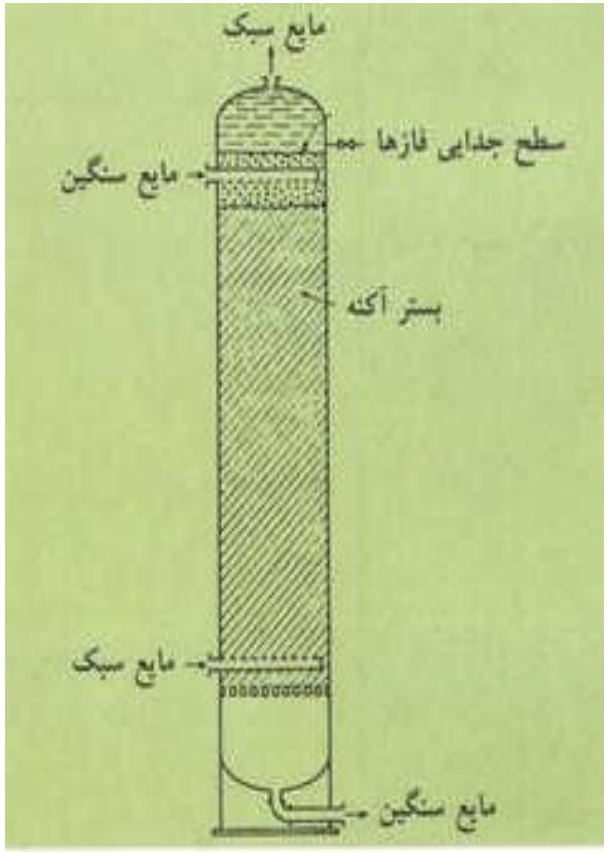
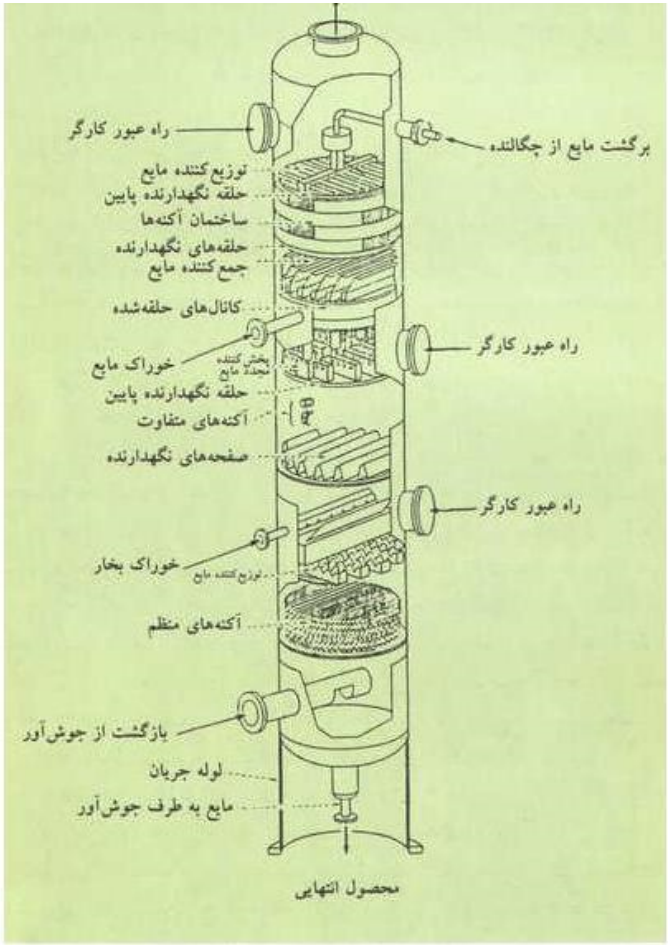
