
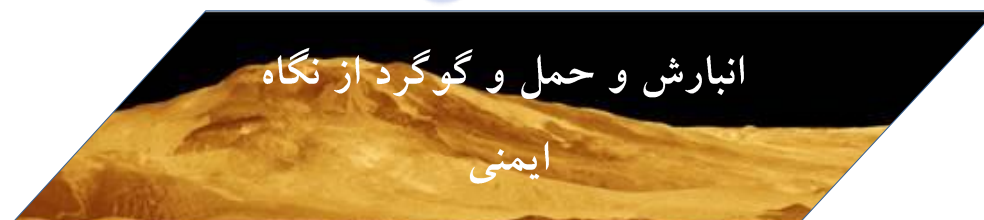


	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIPi-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

فصل سوم



	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIPI-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

۱-۳- مشکلات حمل و نقل و انبارداری گوگرد

انتشار غبار گوگرد و اسیدی شدن باکتریایی از معضلات بزرگ در مناطق تولید و صادرات گوگرد محسوب می شود. میزان گرد و غباری که در هنگام حمل و نقل گوگرد ایجاد می شود به فرم گوگرد (فلسی - پریل - پاستیل)، میزان رطوبت آن، روش حمل و نقل و ابزارهای به کارگرفته شده بستگی دارد. جهت جلوگیری از خطرات ایجاد شده در جهت عدم جلوگیری از ایجاد گرد و غبار در حمل و نقل گوگرد جامد می توان از اسپری آب جهت افزایش رطوبت استفاده نمود. اسپری آب در سیستمهای حمل و نقل و جابجایی گوگرد در بخشهایی از سیستم مانند انتهای تسمه نقاله و یا خروجی قیفها قرار می گیرد. نکته قابل تامل میزان آب مصرفی است که باید به دقت تحت کنترل قرار گیرد زیرا که مصرف بیش از حد آب می تواند سبب به هم چسبیدن ذرات و بسته شدن مسیرهای خروجی گوگرد در سیستم می شود. بنابراین میزان رطوبت گوگرد موجود باید مابین ۰/۵ الی ۱/۵ درصد نگهداری شود. میزانهای رطوبت اضافی در بخش ذوب نمودن ترکیب تبخیر می شود که مستلزم صرف هزینه اضافی می باشد.

علاوه بر این برای جلوگیری از به وجود آمدن ذرات معلق و گرد و غبار گوگردی می توان از یکسری ترکیبات خاصی استفاده نمود که این ترکیبات بر روی سطح گوگرد جذب شده و در حین فرایند خشک شدن به صورت ویسکوز درآمده و از ایجاد غبار گوگردی جلوگیری می کند. این افزودنیها همچنین شامل ترکیباتی دیگری نیز می باشند که خاصیت خورندگی حاصل از گوگرد را نیز کاهش می دهند. این افزودنیها معمولا در فرمهای کنسانتره در بازار موجود بوده که به هنگام مصرف به میزان ۸۰ الی ۱۰۰ برابر رقیق می شوند.

یک راه حل موثر به منظور تولید گوگرد تجارتي با شکنندگی کمتر حفظ محتوای گوگرد پلیمری در فرآورده است. همچنین برای ارائه یک محصول استاندارد باید از تشکیل اسید در محموله های گوگرد جلوگیری شود. این عمل با بکارگیری عوامل ضد باکتریایی و نمکهای معدنی که از فعالیت باکتریهای اکسید کننده جلوگیری می کنند قابل انجام است.

گوگرد بعنوان یکی از ارزانتترین مواد خام جهان شناخته شده است. چرا که تولید افزاینده نفت و گاز به افزایش تولید گوگرد نیز منجر می شود. گوگرد نقش محوری در بسیاری از صنایع به ویژه تولید کودهای شیمیایی و اسید سولفوریک بازی می کند. امروزه بدون کودهای شیمیایی طیف وسیعی از جمعیت جهان گرسنه خواهند ماند و بدون اسید سولفوریک بخشهای مهم اقتصادی دچار رکود می شوند. گوگرد بر خلاف ظاهر زیبایش مانند اغلب مواد شیمیایی می تواند خطرناک باشد. پخش غبار

	عنوان سند					
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIPI-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

گوگرد، انتشار H_2S ، اسیدی شدن محیط و ایجاد خوردگی از جمله معضلات اساسی گوگرد به شمار می روند.

غبار گوگرد هم سلامت انسان وهم محیط زیست را به خطر می اندازد وبه خصوص در درازمدت می تواند اثرات سوء بر موجودات زنده داشته باشد.

گوگرد مذاب در حال حاضر نقش مهمی را در صنایع مختلف ایفا می کند، گذشته از منابع معمول در تهیه گوگرد مذاب مانند پالایشگاه ها و پلنتهای گاز طبیعی و استفاده کننده های متعارف آن مانند کارخانه های تولید اسیدسولفوریک و کودهای شیمیایی، امروزه این ترکیب در صنایع دیگری مانند صنایع لاستیک سازی، پلی مر و حتی صنایع غذایی از اهمیت به سزایی برخوردار است. احتمال بالای حضور هیدروژن سولفید در این ترکیب (به علت اینکه منبع اصلی آن سولفورزدایی از نفت خام و گاز طبیعی می باشد). پیچیدگیهای خاصی را جابجایی، نگهداری و حمل و نقل آن ایجاد می نماید. بنابراین انتقال و نگهداری گوگرد مذاب شامل تخلیه H_2S در تانکها، تانکرها و ظروف نگهداری و جایگزینی هوا جهت کاهش خطرات احتمالی می باشد. هیدروژن سولفید علاوه بر اینکه قابل اشتعال بوده و بدین لحاظ مراقبتهای خاصی را در برخورد با آن ایجاد می نماید، بدلیل ماهیت سمی آن و خطرات ناشی از مسمومیت حاصل از آن، نیازمند توجه خاصی در کار کردن با آن در محیط می باشد.

نظر به افزایش دامنه تقاضا جهت انرژی، ارزش بالای آن در قرن حاضر، قوانین زیست محیطی برای کنترل آلودگی و نیاز صنایع به بکارگیری سوختهای با مقادیر کم گوگرد، تولید این ترکیب در حال افزایش چشمگیری می باشد. از سوی دیگر به کار گیری این ترکیب در صنایع جدیدی که قبلا کاربرد گسترده ای در آنها نداشت باعث ایجاد نگرش جدیدی در جمل و نقل و مقابله با خطرات ناشی از آن شده است.

خوشبختانه جهت حمل و نقل و انبارداری ایمن گوگرد و خروج H_2S از آن راههای گسترده ای وجود دارد که با به کارگیری آنها می توان خطرات ناشی از این ترکیب را به حداقل رساند.

یکی از مواردی که نقش مهمی را در انتقال و ذخیره سازی گوگرد مذاب ایفا می کند خارج سازی H_2S موجود در محیط و جایگزینی آن توسط گاز معینی می باشد، از این دیدگاه فاکتورهای زیادی قابل بررسی بوده و با توجه به شرایط گوناگون و محیط های متفاوت می توان از گازهایی نظیر هوا و یا نیتروژن استفاده نمود. در این میان هوا به دلیل قیمت پایین آن، در دسترس بودن آن و در نهایت

	عنوان سند					
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIPI-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

ایمن بودن آن نسبت به نیتروژن از ارجحیت بالاتری برخوردار بوده و از کاربرد گسترده ای در حمل و نقل و نگهداری گوگرد مذاب برخوردار می باشد.

در حال حاضر از ترکیبات متفاوتی جهت ساخت تانکرهای حمل گوگرد مذاب و مخازن نگهداری آن استفاده می شود و در این راستا تحقیقات ویژه ای صورت گرفته تا اینکه خطرات احتمالی ناشی از گوگرد مذاب و H_2S همراه آن را تا حد قابل کنترلی پایین نگهدارند در این راستا یکی از مواردی که برخورد با گوگرد مذاب را چه در زمینه انبارشی و چه در زمینه حمل و نقل مشکل می سازد ترکیب شدن و واکنش دادن ظروف و محفظه های نگهداری آن با گاز هیدروژن سولفید می باشد، این مهم علاوه بر خسارتهای ناشی از خوردگی باعث ایجاد ترکیبی به نام سولفید آهن (FeS) می باشد. معمولا این ترکیب در سطوح بالایی گوگرد مذاب که بیشترین تلاطم را با محیط خود دارد تشکیل می شود. نکته قابل توجه در مورد این ترکیب این می باشد که این ترکیب فقط در محیطهای فاقد اکسیژن (مثلا مواقعی که محفظه حمل گوگرد مذاب توسط گاز ازت پر شده است) تشکیل شده و اگر در محیط بی هوازی (فاقد اکسیژن) قرار بگیرد نه تنها دارای ریسک نبوده بلکه گاهی می تواند مانند سدی از خوردگی سطوح کربن استیل جلوگیری نماید.

سولفید آهن در حضور اکسیژن منبع حرارتی زیادی ایجاد می کند که می تواند باعث آتش سوزی گوگرد مذاب گردد که در صورت عدم توجه کافی در حمل و نقل و نگهداری آن فجایع بزرگی بوجود خواهد آمد..

