نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۴۹، شماره ۴، سال ۱۳۹۶، صفحات ۶۴۵ تا ۶۵۲
DOI: 10.22060/ceej.2017.11933.5102

تاثیر غلظت جامد، نرخ فلوکولانت و ابعاد ذرات بر رفتار آبگیری نمونه باطله مجتمع مس شهربابک

محمدرضا گرمسیری*[۱]، مرضیه حسینی نسب[۲]

[۱] گروه مهندسی معدن، واحد سیرجان، دانشگاه آزاد اسلامی، سیرجان، ایران
[۲] گروه مهندسی معدن، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

چکیده: در فرآوری مواد معدنی، اغلب فرایندها در محیط آبی صورت می‌گیرد. بنابراین پس از انجام فرایند، آب محتوای باطله با هدف کاهش هزینه‌ها و آسیب‌های زیست محیطی می‌بایست بازیابی شود. استفاده از تیکنر رایج‌ترین روش بازیابی آب در صنایع معدنی است. در این پژوهش تاثیر غلظت جامد، نرخ مصرف فلوکولانت و ابعاد ذرات بر شار ته‌نشینی و تراکم‌پذیری باطله فرآوری مس بررسی شده است. نمونه‌ها از جریان باطله مجتمع مس شهربابک جمع آوری شد و مطالعات در مقیاس آزمایشگاهی و صنعتی صورت گرفت. در مقیاس آزمایشگاهی، شار ته‌نشینی و ارتفاع نهایی دوغاب با انجام آزمایش‌های ته‌نشینی تعیین شد. هم‌چنین برای ارزیابی تاثیر هر عامل در مقیاس صنعتی، غلظت جامد ته‌ریز تیکنر به عنوان شاخص ارزیابی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که با کاهش غلظت دوغاب نه تنها مصرف فلوکولانت به ازای واحد جرم جامد کاهش میابد بلکه شار ته‌نشینی و تراکم‌پذیری دوغاب نیز بهبود میابد. هم‌چنین نشان داده شد که با افزایش مصرف فلوکولانت از ۱۵ تا ۴۵ گرم بر تن، شار ته‌نشینی حدود ۷ برابر افزایش یافت. علاوه بر آن، با کاهش ابعاد ذرات نه تنها مصرف فلوکولانت افزایش میابد، بلکه شار ته‌نشینی و تراکم‌پذیری نیز کاهش یافت. مطالعات مقیاس صنعتی نشان داد که افزایش سهم ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون از ۴۷ تا ۵۹ درصد در خوراک تیکنر موجب کاهش غلظت جامد ته‌ریز از حدود ۶۳ تا ۵۵ درصد شد. با افزایش غلظت جامد دوغاب و نرخ مصرف فلوکولانت و کاهش ابعاد ذرات، شار ته‌نشینی و تراکم‌پذیری در تیکنر کاهش میابد.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۱۰ شهریور ۱۳۹۵
بازنگری: ۱۶ آذر ۱۳۹۵
پذیرش: ۱۵ دی ۱۳۹۵
ارائه آنلاین: ۲۵ دی ۱۳۹۵

کلمات کلیدی:
تیکنر
شار ته‌نشینی
غلظت جامد
فلوکولانت
ابعاد ذرات

۱- مقدمه

اغلب روش‌های فرآوری مواد معدنی در محیط تر انجام می‌شود. در این شرایط، ماده معدنی پس از خردایش با بخش قابل توجهی آب ترکیب شده و بصورت دوغاب در می‌آید. بدین ترتیب نه تنها استفاده از روش‌های با کارایی بالاتر برای جدایش و استحصال ماده باارزش میسر می‌شود، بلکه انتقال مواد تسهیل شده و پراکنده شدن گرد و غبار در محیط کاهش می‌یابد. پس از انجام فرایند با هدف کاهش هزینه‌های عملیاتی، کاهش مصرف آب،کاهش مسائل زیست محیطی، و دستیابی به اهداف معدنکاری پایدار، آب محتوای دوغاب بازیابی می‌شود [۳-۱].

استفاده از تیکنرها رایج‌ترین روش بازیابی آب در صنایع معدنی است. تیکنر یک تانک استوانه‌ای است که در آن به کمک نیروی ثقل و در اثر اختلاف دانسیته ماده جامد و آب، جدایش آب از جامد (مواد معدنی) انجام می‌شود. در این شرایط آب به جریان سرریز و دوغاب غلیظ به جریان ته‌ریز تیکنر منتقل می‌شود [۴] و بدین ترتیب بخش قابل توجهی از آب محتوای دوغاب بازیابی می‌شود. در این شرایط با افزایش غلظت جامد ته‌ریز تیکنر، راندمان آبگیری افزایش می‌یابد. مقدار آب بازیابی شده علاوه بر نوع تیکنر، به نوع ماده معدنی و دانسیته آن، دانه‌بندی و بار سطحی ذرات، غلظت جامد دوغاب، نرخ مصرف فلوکولانت، شرایط عملیاتی تیکنر و بطور کلی رفتار ته‌نشینی و تراکم پذیری دوغاب وابسته است [۵-۷]. قابل ذکر است که جدایش جامد از مایع به کمک ثقل علاوه بر صنایع معدنی، در تصفیه پساب‌ها [۹ و ۸] و آب و فاضلاب [۱۰] نیز کاربرد دارد.

