

تفاوت های اساسی پلنت اسید سولفوریک

تک جذبی با دو جذبی چیست؟

۱۴۰۳



**کران انرژی**

نویسنده : مهدی رهی - مدیر مهندسی کران انرژی

اسید سولفوریک ( $H_2SO_4$ )، که در گذشته جوهر گوگرد یا هیدروژن سولفات نامیده می شد، توسط شیمیدان ایرانی زکریای رازی از طریق تقطیر خشک کانی هایی که شامل سولفات آهن (زاج سبز) و سولفات مس (کات کبود) است، کشف شد. این روش در دوره قرون وسطی توسط دانشمندانی چون آلبرت ماگنوس در اروپا شناخته شد. از این ماده گاهی به عنوان **سلطان مواد شیمیایی** نام برده می شود، چرا که حجم تولید آن در جهان بسیار بالا بوده و سرانه مصرف آن به ازای هر فرد، یکی از شاخصه های پیشرفت فنی کشورها شناخته شده است.

## مصرف و کاربرد اسید سولفوریک:

اسید سولفوریک در صنایع مختلفی از جمله موارد زیر کاربرد دارد:

- ۱- کشاورزی در تولید کودهای شیمیایی (حدود ۶۰٪)
- ۲- صنایع شیمیایی نظیر تولید شوینده ها، رزین ها، کاتالیزورهای پتروشیمی، استخراج فلزات، تصفیه آب (حدود ۲۰٪)
- ۳- تولید رنگ دانه ها و جوهرها (حدود ۶٪)
- ۴- تولید اسید فسفریک
- ۵- تولید آهن و فولاد به منظور اکسیدزایی
- ۶- تولید شوینده ها و صنایع دباغی و چرم سازی

## تولید اسید سولفوریک:

دو روش شیمیایی برای تولید اسید سولفوریک وجود دارد:

- ۱- روش تماسی متداول (Conventional contact process)، که خود شامل روش های تک جذبی (Single Absorption)، دو جذبی (Double Absorption) و سه جذبی (Triple Absorption) است.
- ۲- روش مرطوب (Wet Sulfuric Acid Process)

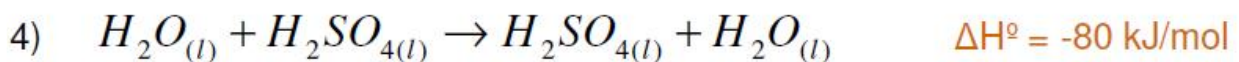
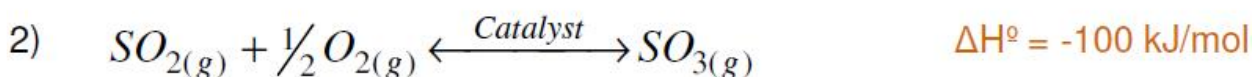
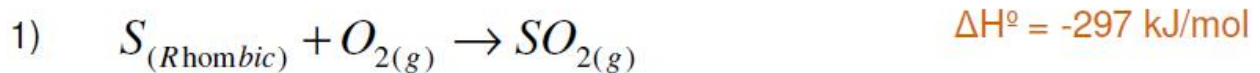
همچنین امکان تولید این اسید از طریق واکنش اولئوم (اسید سولفوریک با غلظت بالای ۱۰۰ درصد) و آب وجود دارد. در آزمایشگاه میتوان اسید سولفوریک را از واکنش گاز دی اکسید گوگرد ( $SO_2$ ) و آب اکسیژنه ( $H_2O_2$ ) نیز تولید نمود.

## پلنت اسید سولفوریک بر مبنای روش تماسی:

همانطور که در بالا اشاره شد، در صنعت دو روش اصلی به منظور تولید اسید سولفوریک وجود دارد. روش متداول روش تماسی است که در ایران بیشتر از همین روش استفاده می شود، لذا در این مقاله بر این روش تکیه می شود. در تولید اسید سولفوریک سه عنصر گوگرد (S)، آب ( $H_2O$ ) و اکسیژن ( $O_2$ ) نیاز است. اکسیژن به وفور در جو زمین موجود بوده و آب نیز در منابع آب زیرزمینی و رودخانه ها موجود است.

گوگرد یک عنصر غیرفلزی بدبو، بدمزه و چند ظرفیتی به شکل بلور زرد رنگ است. منبع اصلی گوگرد **H2S** است که عمدتاً در گاز طبیعی، گازهای حاصل از پالایشگاه، گاز سنتز و گازهای خروجی در تهیه کک وجود دارد. گاز **H2S** از بقیه گازها به روش گازشویی فیزیکی و شیمیایی برای مثال با اتانول آمین استخراج می‌شود، سپس از مایع جاذب بازیابی و با فرایند متداول **کلاوس** به گوگرد عنصری تبدیل می‌شود. همچنین گوگرد در گاز دی اکسید گوگرد (**SO2**) خروجی از دودکش واحدهای تشویه خاک سولفیدی فلزات وجود دارد. از آنجا که گاز دی اکسید گوگرد از جمله گازهای سمی و آلاینده بوده، لذا در این صنایع از خروجی دودکش این پلنتها برای تولید اسید سولفوریک به عنوان **محصول جانبی** استفاده می‌شود.

