2-1- شرح و توصیف

یکی از مهمترین فرایندهایی که در صنایع مربوط به نفت انجام می‌شود، جداسازی‌های اجزای موجود در یک ترکیب است که هر کدام از این اجزاء می‌توانند ارزش بسیار بالایی در مقایسه با ترکیب اولیه داشته باشند.

اگر مخلوطی که جداسازی می‌شود همگن باشد جداسازی می‌تواند تنها با افزودن و یا ایجاد فاز دیگری در سیستم انجام شود. به عنوان مثال در جداسازی یک مخلوط گازی، فاز دیگر می‌تواند به وسیله چگالش جزئی انجام شود. بخار حاصل از چگالش جزئی، غنی از ترکیبات فرار و مایع حاصله غنی از ترکیبات با فراریت کمتر خواهد بود. به عنوان یک روش دیگر به جای تولید یک فاز اضافی می‌توان به مخلوط گازی فاز جدیدی نظیر یک حلال را افزود که به طور انتخابی یکی یا چند تا از ترکیبات مخلوط را در خود حل کند. در اینجا یک مرحله جداسازی دیگری خواهیم داشت تا حلال را از سیال حل شده در آن جدا کرده و برای استفاده مجدد به دستگاه جداساز برگردانیم. در صورتیکه یک مخلوط ناهمگن داشته باشیم، جداسازی می‌تواند به طور فیزیکی و با استفاده از تفاوت دانسیته بین فازها انجام گیرد.

جداسازی برای مخلوط‌های زیر صورت می‌گیرد:

1- جداسازی مخلوط‌های ناهمگن

2- جداسازی مخلوط‌های همگن

جداسازی فازهای مختلف یک مخلوط ناهمگن باید قبل از جداسازی مخلوط‌های همگن انجام گیرد زیرا این جداسازی هم ساده بوده و هم باعث تسهیل در جداسازی همگن خواهد شد.

روش‌های جداسازی ممکن است به صورت پیوسته، نیمه‌پیوسته و غیرپیوسته صورت گیرد.

جداسازی فازی که احتمالاً باید انجام گیرد عبارتند از:

- بخار/ مایع، مایع/ مایع، جامد/ مایع، جامد/گاز و جامد/ جامد.

که از حالات بالا بخار/ مایع، مایع/ مایع، که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند، مورد بررسی قرار می‌گیرند.

دستگاه‌های بکار رفته در عملیات گاز/مایع به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- دستگاه‌هایی که در آنها گاز پراکنده می‌شود:

در این گروه مخازنی که در آنها حباب گاز ایجاد می‌شود و یا مخزن مجهز به همزن و انواع برج‌های سینی‌دار را می‌توان نام برد. در این دستگاه‌ها فاز گاز به صورت حباب یا کف در فاز مایع پراکنده می‌شوند.

- دستگاه‌هایی که در آنها فاز مایع پراکنده می‌شود:

این گروه شامل دستگاه‌هایی می‌شود که در آنها مایع به صورت یک فیلم نازک و یا به صورت قطره‌ای درآمده و در فاز گاز پراکنده می‌شود. در این میان برج‌های دیواره مرطوب، برج‌های پاششی و پاشنده‌ها و نیز ستون‌های پر شده را می‌توان نام برد. ستون‌های پر شده مهمترین نوع دستگاه‌های این گروه به حساب می‌آیند.

Scanned by CamScanner

معمولاً برج‌های جداسازی، بر اساس عملیات انتقال جرمی که بین فازها انجام می‌شود و بیشتر در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند.

الف - برج‌های تقطیر

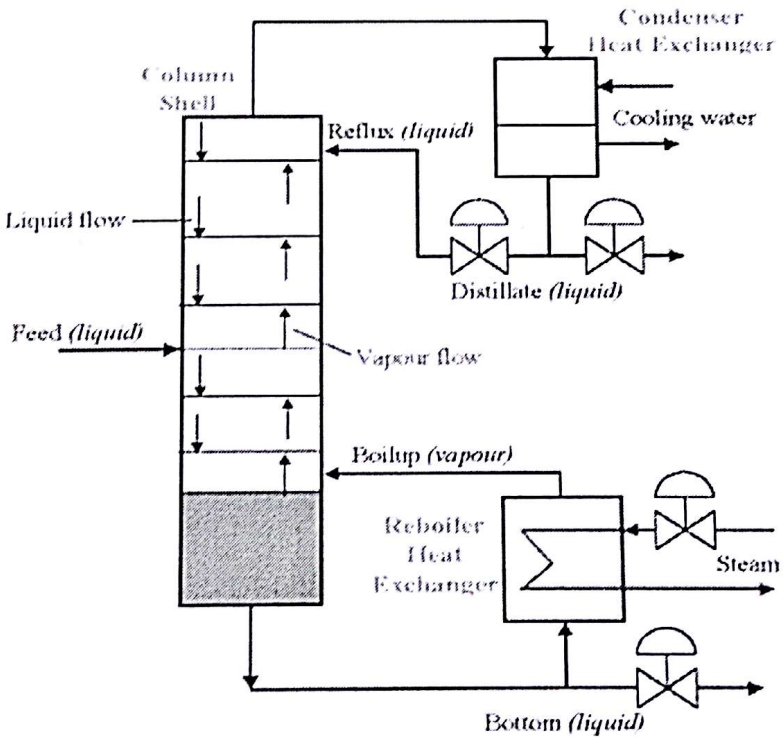
ب - برج‌های استخراج

ج - برج‌های جذب و دفع

ابتدا هریک از فرایندهای تقطیر، استخراج و جذب و دفع معرفی و سپس در مورد برج‌ها و دستگاه‌های بکار برده شده در آنها توضیحاتی داده شود.

2-1-1- تقطیر

متداولترین روش، تبخیر و چگاش مکرر یا عمل تقطیر Distillation میباشد(شکل 2-1).



شکل 2-1-- فرایند تقطیر

مزیتهای عمده تقطیر عبارتند از :

- توانایی عملکرد در دامنهٔ وسیعی از حجم خوراک ورودی(بسیاری از روشهای تقطیر، تنها در مقادیر کم خوراک ورودی بکار می‌روند).

- توانایی عملکرد در دامنهٔ وسیعی از غلظتهای خوراک (بعضی از روشهای تقطیر می‌توانند حتی با خوراک نسبتاً خالص عمل کنند).

Scanned by CamScanner

- توانایی تولید محصول با خلوص بالا(البته بسیاری از روشهای تقطیر فقط یک جداسازی نسبی را انجام می‌دهند و نمی‌توان محصول 100٪ خالص تولید کنند).

عمده حالاتی که مناسب نیست از عمل تقطیر در آنها استفاده شوند عبارتند از:

- جداسازی مواد با وزن مولکولی کم: مواد با وزن مولکوای کم در فشار بالا تقطیر می‌شوند تا دمای چگالش آنها افزایش یافته ، چنانچه ممکن شود از آب خنک) (Cooling Water و یا هوای خنک در کندانسور (Condenser) برج استفاده شود. مواد با وزن مولکولی کم نیاز به یک مبرد در کندانسور دارند. این عمل افزایش قابل ملاحظه‌ای در هزینه عملیاتی دارد چراکه مبرد بسیار گران است. جذب) (Absorption و جذب سطحی (Adsorption)و جداکننده‌های غشای گاز، روشهای معمولی برای جداسازی مواد با وزن مولکولی کم هستند.

- جداسازی مواد با وزن مولکولی بالا و حساس به حرارت: مواد با وزن مولکولی بالا اغلب نسبت به حرارت حساس هستند و از این رو معمولاً تحت خلا تقطیر می‌شوند تا نقطه جوششان کاهش یابد.

- جداسازی ترکیبات با غلظت بسیار کم: تقطیر برای این منظور روش مناسبی نیست. جذب سطحی و جذب دو روش موثر در این حالت هستند.

- جداسازی دسته‌ای، از ترکیبات: اگر قرار باشد دسته‌ای از ترکیبات جداشوند (به طور مثال یک مخلوط ترکیبات حلقوی Aromatics از مخلوط زنجیره‌ای Aliphatic)، تقطیر تنها می‌تواند بر اساس اختلاف نقاط جوش و بدون توجه به نوع ترکیبات عمل جداسازی را انجام دهد. استخراج مایع-مایع می‌تواند برای جداسازی دسته‌ای از ترکیبات بکار رود.

- مخلوط با فراریت نسبی کم یا آنها که رفتار همجوش یا آزوتروپ) (Azeotropic از خود نشان می‌دهند. در این حالت از تقطیر استخراجی یا تقطیر آزوتروپیک، تشکیل بلور (Crystallization) و استخراج مایع- مایع می توان استفاده کرد.

- جداسازی مایع فرار از یک ترکیب غیر فرار: این فرایند به طور معمول توسط تبخیر و خشک کردن انجام می گیرد.

2-1-2- عوامل موثر بر تقطیر

مهمترین عوامل عبارتند از :

1- فشار عملیاتی 2- میزان مایع برگشتی 3- حالت خوراک ورودی

2-1-2-1- فشار عملیاتی

وقتی فشار بالا می‌رود:

Scanned by CamScanner

- جداسازی بسیار مشکل می‌شود(فراریت نسبی کاهش می‌یابد)؛ یعنی به سینی‌ها و یا جریان برگشتی بیشتری نیاز است.
- گرمای نهان تبخیر کاهش می‌یابد. یعنی بار حرارتی جوش‌آورها و کندانسورها کمتر می‌شود.
- دانسیته بخار افزایش می‌یابد و لذا قطر ستون تقطیر کمتر خواهد شد.
- دمای جوش‌آور افزایش می‌یابد. این افزایش به کمک تجزیه حرارتی مواد تبخیر شده و افزایش رسوب در لوله‌ها تعیین می‌شود.
- دمای کندانسور افزایش می‌یابد.

بدیهی است وقتی فشار کاهش می‌یابد این اثرات برعکس خواهد شد. اغلب حد پایین فشار برای اجتناب از موارد زیر تعیین می‌گردند:

- عملیات تحت خلا
- عملیات کندانسور در زیر دمای محیط

هر دو عملیات تحت خلا و استفاده از سیستم برودت‌ساز باعث افزایش هزینه می‌شود. برای اجتناب از این حالت، چنانچه محدودیتهای فرایند اجازه دهند، باید:

- فشار به گونه‌ای تنظیم شود تا نقطه جوش محصول بالای برج $10^{\circ}C$ بیشتر از دمای آب خنک‌کن در تابستان باشد تا از عملکرد کندانسور در زیر دمای محیط پرهیز شود.
- فشار در حد اتمسفر تنظیم شود تا از تقطیر در خلا جلوگیری شود.

