

وزارت علوم تحقیقات و فناوری
دانشگاه علوم و فنون مازندران

پایان نامه کارشناسی ارشد
مهندسی شیمی

۱۳۸۸ / ۲ / ۰۱

عنوان: مدلسازی و شبیه سازی راکتورهای فیلم ریزان سولفوناسیون
در صنعت مواد شوینده

استاد راهنما: دکتر مجید تقی زاده

کتابخانه مازندران

دانشجو: لیلا پرویزیان

(زمستان ۱۳۸۳)

۱۱۱۹۴۵

تقدیر و تشکر

وظیفه خود میدانم صمیمانه ترین تشکر و قدر دانی خود را از
جناب آقای دکتر مجید تقی زاده و سرکار خانم مهندس ستارین
که در انجام این پروژه مرایاری دادند ابراز دارم.

تقدیم بہ همسر م

تقدیم به پدر و مادرم

«فهرست مطالب»

صفحه	عناوین
	فصل اول: مقدمه‌ای بر فرآیند سولفوناسیون
	- مقدمه
۲	
۲	۱-۱- سولفوناسیون هوا/ SO_2 برای پایه سولفور
۶	۱-۲- کیفیت ذخیره و انبار سازی و ایمنی مواد خام
۶	۱-۲-۱- تری اکسید سولفور
۱۱	۱-۲-۲- الکیل بنزن‌ها
۱۷	۱-۳- کیفیت انبارسازی، کاربرد و نکات ایمنی محصول
۱۹	۱-۴- ابزار دستگاه و کنترل در سولفوناسیون فیلمی
۱۹	۱-۴-۱- کنترل نسبت مولی
۲۰	۱-۴-۲- سیستم خنک سازی راکتور
۲۰	۱-۴-۳- کنترل سیستم اضطراری راکتورها
۲۰	۱-۴-۴- کنترل سطح جداکننده اسید/گاز
۲۱	۱-۴-۵- وسایل زماندهی / هیدرولیز کننده
	فصل دوم: شمای کلی واحد سولفوناسیون
۲۳	۲-۱- مواد اولیه، فرآیندها، مراحل و تجهیزات سولفوناسیون
۲۳	۲-۱-۱- الکهای اتوکسیله نوع اول
۲۳	۲-۱-۲- الکل اتر سولفات‌ها
۲۴	۲-۱-۳- هوا/ SO_2
۲۷	۲-۱-۴- فرآیندهای سولفوناسیون
۲۸	۲-۲- بررسی فرآیند تهیه گاز SO_2 از گوگرد
۳۰	۲-۳- تجهیزات خشک کردن هوا
۳۳	۲-۴- سوزنده‌های گوگرد
۳۵	۲-۵- خنک کننده های هوا / SO_2 و فیلترهای گاز داغ
۳۶	۲-۶- برج تبدیل SO_2 به SO_3

۳۸	۲-۷- جذبهای SO_2
۳۹	۲-۸- سیستمهای راکتور سولفوناسیون
۴۱	۲-۸-۱- سیستم CSTR
۵۵	۲-۸-۲- سیستم بالسترا سولفورکس
۵۶	۲-۸-۳- راکتور فیلمی سولفوناسیون مازونی
۵۸	۲-۸-۴- راکتور فیلم ریزان MM
۶۰	۲-۸-۵- راکتور فیلم ریزان چمیتون
۶۲	۲-۸-۶- راکتور چمیتون جت ایمپکت
۶۳	۲-۸-۷- راکتورهای سولفوناسیون T-O
۶۴	۲-۹- تجهیزات زماندهی و هیدرولیز برای الکیل بنزن سولفونیک اسید
۶۷	۲-۱۰- نتیجه گیری راکتورهای سولفوناسیون
۶۹	۲-۱۱- جداکننده‌ها
۶۹	۲-۱۲- Age تانک
۶۹	۲-۱۳- تانک تثبیت کننده:
۶۹	۲-۱۴- الکترو استاتیک فیلتر
	فصل سوم: پدیده های انتقال در سولفوناسیون
۷۱	مقدمه
۷۱	۳-۱- انتقال جرم
۷۱	۳-۱-۱- تئوری فیلمی
۷۳	۳-۱-۲- تئوری نفوذ
۷۶	۳-۱-۳- رژیم واکنش لحظه ای
۸۳	۳-۲- مفاهیم اصلی جابجایی
۸۴	۳-۲-۱- انتقال گرما در جابجایی
۸۵	۳-۲-۲- لایه مرزی سرعت در جابجایی
۸۷	۳-۲-۳- لایه مرزی گرمایی
۸۹	۳-۲-۴- لایه مرزی غلظت
۹۰	۳-۳- معادله انرژی در جریان آرام روی صفحه

