جامدسازی گوگرد

تحقیق و نگارش: دکترمحسن معتمدی،
مهندس علی صفارشمشیرگر
(شرکت پتروتدبیرپارس)

اویل ایندااستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

گوگرد عنصری اســـت دارای رنگ زرد لیمویی روشن، بسیار نرم که دارای ســـاختاری بلوری است. گوگرد عنصری با عدد اتمی ۱۶ است که با علامت اختصاری S نمایش داده می‌شـــود. گوگرد از عناصر غیرفلزی اســـت که فراوانی آن در پوســـته زمین درحدود ۰/۰۵ درصد می‌باشد. آتش‌فشـــان‌ها سالیانه حجم زیادی از گوگرد به صورت SO_2 به جو زمین وارد می‌کنند. گوگرد دارای هدایت گرمایی پایینی می‌باشد. این عنصر با توجه به فرم کریستالی در دمای ۱۲۱°C-۱۱۰ ذوب شده و به آسانی با شعله آبی رنگی می سوزد. در هنگام سوختن با اکسیژن هوا ترکیب شده و تشـــکیل SO_2 می‌دهد. گوگرد قابلیت اتصال به یون‌های فلزی و تشکیل سولفیدهای معدنی مانند سولفید سرب، آهن، مس، روی و... را دارد. این عنصر به آسانی قابلیت اتصال به اکسیژن و تشکیل SO_4 را نیز دارد.

در شـــرایط عادی، اتم‌های گوگرد مولکول‌های هشـــت اتمی حلقه‌ای با فرمول شیمیایی S_8 تشـــکیل می دهند. از لحاظ شیمیایی گوگرد در واکنش‌ها می‌تواند هم به عنوان عامل اکســـایش و هم به عنوان عامل احیاء شرکت کند. گوگرد اغلب فلزات و تعداد زیادی از غیرفلزات نظیر کربن را اکســـید می‌کند، اما این عنصر بسیاری از اکسیدکننده‌های قوی مانند اکســـیژن یا فلئور را احیاء می‌کند. ترکیبات آلی گوگرد دار را Organosulfur می‌نامند، این ترکیبات نظیر آمینواسیدها در ساختار موجودات زنده حضور دارند.

در طبیعت، گوگرد را می‌توان به صورت عنصر خالص و یا به صورت ترکیبات معدنی نظیر ســـولفات باریم($BaSO_4$) یا باریت(Barite)، ســـولفات استرانسیم($SrSO_4$) یا Celestite، ســـولفیدجیوه(HgS) یا Cinnabar ، سولفیدسرب(PbS) یا Galena، ســـولفیدآهن(FeS_2) یا پیریت(Pyrites)، سولفیدروی(ZnS) یا Sphalerite و ســـولفیدآنتیموان(Sb_2S_3) یا Stibnite یافت. علاوه بر ترکیبات معدنی؛ گازطبیعی، نفت‌خام، شن‌های نفتی و زغال‌ســـنگ نیز منابع سرشار از گوگرد می‌باشند. گوگرد در این منابع به اشکال مختلفی دیده می‌شود، اما غالباً به صورت مایع از منابع اشاره شده استحصال شده و به همین صورت یا به صورت جامد ذخیره شده، حمل و نقل شده و در نهایت به مصرف می‌رسد. عمده‌ترین تقاضا برای گوگرد، تقاضا برای تولید اسیدسولفوریک می‌باشد. به همین دلیل بخشی از منابع معدنی گوگرد مستقیماً به جای آنکه به گوگرد تبدیل شوند به اسیدسولفوریک تبدیل می‌شوند. گوگرد یکی از عناصر اصلی در تولید انواع کودهای شیمیایی، ساخت انواع سموم دفع آفات، حشره‌کش‌ها، شـــوینده‌ها و مواد آتش‌زا و باروت می‌باشد. علاوه بر آن برای ولکانیزه نمودن لاستیک طبیعی و همچنین ساخت پلیمرها، تولید کاغذ، رنگ و دارو و همچنین تولید آســـفالت گوگردی اســـتفاده می‌شود. در شماره ۷ نشـــریه به تولیدگوگرد از گازطبیعی اشاره کردیم در این شماره به جامدسازی و انتقال گوگرد به صورت جامد و مایع که در زنجیره تولید تا مصرف این ماده اهمیت زیادی دارد پرداخته می‌شود.

