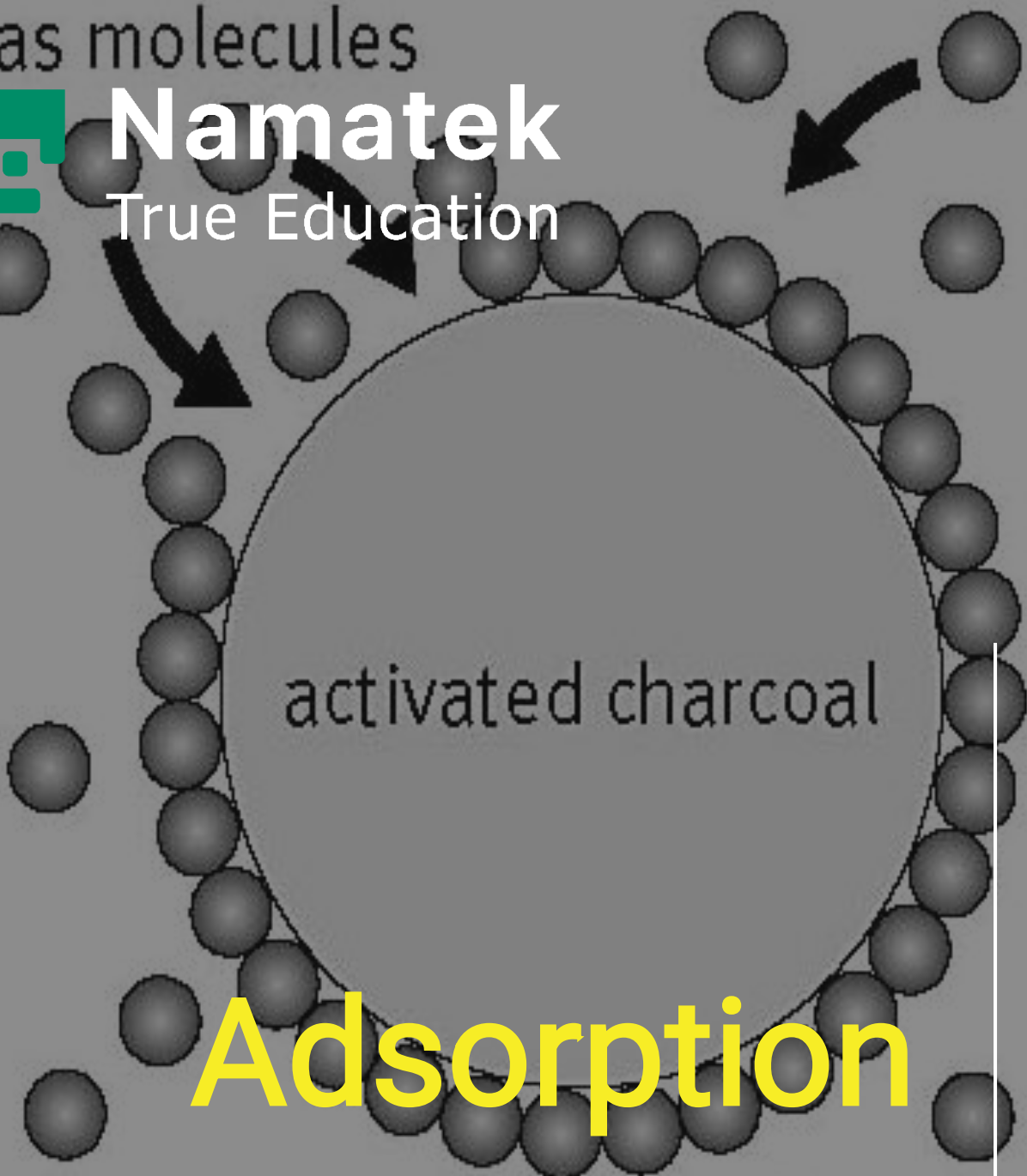




Namatek
True Education

gas molecules



www.namatek.com

Adsorption

جذب سطحی چیست؟

فهرست مطالب

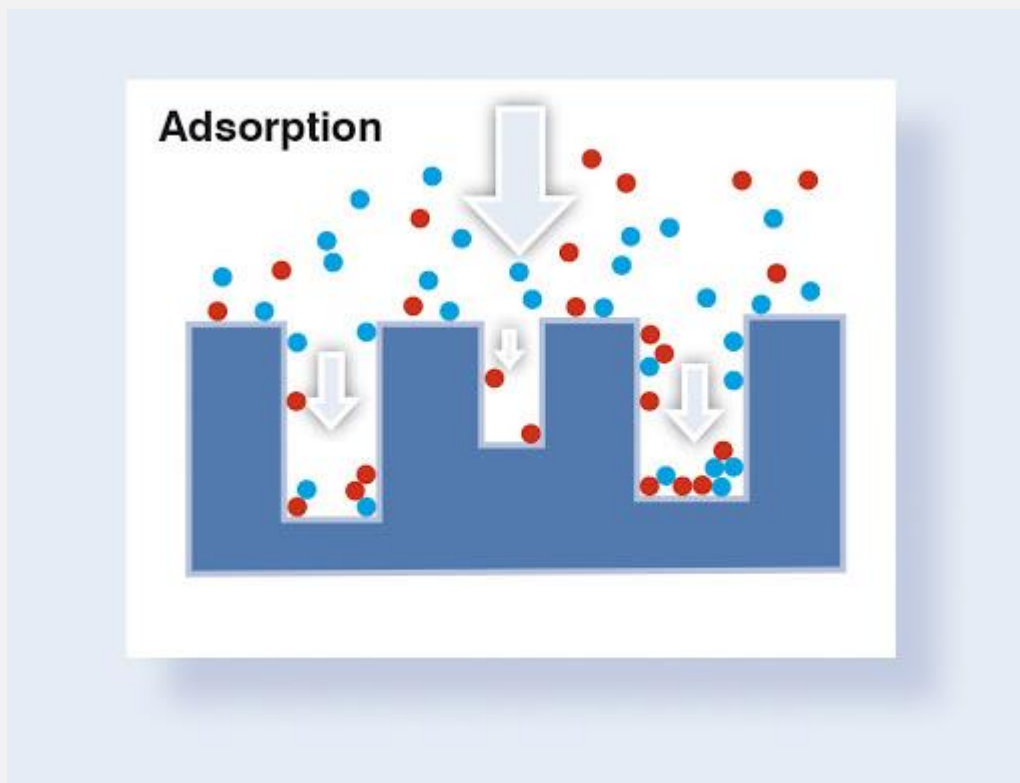
1. جذب سطحی چیست؟ (Adsorption)
2. تفاوت Adsorption و Absorption چیست؟
3. نقطه شکست در جاذب ها (Breakthrough Point) چیست؟
4. فرآیند واجذب (Desorption) چیست؟
5. فرآیند PSA
6. فرآیند TSA
7. نکات انتخاب فرآیند برای احیا
8. شرح فرآیند جذب سطحی در صنعت
9. انواع جاذب های موجود در صنعت
10. طراحی و شبیه سازی برج های جذب سطحی

جذب سطحی (Adsorption) به عنوان یکی از جدید ترین و متداول ترین فرآیندهای موجود در صنعت به شمار می رود. آشنایی با این نوع فرآیندها و طراحی بسترهای جذب یکی از توانایی های یک مهندس فرآیند است، در این مقاله شما را با فرآیند جذب سطحی، طراحی و شبیه سازی بسترهای جذب آشنا خواهیم کرد.

جذب سطحی چیست؟ (Adsorption)

