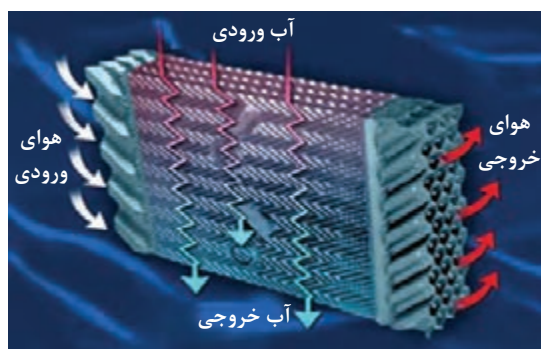
۲- Induced Draft Cooling Tower

است که از آن جمله می‌توان به برگشت هوای خروجی مرطوب و داغ به برج و جمع شدن شبنم و سرماریزه<sup>۱</sup> در ضمن کار در زمستان اشاره کرد.



شکل ۱۸- یک نمونه حذف کننده

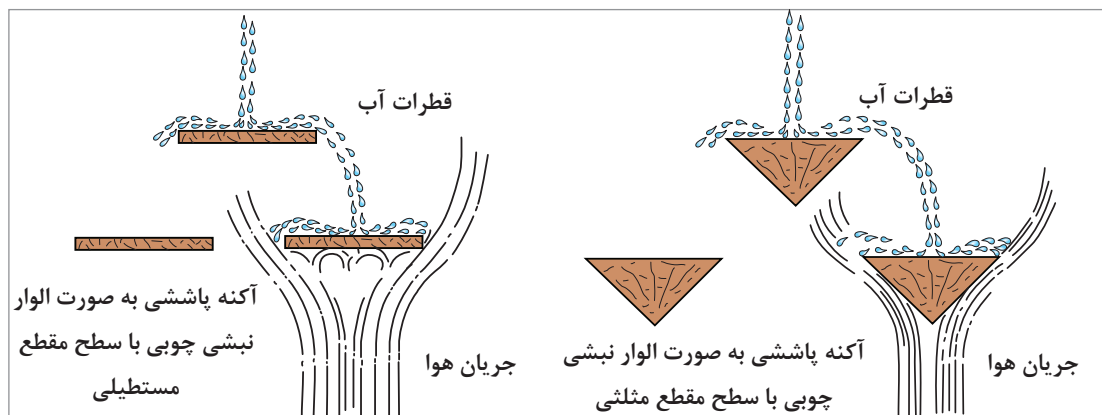
ت) **حذف کننده‌ها:** حذف کننده‌ها از خارج شدن قطرات آب به وسیله کشش هوا از برج جلوگیری به عمل می‌آورند. تیغه‌های حذف کننده‌ها، معمولاً طوری نصب می‌شوند که با سطح افق زاویه‌ای در حدود ۴۵ درجه بسازند. جنس این تیغه‌ها ممکن است از چوب، فلز یا پلاستیک باشد (شکل ۱۸).



شکل ۱۹- نمایی برش خورده از برج خنک کننده آکنه دار

ث) **آکنه‌ها:** همان طور که در کتاب عملیات دستگاه‌های سال دهم اشاره شد، دو نوع آکنه پاششی<sup>۲</sup> و لایه‌ای<sup>۳</sup> در برج‌های خنک کننده آکنه دار ممکن است، مورد استفاده قرار گیرند (شکل ۱۹).

در آکنه‌های نوع پاششی، آب بر اثر برخورد با تیغه‌ها پخش شده و به صورت قطره قطره در می‌آید که در نتیجه یک سطح وسیع را به وجود می‌آورد (شکل ۲۰).



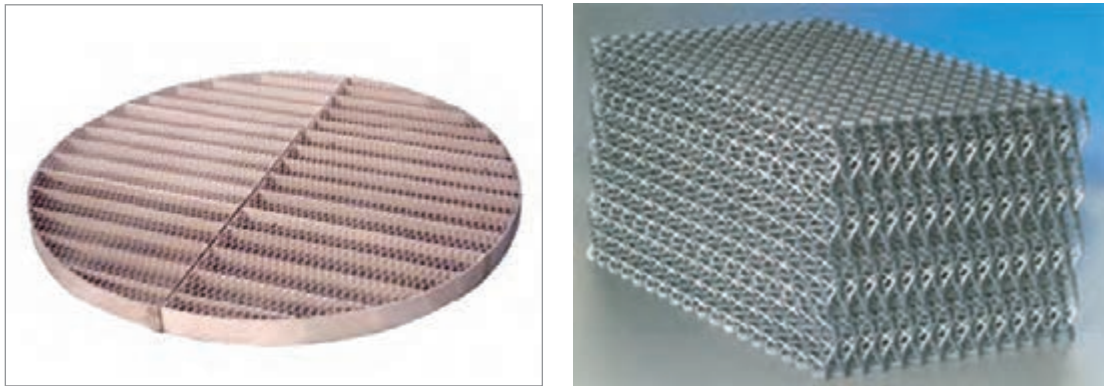
شکل ۲۰- آکنه‌های پاششی

۱- دانه‌های تگرگ ریز

۲- Splash Packing

۳- Film Packing

در آکنه‌های نوع لایه‌ای سطح وسیعی از آب در اثر جریان در روی تیغه‌ها به وجود می‌آید. این آکنه‌ها به روش‌های زیر می‌توانند سطوح وسیع را ایجاد کنند.  
آکنه‌های شبکه‌ای<sup>۱</sup>: این نوع آکنه‌ها از تعدادی شبکه چوبی که بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند، ساخته شده‌اند. این شبکه‌ها طوری نصب شده‌اند که هر شبکه با شبکه‌های اطراف خود زاویه ۹۰ درجه می‌سازد و به این صورت آب در سطوح شبکه‌ها پخش می‌گردد (شکل ۲۱).



شکل ۲۱- نمونه‌ای از آکنه‌های شبکه‌ای

آکنه‌های نامنظم<sup>۲</sup>: این نوع آکنه‌ها از موادی با سطح زیاد درست شده‌اند که به طور نامنظم در داخل برج قرار دارند. یکی از دلایل نامرغوب بودن این نوع آکنه‌ها، ایجاد مقاومت زیاد در مقابل جریان هوا می‌باشد. این نوع آکنه‌ها، دارای قسمت‌های حلقوی هستند که قطر هر حلقه با طول آن برابر است. این حلقه‌ها از جنس‌های مختلفی بوده و سطح تماس آب با هوا را زیاد می‌کنند (شکل ۲۲).

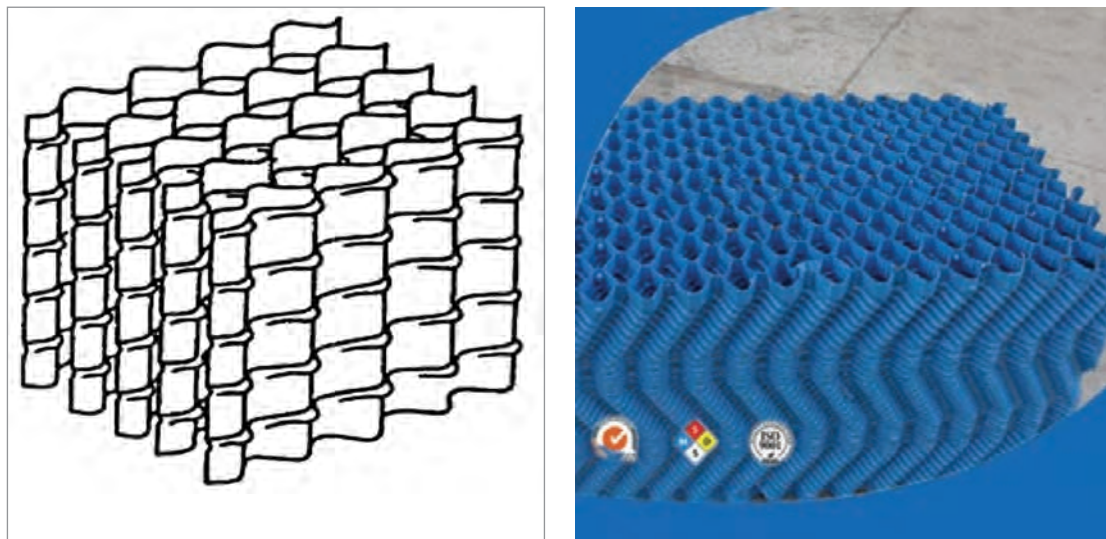


شکل ۲۲- نمونه‌ای از آکنه‌های نامنظم

۱- Gird Packing

۲- Random Packing

آکنه‌های منظم: این نوع آکنه‌ها از صفحات نازک پلاستیکی چین‌دار ساخته شده‌اند که با زاویه کمی کمتر از ۹۰ درجه با سطح افق، نصب شده‌اند. چین‌های روی صفحات باعث به‌وجود آمدن سطح زیاد می‌گردند. آکنه‌ها طوری باید انتخاب شوند تا سطح تماس آب و هوا برای نسبت‌های بالای انتقال حرارت و انتقال جرم مناسب باشد و در عین حال، خود آکنه‌ها مقاومت کمتری در مقابل جریان هوا داشته باشند. همچنین آکنه‌ها باید محکم، سبک و در برابر خوردگی و خراب شدن مقاوم باشند (شکل ۲۳).