شکل ۱: فرایند طبیعی تولید گوگرد از سولفیدهیدروژن در نزدیکی دهانه آتشفشان Ijen

شکل ۲: فراوری گوگرد جامد از گوگرد مذاب

شکل ۳: فرایند تشکیل بلورهای گوگرد در نزدیکی دهانه آتشفشان Ijen در شرق اندونزی

	کشور	سال ۲۰۱۲	سال ۲۰۱۳
۱	چین	۹/۹	۱۰
۲	آمریکا	۹	۹/۱
۳	روسیه	۷/۲۷	۷/۳
۴	کانادا	۵/۹۱	۶
۵	عربستان سعودی	۴/۰۹	۴/۱
۶	آلمان	۳/۸۲	۳/۸
۷	ژاپن	۳/۲۵	۳/۳
۸	قزاقستان	۲/۷	۲/۷
۹	امارات متحده عربی	۱/۹	۲
۱۰	ایران	۱/۸	۱/۹
	سایر	۱۸/۴۶	۱۸/۸
	کل جهان	۶۸/۱	۶۹

جدول ۱: تولید گوگرد در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ (میلیون تن)

مقدمه

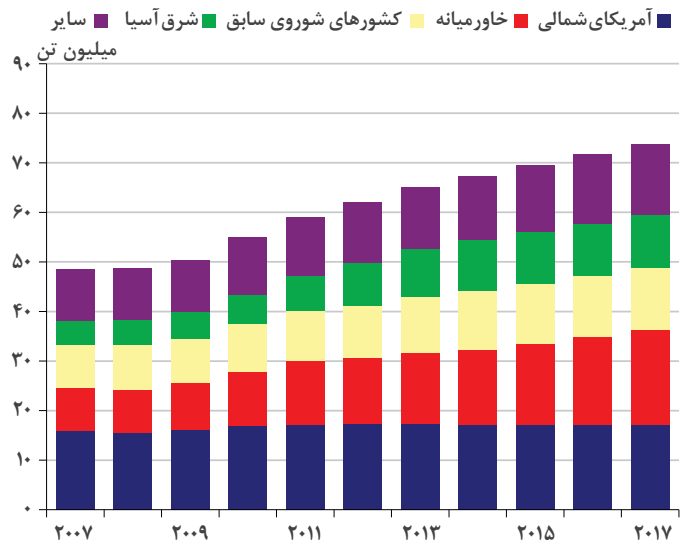
خوراک پالایشگاه‌های نفت خام و گاز طبیعی، دارای مقادیر متفاوتی از ترکیبات گوگرددار می‌باشند. در هر دو پالایشگاه نفت و گاز لازم است این ترکیبات از جریان نفت یا گاز جدا شوند تا ضمن افزایش ارزش حرارتی سوخت در هنگام سوختن، آلایندگی زیست‌محیطی آنها به حداقل برسد. به روش‌های متفاوتی می‌توان این ترکیبات را از نفت و گاز جدا نمود. جداسازی با روش‌های شیمیایی، فیزیکی، شیمی-فیزیکی، بیوشیمیایی، تبرید و استفاده از غشاء نمونه‌هایی از روش‌های معمول یا درحال توسعه می‌باشند. از سوی دیگر لازم است گازهای اسیدی جداشده از جریان نفت و گاز را به یک فرآورده قابل استفاده یا قابل دفع تبدیل کرد زیرا آزادسازی یا سوخت گازهای اسیدی در فلر باعث آلایندگی شدید هوا می‌شود. همچنین باید توجه داشت که گوگرد یک عنصر با کاربرد فراوان در صنایع پتروشیمی، شیمیایی و معدنی می‌باشد. خوشبختانه روش‌های مناسبی برای تبدیل گازهای اسیدی به گوگرد وجود دارد. یکی از پرکاربردترین فرایندهای تبدیل، فرایند کلاوس می‌باشد که با کمک فرایندهای جانبی قادر است این تبدیل را با راندمان بیش از ۹۹/۵ درصد انجام دهد. گوگرد اولیه حاصل از این فرایند به صورت مایع با درصد خلوص بیش از ۹۹/۹ و دمای ۱۲۵ تا ۱۴۵ درجه سانتیگراد، حاوی حداکثر ۱۰ppm گاز سولفیدهیدروژن است. از آنجا که فرایندهایی نظیر تولید اسیدسولفوریک و کودشیمیایی، نیازمند گوگرد اولیه به صورت مایع می‌باشند، ذخیره و انتقال گوگرد به صورت مایع

