



Namatek
True Education

GLYCOL INLET

GAS OUTLET

Downcomer

BUBBLE
CAPS

Overflow
Weir

Chimney

GAS INLET

www.namatek.com

Packing in Distillation Column

انواع پکینگ برج تقطیر

فهرست مطالب

۱. پکینگ برج تقطیر چیست؟
۲. انواع پکینگ برج تقطیر
۳. نکات مهم در انواع پکینگ برج تقطیر
۴. اندازه انواع پکینگ برج تقطیر
۵. مزایا و معایب پکینگ برج تقطیر

ستون‌های تقطیر اجزای حیاتی در صنعت فرآیندهای شیمیایی هستند. در نتیجه باید به درستی و در به‌صرفه‌ترین شکل ممکن طراحی شوند. فضای داخلی ستون‌های تقطیر مسلماً مهمترین بخش از این ستون‌ها هستند؛ زیرا دسترسی به آن‌ها پس از راه اندازی بسیار دشوار است. ستون‌های تقطیر بسته بندی شده با ماده‌ای پر یا بسته بندی می‌شوند که اجازه می‌دهد بخارهای در حال افزایش با میعان‌ات نزولی تماس پیدا کنند. هرچه تماس مایع بخار بیشتر باشد، جداسازی به شکل بهتری انجام می‌شود. مواد بسته بندی ساخت و ساز باید با مواد تقطیر شده سازگار باشد. در این مقاله به بررسی پکینگ برج تقطیر، عوامل مؤثر بر آن، انواع پکینگ برج تقطیر، نکات مهم آن، اندازه و مزایا و معایب انواع پکینگ برج تقطیر خواهیم پرداخت.

پکینگ برج تقطیر چیست؟



به منظور بهبود جداسازی در ستون‌های تقطیر می‌توان به جای سینی از مواد بسته بندی یا پکینگ استفاده کرد. از جمله مزیت‌های پکینگ برج تقطیر می‌توان به افت کمتر فشار در سراسر ستون (در مقایسه با صفحات

یا سینی‌ها) اشاره کرد که در حین کار در خلأ مفید خواهد بود. ستون پکینگ یا بسته بندی برج تقطیر نوعی ستون تقطیر است که با مواد بسته بندی پر می‌شود. ستون‌های بسته بندی شده برای تقطیر، جذب گاز و استخراج مایع استفاده می‌شوند. بسته بندی در ستون‌های پکینگ در صنعت فرآیندهای شیمیایی در انواع، اشکال و اندازه‌های مختلفی وجود دارند. ستون‌های بسته بندی شده به صورت گسترده‌ای در صنایع شیمیایی و به منظور فرآیندهای مختلف جداسازی و خالص سازی از جمله موارد زیر استفاده می‌شوند:

- تقطیر
- جذب
- جداسازی
- استخراج

ستون، شامل یک ظرف استوانه‌ای و عمودی است که با مواد بسته بندی، پر می‌شود و سطح وسیعی را به منظور انتقال جرم بین دو فاز ایجاد می‌کند. کارایی ستون به نوع مواد بسته بندی، طراحی ستون و شرایط عملیاتی آن بستگی دارد.

کاربرد پکینگ برج تقطیر

کاربردهای ستون‌های پکینگ برج تقطیر عبارت اند از:

- راکتور شیمیایی
- فرآیند تقطیر یا اسکرابر
- جذب گاز
- دفع یا استخراج مایع - مایع

- تقطیر خلأ نفت خام کاهش یافته
 - انتقال حرارت مستقیم در صنایع فرآیند شیمیایی
 - پالایشگاه‌های نفت
 - صنایع پتروشیمی و کود
- صنایع شیمیایی همچنین از صفحه‌های بسته بندی شده به منظور ذخیره گرما در کارخانه‌های شیمیایی استفاده می‌کنند.