شکل ۲۳- آکنه‌های منظم

**مشخصات و خصوصیات آکنه‌ها:** مشخصات و خصوصیات آکنه یک برج خنک‌کننده واقعی را توسط یک برج خنک‌کننده آزمایشی، اندازه‌گیری می‌کنند. در این برج یک مقطع از آکنه با مربعی به ضلع ۴ft و عمق ۸ft را می‌توان تحت یک تغییر بار آب و هوا و اتلاف حرارتی آزمایش کرد. بزرگی این برج یک مسئله اساسی است در غیر این صورت مقدار آبی که به طرف پایین دیواره ریزش می‌کند، کافی است تا بر روی دقت آزمایش تأثیر بگذارد. هر دو جریان آب و هوا توسط اوریفیس متر اندازه‌گیری می‌شوند.

**عوامل مؤثر در طراحی برج‌های خنک‌کننده:** عوامل مؤثر در طراحی برج‌های خنک‌کننده به‌طور خلاصه عبارت‌اند از:

- ۱ میزان افت دما؛
- ۲ اختلاف بین دمای آب سرد و دمای مرطوب هوا؛
- ۳ دمای مرطوب محیط؛
- ۴ شدت جریان آب و هوا؛
- ۵ نوع آکنه‌های برج؛
- ۶ روش پخش آب.



به تجربه ثابت شده است که برای هر ۱۰ درجهٔ فارنهایت افت دما در برج خنک کننده، میزان تبخیر در حدود یک درصد کل آب در حال گردش می‌باشد.

چون نمک‌های کلرید حلالیت زیادی در آب دارند، غلظت یون کلر در آب ورودی به برج و آب در حال گردش، راهنمای بسیار خوبی برای تعیین غلظت آن بوده و بنابراین همیشه باید آن را بازدید و بررسی نمود. افزایش غلظت مواد محلول و معلق در آب در حال گردش، در برج خنک کننده ایجاد اشکال می‌نماید. برای جلوگیری از افزایش غلظت مواد محلول و معلق، مقداری از آب در حال گردش را تخلیه می‌کنند که این آب در صنعت به زیرآب معروف است. همچنین مقدار آب برج ممکن است به‌طور تصادفی یا به وسیلهٔ باد کاهش یابد. در برج‌های خنک کننده مقداری آب به‌صورت گرد درآمده و توسط باد یا کشش از برج خارج می‌شود. مقدار آب لازم جهت آب کسری برج از معادلهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{gal/h Make Up} = E + B + W$$

که در رابطهٔ فوق:

B: مقدار زیرآب برحسب gal/h

E: مقدار آب تبخیر شده برحسب gal/h

W: مقدار آبی که توسط باد خارج می‌شود برحسب gal/h

اطلاعاتی که از طرف خریداران در اختیار فروشندگان قرار می‌گیرد، در طراحی برج اهمیت فراوانی دارد. این اطلاعات شامل اختلاف دما، مقدار آب در حال گردش و... می‌باشند.

### مشکلات برج‌های خنک کننده

خوردگی قطعات داخلی برج و همچنین تشکیل رسوب در قسمت‌های مختلف برج، از عمده‌ترین مشکلات به وجود آمده برای یک برج خنک کننده هستند. علی‌رغم عملکرد بسیار سادهٔ این نوع برج‌های خنک کننده، به علت ارتفاع و حجم بسیار بزرگی که دارند، هزینه‌های ساخت و سرمایه‌گذاری اولیهٔ آنها بسیار بالا می‌باشد. همچنین به دلیل اینکه بیشتر برج‌های خنک کننده در معرض مستقیم هوا و نور خورشید هستند، محیط مناسبی برای رشد باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌ها می‌باشند (شکل ۲۴).

وارد شدن گرد و خاک به داخل برج نیز در بعضی مواقع ایجاد اشکال می‌نماید. در کل، این مشکلات باعث می‌شوند که بازدهی دستگاه‌های خنک کننده کم شده و در نتیجه از نظر اقتصادی، مخارج زیادی به صنایع مختلف تحمیل گردد.



شکل ۲۴- خوردگی و رشد میکروارگانیسم‌ها در برج‌های خنک کننده

فعالیت  
عملی ۱



### ساخت برج خنک کننده کارگاهی

با امکانات موجود در هنرستان خود یک نمونه برج خنک کننده آبی چوبی (مکش طبیعی و کشش مکانیکی) تهیه نمایید. مسیرهای ورود و خروج آب و هوا را بررسی کنید.



فعالیت  
عملی ۲



### بررسی چگونگی کارکرد برج خنک کننده ساخته شده

با استفاده از چهار دماسنج مختلف که در مسیرهای ورودی و خروجی آب و هوا در برج خنک کننده قرار داده‌اید، جدول زیر را تکمیل کنید.

دمای آب ورودی را به تدریج افزایش دهید و جدول را کامل کنید.

جدول

اختلاف دمای هوا (°C)	دمای هوای (°C)		اختلاف دمای آب (°C)	دمای آب (°C)		ردیف
	خروجی	ورودی		خروجی	ورودی	
					۲۰	۱
					۳۰	۲
					۴۰	۳
					۵۰	۴

نکته ایمنی



هنگام کار کردن برج با آب بالای ۳۰ درجه سلسیوس، مراقب خطرات ناشی از آب گرم باشید. میزان خنک کنندگی آب را در دو حالت مکش طبیعی و کشش مکانیکی برج‌های ساخته شده، با یکدیگر مقایسه کنید.

فعالیت  
عملی ۳



با هماهنگی مسئولین هنرستان خود، از یک مرکز مجهز به انواع سامانه برج‌های خنک کننده بازدید کنید.

## برج‌های خنک‌کننده روغنی و غیر روغنی

در تقسیم‌بندی دیگری از برج‌های خنک‌کننده براساس سیال خنک‌کننده، می‌توان آنها را به دو دسته روغنی و غیرروغنی تقسیم نمود.

### الف) برج‌های خنک‌کننده غیر روغنی

این گونه سامانه‌های خنک‌کننده برای سردسازی آب گرم برگشتی در مجتمع‌های بزرگی که در مجاورت دریاها قرار دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این سامانه‌ها در مناطقی استفاده می‌شود که به منابع عظیم آب نزدیک هستند و به لحاظ شرایط آب و هوایی مثل رطوبت بالای هوا نمی‌توان از سامانه‌های خنک‌کننده تر و یا خشک با بازدهی بالا استفاده کرد.

به‌طور کلی اساس کار این گونه از سامانه‌های خنک‌کننده به این صورت می‌باشد که آب خنک از دریا وارد سامانه شده و در تعدادی مبدل حرارتی، آب گرم خروجی از واحدهای مختلف را خنک می‌سازد. سپس آب خنک گرفته شده از دریا پس از تبادل حرارت و افزایش دما دوباره به دریا بازگشت داده می‌شود. همچنین آب گرم خروجی از واحدها، بعد از خنک شدن، بار دیگر جهت مصارف سردسازی به مجتمع‌ها برمی‌گردد. از این جهت به این سامانه‌ها «یک بار گذر» گفته می‌شود که آب جهت خنک‌سازی مجدد، توسط سامانه‌ای مثل برج خنک‌کننده در گردش مکرر و مداوم قرار نمی‌گیرد. متأسفانه این گونه سامانه‌ها مشکلات زیست‌محیطی زیادی دارند که در اینجا فقط به دو نمونه از آنها اشاره می‌شود.