اهمیت ویژه ای یافته اســت. اما ذخیره و انتقال گوگرد به صورت مایع، نیازمند ثابت ماندن دما مابین ۱۲۴ تا ۱۴۵ درجه ســانتیگراد اســت و نیازمند استفاده از ظروف ویژه‌ای می‌باشــد. انتقال گوگرد بــه صورت مایع امکان‌پذیر بوده و در حال حاضر نیز در برخی نقاط جهان انجام می‌شود. شکل ۹ در صفحه بعد انتقال گوگرد به صورت مایع[مذاب] را نشان می‌دهد. اما درمجموع این روش به جز در شرایط خاص توجیه اقتصادی ندارد. از سوی دیگر، در صورتی که گوگرد مایع، تحت شــرایط ذخیره و انتقال در شرایط دمایی پایین‌تر از دمای ذکر شده قرار بگیرد، خط انتقال به دلیل جامد شدن گوگرد عبوری، مسدود خواهد شد. درنتیجه این موضوع از دیــدگاه ایمنی نیز مورد انتقاد قرار دارد. حال این نکته حائز اهمیت اســت که گوگردی که به فاز جامد می‌رود، قابل بازگشت به فاز گاز یا مایع نیســت. بنابراین به‌طور معمول، گوگرد در صورتی به صورت مایع منتقل می‌گردد که حداقل شرایط زیر وجود داشته باشد:

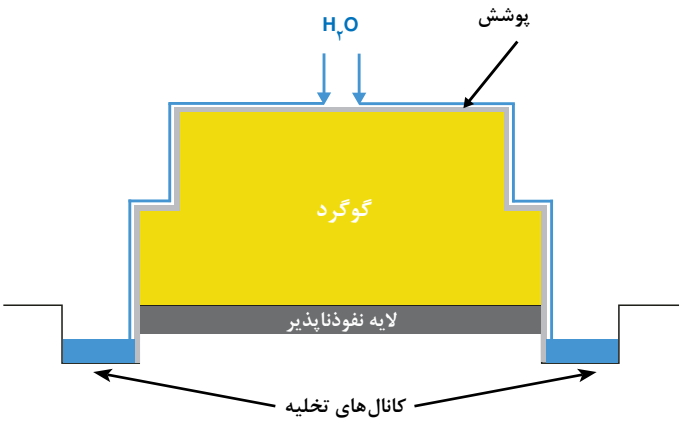
- فواصل کوتاه و مدت ذخیره کوتاه
- وجود سیستم ذخیره مناسب و مطمئن
- وجود زیرساخت‌های انتقالی مناسب (جاده‌ای، دریایی، راه‌آهن)

بنابراین در اینجا جامدســازی و انتقال گوگرد جامد و مبحثی به‌نام جامدسازی (Solidification) گوگرد مطرح می‌شود. با استفاده از این فناوری گوگرد مایع به صورت جامد و به اشــکال مختلف تبدیل شده و می‌توان آن را با هزینه کمتری ذخیره‌سازی و منتقل نمود. در بحث جامدسازی گوگرد علاوه بر تبدیل گوگرد با شــرایط مناســب به صورت جامد، شکل و فرم آن نیز به صورت مناسب برای ذخیره‌ســازی تبدیل می‌شود. ضمن آنکه این شــکل از گوگرد جامد، شرایط مناســب بــرای اســتفاده در صنایــع پایین‌دســتی نظیــر کارخانه‌هــای تولیــد اسیدسولفوریک، تولید کودشیمیایی یا واحدهای پتروشیمی را دارا می‌باشد.

