

رهیافت‌های مدیریت پسماند در کارخانه فرآوری معادن بزرگ

سجاد حقیر چهره قانی^۱، عارف علی پور^۲، جعفر عبدالهی شریف^۳

دانشگاه ارومیه، گروه مهندسی معدن^{۱ و ۳}

s.chehreghani@urmia.ac.ir

دانشگاه صنعتی ارومیه، گروه مهندسی معدن^۲

a.alipour@mie.uut.ac.ir

چکیده

پسماندها و باطله‌های تولیدشده کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی که حاوی فلزات سمی و سنگین هستند، با ایجاد مکانیسم‌هایی با مواد مختلف به منابع آبی و خاکی منتقل شده و اثرات زیانبار زیست‌محیطی را سبب می‌شوند. ایجاد باطله خمیری با درصد آب کمتر، دانسیته و ویسکوزیته بالا یکی از راه‌های کاهش خطرات احتمالی آلودگی محیط‌زیست و کاهش سایر مشکلات سدهای باطله است. PPSM در یک مرحله کار هر دو سیستم تیکنر و فیلتر را انجام می‌دهد و باطله خمیری با دانسیته بالا و تا حدود ۷۵ درصد جامد تولید می‌کند. مزایای این سیستم در کارخانه فرآوری معدن طلای آق‌دره ارزیابی و کاهش ۳۴ درصدی حجم مخزن، حداقل ۲۰ میلیارد ریال کاهش هزینه ساخت سد باطله، آب بازیافتی ۱۹/۷ مترمکعب بر ساعت، ۱۴ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب تازه و سیانید سدیم گزارش شده است. مطالعات اولیه راه‌اندازی سیستم تولید باطله خمیری در معدن مس سونگون بعمل آمده و براساس اطلاعات پایه طراحی انتظار می‌رود میزان آب بازیافتی از پالپ خروجی کارخانه به ۱۷۰۰ متر مکعب در ساعت برسد و کاربرد سیستم کاهش حدود ۲۵ درصدی حجم مخزن سد باطله را بدنبال داشته باشد.

واژه‌های کلیدی

معدن، باطله خمیری، محیط‌زیست، معدن سونگون اهر، معدن طلای آق‌دره.

۱- مقدمه

مواد معدنی، با توجه به افزایش تولید ناخالص ملی و مرتفع نمودن نیاز صنایع به‌عنوان ماده اولیه، بخشی از زیربنای اقتصادی هر کشوری را تشکیل می‌دهند [۱]. با توسعه و پیشرفت صنایع و نیاز فزاینده به محصولات تولیدی معادن و کارخانجات، با روند کاهش عیار مواد معدنی در دسترس، حجم مواد وارد شده به کارخانجات فرآوری مواد معدنی افزایش می‌یابد. پسماند در صنایع معدنی به محصولات غیر مفید معادن و کارخانجات فرآوری مواد معدنی اطلاق می‌گردد و عموماً با عنوان «باطله» نامیده می‌شود. امروزه بیش از ۲/۳ میلیارد تن باطله معدنی در سال تولید می‌شود. افزایش حجم باطله‌های تولیدی لزوم توجه به انباشت باطله، احداث سد باطله، پایداری سد باطله و چگونگی حفاظت آن و جلوگیری از آلودگی محیط زیست و آب‌های زیرزمینی را ایجاب می‌کند. از طرفی ممکن است آنچه که امروز باطله تلقی می‌شود، در آینده به عنوان یک ماده اولیه مفید مورد استفاده قرار گیرد [۲].

تاریخچه مسائل زیست‌محیطی و معدنکاری، به روزهای آغازین پیدایش این صنعت مربوط می‌شود. پارسلسوس، پزشک سوییسی، در سال ۱۵۶۷ میلادی اولین رساله را در باب بیماری‌های شغلی معدنکاران نوشت و یکی از تعاریف سم‌شناسی دوران نو را در رساله‌اش بیان کرد: «آنچه سمی نیست، چیست؟ همه چیز سمی است و چیزی وجود ندارد که مسمومیت نداشته باشد، این تنها دوز و مقدار ماده است که آن را از سمی بودن خارج می‌کند.» [۱].

پسماندها و باطله‌های تولیدشده کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی که حاوی فلزات سمی و سنگین هستند، با ایجاد مکانیسم‌هایی با مواد مختلف به منابع آبی و خاکی منتقل شده و اثرات زیانبار زیست‌محیطی را سبب می‌شوند [۳].