عوامل مؤثر بر پکینگ برج تقطیر

- از جمله عواملی که بر پکینگ برج تقطیر تأثیر می‌گذارند، عبارت اند از:
- **اندازه و شکل ذرات:** هرچه اندازه ذرات کوچکتر باشد، راندمان ستون بیشتر می‌شود؛ اما فشار برگشتی نیز بیشتر است. سازگاری شکل برای تکرارپذیری و عملکرد بسیار مهم است.
 - **نرخ جریان دوغاب:** سرعت جریان در طول فرآیند پکینگ باید بهینه باشد. نرخ جریان خیلی کند ممکن است، بسته بندی موثری ایجاد نکند، این در حالی است که نرخ جریان خیلی سریع می‌تواند، سبب ایجاد کانال یا بسته بندی ناهموار شود.
 - **انتخاب حلال برای دوغاب:** حلال باید با مواد بسته بندی سازگار باشد و یک سوسپانسیون یکنواخت از ذرات ایجاد کند. علاوه بر این، حلال می‌تواند بر خیس شدن و ته نشین شدن ذرات در ستون نیز تأثیر بگذارد.
 - **ابعاد ستون:** ستون‌های بلندتر معمولاً وضوح بالاتری را ارائه می‌دهند؛ اما ممکن است منجر به فشار برگشتی بالاتری شوند. قطر داخلی ستون بر ظرفیت بارگذاری و سرعت تحلیل آن نیز تأثیر می‌گذارد.

- جهت ستون در حین بسته بندی: جهت گیری عمودی معمولی است؛ اما برخی از روش ها ممکن است به پکینگ افقی نیاز داشته باشند، به خصوص برای ستون هایی که بزرگتر هستند.

انواع پکینگ برج تقطیر



انواع مختلفی از پکینگ در ستون های بسته بندی شده استفاده می شوند.

انواع پکینگ برج تقطیر عبارت اند از:

- پکینگ تصادفی
- پکینگ ساختاریافته
- پکینگ شبکه ای

انتخاب هر یک از انواع پکینگ برج تقطیر به خدمات خاصی که ارائه می دهند، بستگی دارد و بسته بندی تصادفی رایج ترین نوع از انواع پکینگ برج تقطیر در صنعت فرآیندهای شیمیایی است. پکینگ را می توان به صورت تصادفی با استفاده از حلقه های کوچک پر کرد یا حتی ممکن است، یک طرح ساختاری خاص باشد. ستون های پکینگ همچنین ممکن است،

حاوی ذرات کاتالیزور یا جاذب‌هایی مانند زئولیت‌ها، کربن فعال دانه‌ای و مواردی از این قبیل باشند. در ادامه به بررسی هر یک از انواع پکینگ برج تقطیر خواهیم پرداخت.

پکینگ یا بسته بندی تصادفی یا ریخته شده



این نوع از انواع پکینگ برج تقطیر دارای قطعات بسته بندی با اشکال هندسی خاصی است که به صورت تصادفی بسته بندی می‌شوند یا در پوسته ستون تقطیر روی شبکه نگهدارنده آن ریخته می‌شوند. بیشتر جداسازی‌ها نیازمند بسته بندی تصادفی هستند. مزیت اصلی استفاده از پکینگ تصادفی این است که هزینه اجرای آن بسیار کمتر از بسته بندی ساختاری است.

سایر مزایای بسته بندی تصادفی عبارت اند از:

- بهبود سطح تماس
- انتقال جرم
- کارایی بیشتر نسبت به فناوری‌های قدیمی تر همانند فناوری سینی، بدون ایجاد هزینه‌های زیاد

علاوه بر کاربردهایی که در بالا مورد بحث قرار گرفت، کاربردهای بسته بندی تصادفی نیز به صورت زیر هستند:

- جداسازی
- تقطیر
- تمیز کردن دی اکسید کربن
- استخراج مایع - مایع

بسته بندی تصادفی خود به دسته‌هایی تقسیم می‌شوند. به منظور نصب بسته بندی تصادفی، مواد در یک ستون ریخته می‌شوند و به آن‌ها اجازه داده خواهد شد تا ته نشین شوند و سپس، مواد به صورت تصادفی در بستر بسته بندی‌های داخل ظرف جمع آوری می‌شوند. در مرحله بعد، مایعی که قرار است، جدا شود از میان مواد عبور می‌کند. بسته بندی تصادفی از چند ساختار مختلف استفاده می‌کند که در ادامه به بررسی هر یک از آن‌ها خواهیم پرداخت.