بنابراین تشکیل سولفید آهن یکی از مهمترین دلایلی است که باعث به کارگیری هوا جهت جایگزینی با H_2S در محفظه های نگهداری و ظروف و تانکهای حمل گوگرد مذاب شده است. همانگونه که قبلاً نیز بیان شد H_2S گازی قابل احتراق می باشد و در محفظه های نگهداری گوگرد مذاب می تواند در مقادیر بالاتر از حد مجاز H_2S تجمع پیدا کند که در نهایت باعث تشکیل مخلوطی از گاز قابل احتراق شود. بنابر دلایل ایمنی همیشه مقادیر H_2S در مخلوط هوای موجود در محفظه باید پایین تر از ۲۵ درصد میزان منبیم حد قابل انفجار باشد. گاهی تا ۵۰ درصد میزان LEL نیز قابل قبول خواهد بود به شرط اینکه سیستم مجهز به علائم هشدار دهنده کنترل کننده ایمنی باشد. بنابراین همیشه باید مقادیری هوا به داخل سیستم تزریق شده تا میزان H_2S به اندازه کافی پایین نگهداشته شود. صرفنظر از اینکه هوا ماده ای ارزاقیمت و در دسترس می باشد استفاده از آن در سیستمهای بزرگ نگهداری گوگرد مذاب نیازمند به کارگیری دستگاههای ویژه و موتورهای خاصی جهت تولید و هدایت آن به

	عنوان سند					
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIPi-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

مخزن می باشد. در نهایت مسئله مهم دیگر هدایت درست گازهای داغ حاصل در مخزن می باشد تا از ایجاد آسیبهای ناخواسته در محیط و آب و هوای اطراف جلوگیری شود. در اکثر موارد، ایده خروج H_2S از گوگرد مذاب بیش از جداسازی بخارات هیدروژن سولفید بوده و در موارد زیادی نیاز است که بتوان این ترکیب خطرناک را حتیاز داخل مایع محتوی آن (گوگرد مذاب) جداسازی نمود که برای دستیابی به این هدف راههای زیادی پیشنهاد شده است. یکی از ساده ترین روشهایی که بدین منظور ارائه شده است حباب زدن گازی مانند نیتروژن و یا هوا داخل مایع می باشد که جزئیات آن متعاقباً توضیح داده خواهد شد. به عنوان نمونه هوا از طریق خطوط خاصی به ته مخزن حاوی نمونه هدایت و در آنجا شروع به حباب زدن می نماید که این مستلزم به کارگیری مخازن خاصی که مقاومت بالایی در برابر فشار داشته و همچنین دستگاه های مورد نیاز جهت هدایت هوا می باشد.

با وجود معایب ذکر شده برای نیتروژن، این ترکیب اغلب به عنوان گاز خنثی در ظروف انتقال و نگهداری گوگرد مذاب به کار گرفته می شود که اغلب در مواردی که میزان H_2S در نمونه از مقادیر بالایی برخوردار بوده و یا اینکه نیاز به خروج مقادیر خیلی کم گاز از سیستم می باشد. از دلایل دیگر استفاده از نیتروژن، کاهش میزان اکسیژن در گاز خروجی از سیستم می باشد. در مجموع در مواقعی از نیتروژن به عنوان گاز پرژی کننده استفاده می شد که مزایای آن بر معایبی همچون تشکیل سولفید آهن به دلیل به کارگیری گاز است برتری دارد.

۲-۳- کاهش H_2S جهت حمل ایمن گوگرد مذاب

به منظور جلوگیری از بروز حوادث ناخوشایند لازم است قبل از انتقال و یا نگهداری گوگرد مذاب، اقداماتی جهت جداسازی H_2S صورت گیرد که این امر به سه روش ذیل امکان پذیر است.



(۱) به کارگیری فاز مایع در جداسازی H_2S

(۲) حباب زدن گاز داخل مایع

(۳) به کارگیری روشی مرکب از دو روش فوق

به کارگیری فاز مایع در جداسازی H_2S

یکی از روشهای جداسازی H_2S از داخل مایع گوگرد مذاب به کارگیری افزودنیهای مایع می باشد که گاهی از طریق واکنش با H_2S باعث تخلیص نمونه شده و یا اینکه با عملکرد خاص خود باعث تسهیل در خروج هیدروژن سولفید از داخل گوگرد مذاب می شوند. در این راستا محصولات زیادی

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIPi-63530201-89	گزارش پروژه	سوم



جهت دستیابی به این مهم در بازار ارائه شده اند که از طریق شناورسازی آنها در مایع و یا به کارگیری آنها به همراه به هم زدن شدید نمونه می توانند باعث تخلیص گوگرد مذاب گردند. محصولات حاصل گاهها قابلیت انحلال در گوگرد مذاب را نداشته و می توان آنها را از طریق جمع آوری آنها در سطح و یا ته نمونه جمع آوری شود. هنگامی که از ارتقا دهنده های خاص جهت تسریع شدن خروج H_2S استفاده می شود و یا اینکه کاتالیت های خاصی بدین منظور به کارگرفته می شوند محصولات حاصل پس از جداسازی قابلیت احیا به کارگیری مجدد در جداسازی H_2S را دارا می باشند، اما در مواردی که از ترکیبات واکنشگر بدین منظور استفاده می شود محصولات حاصل به ندرت قابلیت به کارگیری مجدد را داشته و یا اینکه نیازمند فراوری و عملیات ویژه ای جهت بازیابی می باشند.

حباب زدن هوا داخل گوگرد مذاب به منظور تخلیص آن: همانگونه که قبلا نیز بیان شد به کارگیری هوا جهت جداسازی H_2S در مخازن و تانکرهای انتقال گوگرد باعث دستیابی به دو هدف عمده می شود: الف) خروج هیدروژن سولفید از گوگرد مذاب و ب) رقیق سازی H_2S در سیستم هواکش مخزن. در روشهای متعاضد به کارگیری هوا جهت دستیابی به این مهم، نیازمند استفاده از مقادیر زیاد هوا به خصوص در مواردی که مخازن گوگرد کم عمق و ترکیب از سطح بالایی برخوردار است می باشد که در این راستا به کارگیری حجمهای بالا از هوا باعث صرف هزینه و نیروی بالایی می باشد. روش ترکیبی: گاهها جهت دستیابی به جداسازی کامل و سریع H_2S از روشی ترکیبی مشتمل بر به کارگیری حباب سازها و افزودنیهای خاص استفاده می شود این تجهیزات از ابزارهای خاصی برای برقراری تمامی بهینه بین هوا و گوگرد مذاب استفاده نموده و گاهها دارای بخشهای ویژه ای جهت بازیابی مواد افزودنی و محصولات حاصل پساز واکنش با H_2S می باشد.

۳-۳- روشهای ایمن مقابله با H_2S آزاد شده

همانطور که در بخش فوق نیز اشاره شد، روشهای متفاوت عملکرد بر روی H_2S موجود در سیستم مانند رقیق کردن گاز موجود، نیازمند اداره و هدایت صحیح و ایمن گاز حاصل در سیستم است. بدین منظور روشهای متفاوتی اشاره شده است که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ۱) تبدیل و یا تجزیه H_2S موجود در سیستم
- ۲) بازیابی هیدروژن سولفید
- ۳) دفع هیدروژن سولفید

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP1-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

تبدیل و یا تجزیه H_2S موجود در سیستم: این بخش شامل تجزیه کاتالیتی و یا گرمایی هیدروژن سولفید موجود در سیستم خروجی و یا تبدیل H_2S به یک ترکیب گوگردی ایمن تر می باشد که این عمل شامل هدایت گاز خروجی به کوره و یا راکتور مورد نظر و یا استفاده از آن به عنوان هوای مشتعل در سیستم خروجی می باشد به طوری که تمامی موارد فوق باعث ایجاد و نشر ترکیباتی مانند SO_2 به هوای محیط شده که از این لحاظ باعث ایجاد محدودیت هایی از طرف سازمانهای دولتی حافظ محیط زیست شده است.

در چنین سیستمهایی علاوه بر مشکلات زیست محیطی حاصل، خوردگی ناشی از H_2S و یا گاز دی اکسید گوگرد در سیستمهای مرطوب صدمات زیادی را بر روی سیستمهای موجود ایجاد می کند. با وجود مشکلات ذکر شده بهتر است در چنین سیستمهایی جهت رقیق سازی H_2S موجود از هوا استفاده شود تا در مرحله تجزیه حرارتی H_2S ، نیازمند هوای اضافی جهت انجام چنین کاری نباشد. بازیابی گاز هیدروژن سولفید: در مواردی که واحدهای کلاوس و یا واحدهای بزرگ دیگر بازیافت گوگرد (SRU) در نزدیک سیستم موجود باشند، H_2S موجود در سیستم می تواند به راحتی به بخش انتهایی واحد هدایت شود. از معایب این روش این است که بازیابی H_2S توان واحدهای SRU را جهت عملکرد بر روی H_2S ورودی در سیستم کاهش می دهد با این وجود این روش محاسن زیادی نیز دارد که از آن جمله می توان به این مورد اشاره کرد که با استفاده از روش فوق در بازیابی H_2S سیستم نیازمند ابزار و تجهیزات اضافی نبوده و به راحتی می توان از تجهیزات موجود در واحدهای SRU استفاده نمود.



دفع هیدروژن سولفید: دفع H_2S موجود در سیستم به روشهای متفاوتی می تواند صورت گیرد که انتخاب این روشها تا حد زیادی بستگی به حجم H_2S موجود در سیستم دارد. مهمترین روشهای دفع گاز H_2S عبارتند از:

(۱) تبدیل H_2S به محصولات غیر قابل بازیافت (Scavengers)

(۲) تبدیل H_2S به محصولات قابل بازیافت

(۱) تبدیل H_2S به محصولات غیر قابل بازیافت

در مواردی که تولید روزانه H_2S کمتر از ۲۰۰-۱۰۰ پوند باشد روش فوق روشی مناسب جهت دفع هیدروژن سولفید می باشد. چنین سیستمهایی از واکنشگرهایی جامد و با مایع جهت دفع H_2S و تبدیل آن به فرآور دمای گوگردی متفاوت استفاده می کنند. این ترکیبات بعدا به روشهای متفاوتی از ترکیب جداسازی می شوند. استفاده از چنین سیستمهایی در دفع H_2S مزایایی دارد که از آن جمله

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

می توان به سادگی و تجهیزات کم مورد نیاز در این روش اشاره نمود در مقابل ترکیبات شیمیایی که در این روش مورد استفاده قرار می گیرند بین ۱۰ الی ۲۰ برابر گرانباتر از موارد مورد استفاده در روشهای قابل بازیافت می باشند. این معذل در مواردی که حجم ترکیبات افزوده می شود بسیار چشمگیرتر می باشد بنابه دلایل ارایه شده چنین روشی محدود به مواردی می باشد که میزان تولید روزانه H_2S حداکثر ۱۰۰ الی ۲۰۰ پوند بوده مگر در شرایط خاصی که در حجمهای بالاتر نیز استفاده از آن مقرون به صرفه می باشد. با توجه به توضیحات ارایه شده دو نوع از واکنشگرهای جامد و یا مایع در این روش کاربرد دارند.