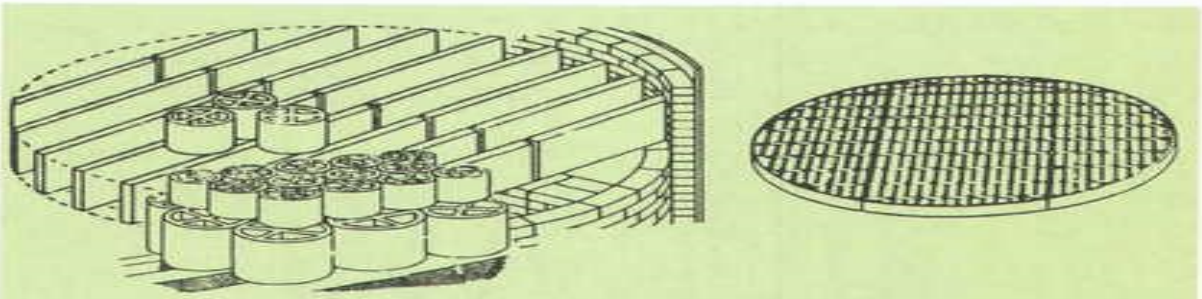
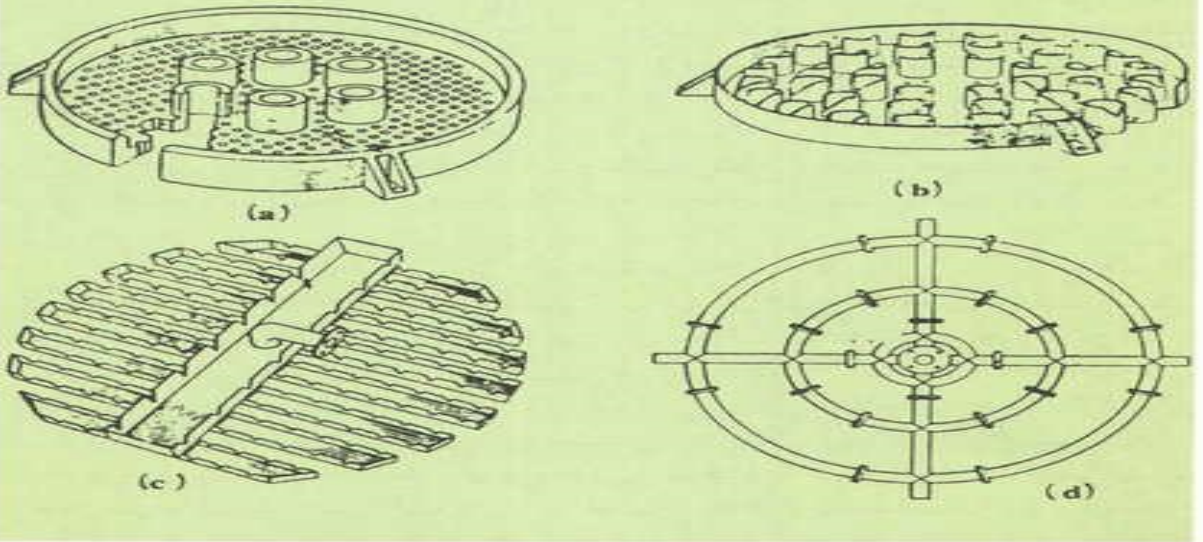