۹۱	۳-۴- معادله‌های دیفرانسیل لایه مرزی
۹۴	۳-۴-۱- معادله انرژی در لایه مرزی
۹۴	۳-۴-۲- تقریبها و شرایط خاص
۹۷	۳-۴-۳- معادله غلظت در لایه مرزی

فصل چهارم: مدل‌سازی و شبیه‌سازی واکنش سولفوناسیون

۹۹	۴-۱- مقدمه
۱۰۳	۴-۲- موازنه انرژی
۱۰۳	۴-۳- موازنه جرم
۱۰۷	۴-۴- حل معادلات
۱۰۸	۴-۵- ساختار برنامه اصلی PDECOL

فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری

۱۱۱	۵-۱- حل معادلات
۱۱۴	۵-۲- نتیجه‌گیری

«فهرست جداول»

صفحه	عناوین
۹	جدول ۱-۱- داده های مربوط به خطرات تری اکسید سولفور
۱۰	جدول ۱-۲- اطلاعات مربوط به داده های مهندسی و خواص فیزیکی سولفور تری اکساید
۱۳	جدول ۱-۳- مشخصات الکیل بنزن
۱۴	جدول ۱-۴- محدوده هیدروکربنهای موجود در الکیل بنزن خطی
۱۷	جدول ۱-۵- اطلاعات مربوط به داده های مهندسی خواص فیزیکی الکیل بنزن
۳۰	جدول ۱-۲- میزان هوای مورد نیاز با توجه به درصد SO_2 در هوا به فرض درجه تبدیل ۱۰۰٪ و یک کیلوگرم گوگرد
۳۱	جدول ۲-۲- اولئوم ۲۰٪ وزنی لازم برای یک واحد با ظرفیت یک تن LAS/h در نقاط شبنم مختلف
۴۱	جدول ۲-۳- انواع راکتورهای سولفوناسیون
۴۲	جدول ۲-۴- مشخصات سولفوناسیون سولفورکس CSTR
۴۶	جدول ۲-۵- تغییرات درصد تبدیل براساس طول راکتور فیلم ریزان
۶۸	جدول ۲-۶- معیارهای مطلوب تجربی سیستم های راکتور سولفوناسیون
۸۲	جدول ۳-۱- پارامترهای معادله (۳-۴۲)
۱۰۶	جدول ۴-۱- خصوصیات فیزیکی DDB و SO_3
۱۰۷	جدول ۴-۲- اطلاعات ورودی به برنامه
۱۰۸	جدول ۴-۳- پارامترهای A و B در روش تلفیق متعامد
۱۱۳	جدول ۵-۱- مقایسه اطلاعات خروجی کارخانه با نتایج مدل

«فهرست شکل‌ها»