واکنشهای شیمیایی صورت گرفته در پلنت اسید سولفوریک، به شرح زیر می باشد:



*Strong Acid* → *Weakened Acid*

همانطور که از واکنشهای بالا مشاهده می شود، تمام واکنشهای انجام شده، گرمازا است. پس پلنت اسید سولفوریک یک منبع تولید انرژی بوده که میتوان از آن بهره فراوانی گرفت.

واکنش اول در اثر سوختن گوگرد مایع در کوره های افقی انجام می شود و اکسیژن مورد نیاز برای احتراق توسط **بلوور (Blower)** تامین می شود. بلوورها علاوه بر تامین اکسیژن مورد نیاز پروسه، وظیفه تامین افت فشار پلنت را نیز بر عهده دارند. پلنتهای اسید سولفوریک معمولاً با فشار ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی بار کار می کنند و پس از رسیدن فشار خطوط گاز پلنت به ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی بار پلنت نیاز به اورهال و رفع گرفتگی خطوط دارد.

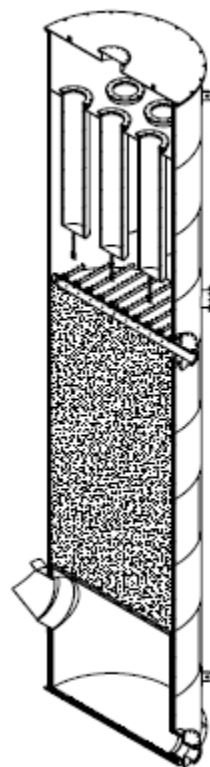
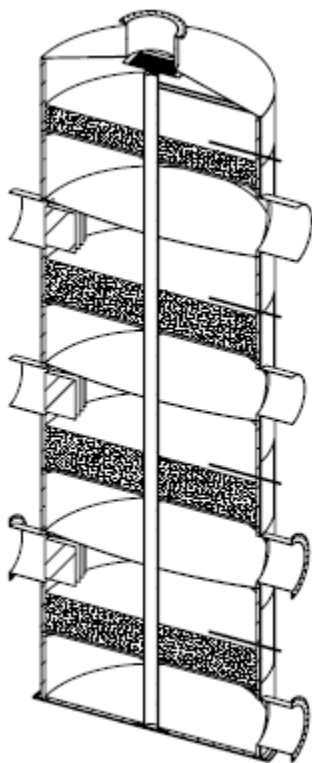
واکنش دوم در **کنورتور (Converter)** انجام شده و گاز دی اکسید گوگرد در مجاورت **کاتالیست پنتا اکسید وانادیم** با اکسیژن واکنش داده و گاز تری اکسید گوگرد (**SO3**) تولید می شود. کنورتور (**Converter**) را میتوان به نوعی قلب یک پلنت اسید سولفوریک نامید. در ادامه به تفصیل در خصوص کنورتور توضیح داده خواهد شد.

واکنش دوم و سوم در برج جذب (Absorption Tower) و در اثر تماس گاز SO<sub>3</sub> با آب انجام می شود. در حقیقت برجهای جذب از نوع برج های پکینگ دار (Packed Tower) بوده که در آنها از پکینگهای سرامیکی برای افزایش سطح تماس گاز و اسید سولفوریک استفاده می شود. در این برجها گاز حاوی SO<sub>3</sub> و اسید سولفوریک در خلاف جهت هم حرکت می کنند. مخلوط گاز شامل SO<sub>3</sub> از پایین برج وارد شده و اسید سولفوریک به صورتی دوشی بر روی پکینگها ریخته می شود. گاز SO<sub>3</sub> با آب موجود در اسید واکنش داده و غلظت اسید را بالا می برد. در پلنتهای متعارف سه نوع برج جذب داریم:

الف- برج خشک (Drying Tower): که برای جذب رطوبت موجود در هوای ورود به کوره استفاده می شود. دلیل اینکار جلوگیری از تشکیل اسید در تجهیزات و خوردگی آنها می باشد. اسید با غلظت بالا (حدود 98.5%) با هوای خروجی از بلورها تماس پیدا کرده و رطوبت موجود در هوا جذب شده و غلظت اسید پایین می آید.

ب- برج میانی (Intermediate Absorption Tower): بعد از سه یا چهار بستر اول کنورتور قرار گرفته و وظیفه تولید عمده اسید را به عهده دارد، بیش از ۹۵ درصد از اسید سولفوریک یک پلنت، در این برج تولید می شود. گاز خروجی از کنورتور که حاوی SO<sub>3</sub> است، پس از تماس با اسید جذب شده و غلظت اسید بالا می رود.

ج- برج نهایی (Final Absorption Tower): بعد از بستر چهارم یا پنجم کنورتور قرار دارد و باقیمانده گاز SO<sub>3</sub> در حدود 3% توسط این برج جذب شده و اسید سولفوریک تولید می شود.