2-1-1-2- میزان مایع برگشتی (Reflux Ratio)

هرچقدر میزان مایع برگشتی بیشتر شود طول ستون کوتاه‌تر و تعداد سینی‌ها کمتر خواهد شد ولی بار حرارتی کندانسور و جوش‌آور افزایش می‌یابد.

2-1-1-3- شرایط خوراک ورودی

این متغیر از اهمیت کمتری برخوردار می‌باشد. اگر خوراک زیر نقطه جوش باشد تعداد سینی‌های بالای سینی خوراک را کاهش می‌دهد اما سینی‌ها بخش پایینی سینی خوراک را افزایش می‌دهد ونیاز بیشتری به حرارت در جوش‌آور را دارد اما در کندانسور به سرمایش کمتری نیاز می‌باشد.

خوراکی که به صورت تبخیر شده باشد عکس این ویژگی‌ها را دارد.

2-1-2- جذب و دفع

جذب گاز فرایندی است که در آن یک مخلوط گازی در تماس با یک حلال مایع قرار می‌گیرد تا به طور انتخابی یک یا چند جزء مورد نظر از مخلوط گازی را در خود حل کند. اغلب فرایندهای جذب به یک ماده خارجی نیاز دارند که به فرایند وارد شده و به عنوان حلال مایع عمل می‌نماید. نظر به اینکه اصول فرایندهای جذب و دفع یکسان است هردو فرایند به طور همزمان بررسی می‌شود.

Scanned by CamScanner

دبی مایع و گاز، درجه حرارت و فشار متغیرهای مهمی هستند که باید تعیین شوند.

هرچقدر ضریب جذب بزرگتر باشد به عنوان مثال با افزایش مقدار مایع ، طول ستون جذب یا تعداد سینی‌های مورد نظر برای جذب کاهش می‌یابد.

درجه حرارت: در جذب کاهش دما حلالیت جزء مورد نظر(گاز) را در مایع افزایش می‌دهد.یعنی در جذب کاهش دما و در دفع افزایش دما مطلوب خواهد بود.

فشار: فشار بالا منجر به افزایش حلالیت ماده حل شونده(گاز) در مایع می‌شود.یعنی در جذب افزایش فشار و در دفع کاهش فشار مطلوب خواهد بود(عکس دما).

یکی از مهمترین مباحث مربوط به برج‌های جذب انتخاب حلال می‌باشدکه بر اساس معیارهای زیر صورت می گیرد:

1-حلالیت گاز: حلالیت گاز در حلال مایع باید بالا باشد تا شدت جذب گاز زیاد و مقدار مصرفی حلال مورد نیاز کم شود. معمولاً حلالی که از نظر طبیعت شیمیایی مشابه ماده حل شونده باشد، امکانات زیادی را جهت انحلال حل شونده فراهم می‌سازد.

2-فراریت: فشار بخار باید کم باشد، زیرا گاز خروجی از یک فرایند جذب معمولاً از بخار حلال اشباع است و لذا اتلاف حلال در صورت بالا بودن فشار بخار آن زیاد خواهد بود.

3-قیمت: حلال نباید گران‌بها باشد تا اتلاف آن هزینه زیادی را ایجاب نکند و به علاوه به آسانی تهیه شود.

4-ویسکوزیته: کم بودن ویسکوزیته به دلایل تسریع به سرعت جذب، افت فشار کم در تلمبه کردن و خواص مفید در انتقال حرارت، ترجیح داده می‌شود.

5-خواص متفرقه: حلال در صورت امکان نباید سمی و آتش‌گیر باشد. باید از نظر شیمیایی پایدار بوده و نقطه انجماد آن نیز پایین باشد. همچنین خاصیت خورندگی بالایی نداشته باشد.

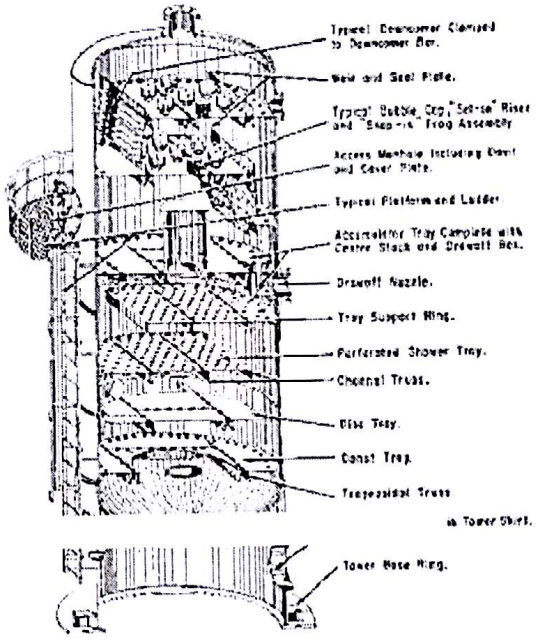
2-1-3- استخراج

در استخراج مایع- مایع مانند تقطیر، دو فاز را باید در تماس با یکدیگر قرار داد تا عمل انتقال جزء مورد نظر انجام شده و سپس جداسازی صورت می‌گیرد. در تقطیر عمل اختلاط و جداسازی آسان و سریع است. اما در استخراج، چون چگالی دو فاز نزدیک به یکدیگر می‌باشد برای اختلاط و جداسازی نیروی محرکه کمی در دسترس است. در این حالت عمل مخلوط کردن دو فاز مشکل و جداسازی آنها مشکلتر است. ویسکوزیته هر دو فاز نسبتاً بالا و سرعت حرکت مواد در بیشتر قسمتهای دستگاه‌های استخراج پایین است. در نتیجه در بسیاری از دستگاه‌های استخراج، نیروی محرکه لازم برای اختلاط و جداسازی با روشهای مکانیکی تامین می‌شود.

محصول استخراج ممکن است سبکتر یا سنگینتر از محصول پس‌ماند باشد در نتیجه محصول استخراج در بعضی از دستگاهها از قسمت فوقانی و در بعضی دیگر از قسمت تحتانی دستگاه خارج می‌شود. اگر به بیش از

Scanned by CamScanner

یکبار تماس بین مایعات نیاز باشد، عملیات تکرار می‌شود. اما وقتی تعداد کمیت‌ها زیاد و نیاز به چند بار تماس باشد، از جریان پیوسته استفاده می‌شود.



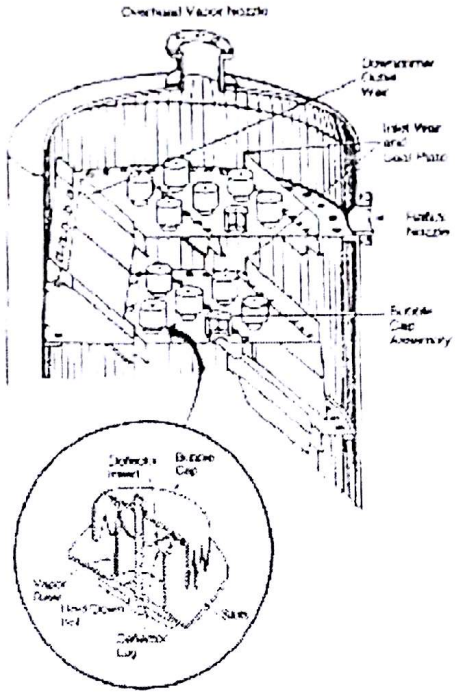
شکل 2-2 یک برج تقطیر همراه قسمت های داخلی آن

2-2- برج‌های تقطیر(Distillation Columns)

اساس کار برج‌ها افزایش سطح تماس بین فازها می‌باشد که این افزایش ممکن است توسط سینی یا پرکن تامین شود. چگونگی تماس گاز و مایع بسته به نوع وسیله متفاوت است. در برخی از برج‌های پرشده برای بهبود توزیع و افزایش سطح، هر بستر پرکن را روی یک سینی قرار می‌دهند. در برخی از نواع سینی‌ها، مایع صرفاً مانند دوش پایین می‌ریزد و گاز از وراء فیلم مایع عبور می‌کند. در انواع دیگر سینی‌ها، اساس کار تولید حباب و گذراندن آن از داخل لایه‌ای از مایع است.

در ساخت برجها بر حسب شرایط عملیاتی و خوردگی می‌توان از انواع مواد مانند شیشه، فلزات، فلزات با آستر شیشه‌ای، کربن نفوذ ناپذیر و ... استفاده کرد. عموماً شکل برجها به صورت استوانه‌ای است. در برجهای کوچک به منظور تمیز کردن دریچه‌هایی در اطراف آن نصب می‌کنند و در برجهای بزرگ به ازاء هر ده سینی، یک راه ورود(Man way) (به برج در نظر گرفته می‌شود. سینی‌ها عموماً از ورق‌های فلزی و در صورت لزوم از آلیاژهای بخصوص ساخته می‌شوند. ضخامت سینی‌ها با توجه به میزان خوردگی مجاز تعیین می‌شود. برای جلوگیری از حرکت سینی در اثر تغییرات حرکت گاز، سینی‌ها به بدنه برج وصل شده ونیز از میله‌های

Scanned by CamScanner



شکل 2-3- قسمتی از یک برج

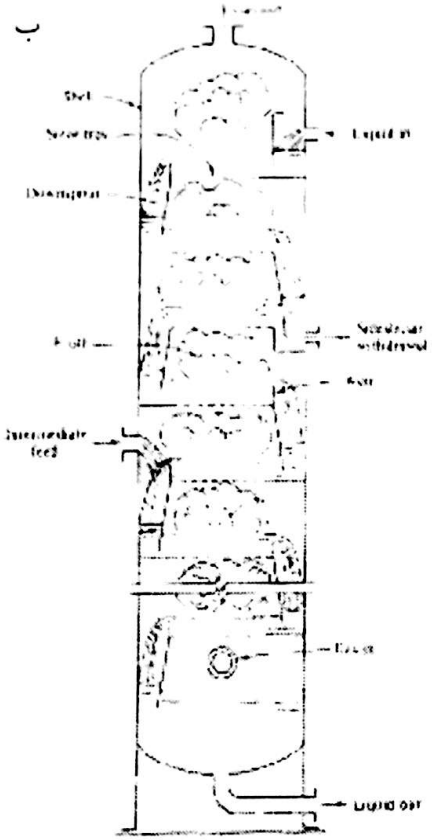
نگه‌دارنده در زیر آنها استفاده میشود. در نصب سینی‌ها فاصله کافی بین بدنه برج وسینی به منظور پیش‌بینی انبساط حرارتی در نظر گرفته می‌شود. در نصب سینی‌ها از حلقه‌های محافظ سینی استفاده می‌شود. بر روی حلقه‌ها شکاف‌هایی وجود دارد که از طریق آنها سینی به حلقه پیچ می‌شود. سینی‌های بزرگ چند تکه ساخته می‌شوند تا در هنگام تعمیر و تمیز کردن بتوان به آسانی از یک سینی به سینی دیگر راه یافت. سینی‌ها باید حداکثر با اختلاف mm6 در دو انتها تراز شوند تا توزیع مایع روی سینی به درستی انجام گیرد. انتقال مایع از یک سینی به سینی پایین‌تر آن از طریق مجرای ریزش مایع انجام می‌گیرد. این مجرا ممکن است به صورت یک لوله و یا ترجیحاً قسمتی از خود سینی باشد که به کمک یک صفحه عمودی مجرایی را تشکیل می‌دهد. شکل 2-2 ساختار داخلی یک برج را نشان می‌دهد.