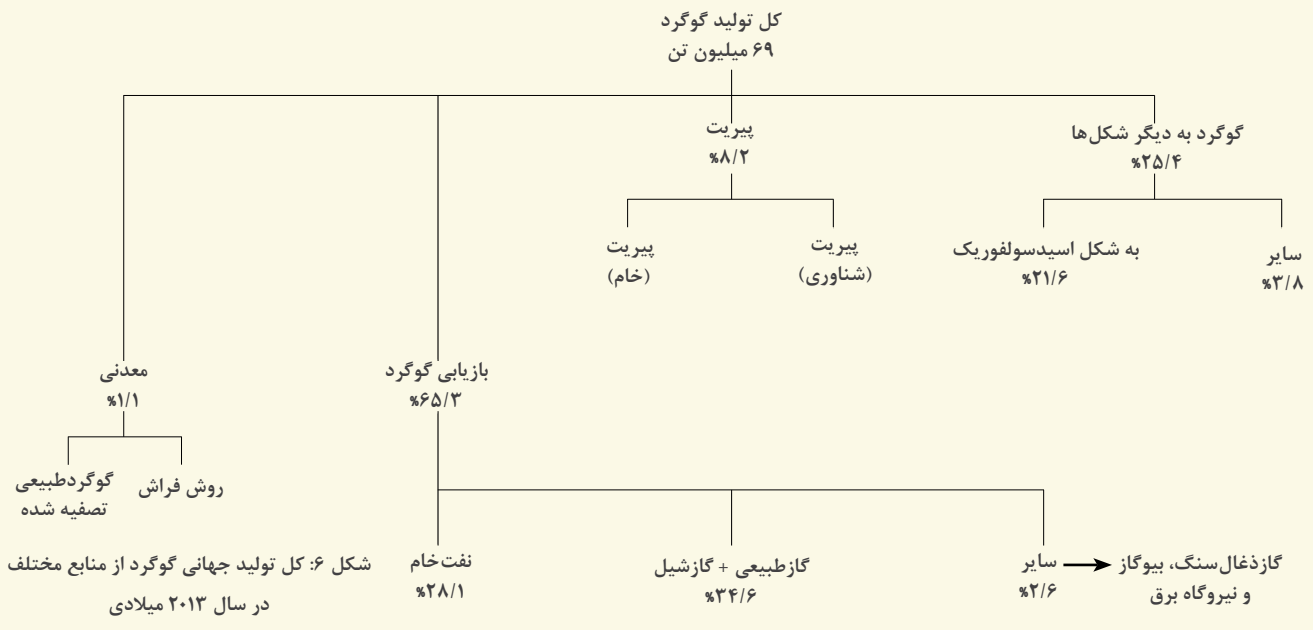
شکل ۷ در صفحه بعد نشان می‌دهد که گوگرد تولید شده توسط واحد کلاوس به چه روش‌هایی می‌تواند به اســتفاده کننده نهایی برســد. باید توجه کرد که گوگرد تولید شــده توسط فرایندهایی نظیر Locat یا بیوشــیمیایی مستقیماً از حالت گازی به حالت جامد تبدیل می‌شــود اما شــکل آن نامنظم و کلوخه‌ای خواهد بود. البته این گوگرد دارای مشخصات شیمیایی و فیزیکی مناسب برای استفاده در فرایندهای پایین دست می‌باشد.



شکل ۴: تولید سال‌های قبل و پیش‌بینی تولید آینده گوگرد در مناطق مختلف جهان



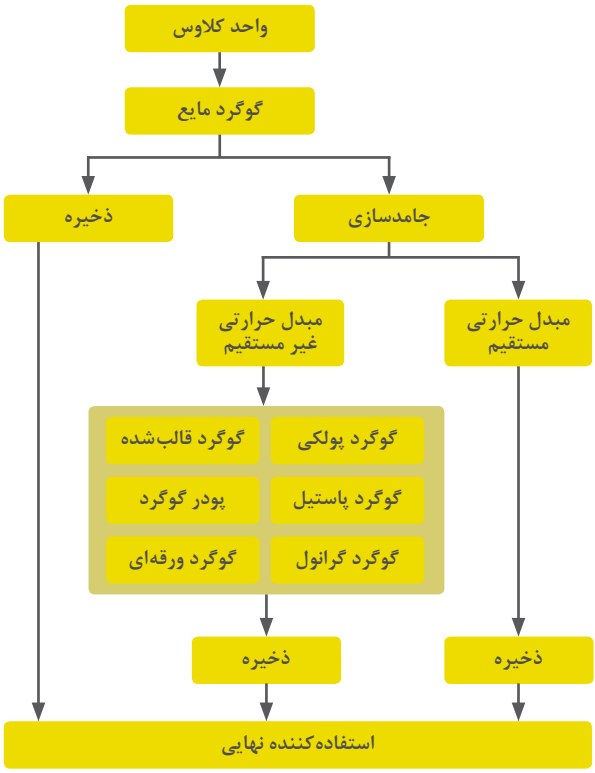
شکل ۵: پوشش دادن گوگرد جامد فله ذخیره شده در محوطه باز به منظور جلوگیری کردن از نفوذ آب و پخش خاکه گوگرد به اطراف، این پوشش‌ها از جنس پلیمر یا برخی کانی‌های معدنی می‌باشند.