باطله‌ها معمولاً بصورت پالپ به سد باطله انتقال می‌یابند و ممکن است مقداری از فاز مایع آن (آب) بمنظور استفاده مجدد به چرخه فرآوری برگشت داده شود [۴]. روی، جیوه و ... جز فلزات سنگین طبقه‌بندی می‌شوند. در بررسی‌های زیست‌محیطی بیشترین نگرانی متوجه فلزاتی است که اغلب با ذخایر سولفیدی فلزات پایه نظیر مس، سرب، روی و ... همراهند. برخی از این فلزات ممکن است در آب‌های حاصل از زهکشی معادن در مقادیر خطرناکی یافت شوند [۴]. کانی‌های سولفیدی آهن بخصوص پیریت و پیروتیت پس از اکسیداسیون و در واکنش با آب، زهابی را تولید می‌کنند که بعلت داشتن خاصیت اسیدی و محلول بودن فلزات سنگین در آن، ایجاد مشکلات زیست‌محیطی می‌کند [۴]. همچنین فرایند فلوتاسیون بعنوان یکی از مراحل فرآوری دارای اثرات گسترده زیست‌محیطی است. عمده این اثرات در نتیجه استفاده از داروها یا معرف‌های شیمیایی است. از مواد مورد استفاده در فلوتاسیون می‌توان به کلکتورها، تنظیم‌کننده‌های بازی یا اسیدی، بازداشت‌کننده‌ها، فعال‌کننده‌های سطح و کف‌سازها اشاره کرد؛ این مواد قابل بازیابی نبوده و بخشی از باطله را تشکیل می‌دهند [۵]. مهمترین فرایندهای فیزیکی و شیمیایی برای حذف کاتیون‌های فلزی از محلول آبی شامل رسوب شیمیایی، فیلتراسیون، اسمز معکوس و الکترودیالیز، تبادل یونی و جذب سطحی است؛ که معایبی از قبیل گرانی، تولید لجن و مواد سمی، نیاز به انرژی و وقت اضافی و ... دارند [۶]. هزینه‌های بالای اجرا و بزرگی مقیاس پروسه حذف کامل کاتیون‌های فلزی و سایر مواد از محلول‌های آبی منجر به بهره‌گیری از سد باطله در کنار معادن می‌شود. نوشتار حاضر راهکارها و پیشنهادات لازم جهت مدیریت پسماند صنایع معدنی را مورد بررسی قرار می‌دهد.

۲- گزینه‌های مختلف مدیریت پسماند صنعتی کارخانه فرآوری

گزینه‌های متعددی جهت طراحی سامانه جمع‌آوری و بازیابی پساب‌های صنعتی و جلوگیری از خطرات زیست‌محیطی آنها قابل طرح و بررسی است. این گزینه‌ها که هر کدام از ویژگی‌های فنی و اقتصادی متعددی برخوردار هستند، به دو گروه عمده قابل تقسیم‌بندی است. گروه نخست گزینه‌های مبتنی بر روش‌های سنتی را شامل می‌شود و گروه دوم مشتمل بر گزینه‌هایی است که شیوه‌های مدرن دفع پساب‌های صنعتی در آنها مد نظر قرار می‌گیرد. در ادامه این گزینه‌ها به‌همراه مزایا و معایب هر کدام مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۲- گزینه‌های مبتنی بر رهیافت‌های سنتی

در این گزینه‌ها ساخت سد باطله اجتناب‌ناپذیر بوده و این سازه‌های پرهزینه جزو ارکان اصلی سامانه جمع‌آوری و دفع پسماند خواهند بود. در سال ۱۹۷۴ میلادی درانجمن ژئومکانیک استرالیا، سدهای باطله توسط «ماکس» چنین تعریف شده اند: سد باطله سدی است از نوع خاکریز و برای نگهداری پسماند دوغابی کارخانه‌ها ساخته می‌شود و دو هدف بر آن مترتب است: الف- ذخیره کردن دوغاب باطله، ب) تأمین ذخیره موقت آب، که این ذخیره پس از آنکه به مقدار کافی تصفیه و زلال شد، به رودخانه ریخته می‌شود و یا آنکه مجدداً به کارخانه بر می‌گردد [۶]. انتخاب محل سد باطله ملاحظات فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی ویژه‌ای را طلب می‌کند. در جدول (۱) برخی از عوامل مهم تاثیر گذار بر محل سد باطله ذکر شده است.

