به نام خدا

رَبِّ زِدنی عِلماً وَ عَمَلاً وَ أَلحِقنی بِالصالِحین

مقدمه ای بر مهندسی شیمی

مدرس:

مریم خواجه نوری

سرفصل مطالب

- **فصل اول: آشنایی با رشته مهندسی شیمی**

☜ تعریف و کاربردهای مهندسی شیمی

- **فصل دوم: آشنایی با فرآیندهای شیمیایی و تجهیزات فرآیندی**

☜ تقطیر (برج تقطیر)

☜ جذب سطحی (تجهیزات فرآیند جذب سطحی)

☜ تبلور (دستگاه های تبلور)

☜ تبخیرکننده ها، تغلیظ کننده ها (انواع تجهیزات تبخیرکننده)

☜ خشک کن ها (دسته بندی و معرفی انواع آن ها)

سرفصل مطالب

- **ادامه فصل دوم: آشنایی با فرآیندهای شیمیایی و تجهیزات فرآیندی**
  - استخراج از مایعات (تجهیزات فرآیند استخراج از مایعات)
  - استخراج از جامدات (تجهیزات فرآیند استخراج از جامدات)
  - رآکتورها
  - مبدل های حرارتی
  - برج های خنک کن
  - کوره ها و مشعل ها
  - دیگ های بخار و مخازن

سرفصل مطالب

- **ادامه فصل دوم: آشنایی با فرآیندهای شیمیایی و تجهیزات فرآیندی**
  - کمپرسور
  - پمپ

- **فصل سوم: آشنایی با صنایع شیمیایی**
  - مقدمه ای بر مهندسی فرآیندهای شیمیایی
  - مقدمه ای بر استخراج و پالایش نفت
  - مقدمه ای بر فرآوری گاز

سرفصل مطالب

- **فصل چهارم: آشنایی با نقش و کاربرد کامپیوتر در مهندسی شیمی**

☜ معرفی نرم افزارهای عمومی و تخصصی مهندسی شیمی

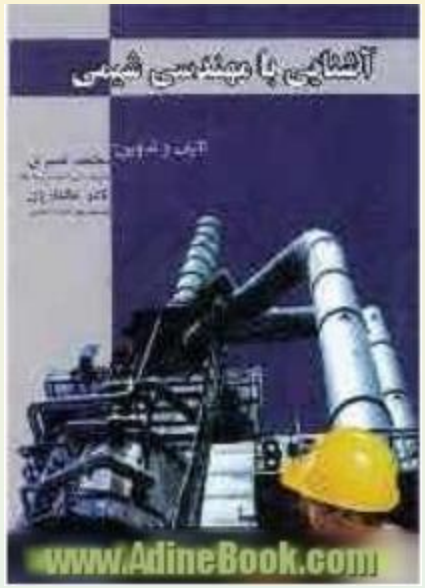
☜نقشه های مهندسی

☜نحوه نگارش گزارش و مقاله

توزیع نمره

فعالیت گروهی در ارایه یک فرآیند در مهندسی شیمی	۵
میان ترم و پایان ترم	۵ و ۱۰

منابع آموزش



- **آشنایی با مهندسی شیمی**، محمد نصیری، نادر مختاریان، حبیب ا... حاج هاشمی، نشر ندای مصلح، ۱۳۸۵

- آشنایی با مهندسی شیمی، سید حسین نوعی، محسن پاکیزه سرشت، محمد حسین واحدی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چ یازدهم، ۱۳۹۳

مقدمه ای بر مهندسی شیمی

مهندسی شیمی ؟

- **تعریف رسمی انجمن مهندسی شیمی آمریکا (AIChE)**

«کاربرد اصول علوم فیزیکی همراه با مبانی اقتصادی و روابط انسانی، در زمینه هایی که مستقیما به فرایندها و دستگاه هایی که در آنها ماده به منظور تغییری در حالت یا مقدار انرژی و یا ترکیبش، تحت عمل قرار گرفته باشد.»

- **تعریف مهندسی شیمی**

طراحی فرایند برای صنایع شیمیایی، جهت تبدیل مواد اولیه به فرآورده های با ارزش افزوده

تاریخچه ی مهندسی شیمی:

اصطلاح مهندسی شیمی (Chemical engineering) نخستین بار در سال ۱۸۸۰ میلادی توسط جرج دیویس در شهر منچستر انگلستان مطرح گردید تا اینکه در سال ۱۸۸۸ لویس نورتن استاد شیمی صنعتی MIT آمریکا، رشته ی مهندسی شیمی را پایه گذاری نمود. توسعه و تنظیم این رشته بعدها توسط ویلیام واکر صورت گرفت. درسال های اولیه قرن بیستم، مهندسی شیمی تقریبا به صورت یک حرفه ی مشخص مطرح گردید.

جنگ جهانی اول، توسعه ی سریع صنایع شیمیایی و به تبع آن نیاز روز افزون به مهندسین شیمی را به همراه داشت. بهمین دلیل پس از مدت کوتاهی ایالات متحده به بزرگترین کشور رشد وتوسعه مهندسی شیمی تبدیل شد و کارآمدی این رشته بیش از پیش آشکار گردید. این در حالی است که گام های اولیه ی شکل گیری مهندسی شیمی از انگلستان آغاز شده بود وتا قبل از جنگ جهانی دوم در هیچ کشوری رشته ی مهندسی شیمی وجود نداشت.

تفاوت شیمی و مهندسی شیمی؟

- وظیفه شیمیدان، سنتز (تولید) مواد شیمیایی و کشف اصول حاکم بر فرآیندهای شیمیایی و فیزیکی در مقیاس آزمایشگاهی است
- وظیفه مهندسی شیمی استفاده از یافته ها و تحقیقات آزمایشگاهی شیمیدان در مقیاس صنعتی و تولید انبوه مواد است
- تفاوت بارز مهندس شیمی با شیمیدان در دانش فنی او در زمینه علوم مهندسی مرتبط با طراحی و عملکرد دستگاه ها و واحدهای صنعتی تولید مواد شیمیایی است
- نسبت شیمیدان به مهندس شیمی مشابه نسبت فیزیکدان به مهندس برق است

گرایش های مهندسی شیمی(۸ گرایش):

۱. **پالایش**: دانش تبدیل نفت خام به فرآورده های نفتی.

۲. **پتروشیمی**: دانش تبدیل شاخه ای از فراورده های نفتی به فرآورده های غیر نفتی (پلیمرهای خام و محصولات پتروشیمی)

۳. **پلیمر**: دانش تبدیل پلیمرهای خام (PVC,PP,PE) به پلیمرهای صنعتی (لاستیک، چسب، رنگ و ...)

۴. **صنایع گاز**: دانش تبدیل گاز طبیعی به گاز قابل مصرف (شامل عملیات استخراج، پالایش، انتقال و ...) (با توجه به منابع غنی گاز در ایران و رتبه دوم ایران در جهان از این حیث، آینده این گرایش بسیار درخشان خواهد بود)

گرایش های مهندسی شیمی:

۵. **صنایع شیمیایی معدنی**: دانش تبدیل مواد شیمیایی استخراج شده از معدن به محصولات شیمیایی معدنی (گچ، سیمان، کاشی، اسیدها و بازها، گازهای صنعتی و ...)

۶. **صنایع غذایی**: دانش تبدیل مواد غذایی به محصولات غذایی مغذی‌تر و با طعم بهتر.

۷. **طراحی فرایندهای صنعت نفت**: همانطور که از نام آن مشخص است در دروس اختصاصی و اختیاری این گرایش باید مسائل مربوط به صنایع نفت مطرح شود.

۸. **بهره برداری**: این گرایش را می توان رشته ای مستقل دانست و شامل دروسی مانند اکتشاف نفت، حفاری، مخازن هیروکربنی و ... است.

اولویت بازار کار گرایش های مهندسی شیمی

گرایش صنایع غذایی

گرایش پالایش

گرایش گاز

گرایش پتروشیمی

به نظر می رسد گرایش پتروشیمی میان دانشجویان از اولویت بالاتری برای ادامه تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد برخوردار باشد.

دروس اصلی

- موازنه انرژی و مواد
- مکانیک سیالات
- انتقال حرارت
- انتقال جرم
- طرّاحی رآکتورهای شیمیایی
- کنترل فرایند
- کاربرد ریاضیات در مهندسی شیمی
- ترمودینامیک
- عملیات واحد

دروس تخصّصی: بسته به گرایش متفاوت است.

تعداد واحدها

تعداد کل واحدهای درسی این دوره ۱۴۰ واحد درس و ۲ واحد کارآموزی به شرح زیر است:

دروس عمومی ۲۰ واحد

دروس پایه ۴۴ واحد

درس اصلی ۵۸ واحد

دروس تخصصی انتخابی ۱۸ واحد

تعداد ۲ واحد به کارآموزی بدون احتساب در سقف واحدها تخصیص یافته است.

دروس مهندسی شیمی (pdf)

نرم افزارهای رشته مهندسی شیمی

COMSOL Multiphysics

نرم افزاری تخصصی برای دانشجویان رشته مهندسی شیمی و

Aspen ONE

قدرتمند ترین نرم افزار در شبیه سازی و طراحی در مهندسی شیمی و

HYSYS Training

شبیه سازی فرآیندهای شیمیایی

CHEMCAD

شبیه سازی فرآیندهای شیمیایی

کارشناسی ارشد

کارشناسی ارشد مهندسی شیمی

دوره کارشناسی‌ارشد مهندسی شیمی همچون پل رابطی است که دوره کارشناسی و دکترای این رشته را به هم متصل می‌کند.

در این دوره دانشجویان با گذراندن سطوح پیشرفته درس‌های دوره کارشناسی، از طرفی جزئیات مباحث علمی دوره کارشناسی را فرا می‌گیرند همچون مکانیک سیالات، ترمودینامیک و انتقال حرارت. از طرف دیگر به‌صورت مقدماتی با کلیات مباحث دوره دکتری آشنا می‌شوند. دوره کارشناسی‌ارشد مهندسی شیمی عموما شامل ۳۲ واحد درسی در چهار نیم‌سال تحصیلی است که از این تعداد هشت واحد آن به پایان‌نامه و سمینار تعلق می‌گیرد. این دوره گرایش‌های متنوعی را شامل می‌شود که هر گرایش درس‌های تخصصی مربوط به خود را دارد. به طور متوسط ۱۵ واحد از درس‌های کارشناسی‌ارشد تخصصی هستند و سایر واحدها مربوط به درس‌هایی است که بین تعدادی از گرایش‌ها مشترکند.

وظایف مهندس شیمی؟

- طراحی فرآیندها (فرآیندهای تولید، تبدیل و انتقال ماده و انرژی که ترکیبی از فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی، بیوشیمیایی، هسته ای و... است)
- طراحی و تعیین مشخصات تجهیزات مورد استفاده در فرآیندها
- بررسی جنبه های اقتصادی، ایمنی و پایداری فرآیند
- تحقیقات، توسعه و بهبود (بهینه سازی) فرآیند
- طرح کارخانه
- نظارت بر تولید
- عیب یابی و رفع مشکلات فنی
- ...

زمینه های کاربرد مهندسی شیمی؟

- صنایع نفت، گاز و پتروشیمی
  - فرآیندهای پالایش نفت و تولید فرآورده های نفتی همچون بنزین، گاز مایع (LPG: Liquefied Petroleum Gas)، نفت گاز (یا گازوئیل به عنوان سوخت موتورهای دیزلی و تأسیسات حرارتی)، روان کننده ها (روغن ها) و...
  - فرآیندهای پالایش گاز و تولید گاز طبیعی (natural gas)، گاز طبیعی مایع (LNG)، گاز طبیعی فشرده (CNG: Compressed *natural* gas)، انتقال و توزیع گاز
  - فرآیندهای پتروشیمیایی و تولید محصولاتی مانند پلیمرها (پلی اتیلن، پی وی سی، پلی استایرن و...)، لاستیک، مواد شیمیایی پایه مانند اتیلن، متانول و...

زمینه های کاربرد مهندسی شیمی

- تولید و مدیریت انرژی
  - بهینه سازی سوخت های فسیلی، کشف و توسعه سوخت های نوین (مانند بیودیزل، هیدروژن و...)، استفاده از منابع تجدیدپذیر مانند انرژی خورشید، باد، درون گرمایی زمین و...
- کنترل آلاینده های هوا
  - طراحی و ساخت برج های جذب فیزیکی و شیمیایی مواد گازی، سیکلون های گازی، سیستم های غشایی، جذب سطحی و...

زمینه های کاربرد مهندسی شیمی

- صنایع شیمیایی
  - تولید مواد شیمیایی مانند گوگرد، اسید سولفوریک، اسید فسفریک، نیتروژن، اکسیژن و ...
- صنایع معدنی
  - صنعت سیمان، گچ، آهک، کاشی و سرامیک و...
- صنایع تصفیه آب و پساب
  - طراحی، توسعه، ساخت و راه اندازی سیستم های تصفیه آب مانند اسمز معکوس، غشاء، اولترافیلتراسیون و...، سیستم های تصفیه پساب مانند سیستم لجن فعال، فیلترهای چکنده، بیوراکتورهای غشایی و ...

زمینه های کاربرد مهندسی شیمی

- فناوری زیستی (بیوتکنولوژی)
  - استفاده از میکروارگانیزم ها در تولید اتانول، گلوکز، اسیدهای آمینه و آنزیم ها، آنتی بیوتیک، اینترفرون و...، تولید مواد سازگار با محیط زیست مانند پلیمرهای زیستی، مواد مورد استفاده در ایمپلنت ها و مفاصل مصنوعی، ژل های دارویی و...
- فناوری نانو (نانوتکنولوژی)
  - ساخت و کنترل مواد در مقیاس نانو (10^{-9} متر) به منظور تولید مواد جدید با خواص بهتر (استحکام و رسانش حرارتی و الکتریکی بیشتر، مقاومت به مواد خورنده و اسیدی و...)، پوشش های خودتمیز شونده، داروهای هوشمند، سنسورهای جدید و...

مقدمه ای بر مهندسی فرآیندهای شیمیایی

تعریف فرآیند

- عملیاتی (تغییر فیزیکی یا شیمیایی) که طی آن نوع (ترکیب شیمیایی) مواد ورودی (مواد اولیه) و یا حالت آنها (مثل دما، فشار و غلظت) تغییر می کند. طی انجام یک فرآیند ممکن است تبادل انرژی با محیط نیز صورت بگیرد.

تقسیم بندی فرآیندها از نظر ورود و خروج جریان

۱) فرآیندهای ناپیوسته (Batch Processes)

مواد ورودی داخل دستگاه شده، در مدت زمان مشخصی فرآوری می شوند (تغییر فیزیکی داده یا واکنش شیمیایی می دهند) و پس از آن از دستگاه خارج می شوند.

۲) فرآیندهای پیوسته (Continuous Processes)

جریان مواد به طور مداوم به سیستم وارد، فرآوری و از آن خارج می شود.

۳) فرآیندهای نیمه پیوسته (Semibatch or Semicontinuous Processes)

تعدادی از مواد در مدت زمان های مشخصی به سیستم اضافه شده یا از آن گرفته می شود، در حالی که بقیه مواد تا پایان مدت زمان عملیات در داخل دستگاه باقی می مانند.

انواع فرآیندها

- فرآیندهای شیمیایی
- فرآیندهای فیزیکی

فرآیندهای جداسازی
(Separation Processes)

فرآیندهای جداسازی (Separation Processes)

- در فرآیندهای جداسازی بر اساس اختلاف در یک خاصیت فیزیکی، مواد از یکدیگر جدا می شوند. مثلا در تقطیر بر اساس اختلاف نقطه جوش (اختلاف فراریت)، در استخراج بر اساس اختلاف در حلالیت دو یا چند جزء مایع در یک فاز مایع، در جذب اختلاف در حلالیت دو یا چند جزء گازی در یک فاز مایع، در جذب سطحی بر اساس اختلاف نفوذ و جذب دو یا چند جزء گازی در فاز جامد

- انتقال جرم : به انتقال مواد از یک فاز به فاز دیگر در اثر اختلاف پتانسیل شیمیایی (که به نوعی نمایانگر اختلاف غلظت است) گفته می شود.

انواع فرآیندهای جداسازی

- جذب و دفع گاز (Gas absorption and stripping)
- تقطیر (Distillation)
- جذب سطحی (Adsorption)
- استخراج مایع-مایع (Liquid-liquid extraction)
- تبخیر (Evaporation)
- خشک کردن (Drying)
- تبلور (Crystallization)
- فرآیندهای غشایی (Membrane processes)
- ...

تقطیر (Distillation)

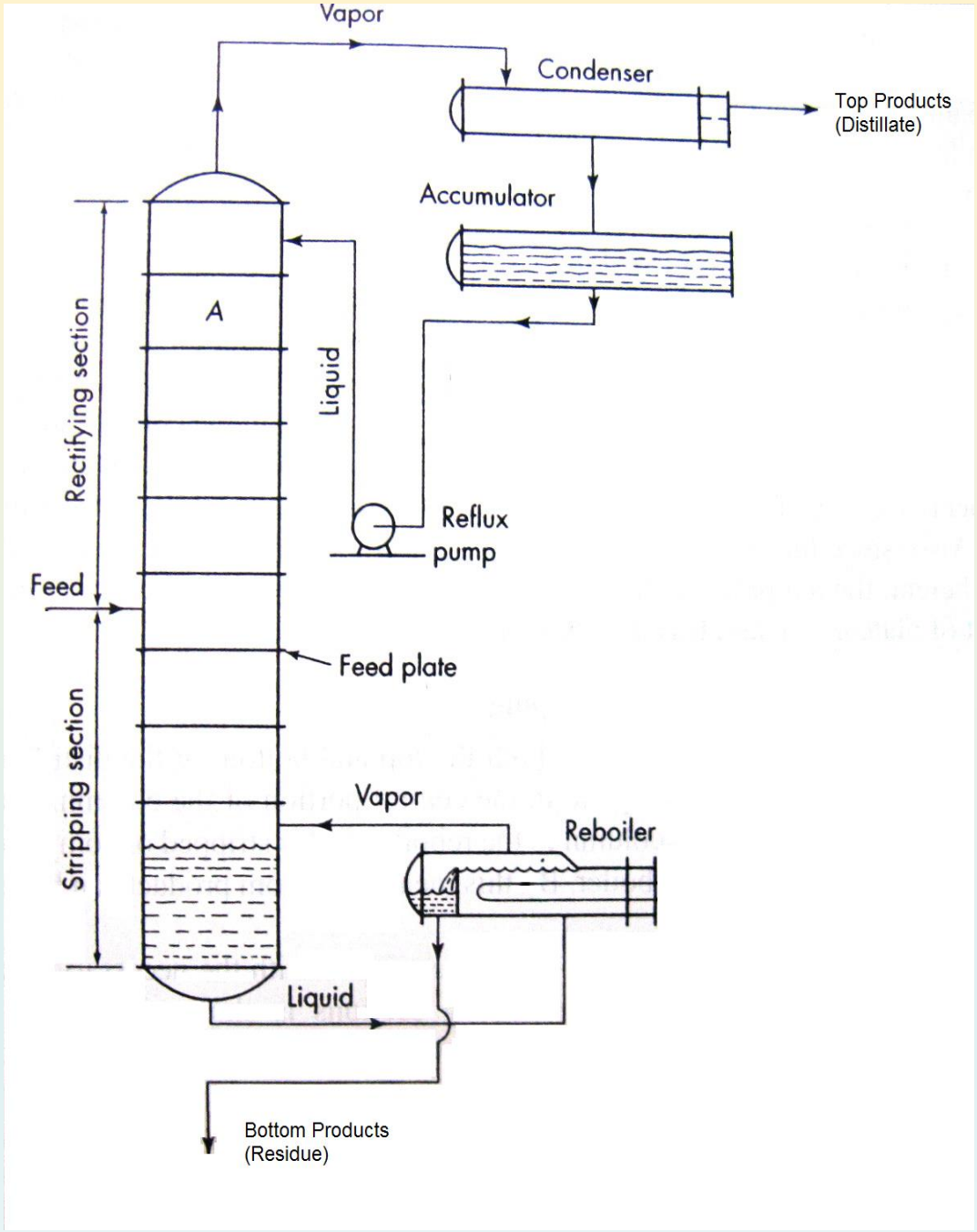
- جداسازی مواد بر اساس اختلاف در نقطه جوش (اختلاف فراریت یا توزیع مواد در دو فاز گاز و مایع)

- در تقطیر پیوسته، خوراک مایع از نقطه ای نزدیک به وسط برج وارد شده، در ریبویلر (جوش آور) بخشی از آن بخار شده، به سمت بالای برج حرکت می کند. بخش دیگری از مایع نیز به عنوان محصول سنگین از پایین برج خارج می شود.

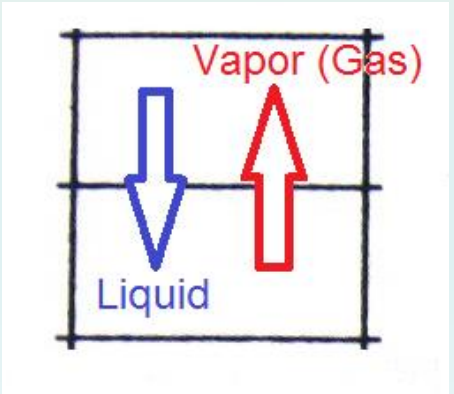
تقطیر (Distillation)

- بخار در حین حرکت به سمت بالا با جریان مایع برگشتی به سمت پایین تماس پیدا کرده و اجزاء سبک تر (فرارتر) وارد آن می شود. ضمن آنکه اجزاء سنگین تر وارد فاز مایع می شوند.

- بخار در بالای برج وارد کندانسور (چگالنده) شده و به مایع تبدیل می شود. بخشی از مایع به برج برگشته و بخش دیگر به عنوان محصول از بالای برج خارج می شود.



نمای شماتیک برج تقطیر (پیوسته)



تقطیر (Distillation)

- هر چه از بالای برج به سمت پایین برویم، دما و درصد ترکیبات سنگین بیشتر می شود. محصول بالای برج غنی از ترکیبات سبک و محصول پایین برج غنی از ترکیبات سنگین است. ممکن است محصولات جانبی (میان تقطیر) نیز از برج تقطیر گرفته شود.

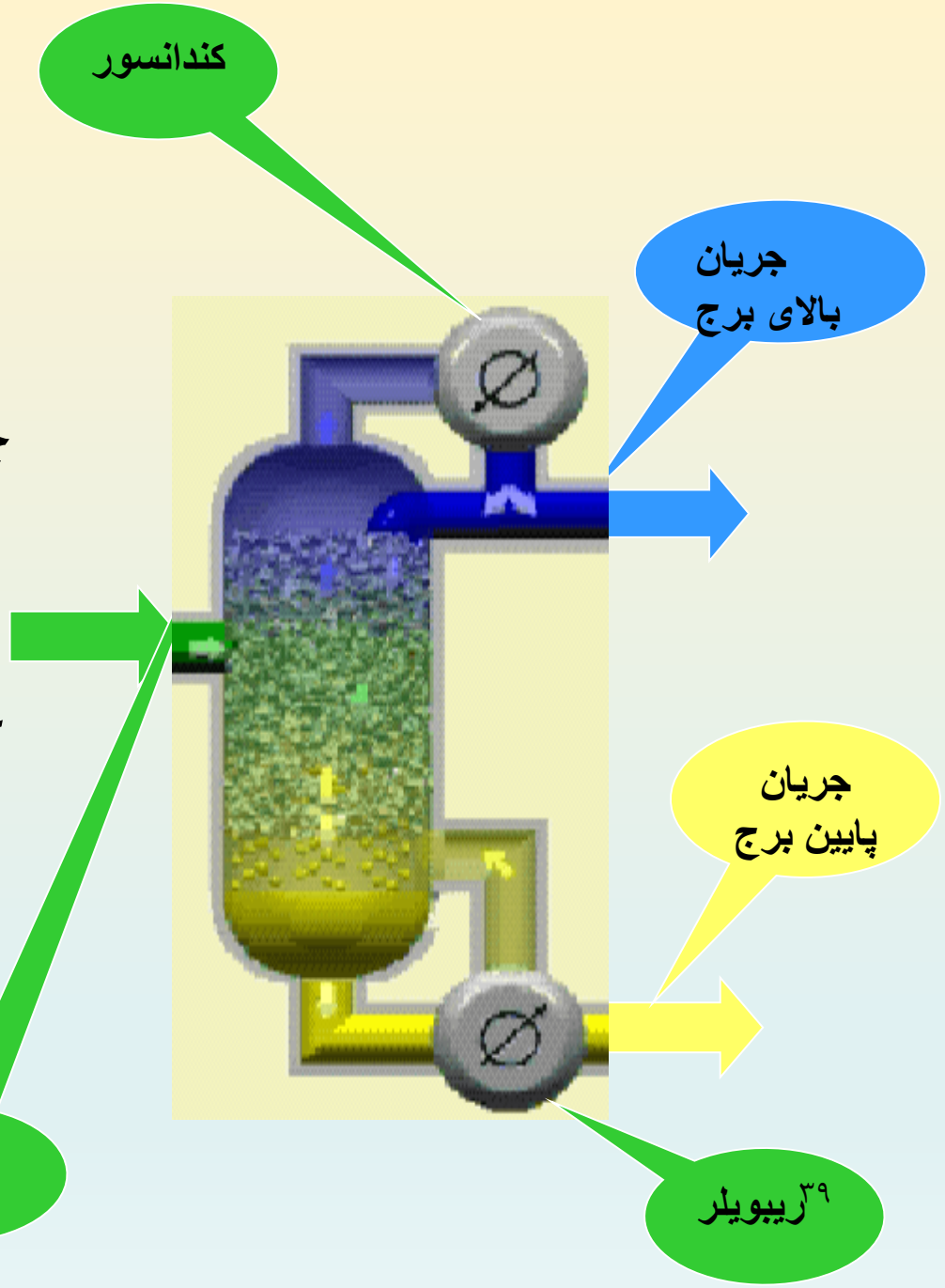
تقطیر (Distillation)

- برای مثال در برج تقطیر اتمسفری پالایشگاه نفت، از بالای برج به ترتیب گازهای سوختنی (متان (C_1) و اتان (C_2))، گازهای مایع (پروپان (C_3) و بوتان (C_4))، بنزین سبک (C_4-C_6) و ... به عنوان محصول گرفته می شوند.
- از پایین برج هم ترکیبات سنگین نفت کوره ($>C_{20}$) و باقیمانده اتمسفری ($>C_{30}$) خارج می شوند.

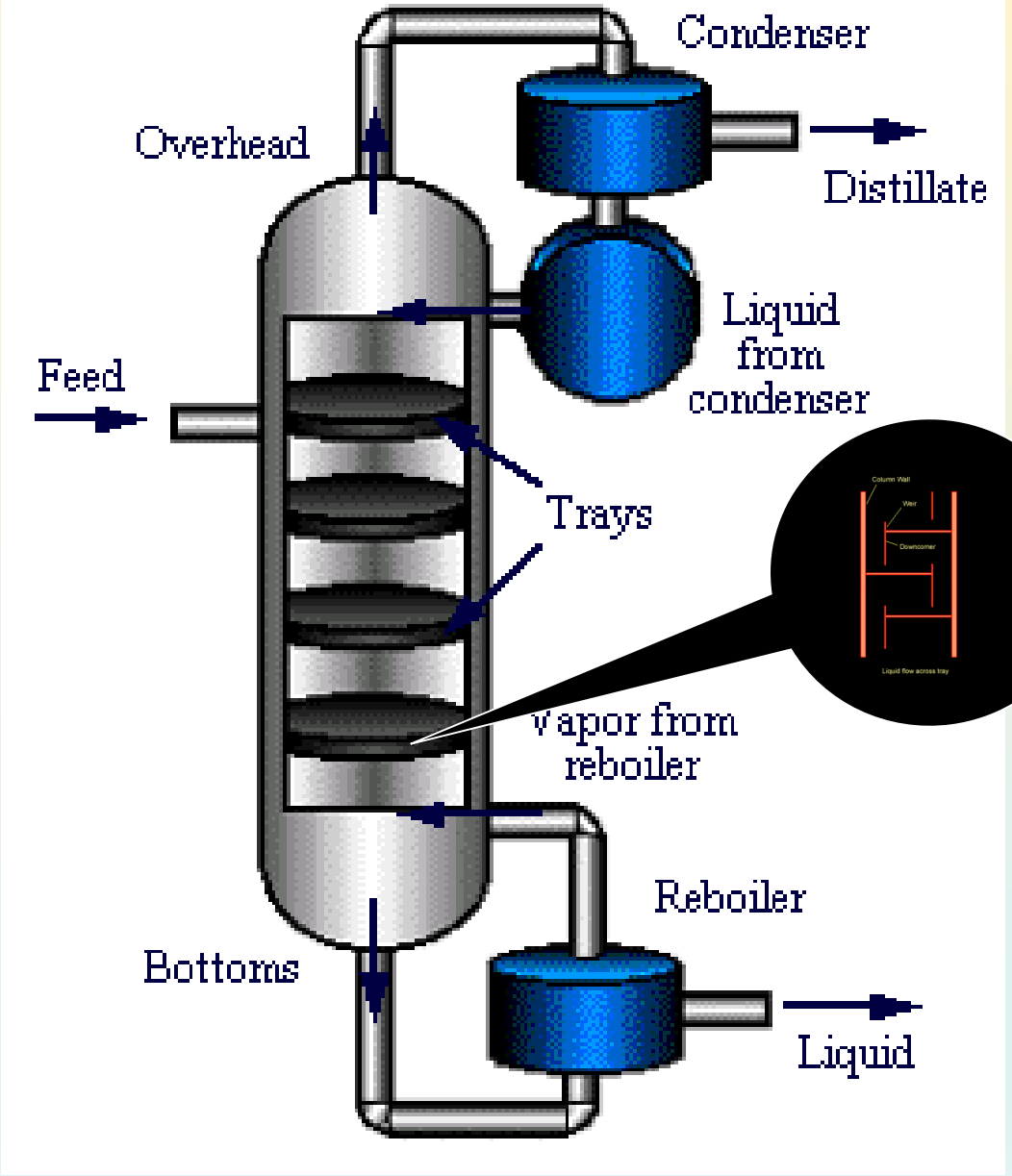
- برج های تقطیر همانند برج های جذب و دفع گاز می توانند به صورت سینی دار یا پرشده ساخته شوند

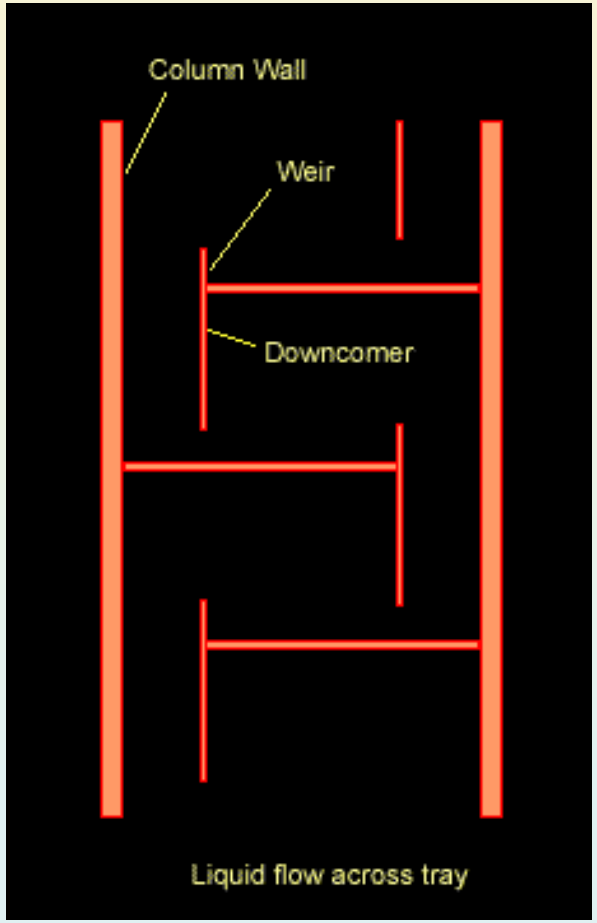
برج تقطیر پرشده

- Feed: خوراک
- Distillate: جریان مقطر (بالای برج)
- Bottoms or Residue:
- جریان پسماند یا پایین برج
- Condenser: کندانسور یا چگالنده
- Reboiler: ریبویلر یا جوش آور



برج تقطیر سینی دار





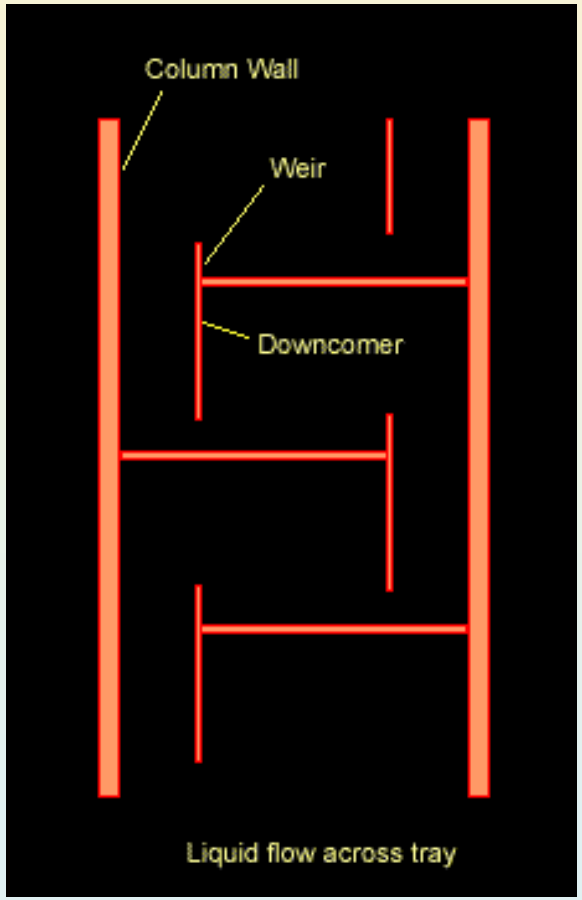
برج سینی دار

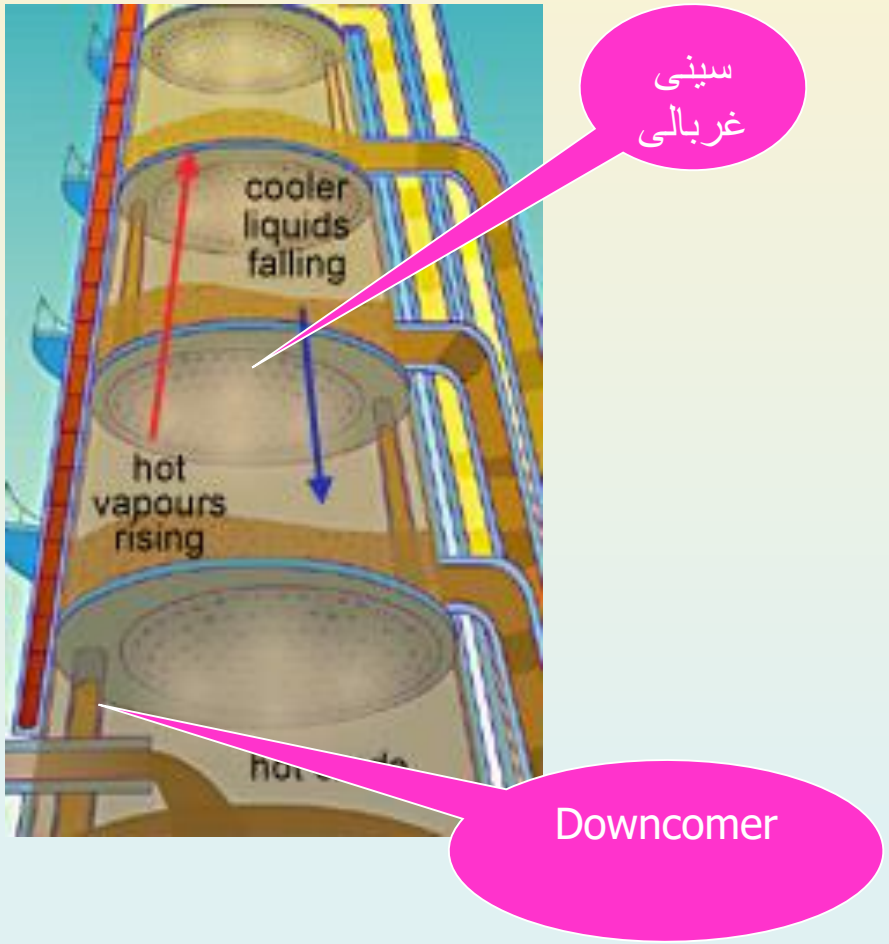
- برج (ستون) تقطیر می تواند به صورت سینی دار (Tray Column) و یا پر شده (Packed Column) ساخته شود.