واکنشگرهای مایع خود شامل موارد زیر می باشند.

(۱) Caustic treating

(۲) استفاده از ترکیبات آمینی

(۳) استفاده از ترکیبات نیتراته

(۴) استفاده از اکسیدانها

در تمامی موارد فوق از روشهای متفاوتی برای افزایش سطح تمامی گاز و مایع و افزایش میزان جذب آن H_2S بر روی مایع استفاده می شود تا اینکه هیدروژن سولفید به ترکیب گوگردی دیگری در فاز مایع تبدیل می شود. اصولاً این ترکیبات قابل انحلال در فاز آبی بوده و این بدان معناست که این واکنشگرها باید قادر به واکنش در دمای زیر نقطه جوش آب باشند.

این ترکیبات اغلب ترکیباتی گرانبها بوده به طوری که بهای تمام شده به ازای دفع یک پوند از H_2S معادل ۵ الی ۱۰ دلار می باشد که این روشها را به مواردی که تولید روزانه H_2S بین ۵۰ الی ۱۰۰ پوند باشد محدود می کند. این موارد صرفنظر از هزینه های ناشی از دورریز مایعات موجود در سیستم می باشد که می تواند هزینه های کلی را تا حد ۲ برابر افزایش دهد.

واکنشگرهای جامد اغلب شامل ترکیباتی است که به عنوان جاذب و یا واکنشگر بر روی هیدروژن سولفید عمل می کند.



از میان واکنشگرهای جامد مورد استفاده در صنعت می توان به موارد زیر اشاره نمود:

(۱) کربن اکتیو

(۲) اسفنجهای آهن

(۳) ترکیباتی که شامل اکسید آهن می باشد

(۴) ترکیباتی که شامل اکسید روی می باشد

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP1-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

۵) اکسیدانتهای جامد



از میان ترکیبات فوق کربن اکتیو نقش متمایزی را ایفا نموده به طوری که این ترکیب می تواند H_2S را بدون هیچگونه تبدیلی دفع نماید. این ترکیب به واسطه خلل و فرج و منافذ زیادی که دارد دارای سطح بسیار بالایی بوده و قادر به جذب H_2S در منافذ خود می باشد. جهت افزایش کارایی می توان سطح آن را با ترکیبات دیگری مانند اکسیدانتهای پوشش داد. اما در این میان کربن اکتیو ترکیب مناسبی جهت دفع H_2S از گوگرد مذاب نمی باشد زیرا دمای بالای H_2S در این ترکیب به همراه سایر عوامی می تواند باعث ایجاد آتش سوزی در محل گردد.

سایر موارد نیز شامل استفاده از واکنشگرهایی است که عموماً بر روی سطوح بی اثری پوشش داده شده و باعث جذب هیدروژن سولفید بر روی سطح خود می شوند.

استفاده از جاذبهای آهنی یکی از قدیمی ترین تکنیکهای مورد استفاده در دفع H_2S می باشد و در واقع به آن لقب پدربزرگ سایر تکنیکهای جامد در دفع H_2S را داده اند. این ترکیبات شامل استفاده از تراشه های چوبی که به وسیله ذرات آهن پوشانده شده اند می باشد هزینه استفاده از چنین مواردی معمولاً ۱۰-۵ برابر بیش از مواردی است که از روشهای قابل بازیافت استفاده می شود ولی در میان روشهای جامد در دفع H_2S از همه ارزان تر می باشد که دلیل آن نیز قیمت پایین بستر استفاده شده در این روش (از جنس چوب) ناشی از ایجاد سولفید آهن (ترکیبی آتشگیر که قبلاً به آن اشاره شد) اشاره کرد. این ترکیب جهت دفع H_2S موجود بایستی همواره مرطوب نگهداشته شده و pH آن باید به دقت کنترل گردد، بنابراین این روش نسبت به سایر تکنیکهای جدید دارای دشواریهای زیادی در به کارگیری می باشد هر چند که این روش هنوز از جمله روشهای دفع H_2S در صنعت می باشد ولی در مورد دفع H_2S از گوگرد مذاب بنابه دلایل ذکر شده در مورد کربن اکتیو کمتر مورد استفاده قرار می گیرد.

با توجه به نقاط ضعف اشاره شده در مورد کربن اکتی و اسفنجهای آهن امروزه نسل جدیدی از ترکیبات جامد جهت دفع ایمن و کم خطر H_2S در گوگرد مذاب استفاده می کنند.

یکی از این ترکیبات اکسید آهن می باشد که امروزه با نامهای متفاوتی مانند GTPs sulfur-Rite و Sulfa Treat در بازار ارایه می شوند که معمولاً شامل اکسید آهن پوشش داده شده بر روی سطوح بی اثری مانند کلی ها می باشند. این ترکیبات پس از واکنش با گوگرد باعث تولید Fe_2S_3 که نسبت به سولفید آهن (FeS) ترکیبی بی خطر بوده و خطرات ناشی از آتشگیر بودن FeS را نیز دارا نمی باشد و در شرایط گوناگون قابلیت به کارگیری را دارا می باشد. این ترکیب همچنین به راحتی قابل

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIPi-63530201-89	گزارش پروژه	سوم



جابجایی بوده و ترکیبی مضر محسوب نمی شود، بنابراین به کارگیری و گاه دفع آن به راحتی صورت می گیرد. این ترکیبات معمولاً جهت کارکرد موثر نیاز به بکارگیری آب به همراه گاز ورودی بوده ولی در بحث مربوط به گوگرد مذاب که گاز H_2S توسط هوا رقیق شده، این ترکیبات قابلیت واکنش با گاز داغ ورودی که توسط هوا رقیق شده است را نیز دارا می باشند.

اکسید روی و سایر اکسیدانتهایی که در بحث دفع H_2S به کار گرفته می شوند نیز مکانیسمی مشابه را دارا بوده و پس از جذب H_2S موجود در سیستم با آن واکنش داده و به ترکیبات ایمن و کم خطری تبدیل می شود که پس از واکنش جاذب جداسازی و جایگزین می شود. هزینه به کارگیری این ترکیبات حدود ۲-۴ دلار به ازای هر پوند از H_2S دفع شده می باشد که حدود ۲ برابر نسبت به جاذبهای مایع و ۱۰ برابر نسبت به سیستمهای قابل بازیافت ارزانتر می باشد ولی اشکال کار آنها مانند اسفنجی آهن وقت گیر بودن و حجم زیادی از ترکیباتی است که بعد از هر بار واکنش باید دور ریخته شوند.

در سالهای اخیر استفاده از چنین ترکیباتی در دفع H_2S مورد توجه خاصی قرار گرفته است که عموماً شامل موارد زیر می باشد:

- ۱) فرایندهای استفاده از مایعات ردوکسی
- ۲) اکسیداسیون مستقیم
- ۳) استفاده از مایعات غیرآبی

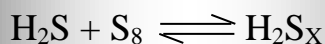
در تمامی این موارد، از روشهای متفاوتی جهت دفع H_2S و تبدیل آن به محصولات پایدار استفاده می شود که در این موارد واکنشگرهای اولیه معمولاً قابل بازیافت و بازگشت به چرخه دفع H_2S می باشند. در این بین مایعات ردوکی به عنوان یکی از قدیمیترین روشهای دفع H_2S بوده که از کاتالیتهای قابل حل در آب استفاده می نماید که عموماً شامل فلزات فعالی می باشد که توسط گردانه های کی لیت ساز احاطه شده اند. در این فرایند گوگرد جامد به عنوان محصول جانبی تولید می شود که به آسانی قابل فیلتر شدن و جداساز شدن از نمونه، بوده و می تواند در واحدهای ساخت کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گیرد. در فرایندهای قدیمی تر از فلز وانادیم به عنوان کاتالیتی جهت حذف H_2S استفاده می شد که به علت مشکلاتی که در به کارگیری و جداسازی داشت امروزه از کاتالیت آهن بدین منظور استفاده می شود. این پروسه به راحتی در مواردی که تولید روزانه H_2S بیش از ۲۰۰ پوند می باشد قابل به کارگیری می باشد. محصول ایجاد شده در این روش شامل ۳۰

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIPi-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

الی ۶۰ درصد گوگرد می باشد که می تواند به داخل گوگرد مذاب هدایت شده و یا اینکه به طرف واحدهای ساخت کودهای شیمیایی هدایت شوند.