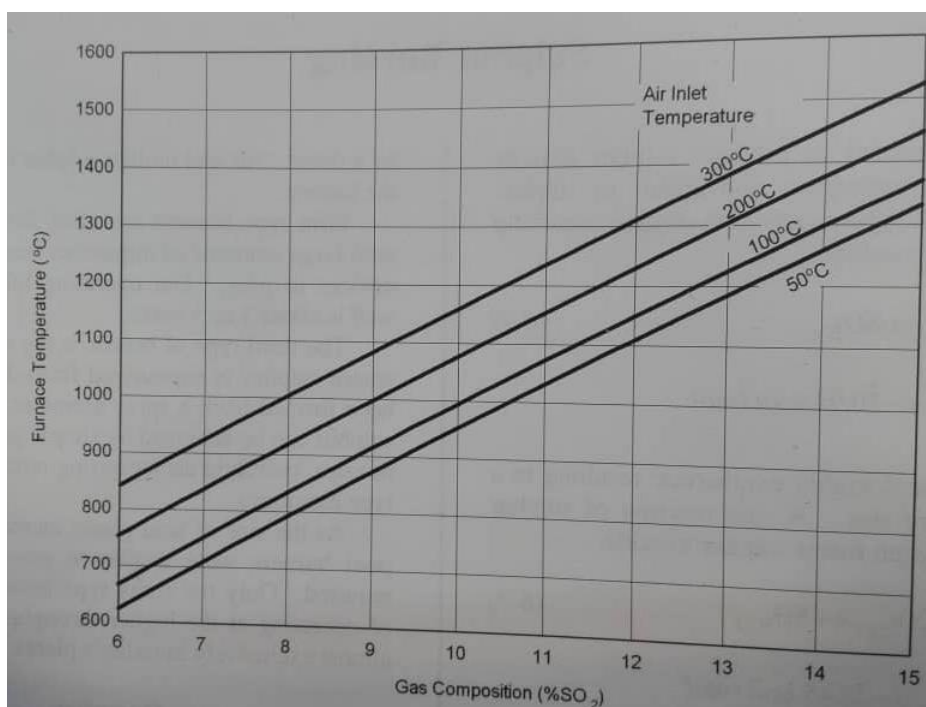


شکل شماره ۱: نقشه شماتیک برج جذب (طرح از شرکت کران انرژی)      شکل شماره ۲: نقشه شماتیک کنورتور (طرح از شرکت کران انرژی)



## شرح کلی فرایند در پلنت های اسید سولفوریک با سوخت گوگرد بر مبنای روش تماسی:

گوگرد به صورت جامد در حوضچه های ذوب در دمای حدود ۱۲۰ درجه سلسیوس (با استفاده از کویل های بخار) ذوب و تخلیص شده و پس از عبور از فیلتر سرامیکی، به کوره احتراق پمپ می شود. گوگرد مذاب در کوره احتراق که دارای لاینینگ حرارتی است به همراه هوای کاملا خشک محترق شده و پس از واکنش با اکسیژن به گاز دی کسید گوگرد ( $SO_2$ ) تبدیل می شود. این واکنش به شدت گرمازا است و دمای کوره ممکن است تا ۱۲۰۰ درجه سلسیوس بالا رود. هوای خشک توسط بلورهای ابتدای خط و پس از عبور از برج خشک، رطوبت گیری شده و وارد کوره احتراق می شود. مقدار دمای کوره بسته به غلظت گاز دی اکسید گوگرد ( $SO_2$ ) دارد. هر چه قدر غلظت این گاز بیشتر باشد، دمای کوره بالاتر می رود. معمولا در پلنتها این غلظت بین ۸.۵ تا ۹.۵ درصد است. البته در برخی پلنت ها این غلظت را تا ۱۴ درصد بالا می برند. باید توجه داشت هر چه قدر بتوان غلظت گاز  $SO_2$  را بالا برد، تجهیزات فرایندی کوچکتر شده اما از طرفی دماهای کاری بالا رفته که ما را مجبور به استفاده از آلیاژهای خاصی در پلنت می کند. نمودار زیر رابطه بین غلظت گاز  $SO_2$  با دمای کوره را بیان می کند:

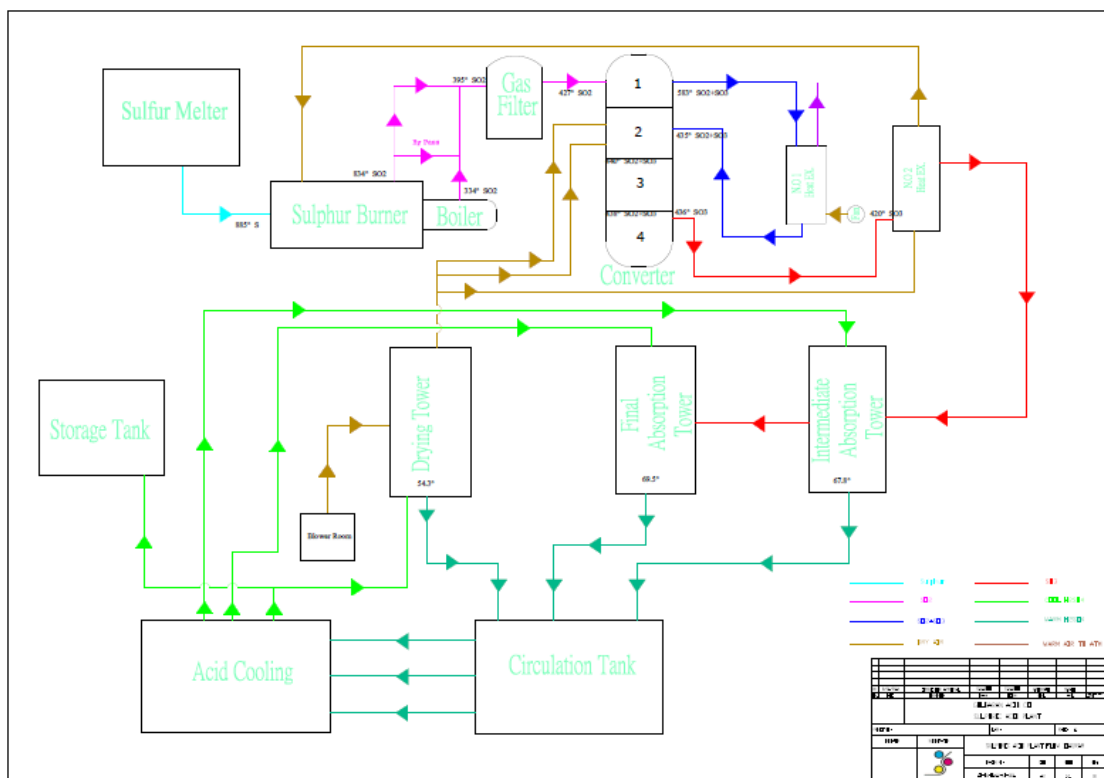


شکل شماره ۲: رابطه بین غلظت  $SO_2$  و دمای کوره بر مبنای دماهای مختلف هوای خشک به کوره

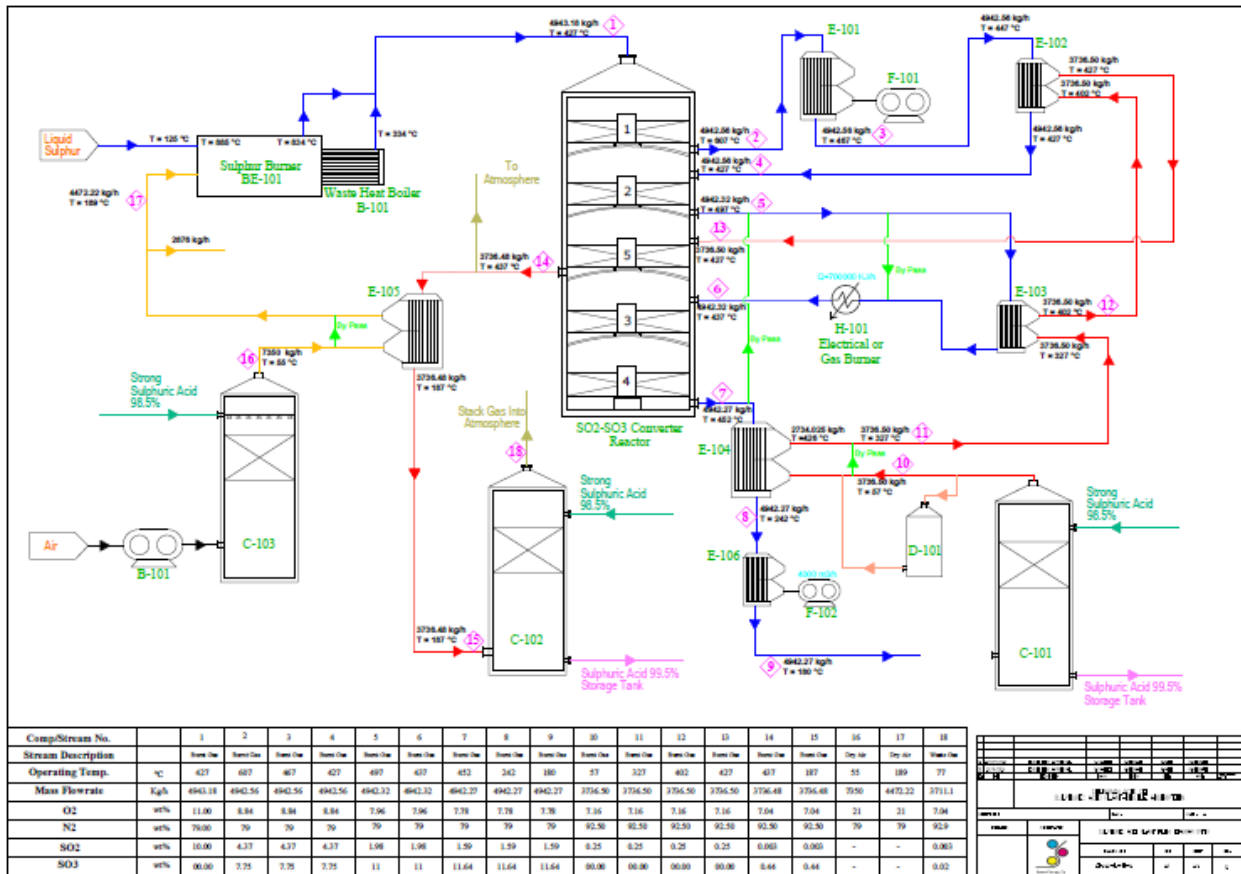
مخلوط گاز کوره (شامل  $SO_2$ ،  $O_2$ ،  $N_2$ ) با دمای حدود ۹۰۰ درجه از کوره وارد بویلر بازیافت گرمایی ( Heat Recovery Boiler) شده و تا دمای ۴۴۰ درجه سلسیوس خنک می شود. بویلر هیت ریکاوری علاوه بر کاهش دمای گاز کوره وظیفه تامین بخار ۶ تا ۱۰ بار برای ذوب کردن گوگرد جامد و تبدیل به گوگرد مایع را دارد. مخلوط گاز سپس وارد فیلتر گاز میشود. مخلوط گاز پس از خروج از فیلتر با دمای حدود ۴۲۰ درجه سلسیوس وارد طبقه اول کنورتور می شود.