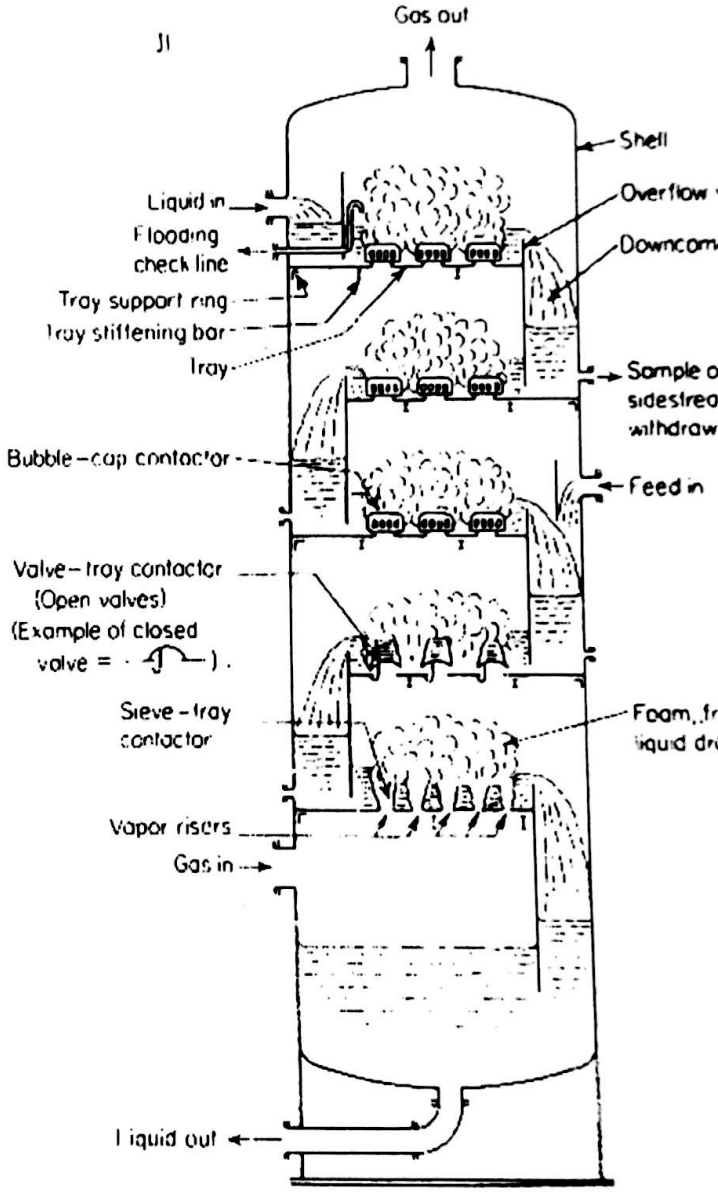
2-2-1- برج‌های سینی‌دار

برج‌های سینی‌دار مهمترین نوع برج‌هایی هستند که در مراکز مهم صنعتی مانند پالایشگاهها از آنها استفاده می‌شود. لفظ سینی‌دار به این دلیل به این برج‌ها اطلاق می‌شود که داخل برج به فواصل معینی صفحه‌های فلزی سوراخداری که بعداً در مورد آنها بحث می‌کنیم قرار داده شده است. این برج‌ها به ارتفاعهای مختلفی ساخته

Scanned by CamScanner

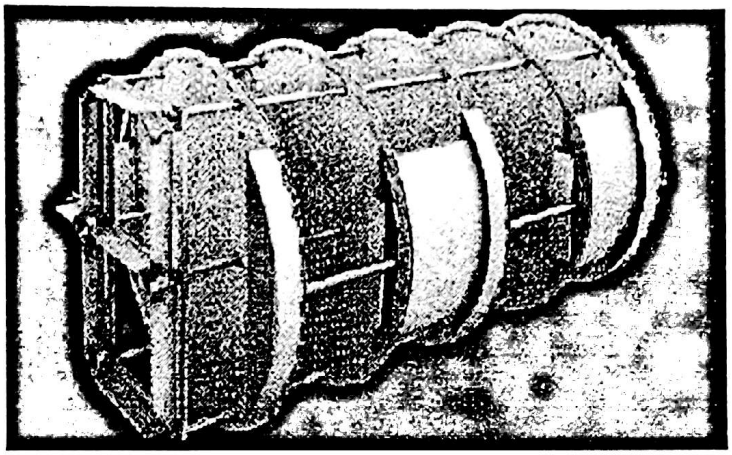
می‌شود که ممکن است از چند متر تا بیش از 50 متر متغیر باشد. قطر این برج‌ها نیز ممکن است تا بیش از 5 متر هم ساخته شود.





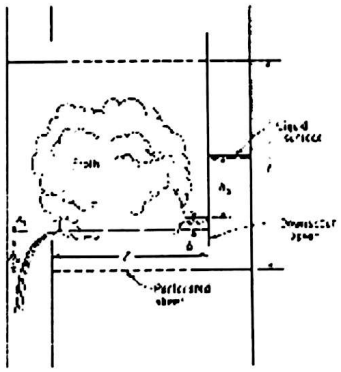
شکل 2-4- الف. برج تقطیر سینی دار(با سینی های متفاوت)
ب. برج تقطیر سینی دار

Scanned by CamScanner



شکل 2-5- تصویری از قسمت‌های داخلی یک برج سینی‌دار به طور افقی

بحث سینی‌ها یکی از گسترده‌ترین مباحث مربوط به برج است که طی سالهای اخیر محققان را بر آن داشته تا سینی‌هایی با شکلها و کاربردهای مختلف طراحی کنند. سینی‌ها را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم کرد که در زیر به این تقسیم‌بندی اشاره می‌کنیم.



شکل 2-6- عملکرد یک سینی در داخل ستون

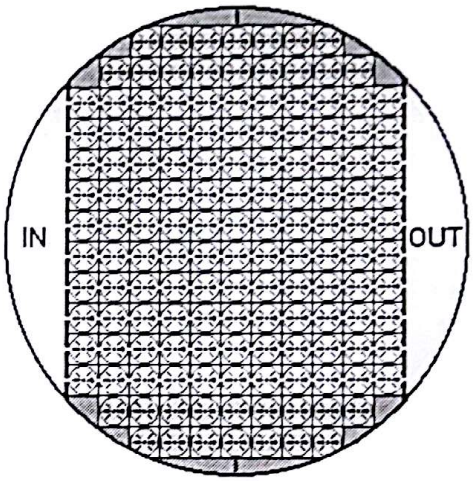
2-2-1-1- سینی‌های غربالی (Sieve Tray)

سینی غربالی عبارت است از یک صفحه مشبک که از سوراخهای آن حبابهای گاز تولید و پس از گذشتن از لایه مایع روی سینی به سمت بالا حرکت می‌کند(شکل 2-7).

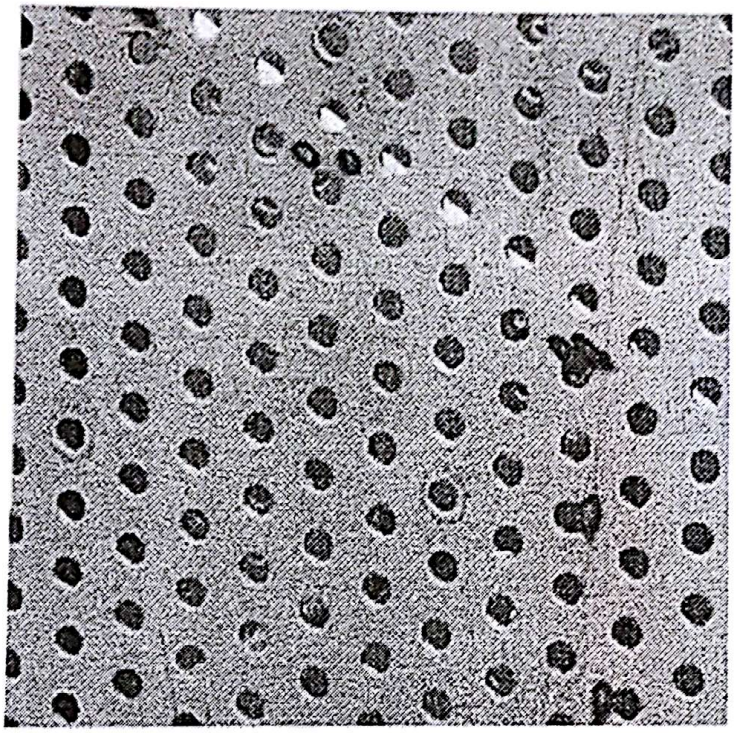
از مزایای این سینی‌ها به می‌توان قیمت ارزان آنها و همچنین ظرفیت بالا در مقایسه با انواع دریچه‌ای(Valve) و فنجانی(Cap) اشاره کرد. مزیت دیگر این سینی‌ها افت فشار کم آنها است که مجموعاً

Scanned by CamScanner

باعث شده که در طراحی‌ها در صورتی که مشکل عمده‌ای در میان نباشد به عنوان اولین انتخاب در نظر گرفته شود.