جدول ۱: برخی از عوامل موثر در انتخاب محل سد باطله [۸].

عامل تاثیر گذار	شرح
توپوگرافی	سد باطله در افق پائین تری نسبت به کارخانه قرار گیرد، مساله حرکت آبهای سطحی بسمت سد باطله کنترل شود، همچنین استفاده از زهکش‌های طبیعی مدنظر قرار گیرد.
طبیعت باطله‌ها	ترکیب، وزن مخصوص، ... مواد باطله اعم از مایع، جامد یا ژله که بکمک نیروی ثقل یا پمپاژ به سد منتقل می‌شود، حایز اهمیت است.
مسائل مربوط به محیط زیست	لزوم توجه به مقررات زیست‌محیطی ضروری است، آلودگی آبهای زیرزمینی، آلودگی هوا، انتقال مواد جامد مضر توسط باد و ... باید بگونه‌ای باشد که میزان آلودگی به حداقل برسد.
مسائل فیزیکی	یکی از مهمترین عوامل فیزیکی محدودیت ارتفاعی محل انباشت باطله که متأثر از فاکتورهایی مانند شرایط خاک، درصد مواد جامد باطله، ساختمان زمین شناسی، فونداسیون و زلزله خیزی منطقه است.
شرایط آب و هوایی	زمستانهای سرد ساخت دیواره سد را فقط در تابستان ممکن خواهد ساخت، همچنین بارندگی شدید ناپایداری زمین‌شناسی محل احداث سد باطله را در پی دارد.

در تمامی گزینه‌ها که مبتنی بر ساخت سد باطله هستند همواره خطر شکست سد باطله و جریان یافتن حجم عظیمی از مواد شیمیایی صنعتی بسمت مراکز جمعیتی و یا صنعتی پایین دست وجود دارد. شکست در سدهای رسوبگیر ۸ برابر بیشتر از سدهای مخزنی اتفاق می‌افتد. برای کاهش پتانسیل ناپایداری سد و بمنظور تحکیم آن در پایین دست علاوه بر ساخت بدنه اصلی سد که حاوی هسته رسی خواهد بود، در شیروانی پایین دست سد می‌بایست سد پاشنه یا پنجه سنگریز، نیز ایجاد شود و در نهایت بمنظور کنترل نشست‌ها و کنترل

تراوش از سد اصلی و برای ذخیره نمودن هر گونه آب نشتی احتمالی از سد شروع کننده می‌بایست سد ذخیره نشتاب نیز در مناطق پایین دست احداث شود.

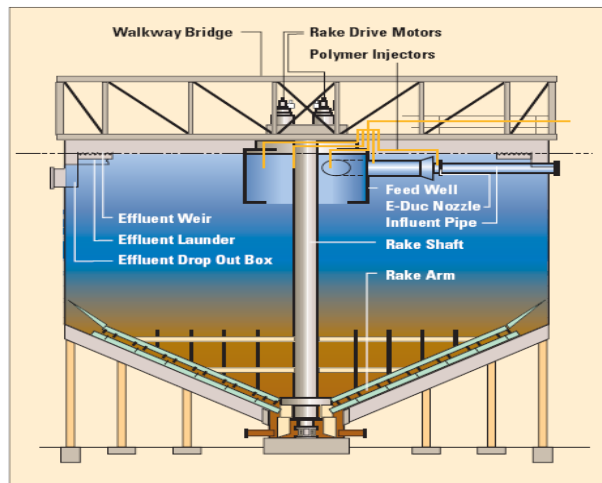
۲-۲- گزینه مبتنی بر رهیافت‌های نوین

امروزه با پیشرفت تکنولوژی، سامانه جمع‌آوری و دفع پساب‌های صنعتی نیز دستخوش تحولات اساسی شده و روش‌های نوینی برای مدیریت پساب‌های صنعتی ابداع شده است. استفاده از سامانه تولید باطله خمیری و کاهش محتوای آب باطله تا بیشینه مقدار ممکن، PPSM (paste production and storage mechanism) یکی از این گزینه هاست. ایجاد باطله خمیری با درصد آب کمتر، دانسیته و ویسکوزیته بالا یکی از راه‌های کاهش خطرات احتمالی آلودگی محیط‌زیست و کاستن مشکلات بعدی در مرحله بازسازی و احیاء منطقه سد باطله است. PPSM روش نوینی است که در آن با تغییراتی که در ساختار تیکنر داده می‌شود (شکل ۱) ترکیبی از مجموعه تیکنر و فیلتر ایجاد می‌شود [۹] عبارتی سیستم پیشرفته تیکنر است که در یک مرحله کار هر دو سیستم تیکنر و فیلتر را انجام می‌دهد و باطله خمیری با دانسیته بالا تولید می‌کند. مطابق با شکل (۲) در این سامانه امکان افزایش بار جامد پساب تا حدود ۷۵ درصد براحتی امکان پذیر است [۱۰]. این سامانه مزیت‌های بسیاری دارد که به برخی از آنها بشرح زیر می‌توان اشاره نمود:

- ✓ کاهش میزان مواد ورودی به حوضچه سد و در نتیجه نیاز به سدی با ظرفیت کمتر
- ✓ کاهش ظرفیت سد باعث کوتاهتر شدن ارتفاع دیواره سد شده و در نتیجه خطرخرابی و ویرانی سد کاهش می‌یابد.
- ✓ در پمپاژ باطله خمیری، خطر ته‌نشینی مواد بعلت کمتر شدن سرعت جریان در لوله از حد سرعت بحرانی وجود نخواهد داشت.
- ✓ پس از خاتمه بهره‌برداری و بسته شدن سد، مشکلات بازسازی سد پر شده با باطله خمیری، بمراتب کمتر از سد محتوی باطله غیرخمیری خواهد بود.
- ✓ در صورت سمی بودن باطله، چون در باطله خمیری درصد بیشتری از آب همراه با مواد سمی از مواد باطله جدا و به کارخانه برگشت داده می‌شود، خطرات احتمالی و آسیب‌های زیست محیطی بعدی بسیار کمتر از باطله‌های پرآب خواهد بود.
- ✓ هزینه آب‌بند کردن سد بعلت عدم جدایی آب از فاز جامد باطله، وجود نخواهد داشت.
- ✓ مصرف آب تازه و مواد شیمیایی بنحو موثری کاهش می‌یابد.
- ✓ بعلت کاهش رطوبت مواد، در سامانه PPSM فشار وارد بر دیواره سد باطله بنحو موثری کاهش می‌یابد [۱۰]، [۱۱] و [۱۲].



شکل (۲) افزایش بار جامد باطله با آبیگری از آن



شکل (۱) نمای کلی یک سیستم PPSM

۳- موارد مطالعاتی

تأثیرات و کارایی سیستم PPSM در دو مورد از معادن کشور مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. یکی از موارد، مربوط به معدن طلای آق‌دره است که سیستم PPSM در آن نصب شده و مزایای آن به اختصار آورده شده است و مورد دیگر مربوط به معدن مس سونگون است که پیشنهاد نصب سیستم و ارزیابی اثرات آن به تفصیل صورت گرفته است.

۳-۱- سیستم PPSM در کارخانه فرآوری طلای آق‌دره

کارخانه فرآوری طلای آق دره در ۳۲ کیلومتری شمال شهرستان تکاب در استان آذربایجان غربی واقع شده است. خوراک کارخانه، کانسنگ طلا با عیار ۳ ppm است که از معدن طلای آق دره واقع در ۱۲ کیلومتری کارخانه تامین می شود. مقدار خوراک مصرفی کارخانه طبق طراحی در حدود ۲۰۰۰ تن در روز خواهد بود. محصول کارخانه نیز کیک فیلتر با عیار ۱/۵٪ طلا است. پالپ خروجی از ته ریز مخزن لیچینگ آخر پس از بازیابی کربن هاب باقی مانده در پالپ وارد تیکنر می شود. سرریز تیکنر به عنوان آب بازیابی شده وارد مخزن ذخیره آب شده و ته ریز آن نیز با درصد جامد بین ۴۵ تا ۵۵ درصد وارد سیستم تولید باطله خمیری می گردد. در این سیستم تا حد ممکن آب ته ریز تیکنر مورد بازیابی قرار گرفته و درصد جامد مواد خروجی از PPSM به حدود ۶۵ تا ۷۰ درصد می رسد که این مواد نیز به عنوان باطله نهایی وارد سد باطله می شود. مزایای سیستم PPSM در کارخانه فرآوری معدن طلای آق دره با توجه به اطلاعات موجود و بررسی های به عمل آمده به صورت زیر قابل ذکر است [۵].