در همه تیکنرها، دو فرایند ته‌نشینی و فشردگی انجام می‌شود. در فرایند ته‌نشینی بخش عمده آب از جامد جدا می‌شود و در فرایند فشردگی بیشترین آب ممکن از دوغاب بازیابی می‌شود. از این‌رو در تیکنرها فرایندهای ته‌نشینی و فشردگی بطور همزمان باید مد نظر قرار گیرند. در تیکنرهای معمولی اهمیت فرایند ته‌نشینی بیشتر است و در تیکنرهای خمیری فرایند فشردگی اهمیت بیشتری دارد. دلیل این مساله عمق قابل توجه بستر در تیکنرهای خمیری است [۱۱]. قابل ذکر است که در اغلب تیکنرهای امروزی با هدف بهبود کارایی فرایند ته‌نشینی و افزایش ظرفیت، از فلوکولانت‌ها استفاده می‌شود. در حضور فلوکولانت، فرایند لخته‌شدگی[۱] انجام شده و مجموعه ذرات (لخته‌ها) ایجاد می‌شود و بدین ترتیب نه تنها موجب افزایش سرعت ته‌نشینی و ظرفیت تیکنر می‌شود، بلکه کیفیت آب بازیابی شده در تیکنر افزایش می‌یابد [۱۲].

*نویسنده عهده‌دار مکاتبات: m.r.garmsiri@iausirjan.ac.ir

1 Flocculation

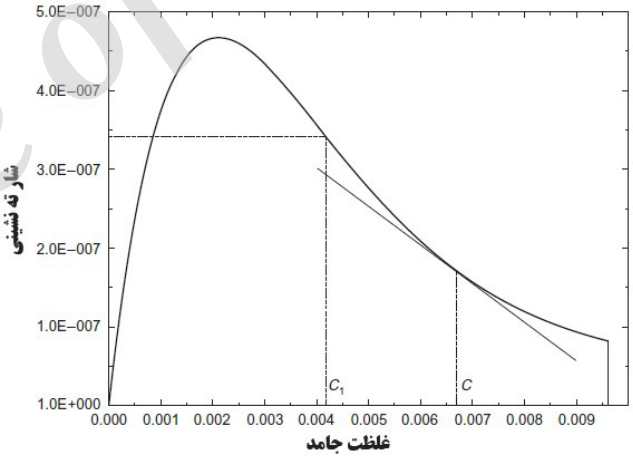
Archive of SID
www.SID.ir

پس از ورود دوغاب به تیکنر با عبور آن از یک نازل، مقدار قابل توجهی آب از منطقه شفاف بالای تیکنر به دوغاب اضافه می‌شود و غلظت جامد دوغاب ورودی کاهش یافته (رقیق‌سازی) و سپس فرایند لخته‌شدگی آغاز می‌شود. فرایند رقیق‌سازی در تیکنرهای صنعت مس به دلیل غلظت جامد نسبتا بالای باطله رایج است اما در فرآوری آهن به دلیل رقیق بودن باطله، از رقیق سازی استفاده نمی‌شود [۱۳].

شار ته‌نشینی بصورت مقدار جامد عبوری از واحد سطح تیکنر در واحد زمان تعریف می‌شود [۱۴]. شار ته‌نشینی به عنوان شاخص ارزیابی رفتار ته‌نشینی ذرات و ظرفیت تیکنر بکار می‌رود و به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود:

$$S= C\times V(C) \qquad (۱)$$

که در آن $V(C)$ سرعت ته‌نشینی دوغاب با غلظت جامد (C) است که به سادگی به کمک یک آزمایش ته‌نشینی ناپیوسته قابل تخمین است. قابل ذکر است که در همه جا فرض بر این است که غلظت در سراسر یک لایه افقی مشابه است. بنابراین شار ته‌نشینی S در هر سطح (لایه) با غلظت مشخص ذرات تعیین می‌شود. شکل ۱ نمونه شماتیک از یک منحنی شار ته‌نشینی را نمایش می‌دهد.



شکل ۱: رابطه بین شار ته‌نشینی وغلظت جامد[۱۴]

Fig. 1. The relationship between settling flux and solids concentration

کاربخش و همکاران [۱۵] تاثیر نرخ مصرف فلوکولانت بر سرعت ته‌نشینی باطله فراوری سنگ آهن را در مقیاس آزمایشگاهی بررسی کردند. ایشان دریافتند که با افزایش نرخ مصرف فلوکولانت، سرعت ته‌نشینی افزایش می‌یابد. کاظمی نیا و همکاران [۱۶]، تاثیر نرخ مصرف فلوکولانت را بر شار ته‌نشینی و تراکم پذیری نمونه باطله نهایی مجتمع گل گهر را در مقیاس آزمایشگاهی بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند با افزایش نرخ مصرف فلوکولانت، شار ته‌نشینی دوغاب باطله‌ی فرآوری سنگ آهن، افزایش و تراکم پذیری آن کاهش یافت. شریعت و همکاران [۱۷] تاثیر نرخ مصرف فلوکولانت بر شار ته‌نشینی نمونه باطله فرآوری مس در مقیاس آزمایشگاهی را بررسی کردند. ایشان نشان دادند با افزایش نرخ مصرف فلوکولانت شار ته‌نشینی بهبود یافت. یونسی و همکاران [۱۸] به کمک تیکنر در مقیاس نیمه صنعتی نشان دادند که با کاهش ابعاد ذرات، حداکثر غلظت جامد قابل دستیابی در تیکنر کاهش می‌یابد.