صفحه	عناوین
۴	شکل ۱-۱- نمودار سولفوناسیون
۱۶	شکل ۱-۲- ارتباط با تانک ذخیره اصلی / پمپ خوراک / پمپ تزریق
۴۴	شکل ۲-۱- سیستم متوالی بالسترا سولفورکس CSTR
۴۸	شکل ۲-۲- مدل FFR: تبدیل بعنوان تابعی از طول راکتور
۴۸	شکل ۲-۳- مدل FFR: دمای سطح مشترک بعنوان تابعی از طول راکتور
۴۹	شکل ۲-۴- مدل FFR: دمای مایع بعنوان تابعی از طول راکتور
۴۹	شکل ۲-۵- مدل FFR: ویسکوزیته فاز آلی بعنوان تابعی از طول راکتور
۵۰	شکل ۲-۶- مدل FFR: ضخامت فیلم بعنوان تابعی از طول راکتور
۵۰	شکل ۲-۷- مدل FFR: دمای واکنش گاز بعنوان تابعی از طول راکتور
۵۶	شکل ۲-۸- راکتور فیلم ریزان چند لوله‌ای بالسترا
۵۸	شکل ۲-۹- راکتور فیلم ریزان چند لوله ای مازونی (MT-FFR)
۵۹	شکل ۲-۱۰- مکانیک مدرن لوله متمرکز FFR
۶۲	شکل ۲-۱۱- چمیتون لوله متمرکز FFR با سری چرخه سردکننده ناگهانی
۶۳	شکل ۲-۱۲- سیستم راکتور سولفوناسیون چمیتون جت ایمپکت
۶۴	شکل ۲-۱۳- جزئیات راکتور T-O لوله متمرکز با هوای مجدد
۷۷	شکل ۳-۱- توزیع غلظت در فیلم مایع
۷۸	شکل ۳-۲- ضخامت فیلم مایع
۸۷	شکل ۳-۳- لایه مرزی سرعت در جابجایی
۸۸	شکل ۳-۴- تشکیل لایه مرزی گرمایی بر روی یک سطح صاف
۸۹	شکل ۳-۵- لایه مرزی غلظت بر روی یک صفحه
۱۰۰	شکل ۴-۱- شکل شماتیک راکتور فیلم ریزان
۱۰۲	شکل ۴-۲- تغییرات غلظت اشباع SO ₃ با دما
۱۰۴	شکل ۴-۳- نحوه تغییرات غلظت و دما در فاز مایع و فصل مشترک
۱۱۱	شکل ۵-۱- درصد تبدیل در طول راکتور

۱۱۲

شکل ۲-۵- تغییرات دما در طول راکتور

۱۱۲

شکل ۳-۵- تغییرات سرعت در فیلم مایع

۱۱۳

شکل ۴-۵- تغییرات غلظت از فیلم مایع

V: سرعت جذب به ازای واحد سطح

C: غلظت جاذب در فاز مایع

D: ضریب نفوذ مولکولی در مایع

U_x : سرعت طبیعی در فصل مشترک گاز مایع

C'_0 : مقدار غلظت در فصل مشترک

C_0 : غلظت اولیه در فاز مایع

K_L^0 : ضریب جذب

δ : ضخامت فیلم

U_L : سرعت مشخصه مایع

L: بعد خطی

v_L : ویسکوزیته جنبشی

K_L : ضریب جذب در حضور واکنش

t: زمان

q: ضریب استوکیومتری

α : ضریب نفوذ

ρ : دانسیته

u: سرعت در جهت محور xها

v: سرعت در جهت محور yها

P: فشار

C_p : ضریب گرمایی ویژه

St: عدد استانتون

Re : عدد رینولدز

Sc : عدد اشمیت

Pr: عدد پراانتل

چکیده:

در کارخانه‌های دترجنت‌سازی، استفاده از راکتورهای فیلم‌ریزان به منظور ترکیب تری‌اکسید سولفور و مواد ارگانیک بسیار متداول شده است. در این پروژه یک مدل ریاضی برای واکنش گرمای درجه دوم در راکتور فیلم‌ریزان بدست آمده است. این مدل برای پروسس‌هایی که در هر مرحله انتقال جرم مایع و گاز و سرعت واکنش، سرعت پروسه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، قابل استفاده می‌باشد. با استفاده از این مدل ریاضی می‌توان درصد تبدیل و دمای سطح مشترک گاز-مایع را که مهمترین فاکتورهای پروسه هستند پیشگویی کرد. این مدل، برای هر پروسسی که در راکتورهای فیلم‌ریزان، تبادل بین گاز-مایع وجود داشته باشد کاربرد دارد.