۳-۱-۱- افزایش بازیابی آب و کاهش حجم سد باطله

بخش اول بازیابی آب در کارخانه فرآوری در تیکنر انجام شده و ادامه بازیابی آب از اسلاری در سیستم PPSM انجام می گیرد. این عمل ضمن کاهش نیاز به آب تازه مصرفی، حجم سد باطله مورد نیاز برای انباشت مواد باطله در طول عمر کارخانه را نیز کاهش می دهد. برای بیان مزیت اقتصادی این اثر سیستم PPSM ذکر این مطلب کافی است که برای احداث سد باطله کارخانه فرآوری معدن طلای آق دره هزینه ای بالغ بر ۱۱۰ میلیارد ریال، تخمین زده شده است که براساس اعلام کارشناسان امور تحقیق و توسعه این واحد فرآوری، کاهش ۳۴ درصدی حجم مخزن در صورت استفاده از سیستم PPSM، حداقل ۲۰ میلیارد ریال کاهش هزینه ساخت و صرفه جویی به همراه خواهد داشت. این درحالی است که هزینه کلی طراحی، نصب و راه اندازی سیستم تولید باطله خمیری در این معدن در حدود چهار میلیارد ریال بوده است [۳].

۳-۲-۱- بازیابی مواد شیمیایی

مصرف مواد مختلفی مانند سیانید سدیم، آهک، نیترات سرب، کربن فعال، دیاتومیت و ... در فرآوری کانسنگ طلا هزینه های زیادی را در پی دارد. بازیابی آب در سیستم PPSM و بازگشت آن به کارخانه فرآوری به منزله برگشت سیانید سیم به عنوان پرازشترین ماده شیمیایی مصرفی است. میزان مصرف آب کارخانه فرآوری طلای آق دره در شرایط بدون استفاده از سیستم PPSM، ۱۴۳/۵ مترمکعب بر ساعت بوده است که با بازیابی ۱۹/۷ مترمکعب بر ساعت در سیستم تولید باطله خمیری، ۱۴ درصد صرفه جویی در مصرف آب تازه و به همین مقدار صرفه جویی در مصرف سیانید سدیم خواهیم داشت. این در حالی است که اگر کاهش میزان آلاینده گی زیست محیطی این کارخانه فرآوری و صرفه جویی های ناشی از این مقوله نیز در نظر گرفته شود، مزایای اقتصادی سیستم تولید باطله خمیری دوچندان خواهد بود [۳].

۳-۲-۲- طرح پیشنهادی برای ایجاد سامانه PPSM معدن مس سونگون اهر

مس سونگون در استان آذربایجان شرقی، در بخش ورزقان، در ۱۳۰ کیلومتری شمال تبریز و ۲۸ کیلومتری شهرستان ورزقان واقع است. ذخیره قطعی معدن ۳۸۴ میلیون تن با عیار میانگین ۰/۷ درصد و ذخیره احتمالی معدنی ۱۰۰۰ میلیون تن با عیار میانگین ۰/۶۷ درصد گزارش شده است. در فرآیند پرعیارسازی طراحی شده برای کارخانه سونگون، کانسنگ مس استخراج شده پس از خردایش اولیه بکمک سنگ شکن ژیراتور، وارد انبار مواد درشت دانه می شود. سپس مواد خرد شده بکمک آسیای خودشکن و گلوله ای، تا ابعاد زیر ۱۰۰ میکرومتر آسیا شده و در ادامه تحت فرآیند فلوتاسیون قرار می گیرد. عملیات فلوتاسیون در سه مرحله رافر، کلینر و رمق گیری انجام می شود که مراحل رافر و رمق گیری بصورت مکانیکی و مرحله کلینر بصورت ستونی است. پس از عملیات فلوتاسیون، پساب کارخانه فرآوری که تقریباً معادل خوراک ورودی است بنوعی مساله ساز شده و نیاز به مدیریت مناسب دارد.

براساس ظرفیت طراحی آب مورد نیاز کارخانه $2416 \text{ m}^3/\text{h}$ برآورد شده است. با توجه به امکان آلودگی آب های زیرزمینی، خشک سالی اخیر و محدودیت منابع آب در منطقه لزوم طراحی فرآیند کارخانه با دیدگاه بازیابی حداکثر از آب مورد استفاده در فرآیند تولید، شدیداً احساس می شود. از سوی دیگر تنها ۲/۱ درصد از هفت میلیون تن خوراک ورودی کارخانه (در فاز اول)، به کنسانتره تبدیل شده و ۹۷/۹ درصد از خوراک، بایستی در سد باطله تخلیه شود که این امر دقت و حساسیت مضاعفی را در تعیین محل و طراحی سد باطله طلب میکند [۲].