شکل ۶: کل تولید جهانی گوگرد از منابع مختلف در سال ۲۰۱۳ میلادی

۱ اشکال گوگرد

با توجه به اهمیت استاندارد کردن شکل گوگرد از نظر زیست محیطی، شرکت‌های تولیدکننده گوگرد در جهان اقدام به تولید گوگرد با شکل‌بندی‌های خاص کرده‌اند. از سال ۱۹۵۰ فرآیندهایی برای شکل دهی به گوگرد معرفی شده است که در آن زمان در پالایشگاه‌ها و در واحدهای با مقیاس کوچک بکار برده می‌شدند. در اواخر دهه ۱۹۷۰ میلادی در کشور کانادا با استفاده از روش Perlomatic یک واحد دانه‌بندی گوگرد احداث شد که چندی بعد تعطیل شد. اما سرانجام روش‌های فنی و دارای توجیه اقتصادی برای دانه‌بندی گوگرد ابداع گردید و امروزه همانگونه که در شکل‌های ۱۰ تا ۱۴ صفحه بعد مشاهده می‌نمایید شاهد تبدیل گوگرد به شکل‌های پولکی، قالب‌شده، گرانول و پاستیل می‌باشیم.



شکل ۷: تولیدگوگرد به روش کلاوس و روش‌های مختلف انتقال آن به استفاده‌کننده نهایی

شکل ۸: گوگرد مایع

» گوگرد مایع

بیش از ۵۰ درصد گوگرد موردنیاز جهان از نفت‌خام و گازطبیعی استحصال شده و مابقی نیاز جهان نیز از منابع معدنی گوگرد بدست می‌آید. در بیشتر فرایندهای استحصال گوگرد این ماده به صورت مذاب بدست می‌آید. از سوی دیگر استفاده از این ماده به صورت مذاب برای صنایع پایین‌دستی آسان‌تر می‌باشد و در صورتی که امکان انتقال این ماده به صورت مذاب از منبع تولید به محل مصرف وجود داشته باشد، در هزینه‌های جامدسازی و ذوب مجدد صرفه‌جویی خواهد شد. اما همانگونه که اشاره شد، به دلایل فنی و ایمنی این امکان برای بیشتر مواقع وجود ندارد. یک عامل کلیدی جهت انتقال گوگرد به حالت مذاب نگهداری درجه حرارت آن در حدود تقریبی ۱۴۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. محفظه[تانکر] انتقال از فولاد مناسب با عایق‌بندی کافی ساخته می‌شود. انتقال در مسافت‌های کوتاه با این محفظه‌ها که به وسیله کامیون حمل می‌شوند امکان‌پذیر می‌باشد. در مسافت‌های طولانی علاوه بر عایق کاری مناسب لازم است از یک سیستم گرمایشی برای جلوگیری از سرد و جامدشدن گوگرد استفاده نمود. پایین بودن هدایت حرارتی گوگرد، یک مزیت بوده و کمک می‌کند تا گرمای کمتری منتقل شده و به گرمایش کمتری نیاز باشد.

» گوگرد کلوخه

یکی از بخش‌های مهم در تجارت گوگرد، انتقال آن به اطراف جهان می‌باشد. مقادیر بزرگ گوگرد فله(Lamp Sulphur) اغلب به صورت توده‌های بزرگ سرباز در نزدیکی پالایشگاه‌ها آماده شده و به وسیله ماشین‌آلات ویژه به داخل کشتی، قطارباری یا کامیون منتقل می‌گردد. در برخی نقاط دنیا واحدهای پتروشیمی یا تولید اسید سولفوریک در نزدیکی پالایشگاه‌های نفت و گاز احداث شده‌اند که ضمن کاهش هزینه حمل می‌توان بخشی از خوراک این واحدها را به صورت گوگرد مذاب تامین نمود. غالباً توده‌های بزرگ گوگردی به صورت فله در یک ناحیه روباز قرار می‌گیرند. این توده‌ها در معرض باد، باران و گرد و خاک قرار دارند. ضمن تاثیرگذاری آب و هوا بر روی این گوگردها و کاهش کیفیت آن، باد می‌تواند بخشی از گوگرد جامد را درهوا پخش کند و آب نیز می‌تواند بخش دیگری را در خود حل کند و یک مخلوط یا ترکیب مضر را به شبکه آب‌های زیرزمینی یا آب‌های جاری اضافه نماید. باید توجه داشت که گوگرد فله از خرد شدن قطعات بزرگتر بدست می‌آید که در اشکال نامنظم با لبه‌های تیز هستند که براحتی شکسته شده و کلوخه‌های کوچکتر و خاکه گوگرد تولید می‌شود که این کلوخه‌ها و خاکه‌ها با مخلوط شدن با خاک یک مخلوط با کیفیت پایین تولید می‌کند که به میزان زیادی از قیمت این کالا می‌کاهد. این اتفاق علاوه بر محل ذخیره‌سازی می‌تواند در طول فرایند حمل و نقل نیز اتفاق بیفتد. به همین دلیل سعی می‌شود که به جای گوگرد کلوخه‌ای، حالت فله‌ای آن را به شکل‌های منظم کروی یا شکل‌های منظم دیگر تبدیل کنند تا کمتر خورد شده و به میزان کمتری در معرض شرایط آب و هوایی قرار گیرند.