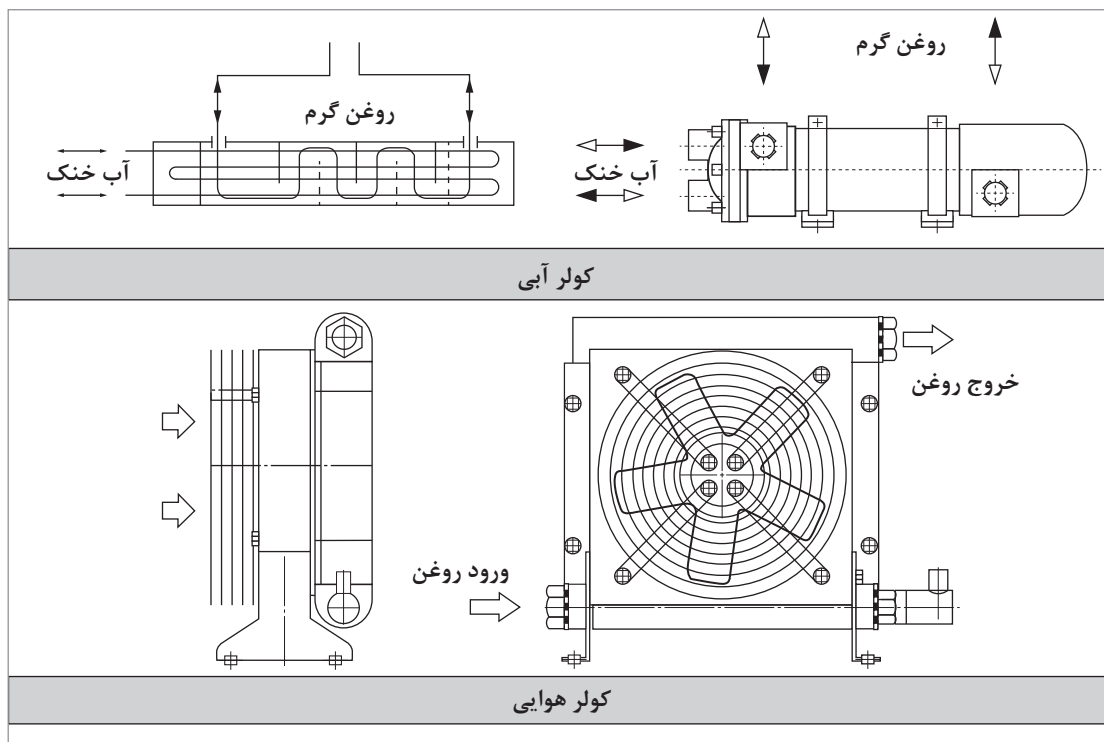
**۱** آب در هنگام تبادل حرارت در مبدل‌ها، به دلیل مشکلات ناشی از خوردگی تجهیزات و مخازن، آلوده به مواد نفتی، شیمیایی و غیره می‌شود که این آب در برگشت دوباره به دریا، باعث آلودگی آب دریا و نابودی موجودات دریایی می‌گردد.

**۲** آب پس از تبادل حرارت در مبدل‌ها، گرم شده و با دمای بالاتر وارد دریا می‌شود. این پدیده برای موجودات دریایی شوک حرارتی ایجاد کرده و تخریب محیط‌زیست دریایی را در پی خواهد داشت.

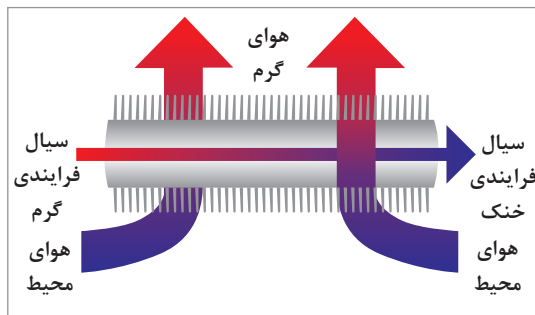
### ب) برج‌های خنک‌کننده روغنی

در این روش، مشکلات ناشی از خوردگی خنک‌کاری با آب (توسط برج خنک‌کننده تر) کمتر دیده می‌شود. در سامانه‌های هیدرولیک، به دلیل اصطکاک روغن هنگام عبور از روی قطعات مختلف، افت انرژی بیشتر می‌گردد. نتیجه این امر، افزایش دمای روغن در سامانه هیدرولیک است. مخزن روغن و خطوط انتقال، قابلیت دفع بخشی از این حرارت را به محیط دارند. افزایش دمای روغن به بیش از ۵۰ درجه سلسیوس که بالاترین دمای مجاز برای بیشتر سامانه‌های هیدرولیک می‌باشد، باعث ایجاد اکسیداسیون، کاهش گرانروی و کاهش ضخامت لایه روغن شده و در نهایت منجر به آسیب دیدن آب‌بندها و کاهش عمر قطعات متحرک می‌گردد. در صورتی که دفع کل حرارت ایجاد شده در سامانه هیدرولیک توسط انتقال حرارت از مخزن و دیگر اجزای سامانه میسر نگردد، برای کاهش دمای سامانه، از انواع خنک‌کننده‌های (کولر) آبی و هوایی و مبدل حرارتی روغنی و غیرروغنی استفاده می‌شود.

انواع کولرهای روغن و شیوه قرارگیری آنها در مدار هیدرولیک: کولرهای روغن در دو نوع آبی و هوایی موجود می‌باشند. در کولرهای هوایی، روغن هیدرولیک از درون لوله‌های متصل به پره‌هایی با قابلیت انتقال حرارت بالا، عبور داده می‌شود و در این هنگام با استفاده از فن‌های دمنده هوا، سرعت انتقال حرارت به محیط افزایش می‌یابد. در کولرهای آبی، گردش آب پیرامون لوله‌های حاوی روغن هیدرولیک، باعث خنک شدن آن می‌گردد (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- طرح ساده‌ای از کولر آبی و هوایی



شکل ۲۶- لوله‌های پره‌دار در خنک‌کننده‌های هوایی

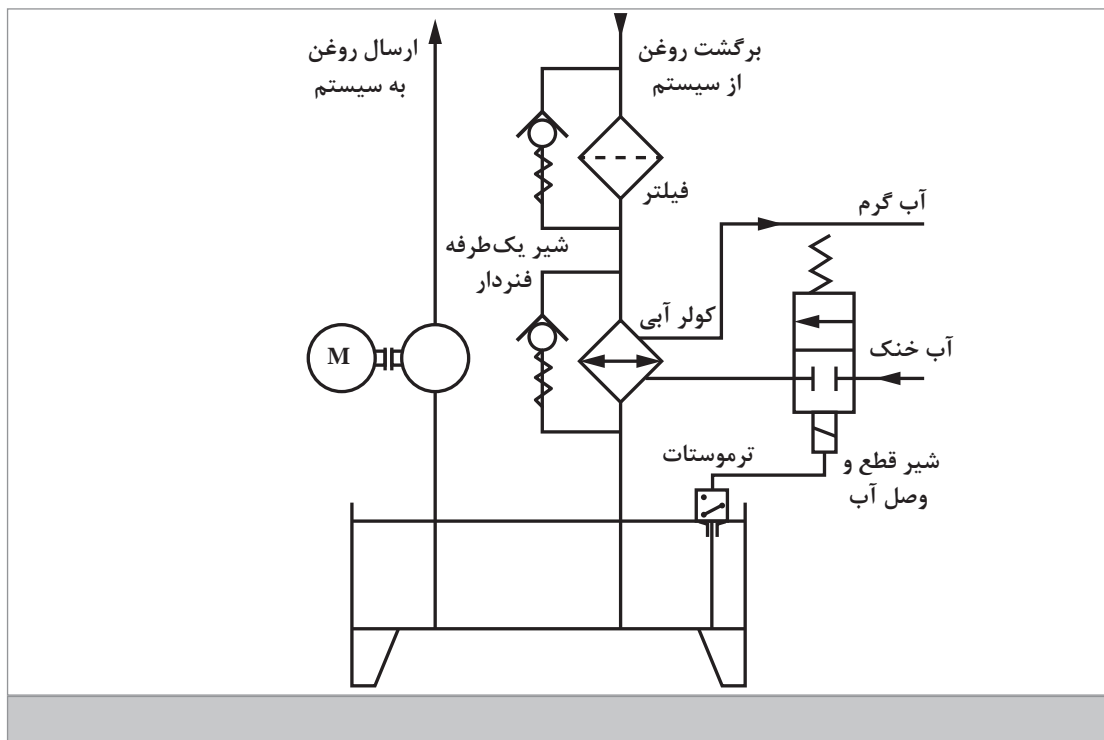


کولرهای آبی قابلیت ایجاد  $35^{\circ}\text{C}$  اختلاف دما بین روغن و آب را دارند. درحالی‌که کولرهای هوایی فقط امکان ایجاد  $25^{\circ}\text{C}$  تفاوت دما را دارند. از کولرهای هوایی، زمانی استفاده می‌شود که استفاده از آب مقرون به صرفه نبوده و یا به راحتی در دسترس نباشد. در جدول ۱ مزایا و معایب این دو نوع کولر با هم مقایسه شده است.