1) حلقه‌های راشیگ (Raschig)

این نوع از انواع پکینگ برج تقطیر از ارزان‌ترین، قدیمی‌ترین و پرکاربردترین انواع بسته بندی‌ها است. این نوع پکینگ، اولین بار توسط دکتر راشیگ در آلمان و در سال ۱۹۰۴ ارائه شد. ارتفاع حلقه برابر با قطر آن است. حلقه‌ها از بخشی که لوله‌ها قرار دارند، بریده می‌شوند؛ اما می‌توان آن‌ها را از نوارها نیز پیچید.

این حلقه‌ها به صورت موارد زیر وجود خواهند داشت:

- صاف
- بدون سوراخ

• شیار

• دنده

• یا سایر عناصر بافت

حلقه‌های راشینگ، ظرفیت و راندمان پایینی دارند و نسبت به سایر انواع بسته بندی تصادفی هزینه بیشتری دارند. از آنجایی که حلقه‌های راشینگ در مقایسه با کارایی ای که دارند، هزینه بالایی نیز دارند، کاربردهای این نوع بسته بندی محدود است. با این حال، در شرایطی که مواد خورنده جدا می‌شوند، حلقه‌های سرامیکی راشینگ به دلیل مقاومت بالایی که در برابر خوردگی دارند، مؤثر خواهند بود.

(2) حلقه های لسینگ (Lessing)

این نوع حلقه‌ها شبیه حلقه‌های راشینگ هستند؛ اما یک پارتیشن در مرکز حلقه و به منظور بهبود سطح، اضافه شده است. وجود پارتیشن، حلقه‌ها را تقویت می‌کند؛ اما سبب کاهش در بهبود کارایی آن‌ها خواهد شد. حلقه‌های لسینگ از سرامیک ساخته شده اند و همانند تمامی قطعات بسته بندی سرامیکی، در برابر حرارت و خوردگی بسیار مقاوم هستند. این ویژگی‌ها آن‌ها را برای کاربردهایی مانند سیستم‌های اکسید احیاکننده ایده آل می‌کند.

(3) سه بسته (Tri – Packs)

سه بسته یا Tri-Packs برای اولین بار در اواخر دهه ۱۹۷۰ ساخته شد و اکنون به صورت گسترده ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. تری پک‌ها مزایای زیادی نسبت به انواع بسته بندی‌های قدیمی دارند.

این نوع پکینگ، به دلیل شکل کروی که دارند، مستعد لانه سازی و نشستن نیستند. دنده‌های داخلی آن‌ها نیز سطح و کیفیت مرطوب شدن را به حداکثر می‌رساند. تری پک‌ها انتخاب خوبی برای دستیابی به افت فشار کم و نرخ انتقال جرم‌های بالا هستند. بسته‌های سه گانه معمولاً در طیف وسیعی از پلاستیک‌ها ارائه می‌شوند که مقاومت بالایی را در برابر خوردگی و دما ارائه می‌دهند.

4) حلقه‌های رنگارنگ (Pall Rings)

حلقه‌های Pall شبیه به حلقه‌های راشینگ هستند؛ اما پیچیدگی بیشتری نسبت به آن‌ها دارند. به حلقه‌های رنگی، ساختارهای پشتیبانی داخلی و سطح خارجی اضافه شده است. بافت درون دیواره‌های حلقه نیز اجازه می‌دهد تا نقاط چکه داخلی به صورت قابل توجهی ظرفیت و کارایی بسته بندی را افزایش دهند. حلقه‌های پال به ویژه برای کاربردهای تقطیر و جذب بسیار خوب عمل می‌کنند.

