

فصل چهارم

برج های جداسازی

فهرست مطالب

۴-۱: دسته بندی برج های جداسازی

۴-۲: برج های تقطیر

۴-۲-۱: برج های سینی دار

۴-۲-۲: برج های پرشده

۴-۳: برج های جذب و دفع

۴-۴: برج های استخراج

یکی از مهم ترین تجهیزات فرآیندی که در صنایع مربوط به نفت و گاز وجود دارد، برج های جداسازی می باشند. کار این تجهیزات، جداسازی اجزای موجود در یک ترکیب می باشد که هر کدام از این اجزاء می توانند ارزش بسیار بالایی در مقایسه با ترکیب اولیه داشته باشند. اساس کار برج ها افزایش سطح تماس بین فازها می باشد که این افزایش ممکن است توسط سینی یا پرکن تامین شود. جداسازی فازی درون برج ها به صورت فازهای جزئی زیر انجام می گیرند: بخار-مایع، مایع-مایع، جامد-مایع، جامد-گاز و جامد-جامد.

۴-۱: دسته بندی برج های جداسازی

دسته بندی برج های جداسازی به دو صورت انجام می شود.

حالت اول: دسته بندی بر اساس فاز پراکنده:

۱- دستگاههایی که در آنها فاز گاز پراکنده می شود: مخازنی که در آن ها حباب گاز ایجاد می شود، مخزن مجهز به همزن و انواع برج های سینی دار را می توان در این دسته قرار داد. در این دستگاه ها فاز گاز به صورت حباب یا کف در فاز مایع پراکنده می شوند.

۲- دستگاههایی که در آنها فاز مایع پراکنده می شود: این گروه شامل دستگاه هایی می شود که در آن ها مایع به صورت یک فیلم نازک و یا به صورت قطره ای درآمده و در فاز گاز پراکنده می شود. در این میان برج های دیواره مرطوب، برج های پاششی و ستون های پر شده را می توان نام برد.

حالت دوم: دسته بندی بر اساس نوع عملیات انتقال جرمی که در داخل برج ها صورت می گیرد.

بر این اساس برج های جداسازی به سه دسته تقسیم بندی می شوند:

۱- برج های تقطیر: این برج ها خود به دو دسته تقسیم می شوند: برج های سینی دار و برج های پر شده

۲- برج های جذب و دفع

۳- برج های استخراج

۴-۲: برج های تقطیر

تقطیر از جمله مهم ترین فرآیندهای جداسازی است که اساس جداسازی در آن اختلاف نقطه جوش اجزاء مخلوط می باشد. فرآیند تقطیر از روش های مستقیم جداسازی به شمار می رود. عمل تقطیر با استفاده از حرارت دادن به یک مخلوط و سرد کردن بخارات حاصل انجام می شود. به طور کلی یک برج تقطیر شامل چهار بخش زیر می باشد:

۱. بدنه اصلی برج (Tower)

۲. سیستم جوشاننده یا ریویلر (Reboiler)

۳. سیستم میعان کننده یا کندانسور (Condenser)

۴. تجهیزات جانبی از جمله سیستم های کنترلی، مبدل های حرارتی میانی، پمپ ها، مخازن و ...

بطور کلی برج های تقطیر که در صنعت بکار می روند شامل دو نوع سینی دار و پر شده می باشند که در ادامه به شرح مختصری از هر یک می پردازیم.

۴-۲-۱: برج های تقطیر سینی دار

برج های سینی دار مهم ترین نوع برج هایی هستند که در مراکز مهم صنعتی مانند پالایشگاه ها از آنها استفاده می شود. داخل این برج ها به فواصل معینی صفحه های فلزی سوراخ داری قرار داده شده است که به آن ها سینی گفته می شود. این برج ها به ارتفاع های مختلفی ساخته می شود که ممکن است از چند متر تا بیش از ۵۰ متر متغیر باشد. قطر این برج ها نیز ممکن است تا بیش از ۵ متر هم در نظر گرفته شود. برج های تقطیر می توانند سیستم ریویلر و کندانسور داشته باشند و یا نداشته باشند.