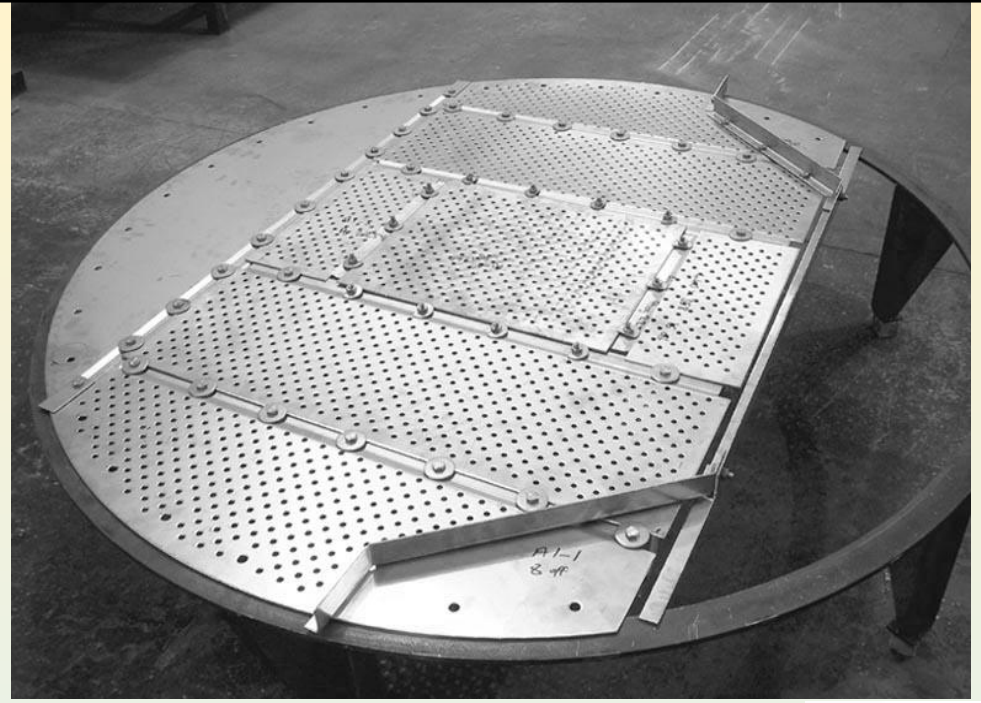
- در برج های سینی دار، تماس فازهای مایع و گاز بر روی تعدادی از صفحات فلزی مدور و مشبک به نام سینی انجام می گیرد.

- مایع از بالا بر روی سینی ریخته شده، گاز از پایین از سوراخ های سینی وارد شده و به صورت حباب های ریز در می آید.

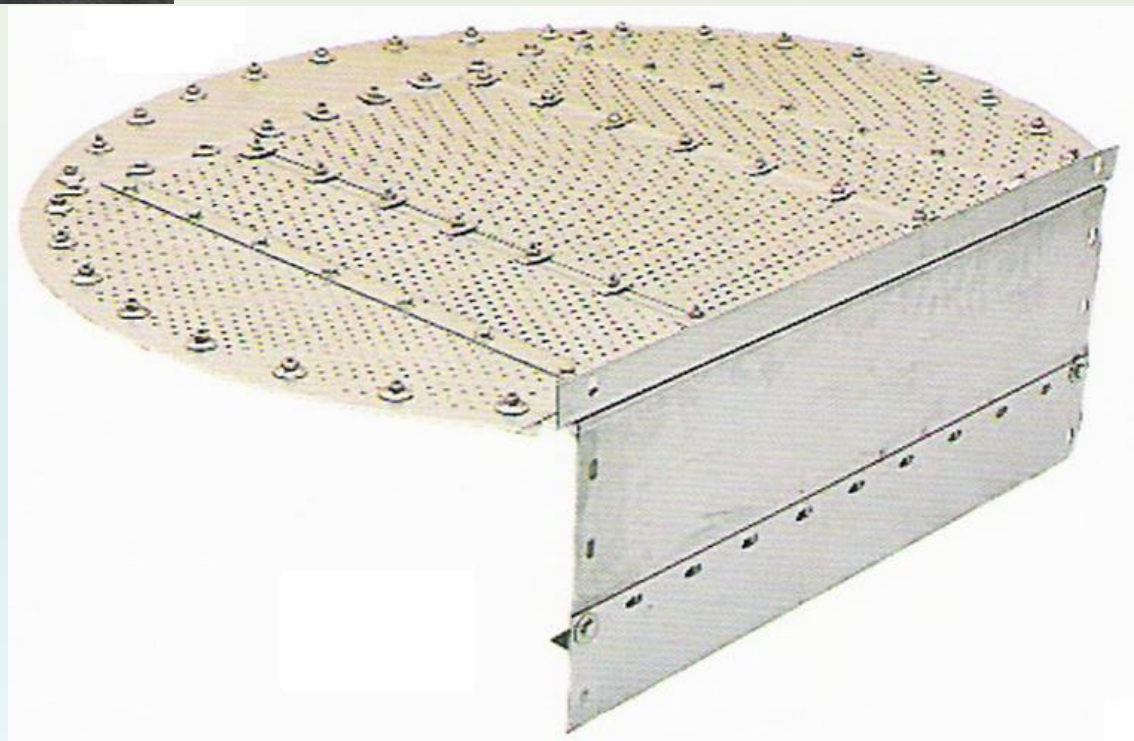
- به منظور افزایش زمان تماس دو فاز، از یک لبه فلزی به نام بند (weir) در انتهای هر سینی استفاده می شود تا مایع روی سینی ارتفاع لازم را پیدا کند.


Column Wall
Weir
Downcomer
Liquid flow across tray

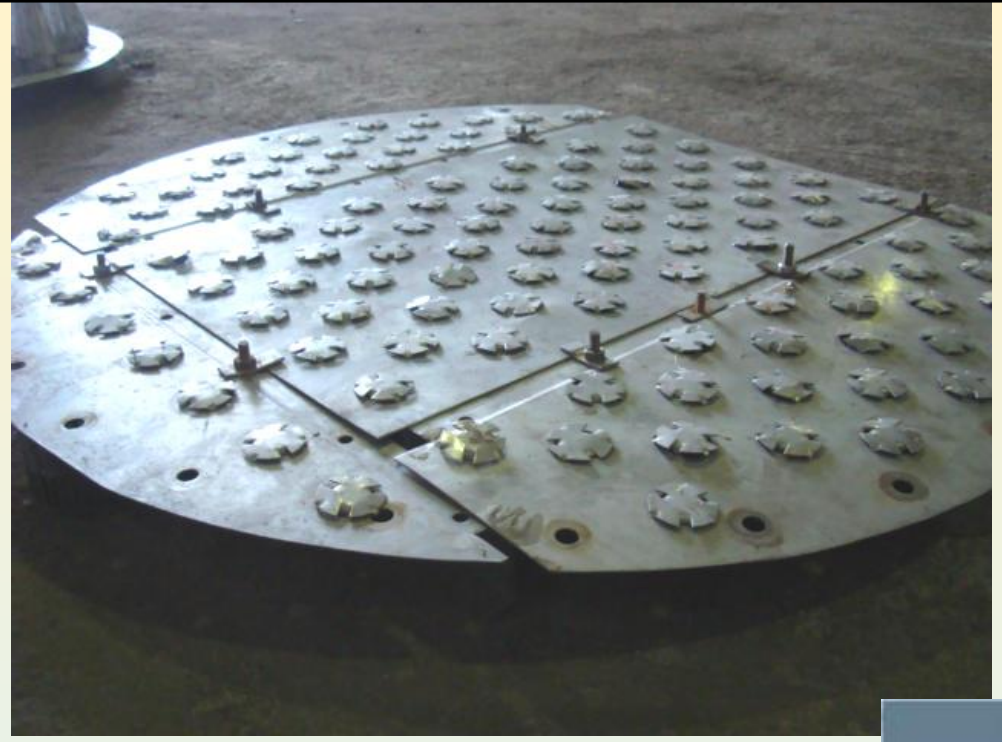

cooler liquids falling
hot vapours rising
سینی غربالی
Downcomer



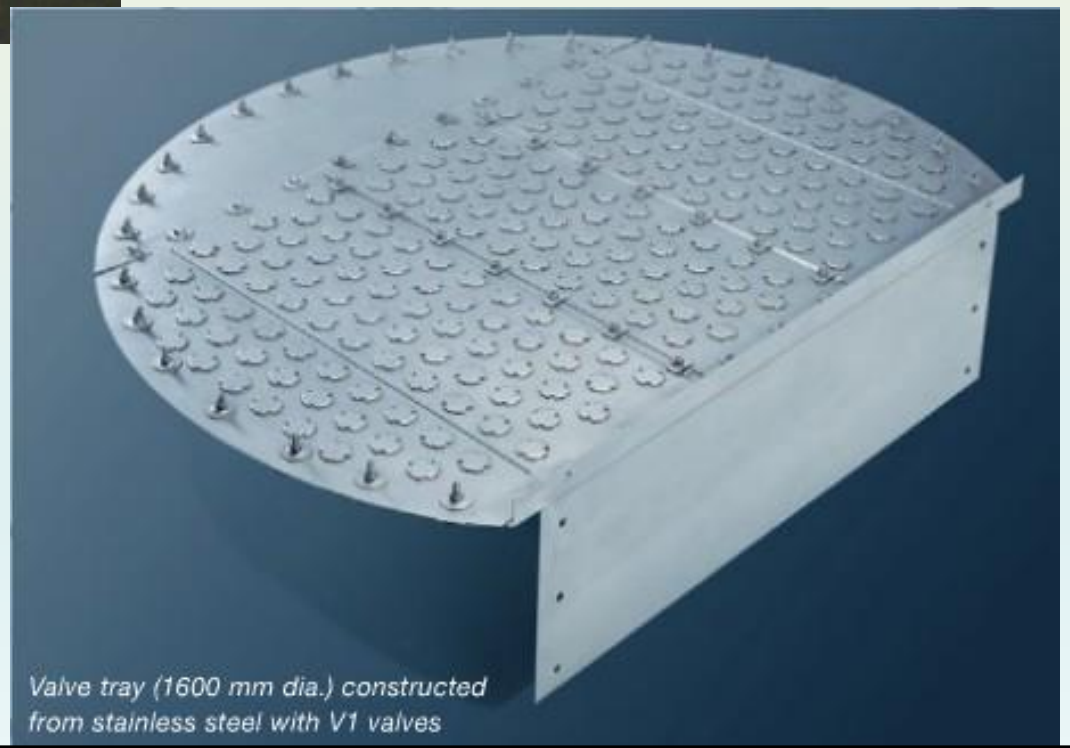
سینی غربالی
(Sieve Tray)



سینی کلاهکی
(Bubble-cap Tray)



سینی دریچه ای
(Valve Tray)



مزایا و معایب برج های سینی دار

مزایا

- تماس مایع و گاز در جریان متقاطع درون برج های سینی دار از تماس مایع و گاز در جریان ناهمسوی درون برج های پرشده موثرتر است
- قابلیت کار با شدت جریان های کم و زیاد
- امکان نصب کویل ها (ژاکت) حرارتی آسان تر از برج پرشده است
- تمیزکاری آسان

مزایا و معایب برج های سینی دار

معایب

- افت فشار بالاتر نسبت به برج پرشده
- احتمال گرفتگی (plugging) و رسوب گرفتگی (fouling)
- احتمال خوردگی

- برج سینی دار در قطرهای بیشتر از ۰.۶ متر و برج پرشده در قطرهای کمتر از ۰.۶ متر بازدهی بیشتری دارند

- امکان تشکیل کف (foaming) در برج های سینی دار بیشتر از برج های پرشده است. کف کردن باعث کاهش راندمان انتقال جرم میشود

مقدمه

- اساس پدیده‌های جذب سطحی برمبنای جداسازی است. فرآیند جداسازی عکس اختلاط است و فرآیند اختلاط در راستای قانون دوم ترمودینامیک صورت می‌پذیرد. برای تفکیک نیاز به انرژی زیادی است بنابراین انرژی در فرآیندهای تفکیک نقش مهمی ایفا می‌کند. هزینه مربوط به انرژی در کل فرآیند درصد عمده‌ای را به خود اختصاص می‌دهد.

- امروزه انواع و اقسام فرآیندهای جداسازی گسترش یافته است. از این فرآیندها می‌توان به تقطیر، کریستالیزاسیون، Adsorption و Absorption اشاره کرد.

چند مثال برای عملیات جداسازی

- چند مثال زیر نمایانگر طبیعت عمومی جداسازی خواهد بود و کاربردهای اصلی آنرا نشان می‌دهد. در حالت جداسازی گازی از فرآیند جذب برای رطوبت زدایی هوا و دیگر گازها، بو زدایی و جداسازی ناخالصی‌ها از گازهای صنعتی مانند دی اکسید کربن استفاده می‌شود.

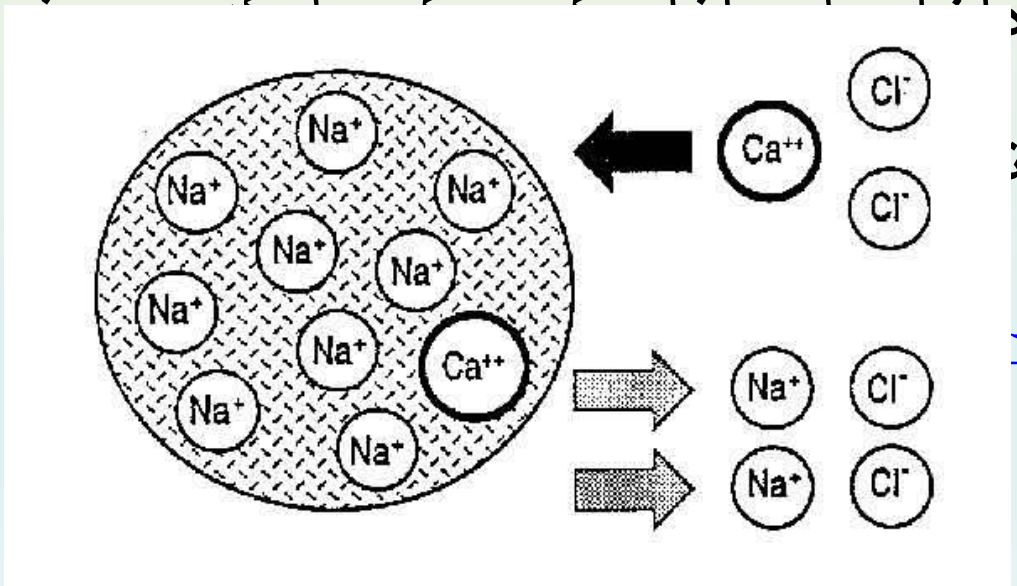
از فرآیندهای جداسازی مایع می‌توان رطوبت زدایی بنزین، رنگ زدایی محصولات نفتی و جداسازی آلاینده‌های سمی از آب را نام برد. محدوده عملیات می‌تواند از چند گرم ماده جاذب در آزمایشگاه تا چندین تن جاذب در کارخانه‌های صنعتی تغییر نماید.

تکنولوژی‌هایی که از سطح جامد برای جداسازی استفاده می‌کنند عبارتند از:

- جذب سطحی (Adsorption)
- تعویض یونی (Ion - Exchange)
- کروماتوگرافی (Chromatography)

(تعویض یونی Ion – Exchange)

- فرآیند تعویض یونی، واکنش شیمیایی بین یونهای داخل فاز مایع و یونهای فاز جامد است. یونهای خاصی در داخل مایع توسط مبدل یونی جامد جذب می‌شود و به خاطر این که باید حالت خنثای الکتریکی برقرار گردد، مبدل جامد یونهایی را به د
های جذب شده گردد. فرآیند ت
آب، حذف مواد معدنی، نمک ز
نیتروژن به کار می‌رود .



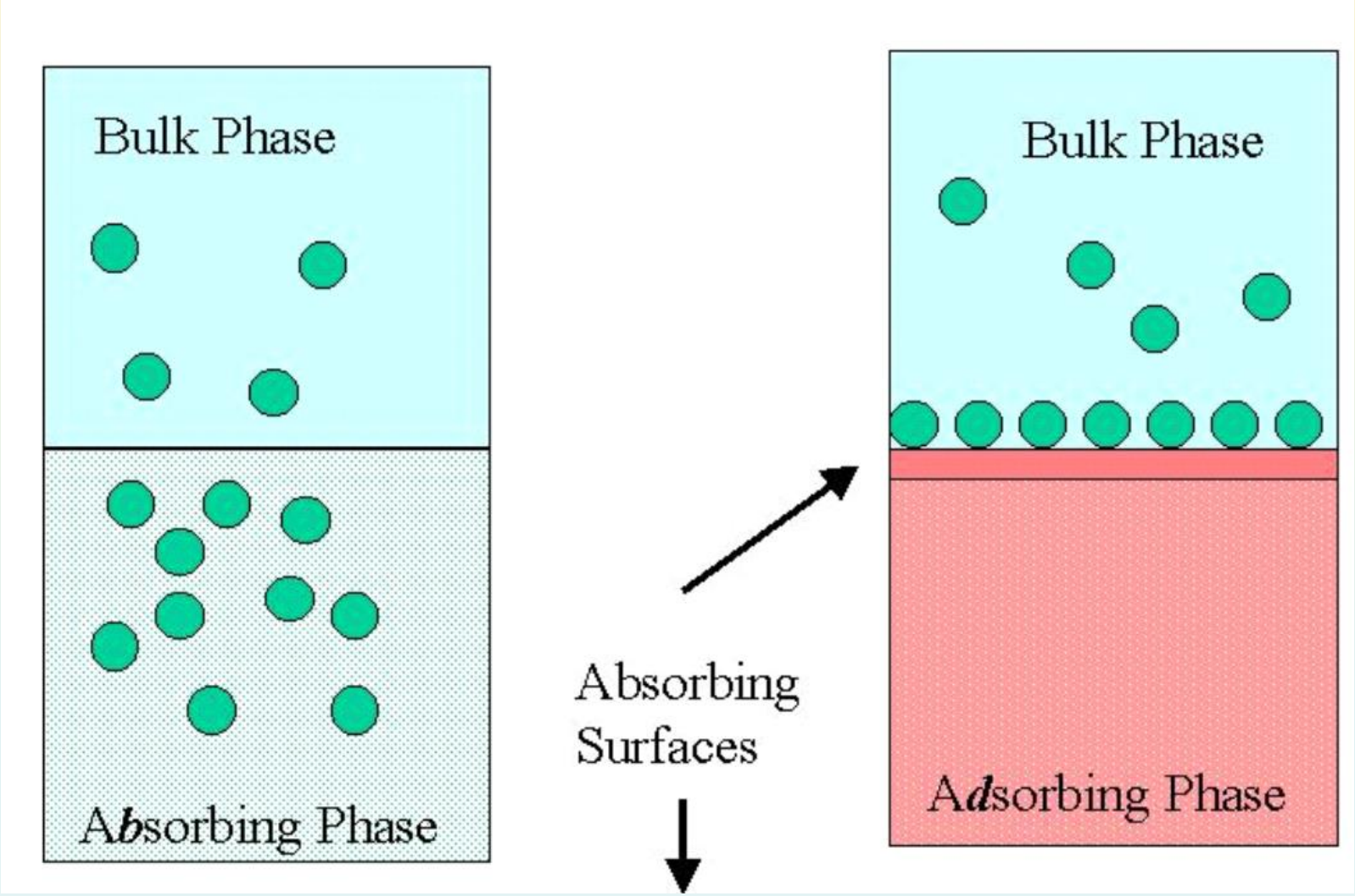
کروماتوگرافی (Chromatography)

- از این روش بیشتر برای جداسازی مواد بیولوژیکی استفاده می‌کنند. کروماتوگرافی روشی است برای جداکردن اجزای یک مخلوط. در این روش معمولاً مخلوط که به صورت مایع یا گاز است از یک لوله یا شبکه گذرانده می‌شود، سرعت حرکت اجزای تشکیل دهنده مخلوط در لوله یا شبکه مختلف است (با توجه به عناصر دیواره داخلی لوله یا شبکه) در نتیجه مخلوط به اجزای تشکیل دهنده تجزیه شده و هر جزء جداگانه خارج می‌شود. در کروماتوگرافی دو فاز وجود دارد فاز ثابت و فاز متحرک. فاز ثابت در واقع اجزای درون لوله یا شبکه جداسازی را تشکیل می‌دهند و فاز متحرک مربوط به ماده‌ای است که می خواهد مورد تجزیه و تخلیص قرار بگیرد.

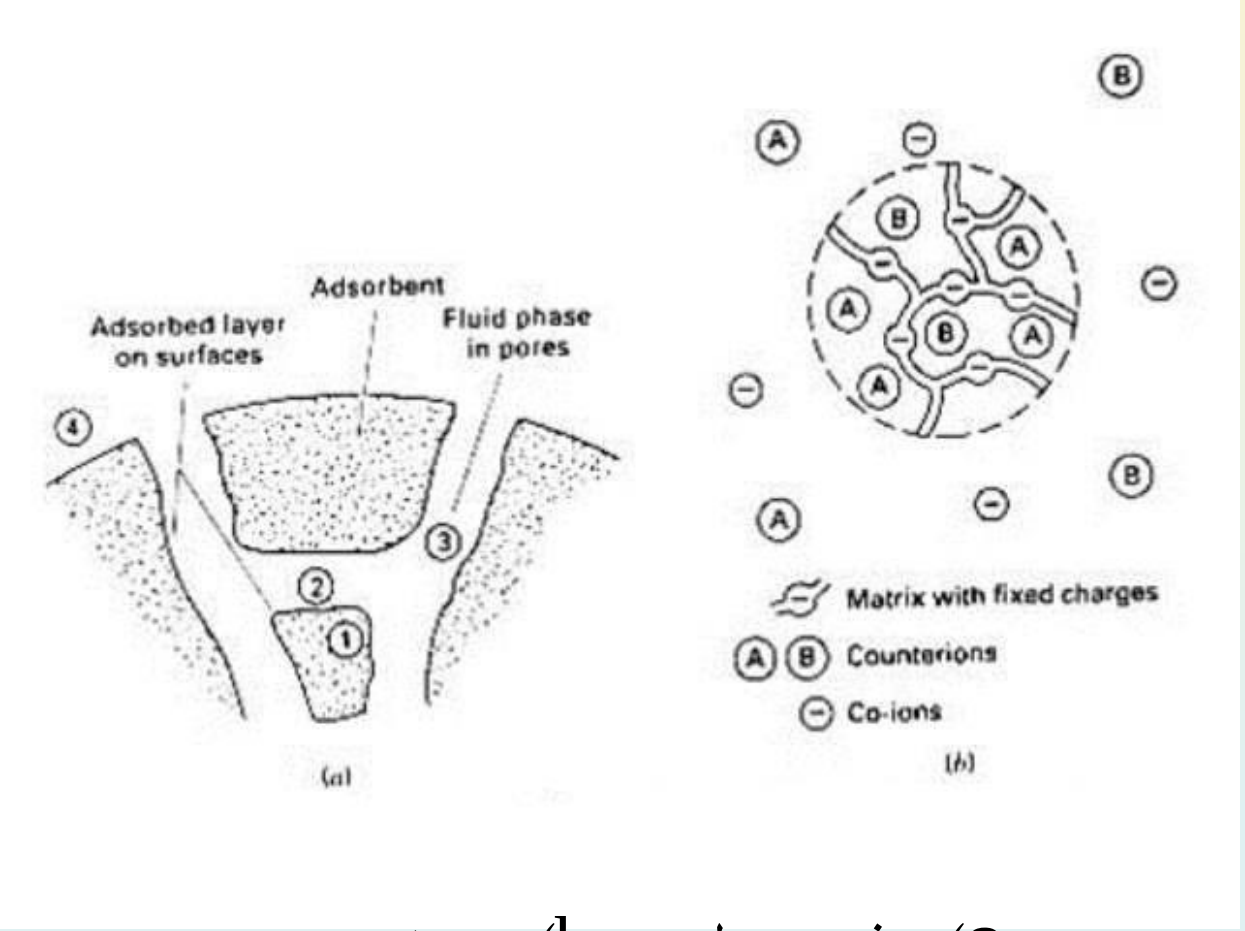
جذب سطحی (Adsorption)

- جذب سطحی یک فرآیند جداسازی است که در آن برخی از اجزاء فاز سیال به سطح یک جاذب سطحی جامد منتقل می‌شوند.
- معمولاً ذرات ریز جاذب در بستر ثابتی نگه داشته می‌شوند و سیال به صورت پیوسته از میان بستر عبور داده می‌شود تا جامد تقریبا سیر شود و دیگر نتوان به جداسازی مورد نظر دست یافت.
- **جذب سطحی را می‌توان تمایل مولکول های فاز سیال برای چسبیدن به سطح جامد تعریف کرد .**

Absorption , Adsorption



عملیات جداسازی توسط سطح جامد



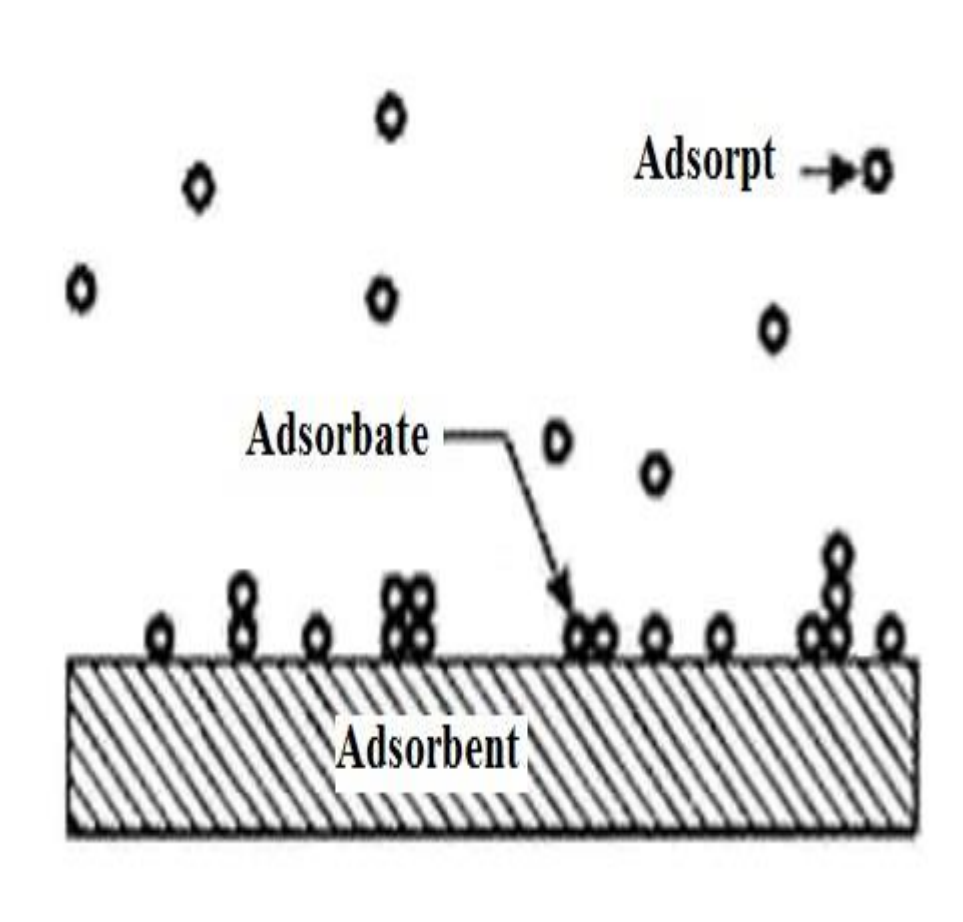
a) جذب سطحی، b) تعویض یونی

در فرآیند جذب سطحی:

جاذب: Adsorbent

ماده جذب شده : Adsorbate

مواد معلق : Adsorpt



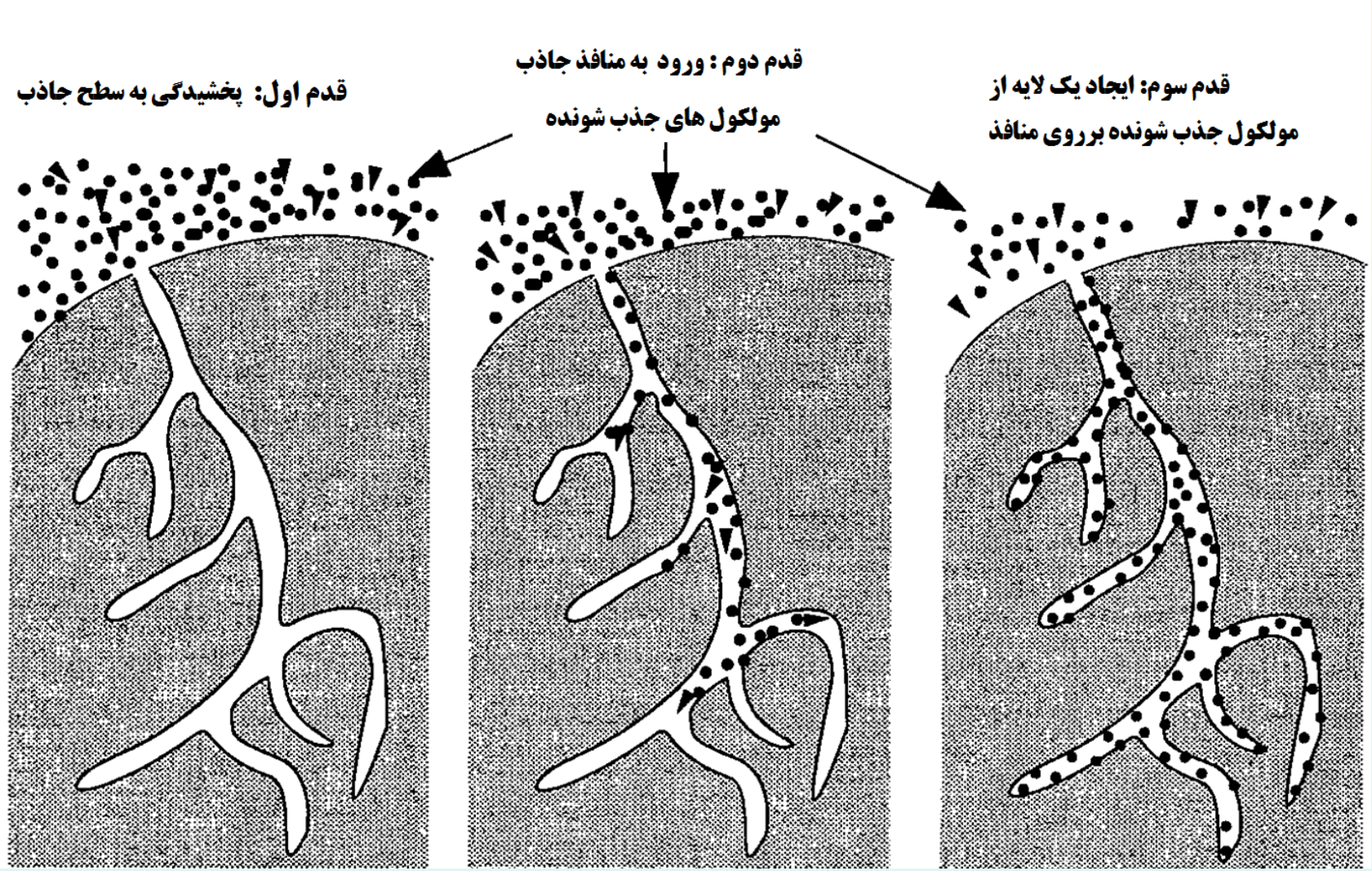
عامل اساسی در سیستم جذب، جاذب است. جاذب پدیدآورنده فناوری جذب سطحی است. در گذشته استفاده از جاذب‌ها برمبنای سعی و خطا استوار بوده که با انجام آزمایش کیفیت آنها اندازه گیری می‌شد، اما امروزه در بررسی‌های انجام شده از لحاظ علمی ساختار منافذ و تخلخل و انرژی‌های سطحی و دیگر پارامترهای یک جاذب را از پیش تعیین می‌کنند و برمبنای آن جاذب را استفاده می‌کنند.

در ساختار مولکولی منظم، مقدار جذب افزایش می‌یابد و میزان انتخاب پذیری نیز زیاد می‌شود. امروزه بشر قادر است مواد را درحد نانومتری از هم جدا کند.

اساس پدیده جذب سطحی

- پدیده جذب سطحی به خاطر خواص موجود بر روی سطح جامد اتفاق می‌افتد. این خواص دارای دو منشأ می‌باشد.
- ۱) پدیده discontinuity: به این مفهوم است که خواص سطح جاذب از خواص بقیه جاذب متفاوت است در واقع اتم‌های سطح از اتمهای توده متفاوت هستند.
- ۲) اتمهای سطح جامد غیر اشباع (Unsaturated) هستند. این پدیده به این مفهوم است که در زیر سطح اتمهای جامد با اتمهای مجاور پیوند سطحی ایجاد کرده است اما در سطح اتم‌ها از بالا آزاد هستند و توانایی ایجاد پیوند با مولکول‌های دیگر را دارند. از این رو یک حالت تمایل برای رسیدن به حالت اشباع در مولکول‌های سطح وجود دارد. بنابراین خاصیت جذب سطحی در آن ایجاد می‌شود.

مکانیسم جذب


قدم اول: پخشیدگی به سطح جاذب
قدم دوم : ورود به منافذ جاذب
مولکول های جذب شونده
قدم سوم: ایجاد یک لایه از
مولکول جذب شونده برروی منافذ

انواع جذب سطحی

۱- جذب فیزیکی یا جذب واندروالس (Physical Adsorption):

یک پدیده برگشت پذیر است که نتیجه نیروهای جاذبه بین مولکول‌های جامد و ماده جذب شده است. بین مولکول‌ها انواع نیروهای درونی وجود دارد و یکی از این نیروها، واندروالس است. این نیروی بسیار ضعیفی است که دو مولکول را به همدیگر جذب می‌کند، اما این نیرو تبادل الکترون و تشکیل پیوند شیمیایی را شامل نمی‌شود. این نیروی فیزیکی بسیار ضعیف است. برای مثال وقتی نیروی جاذبه بین یک جامد و یک گاز بیشتر از نیروهای بین مولکولهای گاز باشد، گاز روی سطح جامد جمع و متراکم می‌شود. ماده جذب شده در شبکه کریستالی جامد نفوذ نمی‌کند و در آن حل نمی‌شود، بلکه در سطح باقی می‌ماند. درهرحال اگر جامد دارای تخلخل و لوله‌های موئین زیادی باشد، ماده جذب شده، در صورتی که جامد را تر کند، به داخل این شکاف‌ها نفوذ می‌کند.