جدول ۱- مقایسه کولر هوایی و آبی

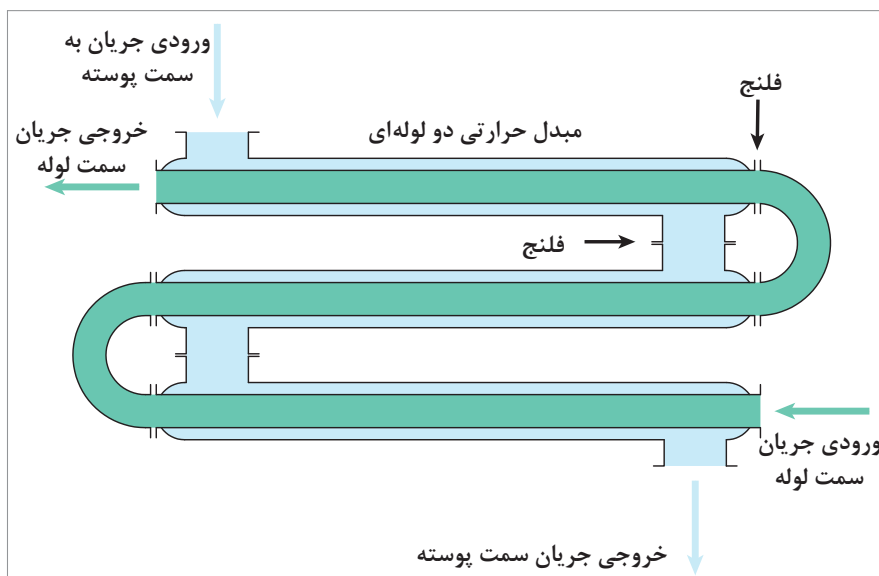
نوع کولر	آبی	هوایی
مزایا	قدرت خنک‌کنندگی بالا و کارکرد آرام	هزینه راه‌اندازی پایین و نصب آسان
معایب	هزینه کارکرد بالا و حساس بودن به آلودگی و خوردگی مواد خنک‌کننده	ایجاد صدا هنگام کار کردن

در شکل ۲۷، شیوه قرارگیری کولرهای آبی در مدار هیدرولیک نشان داده شده است.



شکل ۲۷- مدار نصب کولر آبی در سامانه هیدرولیک

مبدل‌های حرارتی روغنی و غیر روغنی: در مواردی که مبدل‌های حرارتی برای خنک کردن روغن روانکاری تجهیزات دوآر (پمپ، کمپرسور، دمنده و مانند آنها) به کار رود، نوع این کار در شرایط بدون خوردگی، بدون رسوب و بدون تغییر فاز (بدون بخار شدن روغن) انجام می‌گردد. مبدل‌های حرارتی را می‌توان به شکل دو لوله متداخل ساخت که آن را مبدل حرارتی دو لوله‌ای<sup>۱</sup> می‌نامند. در شکل ۲۸، نمای بیرونی و درونی مبدل‌های دو لوله‌ای، در شکل ۲۹، مبدل پوسته و لوله و در شکل ۳۰، نقش بافل‌ها مشخص شده است.

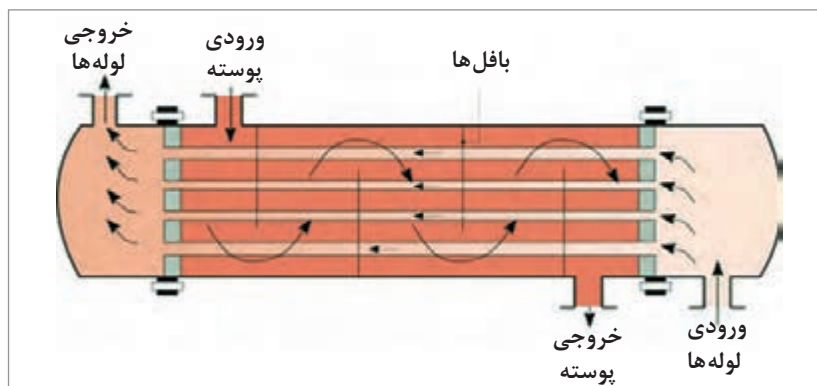


شکل ۲۸- مبدل حرارتی دو لوله‌ای (نمای داخلی و بیرونی)



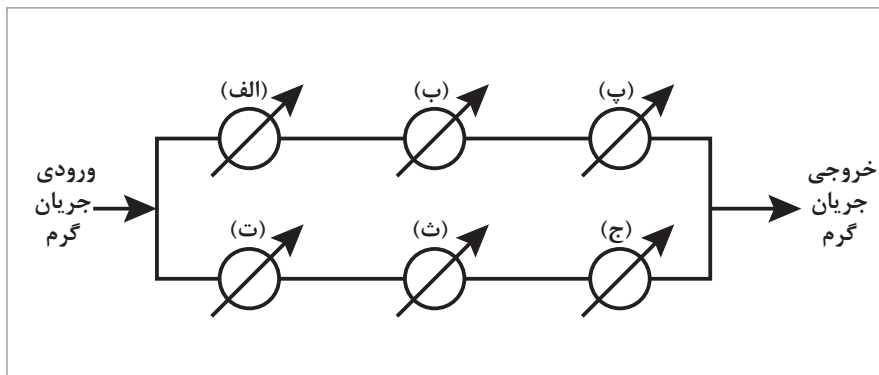
شکل ۲۹- مبدل حرارتی پوسته و لوله (نماهای بیرونی و داخلی)

اما در کاربردهای صنعتی معمولاً از نوع مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله<sup>۱</sup> استفاده می‌شود (شکل ۲۹). در طول فضای داخلی پوسته، صفحات عمود بر طول پوسته، به نام بافل (baffle) نصب می‌گردد که با تغییر مسیر جریان داخل پوسته، از ایجاد فضاها و سطوح انتقال حرارت «مرده» و بدون انتقال حرارت جلوگیری شود (شکل ۳۰).



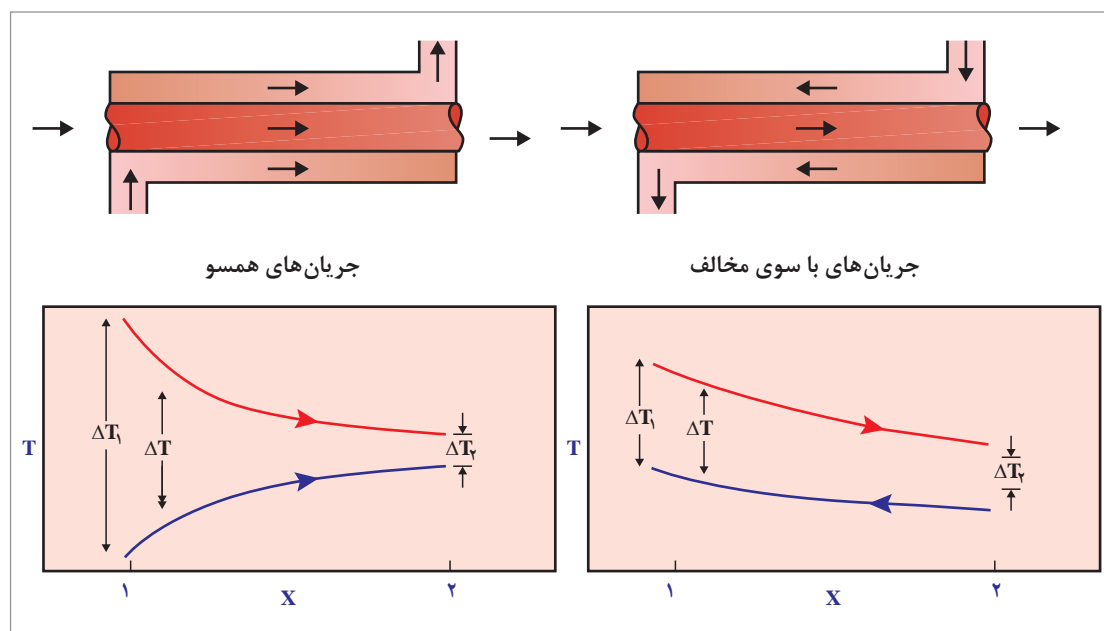
شکل ۳۰- نقش بافل‌ها در مبدل حرارتی پوسته و لوله

در بسیاری از موارد برای خنک کردن جریان‌های فرایندی از دو یا چند مبدل حرارتی استفاده می‌گردد. این مبدل‌ها را بسته به نیاز می‌توان به صورت پشت سرهم (متوالی)، موازی یا ترکیبی از هر دو به کار برد. در صورت متوالی بودن، اختلاف دمای ایجاد شده و افت فشار جریان بیشتر می‌شود ولی میزان جریان سیال گرم، ثابت می‌ماند. در شکل ۳۱ شیوه استفاده ترکیبی خنک‌کننده‌ها نشان داده شده است.



