مطالعه و بررسی کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از پساب کارخانه زغالشویی زیرآب

دکتر بهرام رضایی
دکتر ناصر مهردادی

کلمات کلیدی:
اثرات زیست محیطی، زغالشویی، تصفیه پساب ها، لخته سازی، بازیابی نرمه های زغال

چکیده:
سالانه حدود ۷۰۰۰۰۰ مترمکعب پساب حاصل از کارخانه زغالشویی زیر آب، علاوه بر تلفات بالغ بر ۴۰۰۰ تن زغال بصورت نرمه، اثرات زیست محیطی نامطلوبی را نیز به دنبال دارد. در این رهگذر سعی گردیده تا با روش لخته سازی بتوان ذرات معلق را از محیط عمل خارج و آب نسبتاً خالصی را به چرخه کارخانه وارد ساخت. مطالعات انجام شده در مقیاس آزمایشگاهی نشان می دهد، با کنترل فرآیند لخته سازی تحت شرایط ذیل:

- غلظت کلکتور ۰/۰۰۱۵ g/l
- pH = ۸
- غلظت سیلیکات سدیم به عنوان متفرق کننده ۰/۰۱ g/l
- دور همزن ۱۵۰ rpm

می توان ذرات معلق را با بازیابی ۹۳ درصد از محیط عمل خارج و آب برگشتی به سلولهای فلوتاسیون موجود در کارخانه را بهبود بخشید.

پرتال جامع علوم انسانی

دانشیار دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
استادیار دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

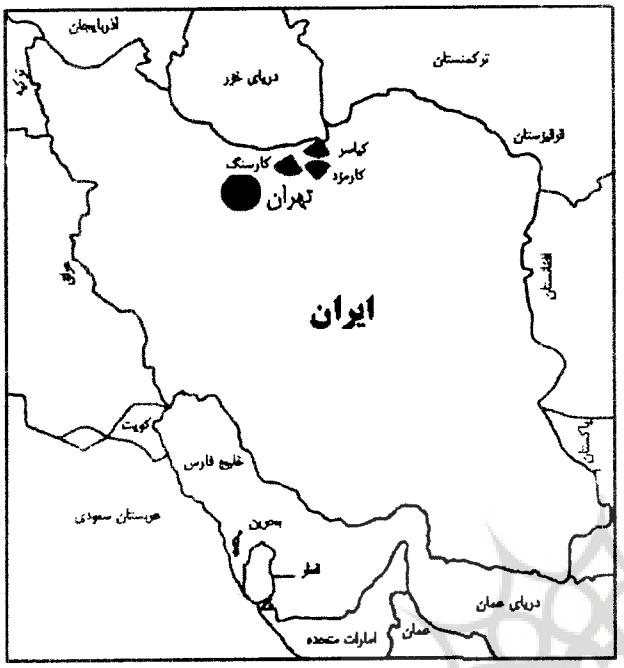
سرآغاز:

زغال سنگ استخراج شده از معدن محتوی مواد زائد بسیاری می باشد که به همین منظور، جهت افزایش بازدهی کوره های فولادسازی از یک سو و کاهش اثرات زیست محیطی آن از سوی دیگر تحت عملیات زغالشویی قرار می گیرد، ولی در این مرحله نیز باطله های حاصل از عملیات زغالشویی به دلیل انتشار آلاینده ها به محیط، آلودگیهای زیست محیطی وسیعی را بدنبال داشته است(وقار و رضایی ۱۳۷۷)، که چنین وضعیتی را در اکثر کارخانه های زغالشویی می توان به وضوح دید. در چنین تأسیساتی حجم زیادی آب مصرف می شود که پس از عملیات شستشو، این آب که به آب سیاه معروف است، محتوی مقادیر زیادی مواد معلق مانند انواع کانیها، نرمه های زغال، آنیونها، کاتیونها و مولکولها (بخصوص مشتقات نفتی) می باشد که چنانچه به همین وضع به چرخه کارخانه برگردد بازدهی فرآیند را کاهش داده و در صورت راهیابی به آبهای پذیرنده، باعث آلودگی آنها نیز می گردد.