شکل ۹: حمل گوگردمایع[مذاب] به وسیله تانکر ریلی

شکل ۱۰: گوگرد کلوخه

۲ گوگرد شکل یافته

همانگونه که اشاره شد برای انبارداری بهتر و انتقال آسانتر و در مجموع به منظور حفظ کیفیت گوگردجامد، در مرحله سردشـدن گوگرد مذاب آن را به شـکل های مناسبی بر حسـب نیاز یا شـرایط تبدیل می کنند. گوکرد ورقه‌ای، قالب‌شده، گرانول، پاستیل و پولکی انواع مختلفی از گوگرد شکل یافته می‌باشند که متناسـب با کاربردهای مختلف تجهیزات تولید آنها توسعه داده شده است. شـرکت‌های Tecnimont, Gemnico, Sandvik, Enersul از شـرکت‌های بین‌المللی و شـرکت ظفران به همراه پژوهشگاه نفت از شرکت‌های داخلی در زمینه تامین و احداث واحدهای جامدسازی و دانه‌بندی گوگرد می‌باشند.

» گوگرد ورقه‌ای

گوگـرد ورقه‌ای (Slab Sulphur) شـکلی از گوگرد اسـت که با ریختن گوگـرد مذاب بر روی یک نوار چرخان بدسـت می آید و در ادامه، ورقه‌ای با ضخامـت ۳ تا ۵ میلیمتر ایجاد می گردد. گوگرد با قرقره از نوار جدا شـده و به قطعات کوچکتر شکسته می‌شود. در این فرایند قطعاتی با اشکال نامنظم و لبه‌های تیز ایجاد می‌شود . بعلاوه ذرات بسیار ریز ایجاد شده در این میان از محصول جدا می‌شوند. فرایند ورقه‌ای شدن جهت داشتن هزینه کمتر بهبود یافته‌اند. این حجم زیاد روش تبدیل گوگرد مذاب به حالت جامد، می تواند با استفاده از تکنیک‌های حمل گوگرد جامد بالکی ذخیره و حمل شـود. در تکنولوژی ورقه‌ای شـدن، گوگرد مایع به آهسـتگی بر روی نوار نقاله حرکت می کند، گوگرد مایع سرد شده و به ترتیب جامد شده و ورقه‌ای می‌شود. سرد شدن با استفاده از جریان هوا و فرورفتن در آب با حرکت نوار نقاله انجام می گردد.

شکل ۱۱: گوگرد به شکل پاستیل

شکل ۱۲: گوگرد قالبی(رول)