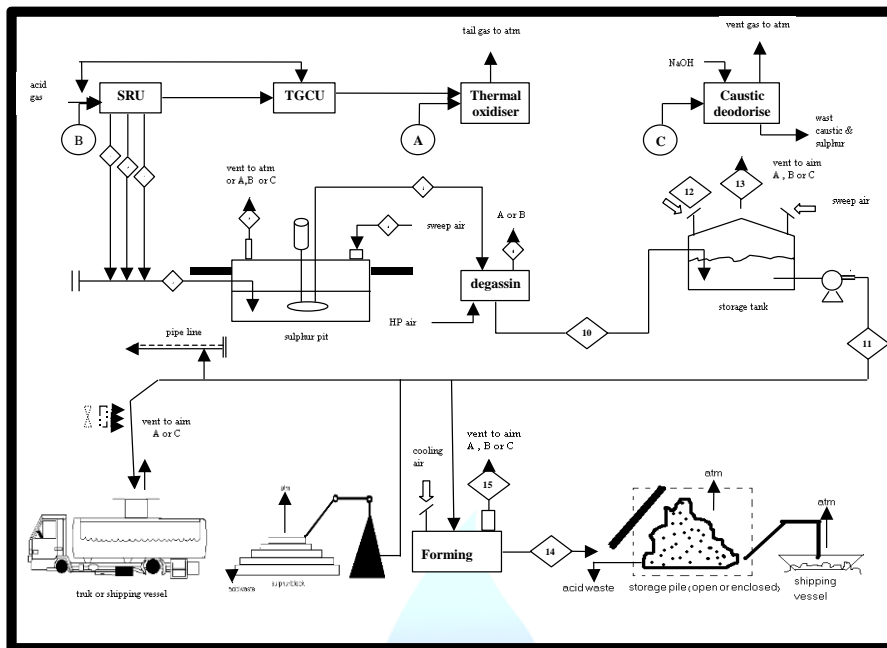
فرایندهای رودکی مایع به خاطر هزینه های سرمایه گذاری بالاتر و پیچیدگی آن (نسبت به موارد قبلی) به میزان کمتری در سیستمهای خروجی تانکهای عمل گوگرد به کار گرفته می شوند ولی به خاطر هزینه عملیاتی پایین آن (حدود ۰/۱۵ الی ۰/۳ دلار به ازای هر پوند H₂S دفع شده) برای مواردی که میزان H₂S موجود در سیستم زیاد بوده و بدین ترتیب هزینه سرمایه گذاری توسط هزینه کم به عملیاتی جبران می شود مقرون به صرفه می باشد.

بطور معمول گوگرد بازیافتی از فرایند کلاوس شامل ۱۰ درصد H₂S، ۵ درصد SO₂ و گازهای دیگری چون COS، CS₂ و گازهای بی اثر است. در واقع وجود H₂S از همه مهمتر به نظر می رسد چون در واکنش با ملکول های S_x نوعی پلیمرهای گوگردی (H₂S_x) تولید می کند.



این واکنش به دما و فشار وابسته است. نسبت غلظت H₂S به H₂S_x حدود ۱۰ و ۱ در ۱۳۰ و ۱۵۰ درجه سانتی گراد است. افزایش فشار تعادل را به سمت تشکیل بیشتر H₂S_x پیش می برد. بنابراین تعادل در دما و فشارهای پایینتر باعث آزاد شدن سولفید هیدروژن می شود. شکل (۱-۳) فلو دیاگرام یک نمونه فرآیند سیستم بازیابی گوگرد، نگهداری و حمل و نقل آن را نشان می دهد.



	عنوان سند					
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP-63530201-89	گزارش پروژه	سوم



مطابق شکل (۱-۳) گوگرد تولید شده در فرایند کلاوس (جریان ۱-۳) شامل H_2S محلول، H_2Sx و مقادیر کمی SO_2 ، COS و CS_2 است. درحقیقت واکنش بالا با افزایش دما به سمت راست هدایت می شود. و علت اینکه H_2S آزاد شده در کندانسور شماره ۱ بیشتر از بقیه کندانسورها است، را توجیه می کند.

گاز دی اکسید گوگرد از جمله اجزایی است که همانند سولفید هیدروژن بسیار سمی است و در بخش های مختلف فرایند گوگردزایی در غلظت هایی حتی بیشتر از H_2S می تواند وجود داشته باشد. اگر چه واکنش شیمیایی بین SO_2 و گوگرد انجام نمی گیرد ولی قابلیت انحلال SO_2 در گوگرد بیشتر از H_2S است. میزان دی اکسید گوگرد محلول با افزایش دما کاهش می یابد، بنابراین انتظار می رود همانطورکه دمای گوگرد خام تولید شده از فرایند SRU در مسیر انتقال و ذخیره سازی کاهش می یابد تمایل SO_2 به ماندن در گوگرد مایع بیشتر گردد. با استفاده از یک سیستم گاززدایی مناسب انتظار می رود که غلظت SO_2 در خروجی واحد SRU در حدود 20 ppmw و در خروجی از پیت گوگردی حدود 10 ppmw باشد.

گوگرد حاصل از فرایند کلاوس به واسطه نیروی گرانش به پیت گوگردی، با قابلیت پذیرش یک تا دو روز تولید گوگرد، جریان می یابد (جریان ۴). گوگرد جمع آوری شده از تمامی کندانسورهای واحد SRU محتوی حدود $200-300 \text{ ppmw}$ سولفید های هیدروژن و حدود $20-30 \text{ ppmw}$ دی اکسید گوگرد می باشد. همانطور که قبلا اشاره شد با کاهش دمای گوگرد، پلی سولفید های

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP1-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

موجود به H_2S تجزیه می شوند که در اثر واکنشی فیزیکی می تواند از فاز مایع خارج و به فاز گازی بالای گوگرد مذاب وارد شود. به این ترتیب غلظت آن در فضای بالای پیت گوگردی زیاد می شود. این عمل در واقع به دلیل اختلاف دمای بسیار زیاد گوگرد تولید شده (۱۳۰۰ درجه سانتیگراد) و گوگرد مذاب موجود در پیت گوگردی (۱۳۰-۱۵۰ درجه سانتیگراد) تشدید شده و یکباره تجمع غلظت H_2S و SO_2 افزایش می یابد به نحوی که ریسک خطر در این مکان بسیار بالا می رود. برای این منظور با هدایت جریان هوای خارجی (جریان ۶) به داخل پیت و به کمک یک سیستم اجکتور، گازهای خطرناک از بالای پیت خارج و در محل دیگری اکسید می شوند. از سوی دیگر با بکار بردن مواد شیمیایی مناسب می توان سرعت و میزان تجزیه H_2S_x را تشدید کرد تا در نهایت مذابی با کمتر از ۱۰ ppm سولفید هیدروژن حاصل شود. سپس مذاب حاصل به تانک ذخیره فرستاده می شود تا از آنجا بر اساس یکی از استراتژی های زیر مورد استفاده شود.

- ۱- انتقال به واحد دانه بندی جهت تولید محصول قابل عرضه به بازار
- ۲- انتقال مستقیم گوگرد مذاب به کشتی های باربری با استفاده از خطوط لوله مخصوص
- ۳- انتقال مستقیم گوگرد مذاب به کشتی های باربری با استفاده از تانکرهای مخصوص حمل گوگرد مذاب
- ۴- انتقال گوگرد مذاب با استفاده از تانکرهای مخصوص حمل گوگرد مذاب جهت مصارف بومی
- ۵- انتقال گوگرد مذاب با استفاده از تانکرهای مخصوص به مخازن ذخیره ۱۵۰۰۰ تنی نزدیک اسکله
- ۶- انتقال گوگرد مذاب به محوطه های انباشت دراز مدت گوگرد (در زمان های اضطراری)

همانطور که گفته شد گوگرد مایع تولید شده در واحد بازیابی کلاوس محتوی میانگین ppmw ۲۰۰-۳۰۰ هیدروژن سولفید است. بهنگام حمل و نقل و نگهداری در اثر تلاطم و کاهش دما، هیدروژن سولفید آن می تواند آزاد شود به نحوی که اگر در محیط های بسته تهویه انجام نشود خطر انفجار وجود خواهد داشت. از سوی دیگر وجود سولفید آهن که از واکنش H_2S با کربن استیل حاصل می شود می تواند ریسک آتش سوزی را بالا ببرد.

تجمع گاز سولفید هیدروژن در بالای سطح مذاب در مواقع حمل و نقل گوگرد مایع می تواند باعث بروز انفجار و آتش سوزی گردد.. یکی از این اتفاق ها، در سال ۱۹۶۳ افتاد که به نام بلای sulphur Queen معروف است. به همین منظور شرکتهای تولید کننده گوگرد تصمیم گرفتند تا به این موضوع رسیدگی کنند. در همین رابطه چندین سری تست انتقال گوگرد با کامیون و تانکرهای

	عنوان سند					
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIPi-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

ریلی انجام شد تا میزان غلظت H_2S در فاز گازی بالای سطح گوگرد مایع ارزیابی شود. نتایج تستها نشان می دهد که خروج H_2S از گوگرد مایع به دو طریق انجام میشود :

۱- کاهش دما



۲- تحریک یا به هم خوردن فیزیکی گوگرد مایع

آزمایش های انجام شده نشان می دهد که کاهش دما می تواند بطور قابل ملاحظه ای در خارج شدن H_2S از مذاب موثر باشد. بعنوان مثال چنانچه یک ماشین ریلی با گوگرد مایعی که فقط ppm $10-5$ H_2S دارد بارگیری شود غلظت H_2S موجود در فضای بخار بالای آن حدود $172 ppm$ خواهد بود که اگر تا دمای 29 درجه سانتی گراد سرد گردد، به $799 ppm$ افزایش می یابد. در آزمایش دیگری نشان داده شده است که یک ماشین ریلی با سرعت پایین و دمای ثابت حاوی گوگرد مذاب شروع به حرکت کند به سبب تلاطم ایجاد شده محتوای H_2S آن در فضای بالای مایع از $799 ppm$ به $2800 ppm$ می رسد در صورتیکه H_2S گوگرد مایع، از $8 ppm$ به $4 ppm$ کاهش می یابد .

یکی از نتایج بدست آمده از این تستها این بود که به هم خوردن گوگرد مایع در طی حمل و نقل نسبت به کاهش دمای آن اثر زیادی روی آزاد شدن H_2S از گوگرد مایع دارد .