در صنایع معدنی، یک سوم کل باطله‌های معدنی در صنعت مس تولید می‌شود [۱۹]. از اینرو راندمان آبگیری در این صنعت اهمیت فوق العاده‌ای دارد. تا کنون افراد زیادی تاثیر خصوصیات دوغاب بر رفتار ته‌نشینی ذرات را بررسی کرده‌اند، اما تاثیر این عوامل بر فرایندهای ته‌نشینی و فشردگی باطله فراوری مس بطور همزمان مورد توجه قرار نگرفته است. در این پژوهش، تاثیر غلظت جامد دوغاب، نرخ مصرف فلوکولانت و ابعاد ذرات بر شار ته‌نشینی و تراکم پذیری دوغاب باطله نهایی مجتمع مس شهربابک در مقیاس آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. سپس با هدف ارزیابی تطابق نتایج آزمایشگاهی و صنعتی تاثیر این عوامل بر کارایی تیکنرهای خمیری باطله مجتمع مس شهربابک بررسی شد. این مساله از منظر کاربردی می‌تواند در ارزیابی افزایش ظرفیت و دستیابی به بیشترین قابلیت آبگیری تیکنر موثر باشد.

۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش، از نمونه باطله کارخانه تغلیظ مجتمع مس شهربابک استفاده شد. بدین منظور نمونه‌برداری‌های مکرر از باطله نهایی این کارخانه انجام شد. نمونه‌ها خشک شده و ترکیب شدند تا نمونه معرف با دانسیته نسبی جامد ۲/۶۵ و ابعاد ذرات ۸۰ درصد عبوری از ۱۰۶ میکرون برای انجام آزمایش‌ها حاصل شد.

به منظور ارزیابی شار ته‌نشینی و قابلیت تراکم دوغاب، از آزمایش‌های ته‌نشینی ناپیوسته در استوانه‌های مدرج ۵۰۰ سی‌سی استفاده شد. ابتدا نمونه ماده معدنی با آب فرایند ترکیب شد تا غلظت جامد مد نظر حاصل شود. سپس محلول فلوکولانت از نوع پلی‌اکریل‌آمید آنیونی با نام تجاری CU43U به مدت یک ساعت و با غلظت ۰/۱ گرم بر لیتر آماده‌سازی شد. قبل از انجام آزمایش‌ها محلول فلوکولانت آماده‌سازی شده تا ۰/۰۲ گرم بر لیتر رقیق شد و سپس مورد استفاده قرار گرفت. قبل از اضافه شدن فلوکولانت، استوانه مدرج چند مرتبه معکوس شد تا محتویات آن کاملاً همگن شود. آنگاه محلول فلوکولانت رقیق شده به محتوای پالپ استوانه مدرج طی یک مرحله با نرخ مصرف ۲۰ گرم بر تن اضافه شد و مجدداً استوانه سه بار وارونه شد تا اختلاط فلوکولانت و ذرات جامد به خوبی صورت گیرد و برش مورد نیاز برای تشکیل لخته‌ها ایجاد شود. آنگاه استوانه مدرج روی یک سطح صاف و بدون لرزش قرار گرفت تا فرایند ته‌نشینی انجام شود. در تمامی آزمایش‌ها، pH دوغاب حدود ۱۱/۵ و غلظت جامد ۱۱ درصد بود.

با هدف محاسبه شار ته‌نشینی، سرعت ته‌نشینی به کمک معادله توصیف منحنی ته‌نشینی محاسبه شد و غلظت جامد دوغاب در لایه مورد نظر از

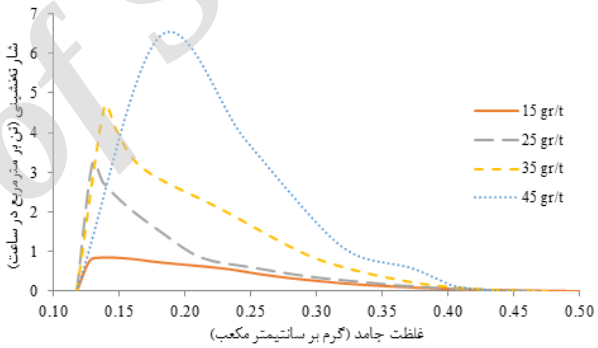
Archive of SID
www.SID.ir

روش تالیمج[1] استفاده شد [۲۰]. نهایتاً برای ارزیابی قابلیت تراکم پذیری از ارتفاع نهایی دوغاب در آزمایش ته‌نشینی پس از ۶۰ دقیقه استفاده شد. هر چقدر این ارتفاع کمتر باشد نشان دهنده تراکم‌پذیری مطلوب‌تر است. قابل ذکر است که برای ارزیابی تاثیر عوامل ذکر شده در مقیاس صنعتی نیز از غلظت جامد ته‌ریز تیکنر استفاده شد. هرچقدر ته‌ریز تیکنر غلظت بالاتری داشته باشد نشان دهنده راندمان آبگیری بهتر و کارایی بالاتر عملیات است.