پکینگ یا بسته بندی ساختار یافته یا منظم



این نوع از انواع پکینگ برج تقطیر، دارای لایه‌های موج دار توری سیمی یا ورق‌های موج داری هستند که در ستون چیده‌اند. با این حال، گاهی اوقات به ساختار بیشتری نسبت به بسته بندی تصادفی نیاز خواهند داشت. در این مورد، بسته بندی ساختاری ضروری به نظر می‌رسد. بسته بندی ساختار یافته نوعی از بسته بندی‌های سازمان یافته است که برای هدایت مواد مایع به شکلی خاص استفاده می‌شود.

در این دستگاه از دیسک‌های متشکل از موادی مانند فلز، پلاستیک یا سرامیک استفاده می‌شود که ساختار داخلی آن‌ها به شکل‌های مختلف لانه زنبوری چیده شده‌اند. این اشکال لانه زنبوری همیشه در ستون‌های استوانه ای یافت خواهند شد.

انواع پکینگ ساختار یافته عبارت اند از:

- **فلزی:** فولاد ضد زنگ، بادوام، مقاومت در برابر خوردگی بالا
 - **پلاستیکی:** پلی پروپیلن، مقرون به صرفه، مقاومت شیمیایی
 - **سرامیکی:** آلومینا، درجه حرارت بالا و مقاومت در برابر خوردگی
- سیلندرهای بسته بندی ساختاری به شکلی طراحی شده‌اند که سطح وسیعی را برای تماس مایع، بدون ایجاد مقاومتی که جریان مایع را مختل کند، فراهم می‌کنند و امکان کاهش اندازه ستون‌ها را در مقایسه با سایر بخش‌های داخلی ستون تقطیر فراهم می‌کنند. بسته بندی ساختاریافته بیشتر از بسته بندی تصادفی در موارد زیر استفاده می‌شود:
- در بازسازی ستون (در سناریوهایی به منظور افزایش ظرفیت ستون و به حداقل رساندن نسبت رفلاکس)
 - تقطیر همراه با خلأ بالا

- به منظور جداسازی‌های نیازمند به مراحل متعددی (مثلاً در جداسازی ایزوتوپ‌ها به دلیل HETP مطلوب تری که دارند).
- بسته بندی ساختاریافته معمولاً گران‌تر از بسته بندی تصادفی است. با این حال، در مقایسه با بسته بندی تصادفی، مزیت بازده آن بهبود یافته است. در ادامه با انواع این نوع پکینگ آشنا خواهیم شد.

1) بسته بندی فلزی ساختاری

در این نوع پکینگ، می‌توان از مواد فلزی مختلف همانند موارد زیر استفاده کرد:

- فولاد کم کربن
- فولاد ضد زنگ
- فولاد ضد زنگ دوبلکس
- مونل
- آلیاژ تیتانیوم
- و مواردی از این قبیل
- بسته بندی ساختاری فولاد ضد زنگ به دلیل مقاومت عالی‌ای که در برابر خوردگی و زنگ زدگی دارد و همچنین خاصیت دوام و استحکام پذیری خود، دارای بیشترین استفاده ممکن است. پکینگ فلزی دارای انواع مختلفی از بسته بندی است که می‌توان آن‌ها را به موارد زیر تقسیم کرد:
- بسته بندی ساختاری شبکه ای
- بسته بندی ساختاری بافته شده
- بسته بندی ساختاری سوراخ دار
- بسته بندی ساختاری بیرون زده

(2) بسته بندی سرامیکی ساختاری

این نوع از پکینگ ساختاری شامل بسیاری از واحدهای بسته بندی با طرح هندسی مشابه است. طرح هندسی مذکور، مجموعه ای از ورقهای راه راه است که به صورت موازی قرار گرفته اند. بسته بندی ساختاری سرامیکی دارای راندمان فیلترینگ و جداسازی بالایی است تا با کاربردهای پیچیده ای که دارد، مطابقت داشته باشد. این نوع پکینگ برج تقطیر، همچنین دارای افت فشار کم، افزایش الاستیسیته عملیاتی و حداکثر تصفیه مایع است.