وقتی یک ماده از یک فاز، به صورت انتخابی روی سطح یک ماده دیگر (مایع یا جامد) به دام بیفتد، جذب سطحی (Adsorption) خواهیم داشت. به ماده اول جذب شونده یا Absorbed و ماده دوم که دارای سطح فعال است جذب یا adsorbent گفته می شود. از جمله مهم ترین و پرکاربرد ترین جذب ها می توان سیلیکاژل، غربال مولکولی، آلومینا و... را نام برد. فرآیندهای جذب همگی گرماده هستند بنابراین به لحاظ ترمودینامیکی دمای پایین و فشار بالا برای آنها مساعد است.

در شکل زیر شماتیک یک فرآیند جذب را می بینم:



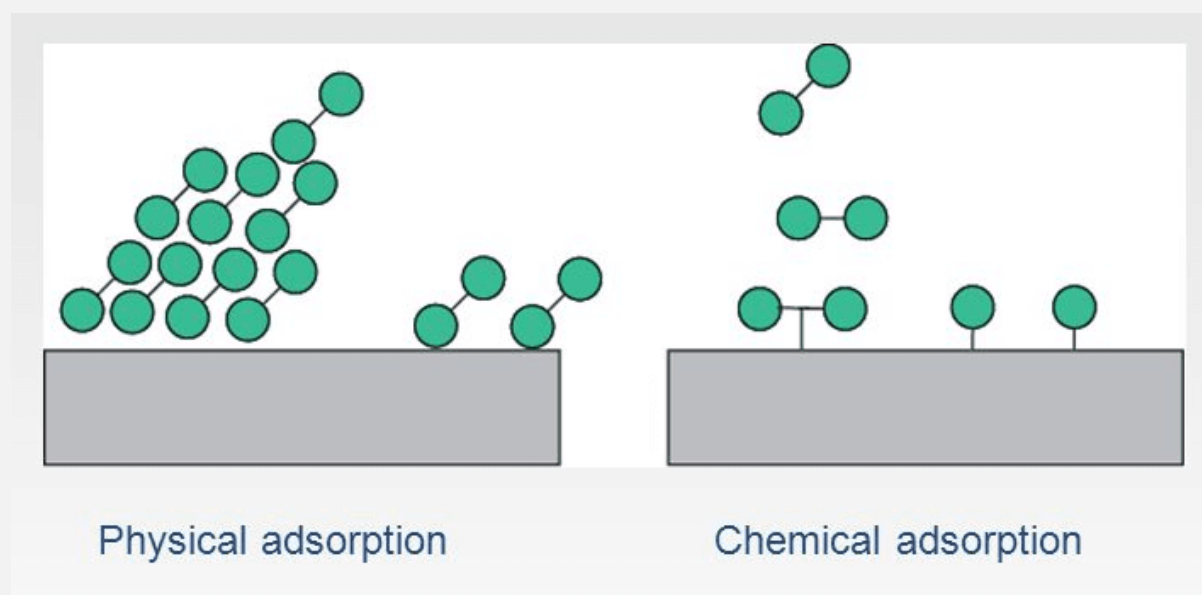
فرآیند های جذب سطحی از لحاظ نوع پیوند بین جذب شونده و جاذب به دو دسته تقسیم می شوند:

جذب سطحی فیزیکی

این نوع جذب یک فرآیند برگشت پذیر است و در آن بین مولکول های جاذب و جذب شونده نیرو های **واندروالسی** وجود دارد. این نیرو بسیار ضعیف بوده و برای به وجود آمدن آن نیازی به وقوع یک واکنش شیمیایی نیست. پس در این نوع جذب ما واکنش شیمیایی نداریم و مولکول های جذب شونده فقط روی سطح جامد جمع می شوند.