فصل اول

مقدمه‌ای بر فرآیند سولفوناسیون

در سال، نزدیک به ۲۵۰۰۰۰۰ تن ماده فعال کننده سطحی آنیونی سولفوناته در آمریکا، اروپای غربی و ژاپن تولید می‌شود. مجموع تولید این ماده در یک سال در سراسر دنیا در حدود ۴۰۰۰۰۰۰ تن تخمین زده شده است کارخانه های سولفوناسیون در کل کره زمین پخش شده اند و ظرفیتهای تولید محصول آنها سالانه بین ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ ماده فعال کننده سطحی آنیونی متغیر می باشد [۱].

این محصولات را در شرکتهای صنعتی و شیمیایی و در محوطه ساختمان شرکتهایی که محصولات صنعتی و پاک کننده های خانگی تولید می کنند می توان یافت.

از معرفهای سولفوناسیون گوناگون جهت واکنشهای سولفوناسیون استفاده می‌شود، مانند: هوا / SO_3 بدست آمده از سوختن سولفور و فرم تبدیل شده هوا / SO_2 (یعنی بعد از تبدیل هوا / SO_2 به هوا / SO_3 بدست آمده از مایع تثبیت شده SO_3 یا SO_3 بدست آمده از ۶۵٪ اولئوم همراه با فرآیند خشک کردن هوا و ۲۰٪ اولئوم و اسید کلروسولفوریک SO_3 رقیق شده در هوا با فاز اصلی مایع در راکتورهای گاز-مایع واکنش می دهد. این واکنش سولفوناسیون به شدت گرمازا می باشد همچنین از نظر تکنیکی استفاده از سولفوریک مایع یا اولئوم ۲۰٪ به عنوان یک معرف سولفوناسیون، عملی و امکان پذیر است که واکنش ها می توانند در انواع مختلف راکتورهای مایع-مایع انجام پذیرند که با گرمایی فراوان همراه می باشند.

چهار دلیل وجود دارد که ثابت می‌کند چرا هوا / SO_3 گرفته شده از سولفور به عنوان یک عامل برجسته سولفوناسیون در محصولات پاک کننده فعال محسوب می شوند:

(۱) قابلیت اطمینان

(۲) ایمنی

(۳) هزینه ها و مخارج

(۴) حصول پذیری

۱-۱- سولفوناسیون هوا / SO_3 بر پایه سولفور

شکل (۱-۱) نمودار جعبه ای کلی را نشان می دهد. جهت استخراج هوا / SO_3 با ظرفیت حجمی بین ۴ و ۷۰٪ باید جریان هوای خشک داشته باشیم تا مانع ایجاد اسید

سولفوریک به شکل مه یا بخار رقیق آن شویم. هوای فیلتر شده اطراف باید تا نزدیکی فشار نسبی ۰/۶bar فشرده شود و تا نزدیکی ۵درجه سانتیگراد سرد شود تا قسمت اعظم آب را بوسیله کندانس کردن جابجا کند و متعاقباً به وسیله مواد خشک کن (ژل سیلیکا، آلومینیم) تا رسیدن به نقطه شبنم ۶۰- درجه سانتیگراد خشک شود.