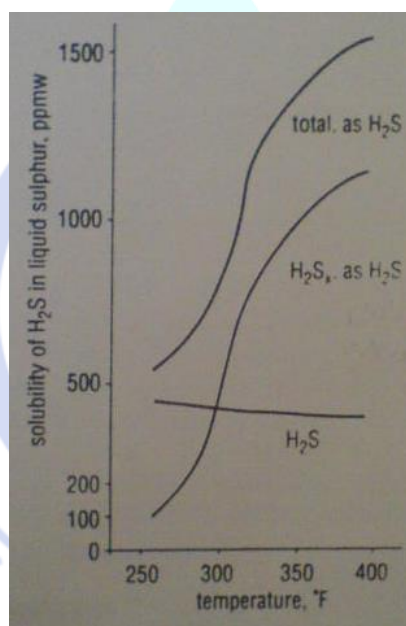
تستهای مکمل دیگر نشان می دهند که بهنگام جابجایی گوگرد مایع حاوی $1000 ppm$ H_2S ، فوراً غلظت H_2S در فضای بالای مایع به بالاتر از حد انفجار می رسد. به این ترتیب جابجایی چنین گوگرد مذابی از ریسک بالایی برخوردار است. همچنین مشخص شده است که تنها پس از گذشت 2 ساعت غلظت H_2S در فضای بالای محموله گوگرد مایع محتوی $15 ppm$ H_2S به 3 درصد می رسد. قابل توجه اینکه در دمای 150 درجه سانتیگراد، حد انفجار H_2S در هوا $3/5$ درصد حجمی است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که $15 ppmw$ H_2S محدوده بالایی برای حمل و نقل گوگرد مایع است و غلظت $10 ppmw$ H_2S ماکسیمم مقدار قابل قبول به این منظور است.

از سوی دیگر معلوم شده است که حضور H_2S در گوگرد مایع اثر نامطلوبی روی استحکام گوگرد جامد دارد. بعبارت دیگر اگر گوگرد مایع قبل از جامد شدن گاززدایی نشده باشد، قابلیت ترک خوردن گوگرد جامد افزایش می یابد.

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP1-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

۳-۴- میزان سولفید هیدروژن قابل حل در گوگرد

همانطور که قبلا یادوری شد محتوای H_2S در گوگرد مایع با افزایش دما کاهش می یابد. این پدیده به عنوان یک موضوع غیر عادی عنوان شده است. زیرا H_2S قابل حل در گوگرد با قانون طبیعی جذب فیزیکی مطابقت ندارد. تحقیقات و مطالعات زیادی نشان داده اند که حالت غیر طبیعی میزان انحلال H_2S در گوگرد مایع می تواند به علت تشکیل پلی سولفیدهای هیدروژن (H_2S_x) باشد. واکنش تشکیل این پلی سولفیدها یک واکنش تعادلی است که افزایش دما آن را به سمت تولید بیشتر H_2S_x هدایت می کند و متعاقب آن قابلیت انحلال H_2S در گوگرد مایع افزایش می یابد (شکل ۳-۲).





شکل (۳-۲) قابلیت انحلال H_2S در گوگرد مایع

هیدروژن پلی سولفیدها ترکیباتی با پیوند ضعیف H_2S و گوگرد عنصری هستند. آنها معمولاً بهنگام حمل و نقل و نگهداری، به سبب کاهش دما و تالطم کم تفکیک می شوند و گاز H_2S آزاد می کنند. H_2S آزاد شده می تواند مشکلاتی به شرح زیر بوجود آورد:

۱- غلظت H_2S در محل عملیاتی می تواند به حد سمی برسد. حتی در غلظت های پایین منجر به مرگ می شود.

۲- H_2S ممکن است در فضای بالای وسایل نگهداری جمع و به حد انفجار برسد.

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP1-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

۳- اگر گوگرد به طور مناسب قبل از بارگیری به کشتی، گاززدایی نشده باشد مقدار H_2S در هوا به حد انفجار می رسد.

بنابراین حضور بیشتر از $15ppm H_2S$ در گوگرد مایع خطرناک است. البته غلظت حدود $10ppm$ سولفید هیدروژن به عنوان قرار داد برای فروش گوگرد پذیرفته شده است.

در قالب یک قرارداد جهانی، H_2S موجود در گوگرد مایع تولید شده باید کمتر از $10ppmw$ باشد. حتی در این غلظتهای پایین نیز باید نکات ایمنی لحاظ گردد تا تجمع غلظت در بالای مذاب بوجود نیاید. فرض کنید گوگرد مذابی با مقادیر معلومی H_2S به مخزن نگهداری با مقدار کمی فضای بخار بارگیری شود. حجم فضای بخار آنقدر کوچک است که H_2S آزاد شده از گوگرد مذاب قابل مقایسه با مقدار H_2S باقی مانده در گوگرد مذاب نیست. لذا گوگرد و هوا اجازه پیدا می کنند تا در دمای معین و فشار اتمسفر به حال تعادل برسند (جدول ۱-۳).

جدول (۱-۳) غلظت تعادلی سولفید هیدروژن در فضای بخار

غلظت H_2S در گوگرد مذاب ($ppmw$)	درجه حرارت تعادل °F / °C	درصد حجمی H_2S در فضای بخار
300	300/149	29.7
300	280/138	40.5
150	300/149	14.0
150	280/138	20.4
50	300/149	4.3
50	280/138	6.9
10	300/149	0.7
10	280/138	1.4

برای مثال نمونه ای گوگرد مذاب محتوی $300ppmw H_2S$ بارگیری شده به تانک کامیون، بعد از مدتی که تا دمای 138 درجه سانتی گراد سرد می شود و به تعادل می رسد فضای بخار آن $40/5$ درصد حجمی H_2S خواهد داشت. لذا چنانچه 30 تن گوگرد مذاب با 5 درصد فضای بخار استفاده می شود، مقدار H_2S در فضای بخار تانک کامیون در پایان مدت زمان، $40/5$ درصد حجمی است که در گستره قابل اشتعال قرار دارد. محتوای H_2S در گوگرد بعد از مدت زمان گفته شده از $20ppmw$ به $280ppmw$ می رسد. بنابراین از جدول بالا می توان نتیجه گرفت که برای

	عنوان سند					
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP1-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

حمل ایمن گوگرد مذاب لازم است آنقدر گاززدایی شود تا غلظت H_2S در مذاب بین 50 ppmw و 10 ppmw کاهش یابد. در این حالت فضای بخار بالای مذاب غیر قابل اشتعال است.

۳-۵- خطرات آتش سوزی گوگرد



آتش های گوگرد در عملیاتهای صنعتی یک پدیده معمولی نیستند. آنها بیشتر در طی شروع، پایان یا در زمان نگهداری رخ می دهند. گوگرد در دماهای بالا حدود (168 درجه سانتی گراد) و در شرایط مساعد جرقه می زند و آتش های گوگرد ایجاد می شوند. در بعضی دستگاه ها دیده شده است که قطره های گوگردی که در معرض این گونه عناصر (آهن و...) قرار می گیرند موجب آتش سوزی و آسیب به تجهیزات مکانیکی می شوند. یک نکته مهم که در آتش های گوگرد مورد توجه قرار می گیرد این است که مقادیر زیادی گاز SO_2 تولید می شود. دی اکسید گوگرد باعث سوزش تنفس می شود و در غلظتهای بالا می تواند مرگ آور باشد. آتش های گوگرد عموماً به شدت آتش هیدروکربنها نیستند، اما با گرمای زیادی که ایجاد می کنند می توانند به وسایل مکانیکی و تجهیزات صنعتی آسیب برسانند.

علت اینکه بعضی مواقع آلومینیوم برای وسایل انتقال ترکیبات گوگرد استفاده می شود این است که آن می تواند از خوردگی و تشکیل سولفید آهن آتش زا که باعث ایجاد آتش ها و انفجارها می شود، جلوگیری کند. اگرچه آلومینیوم در دمای شعله سوختن گوگرد ذوب می شود و در شرایطی با گوگرد و اکسیژن به طور قابل احتراق واکنش می دهد. ولی آلومینیوم به شکل محدود شده استفاده می شود تا امنیت بیشتری را ایجاد کند.

۳-۵-۱- انفجارات اولیه و ثانویه ناشی از بخارهای گوگردی

معمولاً آتش سوزی و انفجارهای اولیه در بخشهایی از سیستم مانند ماشین آلات کار با گوگرد رخ می دهد و می تواند نیروی موثر و بالقوه ای جهت تخریب کل پلنت ایجاد نماید. در صورتی که موج ایجاد شده در اثر انفجار اولیه به محیط اطراف منتشر شود می تواند تمامی لایه های غبار گوگردی را مشتعل نموده و غبار گوگردی ثانویه ای ایجاد می نماید که می تواند انفجارهای ثانویه عظیمی را ایجاد نماید.

جهت ایجاد انفجارهای ناشی از غبارهای گوگردی یکسری شرایط اولیه ای لازم است که به منظور آشنایی و اقدامات لازم جهت پیشگیری از ایجاد چنین شرایطی به برخی از آنها اشاره می کنیم:

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP1-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

- (الف) غبارها باید قابلیت اشتعال را دارا باشند.
- (ب) غبارهای گوگردی باید غلظت لازم در جهت ایجاد انفجار را دارا باشند.
- (ج) بایستی اکسیژن لازم جهت اشتعال گوگرد در محیط موجود باشد.
- (د) منبع شروع اشتعال بایستی در محیط موجود باشد.
- (ه) غبارهای گوگردی باید به اندازه کافی کوچک باشند تا بتوانند مشتعل شوند.

از سوی دیگر فاکتورهایی متعددی در انفجارات گوگردی نقش عمده ای ایفا می کنند که مهمترین آنه به شرح ذیل می باشند:

(۱) اندازه ذرات: توضیحات مربوط به اندازه ذرات و نقش آن در ایجاد آتشسوزی در بخشهای قبل ارایه شد.



(۲) میزان رطوبت: یکی از عواملی که می تواند از وقوع انفجارات گوگردی جلوگیری نماید میزان رطوبت موجود در آن می باشد. به نحوی که افزایش رطوبت باعث افزایش به هم چسبیدن ذرات و کاهش احتمال آتش سوزی می شود. با این حال مطالعات نشان داده که برای بسیاری از انواع غبارهای گوگردی میزان حداقل درصد رطوبت لازم در جهت جلوگیری از آتش سوزی ۳۰ درصد می باشد.