گاز پس از سه یا چهار مرحله عبور از بسترهای کاتالیست و مبدل‌های خنک کن میانی، با دمای حدود ۱۸۰ درجه سلسیوس وارد برج جذب می شود. در کنورتور گاز دی اکسید گوگرد ( $SO_2$ ) در مجاورت با کاتالیست پنتا اکسید وانادیم با اکسیژن موجود در گاز واکنش داده و گاز تری اکسید گوگرد ( $SO_3$ ) تشکیل می شود. مخلوط گاز شامل ( $SO_3$ ،  $O_2$ ،  $N_2$ ) و  $SO_2$  پس از عبور از کنورتور وارد برج جذب شده و پس از تماس با اسید سولفوریک ۹۸.۵ درصد (با دمای ۶۰ الی ۷۰ درجه سلسیوس) که حاوی ۱.۵ درصد آب بوده، اسید سولفوریک با غلظت حدود ۹۹ درصد تشکیل می شود. اسید پس از عبور از مبدل‌های اسید استنلس استیل وارد تانک سیرکوله می شود. در تانک سیرکوله با اضافه کردن آب دوباره غلظت به ۹۸.۵ درصد افت می کند. اسید بین تانک سیرکوله و برج‌های جذب سیرکوله شده و مقدار اضافی و تولید شده آن وارد تانک ذخیره می شود.

در پلنتهای تک جذبی (Single Absorption)، گاز خروجی از برج جذب وارد اسکرابر  $SO_2$  شده یا مستقیماً وارد اتمسفر می شود. اما در پلنتهای دو جذبی (Double Absorption) گاز خروجی از برج جذب میانی پس از خروج از برج جذب میانی مجدداً تا دمای ۳۸۰ تا ۴۲۰ درجه سلسیوس گرم شده و پس از عبور از یک یا دو بستر اضافی کاتالیست مجدداً وارد برج جذب نهایی (Final Absorption Tower) می شود. هدف از این کار، تبدیل باقی مانده گاز  $SO_2$  (حدود ۳ درصد) به گاز  $SO_3$  و در نهایت تولید بیشتر اسید سولفوریک و آلاینده‌گی کمتر است. پلنتهای تک جذبی از لحاظ تئوری قادر به تبدیل بیش از ۹۷ تا ۹۸ درصد گاز  $SO_2$  به  $SO_3$  نیست و این یعنی در لوله دودکش خروجی آلاینده‌گی گاز  $SO_2$  تا حدود 3000ppm تا 4000ppm خواهد بود. اما پلنتهای دو جذبی قادر به تبدیل 99.9 درصد گاز  $SO_2$  به  $SO_3$  هستند که به مفهوم آلاینده‌گی زیر 300ppm است.



شکل شماره ۴: پروسه تک خطی پلنت تک جذبی (اجازه انتشار از شرکت کران انرژی اخذ گردیده است)



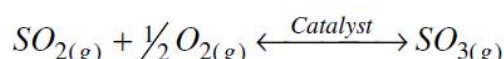
شکل شماره ۵: پروسه تک خطی پلنت دو جذبی، چیدمان 4/1 (اجازه انتشار از شرکت کران انرژی اخذ گردیده است)

همانطور که اشاره شد، تفاوت ماهیتی پلنت های تک جذبی و دو جذبی بر عبور مجدد گاز خروجی از برج جذب از یک یا دو بستر کاتالیست و جذب گاز  $SO_2$  استوار است. همانطور که بعدا شرح داده خواهد شد، جهت تبدیل گاز  $SO_2$  به  $SO_3$  مجبور هستیم گاز خروجی از هر بستر را تا دمای  $420^\circ C$  درجه سلسیوس خنک کرده و مجدداً از روی بستر کاتالیست عبور دهیم.