سولفور مذاب (گداخته شده با دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد) ذخیره شده در انبار به سمت "کوره سولفور تبدیل شده" با پمپ فرستاده می شود که این سولفور تبدیل شده بوسیله اکسیژن اضافی حاصل از فرآیند SO_2 - هوا (با حجم ۰.۷-٪ در هوا) بدست می آید. درجه حرارت هوا / SO_2 خروجی از کوره با توجه به میزان درصد SO_2 موجود در هوا بین ۷۰۰- ۶۰۰ درجه سانتیگراد متغیر است که این مسئله نشان دهنده گرمازا بودن واکنش می باشد. جریان هوا / SO_2 در سردکن های با هوای غیر مستقیم سرد می شود و دمای آن از ۷۰۰- ۶۰۰ به ۴۲۰ درجه سانتیگراد می رسد.

SO_2 در برجهای معروف به مبدل، تبدیل می شود که این برجها بوسیله چهار بستر فشرده کاتالیست V_2O_5 که بر روی عامل کاتالیزگر سیلیکا قرار دارد پر شده است. واکنش به شدت گرمازا می باشد. لذا خنک سازی جریان گاز در بسترهای مختلف توسط کولر با هوای غیر مستقیم مورد نیاز است. هر چند که نقطه شبنم هوا خیلی پایین است بعضی از بخارات رقیق اسید / اولئوم در خنک کن هایی که در امتداد برج مبدل قرار دارند، در دمای ۵۰- ۴۵ درجه سانتیگراد تبدیل به مایع می شوند. این بخارات با خاصیت واکنش پذیری شدید می توانند بر روی کیفیت واکنش سولفوناسیونی در مراحل بعد تاثیر بگذارند. بنابراین یک بخار زدا با بازده زیاد قبل از مرحله سولفوناسیون اصلی نصب می شود.

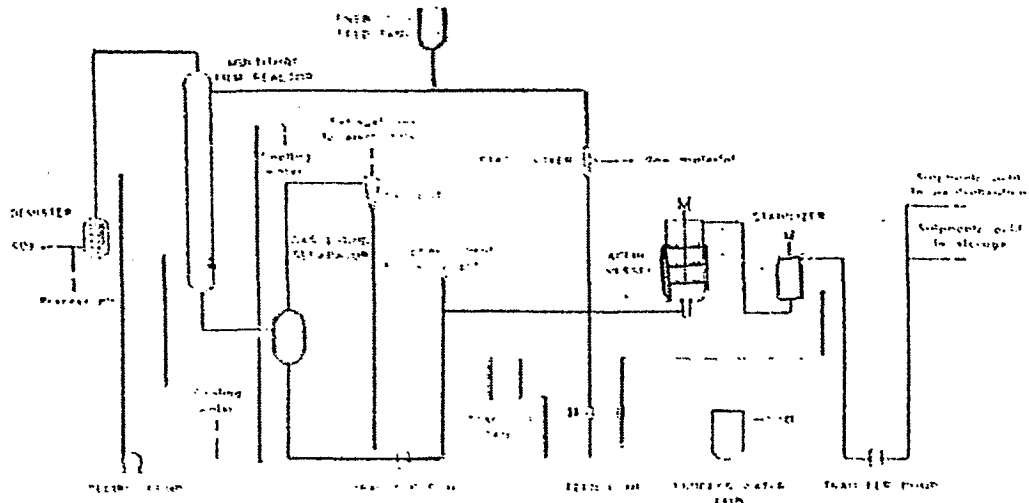
ویژگی های واکنش های سولفوناسیون عبارتند از:

- واکنش بین SO_3 و خوراک آلی تقریباً به صورت آنی و فوری انجام می شود.
- ممکن است واکنشهای ناخواسته موازی و پشت سر هم به خصوص در دماهای بالا اتفاق بیفتد.

- واکنشها به شدت گرمازا هستند.

- ویسکوزیته اسید آلی (۱۰۰۰-۵۰۰ cp) به طور قابل ملاحظه ای بیشتر از ویسکوزیته خوراک آلی (۱۰-۵ cp) می باشد.