(۳) رقیق نمودن هوای محیط: یکی از عواملی که می تواند به نحو موثری باعث کاهش احتمال آتش سوزی شود رقیق نمودن هوای محل ذخیره سازی گوگرد جهت کاهش میزان اکسیژن موجود در محیط می باشد. تحقیقات نشان داده است که در صورتی که از گازهایی مانند نیتروژن، کربن دی اکسید و یا بخار آب جهت رقیق نمودن هوای محیط به نحوی که در نهایت شامل حداکثر ۸ درصد اکسیژن باشد استفاده شود احتمال آتش سوزی به میزان خیلی زیادی کاهش می یابد.

۲-۵-۳- شرایط محل انبارداری

بطور کلی برای جلوگیری از حوادث ناشی از آتش سوزی غبارهای گوگردی، استفاده از محیط های ایمن برای انبارداری گوگرد است. برخی از خصوصیات که محل های ذخیره سازی و نگهداری گوگرد بایستی دارا باشند عبارتند از:

- محل های نگهداری گوگرد باید از مواد ساختمانی ضد آتش ساخته شده باشند.

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP1-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

- آلومینیم یکی از بهترین موادی است که می تواند در ساخت ظروف نگهداری گوگرد به کار رود علت آن این است که این ترکیب دارای خواص ضد جرقه و ضد خوردگی می باشد.
- در مورد ساختمانهای ذخیره سازی گوگرد به کارگیری چارچوبهای از جنس استیل و ساخت پشت بامهای سبک با زاویه 60° می تواند مناسب باشد (جهت جلوگیری از انباشت گوگرد بر روی بام)
- محل های ذخیره سازی گوگرد باید خنک بوده و دارای سیستم تهویه طبیعی و مکانیکی مناسبی باشد.

۳-۵-۳- منابع احتراق

استفاده و به کارگیری عوامل و یا اعمال زیر در محل های ذخیره سازی و نگهداری گوگرد ممنوع می باشد:

- ۱) سیگار کشیدن
- ۲) استفاده از شعله و یا آتش مستقیم
- ۳) به کارگیری و یا در معرض گذاشتن سطوح داغ
- ۴) الکتریسیته ساکن
- ۵) اتصالات و یا جرقه های ناشی از سیستم الکتریکی موجود
- ۶) اصطلاک و یا جرقه ناشی از مالش سطوح به همدیگر
- ۷) در معرض قرار گرفتن گوگرد با ترکیبات ناسازگار مانند کلراتها، نیتراتها و یا سایر معرفهای اکسنده

۳-۵-۴- وسعت انفجار

اندازه انفجار ناشی از احتراق گوگرد به عوامل زیر بستگی دارد:

- میزان فشار آزاد شده ناشی از ترکیبات آتش گیر
- مقاومت محفظه نگهداری گوگرد
- حجم محفظه نگهداری
- فشار خروج بخارات

	عنوان سند					
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIPi-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

۵-۳-۳- شرایط تهویه ایمن

یکی از عوامل مهم در جلوگیری از انفجارات گوگردی فراهم نمودن محیط ایمن جهت تهویه بخارات در محیط می باشد بر این اساس محیط ایمن جهت نگهداری گوگرد دارای شرایط زیر می باشد:

(۱) ایده آل ترین شرایط برای نگهداری گوگرد نگهداری آن در یک محیط باز و یا تحت یک پوشش سبک ضد آب به نحوی که شعله ها، گازهای داغ و یا بخارات مشتعل بتوانند به راحتی خارج شوند.
(۲) جهت هدایت بخارها و یا احیانا احتراق ناشی از غبارهای گوگردی می توان از کانالهای کوتاه و مقاوم استفاده نمود.

(۳) جهت هدایت سریع غبارهای گوگردی مشتعل شده طول کانالهای هادی نباید بیش از ۶ متر باشد در این شرایط بخش کانالها باید به گونه ای باشد که تحمل فشارهای آزاد شده را داشته باشد.

۶-۵-۲- ردیابی انفجار و فرونشانی آن

در مواردی که احتمال هدایت احتراق به محیط ایمن وجود نداشته باشد باید موارد و نکات ایمنی در جهت ردیابی و فرونشانی آن به کار گرفته شود.

اصولا شروع احتراق توسط ردیابهای آتش و از طریق دریافت اطلاعات مربوط به افزایش یا فشار محیط گزارش می شود این اطلاعات در مرحله بعد به سیستم کنترل و ایمنی ارسال و اقدامات ایمنی در جهت فرونشانی احتراق انجام می شود. اصولا برای اطفاء حریق می توان از حلالهای فراری مانند هیدروکربنهای هالوژنه استفاده نمود. در این شرایط به دلیل افزایش فشار موجود در پلنت، محفظه نگهداری و ذخیره گوگرد باید توانایی تحمل فشارهای تا حد 20 Kpa را داشته باشد.

۶-۳- خطرات SO_2 و H_2S

سولفید هیدروژن خیلی سمی است و حتی در غلظتهای پایین می تواند کشنده باشد. پراکندگی یا تراوش مقادیر خیلی کم آن بوی آزار دهنده ای ایجاد می کند که به همین دلیل از آزاد شدن آن باید جلوگیری کرد. سولفید هیدروژن بسیار اشتعال پذیر است و می تواند مخلوط های انفجاری در هوا ایجاد کند. با افزایش درجه حرارت، اشتعال پذیری بالا می رود به نحوی که می توان گستره قابل اشتعال را با استفاده از روابط زیر به دست آورد.

	عنوان سند					
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP1-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

$$LFL(T) = LFL(25^{\circ}C) \times \{1 - [0.75 \times (T - 25)] / DHc\}$$

$$UFL(T) = UFL(25^{\circ}C) \times \{1 + [0.75 \times (T - 25)] / DHc\}$$

بطور کلی برای بهبود ایمنی در صنعت گوگرد مذاب، نیتروژن یا هوا در فضای مملو از بخار سولفید هیدروژن دمیده می شود تا مقدار H_2S آن به کمتر از مینیمم سطح قابل اشتعال (LFL) برسد. (در دمای ۱۶۶ درجه سانتی گراد این سطح ۳/۴ درصد حجمی می باشد).

حال سؤال این است که چرا در صنعت گوگرد مذاب از هوای خالص استفاده می کند در صورتیکه گوگرد و H_2S هر دو قابل اشتعالند؟

حضور اکسیژن یا یک اتمسفر اکسیدکننده بالای گوگرد مذاب از تشکیل سولفید آهن قابل اشتعال روی سطح کربن استیل که ممکن است تحت شرایطی مشتعل شود، جلوگیری می کند. مشخص شده است که خلاء ناچیز ایجاد شده بالای گوگرد مذاب اجازه نمی دهد که بخار سولفید هیدروژن سمی از سوراخ های احتمالی ایجاد شده در پوشش (سقف) خارج شود.

از سوی دیگر هوا به خاطر ارزانی و اینکه به آسانی در دسترس است برای گاززدایی از گوگرد مذاب در طی نگهداری، انتقال، شکل دهی و عملیات بارگیری مورد استفاده قرار می گیرد.

برای واحد هایی که از هوا به عنوان گاز خالص کننده استفاده می کنند، فضای بخار بالای گوگرد مایع باید بازنگری شود تا از انفجار و آتش سوزی جلوگیری شود. برای این منظور معمولاً دستگاه آنالیزگر H_2S نصب می شود تا غلظت سولفید هیدروژن در فضای بخار بالای مذاب اندازه گیری شود. بنابراین چنانچه میزان این گاز بیشتر از ۲- ۱/۵ درصد مولی برسد پمپ های گردشی روشن شده و جریان هوا باعث رقیق شدن می گردد.

اگرچه SO_2 قابل اشتعال نیست ولی خیلی سمی است و در مخازن گرم نگهداری گوگرد مذاب تشکیل می شود. این گاز در حضور آب به اسید سولفوریک خورنده تبدیل می شود که در بالاتر از نقطه شبنم آب، تغلیظ و باعث خوردگی های جدی تری خواهد شد.

دی اکسید گوگرد به طور فیزیکی در گوگرد مایع حل می شود. شواهد موجود نشان می دهد که علاوه بر SO_2 اولیه موجود در گوگرد مذاب گاززدایی شده این گاز می تواند از واکنش اکسیژن با گوگرد مذاب نیز تشکیل شود. به همین خاطر غلظت SO_2 می تواند برابر یا حتی بیشتر از H_2S موجود باشد. بنابراین برای کاهش تشکیل SO_2 لازم است جریان گردابی در مخازن نگهداری و

	عنوان سند					
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP1-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

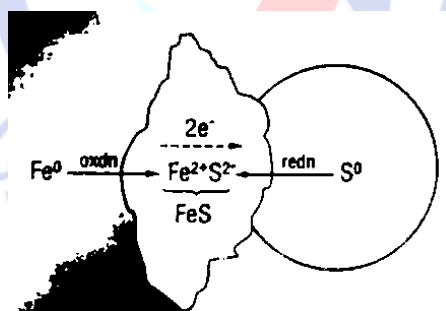
مخزن کشتی وجود داشته باشد. بعبارت دیگر در غیاب چنین جریان گردابی، بیشتر SO_2 فقط در سطح لایه مایع جمع می شود.

۳-۷- تخلیه استاتیکی

گوگرد مذاب عایق بسیار خوبی است. به همین دلیل در مکانهایی که گوگرد مذاب سقوط آزاد می کند، تخلیه استاتیکی اتفاق می افتد. در این رابطه چندین حادثه گزارش شده است که منشاء آتش سوزی و انفجار گوگرد بوده است. به این منظور پیشگیری از این مشکل با بکار بردن لوله های مناسب جریان های گوگرد مذاب را به زیر سطح مذاب در پیت ها و تانکهای نگهداری هدایت می کنند.