الف



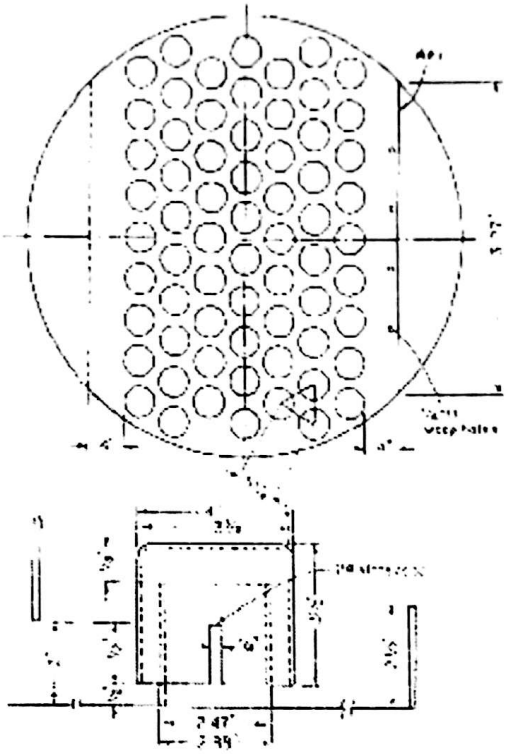
ب

شکل 2-7- الف- یک سینی غربالی
ب- قسمتی از یک سینی غربالی

2-2-1-2- سینی‌های دریچه‌ای (Valve Tray)

این نوع از سینی عبارت است از یک صفحه سوراخدار که هر سوراخ مجهز به یک صفحه کوچک (دیسک) متحرک است. سوراخها و صفحه ممکن است مدور و یا مستطیل‌شکل باشند. در دبی کم بخار، صفحه بر روی سوراخ مستقر شده و آنرا به نحوی می‌پوشاند که مایع چکه نکند. با افزایش دبیِ بخار دریچه در امتداد قائم به طرف بالا حرکت کرده و مجرا را برای عبور بخار باز می‌کند. حرکت قائم صفحه توسط یک قفس یا پایه‌های نگه‌دارنده محدود می‌شود. بعلاوه پایه‌ها و قفس مانع از حرکت افقی دریچه می‌شوند.از مزایای این سینی‌ها می‌توان به قیمت مناسب آن در مقایسه با نوع Cap Tray اشاره کرد. یکی دیگر از مزایای این سینی انعطاف‌پذیری این سینی به تغییرات دبی بخار ورودی است.

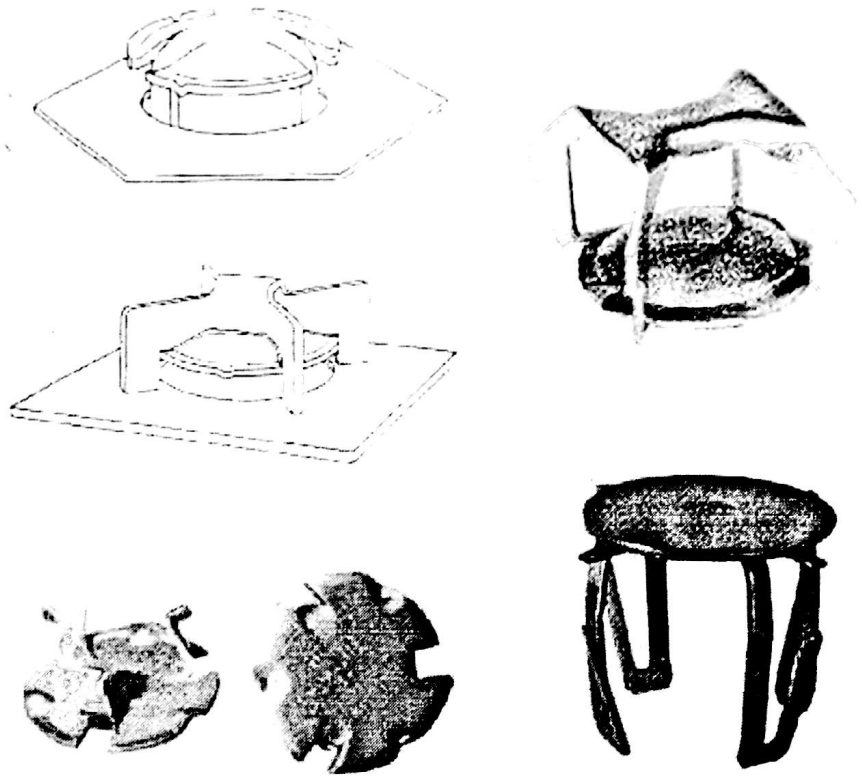
Scanned by CamScanner



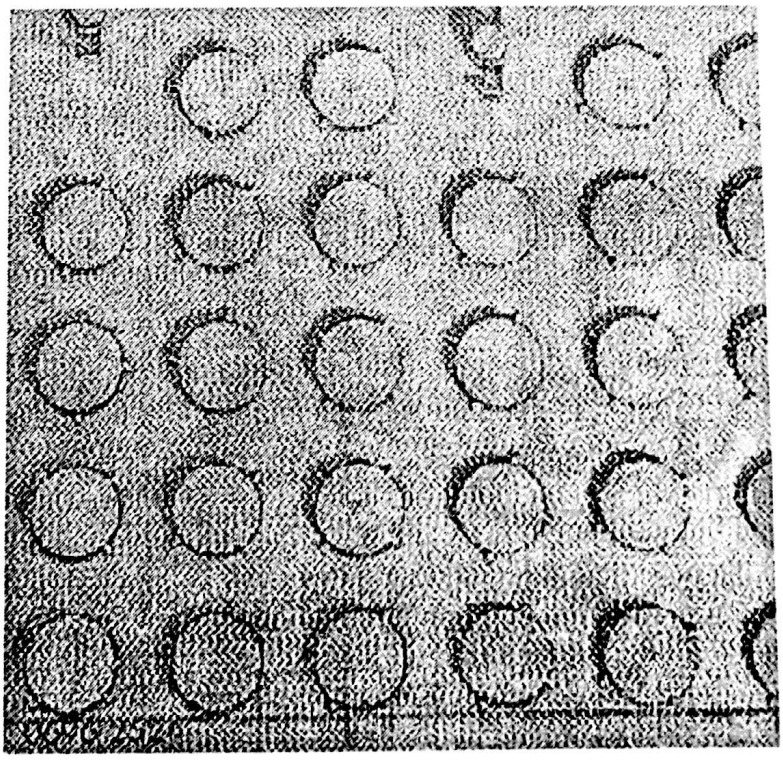
شکل 2- 8- نمونه ای از یک سینی و یک دریچه با جزییات

شکل 2-9-نمایی ازسینی دریچه‌ای

Scanned by CamScanner



شکل 2-10- تعدادی از دریچه‌های موجود



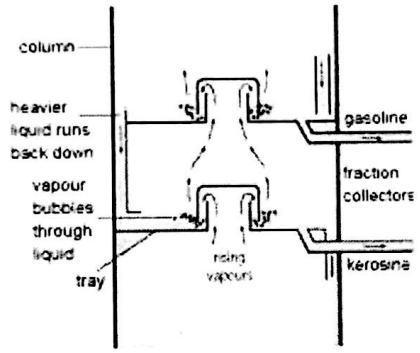
شکل 2-11- نوعی از سینی دریچه‌ای

Scanned by CamScanner

2-2-1-3- سینی‌های فنجانی (Bubble Cap Tray)

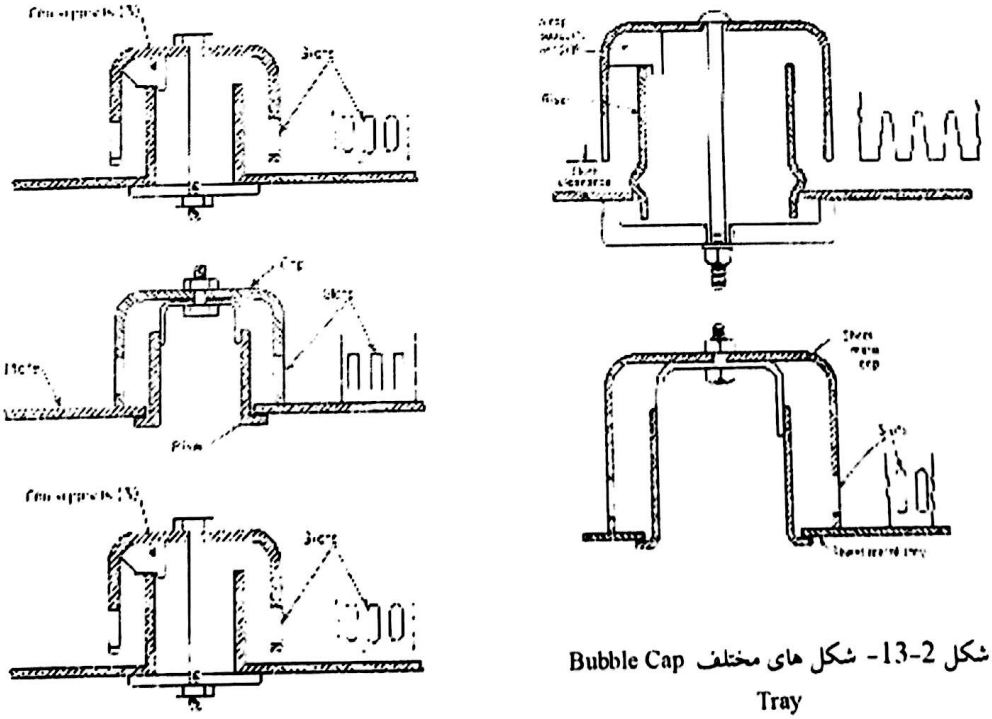
این سینی متشکل از یک صفحه سوراخدار است که روی هر سوراخ یک لوله هدایت گاز به بالا و یک فنجان وارونه وجود دارد. شکلهای متنوعی از این نوع فنجانها به بازار عرضه شده است (شکلهای 13 و 14).

در سینی فنجانی معمولاً لایه‌ای از مایع بر روی سینی باقی می‌ماند و گاز خروجی از زیر فنجان باید از داخل این لایه عبور کند(شکل 2-12).