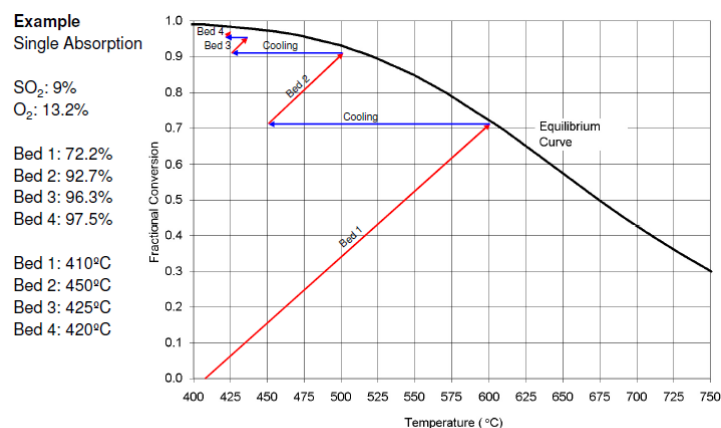
در پلنتهای تک جذبی، معمولاً گاز خروجی بستر یک، توسط یک مبدل هوا خنک یا بویلر، خنک شده و سرد می شود ولی جهت خنک کاری گاز خروجی بستر دو و سه، از تزریق هوای سرد و خشک جهت خنک کاری استفاده می شود که با توجه به افزایش سطح اکسیژن باعث تسریع در تبدیل گاز  $SO_2$  به  $SO_3$  می شود. ولی در پلنتهای دو جذبی جهت خنک کاری بستر های دو و سه، از مبدل گاز به گاز استفاده شده که علاوه بر خنک کاری گازهای خروجی از بستر های دو و سه و چهار وظیفه گرم کردن گاز خروجی از برج جذب میانی را هم به عهده دارد. لذا طراحی پلنتهای دو جذبی و کنترل دماها حساسیت بیشتری نسبت به پلنت های تک جذبی می طلبد.

## تبدیل (Conversion):

همانطور که اشاره شد در در کنورتور تبدیل گاز  $SO_2$  به  $SO_3$  در مجاورت کاتالیست انجام می شود:



واکنش بالا یک واکنش برگشت پذیر است. در ابتدای واکنش، تشکیل  $SO_3$  زیاد است. همچنانکه مقدار  $SO_3$  زیاد می شود، برگشت پذیری واکنش شروع می شود. وقتی سرعت واکنش رفت و برگشت یکسان شد، واکنش به حالت تعادل رسیده و غلظت عناصر واکنش ثابت میماند (نمودار ۲). منحنی تعادل برای غلظت های مختلف  $SO_2$  کمی متفاوت است، اما در ماهیت قضیه تفاوتی ایجاد نمی کند و این مساله به این مفهوم است که از لحاظ تئوری نمی توان از خط تعادل این منحنی عبور کرد و لذا جهت تبدیل بیشتر  $SO_2$  و تشکیل  $SO_3$  نیاز به خنک کاری مجدد گاز و عبور از بسترهای بعدی داریم.



COM 2010, Vancouver, Canada, October 3-6, 2010

20

شکل شماره ۶ : منحنی تعادل تک جذبی

مطابق نمودار بالا، مسیر واکنش که در بسترهای مختلف طی می شود، نشان میدهد که واکنش به منحنی تعادل نزدیک شده ولی هیچگاه به این منحنی نمی رسد. برای اینکه بتوان به منحنی تعادل رسید، به حجم زیاد کاتالیست و زمان ماند بیشتر (**Resident Time**) نیاز است. در این نمودار سرعت واکنش نشان داده نشده است اما نقش مهمی در میزان دمای ورودی به بستر و حجم کاتالیست دارد. در صورتیکه دمای ورودی به بستر خیلی پایین باشد، سرعت واکنش پایین بوده و در نتیجه به حجم زیادی کاتالیست نیاز است. بهینه ترین مسیر واکنش بر اساس نوع کاتالیست سازنده و تعادل بین حجم کاتالیست و اندازه مبدل های گاز تعیین می شود.



## قانون لی چاتلیئر (Le Chatelier's Principle):

در سال ۱۸۸۸ میلادی یک مهندس شیمی فرانسوی (Henri-Louis Le Chatelier 1850-1936)، نظریه زیر را مطرح نمود:

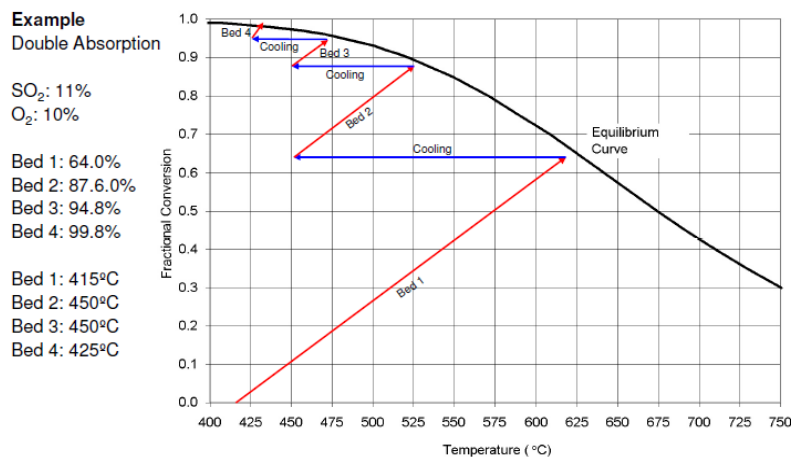
"هر گونه تغییر در متغیرهایی که حالت تعادل یک واکنش را به وجود آورده، باعث جابجایی واکنش در جهتی خواهد شد که اثر آن متغیر را خنثی کند"

به زبان ساده تر قانون چاتلیئر بیان میکند، یک سیستم تعادلی به هر تغییر جهت ترمیم واکنش تعادلی پاسخ می دهد. واکنش دی اکسید گوگرد با اکسیژن به منظور تشکیل  $SO_3$  نیز از قانون چاتلیئر پیروی می کند. بر همین اساس سه متغیر دما، فشار و غلظت گازهای واکنش و محصول نقش تعیین کننده در واکنش تعادلی مذکور دارد.