پکینگ ساختاری سرامیکی را می توان به شکل های گرد یا مستطیلی برای مطابقت با کاربردهای مختلف درآورد. علاوه بر این، می توان آن را به واحدهای مختلف مستقل به منظور تسهیل در حمل و نقل و مونتاژ بسته بندی ساختار یافته با قطره های بزرگ تبدیل کرد.

(3) بسته بندی پلاستیکی ساختاری

به صورت کلی بسته بندی ساختاری سوراخ دار، پلاستیکی است. در بسته بندی ساختاری سوراخ شده از مواد PP و PE و در بسته بندی صفحه از مواد PP یا PVDF استفاده شده است. به منظور بهبود در راندمان انتقال جرم می توان دهانه ها را روی صفحه اضافه کرد. بسته بندی گاز سیمی پلاستیکی ساخته شده از مواد PP یا PE نیز موجود است. مشابه بسته بندی ساختار سرامیکی و بسته بندی ساختار فلزی، بسته بندی ساختاری پلاستیکی را می توان در اشکال گرد یا مستطیلی نیز عرضه کرد. اشکال خاص را همچنین می توان، سفارشی سازی کرد.

(4) بسته بندی مش سیمی

در بسته بندی ساختاری مش سیمی از مش سیمی بافته شده مخصوص تولید استفاده می‌شود که در صفحات صاف فشرده می‌شود و به صورت یکنواخت سوراخ می‌شود و به شکلی راه راه در جهت‌های متناوب انباشته می‌شود. این نوع پکینگ کمترین افت فشار را در هر مرحله از تئوری دارد که آن را به گزینه ای ایده آل برای پردازش مواد شیمیایی خاص، داروها و مواد حساس به دما تبدیل کرده است.

پکینگ یا بسته بندی شبکه ای

یکی دیگر از انواع پکینگ برج تقطیر، شبکه‌های پکینگ یا بسته بندی هستند. این شبکه‌ها همچنین به صورتی سیستماتیک مرتب شده اند؛ اما به جای شبکه‌های گلی یا ورق‌های موج دار از ساختار شبکه ای باز استفاده می‌کنند. پکینگ‌های شبکه ای برای کاربردهای خاصی استفاده می‌شوند همانند، مناطق شستشو و مقاطع پمپ در اطراف نفت خام و ستون‌های خلأ در پالایشگاه‌ها که در آن‌ها وجود نداشتن هیچ نوعی از حساسیت به رسوب و خوردگی، افت فشار و انتقال حرارت از جمله نگرانی‌های غالب به شمار می‌آیند و به جداسازی نسبتاً کمی نیاز دارند. در این حالت و به منظور چنین کاربردهایی از بسته بندی‌های ساختاری مستحکم و صاف همراه با مناطق هندسی خاص بین ۵۰ تا ۱۰۰ مترمربع بر مترمکعب مانند Mellagrid استفاده می‌شود یا اغلب سازه‌های مستحکم‌تری به نام بسته بندی‌های شبکه‌ای مورد استفاده قرار خواهند گرفت. شبکه‌های پکینگ از آنجایی که سازه‌های بسیار بازی هستند، قادر خواهند بود تا به راحتی موقعیت‌هایی که بخار زیاد و بارهای مایع کمی درگیر هستند را کنترل کنند.