۳- نتایج و بحث

۳- ۱- تاثیر نرخ مصرف فلوکولانت بر شار ته‌نشینی

افزایش نرخ مصرف فلوکولانت یک راه‌حل عملیاتی معمول برای بهبود عملکرد تیکنرها در مقیاس صنعتی است. در این بخش با هدف بررسی تاثیر نرخ مصرف فلوکولانت بر شار ته‌نشینی، آزمایش‌ها در نرخ مصرف فلوکولانت ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ گرم بر تن و به کمک دوغاب با غلظت جامد ۱۱ درصد انجام شد. شکل ۲ تاثیر نرخ مصرف فلوکولانت بر شار ته‌نشینی نمونه باطله مجتمع مس شهربابک را نشان می‌دهد

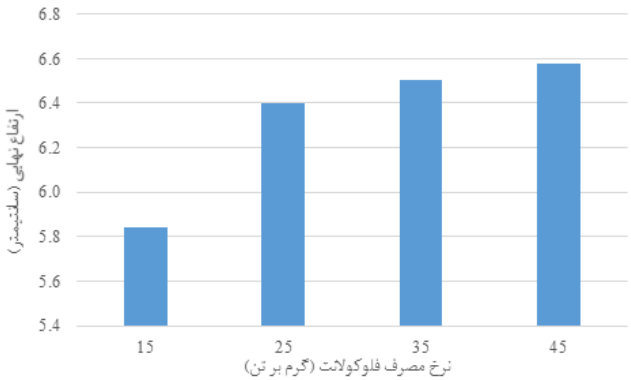


شکل ۲: تاثیر نرخ مصرف فلوکولانت بر شار ته‌نشینی

Fig. 2. The effect of flocculant dosage on the settling flux

همانطور که مشاهده می‌شود افزایش نرخ مصرف فلوکولانت موجب افزایش شار ته‌نشینی باطله مجتمع مس شهربابک شد بطوریکه با افزایش نرخ مصرف فلوکولانت از ۱۵ تا ۴۵ گرم بر تن، حداکثر شار ته‌نشینی حدود ۷ برابر افزایش یافت. بنابراین می‌توان گفت افزایش مصرف فلوکولانت یکی از راه‌های افزایش شار ته‌نشینی و ظرفیت تیکنر است. دلیل این مساله به افزایش ابعاد لخته‌ها در اثر افزایش نرخ مصرف فلوکولانت و در نتیجه افزایش سرعت و شار ته‌نشینی مربوط می‌شود. روند تغییرات مشابهی برای افزایش شار ته‌نشینی در اثر نرخ مصرف فلوکولانت در غلظت جامدهای اولیه ۷ و ۱۵ درصد نیز دیده شد. ذکر این نکته ضروری است که با وجود افزایش شار ته‌نشینی در اثر افزایش نرخ مصرف فلوکولانت، افزودن بیش از حد آن میتواند عوارض احتمالی داشته باشد. بدین منظور ارتفاع نهایی آزمایش ته‌نشینی با تغییر نرخ مصرف فلوکولانت بررسی شد (شکل ۳).

1 Talmage



شکل ۳: تاثیر نرخ مصرف فلوکولانت بر ارتفاع نهایی آزمایش ته‌نشینی ناپیوسته

Fig. 3. The effect of flocculant dosage on the final height of batch settling test

ملاحظه می‌شود با افزایش نرخ مصرف فلوکولانت ارتفاع نهایی دوغاب در آزمایش ته‌نشینی افزایش یافته است. این مساله نشان می‌دهد که در غلظت جامد ثابت، استفاده از فلوکولانت بیشتر موجب کاهش تراکم پذیری دوغاب می‌شود. نتایج مشابهی درباره تاثیر فلوکولانت بر مقاومت و قابلیت تراکم پذیری دوغاب توسط گرمسیری و حاجی امین شیرازی [۵] به کمک انجام آزمایش اسلامپ[2] گزارش شده است. بدین ترتیب می‌توان گفت اگرچه افزایش مصرف فلوکولانت موجب بهبود شار ته‌نشینی و ظرفیت تیکنر می‌شود اما از سوی دیگر تراکم پذیری دوغاب در بستر تیکنر کاهش می‌یابد. این مساله نشان می‌دهد که تاثیر افزایش مصرف فلوکولانت در تیکنرهای خمیری که از عمق بستر بیشتری استفاده می‌کنند، بیشتر از سایر تیکنرها است. علاوه بر آن افزایش نرخ مصرف فلوکولانت بیش از حد مورد نیاز، موجب انتقال فلوکولانت جذب نشده به آب سرریز تیکنر شده و می‌تواند مشکلاتی را در فرایند بوجود آورد. از جمله این مشکلات می‌توان به رسوب مواد در خطوط لوله و گرفتگی روزنه دوش‌های کارخانه تغلیظ اشاره نمود.

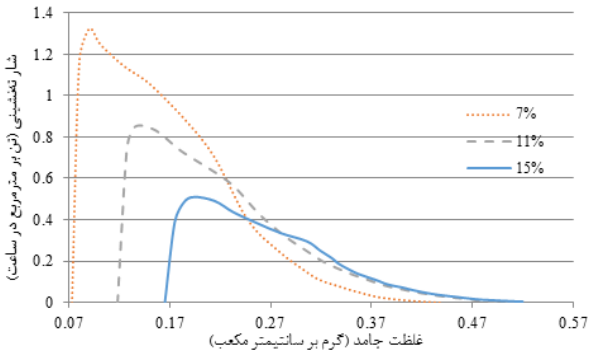
۳- ۲- تاثیر غلظت جامد دوغاب

یکی از عوامل تاثیر گذار بر عملکرد تیکنر، غلظت جامد دوغاب حین فرایند لخته‌شدگی است. شکل ۴ نقش غلظت جامد دوغاب در حضور ۱۵ گرم بر تن فلوکولانت در حین فرایند لخته‌شدگی را نشان می‌دهد.