۳-۲-۳- گزینه های مبتنی بر رهیافت های سنتی

براساس رهیافت سنتی احداث سد باطله و رسوبگیر، شش گزینه برای کارخانه فرآوری معدن مس سونگون مترتب بوده است. در جدول (۲) بطور خلاصه کلیات، مزایا و معایب هر یک از این شش روش مطرح شده است. اگر گزینه های مبتنی بر این رهیافت را مد نظر قرار دهیم، مناسب ترین منطقه، احداث سد باطله در شش کیلومتری معدن و در حوزه آبریز رودخانه آیت کندی خواهد بود. شکل (۳) نمای

عمومی از کارخانه فراوری و تیکتر باطله معدن سونگون را نشان می دهد. با توجه به حجم بسیار بالای پساب کارخانه سونگون و ظرفیت تولید سالانه آن، در صورت شکست سد باطله دهها میلیون تن گل و لای حاوی مواد شیمیایی اکو سیستم طبیعی منطقه را مورد تهدید جدی قرار خواهند داد.

جدول (۲) توصیف کلیاتی از ۶ روش مطرح سنتی برای مدیریت پساب کارخانه مس سونگون

گزینه	توصیف کلی	مزایا	معایب
۱	استفاده از منابع قرضه محلی جهت ترفیع بدنه سد اصلی مدنظر است.	امکان انتقال مستقیم پساب خروجی از تیکتر به سد باطله فراهم می شود.	هزینه های سرمایه ای بسیار بالایی برای ساخت و ترفیع بدنه سد اصلی مورد نیاز است.
۲	ترفیع بدنه سد اصلی از بار جامد معلق موجود در پساب صنعتی تامین خواهد شد	هزینه سرمایه ای ساخت سد کاهش می یابد.	نیاز به استفاده از تیکتر و سیکلون جهت تولید بار جامد لازم دانه بندی شده وجود دارد.
۳	ترکیبی از گزینه شماره یک و دو بوده که در آن تیکترها حذف و پساب با مقدار بار جامد کمتر و آب بیشتر مستقیماً به سد باطله و سیکلون ها پمپ شده و با جدایش مواد درشت دانه و ریزدانه سد ساخته می شود		هزینه های سرمایه ای بالا و افزایش مشکلات زیست محیطی است که افزایش حجم سد باطله بدنبال دارد.
۴	خروجی پساب از تیکتر بسمت مرتفع ترین نقطه منطقه پمپ شده و در پشت یک سد فیلتر تخلیه می شود. آب باطله جمع آوری و جهت استفاده مجدد به کارخانه بر می گردد.	سیکلون ها حذف و به تبع آن نیاز به آب تازه جهت ترفیق پالپ مرتفع خواهد شد	نیاز به منابع قرضه جهت ترفیع سد وجود دارد. سطح بزرگتری زیر پوشش پساب قرار می گیرد.
۵	سد باطله ای هسته رسی ایجاد و تمامی پساب خروجی از تیکتر بدون نیاز به سیکلون در پشت سد تخلیه می شود.	هزینه های سرمایه ای کمتری نیاز دارد.	تیکتر و سیکلون ها حذف می شود بتبع آن مخزن بزرگ مشکلات ایمنی و زیست محیطی در پی دارد.
۶	استفاده توأم تیکتر و سیکلون مطرح است. ته ریز تیکتر به سد باطله حمل شده و با اضافه نمودن آب تازه وارد سیکلونها می شود. در سیکلون ها اجزا دانه ریز و دانه درشت از یکدیگر جدا شده و اجزا دانه درشت به مصرف ساخت و ترفیع بدنه سد اصلی می رسد	حجم سد باطله کاهش می یابد و مصرف منابع قرضه محلی در ساخت بدنه اصلی به حداقل می رسد. همچنین با در نظر گرفتن جنبه های ایمنی، فنی و زیست محیطی طراحی شده است.	افزایش هزینه های سرمایه ای بواسطه نیاز به سیکلون و نیاز به آب بیشتر

با توجه به حجم پساب کارخانه مس سونگون اهر و ویژگی های توپوگرافی محل اجرای طرح، ارتفاع اولیه سد مورد نیاز جهت جمع آوری پساب حدود ۶۵ متر بوده که با احتساب سالانه ۷ میلیون تن بار جامد همراه پساب ارتفاع سد سالانه ۳ متر افزایش می یابد (در این پیش بینی افزایش تولید معدن به چهارده میلیون تن در سال نیز مد نظر قرار گرفته است) و ارتفاع آن به حدود ۱۸۰ متر خواهد رسید.