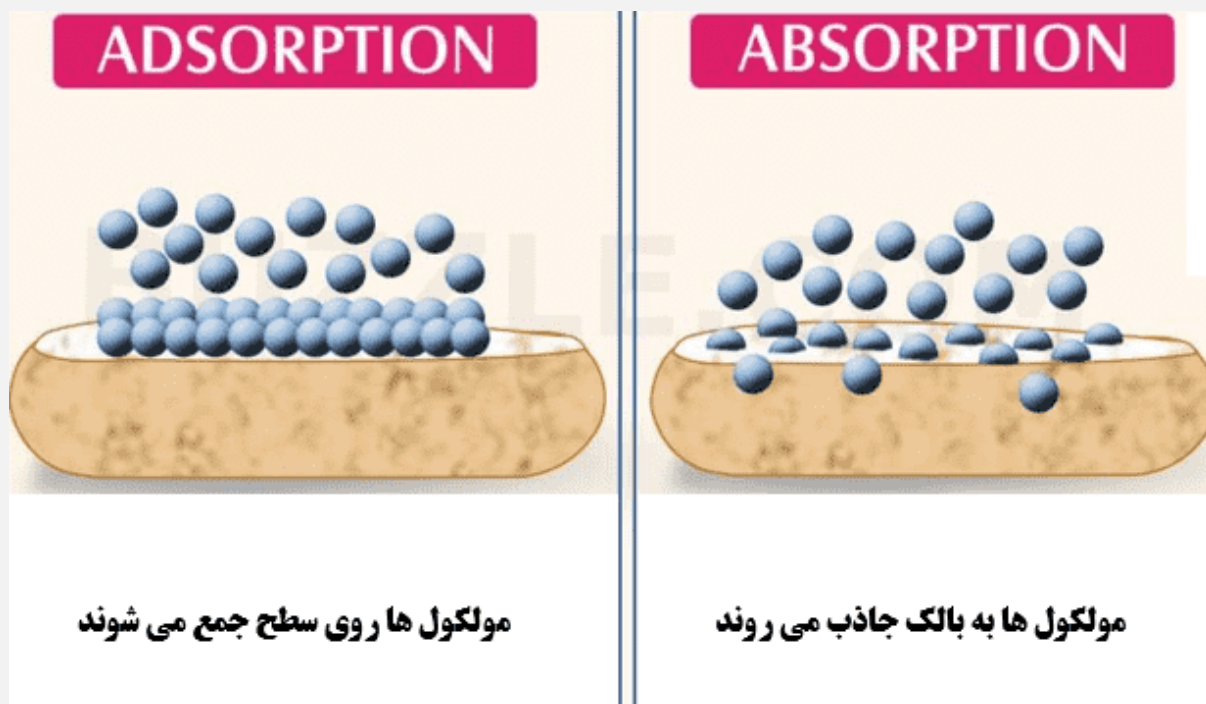
جذب سطحی شیمیایی

جذب شیمیایی که به آن جذب سطحی فعال شده هم می گویند، حاصل فعل و انفعالات شیمیایی بین جاذب و ماده جذب شونده است. این نوع فرآیند های جذب اغلب، فرآیند های برگشت ناپذیری هستند و این موضوع از معایب این نوع فرآیند ها به شمار می رود، زیرا بعد از جذب، ما برای حفظ جاذب و استفاده دوباره از آن، باید آن را احیا کنیم و اگر جذب شیمیایی اتفاق بیفتد، احیا جاذب یا ممکن نیست و یا اگر ممکن هم باشد باعث تغییر در ساختار جاذب می شود. در شکل زیر تفاوت بین این دو مکانیزم جذب را مشاهده می کنید:



تفاوت Adsorption و Absorption چیست؟

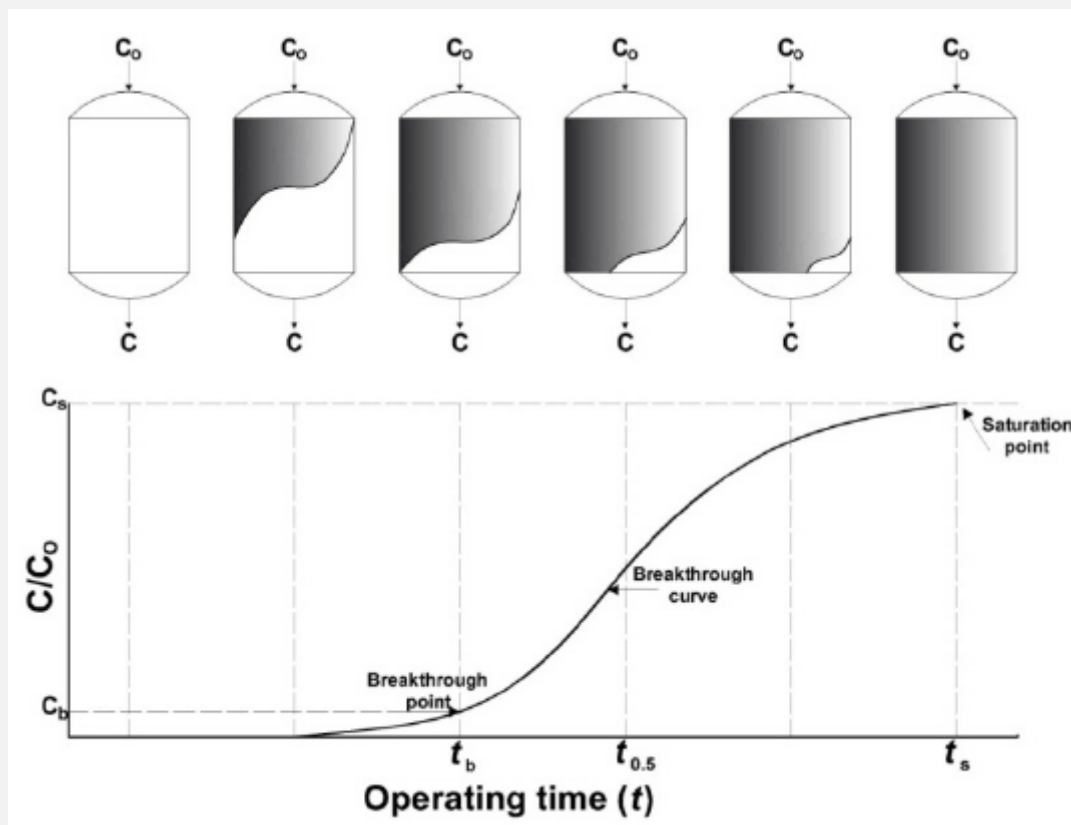
در فرآیند Absorption جذب شونده به بالک (Bulk) جاذب می رود در حالیکه در فرآیند Adsorption این چنین نیست و جذب شونده ها فقط روی سطح جاذب قرار می گیرند. در شکل زیر این تفاوت را می توانید ببینید:



نقطه شکست در جاذب ها (Breakthrough Point)

چیست؟

فرآیند جذب سطحی یک فرآیند دینامیک است یعنی پارامترهای موثر در آن با گذشت زمان تغییر می کنند. هر بستر جاذبی بعد از مدتی که از عملیاتش بگذرد اشباع می شود، یعنی ظرفیت جذب آن پر شده و دیگر جایی برای مولکول های جدید ندارد. در چنین حالتی باید شیر ورودی بستر را ببندیم و عملیات جذب را روی یک بستر دیگر انجام دهیم تا بستر اشباع شده احیا شود.