علاوه بر مسائل عنوان شده، حجم بسیار زیادی از مواد زاید جامد نیز در کارخانه تشکیل می شود در نتیجه آبهای سطحی و زیرزمینی را در اثر زهکشی اسیدی باطله ها و یا نفوذ فلزات سنگین و سمی به درون آن به شدت آلوده کرده و چنانچه منطقه باران خیز نیز باشد، شدت آلودگی از این هم شدیدتر خواهد بود (Khoury, 1981 and Berkowitz, 1994).

در سالهای اخیر به دلیل تولید ذرات بسیار ریز (ریزتر از ۱۰۰ میکرون) بازدهی روشهای متداول شستشوی زغال به حدی کاهش یافته که در برخی موارد حتی به روش فلوتاسیون نیز نمی توان چنین ذراتی را بازیابی نمود. در سالهای اخیر روشهای متعددی ازجمله لخته سازی، فلوکولاسیون انتخابی، کواگولاسیون، آگلومراسیون کروی نفتی و ریز شناورسازی جهت بازیابی ذرات نرمه زغال و دیگر مواد موجود در پساب کارخانه ها گزارش شده است (Pears and Barnet, 1979; Somasundaran, 1982; Deason et al, 1985; and Attia, 1986).

در این رهگذر نیز از روش فلوکولاسیون و فلوکولاسیون انتخابی جهت بازیابی و کاهش ذرات معلق در پساب کارخانه استفاده شده است که در بخش های مختلف این مقاله به شرح آن پرداخته می شود. (شکل شماره ۱).



شکل شماره ۱: موقعیت جغرافیایی معادن شرکت زغال سنگ البرز مرکزی

روش تحقیق

نمونه برداری و آماده سازی نمونه

تعداد ۱۰۵ نمونه به کمک استوانه نمونه گیر با گنجایش ۵۰۰ میلی لیتر فقط از سرریز تیکنر(غلیظ کننده) موجود در کارخانه (منبع دیگری از پساب، ضایعات فلوتاسیون است که مورد مطالعه قرار نگرفته است) به مدت ۱۰ روز در شیفت های مختلف جمع آوری شده و پس از تهیه نمونه معرف و فیلتر کردن، خشک گردیده اند. شایان ذکر است با توجه به گنجایش مخزن، روزانه در هر شیفت سه نمونه و جمعاً نه نمونه در روز و نود نمونه در طی ۱۰ روز جمع آوری گردیده و این تعداد با نمونه برداری مقدماتی که حدود ۱۵ نمونه است جمعاً ۱۰۵ نمونه را تشکیل می دهد.

دانه بندی نمونه

میزان معینی نمونه توسط دستگاه دانه بندی لیزری و مدل ته نشینی نوری تجزیه و نتایج ذیل حاصل گردیده است:

۱. حدوداً ۹۰ درصد ذرات ریزتر از ۱۰۰ میکرون است

۲. حدوداً ۸۰ درصد ذرات ریزتر از ۴۴ میکرون است
۳. حدوداً ۴۰ درصد ذرات ریزتر از ۱۰ میکرون است
۴. حدوداً ۱۵ درصد ذرات ریزتر از ۱ میکرون است
۵. با توجه به وضعیت دانه بندی، سوسپانسیون بسیار پایدار بوده (Healy 1979) و لازم است تا جهت افزایش سرعت ته نشینی و یا حذف چنین ذراتی از روشهای یاد شده استفاده شود.

مطالعات میکروسکپی، پتروگرافی و XRD

مطالعات میکروسکپی، پتروگرافی و XRD بر روی نمونه معرف نشان می دهد که کانیهای موجود به ترتیب فراوانی شامل کوارتز، کائولین، ایلیت، گوتیت، روتیل و زغال سنگ است که مقادیر محاسبه شده در جدول ۱ درج شده است.