شکل ۱۳: گوگرد پولکی

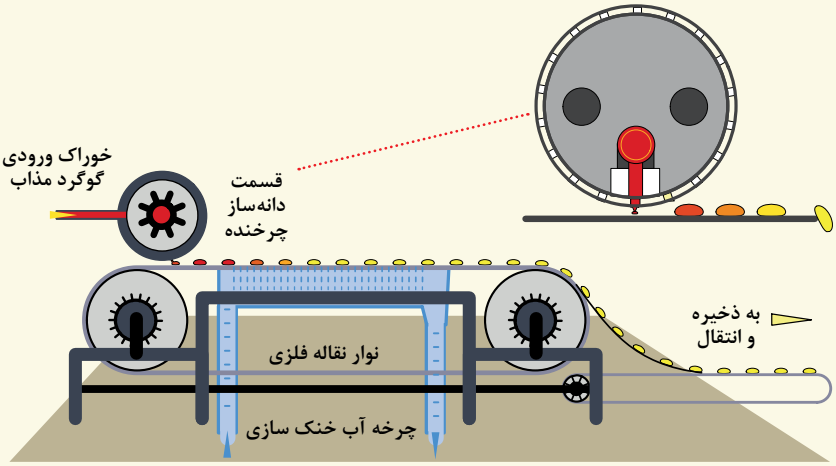
» گوگرد قالبی

گوگردقالبی یا گوگرد رول (Roll Sulphur) مشـابه شکل ۱۲ به صورت یک استوانه نه‌چندان منظم می‌باشـد. این نوع گوگرد غالباً کاربرد خاص داشـته و به همین دلیل شکل آن به صورت یک اسـتوانه با طول‌های متفاوت طراحی شده است. تصفیه نفت‌خام، تولید فولاد و همچنین فرایند گدازه‌گری نمونه‌هایی از کاربرد این نوع گوگرد می‌باشند.

» گوگرد پولکی

این نوع گوگرد جامد که نمونه آن را در شـکل ۱۳ مشـاهده می‌نماید و به گوگرد پولکی (Sulphur Flake) مشـهور می‌باشـد به دلیل سـطح مناسـب آن در برخی صنایع شـیمایی از بهره‌وری بیشتری برخوردار می‌باشـد. یکی از کشورهای اصلی تولید کننده گوگرد پولکی، هندوستان می‌باشد. البته پولک‌ها می توانند خیلی بزرگ باشند. گوگرد استحصال شـده از کوه‌های آتشفشانی که به صورت ورقه‌های نامنظم می‌باشند نیز غالباً به نام گوگرد پولکی شناخته می‌شوند.

شکل ۱۴: گوگرد گرانول



شکل ۱۵: شماتیک فرایند پاستیل‌سازی

» پودر گوگرد

گوگرد به صورت پودرشده (Powdered) عمدتاً به عنوان کود شیمیایی در زراعت استفاده می‌شود. کاربردهای دیگر آن در حشره‌کش‌ها، تولید لاستیک ولکانیزه‌شده، کبریت‌سازی و باروت‌سازی می‌باشد. همچنین از آن در پزشکی و عمدتاً جهت درمان اختلالات پوستی از طریق آزادسازی سموم استفاده می‌شود. پودر گوگرد باید در محیط خنک، خشک و دارای تهویه مناسب نگهداری شود.

» گوگرد گرانول

لزوم رعایت قوانین زیست‌محیطی در دهه ۷۰ میلادی، باعث شد تا در پی یافتن روشی با آلایندگی کمتر برای شکل دهی به گوگرد، روشی تحت عنوان گرانوله کردن (Sulphur Granulation Process) توسعه داده شود. در این روش گوگرد مذاب بر روی سطح دانه‌های ریز گوگرد که به آنها بذر (Seed) گفته می‌شود، اسپری می‌شود، تا اندازه این دانه‌ها بزرگتر شده و چگالی آنها نیز بیشتر شود. این فرایند چند مرتبه تکرار می‌شود و بین هر تکرار یک مرتبه فرایند سرسازی و جامد سازی انجام می‌شود تا دانه گوگرد برای دریافت پاشش بعدی گوگرد مذاب به عنوان لایه بعدی آماده شود. این فرایند تا جایی که قطر دانه‌های گوگرد به قطر دلخواه (به‌طور معمول از ۱ تا ۶ میلیمتر) برسند ادامه می‌یابد. در نهایت دانه‌های گوگرد غربال شده و دانه‌های کوچکتر از اندازه دلخواه مجدداً به‌عنوان خوراک ورودی به فرایند باز گردانده می‌شوند. از گوگرد گرانول (Granular Sulphur) به عنوان کود شیمیایی، استفاده در صنایع لاستیک‌سازی، تولید غند و شکر، تولید اسیدسولفوریک و غذای حیوانات استفاده می‌شود.

» گوگرد پاستیل

فرایند پاستیل (Pastil) کردن نوعی فناوری دانه‌بندی است که در آن گوگرد مایع به پاستیل‌های نیمه کروی یک‌شکل و همسان تبدیل می‌شود. در این فناوری همانطور که در شکل ۱۵ مشخص است، از یک قطعه چرخنده که در محیط آن حفره‌هایی وجود دارد برای دانه‌بندی گوگرد به صورت پاستیل استفاده می‌شود، این قطعه چرخنده به صورت متقاطع با یک تسمه فلزی قرار دارد که پاستیل‌ها بر روی آن خنک می‌شوند. گوگرد مذاب با دمای حدود ۱۲۵ درجه سانتیگراد به‌صورت پیوسته به‌عنوان خوراک با فشار مشخصی به دانه‌ساز تزریق می‌شود. سرعت چرخش دانه‌ساز با سرعت حرکت نوار خنک‌سازی یکسان‌شده می‌باشد تا قطره‌های گوگرد مذاب پس از افتادن بر روی تسمه به شکل نیم کره تبدیل شوند. خنک شدن پاستیل‌ها و تبدیل به جامد شدن آنها بر روی نوار نقاله انجام می‌شود بنابراین شکل نهایی آنها نیز نیم کره باقی می‌ماند. در قسمت بالایی پاستیل‌ها فرورفتگی کوچکی برای تطبیق جمع شدگی سطحی بوجود می‌آید. دمای نوار نقاله به طور مداوم توسط آب خنک‌سازی ثابت نگاه داشته می‌شود. این آب به صورت پیوسته به قسمت زیرین نوار نقاله اسپری شده و دوباره توسط سیستم خنک‌سازی در سیستم به گردش در می‌آید. در این فرایند، کنترل دمای دانه‌های گوگرد مذاب بر روی نوار نقاله، نه‌تنها به جهت ظرفیت تولید اهمیت دارد، بلکه تضمین کننده کیفت محصول نهایی نیز خواهد بود. در نهایت پاستیل‌ها با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به صورت جامد از قسمت انتهایی نوار نقاله گردآوری شده و آماده ذخیره و انتقال می‌گردند. گوگرد پاستیل برای فراوری مواد معدنی، صنایع کشاورزی، تولید کاغذ و غیره کاربرد دارد.

» گوگرد پریل

در فرایند خیس گوگرد پریل (Prill)، گوگرد مذاب در یک سینی سوراخ‌دار ریخته می‌شود، گوگرد مذاب پس از عبور از سوراخ‌های سینی، به صورت جریان‌هایی باریک به درون یک مخزن آب متلاطم هدایت می‌شود. تقابل گوگرد مذاب با آب متلاطم باعث تشکیل گلوله‌هایی گوگردی می‌شود. در این مرحله با وجود شکل گیری گوگرد به صورت پریل، لازم است که این پریل‌های گوگردی برای سخت‌تر شدن مدت زمان بیشتری را در مخزن آب باقی بمانند، زیرا هدایت حرارتی در آنها پایین بوده و گرمای ویژه آن‌ها بالا است.

پریل‌های سخت شده با نیروی جاذبه به ته مخزن آب ته‌نشین می‌شوند و به سمت صفحه‌های آب‌زدایی حرکت می‌کنند. در صفحه‌های آب‌زدایی، آب خنک‌سازی مجدداً به فرایند باز می‌گردد و پریل‌ها به تانک ته‌نشینی منتقل می‌شوند که در آنجا پریل‌های با اندازه کوچکتر توسط یک نقاله حلزونی یا مارپیچ (Screw Conveyor) از مابقی جدا می‌شوند. پریل‌های اندازه کوچکتر را می‌توان جداگانه به کار برد و یا دوباره ذوب نمود. مابقی آب گرفته‌شده توسط تانک ته‌نشینی نیز پس از گذشتن از یک مبدل حرارتی خنک شده و مجدداً به تانک پریل پمپاژ می‌شود. همچنین مقداری آب جبرانی جهت تامین کسری آب تبخیر شده نیز به صورت پیوسته به سیکل بسته آب فرایند اضافه می‌شود. پریل‌های نهایی توسط یک تسمه نقاله برای ذخیره و انتقال منتقل می‌شوند. گوگرد پریل در صنایع کشاورزی، صنعت مالت‌سازی، تولید کاغذ و غیره کاربرد دارد. *ادامه دارد*

منابع:

1: Sulphur solidification and handling systems, Sandvik process engineering systems D-70719 Fellbach, June 2008.
2: Hydrocarbon processing, Gas process handbook, 2012
3: www.sandvik.com
4: www.sulphurinstitute.org
5:www.sulphuric-acid.com/techmanual/Storage/trans_sulphur.htm
6:sulfur.nigc.ir
7:www.sulphurinstitute.org
8:www.crugroup.com/
9:www.kukurt.com/en-us
10:www.crugroup.com
11:www.mairetecnimont.com
12:kerman.com.au/project-library/bulk-storage/sulphur-storage-and-handling-facility