دما: از آنجا که این واکنش یک واکنش گرما زا بوده، لذا خارج کردن گرما باعث تشکیل بیشتر  $SO_3$  می شود. به همین منظور در پلنتهای اسید سولفوریک، از مبدلهای خنک کن گاز یا تزریق هوای سرد و خشک (Gas Quenching) به منظور تشکیل بیشتر  $SO_3$  استفاده می شود.

فشار: از آنجا که در این واکنش یک حجم گاز  $SO_3$  در مقایسه با یک مول گاز  $SO_2$  و نیم مول از گاز  $O_2$  وجود دارد، لذا افزایش فشار باعث تشکیل بیشتر  $SO_3$  می شود. هر چند که تاثیر عامل فشار در تشکیل بیشتر گاز  $SO_3$ ، در روش تولید اسید سولفوریک به روش تماسی کم بوده ولی با این وجود پلنتهایی بر اساس فشار کار بالاتر طراحی و ساخته شده است. از منظر دیگر وجود فشار بالاتر باعث کاهش حجم کاتالیست شده و به همین دلیل پلنتهایی که در سطح ارتفاعی دریا ساخته می شوند نسبت به پلنتهایی که در مناطق کوهستانی ساخته می شوند نیاز به حجم کمتر کاتالیست دارند.

غلظت گازهای واکنش: خارج کردن گاز محصول یعنی  $SO_3$ ، از مخلوط گاز، باعث تشکیل بیشتر  $SO_3$  خواهد شد و " همین اساس کار پلنتهای دو جذبی می باشد "



COM 2010, Vancouver, Canada, October 3-6, 2010

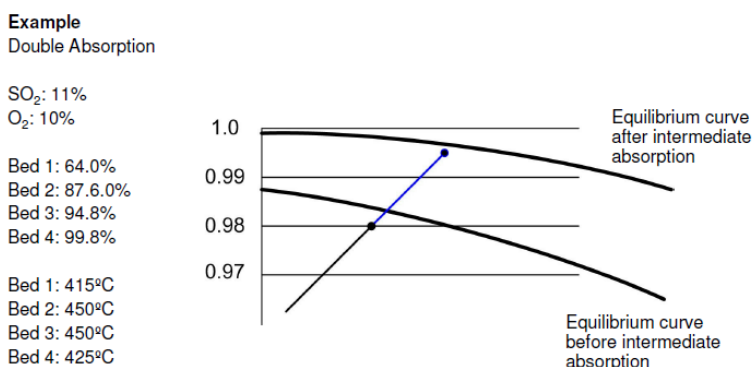
21

شکل شماره ۷: منحنی تعادل دو جذبی

همچنانکه در شکل شماره ۷ می توان دید، سیستم دو جذبی این اجازه را به طراح می دهد که در درصدهای بالاتر  $SO_2$  پلنت را طراحی کند. چرا که عمده گاز  $SO_3$  که در سه بستر ابتدایی تولید شده، در برج جذب میانی از مخلوط گاز جدا

می شود و با کاهش غلظت **SO3** طبق قانون چاتلیر، میتوان به درصد تبدیل بالاتری در بسترهای بعد از برج جذب میانی دست یافت.

بعد از اینکه گاز **SO3** در برج میانی از مخلوط گاز جدا می شود، نسبت درصد گاز **SO2** به بقیه گازها در مخلوط گاز به هم خورده و منحنی تعادلی جابجا می شود. در شکل شماره ۷، منحنی تعادل بر اساس ۱۱ درصد گاز **SO2** و ۱۰ درصد گاز **O2** در ورودی بسترها ترسیم شده است. بعد از برج جذب میانی، منحنی جدید تعادلی بر مبنای **0.68** درصد گاز **SO2** و **5.67** درصد گاز **O2** خواهد بود. غلظت کم گاز **SO2** باعث میشود منحنی تعادل به سمت بالا شیفت پیدا کند و به ما این اجازه را میدهد که به تبدیل بیشتری بتوان دست یافت (شکل شماره ۸)



COM 2010, Vancouver, Canada, October 3-6, 2010

22

شکل شماره ۸ : جابجایی منحنی تعادل بعد از برج جذب میانی

## نکاتی در خصوص پلنهای اسید سولفوریک:

**نکته اول:** پلنهای دو جذبی بر اساس چیدمان بسترها قبل و بعد از برج میانی دسته بندی می شوند.

- ۱- چیدمان 4/1 (چهار بستر کاتالیست قبل و یک بستر بعد از برج جذب میانی)
- ۲- چیدمان 3/1 (سه بستر کاتالیست قبل و یک بستر بعد از برج جذب میانی)
- ۳- چیدمان 3/2 (سه بستر کاتالیست قبل و دو بستر بعد از برج جذب میانی).