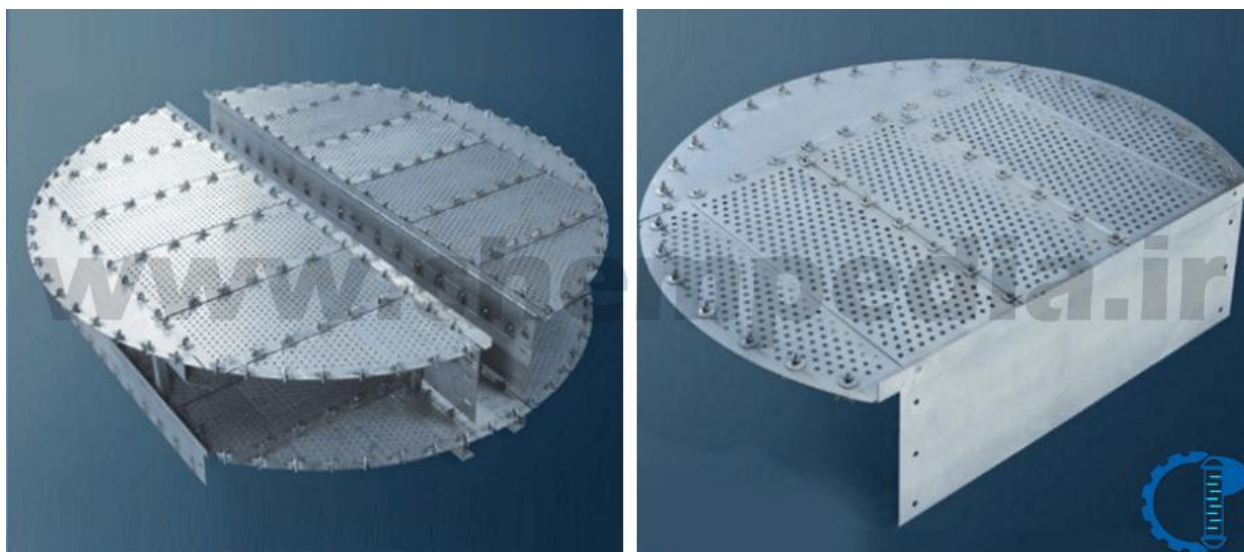
عملکرد برج های سینی دار: درون برج، جریان های مایع و گاز بصورت غیر همسو روی این سینی ها با یکدیگر در تماس قرار می گیرند و انتقال جرم روی سینی رخ می دهد. جریان مایع به شکل افقی روی سینی حرکت کرده و توسط ناودانی هایی به سمت پایین (سینی بعد) می ریزد. جریان گاز نیز از پایین و توسط منافذ روی سینی، به سمت بالا حرکت می کند و به شکل حباب در مایع پخش می شود. سپس حباب ها از مایع جدا شده و به سمت بالا حرکت می کنند. ریویولر حرارت لازم برای بخار شدن مایع در پایین برج را فراهم می کند و کنداسور بخار خروجی از بالای برج را مایع می کند.

مهم ترین پارامتر در طراحی یک برج تقطیر، تعداد مراحل تثوری آن می باشد. بر اساس آن تعداد سینی و همچنین ارتفاع برج مشخص می گردد. از دیگر پارامترهای مهم یک برج سینی دار می توان به فاصله سینی ها، عمق مایع روی سینی ها، نوع منافذ روی سینی، پروفایل فشار و دمای برج، سینی خوراک و... اشاره کرد.

سینی های بکار رفته در این برج ها را بر اساس نوع منافذ روی سینی می توان به ۳ نوع زیر تقسیم کرد:

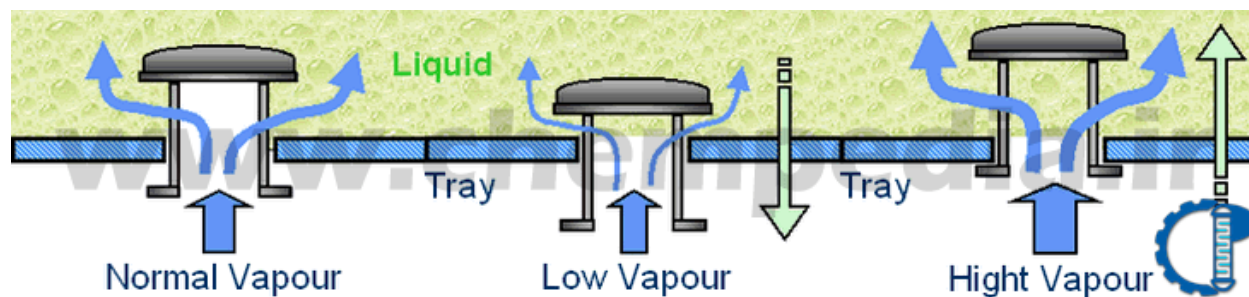
۱-سینی های غربالی Sieve Tray

سینی های غربالی، صفحات مشبک می باشند که بخارات از منافذ آن عبور کرده و به صورت حباب هایی وارد مایع روی سینی می شوند. این سینی ها نسبت به دو نوع دیگر بسیار ارزان بوده و ظرفیت بالاتری دارند. مزیت دیگر این سینی ها افت فشار کم آنها است که مجموعاً باعث شده که در طراحی ها در صورتی که مشکل عمده ای در میان نباشد به عنوان اولین انتخاب در نظر گرفته شود.



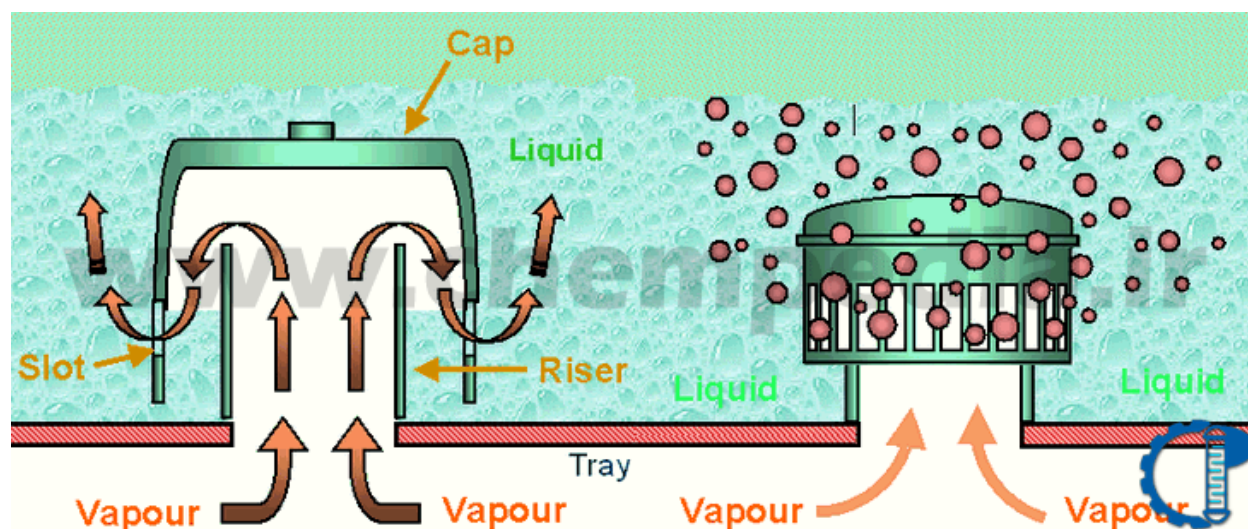
۲- سینی دریچه ای Valve Tray

این سینی ها نیز صفحات سوراخ دار می باشند که هر سوراخ مجهز به یک صفحه کوچک (دیسک) متحرک می باشد. سوراخ های سینی می تواند مدور یا مستطیل باشد. در دبی کم بخار، صفحه بر روی سوراخ مستقر شده و آن را به نحوی می پوشاند که مایع چکه نکند. با افزایش دبی بخار دریچه در امتداد قائم به طرف بالا حرکت کرده و مجرا را برای عبور بخار باز می کند. این سینی ها قیمت مناسبی دارند و نسبت به تغییرات دبی بخار انعطاف پذیر می باشند.