شکل (۳) نمای کلی از معدن سونگون اهر (کارخانه، تیکتر باطله، ایستگاه پمپاژ و ...)

۳-۲-۲- سیستم PPSM در کارخانه فرآوری معدن مس سونگون اهر

درصد جامد باطله خمیری از فاکتورهای مهم در فرآیند طراحی سامانه PPSM است بطور معمول پالپ خروجی از تیکنرهای معمولی حاوی ۵۰ الی ۵۵ درصد بار جامد است ولی در حالت تهیه خمیر این نسبت بحدود ۷۵ الی ۸۰ درصد نیز می‌رسد، برای رسیدن به درصد بار جامد بالا، استفاده از فلوکولانت‌های مناسب ضروری است. در هر حال با فلوکولانت‌های معمول نیز رسیدن به نسبت جامد ۷۰ درصد دور از انتظار نخواهد بود. در حال حاضر کارخانه برای ۷ میلیون تن خوراک ورودی در سال طراحی شده است، ولی با توجه به افزایش ظرفیت تا ۱۴ میلیون تن پیشنهاد شده است تا، دو خط موازی برای تولید خمیر در این کارخانه طراحی شود. خط اول بر اساس تولید سالیانه ۷ میلیون تن و یا ۲۳۰۰۰ تن در روز و خط دوم نیز مشابه خط اول و با همان ظرفیت در موعد اجرای فاز دوم کارخانه پیاده‌سازی شود [۲].

بر اساس ارزیابی‌های بعمل آمده در صورت اجرای سامانه PPSM در کارخانه مس سونگون اهر و با استفاده از فلوکولانت معمول میزان آب بازیافتی از پالپ خروجی کارخانه می‌تواند به ۱۷۰۰ متر مکعب در ساعت برسد که در مقایسه با وضعیت فعلی حدود ۲۵ درصد بیش از مقدار آب بازیافتی از طرح واحد طراحی معدن است، که این امر کاهش حدود ۲۵ درصدی حجم مخزن سد باطله را بدنبال دارد؛ چرا که در هنگام استفاده از خمیر امکان انبار کردن ارتفاعی مواد افزایش یافته و نسبت بحالت اسلاری میتوان تا ۵۰ درصد ارتفاع را افزایش داد. بطور خلاصه مزیت‌های بکارگیری سامانه PPSM در معدن سونگون اهر را بشرح جدول شماره ۳ می‌توان خلاصه نمود.

جدول (۳) برخی از مزایای تولید باطله خمیری در معدن سونگون اهر

بیان کیفی تغییرات با بکارگیری سیستم PPSM	بیان کمی
بازیافت آب با بکارگیری سامانه PPSM	حدود ۱۷۰۰ متر مکعب در ساعت
افزایش غلظت درصد جامد باطله نسبت به سیستم تیکنر	حدود ۲۵ درصد
کاهش حجم سد باطله با بکارگیری سامانه PPSM	حدود ۲۵ درصد
کاهش مصرف انرژی تلف شده در سیستم پمپاژ آب برگشتی	با بکارگیری سیستم PPSM شاهد کاهش ۳۵ درصدی در مقایسه با طرح فعلی خواهیم بود.

مطالب ارائه شده بخوبی مزیت‌های بکارگیری سامانه PPSM را روشن می‌کند، چرا که آزادسازی اراضی در منطقه و نیز افزایش حجم سد باطله هزینه سرمایه‌های هنگفتی را به معدن تحمیل می‌نماید و هر سیستمی که بتواند صرفه‌جویی را در مصرف مواد شیمیایی، آب و کاهش حجم باطله و نیز از همه مهمتر کاهش عوارض زیست‌محیطی داشته باشد، بعنوان گزینه مناسب می‌بایست مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در باطله‌های خمیری بغلت عدم جدایش فاز جامد و مایع عوارض زیست‌محیطی تخلیه پساب‌های صنعتی به حداقل مقدار خود می‌رسد. باطله خمیری را براحتی و بدون نیاز به سنگر باطله می‌توان بر روی زمین نیز انبار کرد، با توجه به وجود سولفور در مواد باطله معدن سونگون و احتمال بالای ایجاد اسید در سد، استفاده از باطله خمیری بسیار سودمند خواهد بود، زیرا میزان اکسیداسیون در سد باطله کاهش زیادی خواهد داشت.