۳-۸- گوگرد مرطوب و اثرات خوردگی آن

شرط لازم برای ایجاد خوردگی توسط گوگرد مرطوب، تماس مستقیم سطح استیل و گوگرد در حضور یک فیلم نازک آب میان آنها است که به وسیله انتقال الکترون از آهن به گوگرد رخ می دهد (شکل ۲-۳).



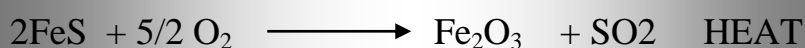
شکل (۲-۳) مکانیسم خوردگی با گوگرد

نکته جالب در این نوع خوردگی آن است که محصول خوردگی، FeS ، با عمل کردن به عنوان یک واسطه انتقال الکترون سرعت خوردگی را افزایش می دهد. فرآیند خوردگی آهن-گوگرد تا وقتی که آهن یا گوگرد تمام نشده اند ادامه می یابد. بعنوان مثالی از این نوع خوردگی می توان به اتفاقی اشاره کرد که به طور معمول در اثر کاهش حلالیت گوگرد در گاز طبیعی بوجود می آید. بعبارت دیگر گوگرد عنصری بر دیواره لوله ها یا خط های انتقال (سطح خطوط) به میزانی که گاز از مخزن خارج

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP1-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

می شود رسوب می کند. اگر گوگرد جامد در محل باقی بماند طی فرآیند خوردگی باعث از بین رفتن ضخامت دیواره ها شده و باعث کاهش بهره برداری از منابع گازی می شود. شایان ذکر است که حضور آب محتوی نمک های محلول، خوردگی را افزایش می دهد.

محصولات اکسایشی گوگرد و آهن، سولفیدهای آهن، مواد ژلاتینی سیاه رنگی هستند که در معرض هوا به سرعت اکسید می شوند و با آزاد کردن گرما می توانند منبع احتراقی برای هر ماده قابل اشتعال چون گوگرد عمل نمایند. در این فرآیند سولفید آهن سیاه به اکسید آهن قرمز رنگ تبدیل می شود. به همین منظور احتمال آتش گیری و انفجار محوله های گوگرد حاوی این ناخالصی ها بسیار بالا می رود.





اندازه ذرات گوگرد عامل موثری در سرعت فرآیند خوردگی است، چرا که سرعت تبدیل آن به اسید سولفوریک بیشتر می شود. بعنوان مثال مشاهده شده است که همراه کردن ۵۰ درصد وزنی گوگرد پودری همراه با گوگرد دانه بندی شده نسبت به نمونه ای که فقط گوگرد دانه بندی است میزان خوردگی بیشتر می شود.

محققان به این نتیجه رسیده اند که دانه بندی گوگرد باید از نظر اندازه دارای مشخصات ویژه ای باشد چرا که دانه ها باید از یک حد مینیمم بزرگتر باشند و آنقدر هم بزرگ نباشند که به هنگام حمل و نقل خرد شوند و تشکیل اسید تشدید گردد.



۳-۹- اسیدی شدن باکتریایی محموله های گوگردی

معلوم شده است که باکتری های موجود در طبیعت، اکسیدانهای تیو باسیلوس، که بخشی از چرخه گوگرد در طبیعت را تشکیل می دهند با حمله به گوگرد انبار شده و با ایجاد اسید سولفوریک باعث اسیدی شدن محیط می شوند. این باکتریها در سراسر دنیا پراکنده اند. (بخصوص در مناطق انبار داری و حمل آن) همواره باید شاهد تبدیل گوگرد به اسید باشیم. در صورت مساعد بودن شرایط، هر جا که گوگرد عنصری وجود داشته باشد تکثیر و تجمع پیدا می کنند. این باکتریهای هوازی در ۲۰ تا ۳۵

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIPI-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

درجه سلسیوس رشد می کنند و اگر جلوی رشد آنها گرفته نشود گوگرد را بحدی اسیدی می کنند که ذوب مجدد و استفاده از آن دچار مشکلاتی می شود.

بهره گیری از یک بیوساید هم در یک انبار و هم در طی حمل و نقل با حذف باکتریها می تواند از گسترش اسیدیته در توده گوگرد جلوگیری کند. بیوسایدی که کارایی و اثرش در کاربرد های تجارتي به اثبات رسیده است سدیم لوریل سولفات (SLS) است. این ترکیب با حمله به غشای سلولی، ارگانیزم تیوباسیلوس را می کشد. از سال ۱۹۹۷ میلادی با اسپری کردن SLS روی محموله گوگردی در حال انتقال به کشتی در تاسیسات بارگیری ونکور کانادا معضل اسیدی شدن در محموله های گوگرد حذف شده است. البته با وجود به کار گیری موفق سدیم لوریل سولفات، رعایت برخی احتیاط ها لازم ضروری است. هنگامیکه محموله گوگردی اصلاح شده با SLS بصورت فله در فضای باز انبار می شود، تحت تاثیر بارندگی سدیم لوریل سولفات آن به سادگی از روی سطح گوگرد شسته شده و محموله مستعد حمله باکتریها می شود. از طرف دیگر در زمان بارگیری محموله، بعضی از دانه ها گوگردی شکسته شده و سطوح گوگردی خالص جهت افزایش جمعیت باکتریها بوجود می آید. لذا گاهی اوقات نیاز است که از SLS مجدد استفاده شود. در واقع بهنگام بارگیری گوگرد به کشتی یا هنگام تخلیه گوگرد در بندر مقصد، خرد شدن مقادیر کمی از گرانول های گوگرد اجتناب نا پذیر است که این امر موجب افزایش سطح و آنگاه گسترش حملات باکتریها می گردد. افزودن مجدد SLS به گوگردی که تا اندازه ای دچار خراش شده باشد مفید است. در صورتیکه تجهیزات بندر هدف از هجوم باکتری های تیوباسیلوس در امان نباشد (سناریوی بسیار نا مطلوبی که سالهاست چنین مناطقی با آن دست به گریبان هستند) ازدحام باکتریها روی سطوح تازه دوباره اتفاق خواهد افتاد و در نتیجه اسیدی شدن گوگرد رخ می دهد. در صورتی که مشتری مراقب این امر نباشد که احتمال حمله مجدد باکتریها روی سطوح بی حفاظ ذرات گوگردی که حالا خیلی ریز هستند وجود دارد، تمام احتیاط های اعمال شده در محل تولید گوگرد و بندر مقصد جایی که محموله تخلیه می شود از آنجایی که میزان کربن موجود در محموله های صادراتی نباید از حد ۲۵۰ ppmw بیشتر باشد، افزودن پی در پی SLS در مراحل مختلف (که حاوی تقریبا ۸۰ درصد کربن است) باعث افزایش محتوای کربن خواهد شد. خوشبختانه SLS موجب تشکیل ترکیبات نامحلول گوگرد-کربن (کارسول) در طی ذوب مجدد نمیشود (حداقل تا سطح ۲۵۰ ppmw) بنابراین کاربرد بیشتر SLS در بندر مقصد محدود نیست.

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIPI-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

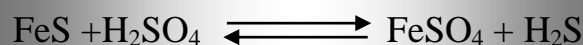
۱۰-۳- مقابله با اسیدی شدن خاک در محیط انبارداری گوگرد

باکتری تیو باسیلوس می تواند در بسیاری از شرایط متنوع طبیعی مانند خاک پیرامون آبها، حوضچه های اسیدی و حوزه های آتشفشانی گوگرد را اکسید کند. اما باید توجه داشت که این باکتری نسبت به محیط هایی که علاوه بر اسیدی بودن قدرت یونی بالایی نیز دارند حساس است و چون این شرایط در طبیعت مهیا نیست همواره شاهد فعالیت بلا مانع باکتری تیوباسیلوس در طبیعت هستیم. اثرات ممانعت کننده محیط های شور بر فعالیت باکتری های مورد نظر مورد آزمایش قرار گرفته اند. بر اساس این روش نمکهای معدنی روی سطح گوگرد انباری قرار می گیرند تا قدرت یونی بالا رود. این عمل به توقف رشد متمرکز باکتری منجر می شود. شبیه سازی- های آزمایشگاهی نشان داده اند که در محیط های با قدرت یونی بالا اجتماع تیو- باسیلها، محلولهای حاوی گوگرد و گوگرد جامد ذخیره شده زیر آب را نیز اسیدی نمی کنند.

حفاظت گوگرد در مقابل اسیدی شدن بیولوژیکی از طریق پوشاندن آن در زیر زمین نیز انجام می شود. به نظر می رسد که این روش ذخیره سازی در نواحی سرد از جذابیت خاصی برخوردار باشد ، چرا که رشد تیو باسیلی در دماهای نزدیک به انجماد متوقف می شود. آزمایشها نشان میدهد که در مناطق منجمد چنانچه گوگرد تاجای ممکن در زیر زمین دفن شود از اسیدی شدن آن جدا پیشگیری خواهد شد .

بطور کلی چنانچه میزان اسیدیته گوگرد جامد بیشتر از حد معمول ۰/۰۱ درصد باشد لازم است به هنگام ذوب گوگرد مقداری $(Ca(OH)_2)$ جامد به آن اضافه شود تا اسید ایجاد شده خنثی گردد. در واقع این عمل باعث بوجود آمدن ناخالصی جامد $Ca SO_4$ می گردد که حتما باید از گوگرد مذاب خارج شود. برای این منظور گوگرد مذاب فیلتر می شود. از آنجا که خنثی سازی و فیلتراسیون علاوه بر افزایش هزینه زمان بر نیز است لذا حتی الامکان از تشکیل اسید در محموله های اسیدی باید جلوگیری شود.

از سوی دیگر بهنگام حمل و نقل، اسید ایجاد شده می تواند با ناخالصی های FeS واکنش داده و تولید H_2S نماید.