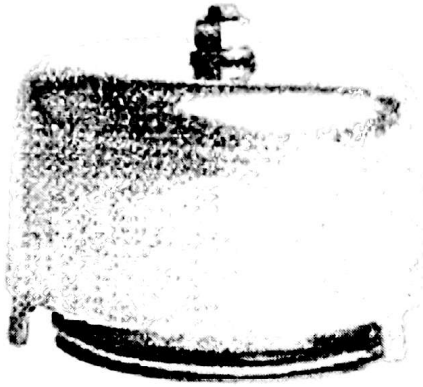
شکل 2-12- نمایی از مسیر عبور گاز در سینی فنجانی

آرایش فنجانها معمولاً به نحوی است که در رئوس یک مثلث متساوی‌الاضلاع قرار می‌گیرند. فنجانها معمولاً به لوله بالابر گاز پیچ شده یا توسط میله‌ای به لوله یا سینی مهار می‌شوند (شکلهای 3 و15). شکافهای روی هر فنجان، مستطیلی با عرض 0/3 تا 0/95 سانتی‌متر و طول 1/3 تا 3/8 سانتی‌متر می‌باشد. فنجانهای عرضه شده به بازار از 2/5 تا 15 سانتی‌متر قطر دارند. از مزایای این سینی‌ها این است که اولاً نشتی مایع از طریق سوراخهای سینی وجود ندارد ، همچنین در دبی‌های بسیار کم گاز به خوبی عمل می‌کند.

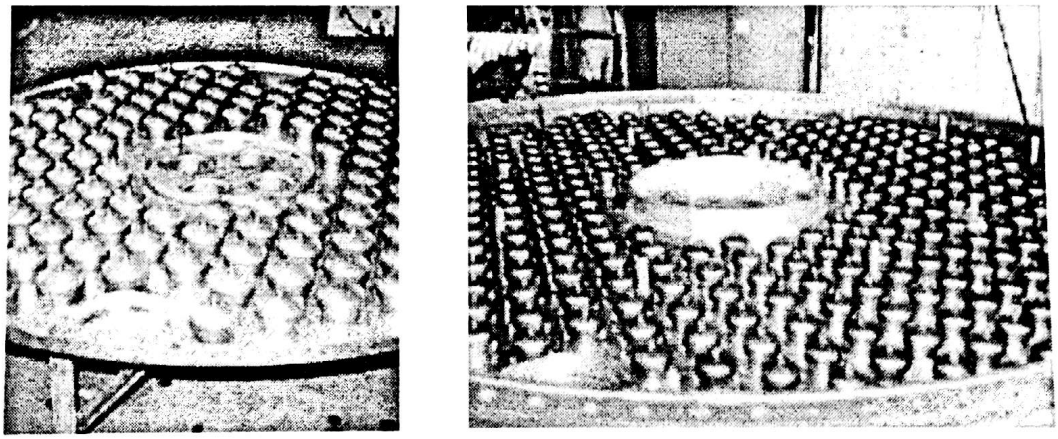


شکل 2-13- شکل های مختلف Bubble Cap Tray

Scanned by CamScanner



شکل 2-14- شکل یک Bubble Cap Tray



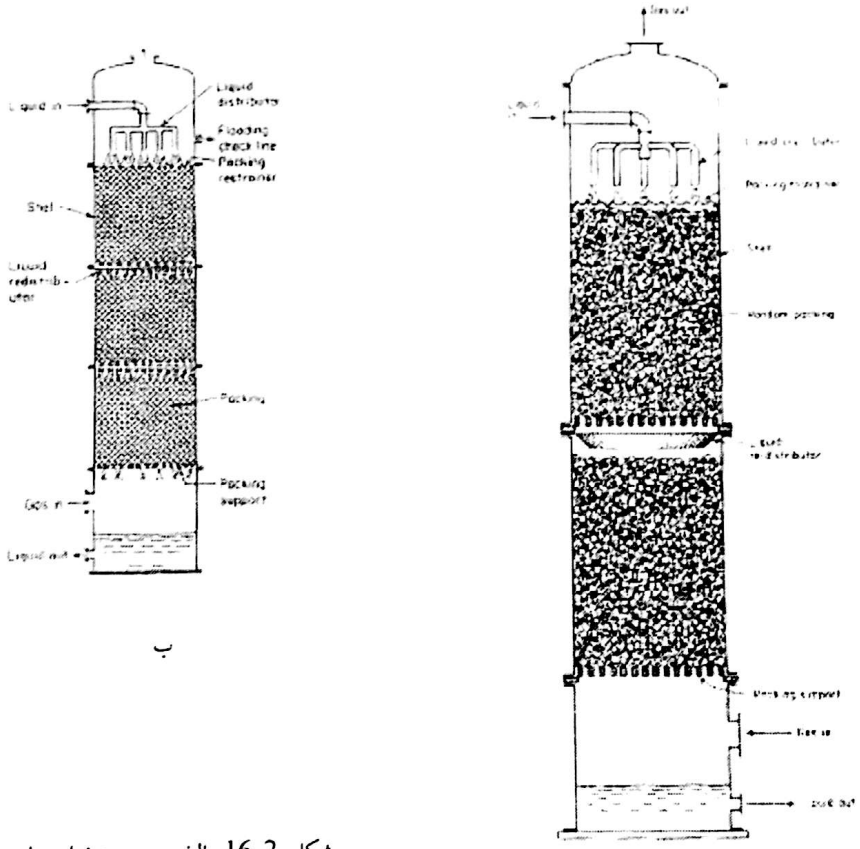
شکل 2-15- شکلهایی از یک سینی فنجانیBubble Cap Tray

2-2-2- برج‌های پرشده(Packed Bed Tower)

طرز کار برج‌های پر شده به همان صورت برج‌های سینی‌دار بوده و تفاوت این دو برج را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:همانطور که گفته شد در برج‌های سینی‌دار در فواصل معین صفحات سوراخداری قرار داده شده که عمل انتقال جرم بین فازها توسط آن تسهیل می‌شود. اما در برج‌های پر شده سینی وجود ندارد بلکه تمام برج از اجسامی با جنس و شکل معین پر شده است که به این اجسام پرکن(Packing) می‌گویند.

پرکن‌ها عموماً بر دو نوع منظم و نامنظم تقسیم‌بندی می‌شوند؛ پرکن‌های منظم طی دو دهه اخیر بازار عرضه شده‌اند که در برخی موارد حتی بر سینی‌ها نیز برتری دارند. در این برج‌ها نیز همانند برج‌های سینی‌دار مایع از بالا و گاز از پایین جریان پیدا می‌کند. توزیع مایع در برج‌های پرکن حائز اهمیت بسیاری است زیرا توزیع

Scanned by CamScanner



ب

الف

شکل 2-16- الف و ب ستونهای های پر شده

ناهمسان موجب خشک ماندن برخی قسمت‌های بستر و در نتیجه کاهش راندمان تماس گاز-مایع می‌شود.به همین خاطر انواع بسیار متنوعی از توزیع کننده‌ها توسط سازندگان ساخته و به بازار عرضه شده است. جهت نگه داشتن بستر پرکن یک سینی زیرین و برای جلوگیری از انبساط بستر یک سینی بالایی در برج‌های پرکن تعبیه می‌شود(شکل 17).

همانطور که گفته شد پرکن‌ها بر دو نوع منظم و نامنظم تقسیم‌بندی می‌شوند که نوع منظم آن دارای مزایای زیر است:

-افت فشار بسیار کمتر در مقایسه با سینی‌ها

-ارتفاع کمتر به ازاء تبادل جرم مساوی با سینی‌ها

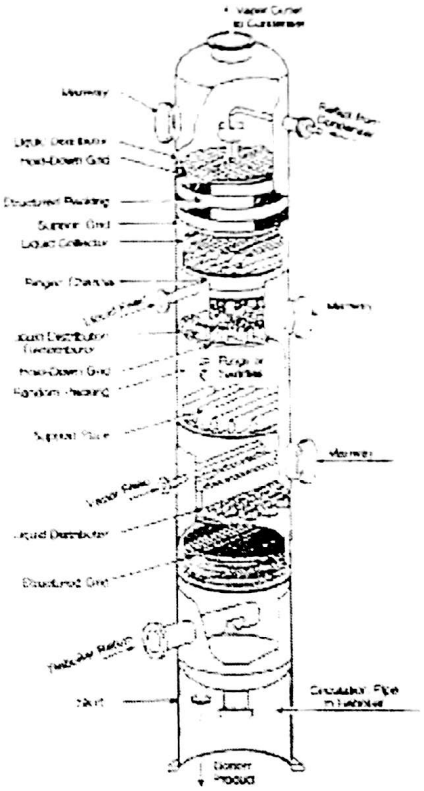
-قابلیت پاسخگویی به محدوده وسیعی از دبی مایع

پرکن‌ها باید دارای خصوصیات زیر باشند:

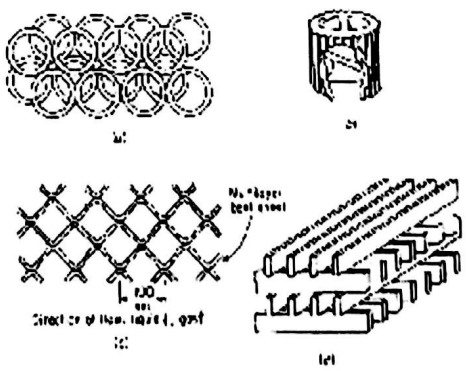
1- سطح تماس زیادی بین مایع و گاز ایجاد کنند.

Scanned by CamScanner

2- افت فشار گاز در هنگام عبور از بستر باید کم باشد.
3- از لحاظ شیمیایی در مقابل سیالاتی که بکار می‌روند بی‌اثر باشند.
4- دارای استحکام باشند تا استفاده از آن به آسانی صورت گیرد.
5- ارزان‌قیمت باشد.