انواع جذب سطحی

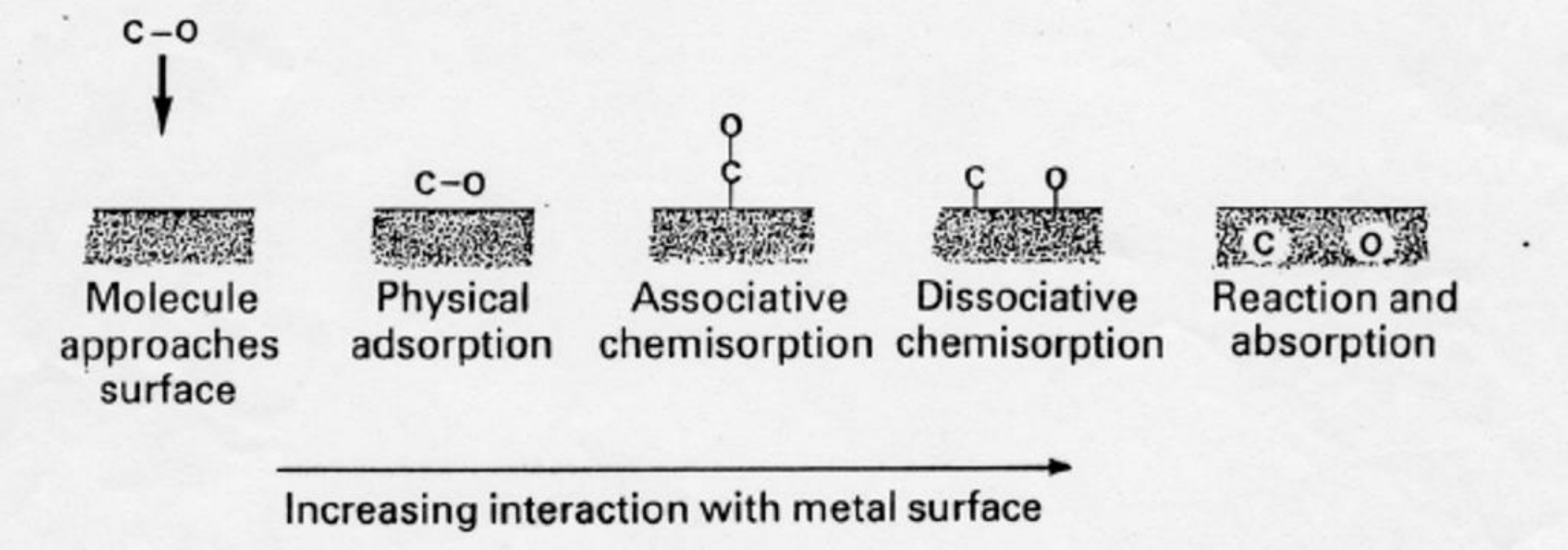
۲– جذب شیمیایی یا جذب سطحی فعال شده (Chemical Adsorption)

جذب شیمیایی یا جذب سطحی فعال شده نتیجه فعل و انفعالات شیمیایی جامد و ماده جذب شده است. قدرت پیوند شیمیایی حاصل به طور قابل توجهی در حالات مختلف تغییر می کند و شناسایی ترکیبات شیمیایی عملا مشکل است ولی نیروهای چسبندگی معمولاً بیشتر از آن چیزی است که در جذب فیزیکی وجود دارد. این پیوند شیمیایی قوی است و حدود ۱۰۰ برابر جذب فیزیکی انرژی جذب دارد. حرارت آزاد شده در جذب شیمیایی معمولا زیاد و در حدود حرارت یک واکنش شیمیایی است . فرآیند عموماً

دو نوع جذب شیمیایی وجود دارد: ۱- مولکولی : Associative chemical adsorption

۲-تفکیک شده: Dissociative chemical adsorption :

بسیار قویتر از جذب شیمیایی مولکولی



شماتیکی از انواع مختلف جذب سطحی کربن مونوکسید بر روی سطح جامد

مقایسه جذب سطحی فیزیکی و جذب سطحی شیمیایی

جذب فیزیکی یا جذب واندروالس (van der Waals adsorption):

پیوند ضعیف مولکولهای سیال به سطح جامد

گرمازا (~ 0.1 Kcal/mole)

برگشت پذیر

جذب شیمیایی (Chemisorption):

پیوند شیمیایی قوی

گرمازا (10 Kcal/mole)

برگشت نا پذیر

جاذب ها و پدیده جذب سطحی

اکثر جاذب‌ها موادی بسیار متخلخل هستند و جذب سطحی عمدتاً روی دیواره حفره‌ها و یا مکان-های مشخص در داخل ذره صورت می‌پذیرد. از آنجا که حفره‌ها بسیار کوچک هستند، مساحت سطح داخلی چندین مرتبه بزرگتر از مساحت خارجی است و ممکن است به $۲۰۰۰ m^2/g$ برسد. اختلاف در جرم مولکولی، شکل و یا قطبیت باعث می‌شود برخی از مولکول‌ها محکمتر از سایرین روی سطح حفظ شوند یا ممکن است حفره‌ها کوچکتر از آن باشند که مولکول‌های درشت‌تر را بپذیرند، در نتیجه مواد از هم جدا می‌شوند. در بسیاری از موارد، اجزاء جذب شونده (یا جذب شده) به اندازه کافی محکم نگه داشته می‌شوند تا جداسازی کامل آن جزء از سیال همراه با جذب بسیار کم سایر اجزا ممکن باشد آنگاه می‌توان احیاء جاذب را انجام داد تا ماده جذب شده به صورت غلیظ یا تقریبا خالص بدست آید.

طبیعت جاذبها

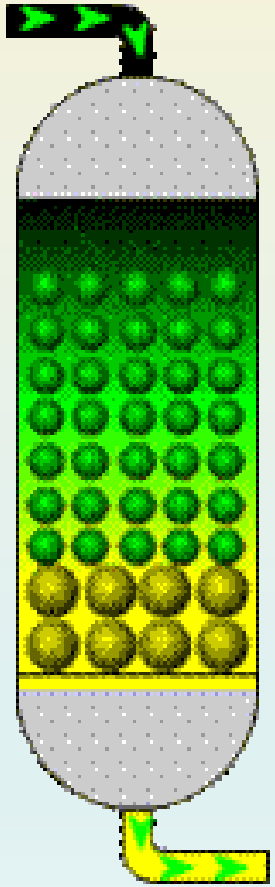
جامدهای جاذب معمولا به شکل گرانول مصرف می‌شوند و قطر آنها از ۱۲ میلیمتر تا ۵۰ میکرومتر متغیر است. جامدها باید براساس کاربرد و موقعیت مصرف بعضی خواص مهندسی را داشته باشند. آنها باید مقاومت و سختی خوبی داشته باشند تا در اثر حمل و نقل و همچنین وزن خود در بستر خرد نشوند. خاصیت جذب جاذب‌ها یک مسئله دیگر است. جذب یک پدیده عمومی است و تمام جامدها، گازها و بخارات را به مقداری جذب می‌کنند. ولی در اهداف صنعتی فقط برخی از جامدات ظرفیت جذب لازم را دارند. از آنجا که جامدات در خواص مربوط به جذب مواد خاص بسیار اختصاصی و ویژه عمل می‌کنند، به نظر می‌رسد که طبیعت شیمیایی جامدات با خواص جذب آنها ارتباط داشته باشد. وجود سطح زیاد در واحد جرم برای جاذب‌های مفید ضروری است. در جذب گازی، سطح واقعی، سطح ذرات گرانول نیست بلکه سطح بزرگتری است که داخل سوراخ‌ها و یا شکاف‌ها را شامل می‌شود. این سوراخ‌ها معمولا خیلی کوچک هستند و در حدود چند مولکول قطر دارند ولی تعداد زیاد آنها باعث تولید سطح بزرگتری برای جذب می‌شود.

جاذب ها

- جاذبها با خصوصیات سطح از قبیل مساحت سطح ویژه و قطبیت سطح شناخته می شوند .
- وجود سطح زیاد در واحد جرم برای جاذب ضروری است .
- جاذبهایی که در صنعت به کار می روند ابعادی ما بین ۵۰ میکرون تا ۱۲۰ میلیمتر دارند .
- جاذب ها بایستی دارای خصوصیات مهندسی باشند .

طراحی آزمایش‌های جذب

- یک سیستم جذب متشکل از جاذب و یک سیال ورودی و یک محصول است که از سیستم خارج می‌شود.



- فاکتورهایی که در آزمایش جذب تأثیر دارند، عبارتند از:

الف) خصوصیات جاذب

ب) خصوصیات جذب شونده

ج) خصوصیات محیط جذب

برخی از پرکاربردترین جاذب ها:

۱– کربن فعال

کربن فعال از سوختن برخی مواد از قبیل چوب، زغال سنگ هسته یا پوست بعضی میوه ها، استخوان و... به دست می‌آید. این جاذب از دسته غیر قطبی‌ها می‌باشد و تمایل کمی به جذب آب و قدرت بالایی در جذب هیدروکربن‌ها دارد.

برخی از پرکاربردترین جاذب ها:

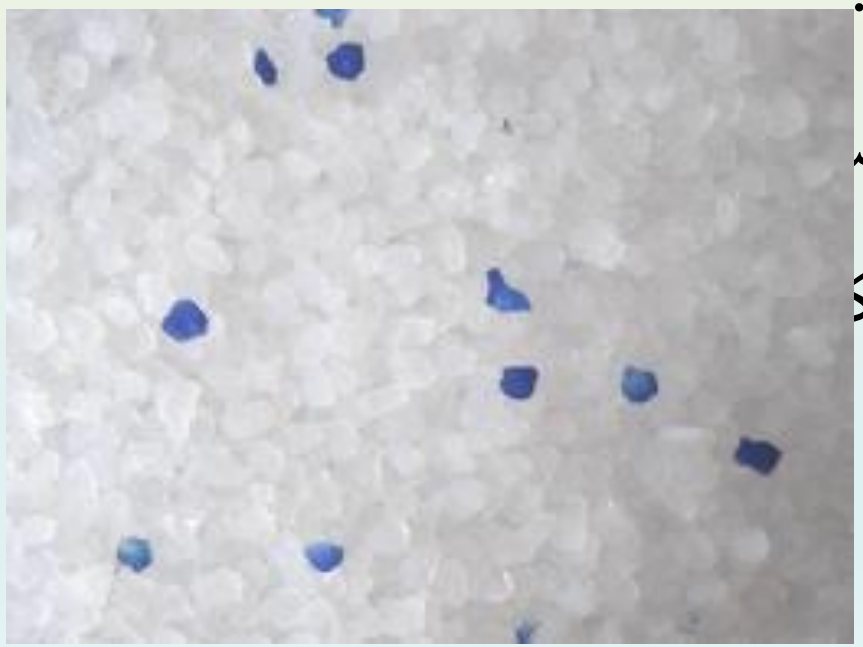
۲– آلومینای فعال

آلومینای فعال از آلومینیوم اکساید ساخته می‌شود و در شکل‌های مختلفی از دانه‌های کوچک ناهموار تا دانه‌های منظم صاف موجود می‌باشد. این جاذب از دسته قطبی‌ها می‌باشد و در میان جاذ

برخی از پرکاربردترین جاذب ها:

۳- سیلیکاژل

سیلیکاژل یا اکسید سیلیسیوم یک جسم پرمنفذ گرانول بوده، از واکنش شیمیایی بین سیلیکات سدیم (شیشه مایع) و اسید سولفوریک ساخته می شود. این جاذب هم از دسته قطبی‌ها است.



سیلیکاژل از نظر ساختاری بدون شکل اس

های کریستال به نظر می آید. سیلیکاژل یک

سمی می باشد .

برخی از پرکاربردترین جاذب ها:

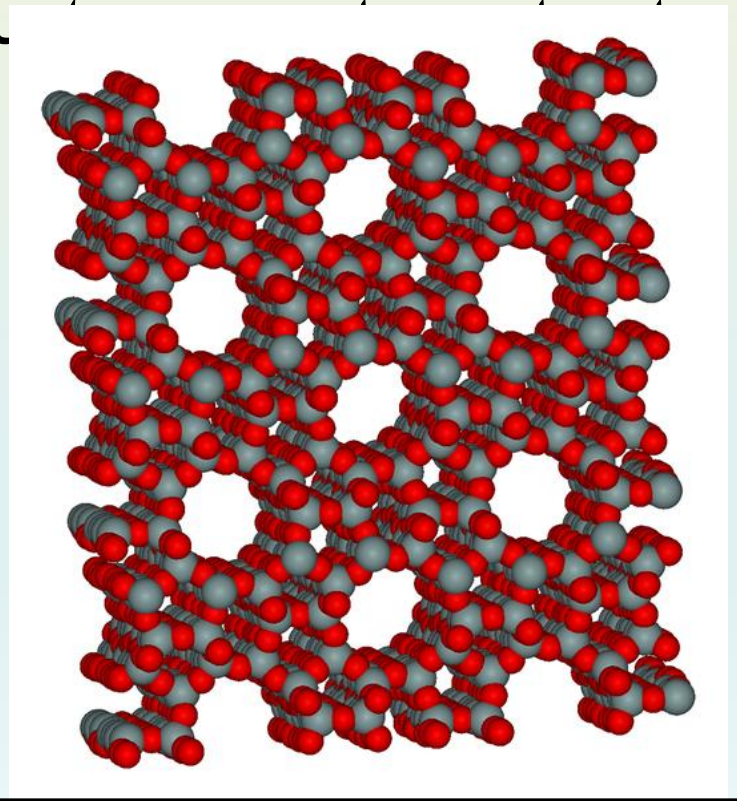
۴- مولکولارسیوها یا الک های مولکولی

مولکولارسیوها از لحاظ شیمیایی شبیه به آلومیناها می‌باشند و دارای حفره-هایی یکسان هستند در حالی که آلومیناها دارای حفره‌هایی با اندازه و شکل متفاوت هستند.

برخی از پرکاربردترین جاذب ها:

۵- زئولیتها

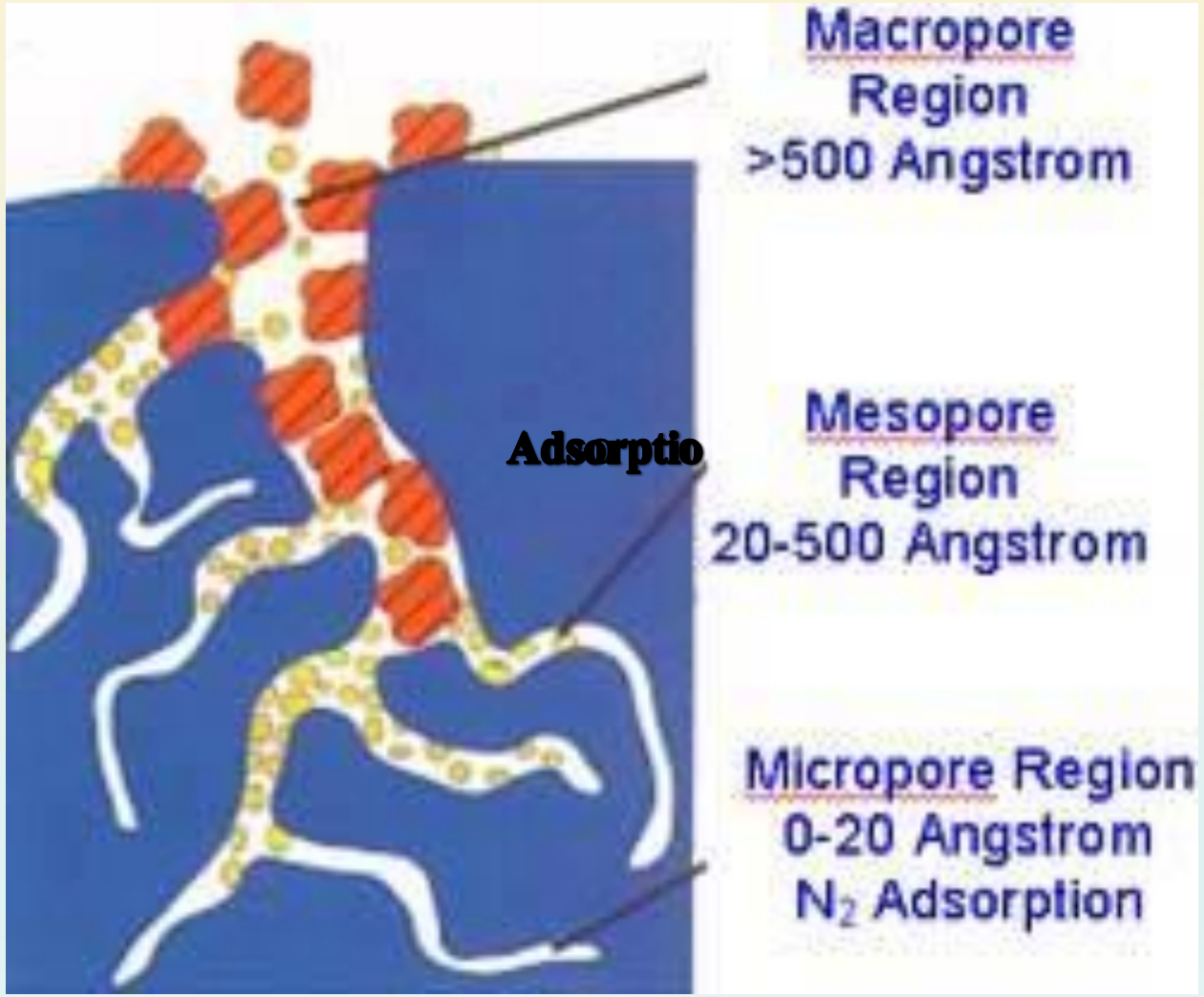
از سیلیکات‌های آبدار نوع داربستی شمرده می‌شوند و به صورت شبکه کریستالی شامل اکسیژن و آلومینیوم یا سیلیس هستند که به صورت



انواع سیستمهای جذب

1. پیمانه ای (Slurry)
2. ستونی (Column)

- در آزمایش‌های پیمانه‌ای جاذب به صورت پودر است، با محلول مخلوط شده و پس از انجام عمل جذب، جاذب فیلتر می‌شود. مزایای آن عبارتند از: ۱- استفاده از مقدار دلخواه جاذب برای رسیدن به غلظت مورد نظر، ۲- جذب به صورت انتخابی است، ۳- سرمایه گذاری اولیه کمتر است. ۴- به شیوه های مختلف قابل اجرا هستند.
- سیستم‌های پیمانه‌ای بسیار ساده هستند و در مقیاس تجاری و بزرگ اجرا نمی‌شوند. از این روش بیشتر برای ایده گرفتن از اطلاعات جذب جهت طراحی‌های دیگر استفاده می‌شود.
- در آزمایش‌های ستونی سیال با جاذب درون یک ستون تماس دارند و جاذب به صورت گرانول است. یک عیب سیستم‌های ستونی این است که اگر سیال ورودی دارای مواد معلق زیادی باشد، باعث ایجاد انسداد در ستون و افت فشار می‌شود.


Macropore
Region
>500 Angstrom
Adsorptio
Mesopore
Region
20-500 Angstrom
Micropore Region
0-20 Angstrom
N_2 Adsorption

تبخیرکننده ها و

تغلیظ کننده ها

- **تبخیر کننده:** یک مبدل حرارتی که در آن با اعمال حرارت به سیال بخشی از آن تبخیر میگردد تا محصولی غلیظ تر از خوراک ورودی حاصل شود.

- در بیشتر موارد حلال مورد نظر جهت تبخیر، آب است.

محلول غلیظ حاصل ← محصول و بخش با ارزش

حلال تبخیرشده ← ارزش چندانی در مقابل محلول غلیظ ندارد

- **کاربرد**

صنایع شیمیایی: تهیه سود سوزآور، نمک طعام و شکر

صنایع غذایی: تهیه انواع شربت های غلیظ از محلول اولیه رقیق

انواع تجهیزات تبخیرکننده

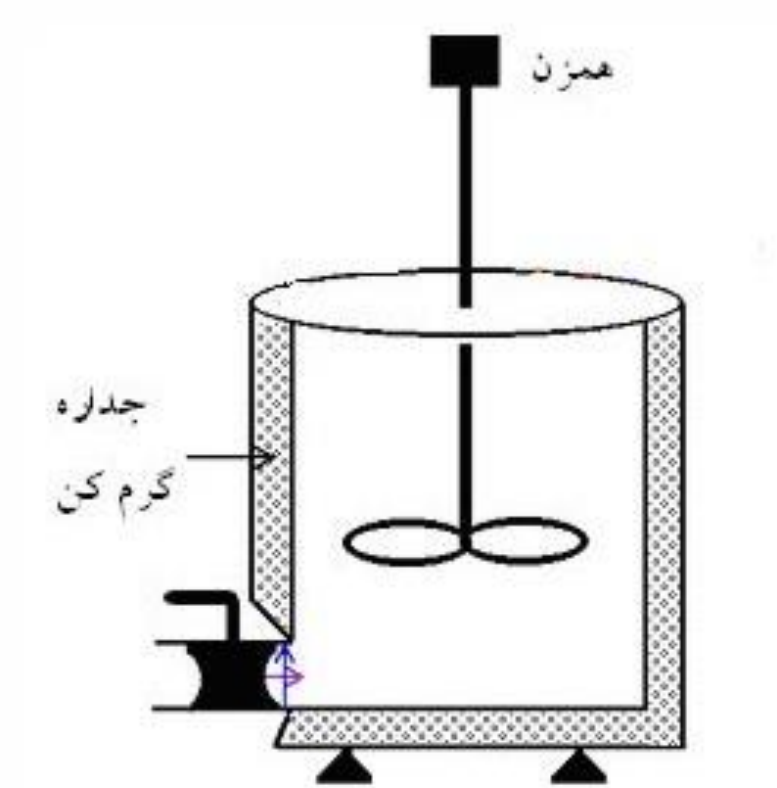
دو دسته عمده دستگاه های تبخیر:

- تبخیرکننده های با جریان چرخشی طبیعی
- تبخیرکننده های با جریان چرخشی اجباری

و یا تقسیم بندی دیگر تبخیرکننده ها:

- تبخیرکننده های دو جداره
- تبخیرکننده های لوله ای
- تبخیرکننده های صفحه ای

تبخیرکننده های دو جداره



- معمولا مجهز به همزن
- از بخار برای گرمایش استفاده می شود
- به کمک سیستم خلا، در فشار پایین محلول شروع به جوشیدن می کند.
- مناسب برای مواد حساس به دما

تبخیرکننده های صفحه ای

- تبخیرکننده های صفحه ای از تعداد زیادی صفحات عمودی تشکیل شده اند که در فاصله باریک بین صفحات، محلول مورد نظر و سیال گرمایش بصورت یک در میان جریان دارد.

مزایا:

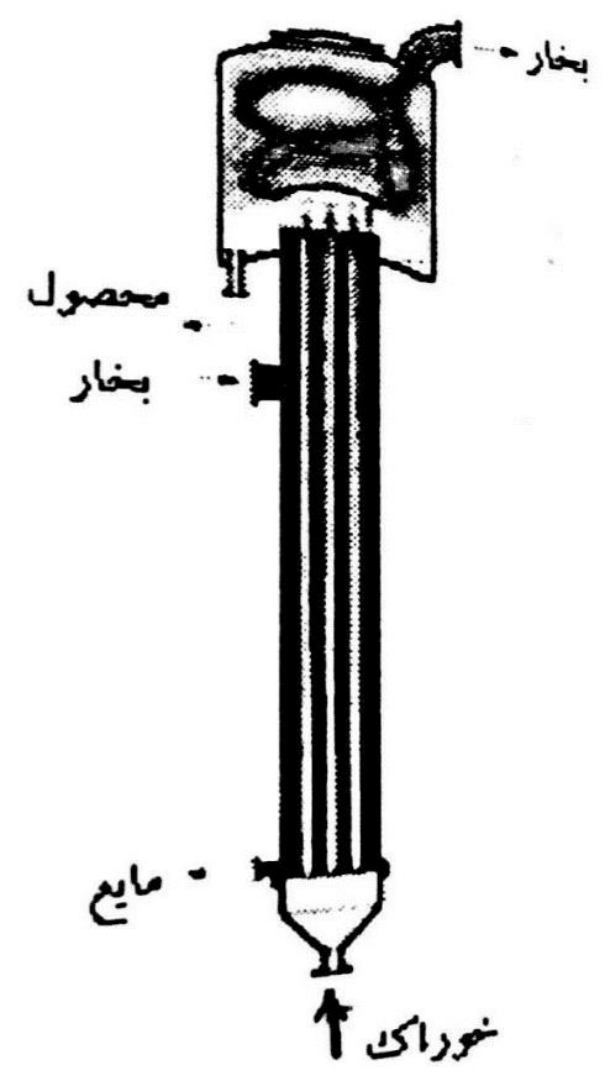
- بالا بودن سطح انتقال حرارت نسبت به حجم آن
- سهولت شستشوی دستگاه

تبخیرکننده های لوله ای

- در تبخیرکننده لوله ای محلول در لوله و سیال گرم در پوسته در جریان اند یا بالعکس.
- سیال ها بطور مداوم وارد دستگاه ها شده و بصورت هم جهت یا غیر هم جهت حرکت می کنند.
- در تبخیرکننده لوله ای در محل خروج محلول محفظه ای است که بخار و محصول غلیظ از یکدیگر تفکیک می گردند (تفکیک کننده).

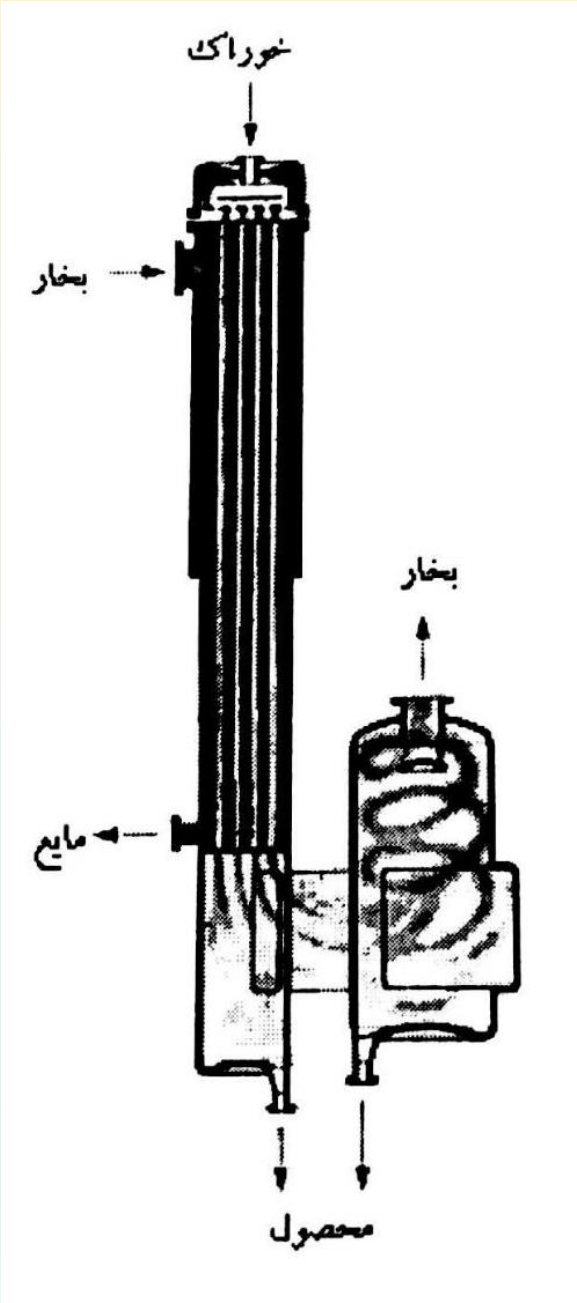
انواع تبخیرکننده های لوله ای

- الف) تبخیرکننده لوله ای با لوله های بلند و جریان رو به بالا



انواع تبخیرکننده های لوله ای

- ب) تبخیرکننده لوله ای با لوله های بلند و جریان رو به پایین



انواع تبخیرکننده های لوله ای

مهمترین تفاوت: در زمان رسیدن به محصول

مزایای جریان روبه پایین

- کم بودن زمان ماند محصول در دستگاه
- بالا بودن میزان انتقال حرارت
- قیمت کم
- حجم کوچک نسبت به سطح حرارتی
- نگهداری و تعمیرات آسان
- کم هزینه بودن

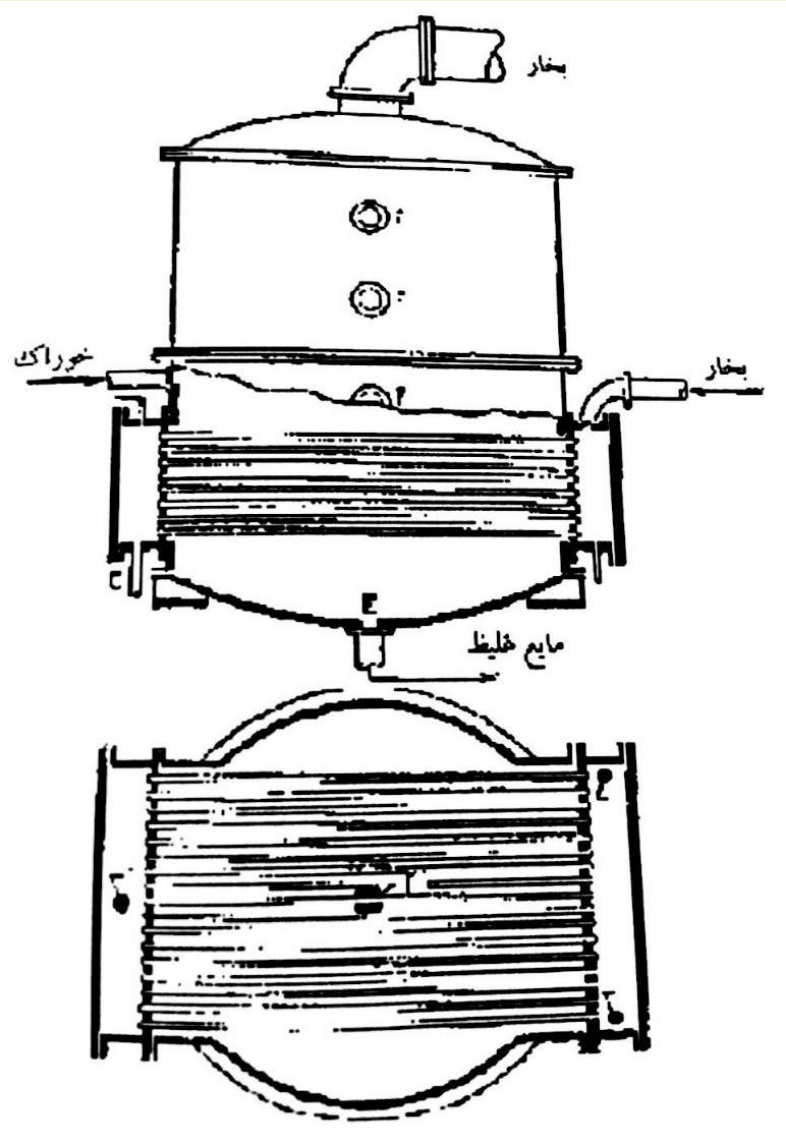
معایب:

ارتفاع بلند

مناسب نبودن برای

مواد رسوب زا

تبخیرکننده های لوله های افقی



- از قدیمی ترین نوع تغلیظ کننده های تبخیری،
- کاربرد وسیعی در صنایع شیمیایی دارند.
- دارای اتاقک استوانه ای با لوله های افقی حاوی بخار داغ می باشند.
- در برخی از این نوع، خوراک روی لوله های افقی حاوی بخار پاشیده می شوند و تبخیر صورت می گیرد.

- معمولا برای تولید آب مقطر استفاده می شود.
- در صنایع کاغذ و داروسازی از تبخیرکننده با لوله های افقی استفاده می کنند.
- بخار از بالا و محصول غلیظ از پائین دستگاه خارج می شود.

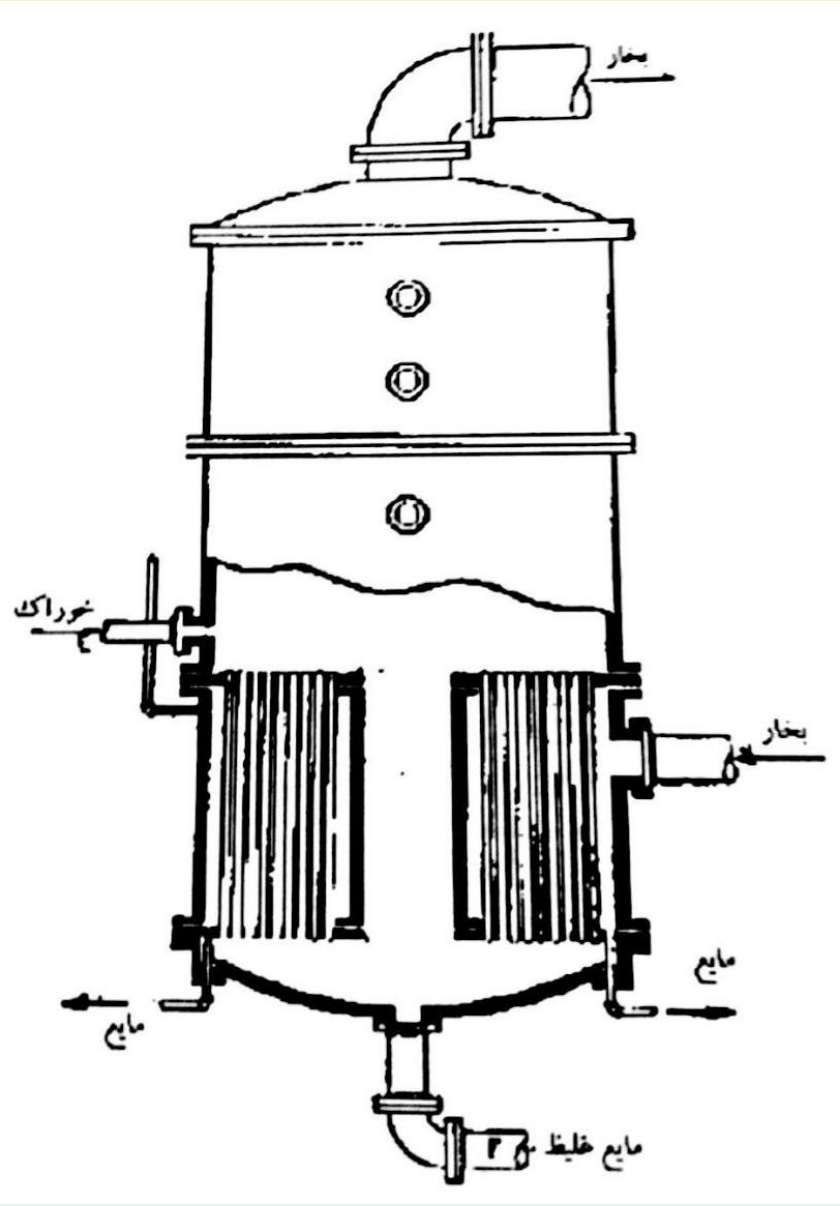
مزایا:

- عدم نیاز به فضای زیاد، هزینه نسبتا کم

معایب

- نامناسب بودن برای مایعات رسوب زا،
- ظرفیت کم نسبت به سایر تبخیرکننده ها و
- مشکل توزیع مناسب مایع در آن

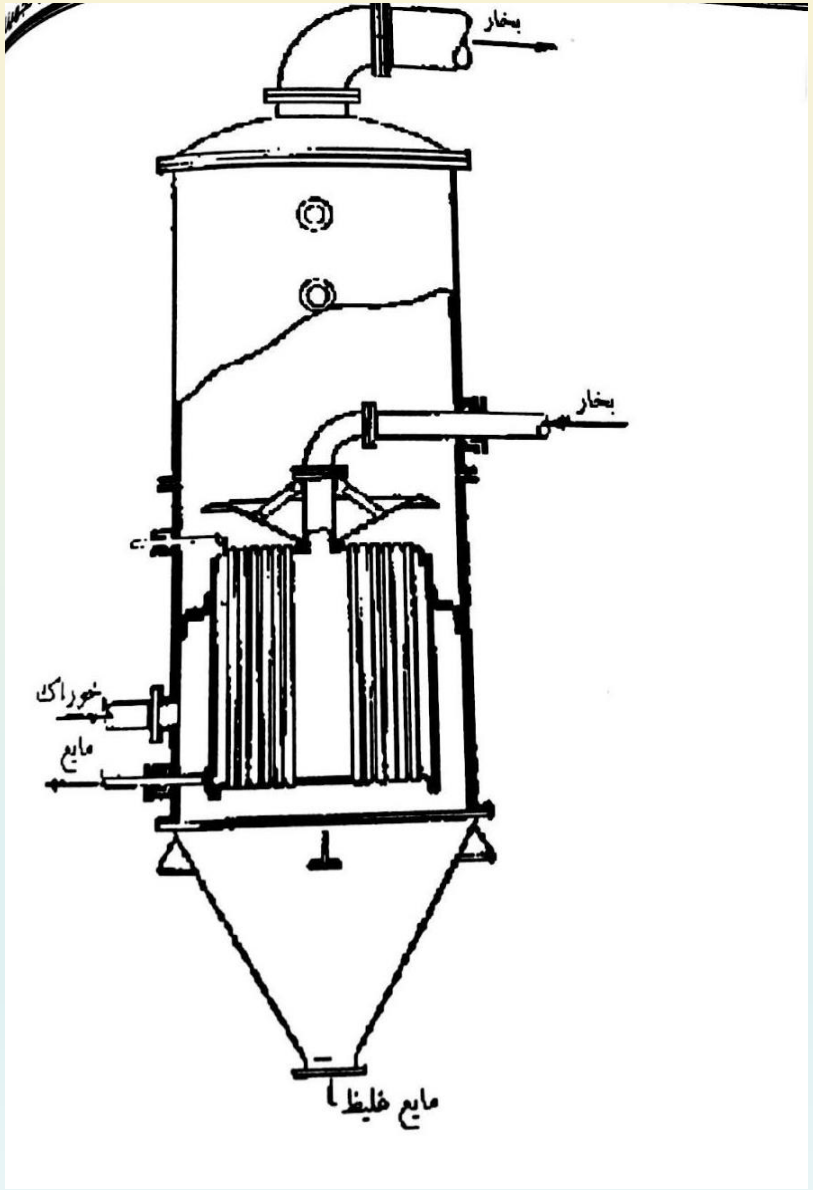
تغلیظ کننده های تبخیری با حلقه لوله های عمودی کوتاه



- تغلیظ کننده شامل یک دسته لوله کوتاه عمودی است که ارتفاع بیش از دو متر ندارند.
- بخار آب در خارج از لوله و در درون پوسته جریان دارد.
- کاربرد زیادی در صنایع شیمیایی دارد.