آنها به ظرفیت‌های بالایی که در یک افت فشار کم وجود دارند، اجازه می‌دهند و معمولاً در ترکیب با توزیع کننده‌ها به شکل اسپری استفاده می‌شوند. این کاهش یک عامل محدودکننده است و کیفیت توزیع مایع آنها ضعیف تر خواهد بود؛ اما برای رسیدگی به نیازهای معمولی انتقال حرارت کافی است. این امر می‌تواند راندمان انتقال حرارت بالا، استحکام مکانیکی بالا و ویژگی‌های ضد رسوب را در خدماتی مانند موارد زیر ارائه دهد:

- مستعد گرفتگی

- کک شدن

- فرسایش

- حاوی مواد جامد

سطح صاف، امکان نگهداری از مایع کم را فراهم می‌کند و زمان ماند و امکان تشکیل کک را کاهش می‌دهد.

نکات مهم در انواع پکینگ برج تقطیر



مهم ترین شرایطی که برای انواع پکینگ برج تقطیر باید رعایت شود، عبارت اند از:

- برای سطح مشترک بین مایع و گاز، یک سطح بزرگ باید در نظر گرفته شود.
- بسته بندی باید به گونه ای پیکربندی شود که کمترین مقاومت را در برابر جریان گاز و ترجیحاً با داشتن آرایش باز داشته باشد.
- این امر باید جریان مایع ثابت را در قسمت بیرونی بسته بندی افزایش دهد.
- پکینگ ها باید به گونه ای باشند که توزیع گاز و بخار ثابت را در سطح مقطع ستون تقطیر افزایش دهند.

اندازه انواع پکینگ برج تقطیر



قاعده کلی اندازه انواع پکینگ برج تقطیر، این است که باید از بزرگترین اندازه بسته بندی تصادفی متناسب با ابعاد ستون استفاده شود. با این حال، حد بالایی با ۵۰ میلی متر باید در جای خود قرار گیرد. لازم به ذکر است که بسته بندی در اندازه‌های کوچک بسیار گران‌تر خواهد بود.

اندازه‌های بسته بندی‌های بزرگتر از ۵۰ میلی متر با در نظر گرفتن کاهش راندمان انتقال جرم، هیچ سود و هزینه‌ای را نشان نخواهد داد. این امر به دلیل نتایج بسته بندی بزرگتر در توزیع مایعات نامرغوب است.

محدوده اندازه‌های توصیه شده عبارت اند از:

- برای قطر ستونی که کمتر از $\frac{1}{3}$ متر است، از اندازه بسته بندی کوچکتر از ۲۵ میلی متر استفاده شود.
- برای قطر ستون بین $\frac{1}{3}$ متر و $\frac{1}{9}$ متر، از اندازه بسته بندی بین ۲۵ تا ۳۸ میلی متر استفاده شود.
- برای قطر ستون بالای $\frac{1}{9}$ متر، از اندازه بسته بندی بین ۵۰ میلی متر تا ۷۵ میلی متر استفاده شود.

مزایا و معایب پکینگ برج تقطیر



ستون های بسته بندی شده مزایای متعددی نسبت به سایر انواع تجهیزات انتقال جرم، مانند ستون های سینی دارند. ستون های پکینگ، ظرفیت بالاتری دارند و می توانند دامنه وسیع تری از نرخ جریان را تحمل کنند. آن ها همچنین، حساسیت کمتری نسبت به تغییرات در نرخ جریان مایع و سطح مایع دارند. ستون های بسته بندی شده برای کاربردهایی که فشار و دمای بالا مورد نیاز است مناسب تر هستند.

با این حال، ستون های بسته بندی شده دارای معایبی نیز هستند. آن ها افت فشار بیشتری در سراسر ستون دارند که می تواند هزینه عملیات را افزایش دهد. ستون های بسته بندی شده نیز بیشتر در معرض رسوب گیری هستند که می تواند کارایی ستون را در طول زمان کاهش دهد. تمیز کردن و نگهداری ستون نیز می تواند یکی دیگر از معایب آن ها باشد که عملیات پکینگ برج تقطیر را چالش برانگیزتر از ستون های سینی خواهد کرد.