طراحی و انتخاب چیدمان بسته به نظر طراح ، هزینه و شرایط پلنت انتخاب می شود. هم اکنون برای پلنهای با ظرفیت بالا و حساسیت بالای آیندگی بحث پلنهای سه جذبی (**Triple Absorption**) مطرح شده است، اما در ظرفیتهای نرمال پلنت دو جذبی جوابگوی نیازهای موجود می باشد. هم اکنون در اروپا استاندارد آلایندگی گاز خروجی از دودکش پلنهای اسید سولفوریک **300ppm** بوده و این عدد در ایران **480ppm** تعیین شده است.

**نکته دوم:** به خاطر واکنشهای گرما زا در فرایند تولید اسید سولفوریک، این پلنت ها دارای منابع اضافی انرژی می باشد که میتوان از آنها بهره گرفت. به عنوان مثال از بخار آب اضافی تولید شده میتوان در صنایع دیگر بهره گرفت و یا از آن در تولیدالکتریسیته استفاده نمود. البته تولید الکتریسته خصوصا در ایران زیر تناژهای ۵۰۰ تن در روز (500TPD) صرفه اقتصادی نداشته ولی میتوان بخار اضافه را با استفاده از **کندانسور(Condenser)** به چرخه تولید باز گرداند.

**نکته سوم:** در پلنت های با تکنولوژی قدیمی در ایران از کولینگ تاور جهت خنک کاری اسید سولفوریک تولیدی استفاده میشود که این خود باعث به هدر رفتن مقدار زیادی از آب می شود. روش درست استفاده ازسیکل بسته مبدل و **خنک کن غیرمستقیم** است. تجربه ای که در خصوص استفاده از این سیستم در طراحی یکی از واحدهای صنعتی داشتیم، نشان از کاهش شدید مصرف آب در این واحد صنعتی را داشت.

**نکته چهارم:** در بسیاری از کشورها، آلایندهی گاز **SO2** بسیار مهم بوده و لذا محیط زیست، پلنت ها را وادار به استفاده از آنالیزور اینلاین **SO2** می کند ولی درایران به صورت موردی بازرسی انجام می شود. همچنین در بسیاری از کشورها علاوه بر آلایندهی **SO2**، آلایندهی گاز **SO3** نیز اندازه گیری و محدود می شود. همچنین مقدار اسید سولفوریک خارج شده از دودکش اندازه گیری می شود، که در ایران فقط تکیه بر آلایندهی **SO2** می باشد. بایستی به این نکته توجه داشت که هنگام اندازه گیری آلایندهی **SO2**، غلظت گاز اکسیژن خروجی از پلنت مهم بوده و بستگی به غلظت گاز **SO2** خواهد داشت. در پلنتهایی با غلظت گاز **SO2** بین **8.5 تا ۹.۵** درصد در کوره مقدار اکسیژن خروجی از دودکش بین **8 تا 10** درصد خواهد بود. در صورتیکه هوای ورودی به کوره نسبت به گوگرد ورودی افزایش یابد غلظت گاز **SO2** در خروجی کاهش خواهد یافت.

**نکته پنجم:** در طراحی و ساخت پلنتهای دوجذبی آب بند بودن جداکننده بسترها و مبدلهای گاز به گاز بسیار مهم است چرا که یک نشتی کوچک در مسیر باعث بالا رفتن آلایندهی گاز **SO2** در دودکش خواهد شد. یکی از تجربه های انجام شده در این خصوص هنگام دو جذبی کردن یکی از پلنتهای تک جذبی به دست آمد. به شکلی که به علت مستهلک بودن پلنت پس از تغییرات مورد نظر و راه اندازی دوباره متوجه شدیم آلایندهی **SO2** بیش از حد مجازاست. پس از بررسیهای نقاط مختلف پلنت متوجه شدیم یکی از صفحه های جدا کننده بسترها دچار پارگی جوش بوده واین خود عامل بالا رفتن آلایندهی بود.

**نکته ششم:** در پلنتهایی که مسولیت تبدیل تک جذبی به دوجذبی را به عهده داشتیم، وجود دو برج جذب به صورت سری در اکثر این پلنتها جلب توجه میکرد. نکته ای که باید توجه داشت این است که در بسیاری از این پلنتها نیازی به برج جذب دوم نیست، در صورتی که برج جذب به درستی طراحی شده باشد، یک برج جذب برای پلنتهای تک جذبی کفایت

---

میکند. تنها نکته مثبت این موضوع کاهش هزینه تبدیل پلنت تک جذبی به دو جذبی است که از برج جذب دوم میتوان به عنوان برج جذب نهایی در هنگام تبدیل به پلنت دو جذبی استفاده نمود.

**نکته هفتم :** در پلنتهای دو جذبی اسید سولفوریک، وجود اسکرابر (Scrubber)، هنگام راه اندازی و خاموش کردن پلنت ضروری است چرا که در این دو مرحله تعادل سیستم به هم خورده و یا کاتالیست ها هنوز فعال نشده اند. ولی در هنگامی که سیستم به تعادل رسید میتوان اسکرابر را از مدار خارج نمود. در پلنتهای تک جذبی علاوه بر راه اندازی و خاموش کردن سیستم هنگام تولید روتین، وجود اسکرابر ضروری است، ولی به علت هزینه بر بودن در اکثر پلنتهای موجود ایران استفاده نمی شود.

## منبع :

۱- آرشیو مدارک فنی واحد مهندسی شرکت آذران تجهیزکران انرژی