جدول شماره ۱: نتایج حاصل از مطالعات میکروسکپی، پتروگرافی و XRD بر روی ذرات جامد موجود در پساب کارخانه

نوع کانی	کوارتز	کائولین	پایلیت	گوتیت	روتیل	زغال و دیگر مواد
درصد	۲۰	۱۴	۱۰	۳/۵	۲/۵	۵۰

تعیین خاکستر نمونه معرف

آزمایش های تعیین خاکستر نشان می دهد که حدوداً ۴۹ درصد نمونه را خاکستر تشکیل می دهد که مطالعات میکروسکپی، پتروگرافی و XRD نیز چنین نتایجی را تایید می کند.

تجزیه شیمیایی نمونه معروف

جدول ۲ نتایج حاصل از مطالعات XRF را نشان می دهد.
با توجه به جدول ۳ می توان به نتایج ذیل دست یافت:
۱. در pH سوسپانسیون طبیعی پساب (pH ~۸)
الف. بار سطحی کوارتز منفی بوده
ب. بار سطحی ایلیت منفی بوده
ج. بار سطحی کائولین منفی بوده
د. بار سطحی روتیل منفی بوده
ه. بار سطحی گوتیت منفی بوده
و. بار سطحی زغال منفی بوده
۲. در pH ≈ ۸ می توان با توجه به نقطه بار صفر کلیه ذرات به کمک یک فلوکولان کاتیونی (پلی اکریل آمید) تجمع ذرات را پیش بینی نمود.

جدول شماره ۲: آزمایش های XRF بر روی ذرات جامد موجود در پساب کارخانه

عناصر	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	K_2O	MgO	دیگر مواد
درصد	۲۲	۲۰	۳/۵	۲	۱/۵	۱۰/۵	۵۰/۵

تعیین نوع بار سطحی کانیها و پتانسیل سوسپانسیون

با توجه به pH (حدود ۸)، پتانسیل محیط پایدار (۴۵ ـ میلی ولت) و جدول یک می توان بار سطحی مواد تشکیل دهنده سوسپانسیون را مطابق جدول ۳ تعیین نمود.

مطالعات تکمیلی

آماده سازی و مشخصات فلوکولان مصرفی

از پلی اکریل آمید به عنوان فلوکولان با جرم ملکول ۴×۱۰^{۶} استفاده شده است. حدود ۰/۵ گرم فلوکولان در یک لیتر آب سرد (در بشر دولیتری) ریخته و به مدت ۳ ساعت (صرفاً جهت توزیع یکنواخت زمان ۳ ساعت انتخاب گردیده گو اینکه در مقیاسصنعتی نیز چنین زمان آماده سازی اعمال می گردد) مخلوط شده است. افزایش فلوکولان به آب سرد باید به نحوی باشد تا ضمن جلوگیری از گره شدن ذرات، از جدایش زنجیر پلیمری آن نیز جلوگیری شود.

جدول شماره ۳: نقطه بار صفر (ZPC) و وضعیت بار سطحی کانیها

نوع کانی	ایلیت	کوارتز	کائولین	روتیل	گوتیت	زغال
PH مربوط به نقطه بارصفر	۱-۰	۱/۸	۳/۲	۶/۷	۷-۶	۳/۵

شرایط کلی و پارامترهای عملیاتی

پارامترهای متعددی از جمله غلظت فلوکولان، pH ، سرعت همزن و تأثیر غلظت متفرق کننده (سیلیکات سدیم) مورد آزمایش قرار گرفته است. در شروع آزمایش جهت تعیین غلظت بهینه فلوکولان دور همزن، pH و پتانسیل سوسپانسیون به ترتیب rpm ۲۵۰، ۸ و ۴۵- میلی ولت تعیین گردیده و نتایج بهینه در جداول ۴، ۵، ۶ و ۷ درج شده است.