- **<u>مزایا:</u>**
- بالا بودن ضریب انتقال حرارت در اختلاف دمای بالا، آسانی رسوب زدایی، قیمت نسبتا کم
- **معایب:**
- پایین بودن ضریب انتقال حرارت در اختلاف دمای کم، ماندگی زیاد مایع، نیاز به فضای بزرگ

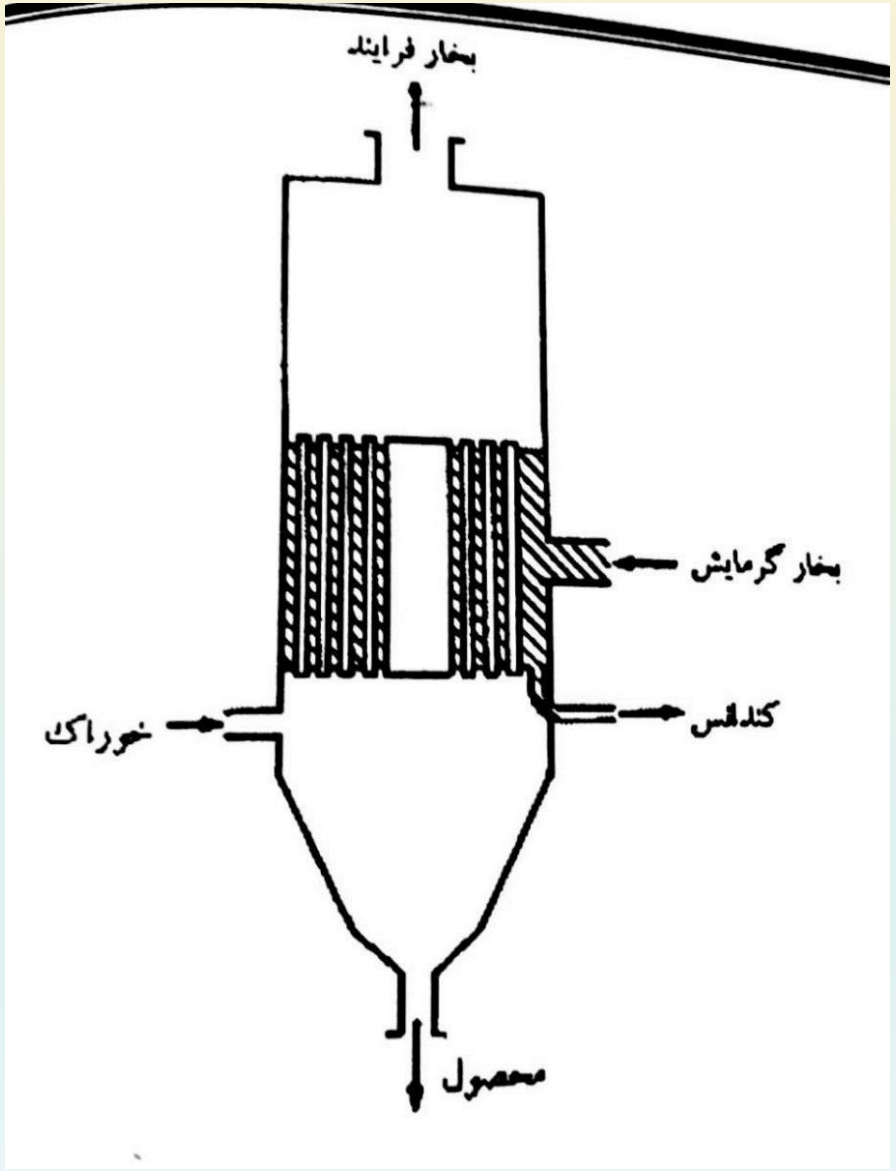
تغلیظ کننده تبخیری سبدی



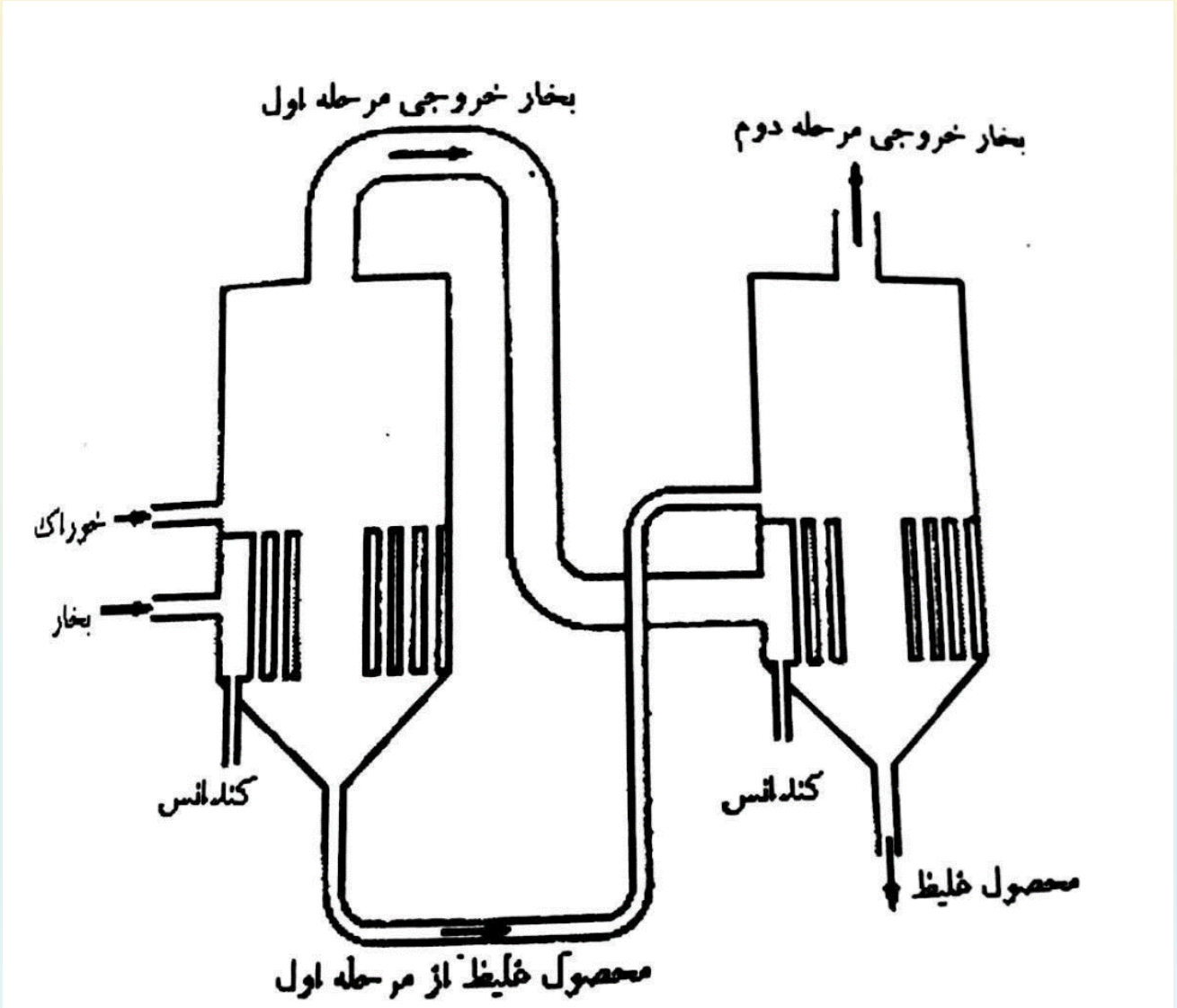
- شبیه تغلیظ کننده های تبخیری با حلقه لوله های عمودی کوتاه هستند اما دسته لوله ها براحتی قابل برداشت و تمیزکاری هستند.

- قابل استفاده برای مایعات رسوب زا
- برای مواردی که رسوب زایی زیاد و ویسکوزیته بالا باشد توصیه نمی شود.

تبخیرکننده های یک مرحله ای



تبخیرکننده های چند مرحله ای



خشک کن ها

- **خشک کن ها:** دستگاه هایی هستند که عمل خشک کردن در آن ها از طریق اعمال انرژی حرارتی صورت می گیرد.

دسته بندی خشک کن ها

در صنایع انواع مختلف و متعددی از خشک کن ها وجود دارد. این تنوع بدلیل کثرت فاکتورهایی است که هنگام خشک کردن یک جامد مهم است.

⇦ برخی جامدات به دما حساسند

⇦ برخی موارد مایع فرار، سمی یا قابل اشتعال بوده

⇦ در برخی صنایع ضرورت دارد جامد مدت زمان اندکی در معرض حرارت باشدو

⇦ .....

خشک کن ها بر اساس نوع فرآیند، نوع عملیات یا شرایط خوراک دسته بندی می شوند.

دسته بندی خشک کن ها بر اساس نوع فرآیند

الف) خشک کن های مداوم

ب) خشک کن های غیر مداوم

خشک کن های غیرمداوم بر اساس مکانیزم انتقال حرارت:

- خشک کن های با مکانیزم انتقال حرارت جابجایی
- خشک کن های با مکانیزم انتقال حرارت هدایتی

دسته بندی خشک کن ها بر اساس نوع عملیات

در خشک کن ها انتقال حرارت به ماده مرطوب به دو صورت است:

- ماده جامد مستقیما در معرض جریان گاز داغ (معمولا هوا) قرار می گیرد
- گرما از محیط خارجی نظیر بخار آب، آب داغ یا روغن داغ از طریق یک سطح فلزی که جامد با آن در تماس است به ماده مرطوب منتقل می شود. از اینرو خشک کن ها به دو دسته تقسیم می شوند:

- **دسته آدیاباتیک یا مستقیم:** تماس مستقیم ماده مرطوب و گاز داغ
- **دسته غیر آدیاباتیک:** انتقال انرژی حرارتی به جامد از طریق جدار فلزی

دسته بندی خشک کن ها بر اساس نوع دستگاه

دسته بندی خشک کن ها بر اساس ساختار فیزیکی و اجزای داخلی:

۱- خشک کن های سینی دار

۲- خشک کن های دوار

۳- خشک کن های بستر شناور

۴- خشک کن های بستر بادی

۵- خشک کن های پاشنده

۶- خشک کن های همزن دار

پارامترهای مهم در انتخاب نوع خشک کن ها:

الف) روش فرآیند: مداوم یا غیر مداوم بودن عملیات

ب) روش اعمال حرارت: اعمال حرارت مستقیم یا غیرمستقیم به ماده

ج) طبیعت ماده خشک شونده: سخت مثل چوب، نرم مثل پارچه و کاغذ، دانه ای شکل مثل مواد کریستالیو یا غلیظ مثل خمیر کاغذ

معرفی برخی از انواع خشک کن ها :

خشک کن های ناپیوسته

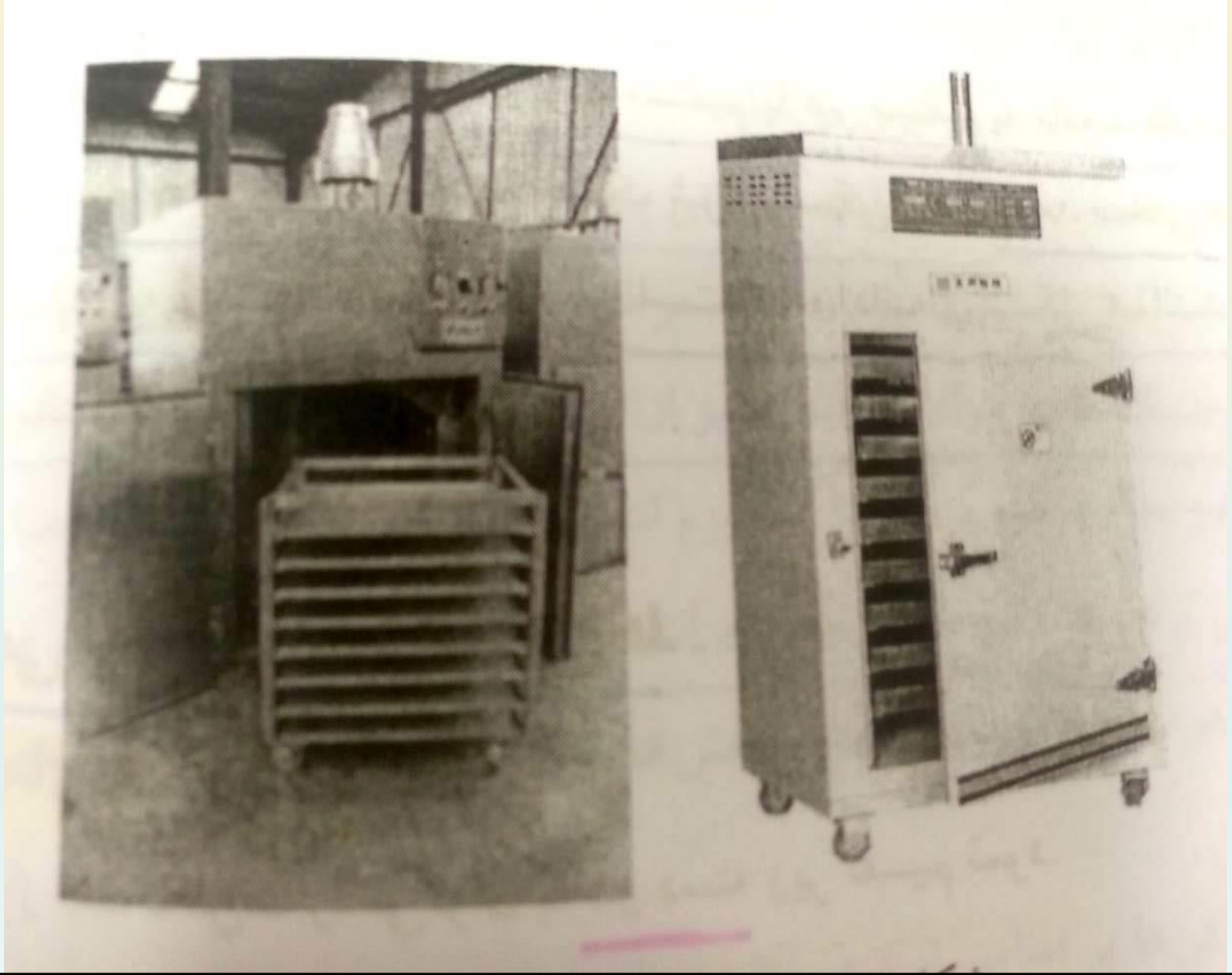
۱) خشک کن های مستقیم

۲) خشک کن های غیرمستقیم

۱) خشک کن های مستقیم: ساختمان آن ها به طبیعت مواد خشک شونده بستگی دارد.

- خشک کن های سینی دار (کابینی یا قفسه ای)

➢ خشک کن های سینی دار (کابینی یا قفسه ای)



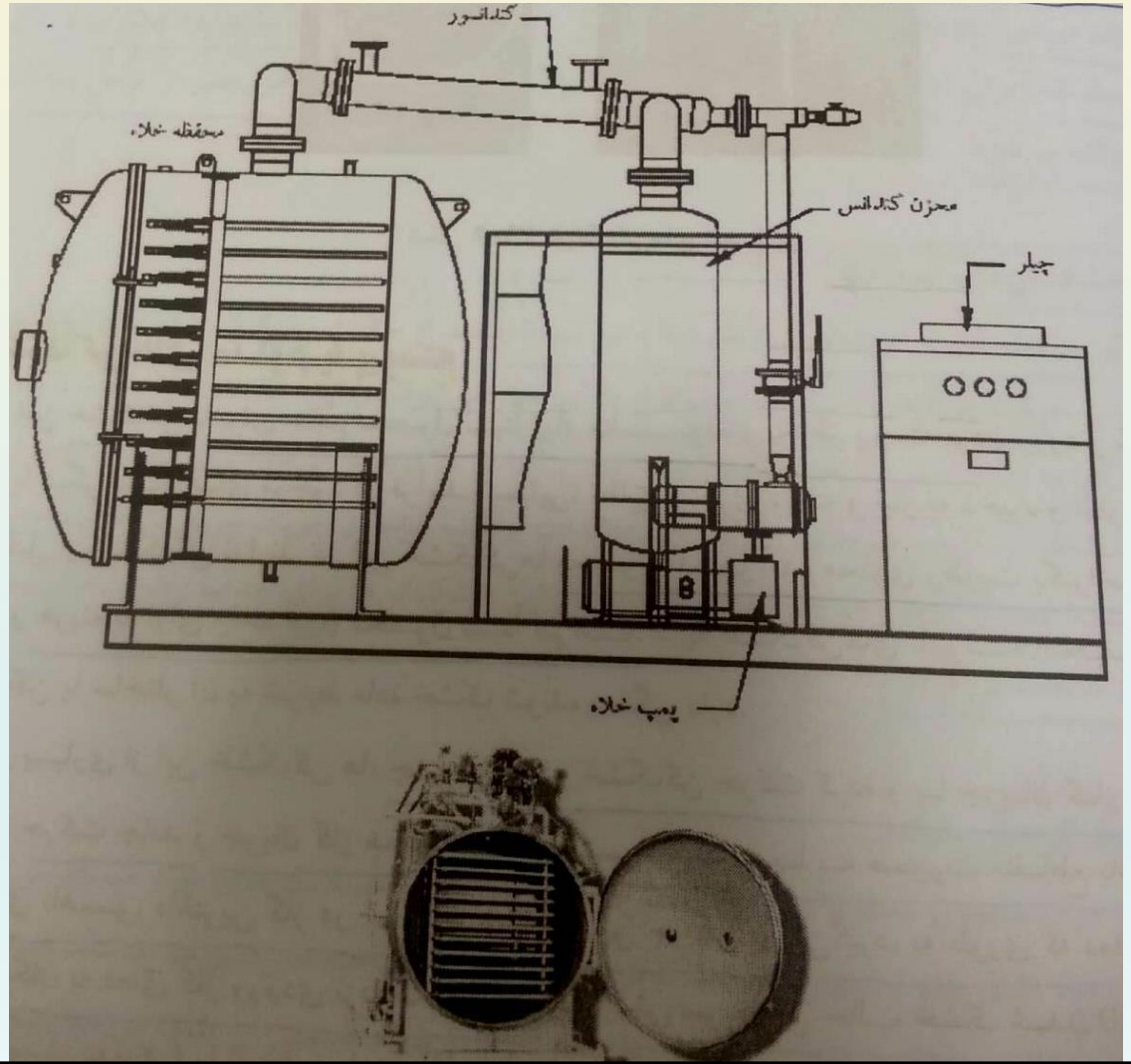
➢ خشک کن های سینی دار (کابینی یا قفسه ای)

- مشکل عمده این نوع خشک کن ها: ناهمگونی میزان رطوبت در محصول نهایی خروجی از آن که این بدلیل عدم یکنواختی جریان گاز در قسمت های مختلف این خشک کن است

- با برقراری سرعت بالا (۳ تا ۴ m/s) در گاز باعث یکنواختی بیشتر میزان رطوبت در نقاط مختلف خشک کن می شود.

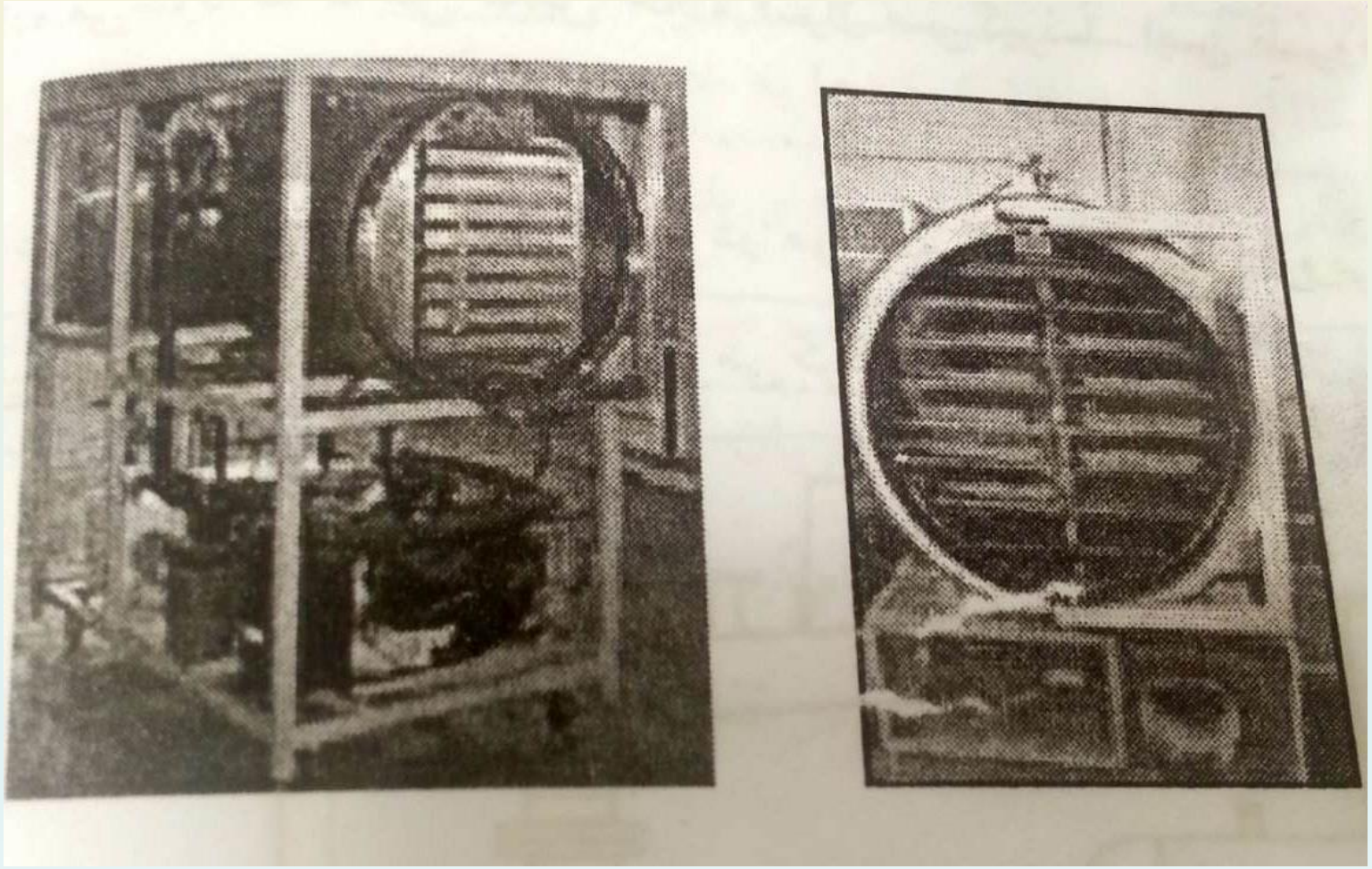
۲) خشک کن های غیر مستقیم

- خشک کن های قفسه ای تحت خلاء



۲) خشک کن های غیر مستقیم

- خشک کن های انجمادی

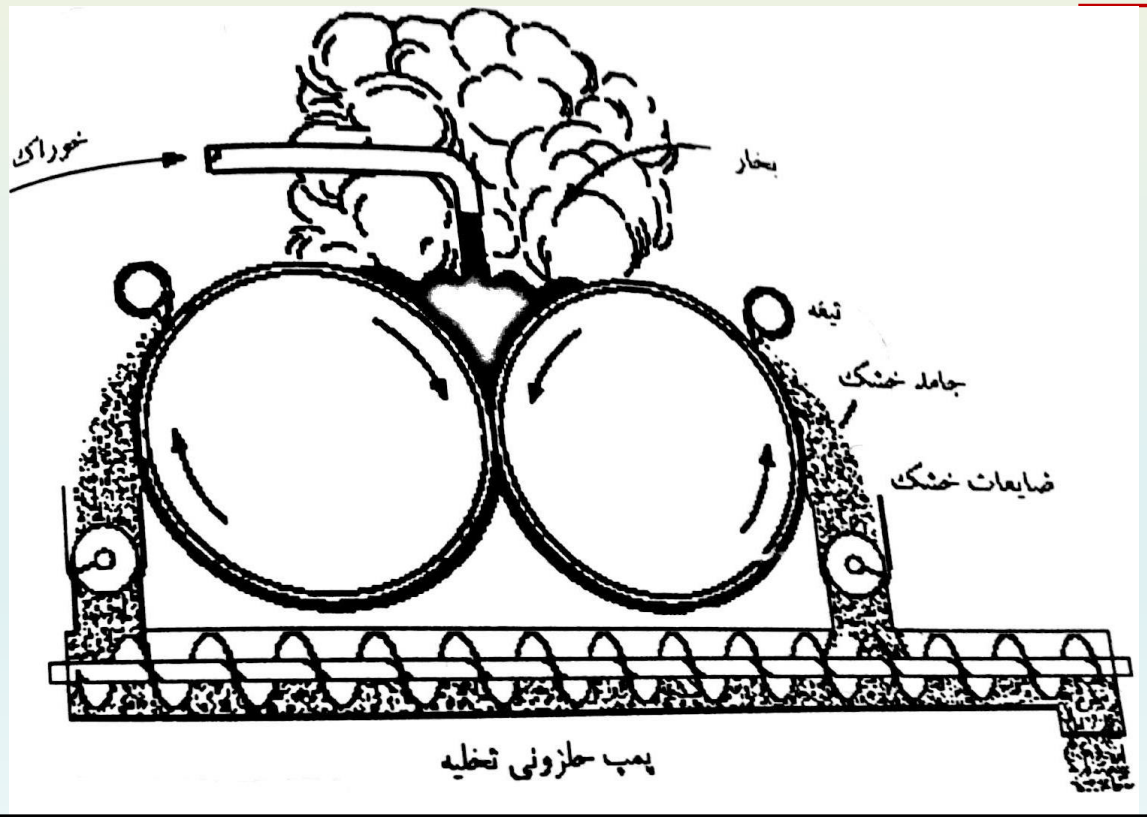


خشک کن های مداوم یا پیوسته

- برای حجم محصول نسبتا زیاد خوب است
- محصول بدست آمده محتوی رطوبت یکنواخت تری دارد
- هزینه به ازای واحد وزن محصول نسبتا کم
- شبیه خشک کن های ناپیوسته: انتخاب نوع خشک کن یا ساختار آن به شرایط ماده خشک بستگی دارد.
- حرکت جامد و جریان گاز: حرکت همسو، ناهمسو و متقاطع

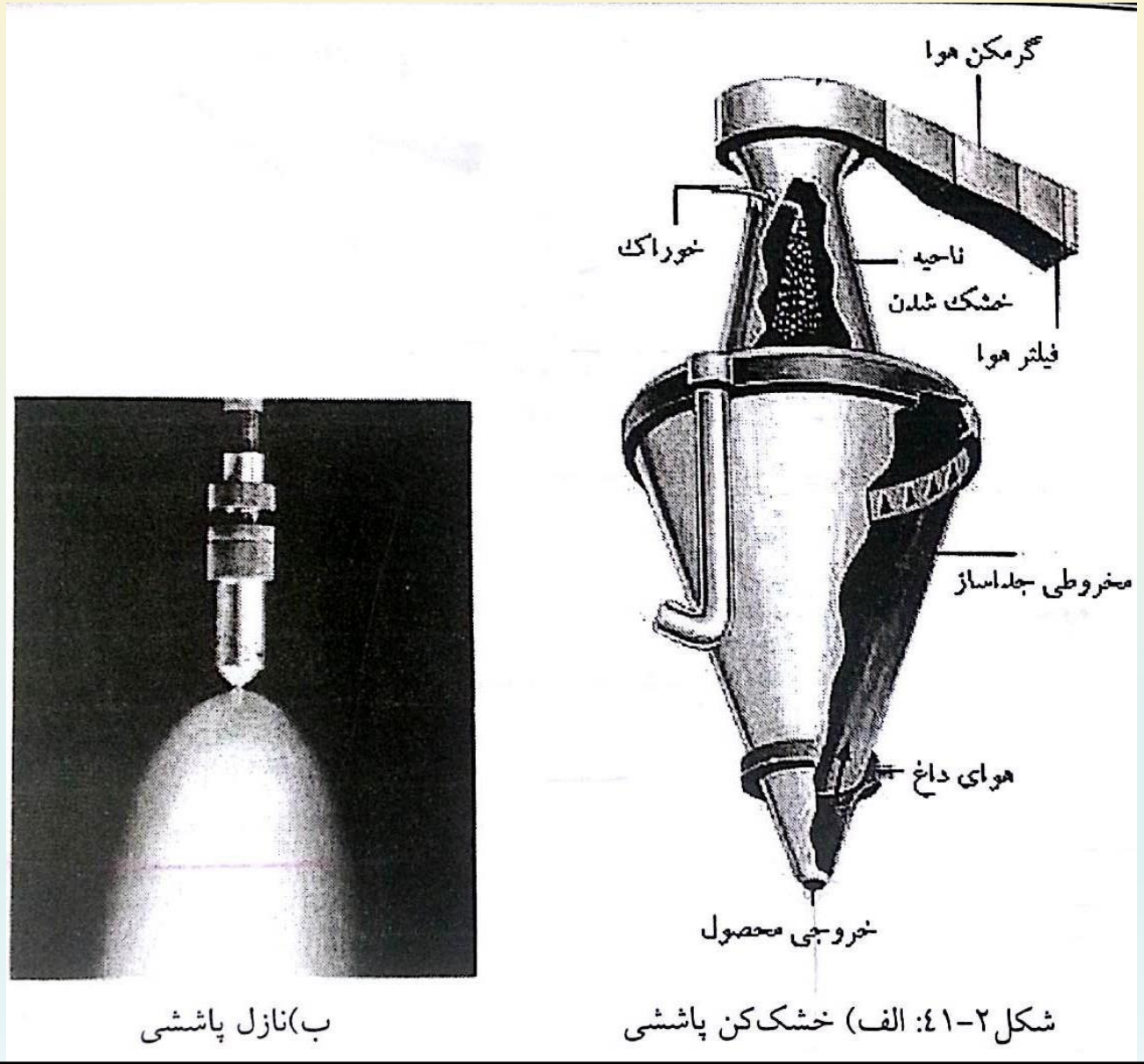
انواع خشک کن های مداوم یا پیوسته

- خشک کن های تونلی
- خشک کن های نیوماتیک
- خشک کن های بشکه ای



انواع خشک کن های مداوم یا پیوسته

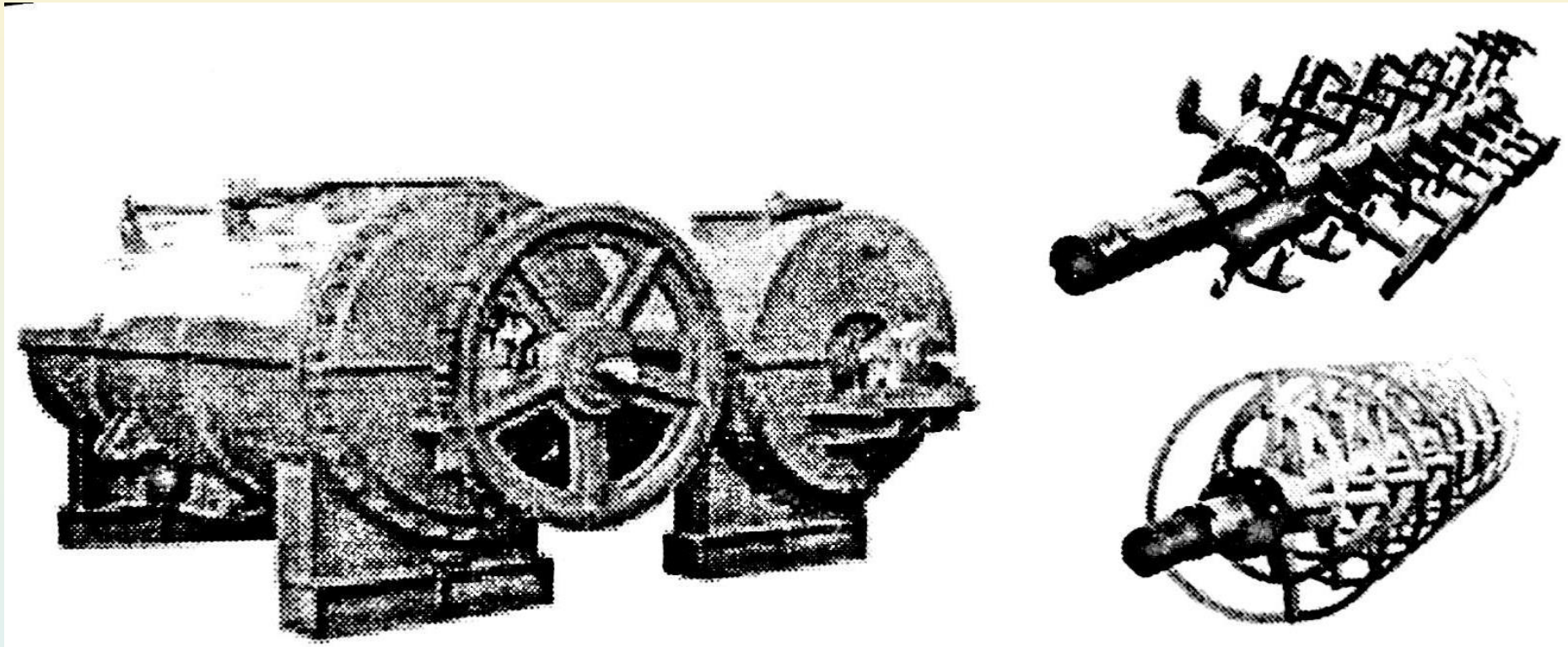
- **خشک کن های پاششی**



شکل۲-٤١: الف) خشک‌کن پاششی

ب)نازل پاششی

خشک کن ناپیوسته مجهز به همزن



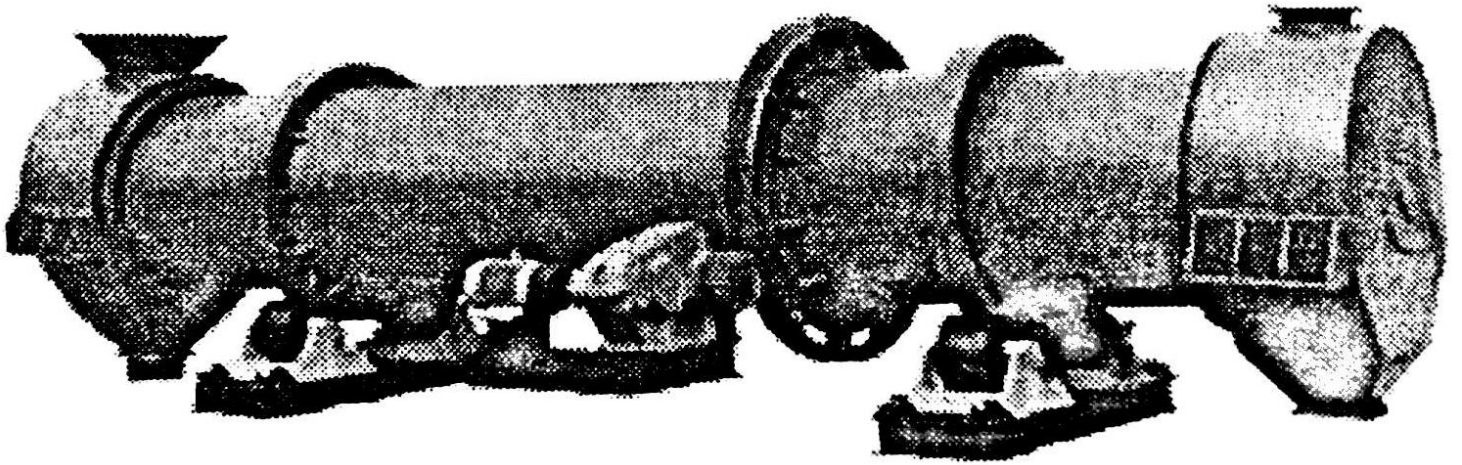
شکل ۲-٤۲: خشک‌کن نا پیوسته همزن دار

خشک کن ناپیوسته مجهز به همزن

به دو گروه تقسیم می شوند:

- **خشک کن پیوسته نوار نقاله ای**

- **خشک کن دوار پیوسته**



شکل ۲-٤۳: خشک‌کن دوار پیوسته

خشک کن ناپیوسته مجهز به همزن

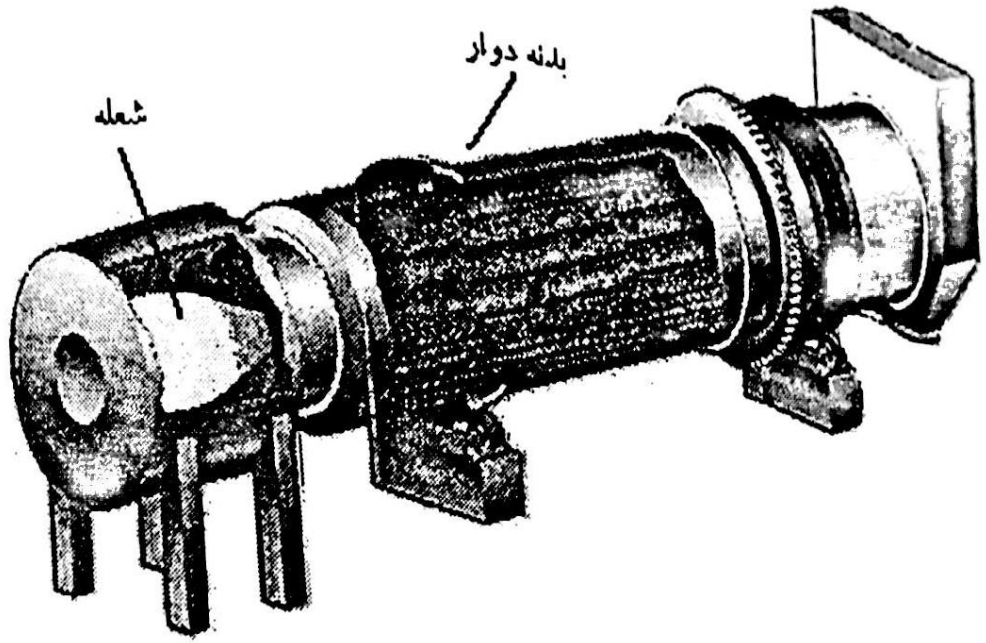
➢ **خشک کن دوار پیوسته:** یکی از پر مصرف ترین خشک کن های مداوم

- طرز کار آسانی دارد.
- برای طیف وسیعی از مواد مناسب است.
- زمان آن معمولا بین ۶۰-۵ دقیقه است.
- از چند صد کیلوگرم تا ۲۰۰ تن ماده را در ساعت خشک می کند.
- موارد استفاده: خشک کردن کودهای شیمیایی: سولفات، نیترات، فسفات آمونیوم، نمک پتاسیم در مقیاس زیاد
- معمولا برای مواد دانه ای مناسب
- برای خشک کردن مواد غلیظ-گلی شکل-خمیری و چسبنده که به کندی خشک می شوند مناسب نیست.