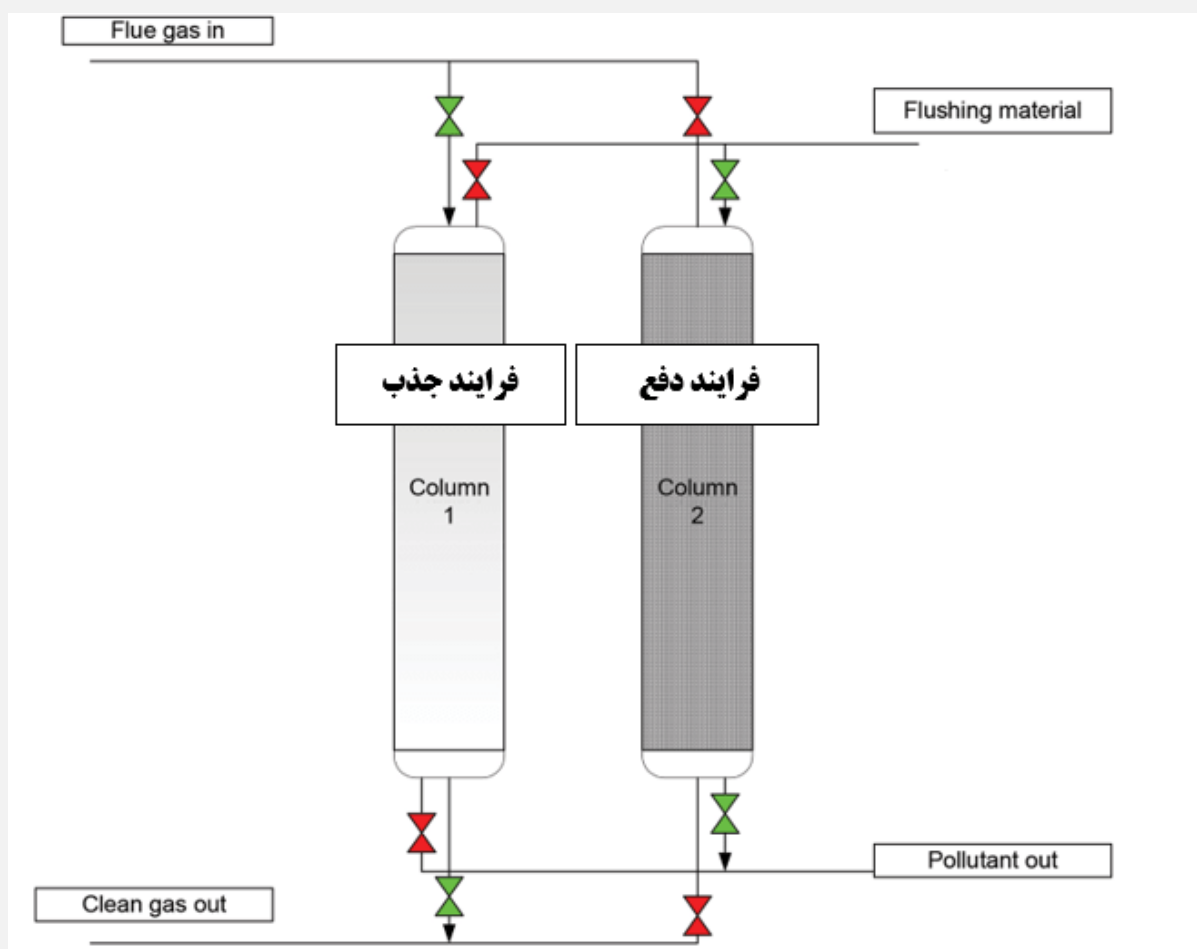


با توجه به مفهوم **نقطه شکست** برای جاذب ها، در می یابیم که پیدا کردن این نقطه بسیار حائز اهمیت است. برای این کار در خروجی برج یک نمونه گیری انجام می شود و غلظت ماده ای که باید جذب می شده اندازه گیری می شود، سپس با رسم نمودار بالا می توانیم نقطه شکست بستر را تشخیص دهیم و قبل از رسیدن به آن بستر را برای احیا آماده کنیم.

فرآیند واجذب (Desorption) چیست؟

به فرآیند عکس جذب سطحی، پدیده واجذب گفته می شود. یعنی در این فرآیند یک ماده از سطح جاذب به فاز دیگر می رود. وقتی در یک واحد فرآیندی از جذب سطحی استفاده می کنیم، بعد از مدتی جاذب به نقطه ای می رسد که اشباع می شود، وقتی به این نقطه رسیدیم باید جاذب را احیا

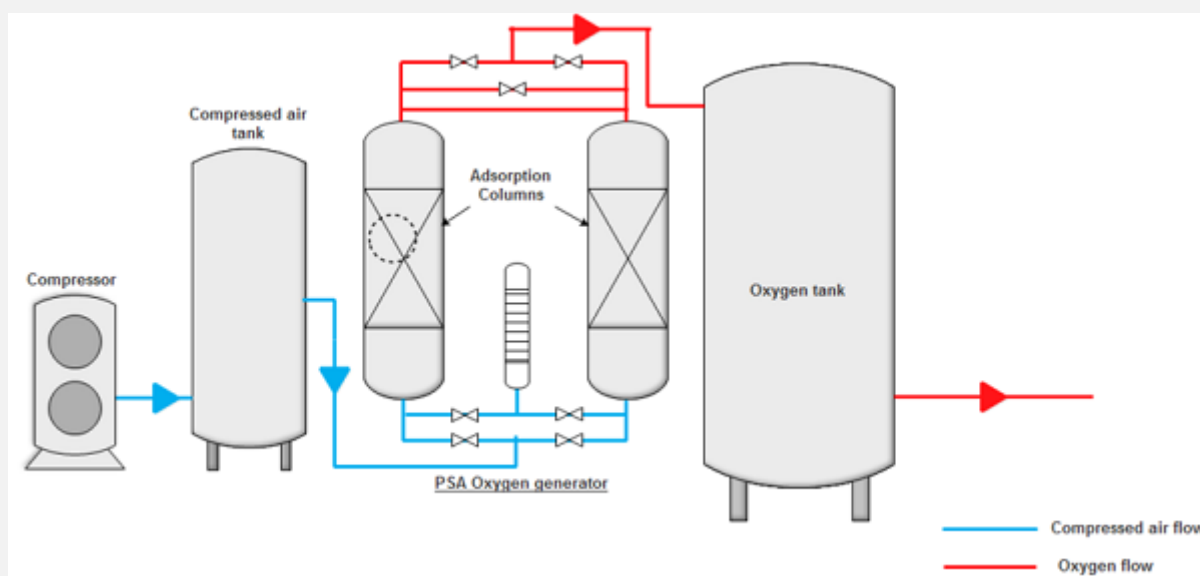
کنیم. فرآیند های واجذب هم برای احیای جاذب بکار می روند. معمولاً فرآیند های جذب و دفع در واحد های عملیاتی به صورت همزمان انجام می شوند. به این صورت که چند برج حاوی جاذب داریم که یکی از آن ها در حالت جذب قرار گرفته درحالیکه در بستر دیگر جاذب ها در حال احیا شدن هستند و به همین ترتیب فرآیند ادامه دارد.



همانطور که انتظار می رود، فرآیند های واجذب گرماگیر بوده و به لحاظ ترمودینامیکی دمای بالا و فشار پایین برای آن ها مساعد است. از همین نکته در صنعت استفاده شده و فرآیند های PSA یا Pressure Swing Adsorption و TSA یا Temperature Swing Adsorption برای احیا جاذب طراحی شده است.

فرآیند PSA

همانطور که قبلا اشاره کردیم، افزایش فشار فرآیند را به نفع پدیده جذب پیش می برد. پس یکی از راه های احیای جاذب ها این است که آن ها را در برج هایی با فشار پایین تر قرار دهیم. در این صورت فرآیند واجذب اتفاق افتاده و جاذب احیا می شود و می تواند دوباره مورد استفاده قرار گیرد.