ملاحظه می‌شود که با افزایش غلظت جامد اولیه دوغاب، بیشترین شار ته‌نشینی بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. بررسی شکل ۴ نشان می‌دهد که افزایش غلظت جامد دوغاب حین فرایند لخته‌شدگی از ۷ تا ۱۵ درصد، موجب کاهش شار ته‌نشینی از ۱/۳ تا ۰/۵ تن بر متر مربع در ساعت شد. دلیل این مساله به تغییر رژیم رفتار ته‌نشینی دوغاب از ته‌نشینی آزاد به ته‌نشینی با مانع مربوط می‌شود. با افزایش غلظت جامد دوغاب، ته‌نشینی از

2 slump

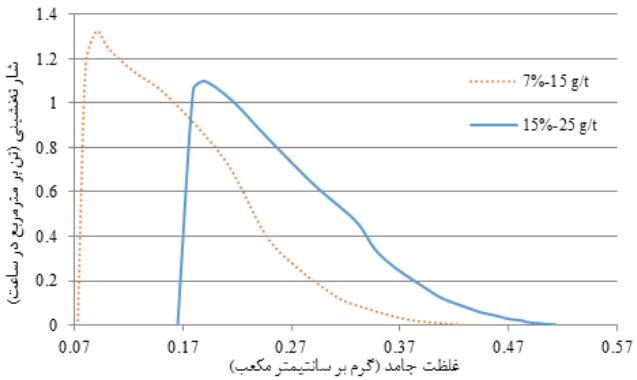
Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۴: تاثیر غلظت جامد اولیه بر شار ته‌نشینی نمونه باطله مجتمع مس شهربابک

Fig. 4. The effect of initial solids concentration on the settling flux of tailing sample at Shahrebabak copper complex

حالت آزاد به با مانع تغییر می‌کند. بنابراین ته‌نشینی کندتر صورت گرفته و شار ته‌نشینی و ظرفیت تیکنر کاهش می‌یابد. از این‌رو می‌توان گفت از منظر ته‌نشینی، فرایند رقیق‌سازی دوغاب در تیکنر باطله مجتمع مس شهربابک باید به نحوی صورت گیرد که غلظت جامد به حدود ۷ درصد یا کمتر از آن کاهش یابد. بنابراین می‌توان گفت کاهش غلظت جامد راه حل موثری برای بهبود فرایند ته‌نشینی در تیکنرها است. در این بخش تاثیر رقیق‌سازی بر مصرف فلوکولانت بررسی می‌شود (شکل ۵). بدین منظور غلظت جامد و نرخ فلوکولانت بطور همزمان تغییر کرد و تاثیر آن بر شار ته‌نشینی مورد بررسی قرار گرفت.

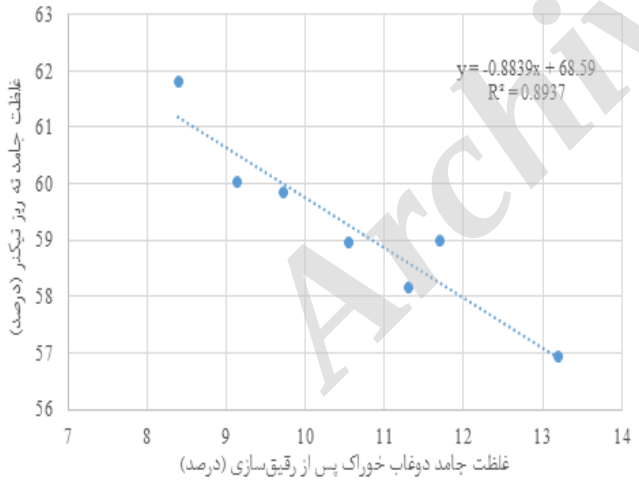


شکل ۵: بررسی شار ته‌نشینی دوغاب با تغییر غلظت جامد و نرخ فلوکولانت

Fig. 5. The settling flux of suspension varying solids concentration and flocculant dosage

از شکل ۵ ملاحظه می‌شود که شار ته‌نشینی بدست آمده از دوغاب با غلظت جامد ۷ درصد در حضور ۱۵ گرم بر تن فلوکولانت، بیشتر از شار حاصله از غلظت جامد ۱۵ درصد و نرخ فلوکولانت ۲۵ گرم بر تن است. بنابراین رقیق‌سازی دوغاب نه تنها موجب بهبود رفتار ته‌نشینی بلکه موجب کاهش نرخ مصرف فلوکولانت می‌شود.