در صورت استفاده از سامانه PPSM ضمن کاهش قابل توجه خطرات زیست‌محیطی تخلیه پساب‌های شیمیایی به محیط زیست، حجم مخزن نیز به مقدار قابل توجهی کاهش و ۳۵ درصد در انرژی مصرفی سیستم پمپاژ، صرفه‌جویی خواهد شد. با توجه به مزیت‌های بیشمار این سامانه و براساس نتایج بدست آمده، مطالعه امکان‌جایی این سامانه با سیستم سنتی موجود فعلی توصیه می‌شود. در کنار استفاده از سیستم PPSM و بمنظور کنترل مناسبتر مشکلات مربوط به باطله کارخانه فراوری، با توجه به هزینه بالای روش‌های حذف کاتیون‌های فلزی با روش‌های فیزیکی و شیمیایی، امروزه تمرکز بیشتر بروی جاذب‌های کم‌هزینه است؛ مواد باطله صنایع، ضایعات کشاورزی، میکرو ارگانسیم‌های زنده، سرباره‌ها و مواد رسی از این‌قرارند. مواد رسی بدلیل مساحت سطحی بالا، پایداری شیمیایی، تنوع خصوصیات ساختاری و سطحی بیشتر مورد توجه است. بررسی امکان استفاده از بنتونیت بعنوان نمونه رس قابل دسترس با توجه به شرایط منطقه سونگون در شرایط نامناسب آلودگی توصیه می‌شود.

مراجع

- [۱] مرف، هرمزی، ا. و یعقوب پور، ع، منابع معدنی از دیدگاه اقتصادی و محیط زیستی، انتشارات ویژه نشر، ۱۳۷۵.
- [۲] عبدالمولی شریف، ج. و نوروزی، ه، بررسی گزینه‌های مختلف دفع پساب صنعتی مجتمع مس سونگون اهر، هشتمین کنفرانس ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست در معادن، تهران، ۱۳۸۷.

- [۳] عبدالمهی شریف، ج.، معرفی سامانه جمع‌آوری و بازیافت پساب صنعتی کارخانه آرایش طلای آق دره تکاب و مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی آن، اولین سمینار مدیریت آب‌های بازیافتی و پساب‌های صنعتی، مشهد، ۱۳۸۷.
- [۴] چهره‌قانی، س. حسین زاده، ح. و علیپور، ع. بررسی تولید باطله خمیری در کارخانه فرآوری طلای آق دره و اثرات زیست‌محیطی آن، نخستین کنفرانس مهندسی برنامه ریزی و مدیریت سیستم‌های محیط زیست، تهران، ۱۳۸۶.
- [۵] حسین زاده، ح.، بررسی کاربری سدهای باطله در معادن، سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی معدن یزد، ۱۳۸۶.
- [6] Cincilla, W., Landriault, D., Newman, P. and Verburg, R., "Paste Disposal. Mining Environmental Management", May 1998.
- [7] Verburg, R.B.M., "Environmental Benefits Associated with the Use of Paste for Surface Disposal of Tailings" Proceedings of the 50th Canadian Geotechnical Conference of the Canadian Geotechnical Society, Ottawa, Canada. pp. 484-491, 20-22 October 1997.
- [8] Brackebusch, F., Shillabeer, J., "Use of paste for tailings disposal. In: Bloss, M. (Ed.), Minefill", Proceedings of the Sixth International Symposium on Mining with Backfill. The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Brisbane, Australia, pp. 53- 58, 1998.
- [9] Cincilla, W.A., Landriault, D.A., Verburg, R., "Application of paste technology to surface disposal of mineral wastes", Proceedings of the Fourth International Conference on Tailings and Mine Waste , Fort Collins, Colorado. Balkema, Rotterdam, pp. 343- 356, 1997.
- [10] Crowder, J.J., "Deposition, consolidation, and strength of a non-plastic tailings paste for surface disposal", PhD thesis, Department of Civil Engineering, University of Toronto, Toronto, 2004.
- [11] Newman, P., Landriault, D., "The use of paste technology in the surface disposal of mineral waste", Waste Minimisation and Recycle, Birmingham, 1997.
- [12] Sofra, F., Boger, D.V., "Slope prediction for thickened tailings and pastes", Proceedings of the Eighth International Conference on Tailings and Mine Waste, Fort Collins. Balkema, Rotterdam, pp. 75- 83, 2001.