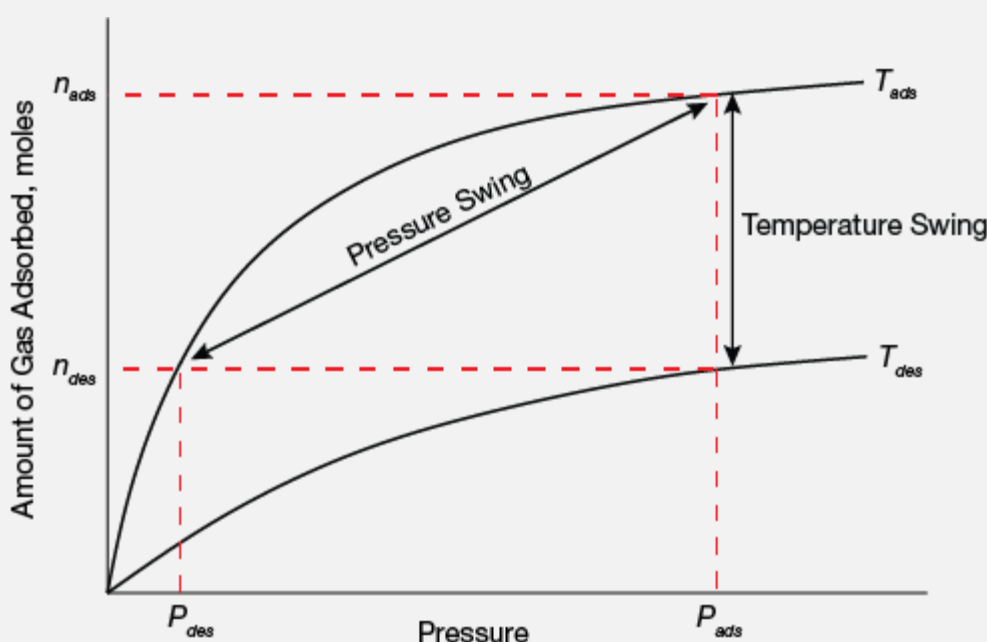
شکل بالا یک فرآیند PSA را نشان می دهد، فرآیند به این صورت انجام می گیرد که ابتدا یک بستر در حالت جذب قرار دارد و در همین حال بستر دیگر که در سیکل قبلی اشباع شده در حال احیاست و در حالت Stand By قرار دارد.

فرآیند TSA

از قبل می دانیم که با کاهش دما فرآیند جذب بهتر اتفاق می افتد پس یکی از راه های احیای جاذب این است که آن را در دمای بالا تری قرار دهیم. در

چنین حالتی شرایط ایده آل برای فرآیند دفع به وجود می آید و جاذب احیا می شود. شماتیک فرآیند های TSA دقیقاً مثل فرآیند های PSA است اما با این تفاوت که دیگر فقط دما تغییر می کند.

نکات انتخاب فرآیند برای احیا

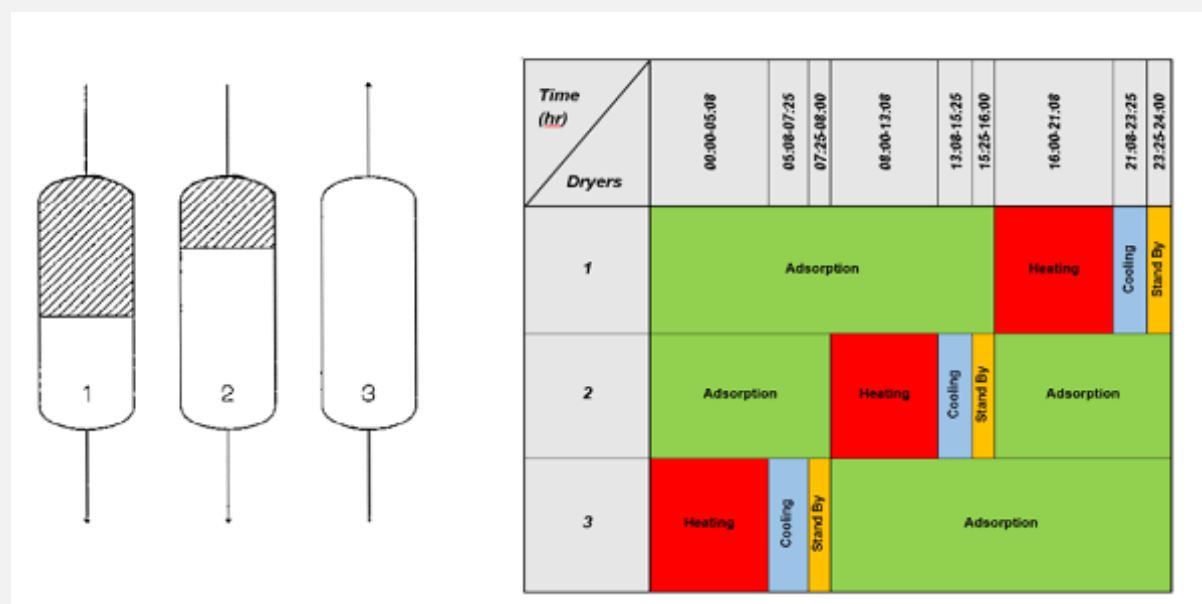


اگر جاذب بسیار حساس به دما باشد خوب بدیهی است که فرآیند های PSA برای احیا گزینه بهتری هستند اما این فرآیند ها هزینه های بیشتری هم خواهند داشت و کار کردن با آنها نیز کمی سخت تر است. بنابراین قانون کلی برای انتخاب روش احیا وجود ندارد و این موضوع تماماً با شرایط پروژه وابسته است.