➢ خشک کن های دوار

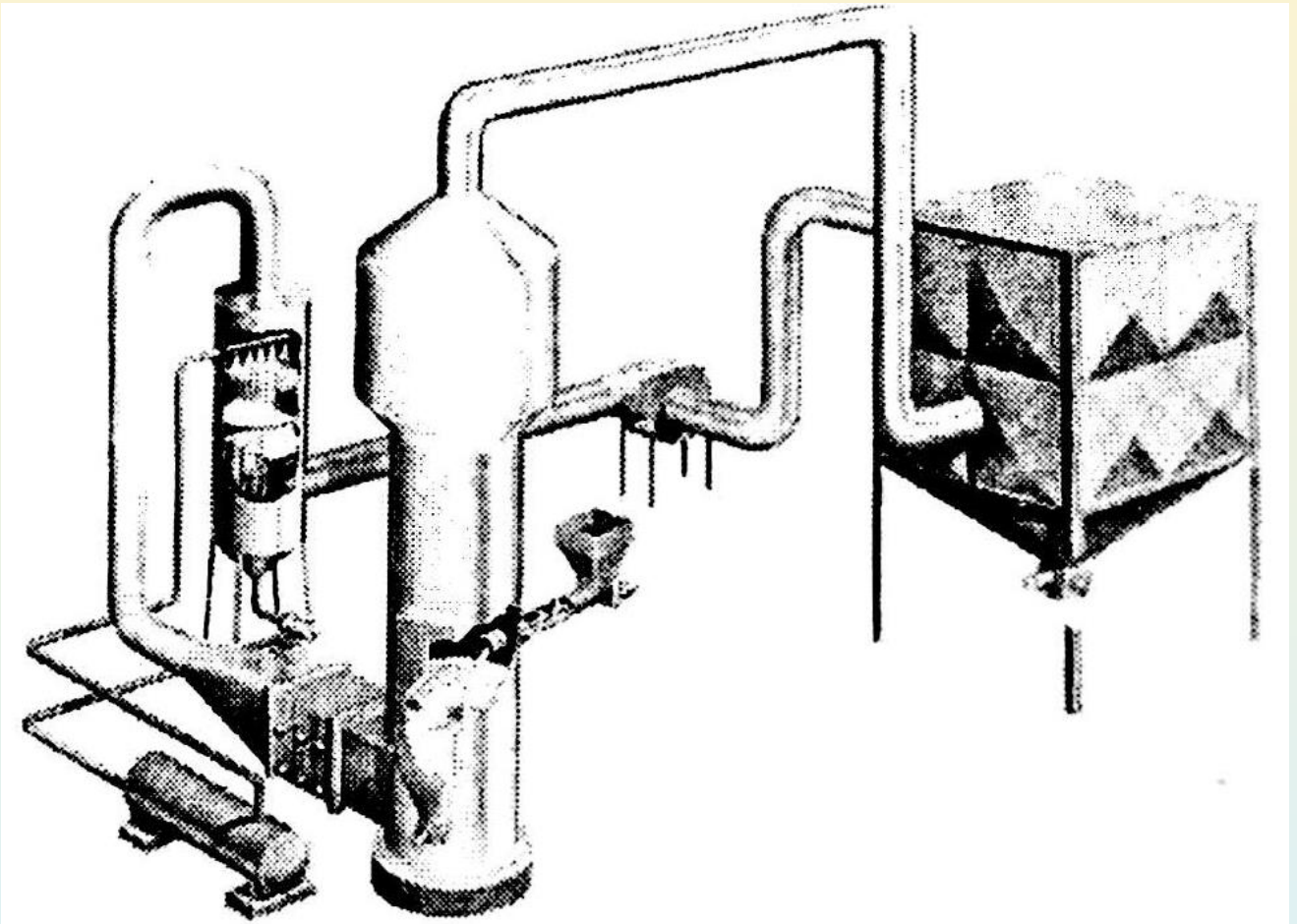
- ❖ نوع مستقیم
- ❖ مستقیم مجهز به کرکره هایی محیطی برای عبور هوای گرم
- ❖ غیرمستقیم

خشک کن دوار مستقیم



شکل ۲-٤٤: خشک‌کن دوار مستقیم

➢ خشک کن بستر شناور



شکل ۲-٤٥: خشک‌کن بستر شناور

مزایای خشک کن بستر شناور

- برای مواد با اندازه ۱۵-۰/۰۵ mm مناسبند.
- مواد از نظر اندازه ذرات همگون باشند و تغییر اندازه ذرات زیادی نداشته باشیم
- این روش برای زدودن گرد و غبار نامطلوب در یک محصول مناسب است
- تماس بین مواد جامد و گاز خشک کننده ذر بستر شناور بهتر از سایر خشک کن هاست.
- زمان اقامت برای خشک شدن با شدت ثابت کم بوده و تخلیه آسان و سریع امکان پذیر است.
- برای مواد حساس به دما مناسب است.
- بطور قابل ملاحظه هزینه کمتر است.
- کنترل مقدار رطوبت ساده تر است.

استخراج مایع–مایع

(Liquid-Liquid extraction)

استخراج جامد–مایع

(Solid-Liquid Extraction)

استخراج مایع-مایع (استخراج با حلال)

کاربردهای استخراج مایع-مایع

۱- جداساری سایر شیوه ها امکان پذیر نیست.

۲- جایگزینی برای برخی فرآیندهای شیمیایی

۳- در مواردی که استفاده از روش های دیگر جداسازی مقرون به صرفه نباشد.

ویژگی های حلال مناسب در فرآیند استخراج از مایع

۱- قدرت گزینش بسیار بالا

۲- نامحلول بودن حلال

۳- قابلیت بازیابی

۴- دانسیته

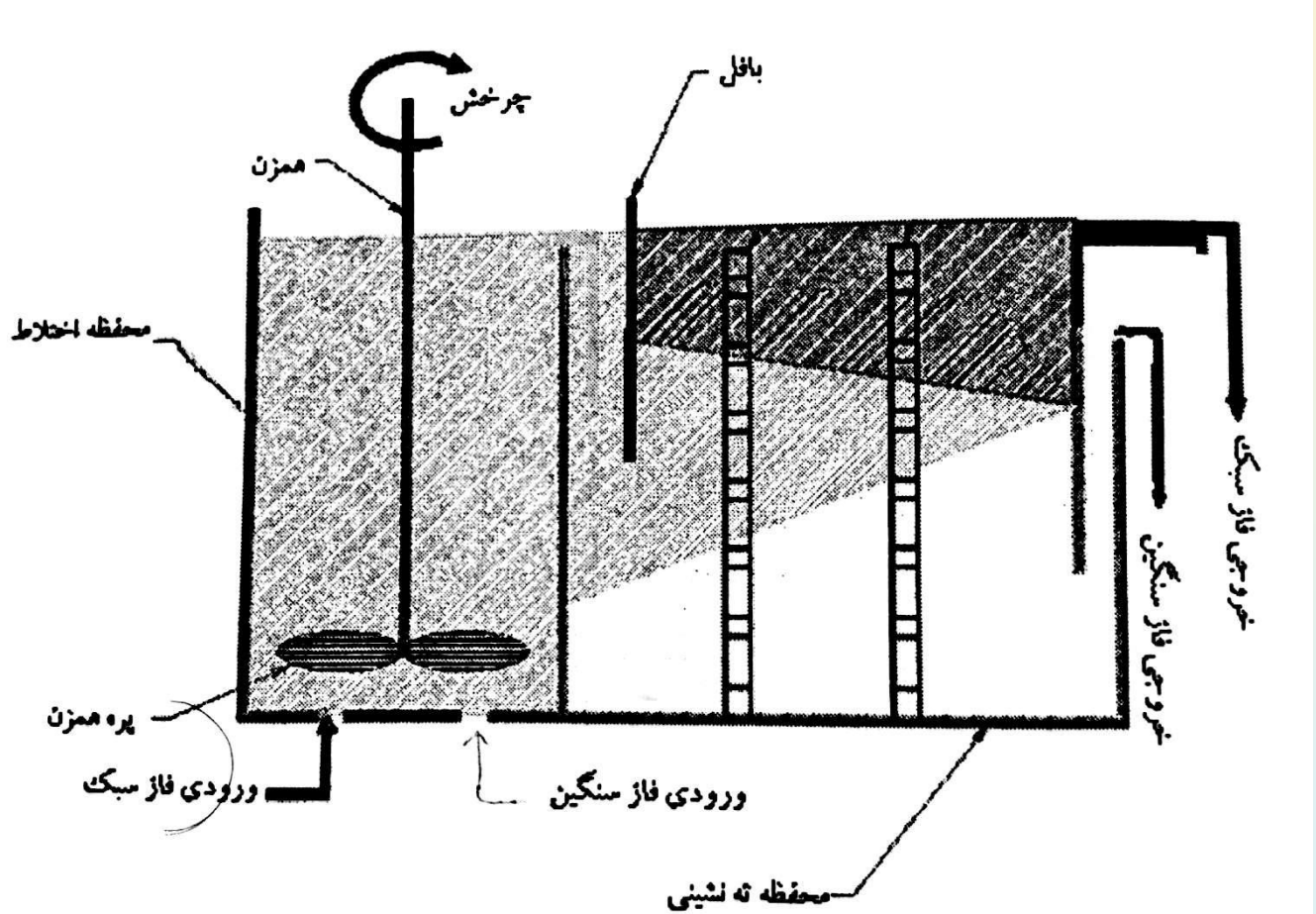
۵- فعالیت شیمیایی

۶-شرایط متفرقه

تجهیزات فرآیند استخراج از مایعات

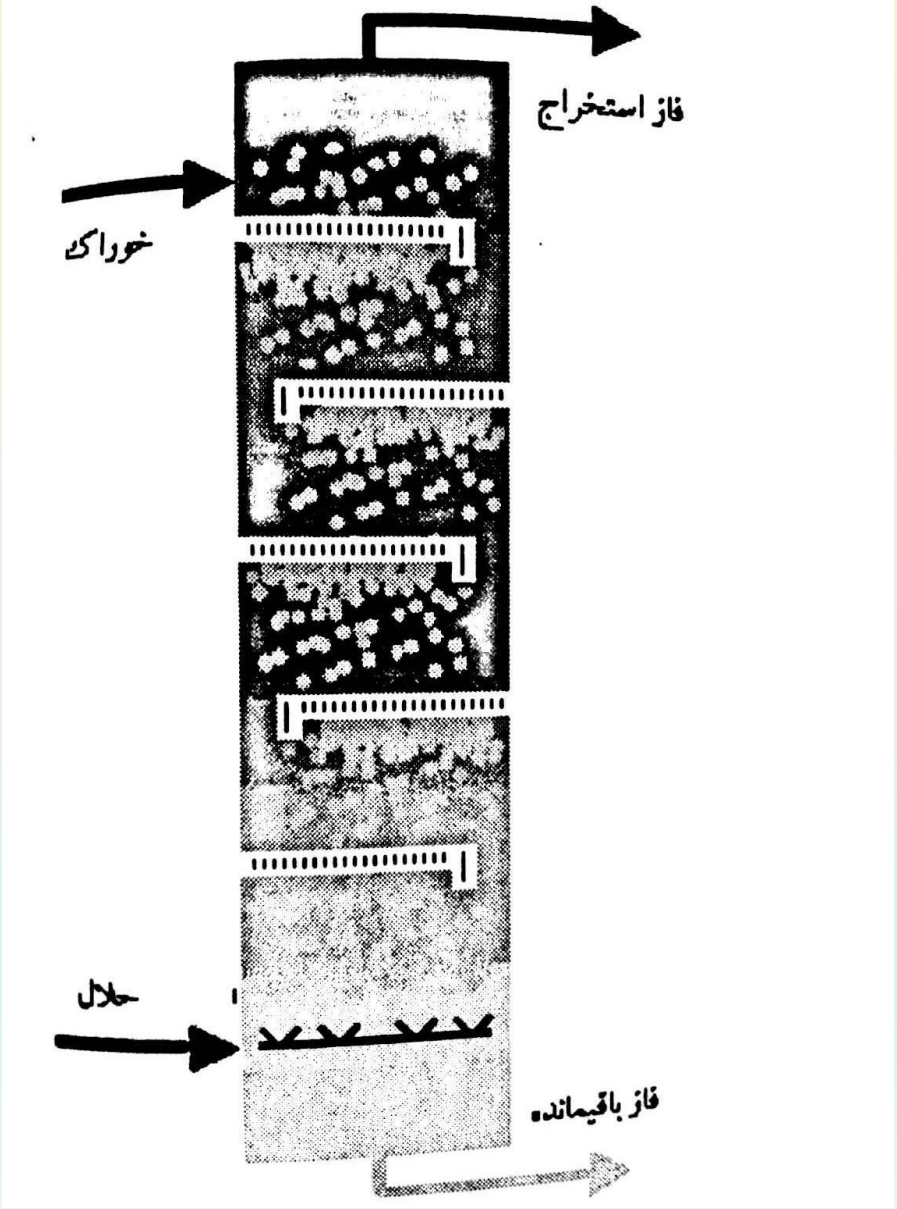
- **استخراج کننده مایع-مایع مرحله ای**
  - مخلوط کننده-ته نشین کننده تک مرحله ای و یا چند مرحله ای
  - برج های سینی دار غربالی چند مرحله ای

دستگاه استخراج مایع-مایع مخلوط کننده-ته نشین کننده

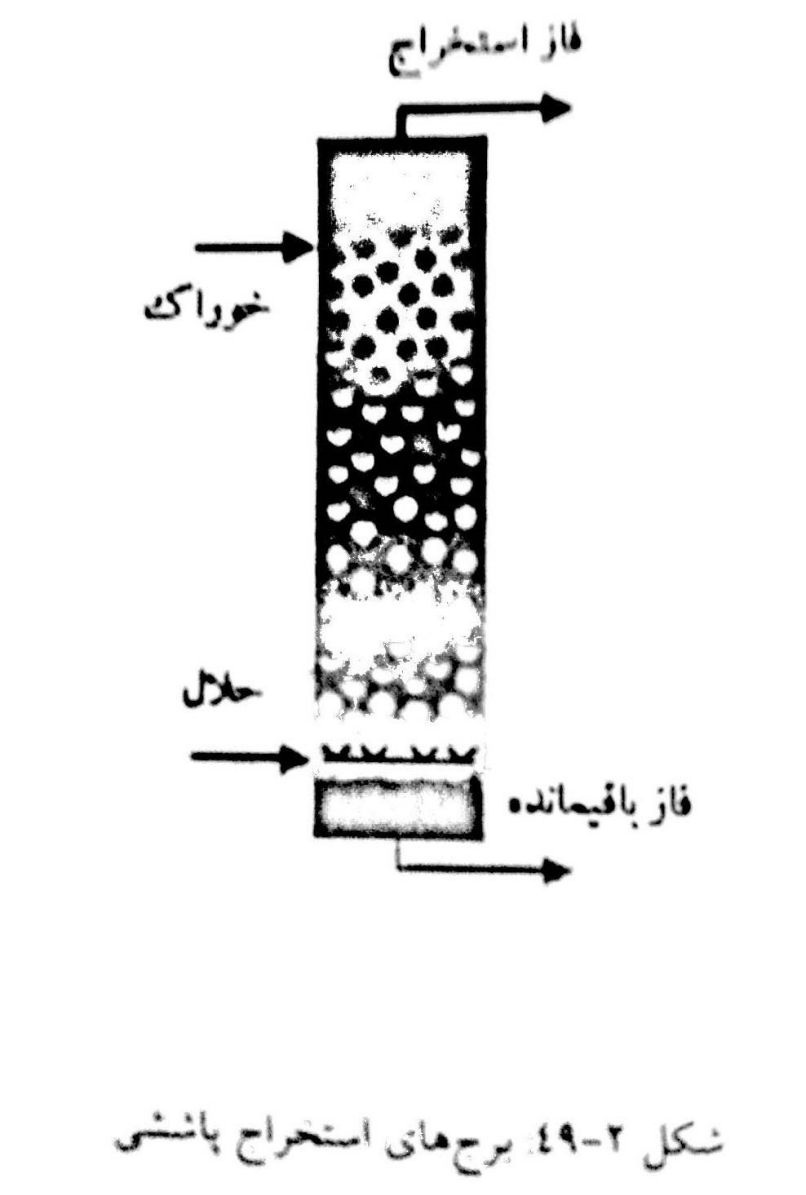


شکل ۲-٤۷: دستگاه مخلوط کننده - ته نشین کننده

برج استخراج مایع-مایع سینی دار غربالی

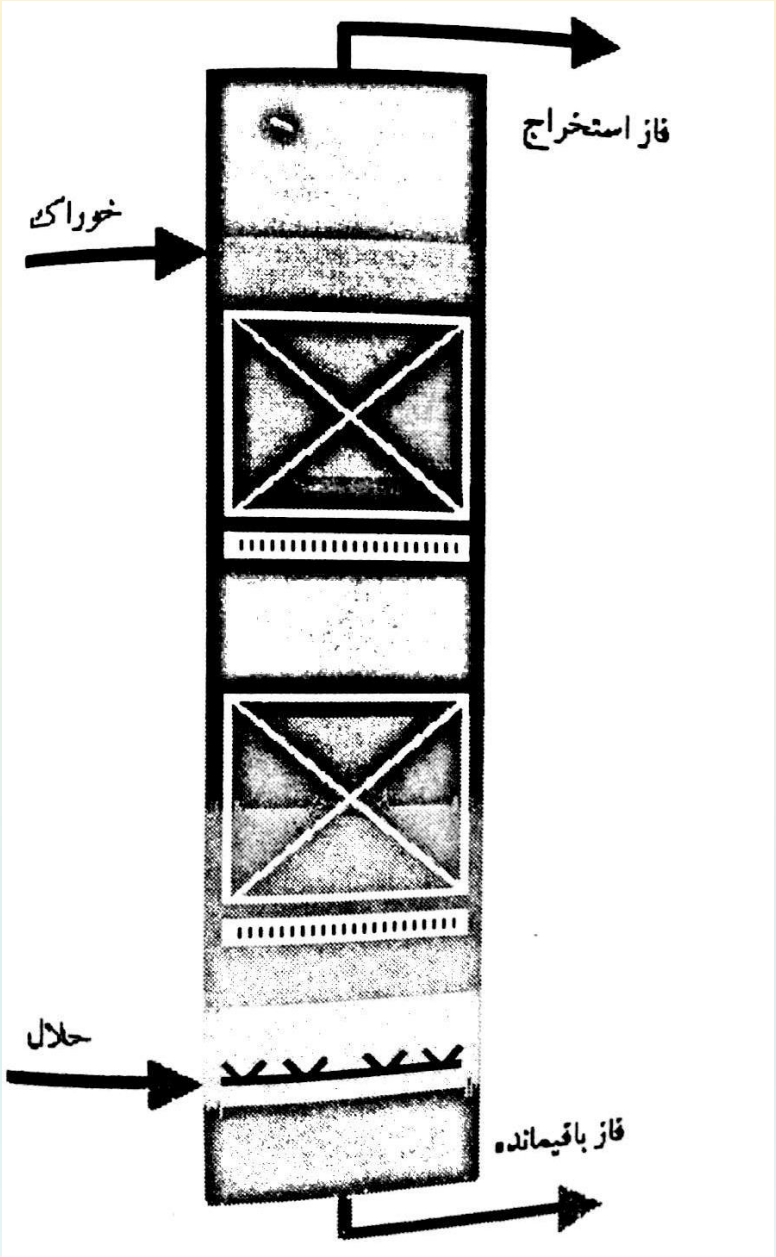


برج استخراج مایع-مایع پاششی

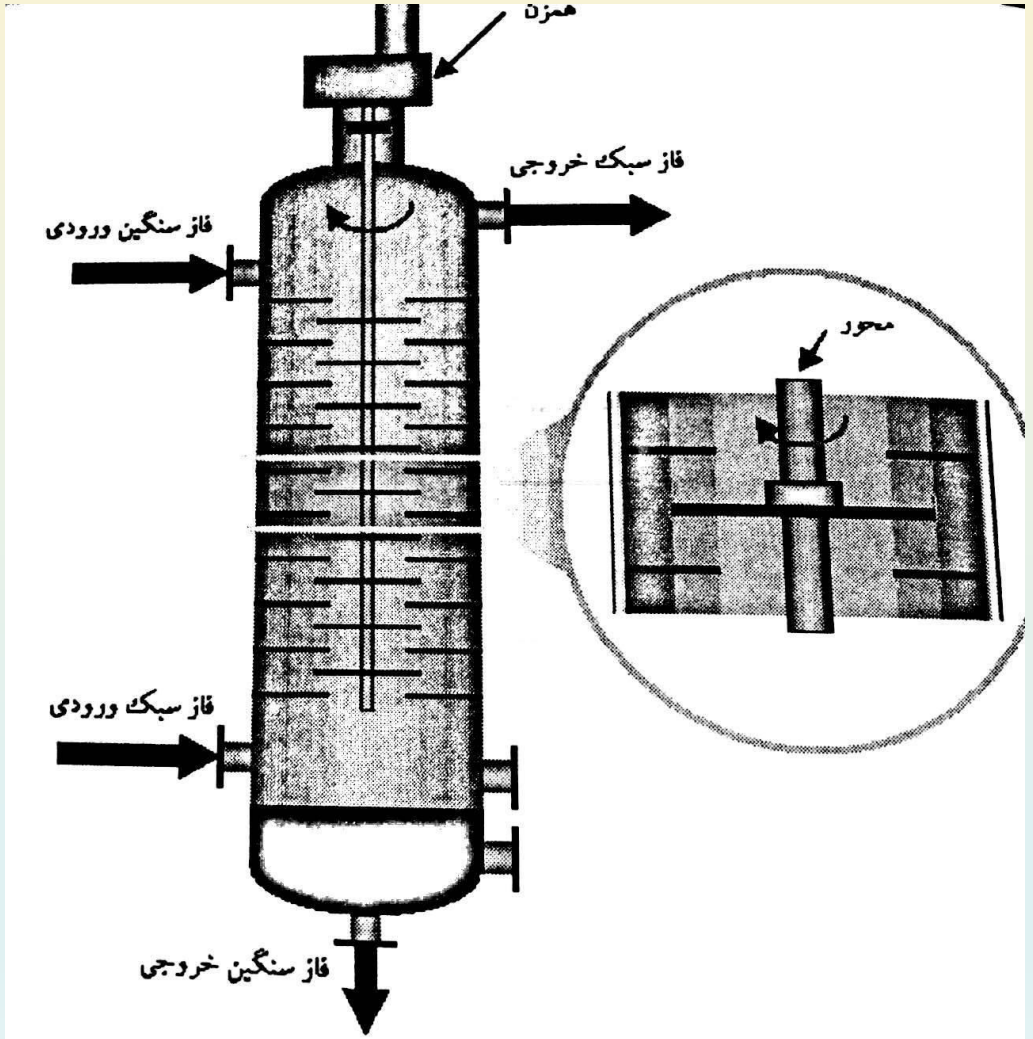


شکل ۲-۴۹ برج‌های استخراج پاششی

برج استخراج مایع-مایع آکنده



استخراج کننده های مایع-مایع با همزن مکانیکی



شکل ۲-۵۱: استخراج کننده‌ای با همزن مکانیکی

استخراج جامد–مایع

(Solid-Liquid Extraction)

- **استخراج جامد-مایع (فرآیند لیچینگ)**
- **ویژگی های عمومی یک حلال مناسب**

۱- داشتن خاصیت گزینشی بالا

۲- جداسازی راحت و کم هزینه حل شونده و حلال از یکدیگر

۳- سمی نبودن حلال

۴- نداشتن قابلیت اشتعال و انفجار در شرایط عملیاتی

۵- بالا نبودن نقطه جوش و فراریت کم حلال

۶- ارزانی

- **عوامل موثر در استخراج جامد-مایع**

۱- آماده سازی جامد مانند خردکردن نمونه

۲- آماده سازی جامد مانند خشک کردن نمونه

۳- درجه حرارت

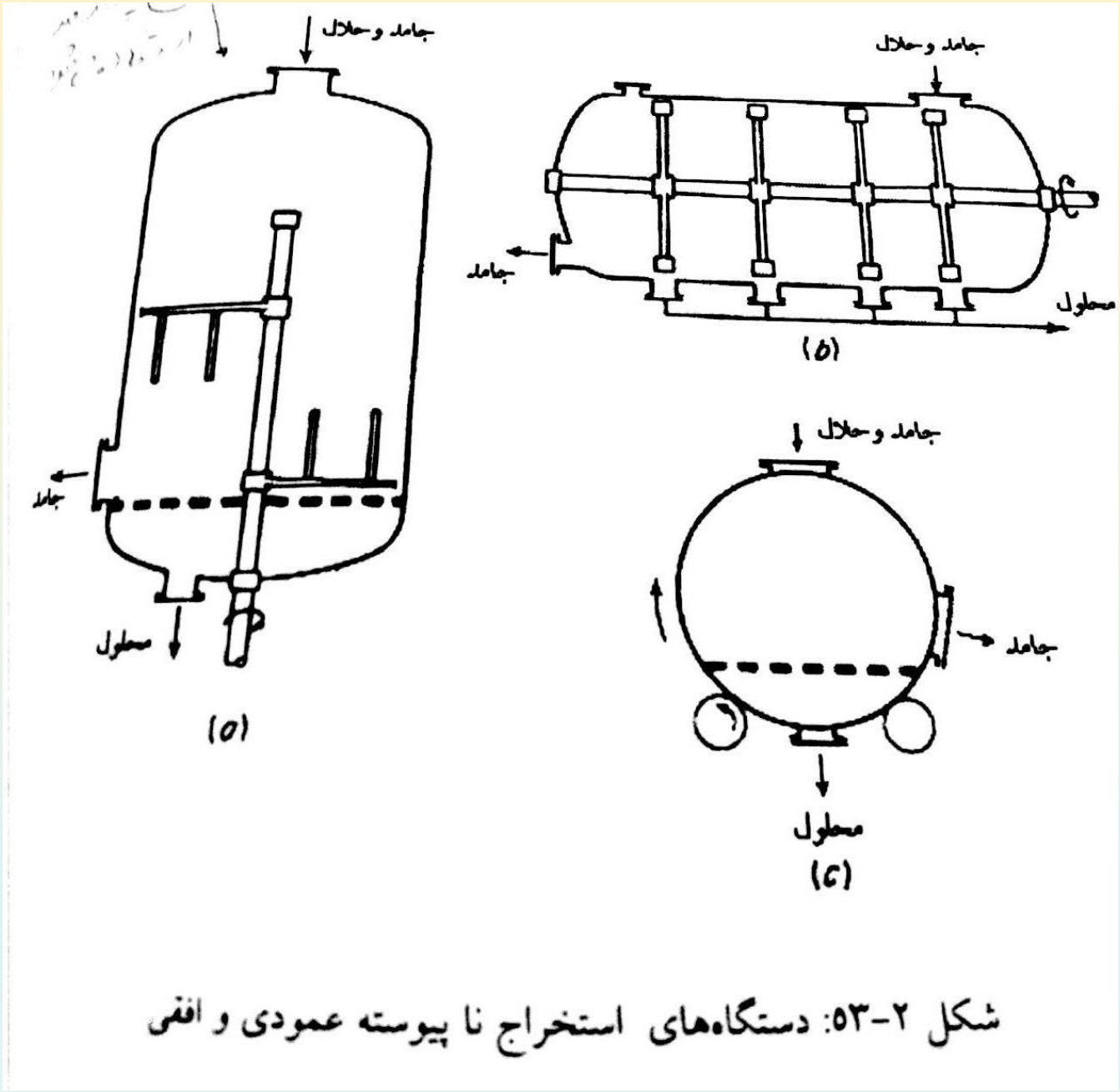
حات های فرآیند استخراج از جامدات

- ۱- حالت نیمه پیوسته فرآیند

به این شیوه استخراج لیچینگ توده ای نیز گفته می شود.

- ۲- حالت ناپیوسته فرآیند

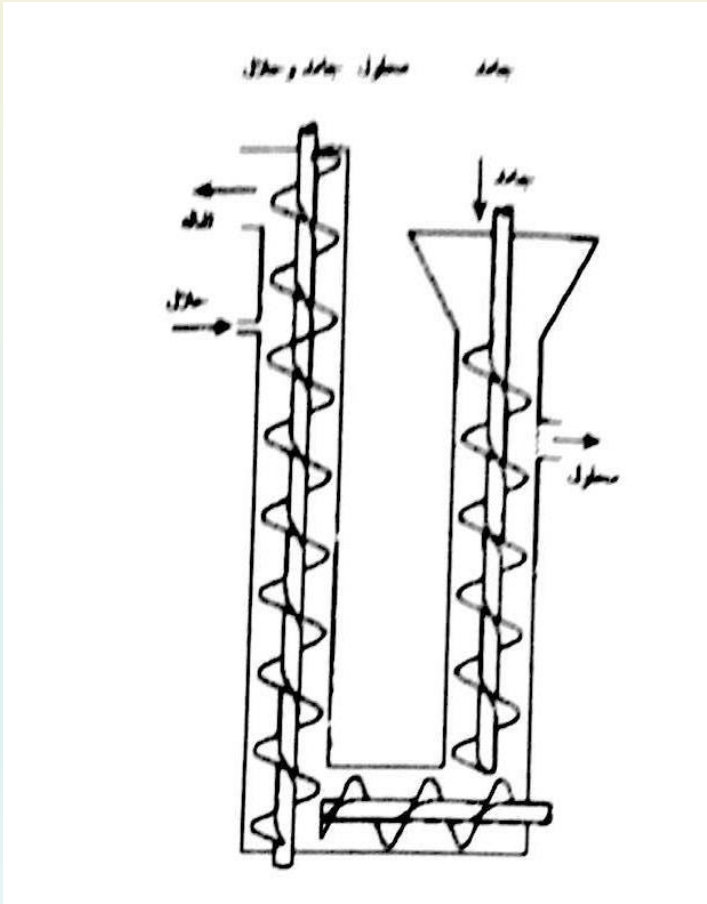
(شکل صفحه بعد)

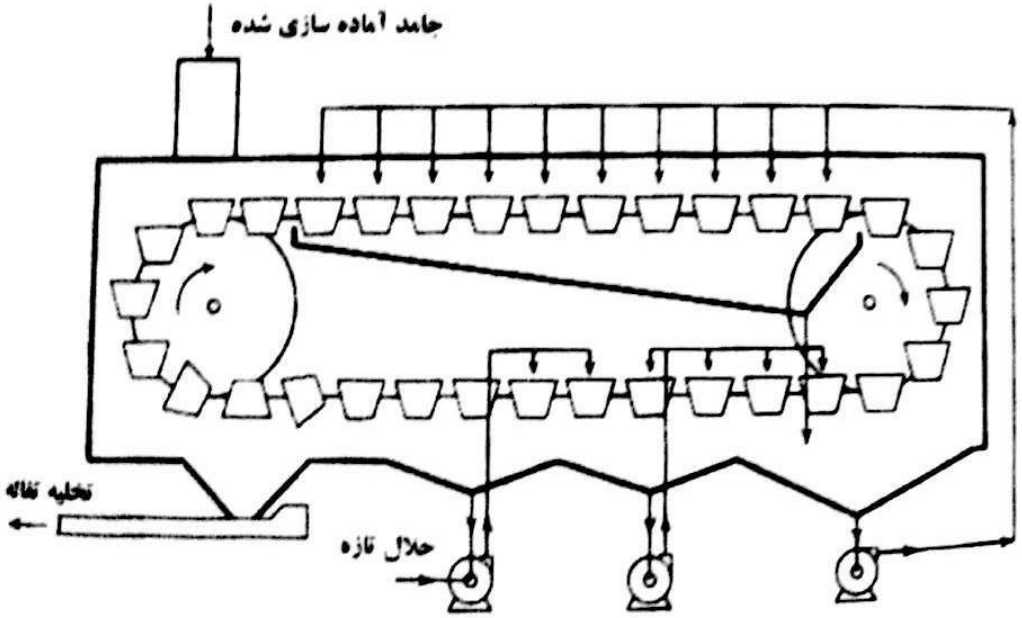


شکل ۲-۵۳: دستگاه‌های استخراج نا پیوسته عمودی و افقی

حات های فرآیند استخراج از جامدات

- ۳- حالت پیوسته فرآیند





شکل ۲-٥٤: دستگاه استخراج پیوسته

- مهمترین پارامترها در جداسازی بهتر در فرآیند استخراج از جامدات
  - افزایش حرارت
  - استفاده از خرد کردن
  - خصوصیات حلال

تجهیزات مهندسی شیمی

راکتورهای شیمیایی
(Chemical Reactors)

راکتورها

در بسیاری از فرآیندها باید دو یا چند ماده با هم واکنش دهند تا محصول مورد نظر تولید شود و این کار در راکتورهای شیمیایی صورت می گیرد.