جدول شماره ۴: تغییرات درصد خاکستر، میزان شفافیت و بازیابی ذرات در غلظتهای مختلف ماده منعقدکننده

غلظت فلوکولان (g/lit)	خاکستر(٪)	میزان شفافیت	بازیابی ذرات (٪)
۰/۰۰۰۲۵	۱۵	کدر	۳۰
۰/۰۰۱۵	۳۸	عالی	۹۰
۰/۰۰۳	۳۰	خوب	۴۴
۰/۰۰۳۵	۳۲	خوب تقریباً خوب	۴۰
۰/۰۰۴	۶	تقریباً کدر	۲۵

جدول شماره ۵: تغییرات درصد خاکستر، میزان شفافیت و بازیابی ذرات در مقادیر مختلف pH

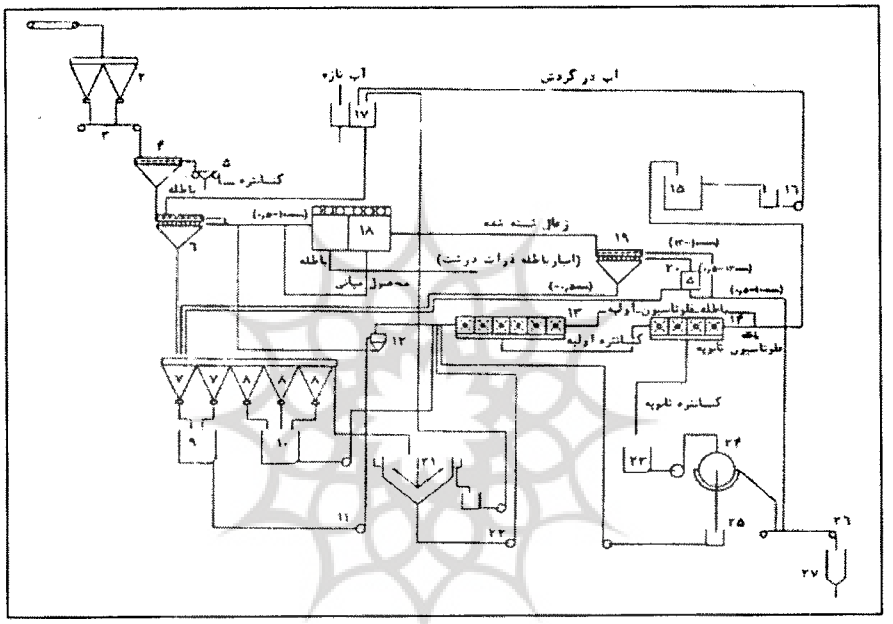
PH	خاکستر(٪)	میزان شفافیت	بازیابی ذرات(٪)
۱۲	۴۴	عالی	۹۴
۸	۴۰	عالی	۹۳
۷	۴۰	عالی	۹۱
۶	۳۶	عالی	۹۰
۳	۳۲	عالی	۹۰

جدول شماره ۶: تغییرات درصد خاکستر، میزان شفافیت و بازیابی ذرات در مقادیر مختلف سیلیکات سدیم

غلظت سیلیکات سدیم (g/lit)	خاکستر(٪)	میزان شفافیت	بازیابی ذرات (٪)
۰/۰۱۰	۳۸	خوب	۹۲
۰/۰۲۰	۳۱	کم	۸۶
۰/۰۳	۲۴	تقریباً کدر	۷۵
۰/۰۳۵	۲۸	کدر	۸۰
۰/۰۰۵	۳۵	نسبتاً خوب	۸۹

جدول شماره ۷: تغییرات درصد خاکستر، میزان شفافیت و بازیابی ذرات در rpm مختلف

دورهمزن	خاکستر(٪)	میزان شفافیت	بازیابی ذرات(٪)
۵۰	۳۷	کم	۷۶
۱۵۰	۴۹	عالی	۸۵
۲۵۰	۴۰	خوب	۹۰
۳۰۰	۳۵	تقریباً خوب	۸۸



شکل شماره ۲: فلوشیت کارخانه زغالشویی زیرآب

۱. تغذیه کننده
۲. بونکر نمونه و جدایش ذرات
۳. نوار نقاله
۴. سرند با چشمه صدمیلیمتر
۵. نوار سنگ جوری
۶. سرند با چشمه ۰/۵ میلیمتر
۷. کلاسیفایر ذرات درشت
۸. کلاسیفایر ذرات ریز
۹. مخزن ذرات ریز
۱۰. مخزن ذرات درشت
۱۱. پمپ
۱۲. هیدروسیکلون
۱۳. سلولهای اولیه فلوتاسیون (رافر)
۱۴. سلولهای شستشو
۱۵. حوضچه ته نشینی باطله
۱۶. پمپ
۱۷. مخزن آب برگشته
۱۸. جیک
۱۹. سرند شستشو
۲۰. سانتریفوژ
۲۱. تیکنر
۲۲. پمپ
۲۳. مخزن گنسانتره
۲۴. فیلتر
۲۵. حوضچه (فاضلاب)
۲۶. نوار نقاله برای حمل کنسانتره
۲۷. بونکر بارگیری