۳- سینی های فنجانى Bubble Cap Tray

این سینی متشکل از یک صفحه مشبک است که روی هر سوراخ یک لوله هدایت گاز به بالا و یک فنجان وارونه روی آن وجود دارد. در سینی فنجانى معمولاً لایه ای از مایع بر روی سینی باقی می ماند و گاز خروجی از زیر فنجان باید از داخل این لایه عبور کند. شکاف های روی هر فنجان، مستطیلی با عرض ۰.۳ تا ۰.۹۵ cm و طول ۱.۳ تا ۳.۸ cm می باشد. از مزایای این سینی ها این است که اولاً نشستی مایع از طریق سوراخ های سینی وجود ندارد، همچنین در دبی های بسیار کم گاز به خوبی عمل می کند.



۴-۲-۲: برج های تقطیر پر شده

طرز کار برج های پر شده به همان صورت برج های سینی دار می باشد، با این تفاوت که در برج های پر شده سینی وجود ندارد بلکه تمام برج از اجسامی با جنس و شکل معین پر شده است که به این اجسام پرکن (Packing) می گویند. پرکن ها عموماً بر دو نوع منظم و نامنظم تقسیم بندی می شوند؛ پرکن های منظم در برخی موارد حتی بر سینی ها نیز برتری دارند. در این برج ها نیز همانند برج های سینی دار مایع از بالا و گاز از پایین جریان پیدا می

کند. توزیع مایع در برج های پرکن حائز اهمیت بسیاری است زیرا توزیع ناهمسان موجب خشک ماندن برخی قسمت های بستر و در نتیجه کاهش راندمان تماس گاز - مایع می شود. جهت نگه داشتن بستر پرکن یک سینی زیرین و برای جلوگیری از انبساط بستر یک سینی بالایی در برج های پرکن تعبیه می شود.

برتری های پرکن های منظم نسبت به برج های سینی دار :

- افت فشار بسیار کمتر
- ارتفاع کمتر برج به ازاء انتقال جرم برابر
- قابلیت پاسخگویی به محدوده وسیعی از دبی مایع

خصوصیات پرکن ها:

- سطح تماس زیادی بین مایع و گاز ایجاد کند
- افت فشار گاز در هنگام عبور از پرکن کم باشد
- از لحاظ شیمیایی در برابر سیالات داخل برج، بی اثر باشد
- قیمت مناسبی داشته باشد

۳-۴: برج های جذب و دفع

جذب گاز فرآیندی است که در آن یک مخلوط گاز را در تماس با مایعی قرار می دهند تا یک یا تعداد بیشتری از سازنده های مخلوط گاز در مایع حل شده و محلولی از آن سازنده ها در مایع حاصل شود. اگر انتقال جرم در جهت معکوس، یعنی از مایع به گاز صورت گیرد، فرآیند را دفع یا عاری سازی می نامند. برج های جذب و دفع همانند تقطیر، هم به صورت پر شده و هم به صورت سینی دار به کار می روند.

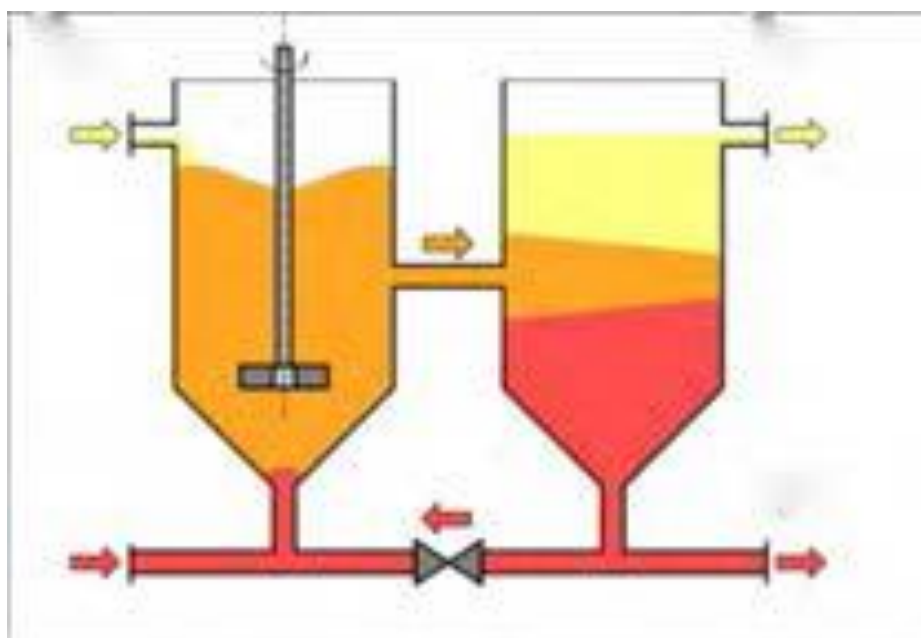
در انتخاب حلال برای این فرآیند باید پارامترهای حلالیت گاز، فراریت، خوردگی، قیمت، ویسکوزیته و.. در نظر گرفته شود.