FILM SUPPLEMENTATION



شکل (۱-۱) - نمودار سولفوناسیون [۲]

امروزه بطور وسیعی از طرحها و مدل‌های راکتورهای فیلم ریزان جهت واکنشهای سولفوناسیون استفاده می‌شود. پس از خروج از راکتور گاز SO_3 خارج شده از اسید آلی جدا می‌شود. این گاز حاوی مقدار کمی از SO_2 تبدیل نیافته، SO_3 واکنش نکرده و مقداری اسید آلی مانده در جریان گاز می‌باشد و باید قبل از پخش شدن در اتمسفر محیط تمیز شود. افشانه آلی و قطرات ریز SO_3/H_2SO_4 توسط محلول سود سوزآور رقیق از گاز خارج شده جدا می‌گردد، که این عمل در دستگاه شستشوی الکترواستاتیکی انجام می‌شود. بدین طریق می‌توان محلول مرکب سولفیت/ سولفات را تهیه کرد [۲].

بر اساس نوع ماده آلی و همچنین نوع اسید آلی موجود ممکن است تعداد مراحل واکنش قبل از خنثی شدن اسید آلی افزایش یابد اسید سولفوریک و LABSA باید از مرحله زماندهی گذرانده شود تا از محلول میانی تبدیل به محصول مطلوب شود. علاوه بر این برای تبدیل فرم انیدریدی به فرم LABSA به هیدرولیز یا مرحله تثبیت نیاز است که این کار بوسیله مقدار کمی از آب (نزدیک به ۱٪) الکل و الکل اتوکسیلات سولفونیک اسیدها انجام می‌گیرد از طرف دیگر بعد از سولفوناسیون سریعاً باید عمل خنثی سازی انجام شود تا از تولید محصول نامطلوبی که در واکنشهای پی در پی شکل می‌گیرد جلوگیری شود. پس از هیدرولیز و زماندهی، محصول LABSA را بصورت محصولی پایا و مقاوم در برابر تغییرات شیمیایی خواهیم داشت که آماده انبار سازی و حمل و نقل می‌باشد.

واکنشهای خنثی سازی می‌تواند توسط مواد شیمیایی قلیایی نظیر سود سوزآور، آمونیاک و کربنات سدیم انجام پذیرد. واکنش تولید خمیر حاوی ۴۰٪ و ۷۰٪ AD

بوسیله سود سوزآور رقیق، بسته به اینکه اسید آلی از چه نوعی باشد، کاربردهای وسیعی دارد.

خشتی سازی بوسیله سود سوزآور رقیق دارای ویژگی های زیر می باشد:

- واکنش بین اسید آلی و سود سوزآور بصورت فوری و آنی است.
- اگر مقدار بسیار کمی از ذرات اسید آلی درون سوزآور پراکنده شوند ممکن است واکنشهای نامطلوبی را ایجاد کند.
- تولید احتمالی ژل در دمای بالا
- واکنش به شدت گرمازا خواهد بود
- خمیر AD دارای ویژگی های غیر نیوتونی می باشد که معروف است به رفتارهای سود پلاستیکی، ویسکوزیته در سرعت های برشی زیاد افت می کند.
- در مرحله خشتی سازی پیچیده از راکتورهای مختلف حلقه ای (Loop-Type Reactor)) که دارای پمپ چرخشی، دستگاه هموزن کننده (در جائیکه اسید با خمیر قلیایی در حال چرخش برخورد داده می شوند) و مبدل حرارتی می باشند، استفاده می شود.
- با توجه به شرح مختصری از کل عملیات سولفوناسیون هوا/ SO_3 ، داده شده نکات زیر روشن و آشکار خواهند شد:
- نحوه و شیوه استخراج گاز هوا/ SO_3 ، نمونه ای است از شیوه یک عملیات صنعتی - شیمیایی دشوار و مهم، مواد خورنده و خطرناک شیمیایی نظیر SO_2 ، SO_3 و بخار رقیق اسید سولفوریک/ اولئوم/ SO_3 در دماهای بالا ساخته و تولید می شوند این نوع فرآیند ترجیحاً بطور کاملاً پیوسته و مداوم، ۲۴ ساعته در طول شبانه روز در تمام ۷ روز هفته انجام می گیرد.
- واکنشهای سولفوناسیون و خشتی سازی به قدری ظریف و حساس می باشند که اگر به طور غیر دقیق انجام گیرند می توانند باعث ایجاد محصول نامطلوب شوند. محصولی با رنگ بد و محصولی که از نظر تبدیل مواد آلی خام، ضعیف است.
- کنترل ضعیف عملکرد ممکن است برای افراد در محوطه و مناطق نزدیک خطر آفرین باشد.
- استانداردهای به کار رفته چنانچه ضعیف یا غلط باشند نه تنها باعث ایجاد محصولی با کیفیت پایین می شوند، بلکه به صورت جدی باعث کوتاه شدن طول عمر محصول و دستگاهها می شوند.