پس از بررسی تاثیر غلظت جامد دوغاب حین لخته‌شدگی بر فرایند ته‌نشینی، در اینجا تاثیر آن بر قابلیت تراکم دوغاب بررسی می‌شود. بدین منظور یک سری آزمایش ته‌نشینی ترتیب داده شد. در آزمایش اول در دو استوانه ۵۰۰ سی‌سی دوغاب با غلظت جامد ۷ درصد آماده‌سازی شد و محتوای جامد استوانه دوم به استوانه اول اضافه شد. در آزمایش دوم در یک استوانه ۵۰۰ سی‌سی دوغاب با غلظت جامد ۱۴ درصد آماده‌سازی شد و فرایند ته‌نشینی در حضور مقدار مشابهی فلوکولانت نسبت به حالت قبل انجام شد. نتایج نشان داد که ارتفاع نهایی آزمایش ته‌نشینی در شرایطی که غلظت جامد دوغاب ۷ درصد بود بطور قابل ملاحظه‌ای کمتر از آزمایشی بود که غلظت جامد دوغاب ۱۴ درصد بود. از این‌رو می‌توان گفت رقیق‌سازی دوغاب در بهبود تراکم پذیری آن نیز می‌تواند موثر باشد. بنابراین با توجه به تاثیر رقیق‌سازی در رژیم ته‌نشینی، مصرف فلوکولانت و تراکم پذیری دوغاب، می‌توان گفت رقیق‌سازی دوغاب از ارکان بسیار مهم در تیکنرها است و اهمیت بسیار زیادی دارد. شکل ۶ تاثیر غلظت جامد دوغاب پس از رقیق‌سازی بر غلظت جامد ته‌ریز تیکنر باطله مجتمع مس شهربابک را نشان می‌دهد.

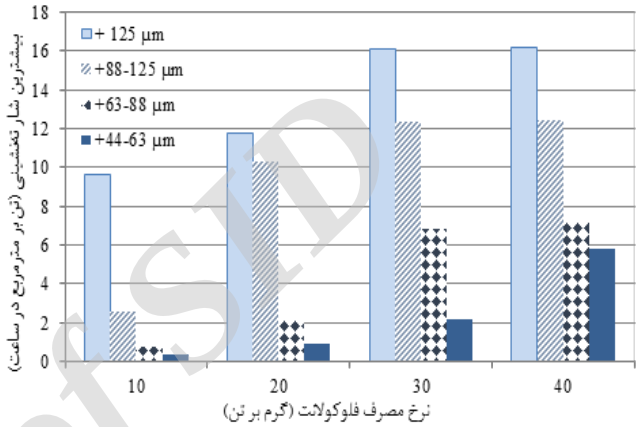


شکل ۶: تاثیر غلظت جامد دوغاب پس از رقیق سازی بر غلظت جامد ته ریز تیکنرهای باطله مجتمع مس شهربابک

Fig. 6. The effect of solids concentration after dilution on the discharge of tailing thickeners at Shahrebabak copper complex

Archive of SID
www.SID.ir

از شکل ۶ ملاحظه می‌شود با کاهش غلظت جامد پس از رقیق‌سازی، غلظت جامد ته‌ریز تیکنر افزایش یافته است که این مساله به بهبود تراکم‌پذیری دوغاب در بستر تیکنر در اثر رقیق‌سازی بهتر مربوط می‌شود. بنابراین مشاهده می‌شود نتایجی که در مقیاس آزمایشگاهی درباره تراکم پذیری دوغاب بدست آمد، در مقیاس صنعتی نیز تایید شد. بنابراین رقیق‌سازی دوغاب خوراک در همه تیکنرها مخصوصا تیکنرهای خمیری اهمیت زیادی دارد.



شکل ۷: تاثیر ابعاد ذرات جامد بر شار ته‌نشینی

Fig. 7. The effect of particle size on the settling flux

۳- ۳- تاثیر ابعاد ذرات جامد بر شار ته‌نشینی

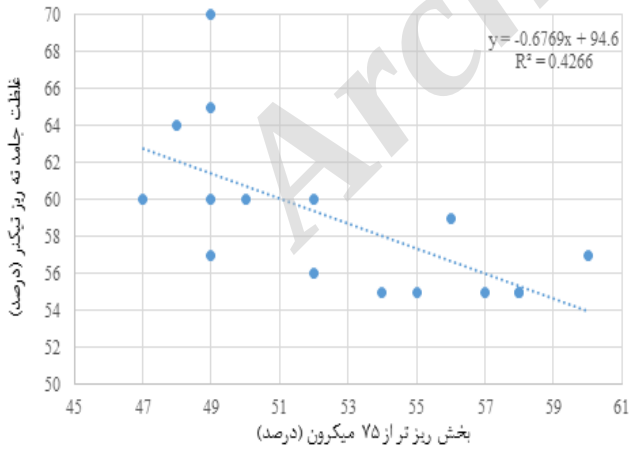
به منظور بررسی تاثیر ابعاد ذرات بر شار ته‌نشینی، نمونه جامد باطله در آزمایشگاه سرند شد و به چهار بازه ابعادی تقسیم شد. آزمایش‌های ته‌نشینی به کمک چهار بازه ابعادی مذکور در حضور نرخ‌های متفاوت فلوکولانت انجام شد. شکل ۷ بیشترین شار ته‌نشینی بدست آمده از آزمایش‌های ته‌نشینی به کمک بازه‌های مختلف ابعادی ذرات و در حضور مقادیر مختلف فلوکولانت را نشان می‌دهد.