۴-۴: برج های استخراج

در استخراج مایع - مایع دو فاز را باید در تماس با یکدیگر قرار داد تا عمل انتقال جزء مورد نظر انجام شده و سپس جداسازی صورت گیرد. در فرایند استخراج مایع - مایع، محلولی که استخراج از آن انجام میشود، خوراک نامیده شده و مایعی را که خوراک با آن در تماس قرار میگیرد تا جزء مورد نظر از آن جدا شود، حلال مینامند. پس از تماس خوراک و حلال و انتقال جزء حل شونده از خوراک به آن، محصولی را که از حلال غنی است، استخراج شده و مایع باقی مانده را که حل شونده از آن جدا شده، پس مانده می نامند. شرط اصلی برای انجام این فرایند، اختلاف دانسیته بین حلال و خوراک است تا حل شونده از آن جداگردد.

در استخراج، چون چگالی دو فاز نزدیک به یکدیگر می باشد، برای اختلاط و جداسازی نیروی محرکه کمی در دسترس است. در بسیاری از دستگاه های استخراج، نیروی محرکه لازم برای اختلاط و جداسازی با روش های مکانیکی تامین می شود. دستگاه مخلوط کننده-ته نشین کننده متداول ترین دستگاه استخراج می باشد.

عملکرد دستگاه مخلوط کننده-ته نشین کننده: در این دستگاه خوراک و حلال در یک مخزن با یک همزن به خوبی مخلوط شده و سپس برای ته نشینی به مخزن دیگر هدایت می شود. زمان اختلاط و ته نشینی توسط آزمایش های عملی تعیین می شود اما به ترتیب زمان های ۵ و ۱۰ دقیقه را میتوان به عنوان تخمین اولیه در نظر گرفت. این نوع دستگاه در صنایع استخراج فلزات کاربرد فراوان دارد.



کاربردهای استخراج مایع-مایع:

- در مواقعی که جداسازی لازم است در دمای پایین انجام شود تا جزء حل شونده تجزیه حرارتی نگردد؛
- در مواقعی که جزء حل شونده بسیار کم است و عمل تقطیر موجب مصرف انرژی بیش از حد برای تغییر فاز مواد از حالت مایع به بخار میگردد.
- مواقعی که نقطه جوش (فراریت) مواد بهم نزدیک بوده و تقطیر باعث تبخیر همه مواد بدون جداسازی گردد.

ویژگیهای حلال مورد استفاده در استخراج مایع - مایع:

- حلال باید بتواند جزء مورد نظر (حل شونده) را بیش از دیگر اجزای موجود در خوراک در خود حل نماید؛
- باید بعد از فرایند استخراج، نقطه جوش حلال و حل شونده با هم اختلاف قابل ملاحظه ای داشته باشد تا بتوان آنها را به راحتی با فرایند تقطیر جدا نمود؛
- دانسیته حلال باید با دانسیته خوراک اختلاف قابل قبولی داشته باشد تا بتوان آنها را از هم تفکیک نمود؛
- حلال باید در تماس با خوراک و حل شونده پایدار بماند و با آنها وارد واکنش نشود.