کاتالیست ها (catalysts)

- کاتالیست بدون آنکه در واکنش شیمیایی شرکت کند، سرعت واکنش را افزایش می دهد
- بیش از ۹۰٪ مواد شیمیایی در دنیا طی فرآیندهای کاتالیستی تولید می شوند
- بزرگترین صنعت مصرف کننده کاتالیست، صنعت پتروشیمی می باشد

مثال: چهار فرآیند پالایشگاهی عمده که از کاتالیست استفاده می کنند:

رفرمینگ کاتالیستی، هیدروژناسیون، کراکینگ کاتالیستی، آلکیلاسیون

انواع کاتالیست ها

- کاتالیست ها هموژن (homogenous) (همگن) یا هتروژن (heterogeneous) (ناهمگن) هستند.

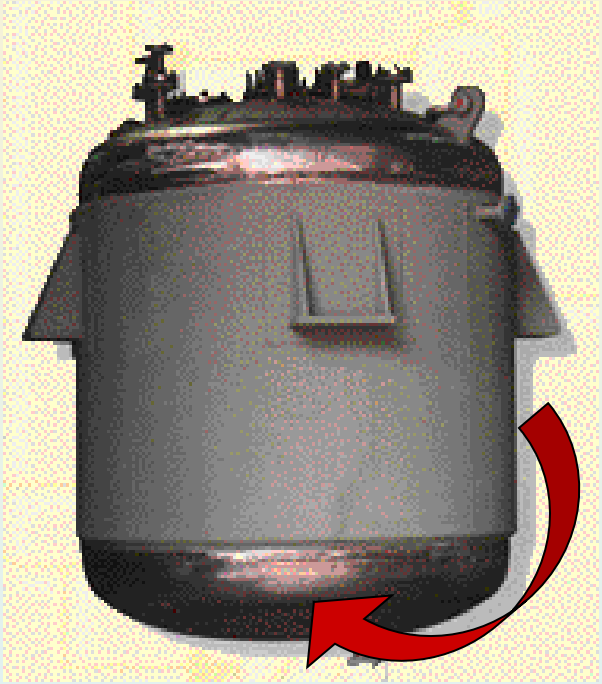
- کاتالیست های ناهمگن در فازی متفاوت با واکنش دهنده ها قرار دارند (مثال: کاتالیست جامد در مخلوط مایع از واکنش دهنده ها).

- کاتالیست های همگن در فاز واکنش دهنده ها قرار دارند (مثال: کاتالیست محلول در مخلوط مایع از واکنش دهنده ها)

مثال هایی از فرآیندهای کاتالیستی

- مبدل های کاتالیستی: تبدیل گازهای مضر خروجی از اگزوز ماشین به ترکیبات کم ضررتر (کاتالیست از جنس پلاتین یا رودیوم)
- پیل های سوختی (تولید برق از هیدروژن)
- سنتز فیشر تروپش (Fischer-Tropsch synthesis): تولید هیدروکربن های مایع مثل بنزین و دیزل از گاز سنتز (مخلوط هیدروژن و منواکسید کربن) (کاتالیست ها بر پایه کبالت، نیکل و ...)
- فرآیند هابر(Haber process): تولید آمونیاک از نیتروژن و هیدروژن (کاتالیست آهن)
- تولید متانول
- هیدروکراکینگ (از فرآیندهای پالایش نفت)

رآکتورها بسته به **نوع واکنش**، **هدف از واکنش** و **میزان تولید مواد** در آن به انواع مختلفی تقسیم می شوند:



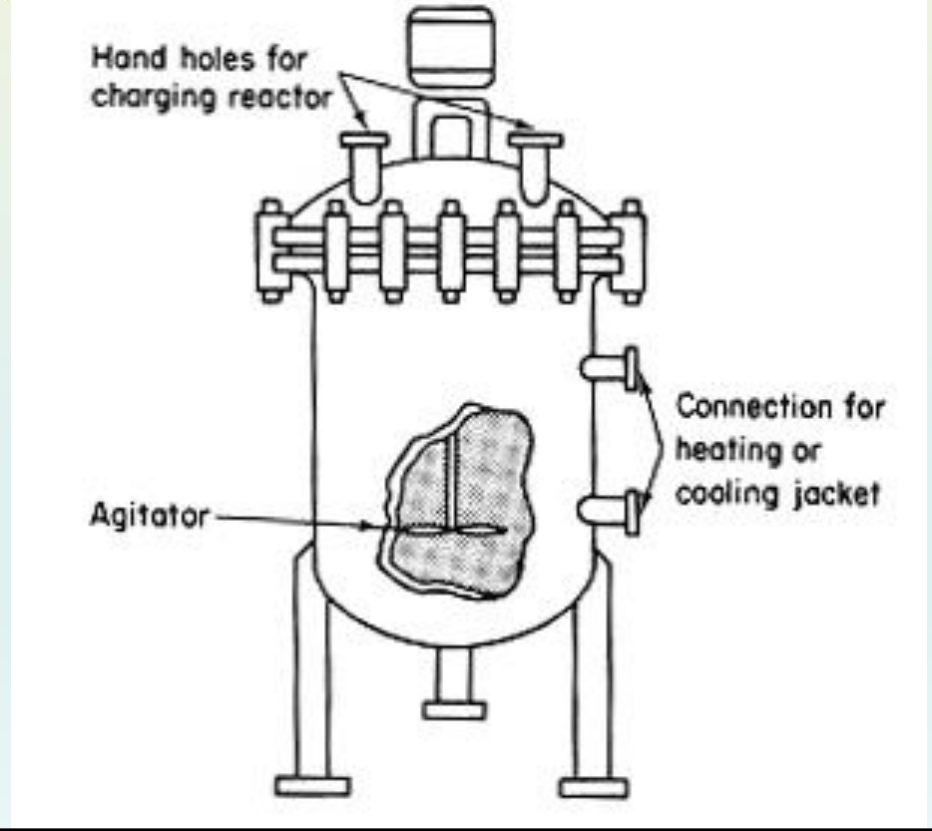
- راکتورهای ناپیوسته (Batch reactors)
- راکتورهای نیمه پیوسته
- راکتورهای پیوسته همزندار (CSTR)
- Continuous stirred tank reactors
- راکتورهای جریان پلاگ (PFR)
- Plug flow reactors
- راکتورهای بستر سیال (FBR)

  Fluidized Bed Reactors
- راکتورهای بستر پرشده (PBR)

  Packed bed reactors

Batch reactors راکتورهای ناپیوسته

- ساده ترین نوع راکتورها است و کاربرد وسیعی دارد.
- واکنش دهنده ها وارد راکتور شده، در مدت زمان مشخصی واکنش داده و محصول تولید می شود. پس از آن محصولات از راکتور خارج شده و راکتور برای بازه عملیاتی (batch) بعدی آماده می شود
- شرایط ناپایدار (متغیر با زمان) است.

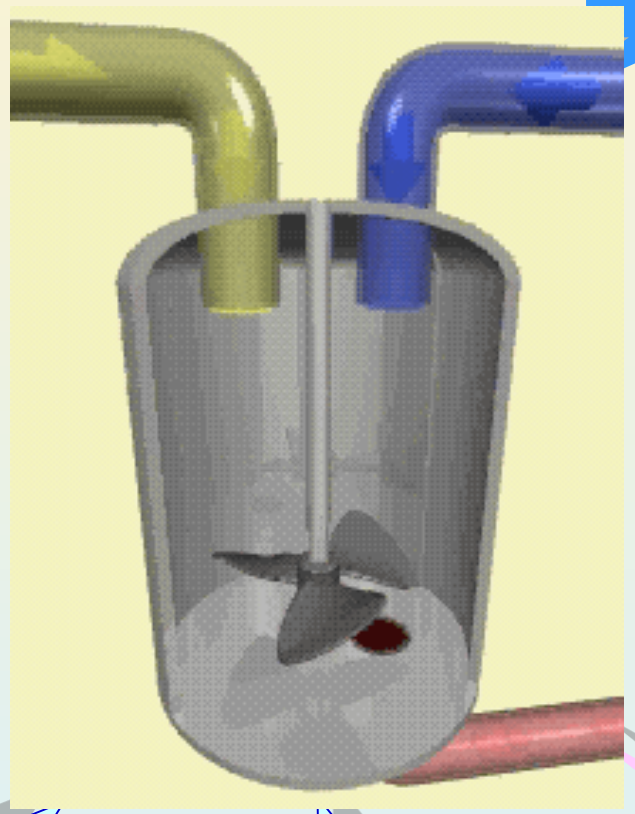


Batch reactors

واکنش دهنده
B

واکنش دهنده
A

زمان واکنش



A و B داخل
راکتور با یکدیگر
واکنش می دهند

همزن باعث اختلاط بهتر
واکنش دهنده می شود

محصولات و مواد
اولیه ای که واکنش
نداده اند

- موارد استفاده راکتورهای ناپیوسته:
  - تولید مواد شیمیایی در مقیاس های کوچک صنعتی
  - آزمایش کردن فرآیندهای کوچک ناشناخته
  - تولید صنعتی محصولات گران قیمت
  - تولید محصولاتی که تولید صنعتی آن ها در شرایط مداوم مشکل است
  - استفاده آن محدود به واکنش های متجانس فاز مایع است
- شکل: تولید اتیل استات از اتانول و اسید استیک

$$\text{Ethanol} + \text{Acetic Acid} \rightarrow \text{Ethyl acetate}$$

مزایا و معایب راکتورهای ناپیوسته

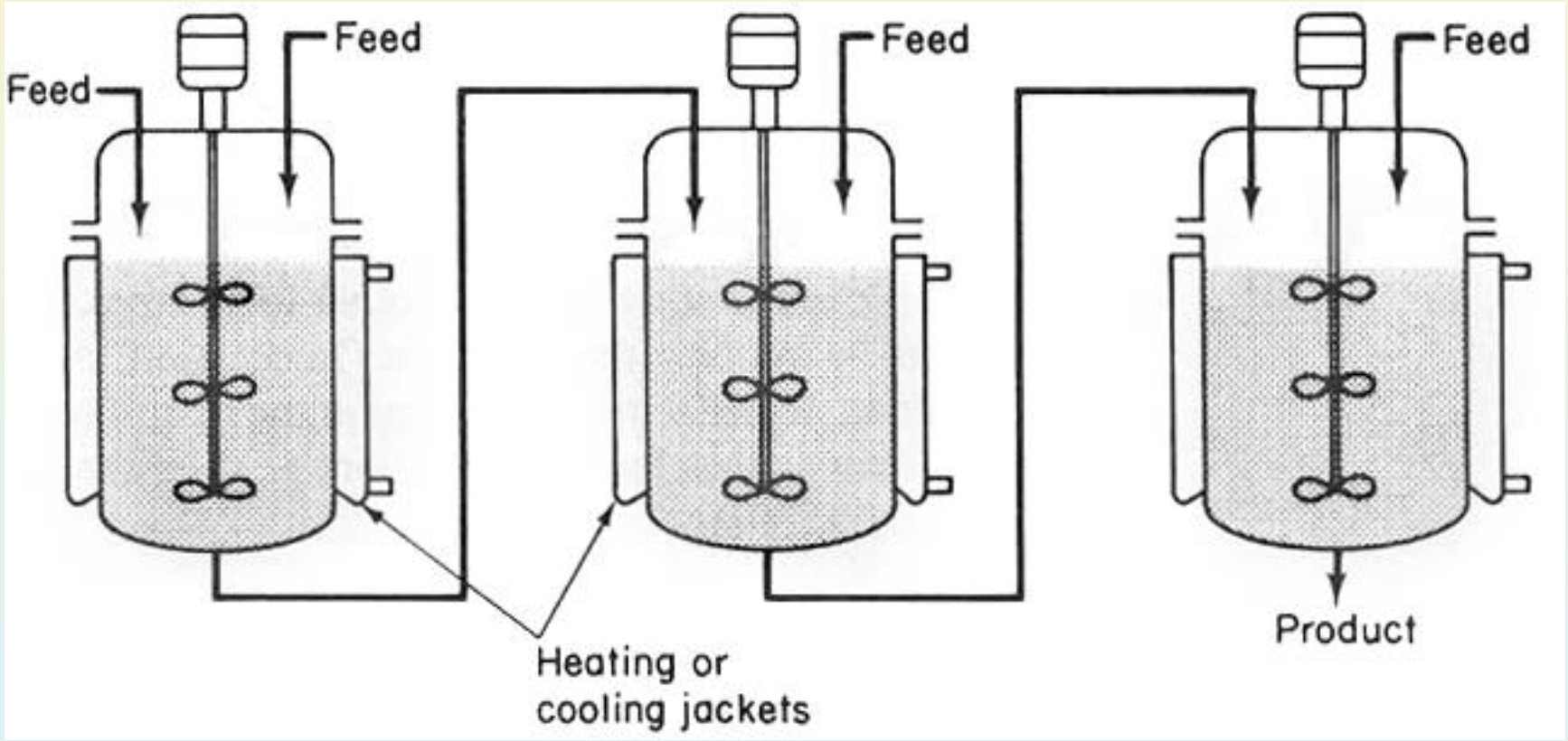
مزایا:

- **میزان تبدیل بالا با افزایش مدت زمان واکنش (batch time) قابل دستیابی**
- **قابلیت تولید محصولات متعدد در یک راکتور**
- **قابلیت تولید محصول در چند مرحله متوالی**
- **عملکرد، نگهداری و تعمیر آسان**

معایب:

- **هزینه بالای کارگر در هر مرحله از تولید**
- **ناکارآمدی در تولید در مقیاس انبوه**
- **وقفه های نسبتا طولانی بین دو مرحله تولید**

راکتورهای ناپیوسته متوالی



راکتور نیمه پیوسته

- همان محدودیت های رآکتور ناپیوسته را دارد

- فواید:
- کنترل خوب دما
- کنترل واکنش های نامطلوب
- محدود کردن تولید محصولات ناخواسته
- رآکتور نیمه پیوسته برای واکنش های دو فازی که یکی از ترکیب شونده ها گازی باشد است.

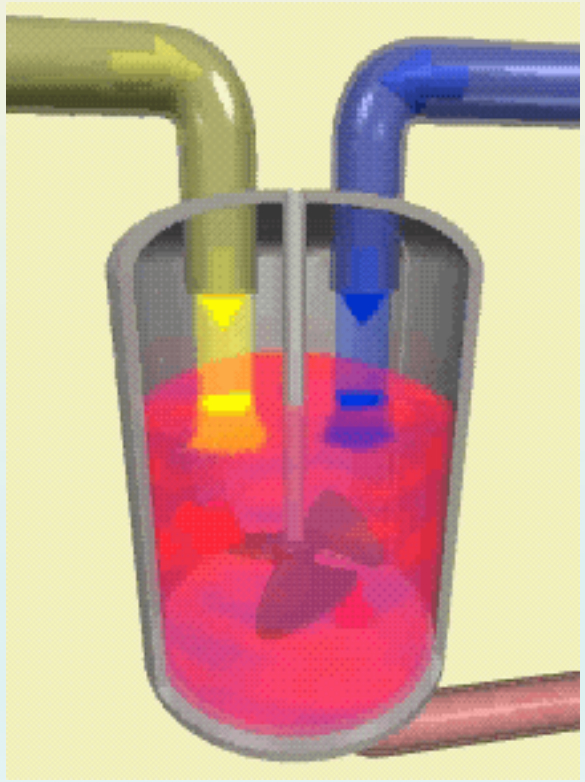
راکتور پیوسته همزن دار
Continuous stirred tank reactors (CSTR)

- واکنش دهنده ها به صورت پیوسته وارد راکتور شده، واکنش داده و همزمان محصول تولید شده از راکتور خارج می شود
- شرایط پایدار (ثابت با زمان) است
- لوله مارپیچ (کویل) دور راکتور ژاکت حرارتی نام دارد. مایع یا بخار داغ (و یا سرد) داخل این مارپیچ جریان یافته و محتویات راکتور را گرم یا سرد می کند

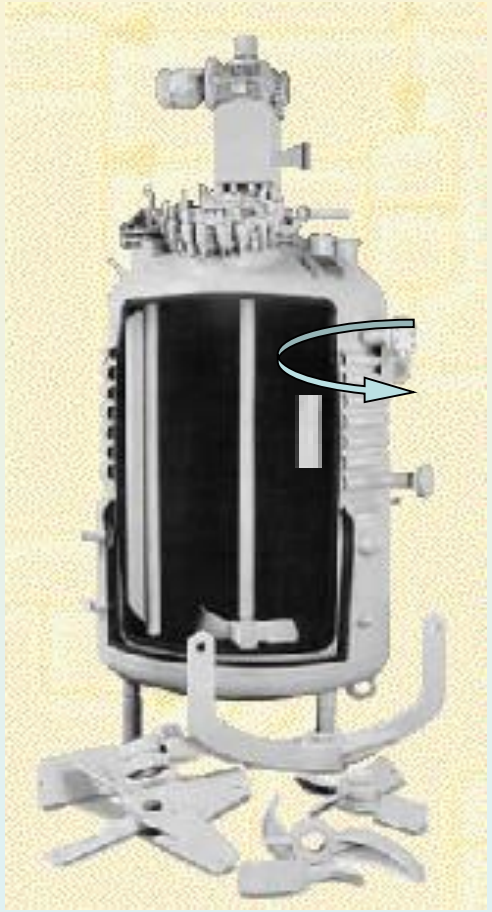
CSTR

واکنش دهنده
A

واکنش دهنده
B

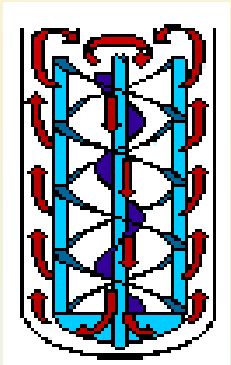


محصولات و مواد
اولیه ای که واکنش
نداده اند

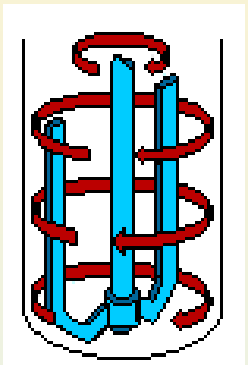


- بخش های اصلی CSTR عبارتند از از یک تانک (مخزن)، لوله های ورود و خروج مواد و همزن

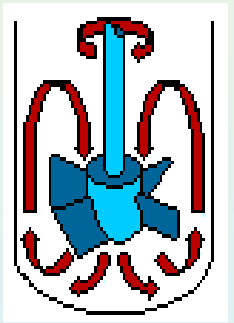
- شکل سمت راست چند نمونه از پره های (تیغه ها) همزن را نشان می دهد. الگوی جریان ایجاد شده با فلش قرمز نشان داده شده است



مارپیچی
(Helical)

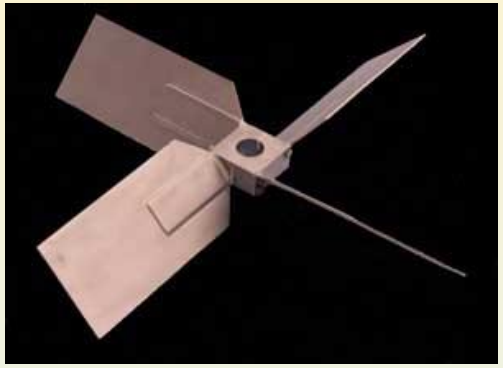


لنگری
(Anchor)



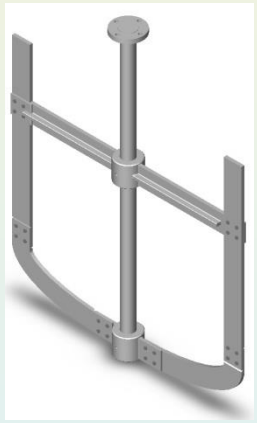
توربینی چهار تیغه ای
زاویه ای

four-Pitched)
(blade turbine



four-Pitched blade turbine

marine



Anchor

Disc turbine

helical

مزایا و معایب CSTR

مزایا

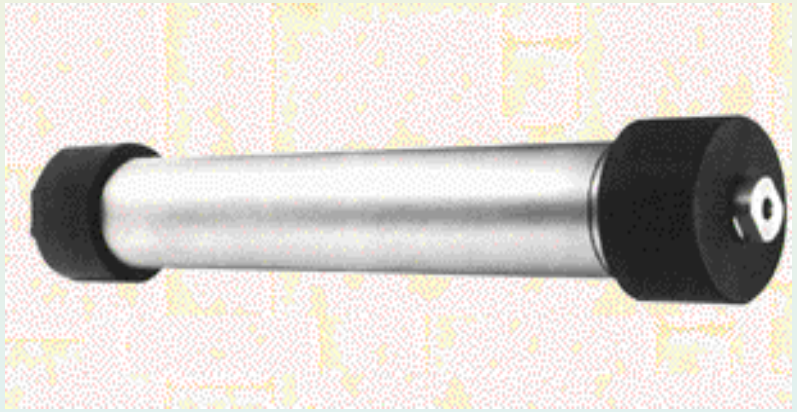
- مناسب برای تولید در مقیاس انبوه
- کنترل دمای آسان
- دسترسی آسان به فضای داخل راکتور

معایب

- میزان تبدیل کمتر در این راکتور نسبت به دیگر راکتورهای پیوسته
- هزینه بیشتر ساخت و کنترل آن نسبت به راکتور ناپیوسته

راکتور جریان پلاگ

Plug flow reactors (PFR)



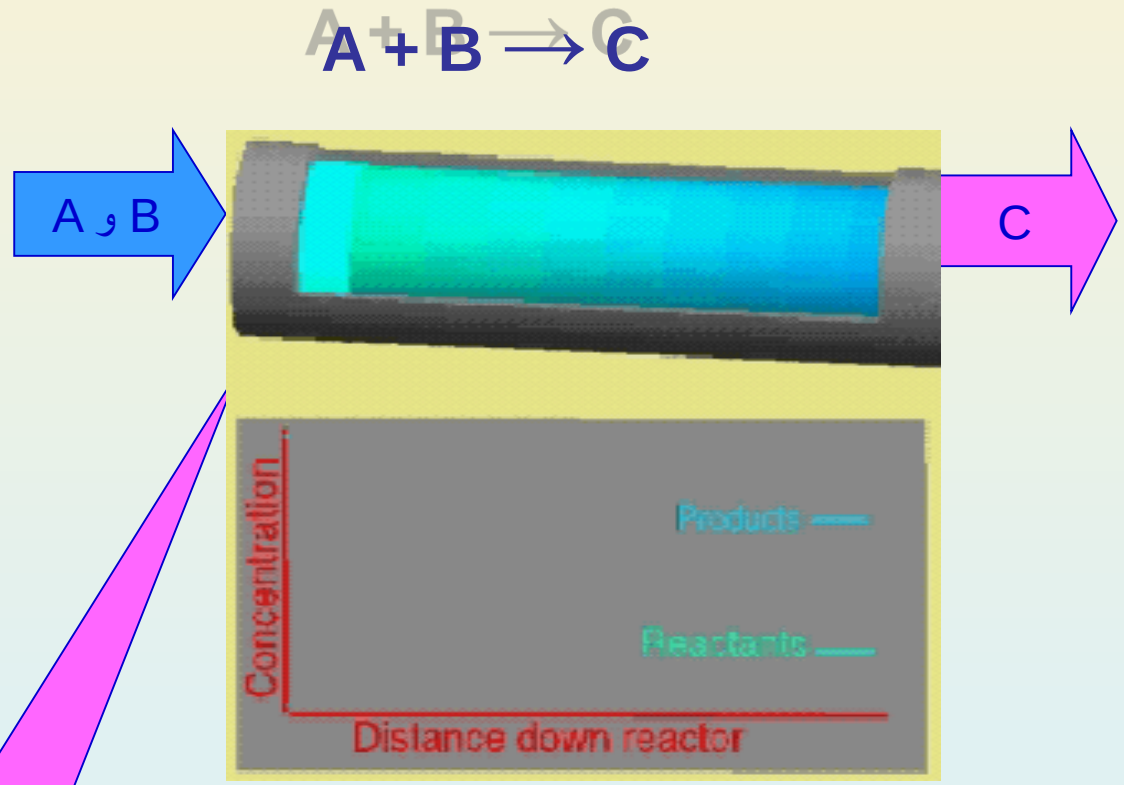
راکتورهای جریان پلاگ (راکتور لوله ای) از یک محفظه استوانه ای تشکیل شده که از یک انتها واکنش دهنده ها وارد و از انتهای دیگر محصولات و مواد واکنش نداده خارج شده

موارد استفاده صنعتی

- تولید بنزین
- کراکینگ هیدروکربن ها
- تبدیل دی اکسید گوگرد به تری اکسید گوگرد

PFR

- در راکتور پلاگ، واکنش دهنده ها وارد یک لوله (خالی یا پر از ذرات کاتالیست) می شوند و واکنش در طول راکتور پیشرفت می کند
- گرادیان یا تغییرات غلظت در جهت طولی وجود دارد.



توزیع غلظت
واکنش دهنده ها و
محصولات

مزایا و معایب PFR

مزایا

- قطعه متحرک نداشته و بنابراین نگهداری آن آسانتر است
- درصد یا میزان تبدیل در واحد حجم آن از CSTR بیشتر است
- از نظر مکانیکی ساده است
- برای تولید انبوه مناسب است

معایب

- کنترل دمای راکتور مشکل است
- در واکنش های گرمازا ممکن است نقاط داغ (hot spot) در راکتور ایجاد شود
- کنترل آن در مقایسه با CSTR مشکل تر است

راکتورهای بستر سیال Fluidized Bed Reactors (FBR)

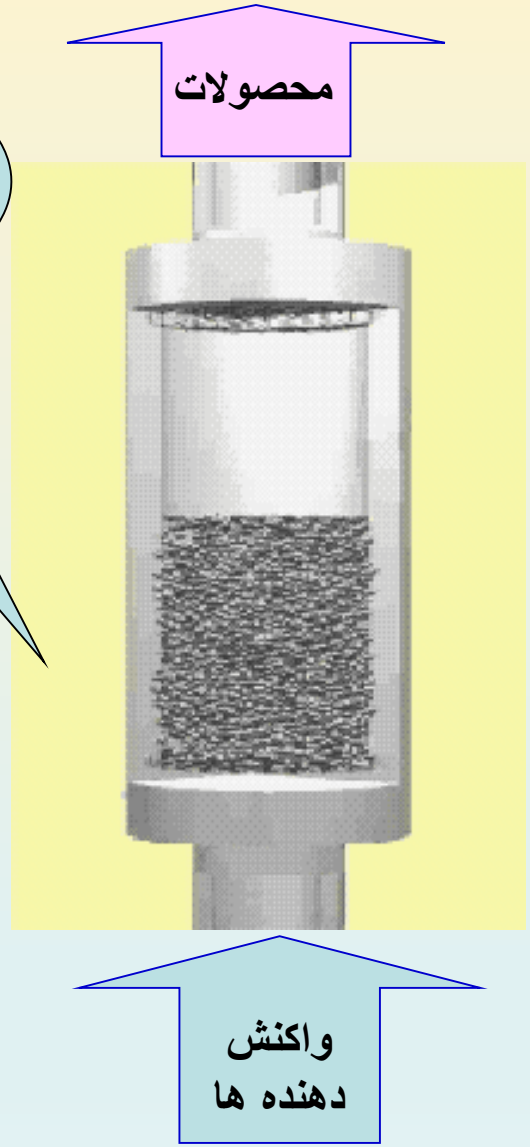
- راکتورهای کاتالیستی که در آن ذرات کاتالیست داخل راکتور به صورت سیال در می آیند

- در این راکتورها، به دلیل سیال سازی کاتالیست اختلاط در تمام جهات انجام می شود. لذا انتقال جرم و سرعت واکنش افزایش می یابد. ضمن آنکه توزیع دما یکنواخت تر شده و پایداری دمایی راکتور بالا می رود

- در فرآیندهای کراکینگ کاتالیستی (از فرآیندهای پالایش نفت) از FBR استفاده می شود

واکنش شیمیایی بر روی ذرات کاتالیست صورت می گیرد

- واکنش دهنده توسط پمپ (برای مایعات) یا کمپرسور یا فن (برای گازها) به داخل راکتور فرستاده شده و بستر کاتالیستی را به حرکت در می آورند



مزایا و معایب FBR

مزایا

- توزیع یکنواخت دما که از تشکیل نقاط داغ جلوگیری می کند
- می توان به آسانی کاتالیست را تعویض یا احیا کرد
- تماس گاز و جامد نسبت به دیگر راکتورهای کاتالیستی موثرتر انجام می شود

معایب

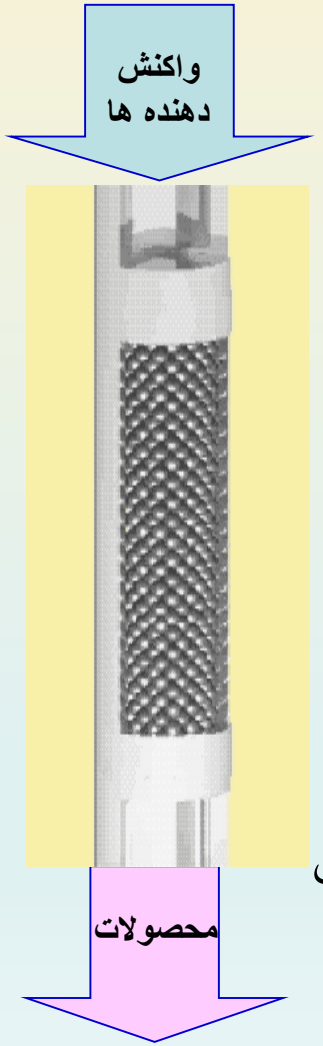
- هزینه بالای ساخت و نگهداری
- احتمال سایش (erosion) دیواره داخلی راکتور در اثر برخورد ذرات جامد
- افت فشار بالا

راکتورهای بستر پرشده
Packed bed reactors (PBR)

- راکتورهای بستر پر شده (راکتورهای بستر ثابت fixed bed reactors) اغلب برای واکنش های کاتالیستی مورد استفاده قرار می گیرند

- این راکتورها از یک مخزن استوانه ای (معمولا عمودی) تشکیل می شوند که در داخل آنها ذرات کاتالیست به شکل یک بستر ثابت و غیر متحرک قرار گرفته اند.

مزایا و معایب PBR



مزایا

- سرعت تبدیل بالا
- تماس زیاد بین واکنش دهنده ها و کاتالیست ها
- هزینه پایین ساخت، عملیات و نگهداری
- کارایی مناسب در دماها و فشارهای بالا

معایب

- کنترل دما مشکل است
- امکان توزیع غیریکنواخت دما
- امکان کانالیزه شدن جریان گاز یا مایع که از تماس موثر و کافی واکنش دهنده ها و کاتالیست جلوگیری می کند و باعث کاهش زمان اقامت واکنش دهنده ها در راکتور می شود

تجهیزات مهندسی شیمی

مبدل های حرارتی
Heat exchangers

Heat exchanger

- مبدل حرارتی برای انتقال گرما از یک محیط یا جریان به جریان دیگر استفاده میشود. معمولا این دو جریان توسط یک دیواره جامد از هم جدا میشوند.
- در طراحی مبدل های حرارتی هدف فراهم آوردن سطح تماس بالا برای تبادل حرارت و کاهش مقاومت های موجود در برابر انتقال حرارت و جریان سیال است
- مبدل های حرارتی به طور گسترده ای در گرمایش و سرمایش محیط، سیکل های انجماد، تهویه هوا، کارخانجات شیمیایی، پالایشگاه نفت و گاز، پتروشیمی و... کاربرد دارند.
- برای مثال: دیگ بخار، مولد بخار، کندانسور، تبخیرکننده، رادیاتور اتومبیل ها، کوره ها و ...

دسته بندی مبدل های حرارتی

جنبه های مختلف تقسیم بندی مبدل ها:

۱- پیوستگی یا تناوب جریان

۲- فرآیند انتقال

۳- فشردگی سطوح

۴- نحوه ساختمان و مشخصات هندسی آن

۵- آرایش جریان

۶- تعداد سیال

۷- ساز و کار انتقال حرارت

۸- درجه حرارت کارکرد

۱- دسته بندی بر اساس پیوستگی یا تناوب جریان

❖ **جریان سیال پیوسته**

❖ **جریان سیال متناوب:**

- دو سیال در دو بستر جدا از هم در حرکت بوده و در زمان های متناوب با شیرهای اتوماتیک جای دو سیال عوض می شود.
- گاهی اوقات فقط یک بستر وجود دارد که ابتدا سیال اول و سپس سیال دوم عبور می کند.

۱- دسته بندی بر اساس فرآیند انتقال

❖ **تماس مستقیم سیال:**

- انتقال حرارت بین دو سیال غیرقابل حل که تماس مستقیم و بدون واسطه دارند
- معمولا یکی از دو سیال گاز و دیگری مایع (برج خنک کننده آب)

❖ **تماس غیرمستقیم سیال:**

- سطح واسط بین دو سیال قرار می گیرد

۱- دسته بندی بر اساس فشردگی سطح

- سطح تبادل یا سطح اصلی (معمولا لوله یا ورق)
- سطح ثانویه (پره): معمولا در طرف حرکت جریان گاز
- میزان تراکم سطح ثانویه بر روی سطح اصلی با میزان سطح به حجم مبدل سنجیده می شود. بر این اساس:

❖ مبدل های فشرده

$$\frac{\text{سطح تبادل}}{\text{حجم مبدل}} > ۷۰۰ \ {}^{m^2}/_{m^3}$$

❖ مبدل های غیرفشرده

☜ تراکم سطح بیشتر ← حجم کل کمتر ← وزن مبدل کمتر

☜ نسبت حجم به وزن در طراحی برج خنک کن هایی که در نیروگاه های بزرگ، صنایع و ساختمان ها بکار می رود نقش مهمی دارد.

☜ هر نسبت سطح به حجم کمتر ← برج خنک کن مناسب تر

مثال: مبدل های دو لوله ای و مبدل های پوسته-لوله

☜ بیشترین کاربرد مبدل های حرارتی فشرده : برای مبدل هایی که حداقل یک سیال آن گاز باشد

ویژگی های مبدل های حرارتی فشرده

۱- معمولا برای سیالات گاز-گاز یا گاز-مایع

۲- برای سیالات غیرخورنده ای که آلودگی ایجاد نکنند

(مجاری ریز ← مسیر جریان مسدود)

۳- کوچک بودن حجم مبدل و فشرده بودن سطوح نکته مهمی است:

چون پمپ کردن سیال در چنین مسیرهایی نیاز به انرژی بالا و پمپ هایی با توان بالا می باشد.