شکل ۳۱- کاربرد ترکیبی متوالی و موازی خنک‌کننده‌ها

در صورت موازی بودن، افت فشار و اختلاف دما کمتر، و میزان جریان سیال گرم بیشتر می‌شود. همچنین، اگر جهت کلی دو جریان گرم و سرد در حالت کاربرد مبدل‌های متوالی، برخلاف هم باشد، میزان کل انتقال حرارت بین آنها بیشتر خواهد بود. به طوری که در صورت طراحی مناسب، دمای نهایی جریان گرم خروجی، می‌تواند از دمای نهایی جریان سرد خروجی نیز کمتر باشد. در حالی که اگر جهت کلی دو جریان موافق هم باشد، دمای نهایی جریان گرم هیچ‌گاه نمی‌تواند از دمای نهایی جریان سرد کمتر گردد. در شکل ۳۲، نمودار



شکل ۳۲- نمودار مبدل‌های جریان همسو و مخالف

## بودمان پنجم: خنک کاری تجهیزات

در بعضی از موارد که دما و دیگر شرایط جریان گرم مناسب باشد، از هوا نیز می توان به جای جریان سرد استفاده کرد. به این خنک کننده، خنک کننده هوایی<sup>۱</sup> می گویند. در این تجهیز، جریان گرم از درون لوله های افقی حرکت می کند و هوای سرد هم از پایین به بالا جریان می یابد. این کار را می توان هم با پروانه مکنده و هم با پروانه دمنده انجام داد. در شکل ۳۳، دو نوع خنک کننده هوایی نشان داده شده است.



شکل ۳۳- انواع خنک کننده هوایی

با رسم تصویر ساده ای از کولر آبی خانگی، طرز کار آن را توضیح دهید؟

پرسش



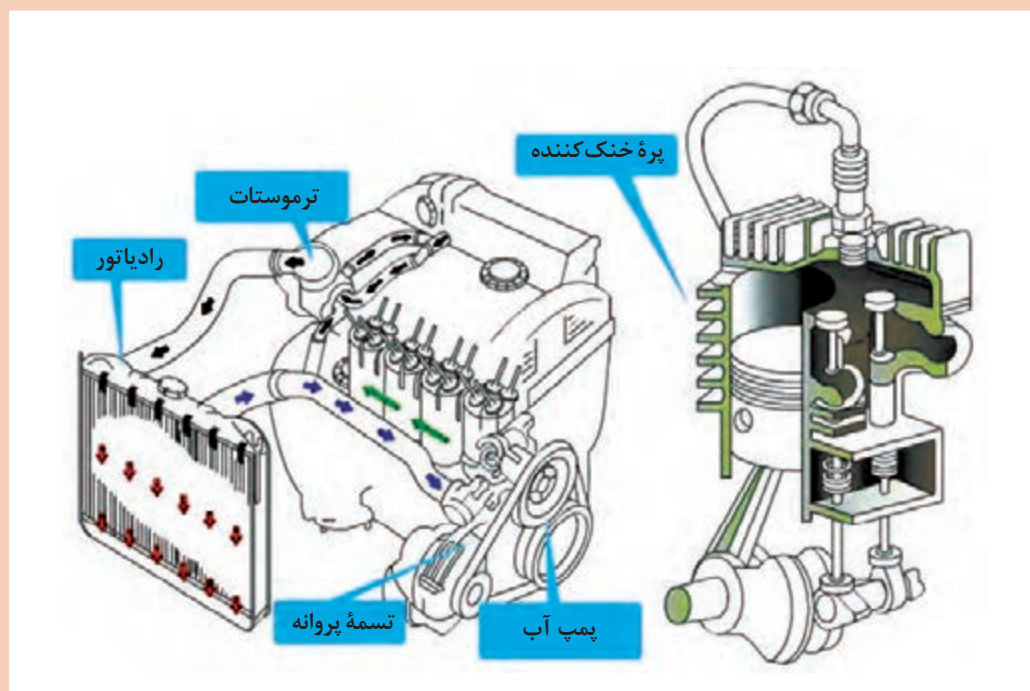
خنک کاری هوای یک سالن توسط کولر گازی به چه صورتی انجام می شود؟

تحقیق کنید





با توجه به شکل زیر، چگونه از داغ شدن بیش از حد سامانه موتور خودرو جلوگیری می‌شود؟



روغن عامل حیاتی موتور خودرو بوده و همانند خون در سامانه موتور عمل می‌کند. پرسش اساسی این است که چگونه از جوش آمدن خون خودرو جلوگیری کنیم؟

گرچه موتورهای بنزینی تا حد زیادی بهبود یافته و اصلاح شده‌اند، اما هنوز بازده بالایی برای تبدیل انرژی شیمیایی به توان مکانیکی ندارند. بیشترین میزان انرژی موجود در بنزین به گرما تبدیل می‌شود و مهم‌ترین وظیفه سامانه خنک کاری خودرو، مراقبت و استفاده صحیح از گرمای ایجاد شده است. توان موتور بعد از ایجاد یک نسبت مناسب سوخت به هوا، طی فرایند احتراق در محفظه احتراق، با تبدیل انرژی شیمیایی سوخت به انرژی مکانیکی، توسط مجموعه سیلندر و پیستون تولید می‌شود. این احتراق موجب افزایش دمای بسیار زیاد سطوح محفظه احتراق می‌شود تا جایی که دمای شعله آن می‌تواند به حدود ۲۰۰۰ درجه سلسیوس برسد. به لحاظ تنش‌های حرارتی ایجاد شده و نوع آلیاژهای چدنی و آلومینیومی مورد استفاده در موتور خودرو، برای کاهش دما در نقاط داغ نیاز به سامانه خنک کاری مناسب می‌باشد. در واقع خنک کاری در موتور خودرو به دو علت زیر صورت می‌گیرد:

- ۱ نکه داشتن دمای اجزای موتور در دمایی که روغنکاری مؤثر، در آن ممکن باشد.
- ۲ نکه داشتن دمای اجزای مختلف موتور در یک محدوده خاص، به طوری که به سلامت قطعات موتور صدمه نزنند.

### انواع سامانه‌های خنک کاری خودرو

انواع سامانه‌های خنک کاری خودرو به دو دسته مستقیم و غیرمستقیم تقسیم بندی می‌شوند. در سامانه خنک کننده مستقیم، کلیه دستگاه‌ها، با هوا خنک می‌شوند ولی در سامانه خنک کننده غیر مستقیم، کلیه دستگاه‌ها رادیاتور دارند و با استفاده از آب رادیاتور خنک می‌شوند. در ادامه به توضیح این دو نوع سامانه پرداخته می‌شود.

### سامانه خنک کاری با مایع

در این سامانه، برای خنک کردن موتور، از لوله‌ها و مسیرهای مختلفی استفاده شده و مایع مورد نظر در این مسیرها گردش و جریان دارد. بر اثر جریان مایع در طول مسیر، گرمای موتور جذب شده و موتور خنک می‌شود. بعد از اینکه مایع، گرمای موتور را جذب کرد و از موتور خارج شد، به رادیاتور یا مبدل انتقال حرارت وارد شده و بر اثر دمیدن هوا توسط فن و انتقال گرما به هوای اطراف، خنک می‌شود.

### سامانه خنک کاری با هوا

برخی خودروهای قدیمی و تعداد زیادی از خودروهای امروزی، مجهز به سامانه خنک کاری با هوا هستند. بدنه موتور با پره‌های آلومینیومی پوشیده شده است تا گرمای سیلندر را به هوای اطراف منتقل کند. فنی بسیار قوی نیز در نظر گرفته شده است که هوا را با سرعت و فشار زیاد به سطح پره‌ها می‌دمد و در نهایت گرما را به هوای اطراف منتقل می‌کند.

سامانه خنک کننده خودرو از اجزای رادیاتور، لوله ناقل سیال خنک کننده<sup>۱</sup>، پمپ آب و فن یا پروانه تشکیل شده است.

عامل‌های خنک کننده در خودروها به دو دسته اصلی<sup>۲</sup> و ثانویه<sup>۳</sup> تقسیم بندی می‌شوند. در سامانه خنک کننده اصلی، آب به عنوان مایع خنک کننده، سامانه موتور را از طریق هوا خنک می‌کند. ولی در سامانه خنک کننده ثانویه، روغن این نقش را برعهده دارد. گرچه بیشتر مردم فکر می‌کنند که نقش روغن موتور، روان کنندگی است، و کمتر به نقش خنک کنندگی روغن موتور توجه می‌نمایند.