	عنوان سند					
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIPI-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

این واکنش می تواند منجر به ایجاد مقادیر بسیار زیادی H_2S در ته کشتی های حمل گوگرد گردد. چرا که این گاز سنگین تر از هوا است و در پایین می ماند. در ته کشتی ها مقادیر نسبتا زیادی FeS می تواند وجود داشته باشد، بطوریکه در بعضی اوقات این لایه ناخالصی می تواند به ضخامت ۰/۵ متر هم برسد. خطرات این سناریو تا زمانیکه بار کشتی تخلیه نشود مشخص نخواهد بود. هنگامیکه گوگرد کشتی تخلیه می شود به یکباره می توان شاهد آزاد شدن مقادیر زیادی گاز کشنده H_2S بود.

۱۱-۳- نحوه مقابله با خطرات ناشی از گوگرد مذاب

همانگونه که قبلا نیز بیان شد گوگرد مذاب کاربرد گسترده ای در ساخت کودهای شیمیایی و اسید سولفوریک دارد. در مکان هایی که گوگرد مذاب بعنوان ماده اولیه مورد نیاز است، به طور متعارف آن را از طریق حرارت دادن گوگرد کلوخه ای و یا جامد در راکتورهای خاصی تولید و پس تصفیه، در تانکهای مناسبی که معمولا از جنس آلومینیوم یا آهن پوشش دار هستند نگهداری می شود. نظر به کاربرد گسترده آن و لزوم آشنایی با نحوه مقابله با خطرات آن دانستن مطالب زیر ضروری می باشد:

(۱) جهت جلوگیری از خطرات ناشی از تجمع بخارات گوگردی از افزایش دمای گوگرد مذاب به بیش از $154^{\circ}C$ جلوگیری شود. در این راستا از کاهش دمای گوگرد مذاب به زیر $114^{\circ}C$ جلوگیری شود چرا که این کار می تواند باعث تبدیل آن به فرم جامد و ته نشینی آن در ته تانک می شود که در این شرایط حضور رطوبت می تواند باعث خوردگی تانکر شود.

(۲) گوگرد جامد همانگونه که قبلا نیز بیان شد عموما به همراه ناخالصی هایی همچون H_2S مقادیر کم از حلالهای آبی می باشد که در هنگام تبدیل آن به فرم مذاب می تواند باعث رها شدن بخارات قابل انفجار در محیط گردد.

(۳) تانکرهای حمل و ذخیره گوگرد مذاب بایستی دارای سیستم تهویه جهت جلوگیری از افزایش فشار ناشی از تجمع H_2S در محیط باشند.

(۴) غلظت گازهای قابل اشتعال که در بالای سطح گوگرد مذاب و در داخل محفظه تجمع پیدا می کند در هیچ شرایطی از ۰/۳۵ میزان حد پایین لازم برای انفجار تجاوز نکند.

	عنوان سند					
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP1-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

۵) از آنجا که گوگرد مذاب قادر به تولید بارهای الکتریکی در داخل خود می باشد سیستمهای انتقال گوگرد مذاب ملزم به نصب سیستمهای تخلیه بار الکتریکی می باشند این مهم در مواردی که این ترکیب با سرعت زیاد در حال پمپ شدن است از اهمیت به سزایی برخوردار است.

(در مواردی که سرعت انتقال آن تا 2m/s کاهش می یابد این کار اهمیت زیادی ندارد)

۶) تمامی بخشهای مربوط به لوله آلات، بخشهای فلزی تانکرها و قسمت‌های ساختمانی حمل و ذخیره گوگرد مذاب می بایستی طبق مقررات AS 1020 به یکدیگر متصل و یا دارای بخش انتقال به زمین باشند.

کنترل آتش سوزی ناشی از گوگرد مذاب: گوگرد مذاب ترکیبی است که قابلیت مشتعل شدن در شرایط خاص را دارد ولی این ترکیب منفجر نمی شود. گاز دی اکسید گوگرد ناشی از اشتعال آن ترکیبی خطرناک است که حتی مقادیر کم آن نیز قادر به مسموم کردن اشخاص می باشد.

در شرایطی که آتش سوزی در تانک‌های سربسته صورت می گیرد می توان آتش سوزی را از طریق بستن کلیه مسیرهای تهویه کنترل و خاموش نموده توجه داشته باشید که تمامی جریان آب با گوگردی که دارای دمای بالا بوده و در یک محیط سربسته (تانکر) نگهداری می شود می تواند انفجارزا باشد. در چنین محیط هایی وجود حداقل ۲ مجموعه کامل از ماسکهای تنفسی با متعلقات همراه جهت مواقع اضطراری ضروری می باشد این تجهیزات باید طبق استاندارد و مقررات AS1715 نگهداری و به کار گرفته شوند.

سوختگی ها و کمکهای اولیه: در اثر ریزش یا تمامی گوگرد مذاب با بدن سوختگی نوع اول ایجاد می شود. گوگرد مذاب به راحتی تبدیل به فرم جامدی شود و در این شرایط تلاش در جهت دفع کردن آن صورت ندهید بلکه محل مورد اصابت را در آب سرد قرار داده او را برای مراقبتهای بعدی آماده سازید. در مواردی که شخص در معرض مقادیر خیلی بیشتری از گوگرد مذاب قرار می گیرد مانند مواقعی که چکمه وی مملو از گوگرد شده باشد سوختگی های عمیق نوع سوم ایجاد می شود در این شرایط بخش سوخته را برای مدت حداقل ۲۰ دقیقه در آب سرد قرار داده و تلاشی در جهت خارج کردن لباسهای آلوده صورت ندهید. در این شرایط حتما بیمار را به بیمارستان منتقل نمایید.

۱۲-۳- خطرات ناشی از پراکنده شدن غبار گوگردی

همانگونه که پیش از این نیز بیان شد یکی از عوامل آتش سوزی در حمل و نقل گوگرد جامد بی توجهی به گرد و غبار ناشی از گوگرد و گاها ایجاد جرقه های ناخواسته می باشد.

	عنوان سند					
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIP-63530201-89	گزارش پروژه	سوم



عموماً آتش سوزی ناشی از غبار گوگردی مواقعی پیش می آید که غبار گوگردی در هوا پراکنده شده و بر اثر شرایط ناخواسته مشتعل می شود در این موارد مقادیر زیادی از گازهای گوگردی در محیط منتشر می شود که در اثر آن فشار هوای محیط افزایش یافته و متعاقب آن امکان آتش سوزی کل مجموعه انبار یا پلنت افزایش یافته و می تواند فجایع غیر قابل جبرانی را به بار آورد. به طور معمول بیان شده که آتش سوزی ناشی از غبار گوگردی می تواند بر اثر ذرات کوچکتر از ۵۰۰ میکرون ایجاد شود ولی وقتی آتش سوزی شروع شد حتی ذات در حد ۱۴۰۰ میکرون نیز می توانند در آتش سوزی شرکت کرده و انفجارهای مهیبی را ایجاد نمایند. جدول (۲-۳) استاندارد لازم برای اندازه ذرات محموله های گوگردی بیان شده است.

جدول (۲-۳) اندازه ذرات استاندارد گوگرد		
شماره الک	ماکزیمم اندازه ذرات (میکرون)	درصد
۱۰	۱۶۷۴	۹۱/۹
۱۸	۸۲۲	۶۴/۴
۳۰	۵۰۰	۴۲/۰
۶۰	۲۵۱	۲۰/۰
۱۰۰	۱۵۳	۸/۳

لازم به ذکر است که در مجموع نباید بیش از ۲۵ درصد تولید هر سری، ذرات زیر ۲۵۱ میکرون داشته موجود باشد.

۱۳-۳- خطرات بارگیری و حمل گوگرد مذاب با تانکر

بارگیری گوگرد مایع در مخازن تریلی خطرات متعددی ممکن است به همراه داشته باشد که اهم آنها عبارتند از: تکان ها و لرزش های ناشی از انتقال گوگرد از مخزن بارگیری به مخزن تریلی می تواند مقادیری از گاز سولفید هیدروژن محبوس شده در گوگرد مایع را آزاد نماید. این گاز بی نهایت سمی و آتشنا می باشد. تنفس آن باعث مرگ می شود و تماس آن با دستگاه تنفسی و چشم ها فوق العاده درد آور و زیانبار است و در حد ۴/۱ درصد مخلوط با هوا شدیداً قابل انفجار است. نظر به اینکه گاز سولفید هیدروژن از هوا سنگینتر است از دریچه روی تانکر تدریجاً به پائین سرازیر می شود و به روی

	عنوان سند					 شرکت ملی گاز ایران
	امکان سنجی استفاده از تکنولوژی های جدید انبارداری گوگرد					
شماره گزارش	شماره ویرایش	محل تهیه سند	تاریخ تهیه سند	شماره سند	نوع سند	فصل
نهایی	۲	پژوهشگاه صنعت نفت	مرداد ماه ۱۳۸۹	RIPi-63530201-89	گزارش پروژه	سوم

زمین انباشته می گردد. این گاز از ماسک های معمولی ضد گاز عبور می کند و علیهذا برای ایمنی باید از ماسک های ویژه ای استفاده شود.

به منظور مقابله با خطرات نشت گاز سولفید هیدروژن بعضی از شرکت های تولید کننده گوگرد مایع از اشغال سوزهای متحرکی که برای همین منظور ساخته شده اند استفاده می کنند. یک لوله آلومینیومی به قطر ۸۰ میلیمتر که در داخل آن پنکه کوچکی برای ایجاد جریان هوا تعبیه شده است گازهای متصاعد را از دریچه بالایی مخزن تریلی به داخل کوره اشغال سوز هدایت می کند.

یکی دیگر از خطرات بارگیری گوگرد مایع ایجاد و انباشته شدن الکتریسیته ساکن در داخل مخزن تریلی است. بنابراین در طول زمان بارگیری می بایست دستگاه بارگیری و مخزن کامیون هر دو توسط تسمه فلزی و با زنجیر به زمین متصل شوند تا بدینوسیله از تراکم الکتریسیته ساکن در داخل مخزن حاوی گوگرد جلوگیری شود و از امکان بروز جرقه در حین بارگیری و حمل ممانعت به عمل آید.