۲-۱- کیفیت، ذخیره و انبار سازی و ایمنی مواد خام

۱-۲-۱- تری اکسید سولفور

تری اکسید سولفور بوسیله اکسیداسیون کاتالیزوری دی اکسید سولفور به وجود می آید. تری اکسید ممکن است به علت نشت درون لوله‌ها و وسایل و تجهیزات مربوط به فرآیندها ایجاد شوند. تری اکسید سولفور در هنگام فرار و گریز به سمت اتمسفر، با آب واکنش می‌دهد و به فرم ذرات بسیار ریز میکرونی دود اسید سولفوریک در می‌آیند که این ذرات ممکن است به علت تجمع و ایجاد توده فشرده و تاریک، باعث شوند که نشتی درون لوله‌ها آشکار نشود.

سه فرم مختلف از SO_3 وجود دارد: A, B, C در زمانیکه فرم B و C ناپایدارند تنها فرم A است که به شکل پایدار وجود دارد. نقطه ذوب A برابر با ۶۲ درجه سانتیگراد است که در این دما فشار بخار SO_3 مایع برابر با ۲/۵ اتمسفر می‌باشد. با این وجود، این نمایانگر آن است که فرم A هرگز در فاز مایع کریستالیزه نمی‌شود و تنها زمانی که کریستالهای فرم B از قبل حضور داشته باشند کریستالیزه می‌شوند به طوری که این کریستالهای فرم B با گذشت زمان (که ممکن است این زمانی طولانی باشد) به درون A نفوذ می‌کند بنابراین ضروری است که از تشکیل کریستالهای B جلوگیری گردد.

SO_3 مایع در دمای ۳۲ و ۴۵ درجه سانتیگراد و فشار ۱ اتمسفر نسبتاً پایدار است، زیرا در دمای ۳۲ درجه سانتیگراد فرم B شروع به کریستالیزاسیون می‌کند و این خطر را بوجود می‌آورد که کریستالهای B به درون A نفوذ کنند و همانگونه که در بالا توضیح داده شده، این کریستالها بدون افزایش فشار تا حد ۲/۵ اتمسفر نمی‌توانند ذوب شوند.

پایدار کننده‌هایی که در SO_3 مایع به کار می‌روند به منظور جلوگیری از کریستالیزاسیون فرم B در دمای کمتر از ۳۲ درجه سانتیگراد می‌باشند. چنانچه دما بیشتر افت کند و به ۱۶/۵ درجه سانتیگراد برسد فرم C کریستالیزه می‌شود، اگر چه که خطر نفوذ مستقیم کریستالهای فرم C به درون فرم A زیاد نیست، پایدار کننده‌های مورد استفاده در SO_3 مایع بازدارنده‌های آشکاری مانند ترکیبات برن (Boron)-متاسولفونیل کلراید و اکسی کلراید فسفر، تری اکسید سولفور را معمولاً در مایع و تحت دمای ۳۲ درجه سانتیگراد و فشار محیط نگه می‌دارند. فشار بخار در این دمای ۳۲ درجه سانتیگراد در حدود ۴۱۰ mmHg می‌باشد. سولفان صنعتی و تجارتنی نقطه ذوبی برابر ۴۵ درجه سانتیگراد دارد [۳].