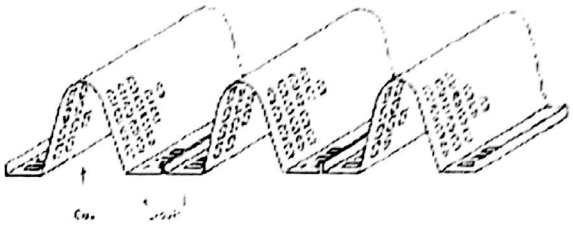


شکل 2-17-یک ستون پر شده با ساختار داخلی

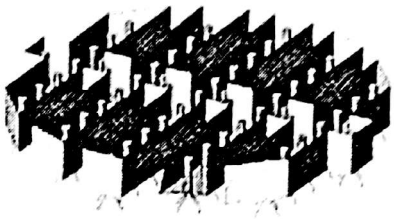


شکل 2-18 پرکن‌های منظم

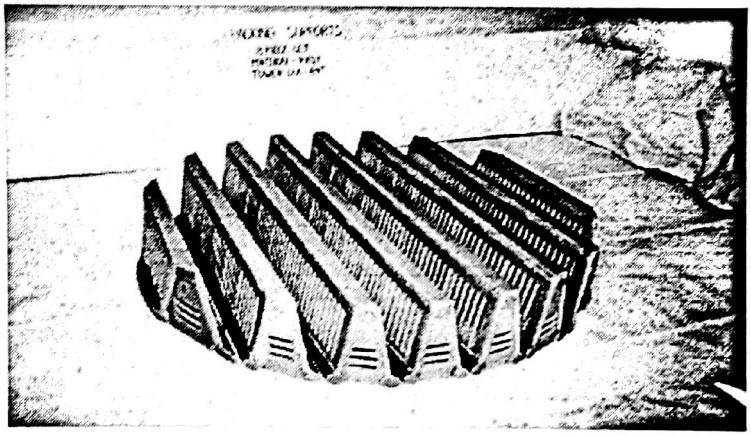
Scanned by CamScanner



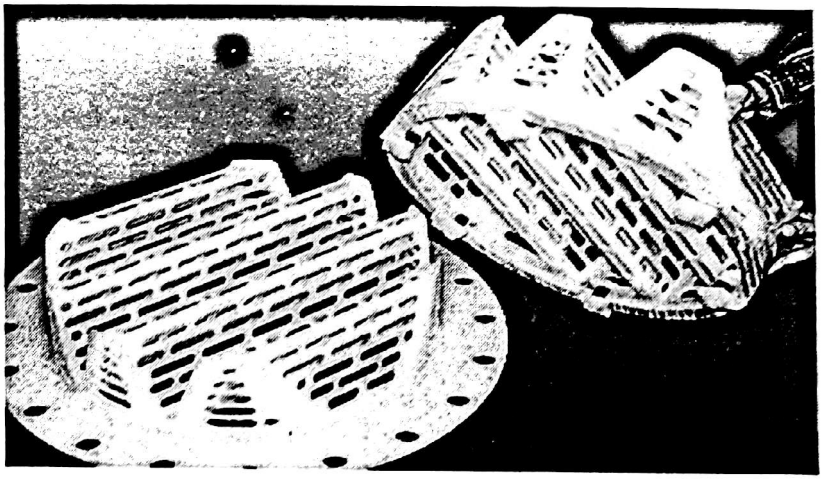
شکل 2-19- نمونه ای از صفحه نگهدارنده پر کن ها با منافذ جداگانه برای حرکت گاز و مایع



شکل 2-20- صفحه نگهدارنده پر کن

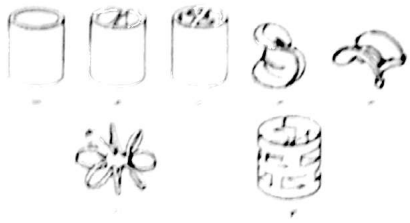


شکل 2-21- صفحه نگهدارنده پر کن ها



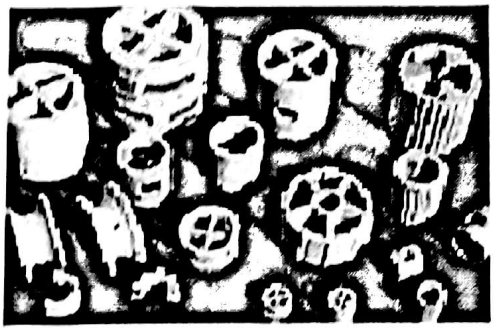
شکل 2-22- صفحه نگهدارنده پر کن ها

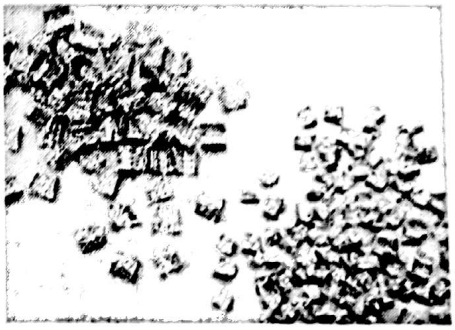
Scanned by CamScanner



شکل 2-23- انواع پرکن ها

شکل 2-24- انواع پرکن ها





شکل 2-25- پرکن‌های نامنظم

Scanned by CamScanner

2-2-3- کاربرد برج‌های تقطیر

مهمترین کاربرد برج‌های تقطیر، در تصفیه نفت خام است. محصولات حاصل از نفت خام، نظیر بنزین،نفت سفید، گازوئیل، سوختها و روغنهای روان کننده هر یک مخلوطی از صدها هیدروکربن می‌باشند. تعداد این سازندگان هیدروکربنی به اندازه ای زیاد است که تشخیص نوع و شماره آنها به آسانی امکان پذیر نیست.خوشبختانه بدست آوردن مواد خاصی از این ترکیبات مورد نظر نمی‌باشد بلکه خواص کلی آنها مطرح است. بنابراین ویژگیهای محصولات را می‌توان به صورت محدوده جوش، چگالی، ویسکوزیته و غیره در نظر گرفت.

برج‌های تقطیر در جداسازی ترکیباتی بکار می‌روندکه خواص آنها به نحوی است که به وسیله روشهای فیزیکی ساده نمی‌توان آنها را از هم جدا کرد . این روش جداسازی را بر اساس توزیع مواد بین فازهای مایع و گاز انجام می‌دهد و لذا در مواردی به کار می‌رود که کلیه سازندگان در هر دو فاز موجود باشند.شرط لازم برای اینکه بتوان از تقطیر برای جداسازی دو جزء استفاده کرد این است که نقطه جوش دو ترکیب به اندازه کافی از هم فاصله داشته باشد.

2-2-4- مشکلات موجود در برج‌های تقطیر

یکی از اشکالات موجود در برج‌ها پدیده ماندگی (Entrainment) می‌باشد که همان کشیدگی قطرات مایع توسط جریان گاز می‌باشد. سرعت زیاد گاز سبب می‌شود قطرات ریزی از مایع در گازبه طرف سینی بالا حرکت کند که باعث کاهش بازده می‌شود. با افزایش (Entrainment) ارتفاع مایع زیاد شده و افت فشار گاز زیاد می‌شود در نهایت منجر به طغیان (Flooding) می‌شود، که باعث انسداد برج می‌شود و جریان گاز از وضعیت عادی خارج شده ، مایع نیز ممکن است از لوله خروجی بالای برج خارج گردد. در صورتی که شدت گاز خیلی باشد قسمت اعظم مایع ممکن است از منافذ صفحه به پایین چکه کند (Weeping) و لذا جریان مایع در سراسر سینی وجود نخواهد داشت. اگر جریان گاز فوق‌العاده کم باشد تمامی مایع از منافذ به پایین ریخته و اصولاً مایعی به محل ریزش مایع نخواهد رسید (Dumping).

مسئله مکانیکی عمده‌ای که در سینی‌های دریچه‌ای مشاهده می‌شود، سایش و خوردگی پایه‌ها و سوراخها است. حرکت قائم دریچه و حرکت دورانی دریچه‌های دوار در سوراخها موجب خستگی و سایش پایه‌ها می‌شود. کنده شدن دریچه‌ها به همین دلیل امری رایج است و مشاهده دریچه‌های کنده شده در بخش مکش پمپ یا کندانسور و یا حین تعمیرات جای تعجبی ندارد.

مشکل مکانیکی رایج دیگر مسئله چسبندگی دریچه به سینی است که به دلیل تشکیل رسوبات و یا محصولات خورندگی بر روی دریچه وقتی به حالت تقریباً بسته باشد رخ می‌دهد. طبعاً این چسبندگی سطح معبر بخار را کاهش می‌دهد و باعث افزایش افت فشار می‌گردد. چاره کار راهبری برج با دبی بخار زیاد است.

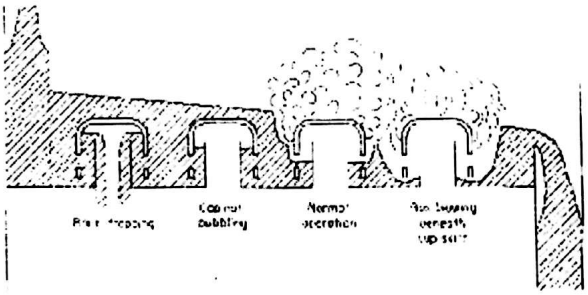
Scanned by CamScanner

سرعت زیاد بخار موجب راندن رسوبات از لبه دریچه‌ها می‌شود. برای جلوگیری از چسبندگی، زائده‌های کوچکی در زیر دریچه‌ها پیش‌بینی شده که از بسته شدن کامل دریچه جلوگیری می کند.

معایبی که برای سینی‌های نوع فنجانی (Cap Tray) ذکر شده عبارتند از:

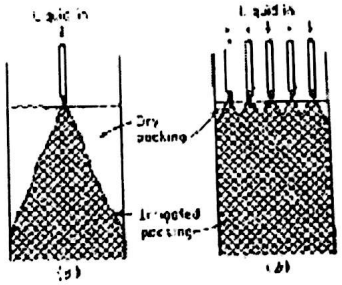
1-عبور پر پیچ و خم گاز توام با افت فشار زیادی است.

2-راندمان این سینی کمتر از سینی‌های غربالی و دریچه‌ای است.



3-دارای قیمت‌های بالاتری از نوع غربالی و دریچه‌ای هستند.

در برج‌های پرکن(Packed) پدیده ناخواسته و رایجی که ممکن است پیش آید عبارت است از جاری شدن مایع بر روی جداره برج در عوض جاری شدن بر بستر پرکن‌ها. این مشکل باعث می‌شود که پرکن‌ها خشک شده و بازدهی برج به مقدار قابل ملاحظه‌ای پایین آید. توزیع نامناسب مایع نیز از عوامل کاهش بازده در این ستون ها به شمار می آید.



شکل 2-30- توزیع نامناسب سیال

2-3- انواع برج‌های استخراج

مهمترین دستگاه‌ها و برج‌هایی که در استخراج بکار برده می‌شوند عبارتند از :

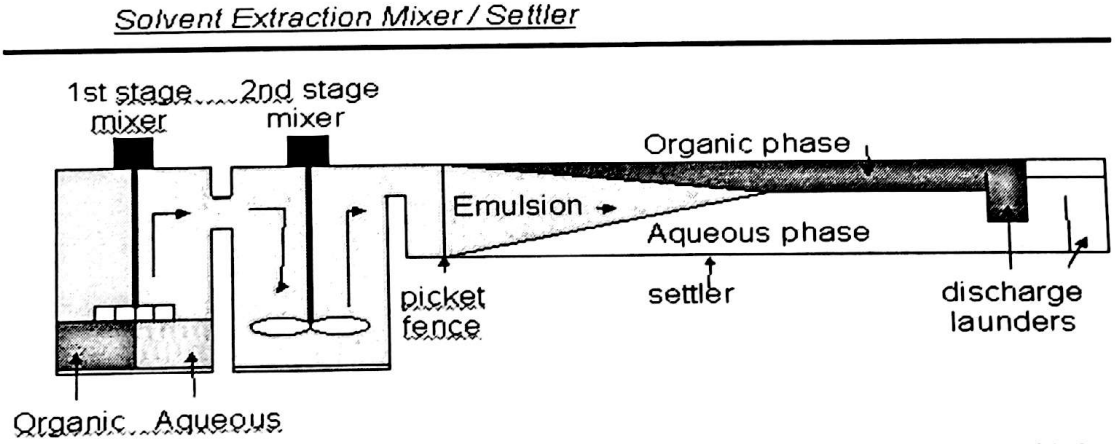
- دستگاه‌های مخلوط کننده -ته‌نشین کننده(Mixer-Settlers)

Scanned by CamScanner

- برج‌های سینی‌دار-مشبک
- برج‌های استخراج پاششی(اسپری)
- برج‌های پر شده
- برج‌های استخراج کننده با همزن مکانیکی
- استخراج کننده CM
- تماس دهنده با دیسک چرخانRDC
- ستونهای ضربه‌ای(Pulsed Columns)
- استخراج کننده سانتریفوژی
- برج‌های استخراج صفحه‌ای

2-3-1- دستگاههای مخلوط کننده-ته‌نشین کننده (Mixer-Settlers)

این نوع از دستگاه‌های استخراج عبارت است از یک مخزن همزن‌دار که فازهای مورد نظر پس از ورود با یکدیگر مخلوط می‌شوند. پس از اختلاط کامل همزن خاموش شده و فازها تحت تاثیر نیروی وزن خود از هم



شکل 2-31- نحوه کار Mixer Settler

جدا می‌شوند. محصول استخراج شده به همراه حلال از طریق مجرایی در بالا و یا پایین دستگاه خارج می‌شود.

2-3-2- برج‌های استخراج پاششی و پرکن (Spray and packed extraction towers)

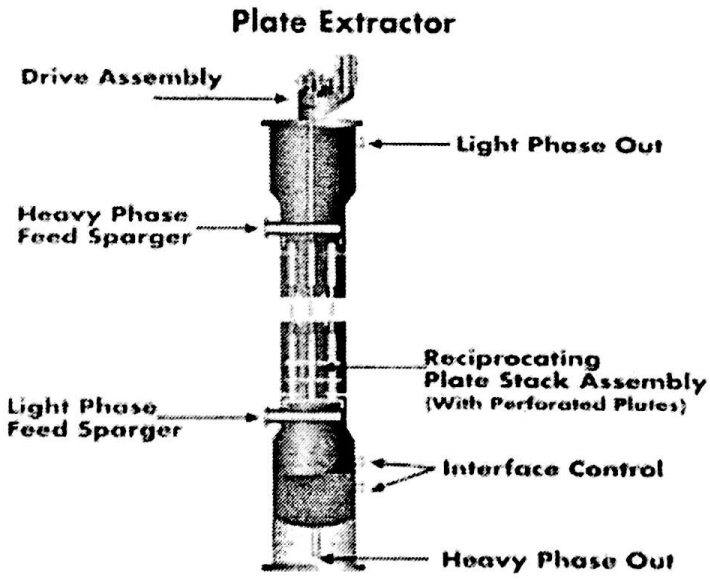
دراین برج‌ها مخلوط و ته‌نشین شدن به طور همزمان و پیوسته صورت می‌گیرد. در برج پاششی مایع سبک‌تر از پایین وارد و با عبور از قسمتی شبیه به آب‌پاش به صورت قطرات کوچک پخش می‌شود. قطرات مایع سبک از داخل توده مایع سنگین که به طور پیوسته به طرف پایین حرکت می‌کند عبور کرده و به طرف بالا می‌روند. این قطرات در حین بالا رفتن انتقال جرم را انجام داده و بالای برج به هم ملحق می‌شوند.

Scanned by CamScanner

در روش گفته شده فاز سبک پراکنده و فاز سنگین پیوسته است. عکس این حالت نیز ممکن است، بدین صورت که فاز سنگین در قسمت فوقانی ستون در فاز سبک پاشیده می‌شود و به صورت پراکنده از داخل جریان پیوسته مایع سبک، به طرف پایین حرکت کند. به منظور ایجاد سطح تماس بیشتر فاز دارای شدت جریان بیشتر را پراکنده می‌کنند، اما اگر اختلاف ویسکوزیته بالا باشد، فاز دارای ویسکوزیته بالاتر را برای افزایش سرعت ته‌نشینی پراکنده می‌کنند.

2-3-3- برج‌های دارای سینی مشبک (Plate Tower)

طرز کار این نوع از برج‌ها به صورت برج‌های پاششی است با این تفاوت که در داخل این برج‌ها به فاصله‌های معین سینی‌های سوراخداری قرار داده شده است. در این سینی قطر سوراخها 1/5 تا 4/5 میلی‌متر و فاصله آنها از یکدیگر 1/5 تا 6 میلی‌متر است.در این سینی‌ها معمولاً مایع سبک فاز پراکنده را تشکیل می‌دهد به طوری که در زیر هر سینی لایه‌ای از مایع تشکیل می‌گردد که به درون مایع سنگین پاشیده می‌شود.



شکل 2-32- نمایی از Plate Extractor

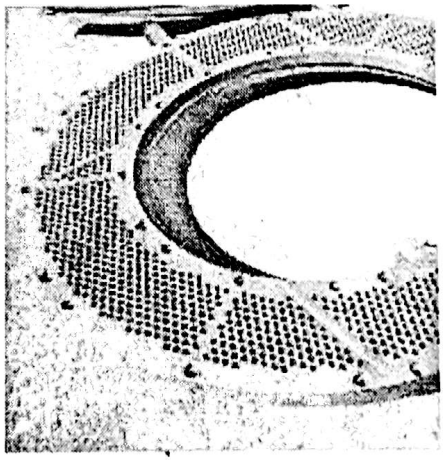
Scanned by CamScanner

2-3-4- برج‌های استخراج صفحه‌ای (Baffle tower)

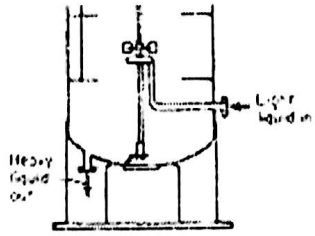
این گونه از برج‌های استخراج صفحه‌هایی افقی دارند که مایع سنگین از بالای هر صفحه جریان یافته و از لبه به داخل فازسنگین و به طرف بالا پاشیده می‌شود. در این نوع از برج‌ها فاصله بین صفحه‌ها در حدود 100 تا 150 میلی‌متر است.

2-3-5- برج‌های استخراج همزن‌دار

در این نوع از برج‌های استخراج، انرژی مکانیکی لازم را همزنهای داخلی نصب شده روی میله دوار مرکزی تامین می‌سازد. دیسک‌های مسطح مایعات را پراکنده و به طرف دیواره برج می‌رانند. در آنجا حلقه‌های



شکل 2-33- نمونه‌ای از سینی‌های مورد استفاده در Plate Tower



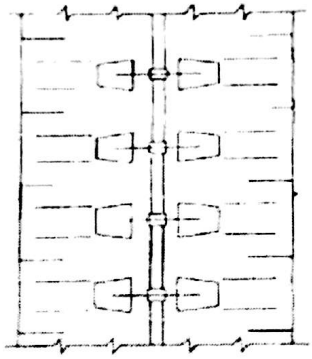
شکل 2-34- برج‌های استخراج همزن‌دار

استاتور (Stator rings) مناطق ساکنی را ایجاد کرده و دو فاز از یکدیگر جدا می‌شوند.

2-3-6- استخراج کننده CM

Scanned by CamScanner

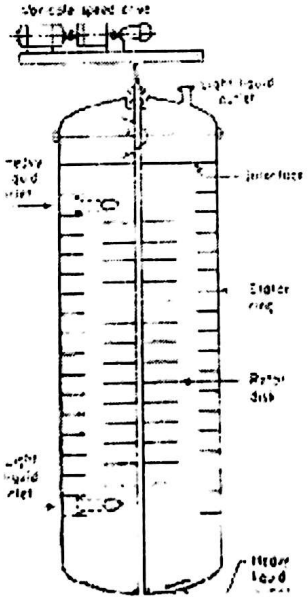
شکل زیر قسمتی از این استخراج‌کننده را نشان می‌دهد. این دستگاه از پره‌های توربینی دیسکی با پره‌های ساخت برای پخش و مخلوط کردن مایعات استفاده می‌کند و صفحات افقی برای کاهش اختلاط محوری استفاده می‌نماید.



شکل 2-35- استخراج‌کننده CM

2-3-7- تماس دهنده (استخراج‌کننده) با دیسک چرخان RDC

این دستگاه خیلی مشابه قبلی است با این تفاوت که بافل‌های عمودی در آن وجود ندارد و همزدن در اثر دیسک‌های چرخان انجام می‌شود که معمولاً سرعت بیشتری از پره‌های توربینی دارند.

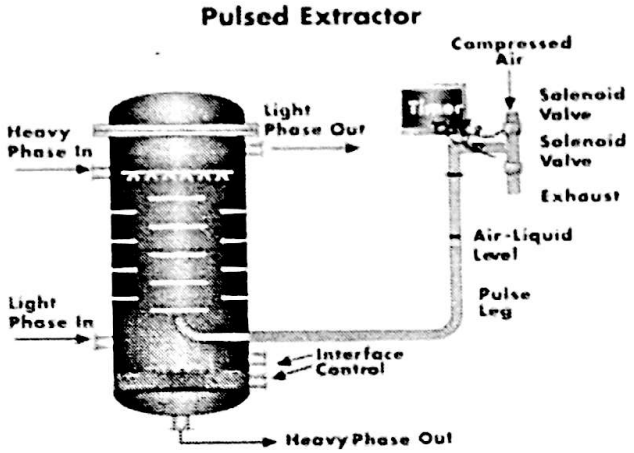


شکل 2-36- استخراج‌کننده با دیسک چرخان RDC

2-3-8- ستونهای ضربه‌ای (Pulsed Columns)

Scanned by CamScanner

در این دستگاه پالسی به صورت هیدرولیکی به مایع داخل ستون اعمال می‌شود. چون این استخراج کننده‌ها هیچ قسمت متحرکی ندارند خیلی عملی هستند. صفحات سوراخ‌دار، طوری سوراخ شده‌اند که جریان عادی در آنها رخ نمی‌دهد. عمل نوسان که روی مایعات انجام می‌شود، مایعات سبک و سنگین را از سوراخ‌ها عبور می‌دهد. ستون‌های پر شده نیز می‌توانند به صورت ضربه‌ای عمل کنند. در این دستگاه شدت انتقال جرم در برابر افزایش هزینه انرژی، افزایش می‌یابد.



شکل 2-37- نمایی از Pulsed Column

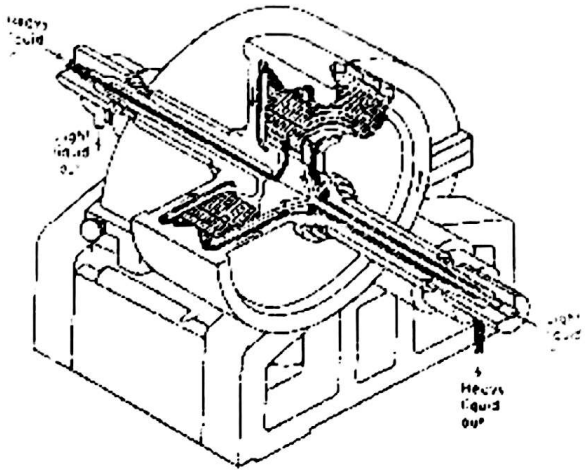
در این نوع از ستونها فرایند هم زدن با دستگاههای خارجی انجام می‌گیرد. یک پمپ رفت و برگشتی با ضربه‌های متوالی تمام محتویات برج را در فواصل زمانی خاصی حرکت می‌دهد تا این حرکت تناوبی باعث ایجاد اختلاط در فازهای موجود در برج گردد.

2-3-9- دستگاههای گریز از مرکز (Centrifugal Extractors)

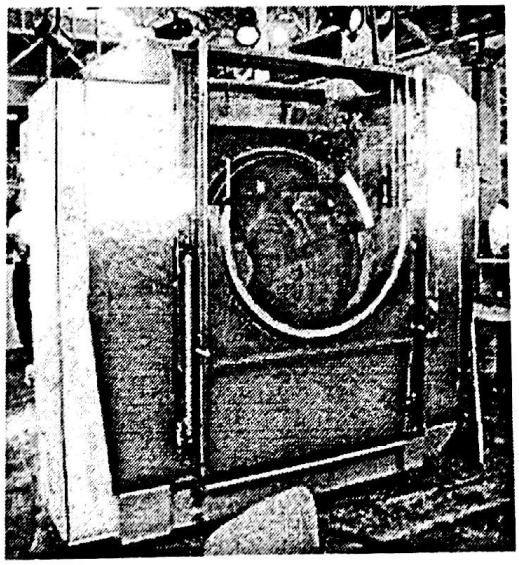
این دستگاه دارای محفظه‌ای معمولاً استوانه‌ای شکل است که حول محوری با سرعت بالا می‌تواند بچرخد. حلال و ترکیب مورد نظر در داخل محفظه قرار داده شده و نیروی گریز از مرکز به وجود آمده باعث می‌شود که انتشار و جداسازی فازها شتاب بیشتری بگیرد.

Scanned by CamScanner

دستگاههای گریز از مرکز گران‌قیمت بوده و کاربردهای نسبتاً محدودی دارند. از مزایای این دستگاه تعداد تماس زیاد در یک فضای کوچک و در زمان کوتاه است.



شکل 2- 39- استخراج کننده سانتریفوژی



شکل 2-40- نمونه‌ای از دستگاه‌های سانتریفوژی

2-3-10- کاربرد برج‌های استخراج

اگر جداسازی از طریق تقطیر کارایی لازم را نداشته و یا خیلی دشوار باشد به جای آن می‌توان از استخراج مایع- مایع استفاده کرد. مخلوطهایی که نقطه جوش نزدیک به هم دارند را می‌توان به وسیله این روش از هم جدا کرد. اجزای روغن‌های مخصوص روغن‌کاری با نقطه جوش بالاتر از 300 درجه را با حلالهایی نظیر فنل، فورفورال یا متیل‌پیرولیدون که قطبیت کمی دارند جدا می‌کنند.

Scanned by CamScanner

در انتخاب یکی از دو عمل استخراج یا تقطیر، معمولاً تقطیر انتخاب می‌شود هرچند که نیاز به سیستمهای گرم‌کننده و سردکننده می‌باشد. در استخراج، حلال را مجدداً باید بازیابی کرد که این راه معمولاً از طریق تقطیر صورت می‌گیرد. البته تلفیق این دو عملیات پیچیده‌تر و گرانتر از تقطیر معمولی بدون استخراج است.

بعضی از برج‌های جداسازی کاربردهای ویژه‌ای دارند. مثلاً برج‌های ضربه‌ای برای استخراج مایعات رادیواکتیو و بسیار خورنده استفاده میشود. همچنین برای استخراج محصولات حساسی مانند ویتامین‌ها معمولاً از دستگاههای گریز از مرکز که در آنها زمان ماند بسیار کوتاه است استفاده می‌شود.

2-3-11- مشکلات موجود در برج‌های استخراج

همانطور که توضیح داده شد در برج‌های جداسازی پس از اینکه عمل اختلاط صورت گرفت، ذرات مایع پراکنده شده به هم ملحق می‌شود و جریان خروجی از برج را تشکیل می‌دهند. اما مشکل عمده با مایعاتی است که به راحتی امولسیون تشکیل می‌دهند، زیرا ذرات این مایعات به همان صورت مجزا باقی مانده و عمل جداسازی را بسیار مشکل می‌کنند. یکی از راههای رفع این مشکل این است که خروجی مخلوط شده را از صفحه‌ای از جنس فایبرگلاس عبور دهند تا قطره‌های پراکنده شده به یکدیگر متصل و در اثر نیروی وزن ته‌نشین شوند. در جداسازیهایی که این روش به خوبی عمل نکند از دستگاههای گریز از مرکز استفاده می‌شود.

مشکل عمده دیگری که در برج‌های استخراج روی می‌دهد به هم پیوستن قطرات پخش شده قبل از انتقال جرم کامل و رسیدن به خروجی برج است. برای رفع این مشکل گاهی داخل برج‌های استخراج سینی‌های سوراخداری قرار می‌دهند تا عمل ریز کردن قطرات کامل شود. البته در این حالت به دلیل کوچکی سوراخها احتمال گرفتگی آنها بالا می‌رود.

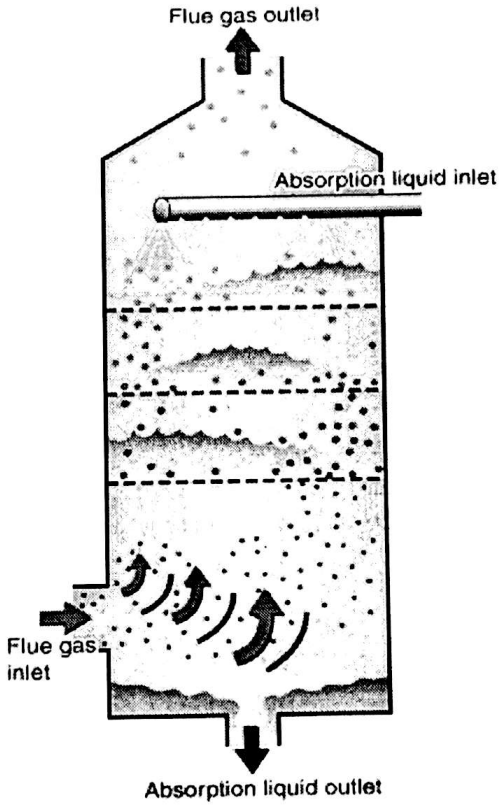
2-4- برج‌های جذب و دفع گاز

نحوه کار برجهای جذب دقیقاً همانندبرجهای تقطیر است،بنابراین به توضیح مختصری بسنده می کنیم. همانند شکل 40 گاز از پایین و مایع از بالا وارد برج شده و انتقال جرم بین فازها به وسیله پرکن‌ها تقویت می‌شود. دستگاه متداول در جذب گاز برج پرکن است. این دستگاه از یک ستون یا برج استوانه‌ای تشکیل شده که شامل ورودی گاز و فضایی برای توزیع آن در قسمت تحتانی، ورودی مایع و توزیع‌کننده در قسمت فوقانی، خروجی‌های گاز و مایع به ترتیب در قسمت فوقانی و تحتانی و توده جامد نگه‌دارنده‌ای به نام پرکن‌های برج است.

مایع ورودی که حلالی خالص یا محلول رقیقی از ماده حل شده می‌باشد توسط توزیع‌کننده در بالای پرکن‌ها توزیع می‌شود و سطوح پرکن‌ها را به طور یکنواخت مرطوب می‌کند. گاز حاوی ماده حل شده یا گاز غنی شده، وارد فضای زیر پرکن‌ها می‌شود و مخالف جریان مایع از روزنه‌های موجود در پرکن‌ها بالا می‌رود.

Scanned by CamScanner

پرکن‌ها سطح تماس زیادی بین مایع و گاز فراهم می‌کنند و تماس نزدیک بین فازها را تقویت می‌نمایند. ماده حل شده در گاز غنی شده توسط مایع تازه‌ای که وارد برج می‌شود جذب و گاز رقیق از بالا خارج می‌شود. هرچه مایع به طرف پایین برج حرکت می‌کند از ماده حل شده غنی‌تر می‌گردد.



شکل 2- 41- نحوه کار برج تقطیر

2-4-1- انواع برجهای جذب

تقسیم‌بندی این نوع از برجها همانند برجهای تقطیر است یعنی شامل برجهای سینی‌دار و پرکن هستند.

2-4-2- مشکلات موجود در برجهای جذب

یکی از مشکلاتی که ممکن است در مورد پرکن‌های فلزی رخ دهد، خوردگی است. در برجهایی که حاوی محیط خورنده‌ای هستند معمولاً از پرکن‌های غیر فلزی مانند سرامیک استفاده می‌شود. مشکلات گفته شده در مورد برجهای تقطیر پر شده در اینجا نیز صادق است، مثلاً ممکن است مایع به جای انکه پرکن‌ها را مرطوب کند بر روی جداره برج جاری شود. این مشکل باعث پایین آمدن بازده به مقدار زیادی می‌شود.

Scanned by CamScanner