۴- درجه حرارت و فشار عملیاتی این نوع مبدل ها محدود است

دسته بندی مبدل ها بر اساس ساختمان

دسته بندی مبدل ها اکثرا بر اساس ساختمان است:

۱- لوله ای

۲- صفحه ای

۳- پره دار

۴- بازیاب

الف) مبدل های حرارتی لوله ای

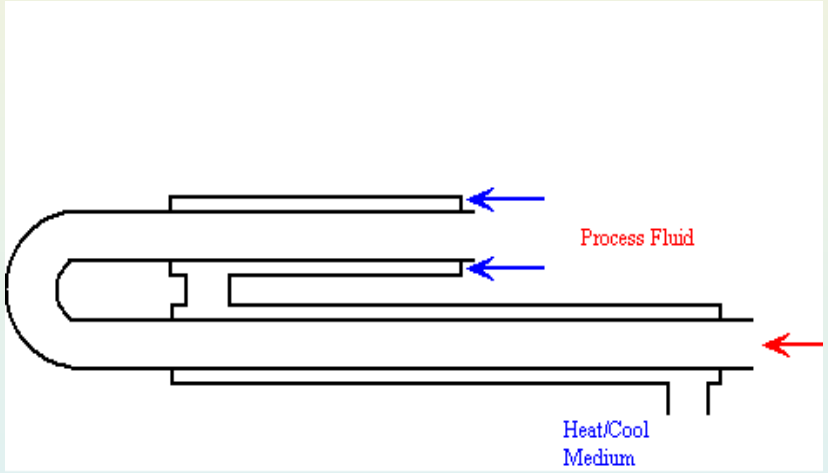
- این نوع مبدل ها نسبت به سایر انواع آن کاربرد بیشتری دارد
- در ابعاد و اشکال مختلف ساخته می شود
- انواع مختلفی دارد:

۱- تک لوله ای

۲- دو لوله ای

۳- لوله-پوسته

۱) مبدل های دو لوله ای
Double pipe exchangers



- در این مبدل ها سیال فرآیندی که باید گرم یا سرد شود وارد لوله داخلی شده و سیال گرم کننده یا سرد کننده در لوله خارجی جریان پیدا میکند
- از آنجا که قطر لوله داخلی بزرگ است، از این مبدل ها میتوان برای کار با جریان های حاوی ذرات بزرگ استفاده کرد.
- هزینه ساخت آن پایین است اما راندمان کمتری در مقایسه با مبدل های پوسته و لوله دارد

مبدل های دو لوله ای

- این نوع مبدل ها مبدل های سنجاق سری نیز گفته می شود
- ساده ترین نوع مبدل در صنعت است
- دو لوله هم محور که بصورت U ساخته می شود
- گاهی اوقات سطح خارجی لوله داخلی پره دار ساخته می شود: بیشتر برای مواردی که از مجرای بین دو لوله گاز عبور می کند.

مزایای مبدل های حرارتی دو لوله ای

- ساخت آسان و هزینه نسبتا کم
- محاسبات و طراحی آسان
- کنترل ساده جریان های سیال در دو مسیر
- نگهداری و تمیزکردن آسان (مناسب برای سیالات رسوب زا)
- بعلت قطر لوله کم در فشار زیاد کاربرد دارد.

۲) مبدل های حرارتی لوله مارپیچ

- این نوع مبدل ها تشکیل شده از یک یا چند حلقه لوله مارپیچ که داخل یک محفظه قرار می گیرند
- ابتدا و انتهای این لوله مارپیچ به لوله اصلی ورودی و خروجی متصل می شود
- جنس لوله مارپیچ از فولاد کربن دار یا مس و آلیاژهای آن یا زنگ نزن و آلیاژهای نیکل
- ابعاد این نوع مبدل ها در مقایسه با مبدل های لوله ای دیگر کمتر است (انتقال حرارت در مسیر منحنی بیشتر از مسیر مستقیم است)

معایب و مزایای مبدل های حرارتی لوله مارپیچ

- برای دبی های کم و بارهای حرارتی پایین مناسب است
- راندمان بالا دارد
- بعلت حالت فنری داشتن، مشکل انقباض و انبساط بر اثر دما مشکلی بوجود نمی آورد
- براحتی قابل مونتاژ است
- بدلیل مارپیچ بودن لوله ها تمیز کردن آن ها بصورت مکانیکی مشکل است
- ابعاد بدلیل کوچک بودن لوله مارپیچ، تعمیرات و جوش کاری آن ها مشکل است

موقعیت جریان ها نسبت به هم
Flow arrangement

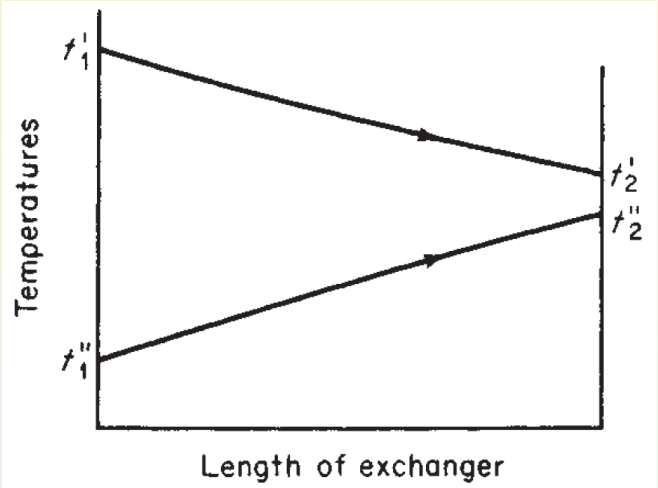
- **مبدل ها بر اساس موقعیت جریانها نسبت به هم به ۳ دسته تقسیم میشوند:**

- **جریان همسو (cocurrent-flow): دو جریان در یک انتهای مبدل وارد شده و هر دو از انتهای دیگر خارج میشوند**

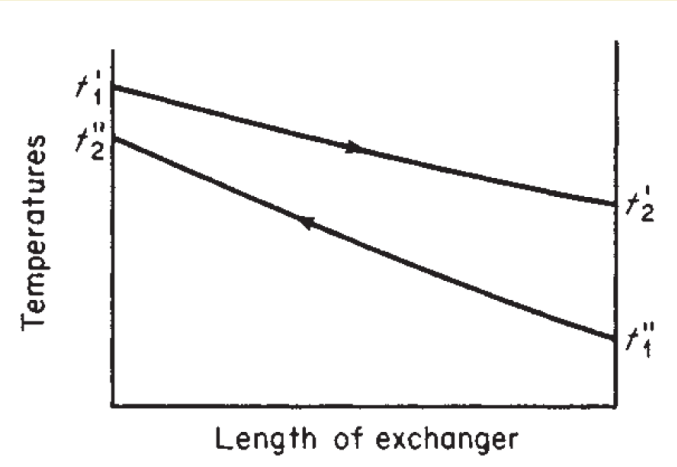
- **جریان نا همسو (counter-current-flow): جریان ها از دو سمت مقابل هم وارد شده و از دو سمت مخالف خارج میشوند**

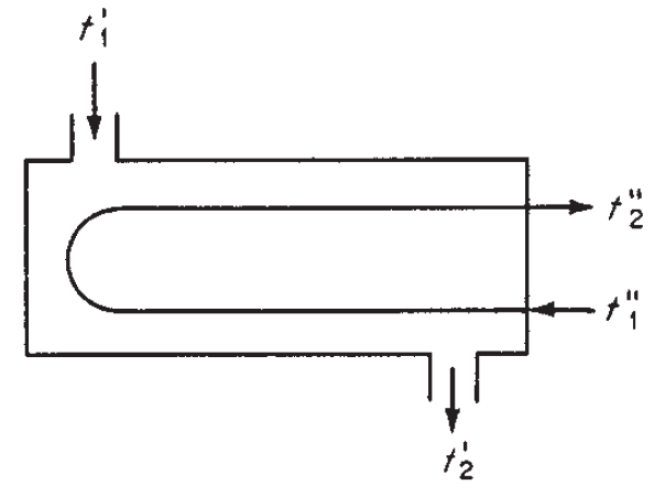
- **جریان متقاطع (cross-flow): جریان ها به صورت عمود بر هم در داخل مبدل جریان می یابند**

جریان همسو



جریان نا همسو





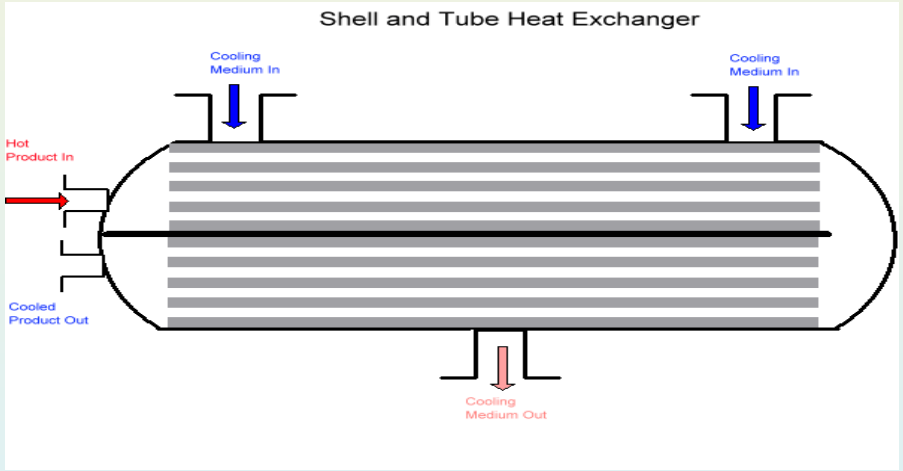
جریان متقاطع

انواع مبدل های حرارتی

- مبدل های دو لوله ای
- **Double pipe heat exchangers**
- مبدل های پوسته و لوله
- **Shell and Tube heat exchanger**
- مبدل های صفحه ای
- **Plate heat exchanger**
- مبدل های همراه با تغییر فاز
- **Phase-change heat exchangers**
- کولرهای هوایی
- **air coolers**
- **. . .**

مبدل های پوسته و لوله
Shell and Tube heat exchanger

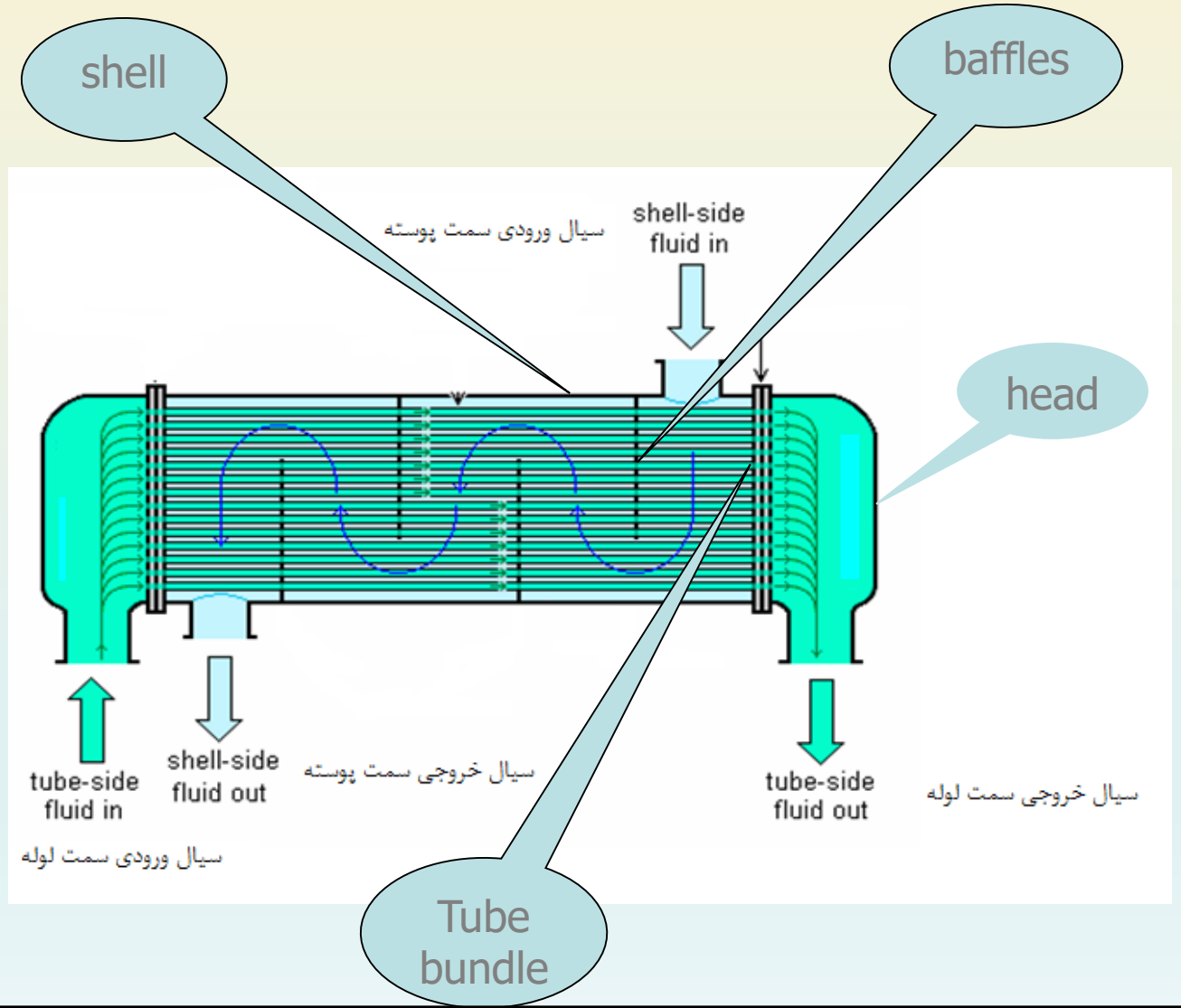
- این مبدل ها از مجموعه ای از لوله ها تشکیل شده که در داخل محفظه ای به نام پوسته قرار گرفته اند. سیالی که قرار است گرم یا سرد شود داخل این لوله ها جریان یافته و سیال دیگر (سرد کننده یا گرم کننده) بر روی لوله ها و در داخل پوسته جریان می یابد.



- الگوی جریان در یک مبدل پوسته و لوله

- این مبدل ها برای کاربردهایی با فشار بالا (تا بیش از ۳۰ بار) و محدوده وسیعی از دما کاربرد دارند

بخش های تشکیل دهنده مبدل پوسته و لوله



۱- پوسته (Shell)

۲- لوله ها (Tubes)

۳- صفحه نگهدارنده لوله ها (Tube sheet)

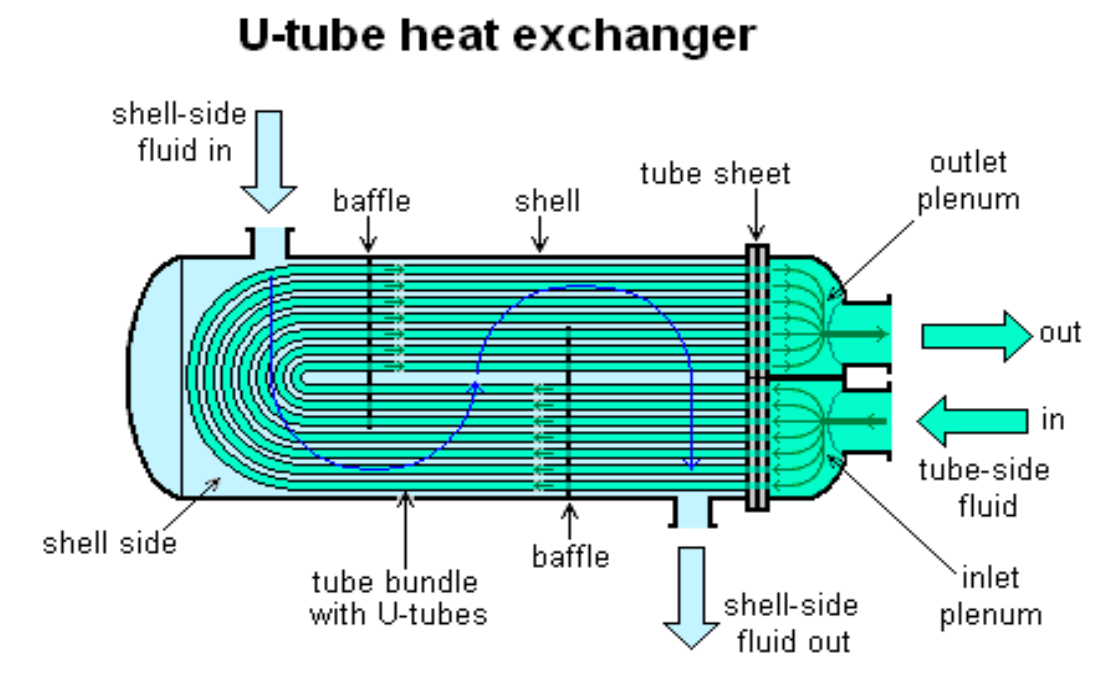
۴- بفل ها (baffles) که باعث ایجاد آشفتگی جریان شده (انتقال حرارت بیشتر) و جریان عرضی را در پوسته افزایش میدهند. همچنین از ارتعاش لوله ها در شدت جریان های بالا جلوگیری میکنند

۵- کلگی (head)

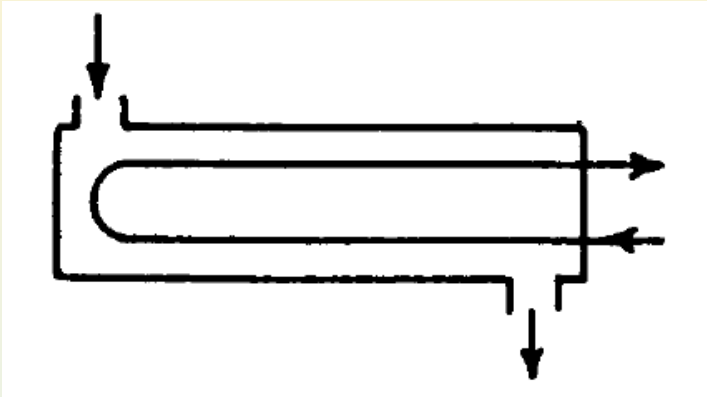
- انیمیشن مقابل قسمت های مختلف مبدل پوسته و لوله را نشان میدهد

- بسته به شرایط و با در نظر گرفتن ملاحظات طراحی، مبدل های پوسته و لوله میتوانند ۱، ۲، ۴ و بیشتر (تعداد زوج) پاس (گذر) در سمت لوله و همین طور ۱، ۲، ۳ و ... پاس (گذر) در سمت پوسته داشته باشند

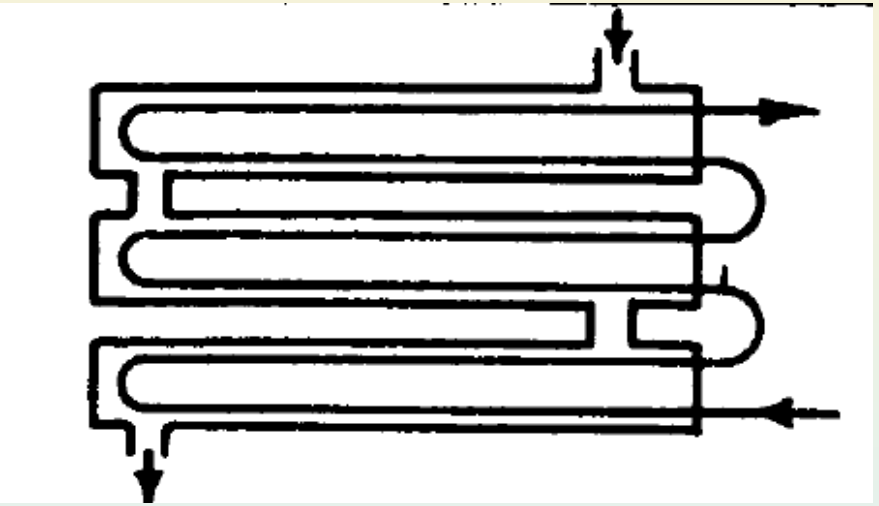
- مبدل زیر: یک پاس پوسته و دو پاس لوله



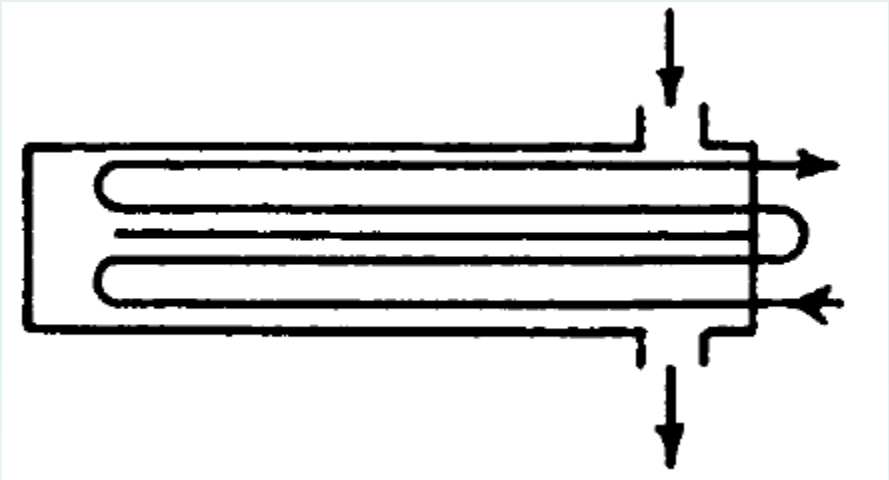
۱ پاس پوسته، ۲ پاس لوله



۳ پاس پوسته، ۶ پاس لوله



۲ پاس پوسته، ۴ پاس لوله



مزایا و معایب مبدل های پوسته و لوله

مزایا

- **قابلیت کار در دماها و فشارهای بالا**
- **قابلیت انعطاف پذیری بالا و تطابق با شرایط متفاوت**
- **قابلیت کار با شدت جریان های بالا**

معایب

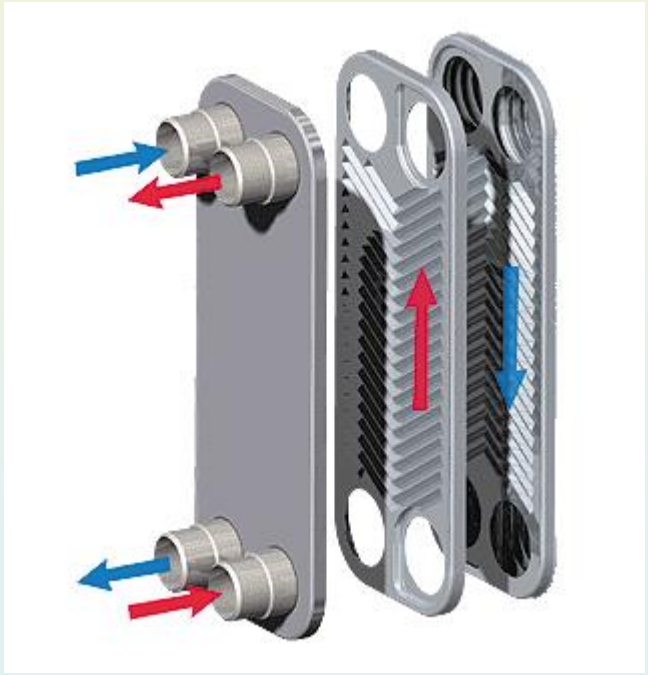
- **احتمال اتلاف حرارت زیاد است**
- **نیاز به فضای زیاد و هزینه بالاتر نسبت به مبدل های صفحه ای**
- **مشکل رسوب گرفتن و تمیز کاری آن**

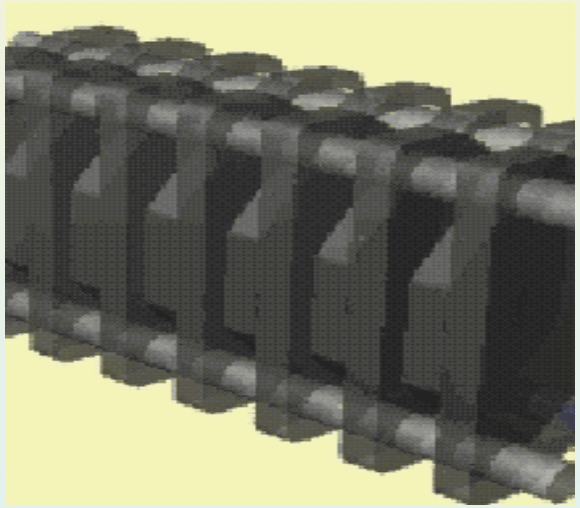
مبدل های صفحه ای
Plate Heat Exchanger

- این مبدل ها از تعدادی صفحه با ضخامت و فاصله کم تشکیل میشود. این مبدل ها سطح انتقال حرارت بالایی را در فضایی کوچک فراهم میکنند.

- این مبدل ها در مقایسه با مبدل های پوسته و لوله فشرده تر بوده و به فضای کمتری نیاز دارند

- با کم یا اضافه کردن صفحات میتوان سطح یا فضای این مبدل ها را کم یا زیاد کرد.





- انیمیشن مقابل طرز عملکرد مبدل های صفحه ای را نشان میدهد

مزایا و معایب مبدل های صفحه ای

مزایا

- **در این مبدل ها از صفحات نازک استفاده میشود بنابراین حتی در سطح تماس کمتر، میتوانند انتقال حرارت مشخصی داشته باشند**
- **به دلیل آشفتگی بالاتر جریان، این مبدل ها خاصیت خود تمیز شوندگی دارند و میتوانند مدت زمان بیشتری بدون نیاز به تمیزکاری در سرویس قرار داشته باشند**
- **با اضافه یا کم کردن صفحات میتوان به راحتی سطح تبادل و ظرفیت آنها را افزایش داد.**

معایب

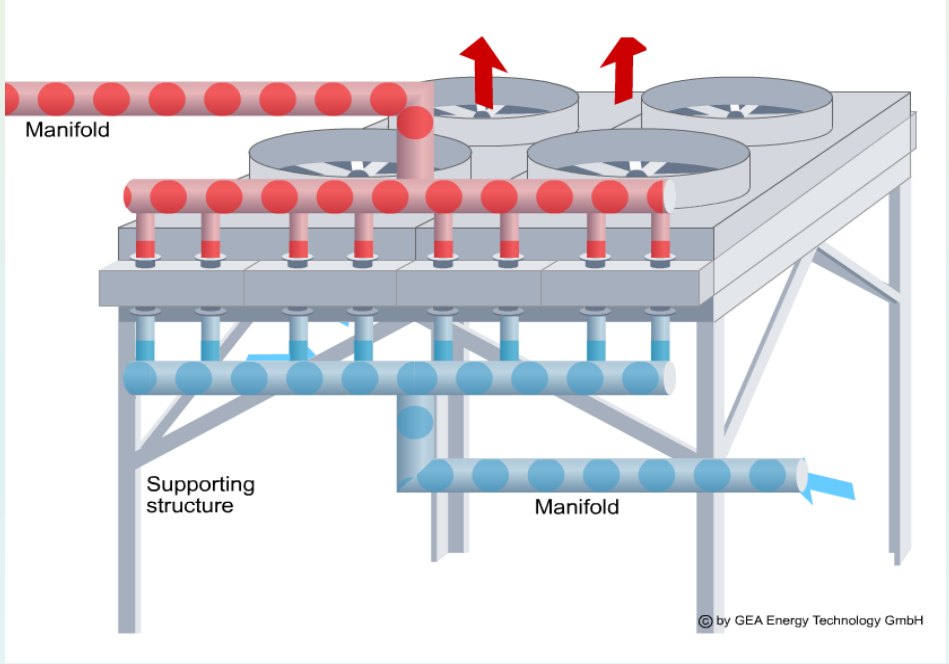
- **برای کار با سیالات حاوی ذرات جامد مناسب نیستند**
- **برای کار با مقادیر زیاد بخار یا گاز مناسب نیستند**
- **قابلیت در فشارهای بالا ندارند**

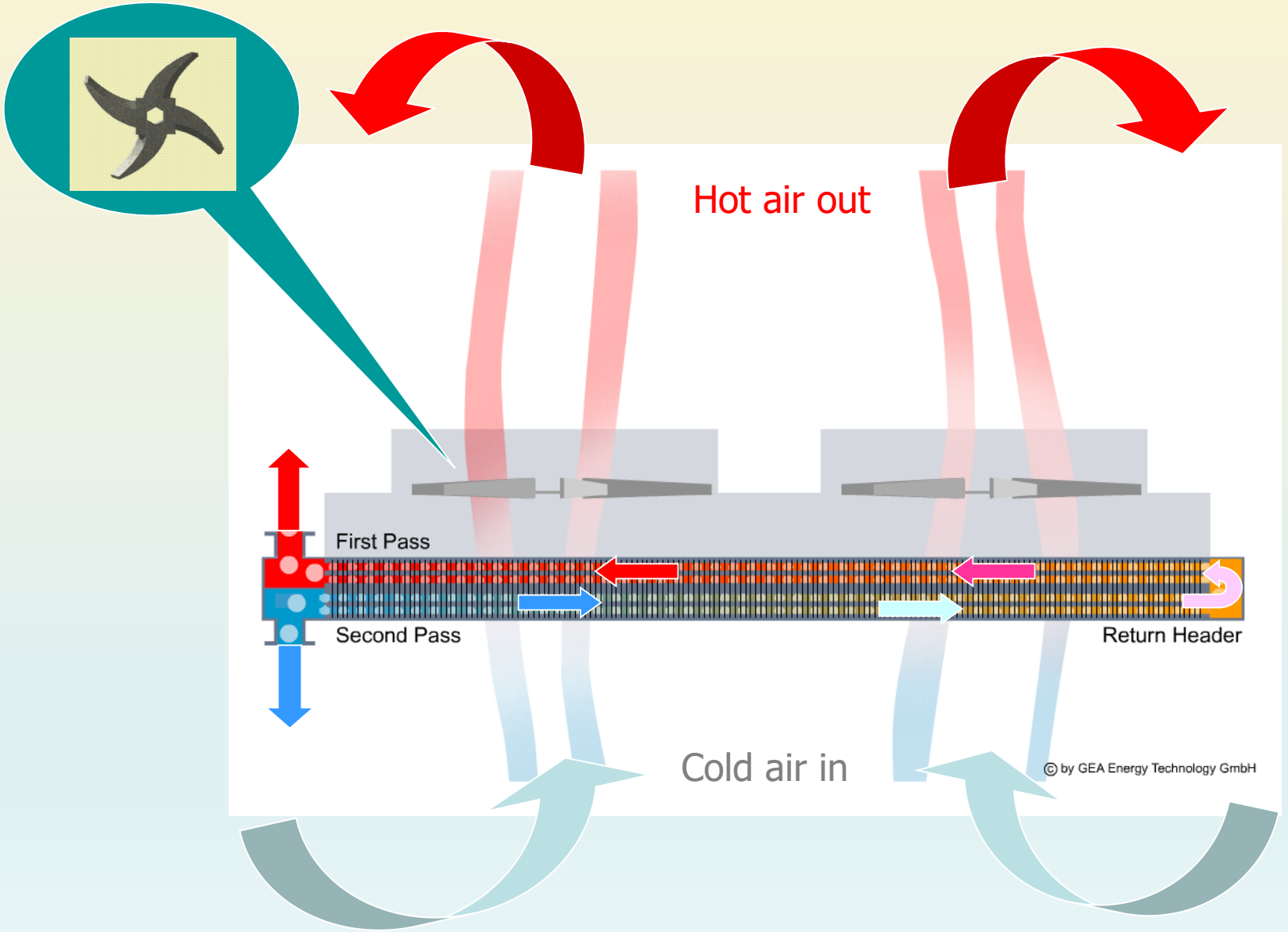
مبدل های همراه با تغییر فاز
Phase-change heat exchangers

- در این مبدل ها تبادل گرما با هدف تغییر فاز سیال صورت میگیرد
- ریبویلر (reboiler) تبخیر یا به جوش آوردن یک جریان مایع
- کندانسور (condenser) میعان یک جریان بخار
- برای مثال در برج های تقطیر در کندانسور جریان بخار بالای برج به مایع تبدیل میشود و در ریبویلر جریان مایع پایین برج به بخار تبدیل میشود
-

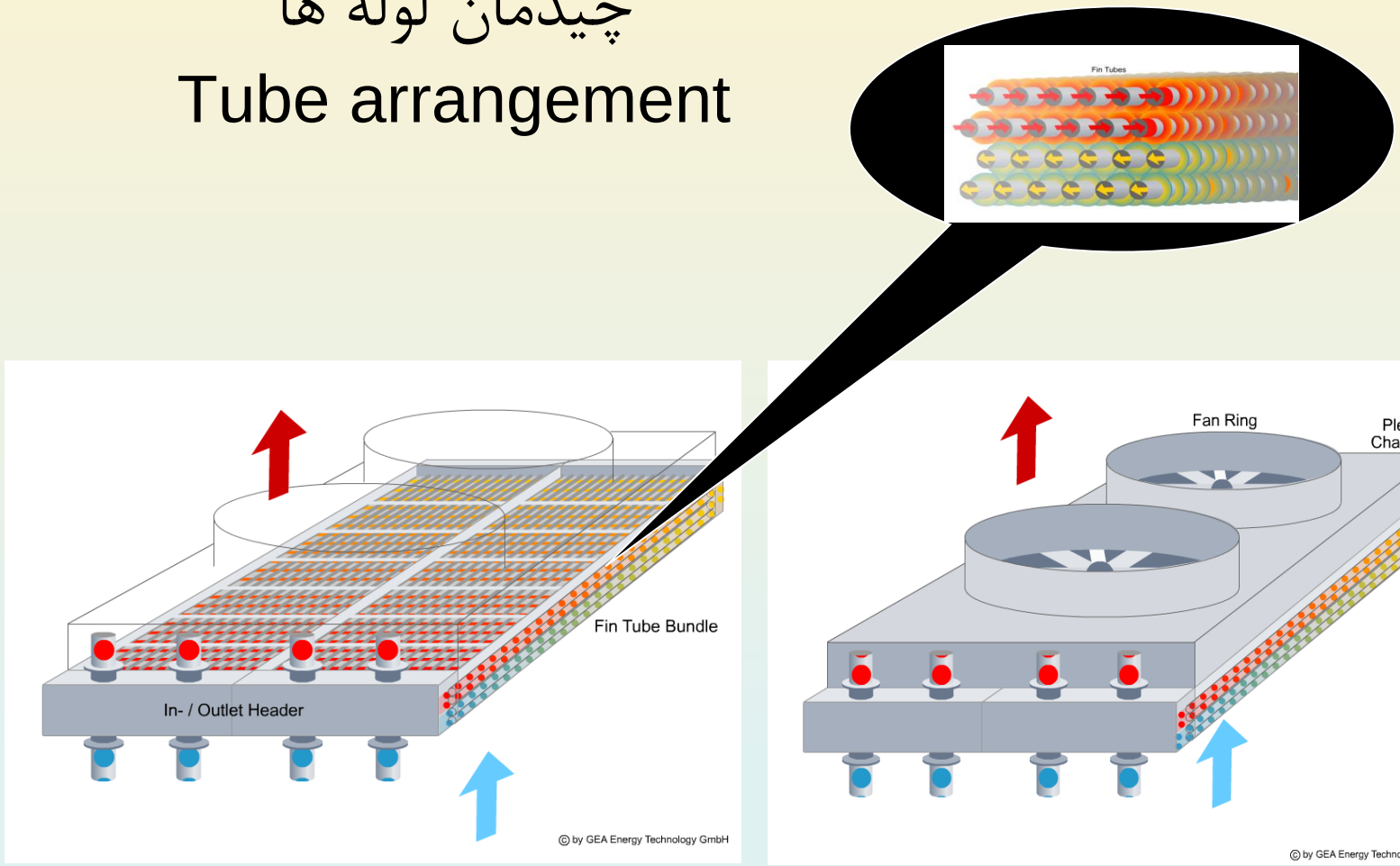
کولرهای هوایی
Air coolers

- در این مبدل ها، جریان مایعی که قرار است خنک شود از مجموعه ای از لوله ها عبور کرده و جریان هوای محیط توسط فن ها با سرعت از روی این لوله ها عبور میکند.
- نمونه ای از کولرهای هوایی، رادیاتور ماشین است




Hot air out
First Pass
Second Pass
Return Header
Cold air in
© by GEA Energy Technology GmbH

چیدمان لوله ها
Tube arrangement



برج های خنک کن

برج خنک کننده چیست؟

برج خنک‌کننده یا برج خنک‌کن، وسیله‌ای برای دفع حرارت زاید آب، به طریق تبادل حرارتی با هوا است.