- خطرات تری اکسید سولفور

تری اکسید سولفور با آب واکنش می دهد و تبدیل به اسید سولفوریک می شود. چنانچه در معرض SO_3 قرار گیرد، همراه با بخارات اسید سولفوریک موجود باعث متورم کردن غشای مخاطی می شود و مشکلات تنفسی و بینایی و مغزی بوجود می آورد و چنانچه این موارد در معرض بخارات غلیظ اسید سولفوریک قرار گیرند (بیش از $100 mg/m^3$) باعث مرگ خواهند شد. وجود این ماده در حدود $0.5-125 ppm$ ممکن است مقداری مشکل ساز باشد و چنانچه بین $2/5-1/5 ppm$ باشد کاملاً ناخوشایند و نامطلوب است و بین $20-10 ppm$ غیر قابل تحمل است. محدوده متوسط وزنی / زمانی برای SO_3 تعیین نشده است ولی طبق استانداردهای معتبر جهت بیشترین مهار و کنترل، مقدار مجاز و اسپری و افشانه اسید سولفوریک را $1 mg/m^3$ و ۸ ساعت تعیین گردیده است.

خطهای بریده و منقطع، مثلاً در اثر حرکت تانکر در هنگام پر و خالی شدن ممکن است به دلیل آزاد شدن تری اکسید سولفور باشد. SO_3 آزاد شده در استخر یا روی زمین پخش می شود و سریعاً و به شدت با تمام آبهای موجود واکنش می دهد و این واکنش تا زمانی که آب به طور کامل مصرف نشده است پایان نمی یابد و ادامه دارد که نتیجه این واکنش ایجاد ابر وسیعی از بخارات غلیظ اسید سولفوریک است و هرگاه همه آبهای در دسترس و حاضر و آماده به طور کامل مصرف شود، استخر تری اکسید سولفور از خود بخارهای اسید سولفوریکی ساطع می کند که از واکنشی مرطوب در هوا است این کار تا جایی ادامه پیدا می کند که سولفورتری اکسیدها مصرف شوند و میزان آنها به جایی برسد که بتوان آنها را وارد محیط کرد.

می توان اینگونه محاسبه کرد که هر اسپیل Spill در حین پر و خالی شدن تانکرها که در بالا توضیح داده شد می توان در حدود $1/10$ تن بخار اسید سولفوریکی آزاد کند که در واقع همان ابرهای ابتدایی و اولیه هستند. تا زمانی که این ابر بوسیله باد دمیده می شود، بوسیله هوای باقی مانده رقیق می گردد تا جایی که غلظت آن خطرناک نباشد این مسئله بستگی به شرایط هوا و باد دارد.

در شرایط پایدار و مقاوم در برابر تغییرات شیمیایی (طبقه بندی پاسکال (D) و سرعت باد $5 m/s$ ، مدل پراکندگی، مدل انتشار- پاشش) پیش بینی می کند که خطر ابرها تا ۱ کیلومتری محل آزاد شدن آنها می باشد. تحت این شرایط هوایی، یک توده ابر، این مسافت ۱ کیلومتری را در عرض ۴ تا ۵ دقیقه طی می کند. در طول این زمان یک قسمت از این ابر به درون ساختمان نفوذ می کند و به همین دلیل پناهگاههای مردمی می باید از محافظهای خوبی برخوردار بوده و به اندازه کافی جهت حفظ امنیت مردم،