مایع سبک
سطح جدایی فازها
مایع سنگین
بستر آکنه
مایع سبک
مایع سنگین

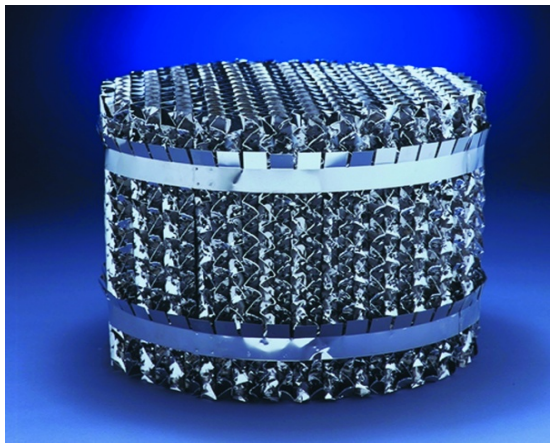

راه عبور کارگر
برگشت مایع از چگالنده
توزیع کننده مایع
حلقه نگهدارنده پایین
ساختمان آکنه‌ها
حلقه‌های نگهدارنده
جمع کننده مایع
کانال‌های حلقه‌شده
راه عبور کارگر
خوراک مایع
پخش کننده مجدد مایع
حلقه نگهدارنده پایین
آکنه‌های متفاوت
صفحه‌های نگهدارنده
راه عبور کارگر
خوراک بخار
توزیع کننده مایع
آکنه‌های منظم
بازگشت از جوش‌آور
لوله جریان
مایع به طرف جوش‌آور
محصول انتهایی

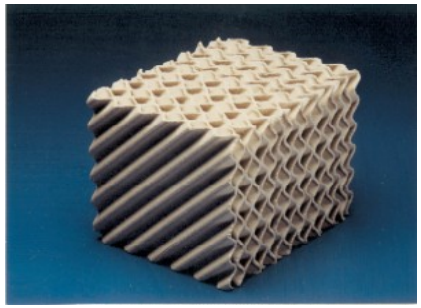


شکل ۱۱-۱۷- صفحات نگهدارنده آکنه



چند نوع از انواع توزیع‌کننده مایع





چند نمونه آکنه منظم

انواع پکینگ

برای ایجاد سطح تماس بیشتر بین دو فاز از مواد پر کننده یا پکینگ استفاده می شود. با توجه به نوع استفاده پکینگ ها از پلاستیک (پلی پرو پیلن، پلی اتیلن و...)، فلز، سرامیک، شیشه و... ساخته می شوند. پکینگ ها در اندازه های مختلف ساخته می شوند. میزان آلودگی هوای جاری و میزان مایعی که توسط پخش کننده توزیع می شود از عوامل مؤثر در تعیین شکل، نوع و اندازه پکینگ است.

- انواع پکینگ :

نمونه های زیادی از پکینگ ها ساخته شده اند که در این پروژه برخی از این پکینگ ها به همراه ذکر سایت کارخانه تولید کننده مورد بررسی قرار گرفته اند.

۱-۲- راشینگ رینگ (Raschig rings)

نوع راشینگ رینگ از قدیمی ترین پکینگ های منظم است که در حال حاظر نیز در بسیاری از موارد به عنوان پر کننده مورد استفاده قرار می گیرد.

۱-۱-۲- راشینگ رینگ شیشه ای

این نوع پکینگ از شیشه هایی با کیفیت های مختلف ساخته می شوند که عبارتند از:

- Soda glass
- Borosilicate glass 3.3
- Quartz glass
- Neutral glass

-http://www.hilgenberg-gmbh.de

۳-۱-۲- راشینگ رینگ سرامیکی

پکینگ های سرامیکی مقاومت بسیار بالایی در برابر اسیدها و بازها حتی در دماهای بالا دارند.

http://www.mte-bv.com

۴-۱-۲- راشینگ رینگ کربنی

راشینگ رینگ های ساخته شده از کربن یا گرافیت بسیار مقاوم در برابر خودگی یا شوک های ناشی از تغییرات دما هستند. در برابر بسیاری از اسید ها، بازها و حلالها تا دمای حدود ۱۵۰ ^{o}C مقاومند. به دلیل مقاومت بالا در برابر شکستن و فرسایش عمر طولانی دارند.

http://www.kevincpp.com

۵-۱-۲- راشینگ رینگ فلزی

ماده ای که عمدتاً در ساخت این نوع پکینگ استفاده می شود فولاد کربن دار است که به وسیله کروم و نیکل آلیاژشده است.