۱- Coolant

۲- Primary Cooling System

۳- Secondary Cooling System



## مایعات خنک‌کننده موتور خودرو



با شروع فصل زمستان و در مناطق سردسیر، یکی از کالاهایی که مورد تقاضای دارندگان خودرو قرار می‌گیرد، مایعات خنک‌کننده موتور است که در بازار با عنوان «ضدیخ» شناخته می‌شوند. ضدیخ، یک ترکیب شیمیایی شامل اتیلن گلیکول، بازدارنده‌های خوردگی، مواد ضدکف، رنگ و آب است که مخلوطی از آن با آب به عنوان پایین آورنده نقطه انجماد مایعات خنک‌کننده موتور خودرو به کار می‌رود. ضدیخ همچنین به عنوان افزایش دهنده نقطه جوش آب در سامانه خنک‌کننده موتورهای درون سوز به کار می‌رود. مخلوط ۴۰ تا ۷۰ درصد آن در چهار فصل سال مناسب است. براساس استانداردهای بین‌المللی و ملی ایران انواع مایعات خنک‌کننده موتور را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

- ۱ مایعات خالص بر پایه اتیلن گلیکول؛
- ۲ مایعات خالص بر پایه پروپیلن گلیکول؛
- ۳ مایعات از پیش رقیق شده، آماده برای مصرف بر پایه اتیلن گلیکول (۵۰ درصد حجمی)؛
- ۴ مایعات از پیش رقیق شده، آماده برای مصرف بر پایه پروپیلن گلیکول (۵۰ درصد حجمی).

### خواص مایعات خنک‌کننده مناسب موتور خودرو

مایع خنک‌کننده موتور خودرو باید خواص زیر را داشته باشد:

- ۱ از نظر شیمیایی و کارکرد، پایداری کافی داشته باشد.
- ۲ از نقطه جوش بالایی برخوردار بوده و در دمای بالا، تولید رسوب نکند.
- ۳ حرارت را به خوبی منتقل کرده و هیچ‌گونه اثر نامساعدی روی تبادلات حرارتی در سامانه خنک‌کننده نداشته باشد.
- ۴ اثر سمی نداشته باشد.
- ۵ آتش‌گیر نباشد.
- ۶ بوی نامطلوب نداشته باشد.
- ۷ در دماهای پایین، گرانی کمی و قابل قبولی داشته باشد.
- ۸ بیشترین حفاظت را از خوردگی فلزات مورد استفاده در سامانه خنک‌کننده داشته باشد.
- ۹ ضدیخ نیز باید قادر به پایین آوردن نقطه انجماد آب تا کمترین دمای ممکن در فصل زمستان باشد.



برخلاف عقیده بعضی از افراد، با قرار دادن ضدیخ در فریزر نمی توان به کیفیت و مرغوبیت آن پی برد، زیرا از این طریق فقط خاصیت ممانعت از انجماد ضدیخ سنجیده می شود و وجود مواد افزودنی بازدارنده خوردگی در آن مشخص نمی شود. همچنین نمی توان دریافت که سیال اصلی ضدیخ، از نوع گلیکول های مرغوب است یا از موادی مثل متانول، که سمی و آتش گیر هستند.



حال این پرسش مطرح است که ضدیخ مناسب بر چه اساسی انتخاب می شود؟ بهترین معیار برای انتخاب ضدیخ خودرو و یا موتورهای متحرک که در آنها ضدیخ به عنوان خنک کننده استفاده می شود، توصیه شرکت سازنده موتور است. در غیر این صورت باید با توجه به دارا بودن علامت استاندارد، ضدیخ مناسب را شناسایی و خریداری کرد. پس از انتخاب و خرید ضدیخ مناسب، چنانچه از نوع خالص باشد، می توان آن را بر اساس جدول اختلاط مشخص شده بر روی برجسب ظرف (که یکی از الزامات نشانه گذاری این فرآورده است)، با آب رقیق کرد.

چنانچه از انواع ضدیخ های از پیش رقیق شده آماده برای مصرف، استفاده می شود، نباید آن را دوباره با آب رقیق کرد.



برخی از مصرف کنندگان تصور می کنند با افزودن مقدار بیشتر ضدیخ، می توان به نقطه انجماد پایین تری رسید. این تصور نیز اشتباه است و غلظت های بیشتر از ۶۸ درصد حجمی ضدیخ در آب توصیه نمی شود. زیرا در غلظت ۶۸ درصد حجمی (ضدیخ: ۶۸ و آب: ۳۲) مخلوط، پایین ترین نقطه انجماد را خواهد داشت.

### توصیه هایی در مورد پرکردن سامانه خنک کننده و سرویس ضروری آن

۱ قبل از تعویض و استفاده از محلول جدید ضدیخ، مسیر و مجاری سامانه خنک کننده باید با آب کاملاً شست و شو داده شود. به طور کلی قبل از پرکردن سامانه خنک کننده، سامانه باید بازرسی و در صورت نیاز، تعمیر شود.

۲ هنگامی که موتور داغ است، هرگز درپوش رادیاتور را برندارید، زیرا سامانه خنک کننده تحت فشار است. پس از اینکه موتور سرد شد، درپوش را با احتیاط، به اندازه یک دور باز کنید تا بخار سامانه به تدریج تخلیه شود و سپس آن را بردارید. چنانچه در این هنگام مایع خنک کننده سرریز شد، بلافاصله درپوش را محکم کرده و پس از اینکه سامانه خنک کننده سردتر شد، آن را باز کنید.

۳ قبل از استفاده از ضدیخ خالص، باید آن را به نسبت مساوی، با آب رقیق و سپس به سامانه خنک کننده اضافه کرد.

۴ برای تهیه محلول ضدیخ، از آب با سختی کم (آب لوله کشی شهری یا آبی که نمک های محلول آن کم است)، استفاده شود.

۵ وضعیت و سطح مایع خنک کننده موتور کنترل شود.

۶ شیلنگ ها و بست های آن بررسی شود.

۷ در صورتی که موتور خودرو در هنگام کار خیلی گرم می‌شود یا سرد می‌ماند، ترموستات باید بررسی شده و در صورت نیاز با ترموستات پیشنهاد شده از سوی شرکت تولیدکننده تعویض شود.

۸ استفاده از محلول ضدیخ و نصب ترموستات مناسب و سالم در تمام طول سال ضروری است.

نکته

خنک کردن بیش از اندازه موتور خودرو مطلوب نمی‌باشد، زیرا باعث کاهش بازدهی حرارتی و در نتیجه افزایش مصرف سوخت می‌شود.



فعالیت  
عملی ۴



**تهیه مایع خنک‌کننده**  
مواد لازم  
اتیلن گلیکول خالص و آب.

**روش کار**

- ۱ نقطه انجماد آب را در شرایط کارگاه اندازه‌گیری نمایید.
- ۲ نقطه انجماد اتیلن گلیکول را در شرایط کارگاه اندازه‌گیری نمایید.
- ۳ محلول‌هایی با نسبت‌های متفاوت از آب و اتیلن گلیکول، مطابق جدول زیر تهیه نمایید.
- ۴ نقطه انجماد محلول‌های حاصله را در شرایط کارگاه اندازه‌گیری نمایید.

نسبت آب به اتیلن گلیکول	۰ به ۱	۱ به ۱	۲ به ۱	۳ به ۱
درصد اتیلن گلیکول در آب	۱۰۰	۵۰	۳۳	۲۵
نقطه انجماد (°C)				

- از مقایسه نقطه انجماد محلول‌های مختلف، چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



### مقایسه مایع خنک کننده ساخته شده با مایع خنک کننده صنعتی

یک نمونه ضدیخ صنعتی خریداری کنید.  
همانند روش کار فعالیت عملی ۴، عمل نمایید ولی به جای اتیلن گلیکول، از ضدیخ خریداری شده استفاده کنید.  
جدول زیر را کامل کنید.

نسبت آب به ضدیخ	۱ به ۰	۱ به ۱	۲ به ۱	۳ به ۱
درصد ضدیخ در آب	۱۰۰	۵۰	۳۳	۲۵
نقطه انجماد (°C)				

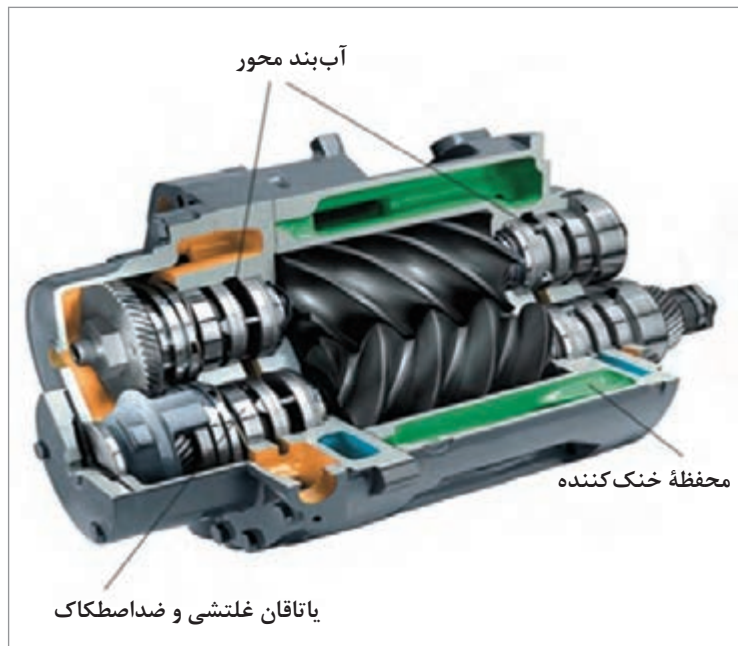
- نتایج جدول فعالیت‌های ۴ و ۵ را با یکدیگر مقایسه کنید.  
- از نظر میزان خنک کنندگی، مایع خنک کننده تولید شما مناسب‌تر است یا ضدیخ خریداری شده؟  
جدول زیر برای اطلاعات بیشتر شما آورده شده است.

