



## استفاده از دی اکسید گوگرد در فرایند تولید کاغذ

شرکت گاز کربنیک اردستان



### ◀ مقدمه:

کاغذ یکی از مهم‌ترین محصولات فرهنگی و آموزشی است که به طور گسترده در جوامع مختلف استفاده می‌شود. خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی کاغذ به عوامل مختلفی از جمله نوع خمیر چوب، فرایندهای تولید و محیط نگهداری بستگی دارد. در میان این عوامل، آلودگی هوا و تابش فرابنفش (UV) می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کیفیت و دوام کاغذ داشته باشد. دی اکسید گوگرد یکی از آلاینده‌های مهم هوا است که ناشی از فعالیت‌های صنعتی و سوخت‌های فسیلی است. این گاز می‌تواند باعث تخریب مواد آلی و معدنی از جمله کاغذ شود. همچنین، تابش UV نیز می‌تواند باعث تخریب سلولزها و لیگنین‌های موجود در ساختار کاغذ شود و باعث کاهش استحکام و افزایش شکنندگی آن گردد.

### ◀ فرایند تولید کاغذ

فرآیند تولید کاغذ در کارخانه‌های کاغذسازی با خطرات جدی همراه است، به ویژه در مواجهه با گازهایی مانند سولفید هیدروژن، مونوکسید کربن، کلر، دی اکسید کلر و دی اکسید گوگرد. فرآیند تولید شامل شکستن چوب به تراشه‌ها، سپس هضم آنها با بخار، فشار و مواد شیمیایی است که در این مرحله امکان تولید گاز سولفید هیدروژن وجود دارد. در مرحله سفیدسازی خمیر کاغذ، از کلر و دی اکسید کلر استفاده می‌شود که خطرناک هستند. برای حذف کلر اضافی نیز از دی اکسید گوگرد استفاده می‌شود. همچنین در فرآیندهای صنعتی تولید کاغذ که نیازمند به دیگ‌ها هستند، احتمال مواجهه با گاز مونوکسید کربن وجود دارد.



## کاربردهای اصلی دی‌اکسید سولفور در صنعت کاغذسازی

### چیست؟

- فرآیند سولفیت
- سفید کردن خمیر کاغذ
- کنترل pH
- جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها
- بهبود خواص مکانیکی کاغذ

### فرآیند سولفیت چیست؟

فرآیند سولفیت یک روش شیمیایی است که در تولید خمیر کاغذ جهت حذف لیگنین و سایر مواد غیر سلولزی از الیاف چوب استفاده می‌شود. این فرآیند معمولاً با استفاده از دی‌اکسید سولفور ( $SO_2$ ) انجام می‌شود ابتدا چوب به قطعات کوچک‌تری خرد می‌شود تا سطح تماس بیشتری با محلول شیمیایی داشته باشد. چوب خرد شده با آب خیس می‌شود تا رطوبت آن افزایش یابد و فرآیند بهتر انجام شود. دی‌اکسید سولفور به صورت گاز به محلول مایع (معمولاً آب) اضافه می‌شود و با آب واکنش نشان می‌دهد و اسید سولفوروس ( $H_2SO_3$ ) تشکیل می‌دهد.

pH این محلول معمولاً به یک محدوده خاص (۳-۵) تنظیم می‌شود تا شرایطی برای حذف لیگنین فراهم آید. چوب خرد شده به مدت معین در محلول دی‌اکسید سولفور غوطه‌ور می‌شود. این مرحله باعث می‌شود که لیگنین و مواد غیر سلولزی حل شده و از الیاف جدا شوند. این فرآیند در دما و زمان مناسب صورت می‌گیرد تا بالاترین راندمان حذف لیگنین حاصل شود. پس از زمان مورد نیاز، خمیر کاغذ را از محلول خارج کرده و با آب شستشو می‌دهند تا ترکیبات محلول و باقی‌مانده‌های دی‌اکسید سولفور جدا شوند. کیفیت خمیر کاغذ بررسی می‌شود تا تأثیر دی‌اکسید سولفور به‌طور مؤثر ارزیابی گردد.

### فرآیند سفید کردن خمیر کاغذ چیست؟

دی‌اکسید سولفور به عنوان یک عامل سفید کننده نیز در برخی فرآیندهای سفید کردن خمیر کاغذ استفاده می‌شود. این ماده می‌تواند به کاهش رنگ‌های ناخواسته در خمیر کاغذ کمک کند و باعث افزایش روشنایی و سفیدی محصول نهایی شود.

## کنترل pH در فرآیند تولید کاغذ چگونه عمل میکند؟

کنترل pH در تولید کاغذ با استفاده از دی‌اکسید سولفور ( $SO_2$ ) یکی از جنبه‌های حیاتی فرآیند کاغذسازی است. دی‌اکسید سولفور به عنوان یک ماده شیمیایی اسیدی، نقش مهمی در تنظیم pH ایفا می‌کند، به ویژه در فرآیندهای سفیدکننده‌های اسیدی مانند فرآیند سولفیت. در مراحل ابتدایی، دی‌اکسید سولفور به خمیر کاغذ اضافه می‌شود تا به شکل اسید سولفوروس عمل کند. اسید سولفوروس یک اسید ضعیف است که اعمال آن باعث کاهش محسوس در pH سیستم به سمت ناحیه اسیدی می‌شود.

ورود دی‌اکسید سولفور به خمیر کاغذ موجب کاهش pH محیط به حدود ۳ تا ۵ می‌شود. محدوده pH اسیدی حاصل، شرایط مناسبی را برای فرآیندهای تخریب لیگنین و جدا کردن آن از الیاف سلولزی فراهم می‌سازد.

## دی‌اکسید سولفور در جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها

### در فرآیند تولید کاغذ چگونه عمل میکند؟

در مراحل مختلف تولید کاغذ، دی‌اکسید سولفور به سیستم اضافه می‌شود. این مراحل معمولاً شامل فرآیندهای پیش‌سفیدکنندگی و پس‌سفیدکنندگی است. دی‌اکسید سولفور در محیط تولید کاغذ پخش می‌شود و می‌تواند به راحتی به میکروارگانیسم‌ها دسترسی پیدا کند. دی‌اکسید سولفور وارد سلول‌های میکروبی می‌شود و با تخریب دیواره سلولی و ایجاد اختلال در فرآیندهای متابولیک، آن‌ها را از بین می‌برد.

### بهبود خواص مکانیکی کاغذ:

استفاده از دی‌اکسید سولفور در فرآیندهای تولید خمیر کاغذ می‌تواند به بهبود خواص مکانیکی کاغذ، مانند مقاومت به کشش و پارگی، کمک کند. این موضوع به دلیل کاهش میزان لیگنین و افزایش درصد فیبرهای سلولزی در خمیر کاغذ است.



## ◀ مزایای استفاده از دی اکسید گوگرد در فرایند تولید کاغذ:

### – کاهش باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌ها

دی اکسید گوگرد به عنوان یک ماده ضدعفونی کننده موثر عمل کرده و با کشتن باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌ها، به بهبود کیفیت و بهداشت کاغذ کمک می‌کند.

### – کاهش آلودگی

استفاده از دی اکسید گوگرد می‌تواند به کاهش آلودگی محیط زیست ناشی از میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌ها کمک کند.

### – افزایش عمر مفید

با کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌ها، می‌توان عمر مفید کاغذ را افزایش داد.

### – کاهش هزینه‌ها

با استفاده از دی اکسید گوگرد، هزینه‌های مربوط به پروسه‌های ضدعفونی کردن و حفظ بهداشت را کاهش داد.

### – افزایش بهره‌وری

با بهبود کیفیت و بهداشت کاغذ، می‌توان بهره‌وری در فرایند تولید را افزایش داد.

## ◀ معایب استفاده از دی اکسید گوگرد در فرایند تولید کاغذ

### چه موردی می‌باشد؟

### – آسیب به محیط زیست

دی اکسید گوگرد یک ماده شیمیایی زیان‌آور است که می‌تواند به محیط زیست و حیوانات زنده آسیب بزند. زمین‌ها و آب‌های زیرزمینی نیز ممکن است تحت تأثیر این ماده قرار گیرند.

### – اثرات سلامت

دی اکسید گوگرد می‌تواند اثرات منفی بر سلامت انسان‌ها داشته باشد، به ویژه بر ریه‌ها و سیستم تنفسی.

### – محدودیت‌های قانونی

استفاده از دی اکسید گوگرد در برخی کشورها ممکن است محدود شده و یا ممنوع باشد، که می‌تواند مشکلاتی برای تولیدکنندگان کاغذ ایجاد کند.

## – هزینه‌های اضافی

استفاده از دی اکسید گوگرد ممکن است نیازمند هزینه‌های اضافی برای ایمن‌سازی و کنترل آلودگی باشد که می‌تواند هزینه تولید کاغذ را افزایش دهد.

## ◀ چه روش‌هایی برای محافظت از کاغذ در برابر دی اکسید

### گوگرد وجود دارد؟

### – کنترل محیط نگهداری

ایجاد محیط با غلظت پایین دی اکسید گوگرد از طریق تهویه مناسب و فیلتراسیون هوا

### – استفاده از مواد جاذب

قرار دادن جاذب‌های مناسب مانند فیلترهای فعال کربن در محیط نگهداری استفاده از مواد جاذب در بسته بندی کاغذ برای جذب دی اکسید گوگرد

### – اصلاح سطح کاغذ

پوشش دادن سطح کاغذ با مواد محافظ مانند آهک یا باریت برای خنثی سازی اسیداستفاده از مواد آلكالی در فرایند تولید کاغذ برای افزایش مقاومت در برابر اسیدی شدن

## ◀ منابع

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141391099000804>
- <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/010731610.1993.10467214>
- <https://www.indsci.com/en/blog/what-you-need-to-know-about-gas-hazards-in-pulp-and-paper-mills>