-http://www.lanteceurope.com

۲-۲- پال رینگ (Pall Rings)

این نوع پکینگ در واقع توسعه یافته راشینگ است که در آن توزیع مایع بهتر صورت می گیرد. بر خلاف راشینگ رینگ دیواره های پال رینگ باز هستند. فضای باز این نوع پکینگ باعث تماس بیشتر دو فاز و پخش یکنواخت آب می شود. دنده های زیادی که درون این نوع تعبیه شده درصد تماس دو فاز را افزایش می دهد.

۱-۲-۲- پال رینگ پلاستیکی

خصوصیات ابن نوع پکینگ عبارتند از:

1. دیواره نازک و فضای باز
2. مقاومت کم، مصرف انرژی پایین
3. وزن کم و جایگذاری آسان
4. قیمت کم و قابل بازیافت
5. در شرایط دمای پایین به خوبی کار می کند و با آب شسته می شود.

-http://www.germes-online.com

۲-۲-۲- پال رینگ فلزی

۳-۲-۲- پال رینگ سرامیکی

این نوع پکینگ برای سیالات خورنده مناسب می باشد ولی امکان شکستن آن در شرایط دبی بالا وجود دارد. از این نوع پکینگ می توان در ستون های جذب، برج های خنک کننده و ستون های خشک کننده در صنعت شیمی، صنعت استخراج و ذوب فلزات، صنعت گاز زغال سنگ و صنعت تولید اکسیژن و ... استفاده نمود.

http://jxkunlun.en.ec21.com

شکل پال رینگ سرامیکی

۳-۲-Saddle Packing

این نوع پکینگ ها زینی شکل بوده و توزیع بهتری نسبت به راشینگ ایجاد می کنند.

این نوع پکینگ دارای ظرفیت بالا و بیشترین راندمان می باشد.

شکل Saddle Packing

Berl Saddles and Saddles in Ceramic-۲-۳-۲

در این نوع پکینگ ها غالباً از یک ماده صیقلی برای افزایش ظرفیت و کاهش تخلخل است استفاده می شود. غالباً در فرآیندهایی که تغییرات ناگهانی دما و اثرات شیمیایی سیستم وجود دارد این نوع پکینگ ها مناسب هستند.

http://www.kevincpp.com

Berl Saddles and Saddles in Ceramic شکل

Supper Intolox Saddle شکل

Super Intalox saddles جدول خواص فیزیکی

Normal Size		Approx.Weight		Surface Area		Void Fraction(%)	Dry Packing factor
		lb/ft^3	Kg/m^3	ft^2/ft^3	m^2/m^3		(m^{-1})
1"	25mm	40	645	79.5	260	77	570
1.5"	38mm	37.5	600	64	210	78	430
2"	50mm	35.6	570	42.8	140	79	277
3"	76mm	36	580	32	105		

Medal-Pak -۲-۴

این نوع پکینگ به دلیل افت فشار کمی که ایجاد می کند بسیار مناسب برای استفاده در برج های خلاء است. مزایای دیگر این نوع پکینگ عبارتند از: فضای باز مؤثر، مقاومت مکانیکی بالا و قیمت پایین .

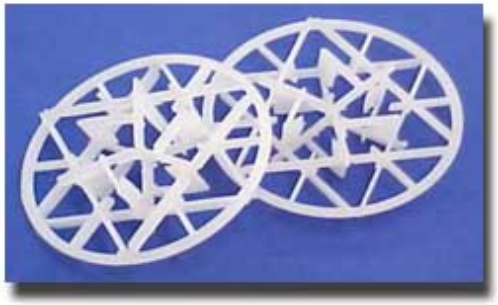
http://www.kevincpp.com

این نوع پکینگ در اندازه های گوناگون و جنس های مختلف ساخته می شود. انواع مختلف آن ساخته شده از فولاد کربن دار، فولاد ضد زنگ، مس آلومینیوم، تیتانیوم و زیرکونیوم است.

Tall-Pak -۲-۵

نوع توسعه یافته و بسیار خوبی از پال رینگ است که بازده بسیار بالا دارد و نسبت به پکینگ های با بازده برابر کمترین افت فشار را ایجاد می کند و همچنین سطح تماس زیادی را برای تماس گاز و مایع فراهم می کند.

http://www.kevincpp.com



۶-۲- Omni-Pak

این نوع پکینگ افت فشار کمی ایجاد می کند به طوری که به طرز قابل توجهی باعث کاهش انرژی الکتریکی مصرفی می شود. برای بساری از مواد خورنده، بخارات اسید و ... مناسب است. بازده این نوع در مقایسه با پال رینگ های 38mm و بیشتر و PSS#2 و بیشتر، بالاتر است.

http://www.kevincpp.com

سرعت خیس شدن پکینگ

سرعت خیس شدن پکینگ به صورت زیر تعریف شده است:

$$\text{سرعت خیس شدن} = \frac{Q_L/A_C}{a}$$

سرعت خیس شدن = سطح پکینگ به ازای واحد حجم / دبی حجمی مایع به ازای سطح مقطع ستون

در واقع سطحی از پکینگ است که در واحد زمان توسط سیال مایع خیس می‌شود.

سرعت خیس شدن پارامتری است که توسط تولید کنندگان پکینگ ها ارائه خواهد شد. بنابراین باید سرعت خیس شدن پکینگ ها محاسبه شده و با مقدار ارائه شده توسط تولید کنندگات مقایسه شود. اگر سرعت خیس شدن محاسبه شده کمتر از مقدار توصیه شده باشد باید در این صورت قطر ستون را کاهش داد. Norman برای اطمینان از خیس شدن پکینگ ها در ستون های جذب، فلاکس جرمی بالاتر از $2.7\ \frac{\text{kg}}{m^2.s}$ را توصیه نموده است.

مراحل طراحی یک ستون پرشده

با توجه به مطالب ارائه شده مراحل طراحی یک ستون پر شده به شرح ذیل می‌باشد.

انتخاب نوع و اندازه‌ی پکینگ

دستیابی به قطر ستون با توجه به دبی مشخصی از فاز ها(گاز و مایع)

دستیابی به ارتفاع ستون برای جداسازی خاص

بررسی و انتخاب تجهیزات داخلی، متوقف کننده، توزیع کننده‌ی مایع، توزیع کننده‌ی مجدد و نگهدارنده

انتخاب نوع پکینگ با توجه به پارامتر های مهم در انتخاب پکینگ و اندازه پکینگ با توجه به اندازه‌ی احتمالی قطر ستون قابل پیش‌بینی است

دستیابی به قطر ستون

برای پکینگ های نامنظم، افت فشار گاز به ازای هر متر پکینگ معمولا از (واحد) تجاوز نمی‌نماید. این مقدار افت فشار گاز در حدود ۸۰ درصد سرعت طغیان است. توصیه های تجربی زیر برای افت فشار گاز در ستون های جذب، دفع و تقطیر ارائه شده است.

افت بشار به ازای یک متر پکینگ $(200-400)\frac{N}{m^2}$

در ستون تقطیر در فشار اتمسفر :

افت بشار به ازای یک متر پکینگ $(400-600)\frac{N}{m^2}$

در ستون تقطیر در فشار خلاء :

افت بشار به ازای یک متر پکینگ $(8-40)\frac{N}{m^2}$

در صورتی که سیستم شیمیایی کف زا باشد مقادیر توصیه شده فوق باید نصف شود.

$$\frac{L'}{G'}=\frac{L/A_C}{G/A_C}=\frac{L}{G}$$

فاکتور جریان $F_{LV}=\frac{L'}{G'}\left(\frac{\rho_G}{\rho_L-\rho_G}\right)^{\frac{1}{2}}$

دستیابی به ارتفاع ستون

نشان داده است که در تقطیر HEPT برای نوع و اندازه خاصی از پکینگ ثابت و مستقل از خصوصیات فیزیکی سیستم شیمیایی است به شرط آنکه توزیع مایع به خوبی صورت گیرد و حداقل افت فشار گاز توصیه شده برای هر پکینگ خاص ایجاد شود.

اگر حداقل افت فشار گاز برای پکینگ Pall ring، ۱۷mmH_2O به ازای یک متر مربع پکینگ باشد آنگاه :

HEPT (m)	(mm)
0.4 - 0.5	25
0.6 - 0.75	38
0.75 – 1.0	50

مقادیر HEPT توصیه شده فوق برای پکینگ های Saddless ، تقریباً قابل استفاده است اگر حداقل افت فشار ایجاد شده ۲۹ mmH_2O باشد و در حالتی که از پکینگ Rasching استفاده شود مقادیر فوق در صورتی که افت فشار در حدود ۴۲ mmH_2O به ازای یک متر پکینگ باشد قابل استفاده خواهد بود.

افت فشار در ستون های پرشده:

بستر تک فازی – رابطه Ergun برای دستیابی به افت فشار (گاز یا مایع) از درون ستون پرشده از مواد جامد کروی، استوانه ای و ... ارائه شده است.

$$\frac{\Delta P}{Z} \times \frac{g_c . \varepsilon^2 . d_p . g_c}{(1-\varepsilon) G'^2} = \frac{150(1-\varepsilon)}{Re} + 1.75$$

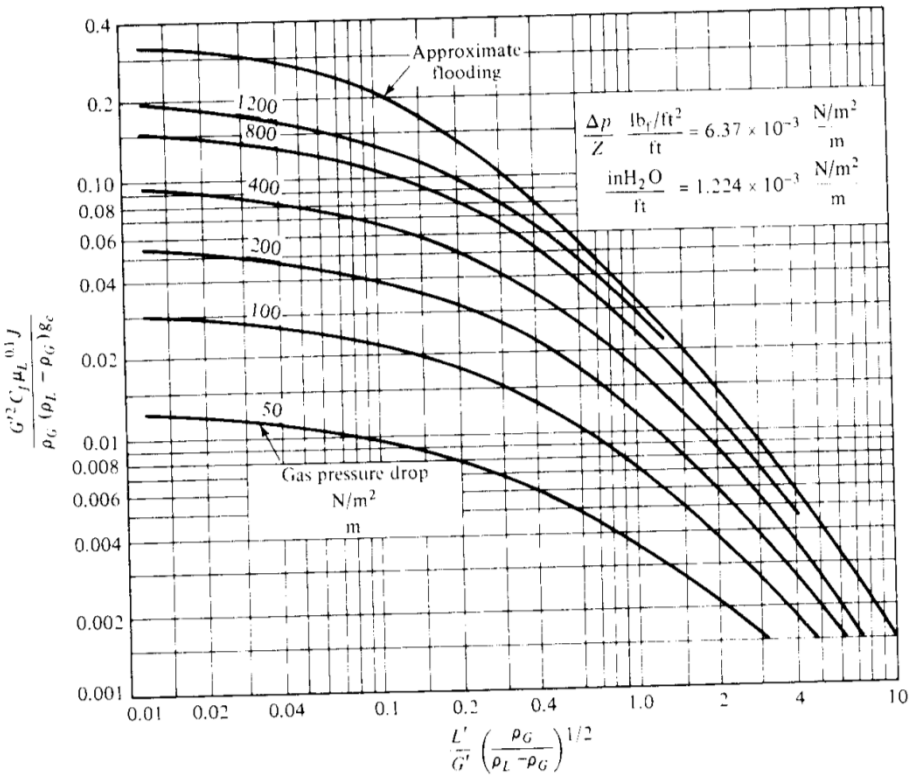
ترم مربوط به جریان متلاطم ترم مربوط به جریان آرام

$Re = \frac{d_p . G'}{\mu}$ $G' : \frac{kg}{m^2 . s}$ فلاکس جرمی سیال

$d_p : \frac{6(1-\varepsilon)}{a_p}$ قطر معادل پکینگ

برای جریان گاز $G' > 0.7 \frac{kg}{m^2 . s}$ ترم مربوط به جریان آرام قابل صرف نظر کردن است.

$$\frac{\Delta P}{Z} = C_D . \frac{G'^2}{\rho_G}$$


Approximate flooding
1200
800
400
200
100
50
$\frac{\Delta p}{Z}$ $\frac{\text{lb}_f/\text{ft}^2}{\text{ft}}$ = 6.37 × 10⁻³ $\frac{\text{N/m}^2}{\text{m}}$
$\frac{\text{in H}_2\text{O}}{\text{ft}}$ = 1.224 × 10⁻³ $\frac{\text{N/m}^2}{\text{m}}$
Gas pressure drop
N/m²
m
0.4
0.2
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.01
0.008
0.006
0.004
0.002
0.001
0.01
0.02
0.04
0.1
0.2
0.4
1.0
2
4
10
$\frac{G'^2 C_f \mu_L^{0.1} J}{\rho_G (\rho_L - \rho_G) g_c}$
$\frac{L'}{G'}\left(\frac{\rho_G}{\rho_L - \rho_G}\right)^{1/2}$

مقایسه ستون های سینی دار و پر شده

اگر چه بررسی اقتصادی در انتخاب ستون پر شده یا سینی دار، نقش تعیین کننده ای دارد لیکن با توجه به موارد ذیل نیز می تواند در انتخاب نوع واحد بسیار موثر باشد.

ستون های پر شده برای دبی مایع خیلی کم مناسب نمی باشد. (عدم خیس شدن کامل پکینگ ها)

ستون های سینی دار دامنه وسیعی از دبی فاز گاز و مایع را در مقایسه با ستون پر شده در بر میگیرد.

ستونهای سینی دار با اطمینان بیشتری نسبت به ستون های پر شده قابل طراحی هستند.

ایجاد جریان های جانبی در ستون های سینی دار به مراتب از ستونهای پرشده راحت تر است.

اگر مایع سیستم شیمیایی حاوی ذرات آلوده کننده باشد و نیاز به تمیز کردن ستون باشد ، تمیز کردن ستون های سینی دار با قطر بزرگ و تعبیه دریچه ها برای عبور فرد یک سینی به سینی دیگر به راحتی صورت می گیرد.

مقایسه ستون های سینی دار و پر شده

اگر مایع نقش حلال داشته باشد، اشتغال‌زا و سمی باشد، با توجه به هلد آپ مایع کم در ستونهای پر شده و مسئله نگهداری این گونه حلال‌ها استفاده از ستون پر شده مناسب تر خواهد بود.

اگر مایع خورنده باشد معمولاً ستون های پر شده در مقایسه با ستون‌های سینی دار ارزانتر خواهد بود.

افت فشار گاز در ستونهای پر شده به ازای ارتفاع معادل یک مرحله در مقایسه با افت فشار در یک سینی در یک ستون سینی دار کمتر است.

معمولاً ساخت ستونهای با قطر کم (کمتر از ۰/۶ متر) از ستون‌های پر شده استفاده می شود زیرا ساخت سینی ها در چنین شرایطی نسبتاً مشکل و گران خواهد بود.

در صورتی که نوسانات دما یا تغییرات دما خیلی زیاد باشد پکینگ های سرامیکی توصیه نمی شود در چنین شرایطی ستون سینی دار یا پکینگ فلزی توصیه می شود.