نسبت آب به ضد یخ	صفر به ۱۰۰	۱ به ۱	۲ به ۱	۳ به ۱
درصد ضد یخ در آب	۱۰۰	۵۰	۳۳	۲۵
نقطه انجماد (°C)	-۱۸	-۳۴	-۱۴	-۱۰
نقطه جوش (°C)	۱۷۰	۱۰۸	۱۰۵	۱۰۳

در اغلب تجهیزات مانند پمپ‌ها و کمپرسورها، سامانه‌های روانکاری، نقش خنک کاری نیز دارند. از آن جایی که خنک کاری کمپرسورها دارای اهمیت بیشتری است، در ادامه توضیحات مربوط به خنک کاری کمپرسورها آورده شده است.

### سامانه خنک کننده کمپرسور

کمپرسورها به دو دلیل اصطکاک بین قطعات متحرک (شکل ۳۴) و افزایش دمای ناشی از تراکم گاز باید خنک شوند. همچنین خنک کردن به منظور جلوگیری از کاهش کارایی کمپرسور و نگهداری کیفیت مطلوب روغن و روغن کاری است.



شکل ۳۴- برشی از کمپرسور

روغنی که برای روغن کاری به گردش در می آید، وسیله خوبی برای جذب و دفع گرما است؛ به همین جهت در بعضی از کمپرسورها، خنک کننده مخصوصی برای روغن به کار می رود و در بعضی از کمپرسورها سطح خارجی را پره دار می سازند تا سطح تبادل حرارتی آنها را با هوا زیاد کنند. در بعضی دیگر نیز از یک موتور و پنکه (فن) جهت عبور هوا بر روی کمپرسور و خنک کردن آن استفاده می شود. در بعضی دیگر نیز عملیات خنک کاری کمپرسور با استفاده از آب، انجام می شود.

نکته ایمنی



در عملیات خنک کاری، به خصوص در هنگام راه اندازی کمپرسور و در فصل سرد، هرگز نباید دمای سیلندر را پایین تر از نقطه میعان گاز خنک نمود. این عمل باعث مایع شدن قسمتی از گاز در داخل سیلندر می شود و حرکت گاز مایع شده در درون سیلندر، باعث خراب شدن شیرهای ورودی و خروجی و همچنین شسته شدن لایه روغنی می شود که برای روانکاری به داخل سیلندر تزریق شده است، و باعث افزایش اصطکاک و خرابی زودرس رینگ ها و گرم شدن گاز داخل کمپرسور می شود.

### بازرسی سامانه خنک کننده کمپرسور

در بازرسی از سامانه خنک کننده کمپرسور نکات زیر باید مورد توجه قرار داده شوند:

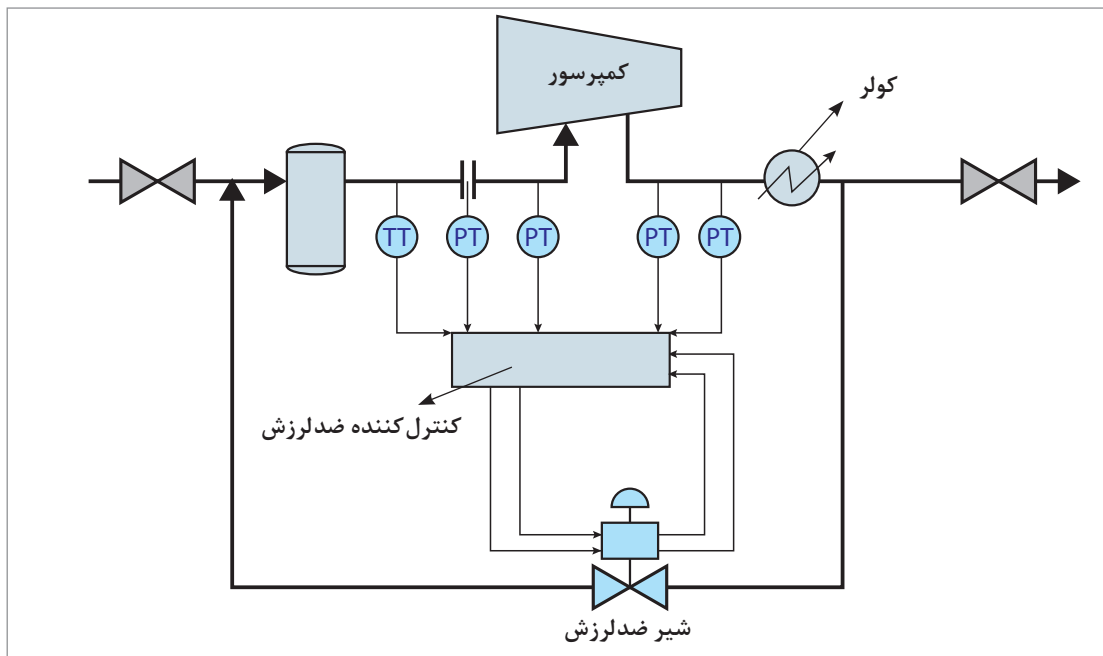
- ۱ پس از هر بار تعمیرات اساسی و قبل از راه اندازی کمپرسور، کلیه سامانه های خنک کننده خوب شسته شوند و رسوبات و مواد زاید دفع گردند.
- ۲ کلیه مسیرها و قسمت های سامانه های خنک کننده هواگیری شوند.

- ۲ جریان مایع خنک کننده، باید به گونه‌ای باشد که بیشترین اختلاف دما بین مایع خنک کننده و جاهایی که خنک کاری می‌شوند، وجود داشته باشد (حدود ده تا بیست درجه فارنهایت).
- ۴ تمیزی و جریان داشتن آب ورودی باید به طور مرتب کنترل شود.

### ایمنی سامانه خنک کننده

در مبدل‌های حرارتی، در صورتی که جریان از یک مقدار معین کمتر شود، میزان دما افزایش یافته و با توجه به ابزار دقیق موجود در فرایند، سامانه هشدار فعال شده و مسیر فرعی (بایپس) باز شده و مبدل از مدار خارج می‌شود. در مورد کمپرسورها نیز اگر جریان از یک مقدار مشخص کمتر شود، کمپرسور به حالت لرزش و ارتعاش درآمده (سرچ<sup>۱</sup>) و احتمال خرابی کمپرسور قوت می‌گیرد. در این شرایط، سامانه ضد لرزش (آنتی سرچ<sup>۲</sup>) فعال می‌شود و مسیر فرعی جریان باز می‌شود و ایمنی فرایند دوباره حاکم می‌گردد (شکل ۳۵).

همچنین در حالتی که رسوبات، موجب گرفتگی مسیرهای جریان سیالات خنک کننده شود، می‌توان مسیرها را معکوس نمود تا شدت جریان معکوس، باعث باز شدن آنها گردد. به این کار معکوس کردن جریان آب خنک کننده (بک فلش<sup>۳</sup>) می‌گویند. برای سهولت ایجاد جریان معکوس، به ویژه در واحدهایی که تعداد خنک کننده‌های بیشتری دارند، از یک شیر چهارراه استفاده شده و جریان‌ها به راحتی معکوس می‌شوند.



شکل ۳۵- سامانه ضد لرزش در مدار کاری کمپرسورها

- ۱- Surge  
 ۲- Antisurge  
 ۳- Back Flash

فیلم



کم شدن جریان در کمپرسورها و پدیده لرزش و عملکرد ضدلرزش آنها نشان داده شود.

فعالیت  
عملی ۶



**بازدید از یک مرکز مجهز به انواع سامانه‌های خنک‌کاری پمپ و کمپرسور**  
با هماهنگی مسئولین هنرستان خود، از قسمت‌های مختلف مرکز (موتورخانه مرکزی، آبدارخانه، کارگاه و...) بازدید کنید. قسمت‌های مختلف خنک‌کاری پمپ و کمپرسورهای موجود را شناسایی کرده و با کمک اعضای گروه خود یک گزارش کامل تهیه کنید.

پرسش



- ۱ دلایل استفاده از دستگاه‌های خنک‌کننده چیست؟
- ۲ به چه دلیل انواع و اقسام دستگاه‌های خنک‌کننده طراحی شده است؟
- ۳ گروه‌های اصلی سامانه‌های خنک‌کننده را نام ببرید.
- ۴ معمولاً محل و مکان برج‌های خنک‌کننده، در صنایع مختلف کجاست؟
- ۵ انواع برج‌های خنک‌کننده را از نظر میزان رطوبت نام ببرید.
- ۶ انواع برج‌های خنک‌کننده کشش طبیعی هوا را نام ببرید.
- ۷ انواع برج‌های خنک‌کننده را از نظر نوع سیال خنک‌کننده نام ببرید.
- ۸ عوامل مؤثر در طراحی یک برج خنک‌کننده کدام‌اند؟
- ۹ خنک‌کاری کمپرسورها با چه دلایلی انجام می‌شود؟
- ۱۰ خنک‌کاری کمپرسورها با چه روش‌هایی انجام می‌شود؟
- ۱۱ انواع خنک‌کننده‌های روغن را نام ببرید.

## ارزشیابی شایستگی خنک کاری تجهیزات

<p><b>شرح کار:</b>  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 کار، وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.</p>																											
<p><b>استاندارد عملکرد:</b> انجام عملیات رسوبزدایی از دستگاه، مطابق دستورکار تعمیراتی، در شرایط ایمن کاری، و بدون صدمه دیدن بدنه دستگاه و ابزارآلات کار</p> <p><b>شاخص‌ها:</b>  - رعایت مسائل ایمنی در هنگام کار  - انجام کار طبق دستور کار</p>																											
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b>  <b>شرایط مکان:</b> کارگاه مجهز و ایمن  <b>شرایط دستگاه:</b> آماده به کار  <b>زمان:</b> یک جلسه آموزشی  <b>ابزار و تجهیزات:</b> وسایل ایمنی شخصی و ابزار و تجهیزات کارگاهی</p>																											
<p><b>معیار شایستگی:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ردیف</th> <th>مرحله کار</th> <th>حداقل نمره قبولی از ۳</th> <th>نمره هنرجو</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td> <td>تهیه چند نمونه مایع خنک‌کننده</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>توانایی کار با تجهیزات خنک‌کاری</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>کار با سامانه‌های خنک‌کاری به طور ایمن</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td> <b>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:</b>                      ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی                      ۲- نگرش: صرفه‌جویی در آب مصرفی مبدل‌ها                      ۳- توجهات زیست‌محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش                      ۴- شایستگی‌های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی                      ۵- مستندسازی: گزارش نویسی دقیق و صحیح                 </td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3"> <b>میانگین نمرات</b> </td> <td>*</td> </tr> </tbody> </table>				ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	تهیه چند نمونه مایع خنک‌کننده	۱		۲	توانایی کار با تجهیزات خنک‌کاری	۲		۳	کار با سامانه‌های خنک‌کاری به طور ایمن	۱			<b>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:</b> ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲- نگرش: صرفه‌جویی در آب مصرفی مبدل‌ها ۳- توجهات زیست‌محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی‌های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۵- مستندسازی: گزارش نویسی دقیق و صحیح	۲		<b>میانگین نمرات</b>			*
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																								
۱	تهیه چند نمونه مایع خنک‌کننده	۱																									
۲	توانایی کار با تجهیزات خنک‌کاری	۲																									
۳	کار با سامانه‌های خنک‌کاری به طور ایمن	۱																									
	<b>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:</b> ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲- نگرش: صرفه‌جویی در آب مصرفی مبدل‌ها ۳- توجهات زیست‌محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی‌های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۵- مستندسازی: گزارش نویسی دقیق و صحیح	۲																									
<b>میانگین نمرات</b>			*																								
<p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.</p>																											

- ۱ سند استاندارد شایستگی حرفه صنایع شیمیایی، ۱۳۹۲، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- ۲ سند استاندارد ارزشیابی حرفه صنایع شیمیایی، ۱۳۹۳، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- ۳ سند راهنمای برنامه‌ریزی درسی سرویس و نگهداری تجهیزات صنایع شیمیایی، ۱۳۹۴، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- ۴ ابراهیمی، قنبر، مهندسی برج‌های خنک‌کننده (تر)، ۱۳۷۹، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران
- ۵ الیوگنر، ال، ترکی، محمود، راهنمای عملی روانکاری ماشین آلات، ۱۳۸۴، انتشارات پژوهشگاه صنعت نفت
- ۶ تریبال، رابرت، جاودانی، کامبیز، عملیات انتقال جرم، ۱۳۶۲، چاپخانه دانشگاه صنعتی شریف
- ۷ چنگیزی، عالییه، شناسایی برخی زیست توده‌های موجود در برج خنک کن و راه مقابله با آنها، ([ganj.irandoc.ac.ir/articles/download\\_sparse/739850](http://ganj.irandoc.ac.ir/articles/download_sparse/739850))
- ۸ ساعتچی، احمد، مهندسی خوردگی، ۱۳۶۵، جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان
- ۹ صدراپی، ساسان، فرایندهای شیمیایی، ۱۳۹۵، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- ۱۰ صدراپی، ساسان، کارگاه فرایندهای شیمیایی، ۱۳۹۵، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- ۱۱ گشایشی، حمیدرضا، برج‌های خنک‌کننده، ۱۳۸۷، چاپخانه شاهین، سخن گستر ملک‌زاده، کرامت، شهبازی کرمی، جواد، اصول طراحی یاتاقان و تئوری روغن کاری، ۱۳۸۱، امید انقلاب
- ۱۲ نیک‌آذر، منوچهر، مبانی کنترل فرایند در مهندسی شیمی، ۱۳۹۵، دانشگاه صنعتی امیرکبیر مرکز نشر دی
- ۱۳ یاری، مرتضی، فنواقی، مهرداد، مرجع شیرهای کنترل، ۱۳۸۳، انتشارات شرکت ملی صنایع پتروشیمی
- ۱۴ طالقانی، محمد، کاروان، فاطمه؛ (۱۳۸۲). از نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تا نگهداری و تعمیرات بهره‌ور. رشت: انتشارات عالی.
- ۱۵ لوتکنز، گونتر؛ ویلسون، نورمن، (۱۹۹۵). خطرات الکتریسیته ساکن. ترجمه: همایون لاهیجانیان (۱۳۸۴). تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.

16 Bloch, Heinz P., John. J, Reciprocating Compressors, 1996, Gulf Publishing Company



- 
- 17 Bloch, Heinz P., Geitner, F.K, Major Process Equipment Maintenance and Repairs, 1997, Gulf Publishing Company
- 18 Brennen, Christopher Earls, Hydrodynamics of Pumps, 1994, Cambridge University Press
- 19 Crowl, Daniel A., Louvar, Joseph F., Chemical Process Safety: Fundamentals with Application, 1990, Prentice Hall
- 20 Dean, Angela, Voss, Daniel, Draguljić, Danel, Design and Analysis of Experiments, 1999, Springer
- 21 Hensley, John C., Cooling Tower Fundamentals, 2009, SPX, Cooling Technologies
- 22 Holman, J.P., Heat transfer, 1998, McGraw-Hill; 6th edition
- 23 McCabe, Warren L., Smith, Julian C., Harriott, Peter, Unit Operation of Chemical Engineering, 1985
- 24 Walas, Standey M., Chemical Process Equipment, 2010, Butterworth-Heinemann Publications



سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه، سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانه رهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود، سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

#### کتاب سرویس و نگهداری تجهیزات صنایع شیمیایی - کد ۲۱۱۵۲۱

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	محسن هادیان	اصفهان	۱۰	میرزا طالبی	هرمزگان
۲	فرهاد همتی	آذربایجان شرقی	۱۱	محمدرضا شاهسون	شهرستان‌های تهران
۳	الهه وهابی نژاد	خراسان رضوی	۱۲	محسن کدیور	فارس
۴	نسرین اسلامی	کرمان	۱۳	مصطفی مرادی	زنجان
۵	شکراله شمسی	مرکزی	۱۴	عبدالحمید اربابی	سیستان و بلوچستان
۶	لاله قورچی بیگی	قزوین	۱۵	فریبا بازدار	ایلام
۷	محمد داننده	اردبیل	۱۶	علی ایزدی یزدان آبادی	کرمان
۸	ژاکلین راه حق	کردستان	۱۷	نادر عباسی نوا	آذربایجان غربی
۹	اکرم قربانی	گیلان			