برج‌های خنک‌کن معمولاً با تبخیر آب، حرارت ایجاد شده را دفع کرده و آب را تا دمای هوا پایین می‌آورند.

در تمام کارخانه ها تعداد زیادی دستگاههای تبدیل حرارتی وجود دارد که در بیشتر آنها آب عامل سرد کنندگی است. به دلایل زیر آب رایج ترین سرد کننده است:

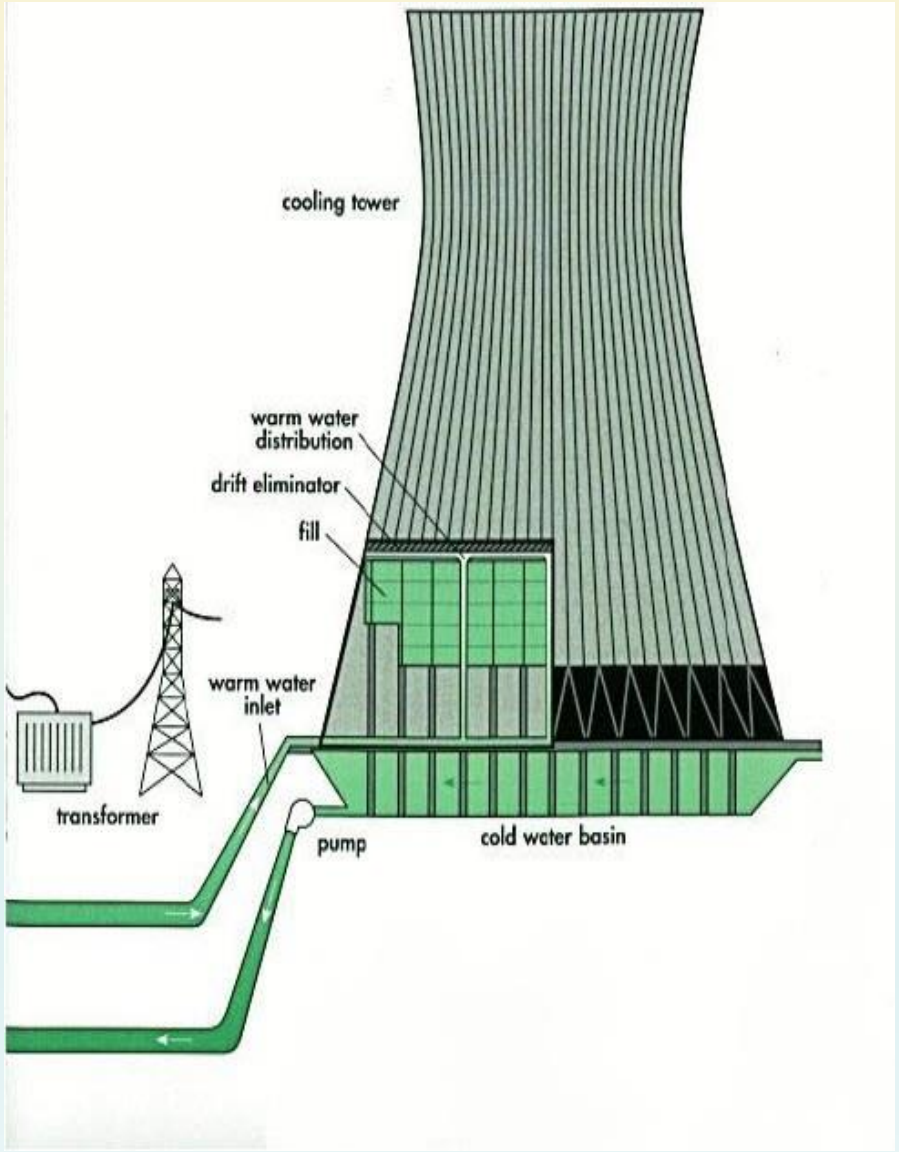
۱- به مقدار زیاد و ارزان در دسترس می باشد.
۲- به آسانی آب را می توان مورد استفاده قرار داد .
۳- قدرت سرد کنندگی آب نسبت به اکثر مایعات در حجم مساوی بیشتر است.
۴- انقباض و انبساط آب با تغییر درجه حرارت جزیی است.

انواع برج های خنک کننده از لحاظ نحوه خنک کاری به دو حالت کلی تقسیم می گردند:

۱-برج خنک کن خشک

۲-برج خنک کن تر (مرطوب)

برج خنک کن خشک



در مناطقی که بعلت عدم وجود آب کافی باید از اتلاف آب و تبخیر بیشتر جلوگیری نمود از برج خنک کن‌های خشک (هِلِر) استفاده می‌شود. این نوع برج های خنک کن دارای رادیاتورهایی در قسمت ورودی می باشند که با جریان هوای عبوری، آب داخل آن خنک می شود. این حالت باعث می شود سیال خنک شونده (آب) با هوا در ارتباط نباشد و مصرف آب در اثر تبخیر در حد صفر باقی بماند.

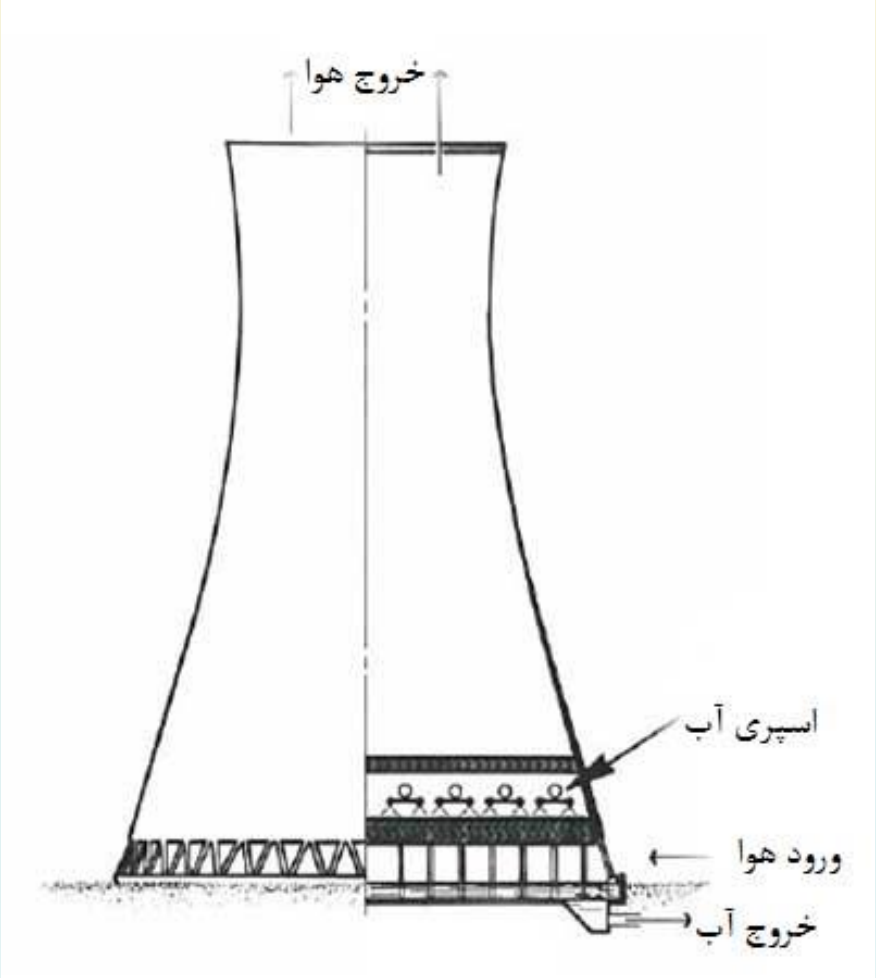
درسیستم هلر آب تماما در درون رادیاتورهایی که درمعرض عبورهوای آزاد قرار دارند خنک می شود.

برج خنک کن خشک

این نوع برج ها علارغم بازده کم اما به دلایل زیر بسیار متداول در صنعت هستند:

- آب تبخیر نشده ← هدر رفت ندارد ← نیاز به جبران آب نیست
  (مناسب مناطق کم آب)
- آب چرخه بسته را طی میکند ← از نظر زیستی آلودگی ایجاد نمی کند
- در مناطق سردسیر مشکلات کمتری نسبت به انواع تر دارد

برج خنک کن مرطوب



- در این نوع برج خنک کن آب در تماس مستقیم با جریان هوا قرار می گیرد.
- در این نوع برجها آب توسط کانال ها و نازل ها پاشیده می شود و پس از برخورد با هوای ورودی و خنک شدن دوباره به مدار بر می گردد.

در این حالت به دلیل تبخیر آب در گردش، مصرف آب نسبتا بالا خواهد بود.

← مناسب مناطق پرآب

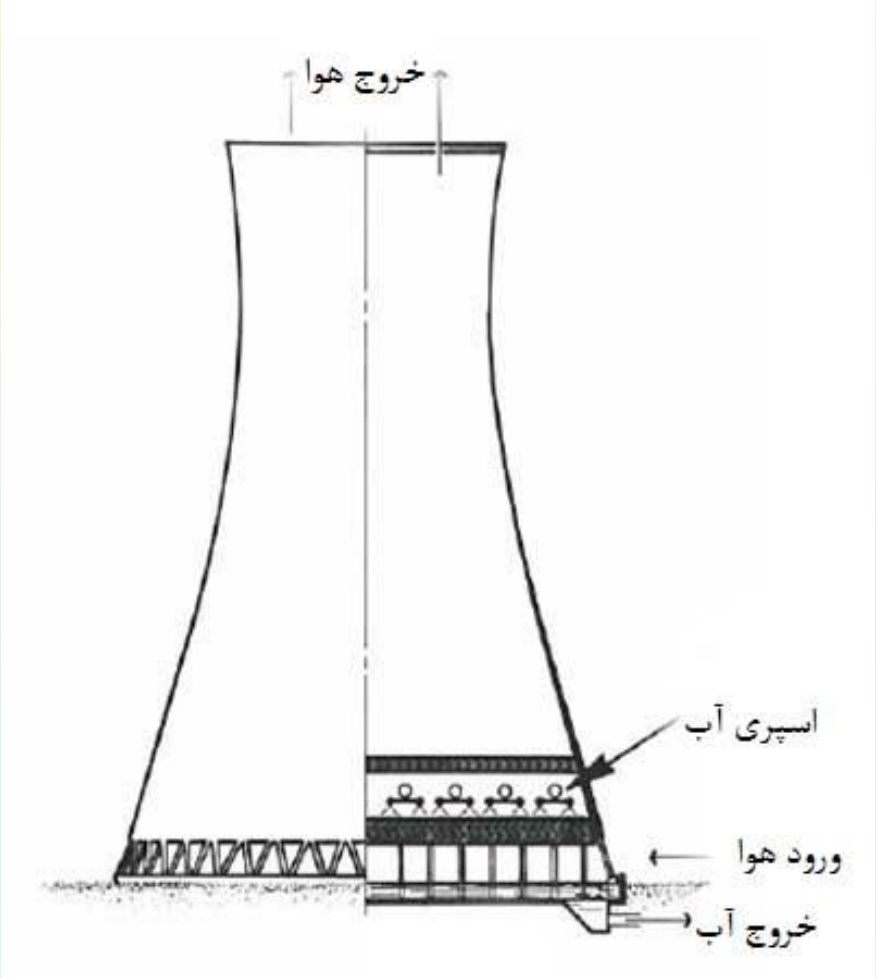
برج خنک کن مرطوب

نکته

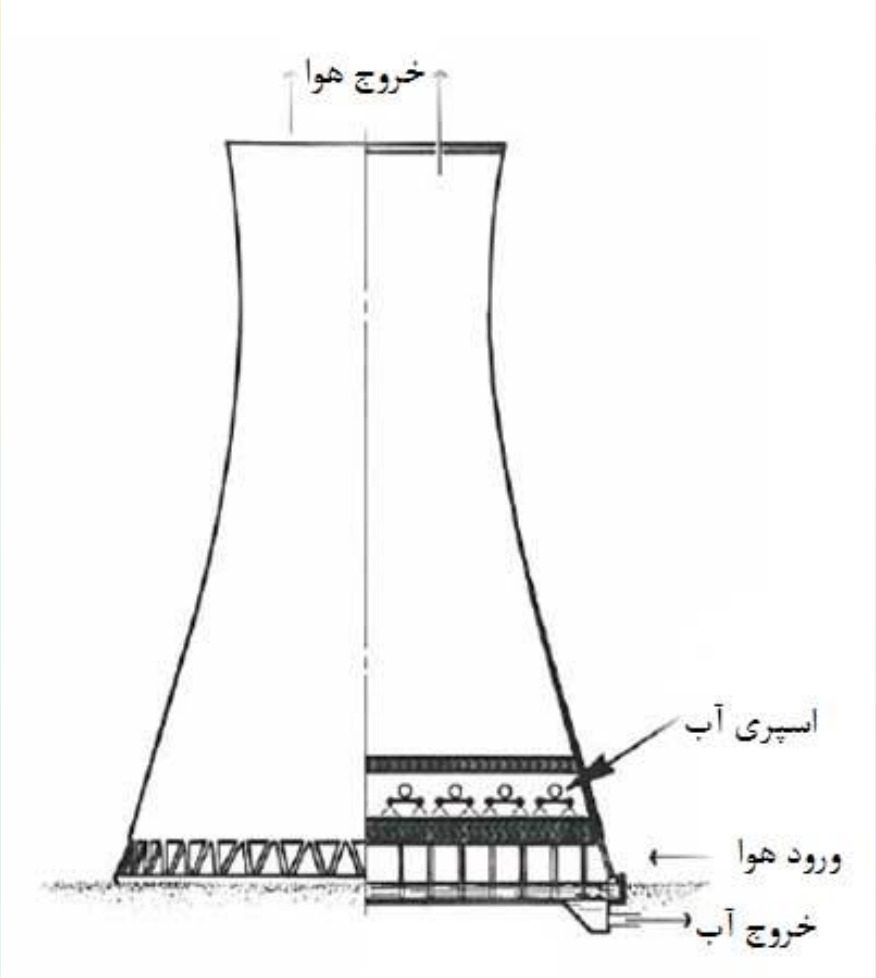
- مهمترین عامل خنک شدن تبخیر بخشی از آب بوده و انتقال گرما بدلیل اختلاف دمای هوا و آب نقش کمتری دارد.

- هرگاه هوای ورودی به داخل برج رطوبت کمتری داشته (خشک تر) ← میزان کاهش دمای آب بیشتر است ←

عملکرد برج در روزهای ابری یا بارانی بشدت تحت تاثیر قرار گرفته و کم می شود.



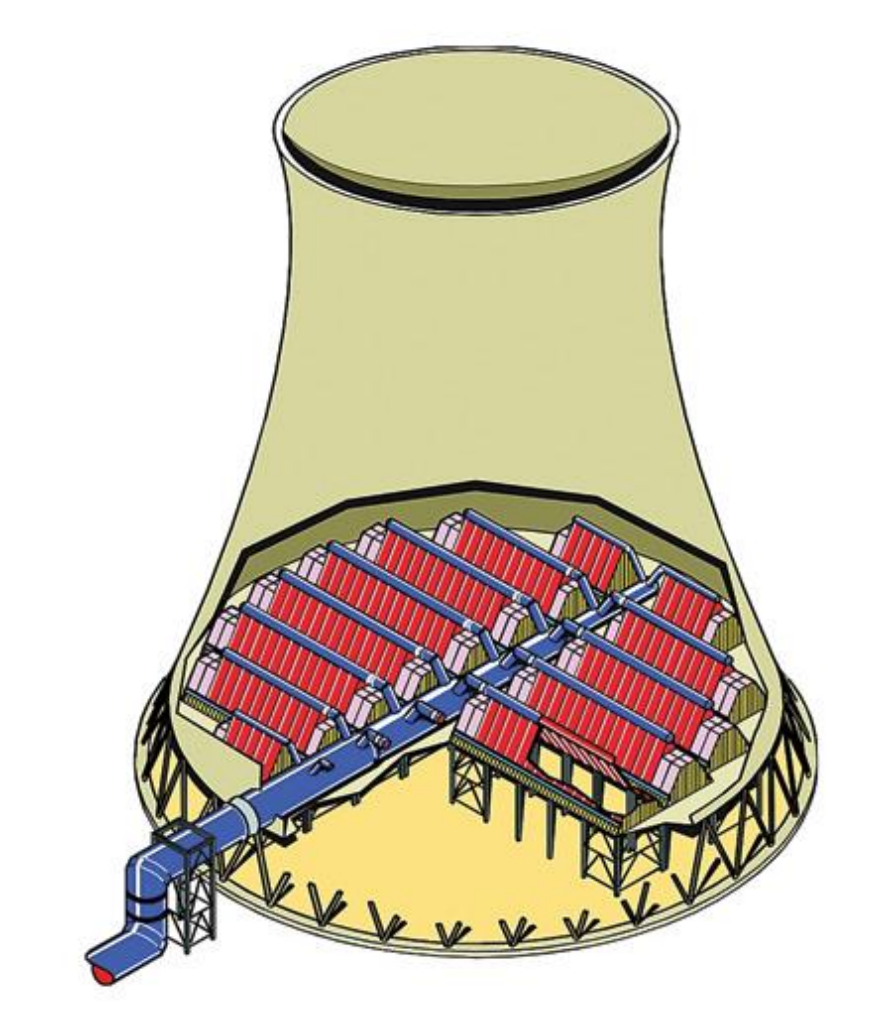
برج خنک کن مرطوب



نکته

- در برج های خنک کننده هرچه اختلاط و سطح تماس آب و هوا بیشتر باشد کارایی برج افزایش می یابد.
- برای افزایش اختلاط و سطح تماس آب و هوا داخل برج، از شبکه هایی از جنس چوب یا مواد دیگر استفاده می شود. به این شبکه ها آکنه یا پرکن گویند.

پرکن ها (پکینگ‌ها)



برای افزایش تبادل حرارتی بین جریان آب و هوا در داخل برج خنک کن از پکینگ‌ها استفاده می‌گردد که با افزایش سطح تماس جریان آب با هوا و همچنین کاهش سرعت جریان آب، در خنک سازی جریان آب نقش مؤثری دارند.

پکینگ‌ها بصورت شبکه‌ای هستند.

انواع برج های خنک کننده تر

۱- استخرهای پاشنده (هدر رفت آب و امکان انباشتگی مواد زاید خارجی زیاد)

۲- برج های خنک کننده اتمسفریک

استفاده از وزش باد، تماس آب و هوا متقاطع یا موازی، ارتفاع بلند و نیاز به پمپ قوی. در دو نوع فاقد آکنه و آکنه دار می باشد. اتلاف آب توسط هوا زیاد

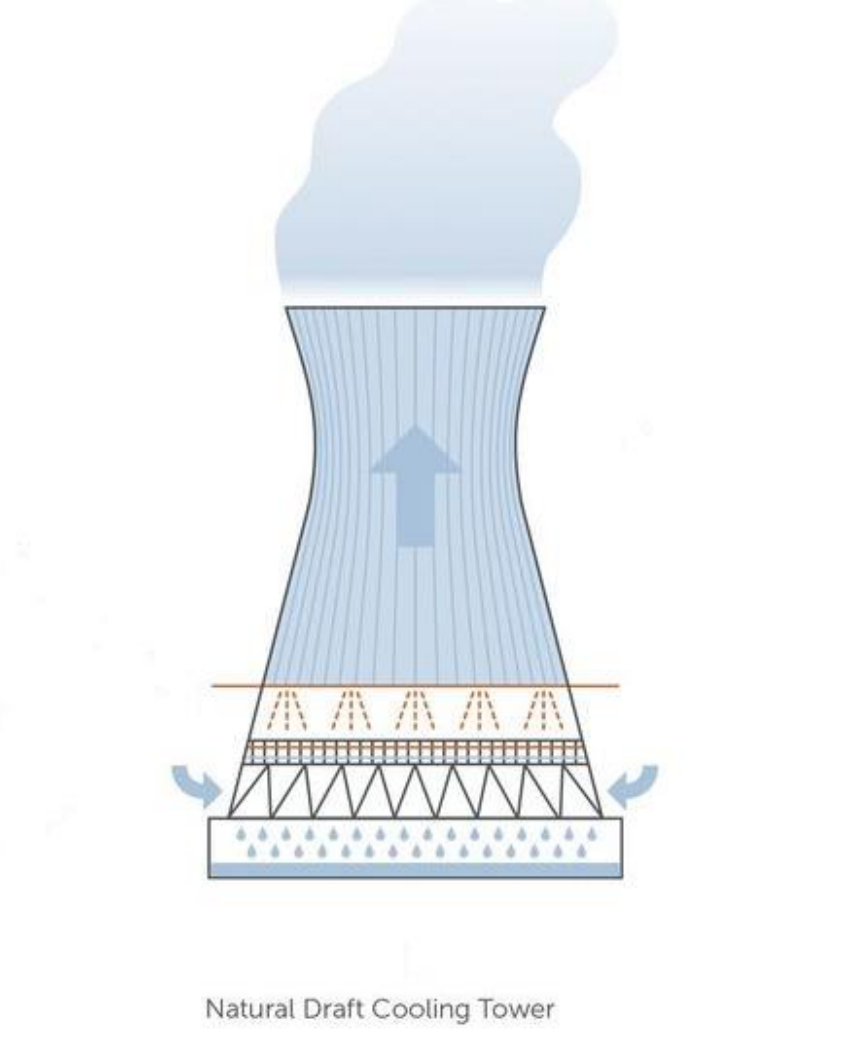
۳- برج های با جریان طبیعی (هوزلولی شکل)

شبیه دودکش، دودکش وظیفه مکش هوا بدرون برج

مزیت: هزینه پایین نگهداری، عملکرد بهتر

عیب: هزینه اولیه زیاد و دشواری کنترل دمای آب خروجی از آن

برج خنک کن بدون فن (طبیعی)



جریان هوا در این نوع برجهای خنک کن در اثر یک عامل طبیعی مانند اختلاف جرم حجمی بوجود می آید.

ارتفاع برج در این حالت به ۲۰۰ متر می‌رسد.

۴- برج های خنک کننده مکانیکی

- از فن های قوی بعنوان دمنده یا مکنده استفاده می شود.
- این دسته از برج ها نیاز به فضای کمی داشته و بدلیل ارتفاع کم نیاز به پمپ قوی نمی باشد.
- داخل این برجها آکنه است.
- عیب این برجها: سروصدای زیاد و بالا بودن قیمت راه اندازی و نگهداری آنها

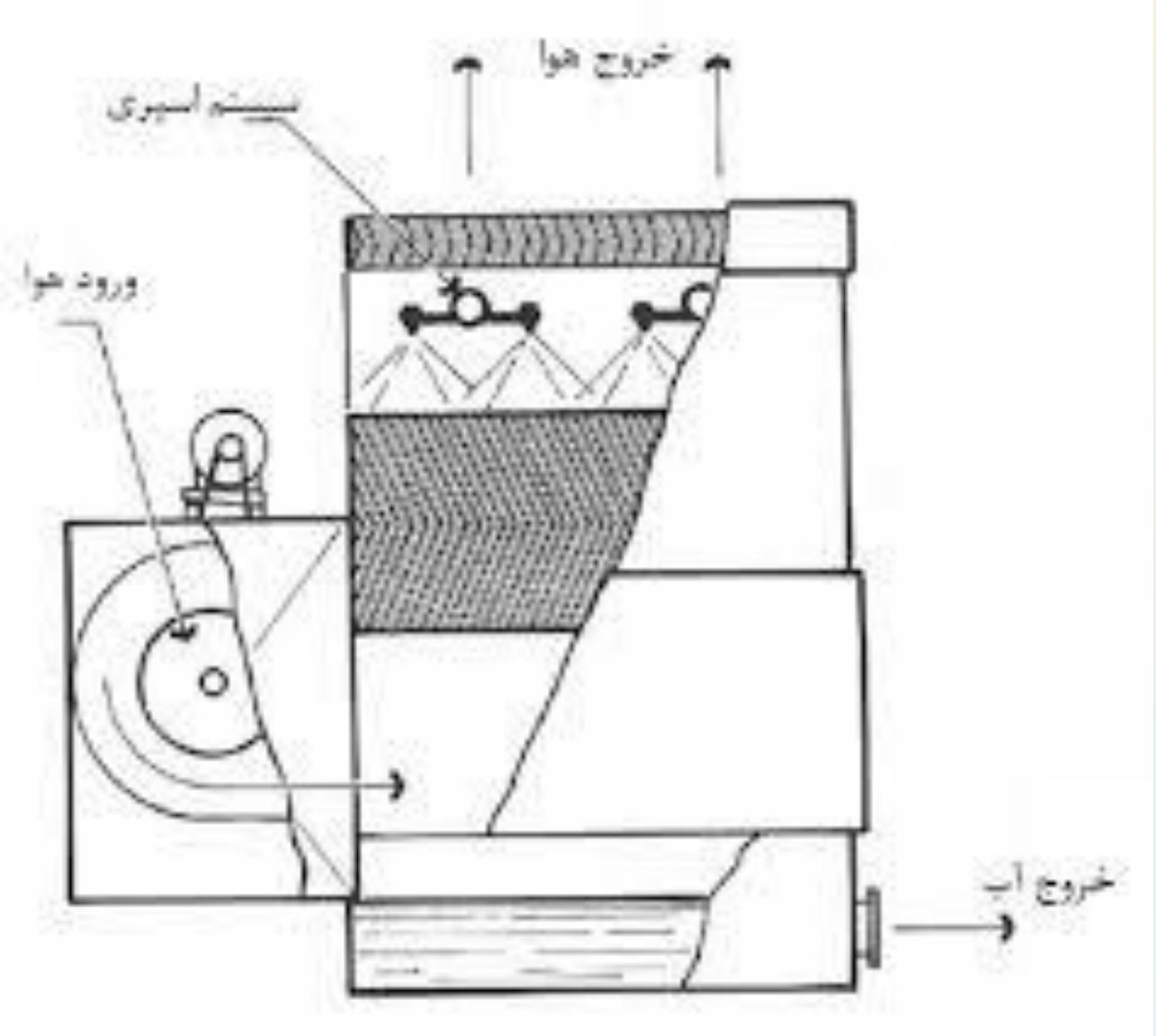
۱- برج های دمنده

فن در قسمت پایین است و هوا از این ناحیه به بالای برج می رود

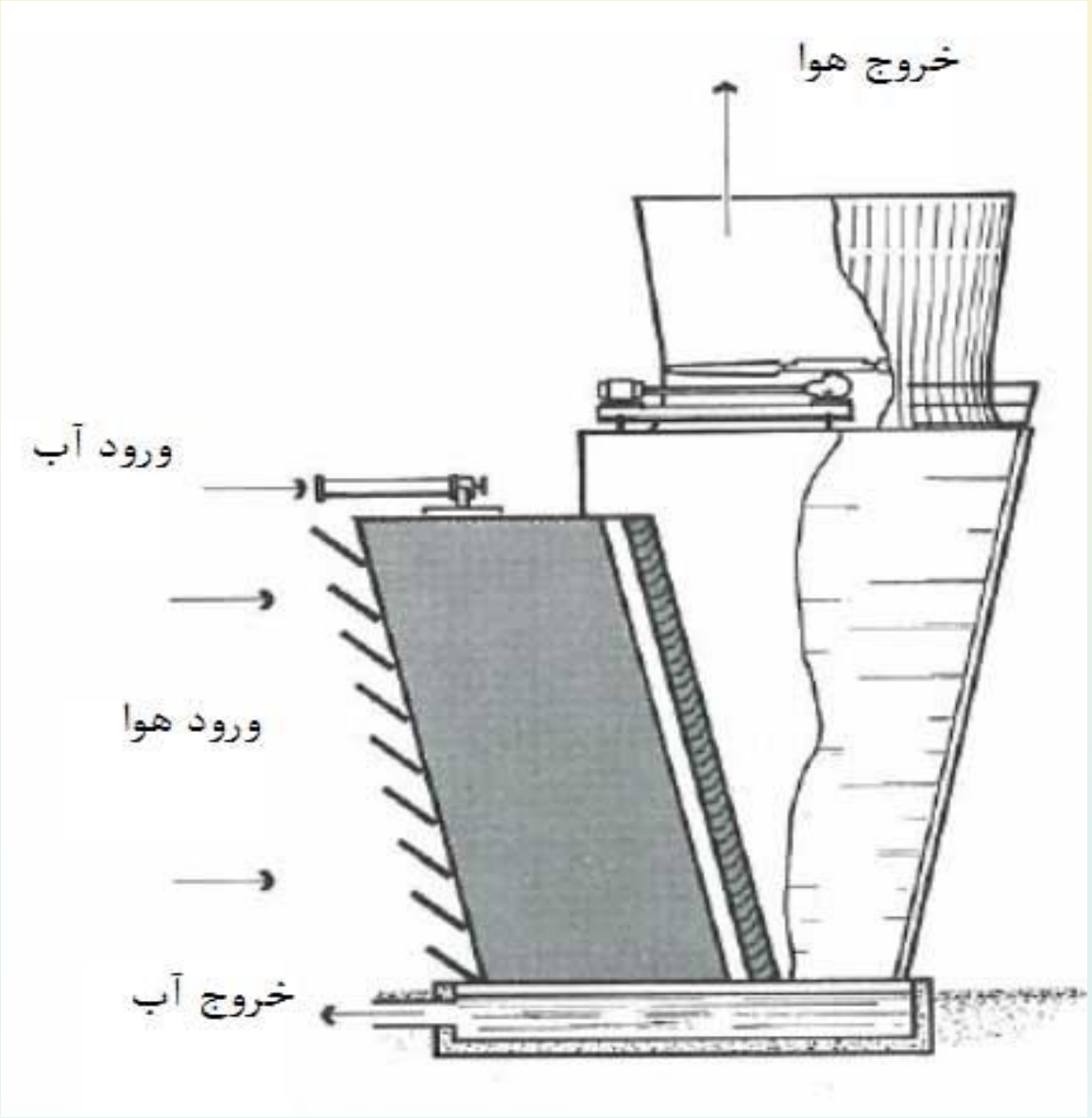
۲- برج های مکنده

فن قوی در بالای برج است و هوا از مجاری پایین بداخل کشیده شده و در تماس با آب قرار می گیرد

برج مکانیکی دمنده



برج مکانیکی مکنده



کوره ها

کوره چیست؟

- کوره ها تجهیزاتی هستند که انرژی گرمایی ناشی از احتراق یک سوخت را به یک سیال منتقل می نمایند. این سیال می تواند آب، نفت خام، هیدروکربن های مختلف و یا انواع روغن ها باشد.

پارامترهای مهم در زمینه طراحی و ساخت انواع کوره ها

- بالا بردن هرچه بیشتر راندمان
- افزایش بیش از پیش ایمنی
- ساده سازی
- قابلیت استفاده از سوخت های مختلف

کاربردهای کوره ها در صنایع:

☜ کوره ها در صنایع و به خصوص صنایع نفت و صنایع شیمیایی معدنی نظیر سیمان کاربردهای ویژهای دارند.

❖ **جوش آور های برج تقطیر**:

بخشی از مایع خروجی پایین باید به حالت بخار در آمده باشند و دوباره به درون برج باز گردد. این عمل در ریبویلر یا جوش آور برج صورت می گردد. ریبویلر برج می تواند یک کوره باشد تا حرارت لازم برای تبخیر از طریق احتراق سوخت در کوره تامین گردد.

❖ **پیش گرم کن خوراک برج های تقطیر**:

در برخی از عملیات های تقطیر نیاز است که خوراک قبل از ورود به برج گرم گردد. به عنوان مثال در پالایشگاه ها قبل از ورود نفت خام به برج تقطیر آن را گرم می نمایند. عمل گرمایش اولیه خوراک در کوره ها صورت می گیرد.

❖ **پیش گرم کن خوراک راکتورها** :

در برخی از واکنش های شیمیایی که در راکتورها صورت می گیرد بنا به دلایل عملیاتی و نیز ماهیت واکنش لازم است که خوراک ورودی به راکتور در ابتدا گرم گردد. پیش گرمایش خوراک راکتورها نیز می تواند در کوره صورت گیرد.

❖ **گرمایش سیالات انتقال حرارت**:

در بسیاری از مراحل یک کارخانه اعم از شیمیایی یا غیر شیمیایی در صورتی که نیاز به انرژی گرمایی باشد به جای استفاده مستقیم از گرمای حاصل از احتراق، ابتدا توسط کوره سیالاتی نظیر آب یا روغن را گرم می کنند و سپس انرژی گرمایی را با توزیع این سیالات در شبکه به محل های مورد نظر منتقل می نمایند.

❖ **گرمایش برش های سنگین نفتی**:

جهت جابجایی برش های سنگین نفتی اغلب لازم است برای سهولت این عمل ویسکوزیته برش تا حد مشخصی کاهش یابد. برای کاهش ویسکوزیته برش های نفتی از گرمایش آن با استفاده از کوره بهره گرفته می شود.

❖ پخت کلینکر سیمان:

در صنعت سیمان مواد خام جهت پخت و کلسینه شدن وارد کوره دوار می گردند. در اثر اعمال حرارت ناشی از احتراق سوخت، عملیات پخت و تولید کلینکر صورت می گیرد.

انواع کوره:

- تنوع در طراحی و ساخت کوره بسیار زیاد است.
- ساده ترین نوع کوره شامل یک محفظه احتراق است که در آن لوله های حاوی سیال گرم شونده در امتداد دیواره محفظه چیده شده و حرارت از طریق تشعشع به این لوله ها منتقل می گردد.

پارامترهای مهم در طراحی و ساخت کوره ها

راندمان حرارتی

کاربری آسان و ایمن

ظرفیت های مختلف

انواع کوره ها

- کوره های شعله مستقیم یا تابشی
- کوره های جابجایی
- کوره های با لوله های آتشین

کوره های با شعله مستقیم

- در دو شکل استوانه ای و کابینی ساخته می شوند.

کوره های شعله مستقیم استوانه ای

- این نوع از کوره ها در صنایعی نظیر سیمان و پالایش نفت کاربرد دارد.
- کوره استوانه ای مورد استفاده در صنعت سیمان به نام کوره دوار معروف است.
- این کوره با سرعت کم حول محور طولی خود می چرخد. دراین کوره با استفاده از شعله مستقیم کلینکر سیمان پخت می شود.

  لوله های حاوی سیال به صورت عمودی کنار دیوار کوره قرار دارند. در درون این کوره یک یا چند مشعل قرار می گیرد. جداره درونی کوره های با شعله مستقیم را با آجر های نسوز می پوشانند.

  در کوره هایی که برای گرمایش سیال به کار می روند علاوه بر قسمت تشعشع، عمده انتقال حرارت به واسطه جایجایی و جریان یافتن گازهای حاصل از احتراق در روی لوله ها صورت می گیرد.
- در این ناحیه معمولا لو له هارا به صورت افقی می چینند.

- **کو ره های شعله مستقیم کابیتی**

در این دسته از کوره های شعله مستقیم، طول محفظه از ارتفاع آن بیشتر بوده مشعل ها در پایین در دو طرف کوره نصب می شوند.

لوله های حاوی سیال به صورت افقی در کنار دیواره محفظه چیده می شوند.

- **کوره ها ی لوله آتشین:**

در کوره های لوله آتشین بر خلاف کوره های قبلی که سیال داخل لوله و شعله و گاز های احتراق داخل پوسته بودند، سیال تحت گرمایش در درون پوسته جریان داشته و گاز های حاصل از احتراق در درون لوله جریان دارد

پایان

وَ العاقِبَةُ لِلمُتّقِين