بررسی شکل ۷ نشان می‌دهد با افزایش ابعاد ذرات شار ته‌نشینی بطور قابل توجهی افزایش یافت بطوریکه در حضور ۱۰ گرم بر تن فلوکولانت، شار ته‌نشینی برای ذرات ۶۳-۴۴+ و ۱۲۵+ میکرون بترتیب ۰/۳۸ و ۹/۷ تن بر مترمربع در ساعت است. بنابراین می‌توان گفت شار ته‌نشینی و ظرفیت تیکنر با کاهش ابعاد ذرات بطور قابل توجهی کاهش می‌یابد. قابل ذکر است که در شرایط صنعتی برای حل مساله نرمه و ذرات ریز از مقدار فلوکولانت بیشتری استفاده می‌شود.

مطالعه دقیق‌تر شکل ۷ نشان می‌دهد با افزایش نرخ مصرف فلوکولانت بیش از ۱۰ گرم بر تن، بیشینه شار ته‌نشینی در همه بازه‌های ابعادی افزایش می‌یابد. شار ته نشینی ذرات با ابعاد ۶۳-۴۴+ میکرون در حضور ۳۰ گرم بر تن فلوکولانت، بازه ۸۸-۶۳+ میکرون در حضور ۲۰ گرم بر تن فلوکولانت و بازه ابعادی ۱۲۵-۸۸+ در حضور ۱۰ گرم بر تن فلوکولانت، برابر و در حدود ۲ تن بر مترمربع در ساعت است. بنابراین می‌توان گفت با کاهش ابعاد ذرات، نرخ فلوکولانت مورد نیاز به ازای واحد جرم جامد برای دستیابی به شار مورد نظر بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

از شکل ۷ ملاحظه می‌شود در بازه‌های ابعادی درشت‌تر، در نرخ فلوکولانت بیش از ۳۰ گرم بر تن، افزایش شار ته‌نشینی محسوس نیست. دلیل این مسئله را می‌توان به بیش از حد بزرگ شدن لخته‌ها نسبت داد. هنگامی که لخته‌ها بیش از حد بزرگ می‌شوند در اثر برش راحت‌تر می‌شکنند و به لخته‌های کوچکتر تبدیل می‌شوند. این مساله در ریزترین بازه ابعادی دیده نمی‌شود زیرا با کاهش ابعاد ذرات، بدلیل افزایش نسبت سطح به وزن، مقدار فلوکولانت مورد نیاز برای رسیدن به درجه اشباع بطور چشم‌گیری افزایش می‌یابد.

با هدف بررسی تاثیر ابعاد ذرات بر قابلیت تراکم دوغاب، دو نمونه جامد با ابعاد ذرات ۶۰ و ۱۱۰ میکرون آماده‌سازی شد و آزمایش ته‌نشینی به کمک آن‌ها در حضور ۱۰ گرم بر تن فلوکولانت انجام شد. نتایج نشان داد ارتفاع نهایی دوغاب در آزمایش ته‌نشینی برای ذرات ۱۱۰ و ۶۰ میکرون بترتیب حدود ۳/۰۵ و ۳/۷ سانتیمتر بود. از این‌رو می‌توان گفت دوغاب حاوی ذرات ۱۱۰ میکرون، تراکم‌پذیری بسیار بهتری نسبت به دوغاب حاوی ذرات ۶۰ میکرون دارد. بنابراین می‌توان گفت بر مبنای نتایج آزمایشگاهی، کاهش ابعاد ذرات نه تنها موجب کاهش شار ته نشینی می شود بلکه تراکم پذیری دوغاب کاهش می یابد. برای روشن‌تر شدن این مساله، تاثیر فراوانی ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون بر غلظت جامد ته‌ریز تیکنر خمیری در مقیاس صنعتی بررسی شد (شکل ۸).



شکل ۸: تاثیر ابعاد ذرات جامد بر غلظت جامد ته‌ریز تیکنر

Fig. 8. The effect of particle size on the thickener discharge solids concentration

Archive of SID
www.SID.ir

ملاحظه می‌شود که با افزایش سهم ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون، غلظت جامد ته‌ریز تیکنر در مقیاس صنعتی کاهش یافته است. دلیل این مساله به کاهش تراکم‌پذیری دوغاب در بستر تیکنر با افزایش سهم ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (کاهش ابعاد ذرات) مربوط می‌شود. از این‌رو می‌توان گفت در اینجا نیز نتایج بدست آمده در مقیاس آزمایشگاهی، در مقیاس صنعتی تایید شد.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش تاثیر نرخ مصرف فلوکولانت، غلظت جامد و ابعاد ذرات بر شار ته‌نشینی و تراکم‌پذیری دوغاب باطله فرآوری مس بررسی شده است. بدین منظور از آزمایش ته‌نشینی ناپیوسته و نمونه‌برداری‌ها در مقیاس صنعتی استفاده شد. نمونه مورد نیاز برای انجام آزمایش‌ها از باطله نهایی مجتمع مس شهربابک تهیه شد. نتایج نشان داد با افزایش نرخ مصرف فلوکولانت، شار ته‌نشینی افزایش و تراکم‌پذیری دوغاب کاهش یافت. همچنین با افزایش غلظت جامد دوغاب، شار ته‌نشینی و تراکم‌پذیری دوغاب کاهش یافت.به عبارت دیگر با افزایش غلظت جامد دوغاب و نرخ مصرف فلوکولانت، راندمان آبگیری در تیکنر کاهش می‌یابد. نهایتا با کاهش ابعاد ذرات، شار ته‌نشینی و ظرفیت تیکنر همراه با تراکم‌پذیری دوغاب کاهش یافت. سپس تاثیر غلظت جامد دوغاب حین لخته‌شدگی و ابعاد ذرات بر عملکرد تیکنر خمیری بررسی شد. نهایتا نتایج نمونه‌برداری از تیکنر در مقیاس صنعتی، نتایج بدست آمده در مقیاس آزمایشگاهی را تایید نمود.