شرح فرآیند جذب سطحی در صنعت

همانطور که قبلا اشاره کردیم، در صنعت فرآیند های جذب و واجذب به صورت هم زمان انجام می شوند و به صورت یک سیکل جاذب در شرایط عملیاتی قرار می گیرد و پس از اشباع شدن وارد بخش احیا شده و این سیکل ادامه پیدا می کند. بدیهی است که در این فرآیند ها زمان سیکل احیا و جذب برای هر بستر خیلی مهم است و برای اینکه فرآیند به صورت پیوسته باشد، باید این دو با هم همپوشانی داشته باشند یعنی اگر یک بستر اشباع شد، بستر دیگر احیا شده و آماده جذب باشد.

ساده ترین نوع این فرآیند ها به گونه ای است که از 3 بستر جاذب استفاده می شود که 2 تا از این بستر ها در حال جذب و 1 بستر در حال احیاست. در شکل زیر شماتیک سیکل زمانی این بستر ها را در یک روز می توانید ببینید:



انواع جاذب های موجود در صنعت

انتخاب جاذب در صنعت به فاکتور های مختلفی بستگی دارد که مهم ترین آنها **قیمت جاذب ها و نوع ماده جذب شونده** است. **سطح ویژه** جاذب ها هم از اهمیت زیادی برخوردار است و به نوعی معیاری از ظرفیت جاذب می باشد. فرآیند های نم زدایی از گاز یکی از مهم ترین کاربرد های جذب سطحی می باشد، که در ایران فقط **پالایشگاه پارس جنوبی** از این قابلیت استفاده میکند.

خاصیت	واحد	آلومینا	سیلیکاژل	غربال مولکولی	کربن فعال
اندازه	mm	۲-۹	۲-۸	۱-۶	۱-۶
تخلخل	%	۵۰-۶۰	۵۰-۶۵	۴۵-۶۰	۵۲-۷۵
سطح ویژه	m ² /g	۱۰۰-۴۰۰	۳۰۰-۸۰۰	۵۰۰-۹۰۰	۱۰۰-۱۵۰۰
اندازه حفره ها	Å	۱۵-۱۰۰	۲۱-۱۰۰	۳-۱۵	۱۰-۲۵۰
گرمای ویژه	kcal/kg.°C	۰,۲۱-۰,۲۵	۰,۲۲-۰,۲۵	۰,۱۹-۰,۳۱	۰,۱۹
دمای جذب	°C	۰-۳۰	۵-۴۰	۵-۵۰	۵-۵۵
دمای احیاء	°C	۱۷۰-۳۲۰	۱۴۰-۲۵۰	۱۹۰-۳۲۰	۱۱۰-۱۸۰

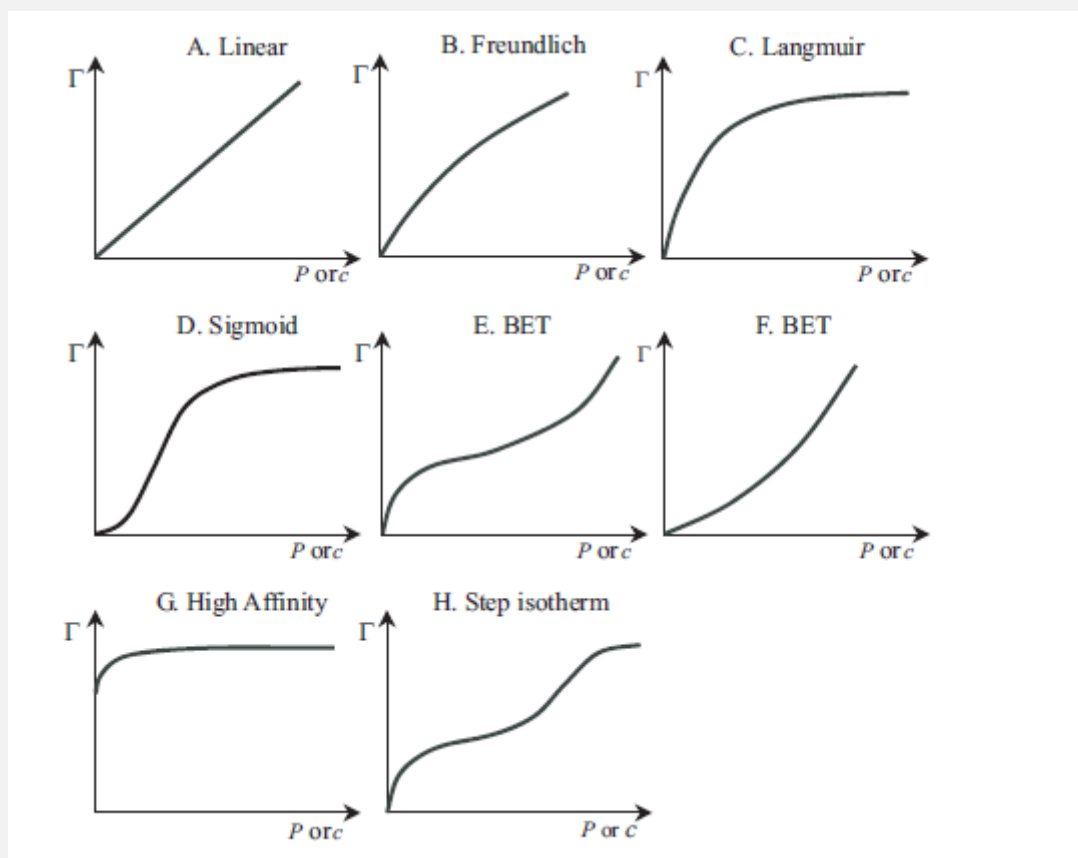
طراحی و شبیه سازی برج های جذب سطحی

بصورت کلی 3 مرحله داریم:

انتخاب ایزوترم مناسب

قبل از ورود به مرحله طراحی شما باید بر اساس نوع جاذبی که مشخص کرده اید، یک ایزوترم مناسب پیدا کنید. (ایزوترم - برای برخی از دوستان که شاید اطلاع نداشته باشند- یک معادله است که رفتار جاذب را نشان می

دهد یعنی به ما می گوید که جاذب ما چه مقدار جذب انجام داده است.)
در شکل زیر برخی از ایزوترم های متداول را می بینید:



برای پیدا کردن ایزوترم هم باید جاذب مورد نظر را در
مقیاس آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار دهید و ببینید که در نهایت کدام
ایزوترم جذب رفتار جاذب را توجیه می کند.

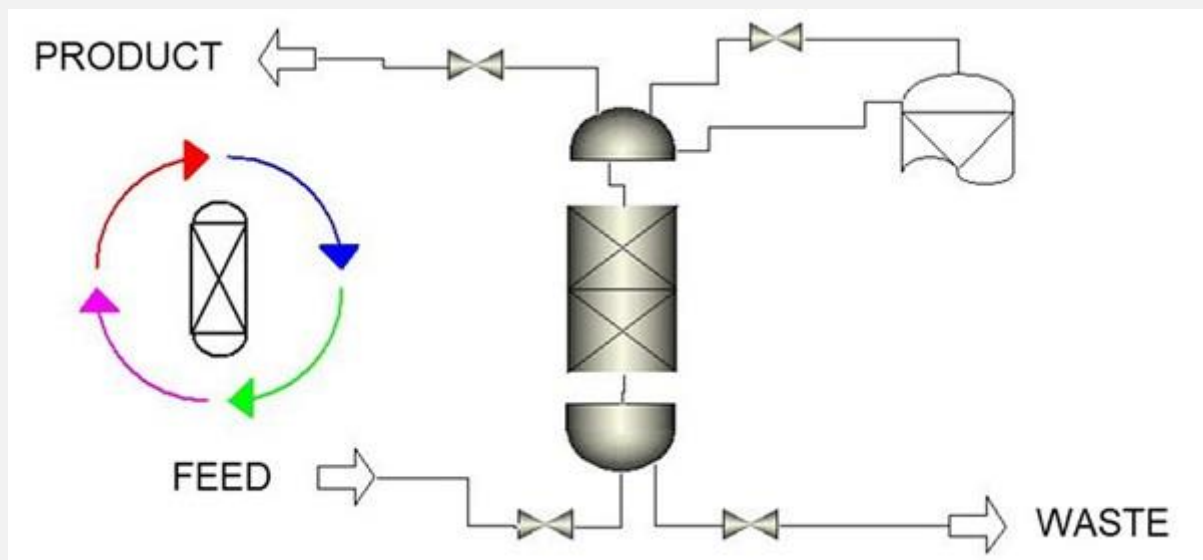
محاسبه طول و قطر برج جذب سطحی

پس از پیدا کردن ایزوترم باید طول و قطر برج را پیدا کنیم که برای این کار
الگوریتم حدس و خطایی زیر پیشنهاد شده است:

1. قطر برج را حدس می زنیم

2. با داشتن دبی خوراک و داشتن سطح مقطع برج، سرعت فاز گاز را محاسبه می کنیم
3. با استفاده از آنالیز ابعادی اعداد بی بعد موثر روی برج را پیدا می کنیم که بر حسب تجربه این اعداد عبارتند از:
اعداد رینولدز، اشمیت، پرائتل، شروود، نسبت طول به قطر برج و...
4. اعداد اشمیت و پرائتل معمولا یک در نظر گرفته می شوند. (اگر دیتا دارید بهتر است محاسبه کنید)
5. نسبت طول به قطر را داریم (در مراجع استانداردهایی ذکر شده برای برج های جذب) طول برج و حجم آن را محاسبه می کنیم.
6. با داشتن حجم برج و دبی گاز ورودی، زمان ماند گاز را محاسبه می کنیم.
7. زمان ماند باید برای ما مشخص باشد زیرا این ما هستیم که تعیین می کنیم فرآیند جذب چه مقدار طول بکشد حال اگر زمان محاسبه شده با زمان ماند مدنظر تقریبا یکی نیود به مرحله 1 برگردید

شبیه سازی با نرم افزار



الگوریتم بالا طول و قطر برج را به شما می دهد. معمولاً برای شبیه سازی برج های جذب و دفع از نرم افزار **ASPEN ADSIM** استفاده می شود اما برای استفاده از نرم افزار باید ایزوترم، طول و قطر برج را بدانید، پس محاسبات بالا ضروری است. در نهایت نرم افزار، مقدار جاذب مورد نیاز را در واحد زمان به شما می دهد. در خصوص برج های جذب و فرآیند های جذب سطحی می توان خیلی کامل تر از این مباحث صحبت کرد در این مقاله سعی کردم مطالب کاربردی به زبان ساده برای پروژه ها (دانشجویی و هم صنعتی) برای بستر های جاذب را بیان کنم.