تجزیه و تحلیل نتایج

با توجه به جدول ۴ به نظر می رسد که غلظت ۰/۰۰۱۵ g/lit فلوکولان مناسب باشد. دلیل کاهش شفافیت و بازیابی در غلظت های زیاد مطابق با نظریه بعضی از محققین (۸) پوشش بیش از حد ذرات توسط فولولان است و فرضیه اینکه نباید بیش از ۳۰ درصد ذرات توسط فلوکولان پوشیده شود در چنین وضعیتی مصداق پیدا می کند.

تغییرات pH (جدول ۵) یکی از مهمترین و اساسی ترین پارامترهای عملیاتی است زیرا در pHهای بسیار اسیدی بار سطحی کلیه ذرات مثبت بوده و جدایش مطلوبی صورت نگرفته است.

تفرق ذرات قبل از فلوکولاسیون (جدول ۶) از پارامترهای کلیدی عملیات بوده زیرا باعث گردیده تا بطور انتخابی بتوان فلوکولاسیون را میسر ساخت. با توجه به جدول ۷ بنظر می رسد دور متوسط همزن (۱۵۰ دور در دقیقه) بهتر از دورهای بالا (به دلیل جداشدن فلوکولان) و بهتر از دورهای پایین (عدم شرایط کافی جهت الصاق) باشد.

نتیجه و پیشنهادها

۱. مطالعات انجام شده بر روی پساب موجود در تیکنر(غلیظ کننده) کارخانه نشان می دهد که شاید بتوان باطله فلوتاسیون را نیز بدین ترتیب تصفیه نمود.

۲. با کنترل فلوکولاسیون تحت شرایط ذیل:

- غلظت فلوکولان: ۰/۰۰۱۵ g/lit
- pH: ۸
- غلظت سیلیکات سدیم به عنوان متفرقه: ۰/۰۱ g/lit
- دور همزن: (۱۵۰ rpm)

می توان ضمن دست یابی به بازیابی ۹۳ درصد ذرات معلق، ۴۰ درصد خاکستر را نیز از محیط عمل خارج ساخت.

۳. بازیابی آب و ورود مجدد آن به چرخه کارخانه از دیگر محسنات این روش است.

۴. بهتر است مطالعات کواگولاسیون با آهک و یا ریزشناورسازی را نیز در ادامه آزمایش ها پیش بینی نمود.

منابع

۱. وقار، بابک و رضایی، بهرام ۱۳۷۷ بررسی اثرات زیست محیطی ناشی از کارخانه های زغالشویی، سمینار کارشناسی ارشد - دانشگاه صنعتی امیرکبیر

2. Berkowitz, N. 1994 An introduction to coal technology. Academic press Ltd: 46-61-368 and 373.
3. Khoury, D. L. 1981. Coal cleaning technology. Noyes, Data Corp: 316-330.
4. Pears, M. J. and Barnet J. 1979. Chemical treatments for thickening and filteration. 2nd. World filteration congress.: 460-465.
5. Somasundaran, P. 1982. Fine particle processing. Vol. 2: 947-973 and 991-993.
6. Deason, D. M. et al 1985 Selective flocculation process for cleaning of Lignite, Lignite utilization symp. Texas.
7. Attia, Y. 1986. Selective flocculation cleaning upper free port coal with polymeric flocculant. Int. symp. on floc. In biotech. And sepn. System San Francisco.
8. Healy, T.W. 1979. Principles of dispersion and aggregation of mineral fines. Beneficiation of Mineral Fines by P, Somasundaran and Arbiter S.M.E.: 177-198.