مراجع

[1] M.R. Garmsiri, H. Haji Amin Shirazi, M. Yahyaei, Introducing mathematical models to define settling curves in designing thickeners, in: Twelfth International Seminar on Paste and Thickened Tailing, Chile, 2009, pp. 129-135.

[2] G.M. Mudd, Sustainability Reporting and Water Resources: a Preliminary Assessment of Embodied Water and Sustainable Mining, Mine Water Environ., 27(3) (2008) 136.

[3] L. Cifuentes, I. García, P. Arriagada, J.M. Casas, The use of electrodialysis for metal separation and water recovery from CuSO4–H2SO4–Fe solutions, Sep. Purif. Technol., 68(1) (2009) 105-108.

[4] B.A. Wills, J.A. Finch, Mineral processing technology, Eighth ed., Butterworth-Heinemann, 2016.

[5] M.R. Garmsiri, H. Haji Amin Shirazi, The effect of properties of the suspension of copper processing tailings on shear yield stress and its significance to solids liquid separation, Sep. Sci. Eng., 5(2) (2013) 67-75, In Persian.

[6] B.J. Johnson, G.V. Franks, P.J. Scales, D.V. Boger, T.W. Healy, Surface chemistry–rheology relationships in concentrated mineral suspensions, Int. J. Miner. Process., 58 (2000) 267–304.

[7] R. Hogg, Flocculation and dewatering of fine-particle suspensions, in: H. Stechemesser, B. Dobiás (Eds.) Coagulation and flocculation, Taylor and Francis, 2005, pp. 805-850.

[8] E. Amanatidou, G. Samiotis, E. Trikoilidou, G. Pekridis, N. Taousanidis, Evaluating sedimentation problems in activated sludge treatment plants operating at complete sludge retention time, Water Res., 69 (2015) 20-29.

[9] Y. Wen, W. Zheng, Y. Yang, A. Cao, Q. Zhou, Influence of Al3+ addition on the flocculation and sedimentation of activated sludge: Comparison of single and multiple dosing patterns, Water Res., 75 (2015) 201-209.

[10] G. Mouri, S. Takizawa, K. Fukushi, T. Oki, Estimation of the effects of chemically-enhanced treatment of urban sewage system based on life-cycle management, Sustainable Cities and Society, 9 (2013) 23-31.

[11] M.R. Garmsiri, H. Haji Amin Shirazi, Effect of operational parameters on efficiency of deep cone thickeners on the basis of experimental results of Shahrebabak Copper Complex in: The First world copper congeress in Iran, Tehran, Iran, In Persian, 2011.

[12] M.R. Garmsiri, H. Haji Amin Shirazi, The effect of grain size on flocculant preparation, Miner. Eng., 65 (2014) 51-53.

[13] M.R. Garmsiri, M. Mousavi Pour, M. Hekmati, M.R. Abdoli, S. Haj Mohammadi, A theoretical and practical study in the performance of thickener dilution system, A case study on Shahrebabk Copper Complex, in: Sixth Iranian Mining Engineering Congress, Tehran-Iran, In Persian, 2016.

[14] R.P. King, Modeling and simulation of mineral processing systems, Butterworth-Heinemann, 2000.

[15] M. Karbakhsh, Rezazadeh, R., Eskandarinasab, M., , An improvement in the settling rate in the Hematit plant tailing thickener at Gol-gohar industrial and mining complex, in: Fifth Iranian Mining Engineering Congress, Tehran-Iran, In Persian, 2015.

[16] Z. Kazeminia, M.R. Garmsiri, A. Hajizadeh, Investigating the effect solids concentration and flocculant dosage on settling behavior of water recycling plant feed at Golegohar mining and industrial complex, in: 1th National Conference on Achevements in Chemistry and Chemical Engineering, Shiraz-Iran, In Persian, 2016.

[17] E. Shariat, H. Haji Amin Shirazi, M.R. Garmsiri, An investigation of flux improvement methods in tailings thickeners at Shahre-Babak Copper Complex, in: Forth Iranian Mining Engineering Congress, Tehran-Iran, In

Archive of SID

www.SID.ir

Persian, 2012.

[18] M. Unesi, M. Noaparast, S.Z. Shafaei, E. Jorjani, Modeling the effects of ore properties on water recovery in the thickening process, Int. J. Miner. Metall. Mater., 21(9) (2014) 851-861.

[19] D.V. Boger, Rheology and the resource industries, Chem. Eng. Sci., 64(22) (2009) 4525-4536.

[20] W.P. Talmage, E.B. Fitch, Determining thickener unit areas, Ind. Eng. Chem., 47 (1955) 38-41.

برای ارجاع به این مقاله از عبارت زیر استفاده کنید:

Please cite this article using:

M. R. Garmsiri, M. Hosseini Nasab, The Effect of Solids Concentration, Flocculant Dosage and Particle Size on Dewatering Behavior of Tailings Sample at Shahrebabk Copper Complex. *Amirkabir J. Civil Eng.*, 49(4) (2018) 645-652.

DOI: 10.22060/ceej.2017.11933.5102

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir