

بررسی نحوه تأثیر کمک فیلتر C573 بر مدار فیلتراسیون کارخانه فرآوری مجتمع چادرملو

علی ملایجردی^۱، حسن حاجی امین شیرازی^۲، عباس سام^۳، فرهاد عزیز افشاری^۴

- ۱- کارشناس ارشد فرآوری مواد معدنی، کارخانه گندله سازی اردکان، شرکت پامیدکو، a_malaijerd@yaho.com
- ۲- استادیار دانشکده فنی ومهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان hshirazi@mail.uk.ac.ir
- ۳- استادیار دانشکده فنی ومهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان sam@mail.uk.ac.ir
- ۴- کارشناس ارشد فرآوری مواد معدنی، مجتمع معدنی وصنعتی چادرملو، شرکت آسفالت طوس Far_1010@yahoo.com

چکیده

در مدار فیلتراسیون مجتمع چادرملو از فیلترهای خلاء استوانه ای گردان استفاده شده است. با توجه به لزوم استفاده از کمک فیلتر بدلیل وجود بیش از ۸۰ درصد ذرات کوچکتر از ۶۰ میکرون در پالپ ورودی به مدار فیلتراسیون وبالا بودن درصد کدری فیلتریت در مجتمع چادرملو، آزمایشات افزودن کمک فیلتر C573 با مقادیر ۰/۲۵، ۰/۸، ۱، ۲، ۴ سی سی بر لیتر انجام گرفت که مقدار ۲ cc / lit کمک فیلتر بهترین کارایی را با کاهش درصد رطوبت ۲ درصدی و کاهش درصد جامد فیلتریت ۲/۱ درصدی نسبت به مقادیر دیگر ایجاد کرد. آزمایشات فیلتراسیون بر اساس شرایط عملیاتی به منظور تأثیر کمک فیلتر بر روی ظرفیت، میزان رطوبت کیک وزلالی آب خروجی از فیلتر انجام شده است. همچنین در این شرایط در مقیاس آزمایشگاهی و با مقدار بهینه ۲ cc / lit کمک فیلتر، مشخص گردید که در زمان ثابت فیلتراسیون ۱۵ ثانیه، زمان آگیری ۴۵ ثانیه با درصد رطوبت کیک فیلتر ۱۰ درصد و درصد جامد فیلتریت ۵/۶ درصد بهینه ترین زمان آگیری می باشد. همچنین نسبت بهینه ۳ به ابین زمان آگیری وزمان فیلتراسیون به منظور تنظیم سطح پالپ در وان فیلتر وتنظیم سرعت چرخش استوانه فیلتر در خطوط فرآوری حاصل گردید.

کلمات کلیدی: فیلتراسیون، فیلتر خلاء استوانه ای گردان، کمک فیلتر، درصد جامد، رطوبت کیک

An Investigation Into The Effect Of A Filter Aid (C573) On Filtration Circuit At Chadormalu Processing Plant

A_Malaijerd;Hshirazi;A Sam;AZIZAFSHARI

Abstract

Filtration circuit at Chadormalu processing plant consists of vacuum drum filters. With a filtration feed containing 80% minus 60 micron and a filtrate which is not clear sufficiently, addition of a filter aid (C573) with various dosages (0.25, 0.8, 1, 2 & 4 cc/lit) was examined. It is shown that addition of 2cc/lit of this filter aid contributes to 2% decrease in moisture and 2.1% decrease in filtrate solid percent with ultimate efficiency. Additionally filtration tests on the operational conditions were performed to determine the effect of filter aid on capacity, cake moisture and clearness of filtrate. It is shown that, addition of 2cc/lit filter aid in 15 s filtration time and 45 s dewatering time leads to 10% cake moisture and 5.6% filtrate solid percent. Moreover, with the pulp level in the filter pan and drum filter rotation velocity being set up in operation, optimized ratio of the dewatering time to the filtration time was considered to be 3:1.

Keyword: filtration, vacuum dram filter, filter aid, solid percent, cake moisture

به طور کلی در تمامی کارخانه های فرآوری برای آگیری از کنسانتره و باطله از فیلتر استفاده می شود. فیلتر از سطح متخلخلی که منافذ آن برای عبور مایع مناسبند ولی از عبور دانه های جامد جلوگیری می کنند، تشکیل شده است. عواملی که باعث ایجاد فشار در دو سطح فیلتر می شوند بسیار متفاوت و ممکن است ناشی از وزن پالپ بر روی سطح فیلتر باشد (فیلترهای آزاد) یا با ایجاد فشار اضافی (فیلترهای فشاری) یا کاهش فشار در طرف دیگر فیلتر (فیلترهای تحت خلاء) و بالاخره ممکن است ناشی از نیروی گریز از مرکز باشد [۱].

پارامترهای مؤثر بر کارایی فیلترها افت فشار در طرف کیک فیلتر، زمان آگیری، مقدار هوایی که در هر دقیقه از سطح فیلتر می گذرد، گرانروی پالپ، نوع پارچه فیلتر، توزیع ابعادی ذرات جامد خوراک و دما می باشند. پارامترهای عملیاتی قابل آزمایش در مدار فیلتراسیون درصد رطوبت کیک فیلتر، میزان ضخامت کیک فیلتر و درصد جامد آب فیلتریت می باشند [۲ و ۳]. تولید کنسانتره آهن با رطوبت کم علیرغم بازیابی کامل آب و بالا بردن ظرفیت مدار فیلتراسیون منجر به کاهش هزینه های حمل و نقل، افزایش بازیابی وزنی کیک فیلتر، افزایش بازدهی کوره های ذوب و کاهش وزن کنسانتره آهن خواهد شد. وجود ذرات ریز در پالپ فیلتراسیون منجر به اختلال در فرآیند فیلتراسیون می شود. به منظور کمک به فرآیند فیلتراسیون مواد کمک فیلتر به پالپ فیلتر افزوده می شود. فلوکولانت ها که نوعی کمک فیلترند با چسبیدن ذرات به هم آنها را درشت تر کرده و با افزایش نفوذ پذیری کیک، رطوبت کیک را کاهش می دهند. [۳].

۲- کمک فیلتر

کمک فیلترهای شیمیایی برای پالپ های مواد معدنی معمولاً به دو دسته فلوکولانت ها و فعال کننده های سطح ۲ تقسیم می شوند که هم می توان به صورت جداگانه و هم به صورت ترکیبی آنها را مورد استفاده قرار داد. کمک فیلترها در سطح وسیعی در صنعت فرآوری مواد معدنی از جمله فیلتراسیون در جهت کاهش رطوبت کیک فیلتر، افزایش سرعت فیلتراسیون، بهبود کیفیت کیک فیلتر جهت انتقال بهتر و نیز کاهش انسداد منافذ پارچه فیلتر استفاده می گردد [۴].

۲-۱- فلوکولانت

چسبیدن ذرات ریز به همدیگر توسط فلوکولانت، باعث بزرگتر شدن ذرات درون پالپ می شود و دامنه توزیع ابعاد ذرات درون پالپ را افزایش می دهد. این ذرات به هم چسبیده وقتی بر روی پارچه فیلتر تشکیل کیک می دهند، بدلیل بزرگتر بودنشان نسبت به قبل، فضای خالی بین آنها زیادتر می شود و در نتیجه نفوذ پذیری کیک بیشتر شده و سرعت آگیری و کاهش رطوبت کیک افزایش می یابد. ذرات به هم چسبیده و فلوکه شده مقداری آب درون خود محبوس می کنند که باعث افزایش رطوبت نهایی کیک می شود. ولی مشخص شده است که افزایش رطوبت بین ذرات فلوکه شده کمتر از کاهش رطوبت کیک فیلتر می باشد و در کل افزودن افزودن فلوکولانت رطوبت کیک فیلتر را کاهش می دهد [۵].

۲-۲- فعال کننده های سطح

فعال کننده های سطح نوع دیگری از کمک فیلتر می باشند که به منظور کاهش رطوبت، قبل از فیلتر کردن به پالپ اضافه می شوند. استفاده از فعال کننده های سطح جانشینی برای فلوکولانت نیست. اگر خلل و فرج در کیک فیلتر به خوبی ایجاد شود، استفاده از فعال کننده های سطح هم می تواند رطوبت را تا چندین درصد در فیلتراسیون خلاء کاهش دهد. فعال کننده های سطح در انواع آنیونی، خنثی و کاتیونی وجود دارند. معمولترین آنها که در فیلتراسیون کانیها استفاده می شود، سولفوساسینات های آنیونی هستند [۵ و ۶].

۳- روش تحقیق

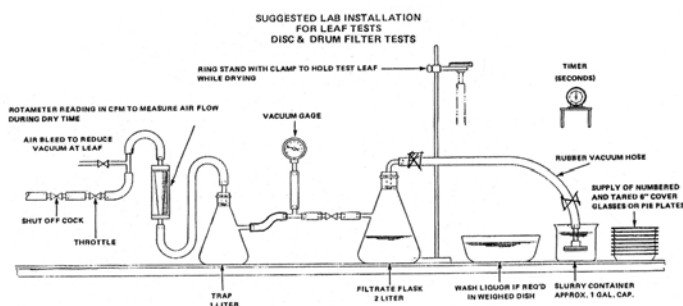
۳-۱- مرحله اول: ارزیابی مدار فیلتراسیون خطوط مجتمع چادرملو

اولین گام در اجرای تحقیق ارزیابی کارایی مدار فیلتراسیون خطوط فرآوری در نظر گرفته شد. هدف از این طرح بررسی چگونگی کارکرد فیلترها از نظر درصد رطوبت کیک فیلتر، درصد کدری فیلتریت، نرخ تولیدی و مقایسه با یکدیگر می باشد که این ارزیابی در سه نوبت انجام گرفت. ابتدا از هر خط فرآوری مجتمع چادرملو یک فیلتر با کارایی مناسب انتخاب گردید. از خط ۱ فیلتر ۱۰۲۱، از خط ۲ فیلتر ۲۰۴۱ و از خط ۳ فیلتر ۳۰۶۱ انتخاب شد. زمان نمونه گیری به فاصله ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شد و در هر تست ۱۰ نمونه در بازه زمانی ۱۰ دقیقه ای به طور همزمان از پالپ ورودی وان فیلتر، کیک فیلتر و فیلتریت مدار گرفته شد. نمونه گرفته شده از پالپ ورودی مدار فیلتراسیون به دو قسمت تقسیم شد، که هم مورد آزمایشات آنالیز سردی قرار گرفت تا نوسانات میزان ذرات زیر ۶۰ میکرون برای هر خط مشخص شود و هم درصد جامد آن تعیین گردید. برای هر زمان درصد جامد پالپ ورودی به وان فیلتر، میزان ذرات زیر ۶۰ میکرون پالپ ورودی مدار فیلتراسیون، میزان رطوبت کیک فیلتر و درصد جامد فیلتریت اندازه گیری شد. آزمایشات ذکر شده برای هر خط فرآوری انجام گردید و سپس برای هر خط نمودار آن رسم و نتایج با یکدیگر مقایسه گردید [۷].

۳-۲- مرحله دوم: طرح افزودن کمک فیلتر C 573 بر مدار فیلتراسیون

برای مهیا کردن شرایط کاملاً ثابت برای مقادیر مختلف آزمایش شده و ایجاد شرایط مشابه کارخانه فرآوری و کم کردن تأثیرات مکانیکی بر روی نتایج بدست آمده، در این مرحله کلیه آزمایشات افزودن کمک فیلتر بر اساس آزمایش Leaf Test و خوراک فیلتر ۱۰۲۱ از خط ۱ فرآوری مجتمع انجام گرفت. روند کلی آزمایش Leaf Test در شکل ۱ نشان داده شده است. این آزمایش مطابق شکل شامل یک قطعه از پارچه فیلتر صنعتی، دریافت کننده فیلتریت و یک درجه خلاء می باشد. فشار پمپ خلاء روی مقدار متوسط ۲/۲ بار تنظیم می شود. برای تست پارچه فیلتر، پارچه مورد نظر روی صفحه مکش نصب می شود. بر اساس میزان زمان فیلتراسیون مورد نظر صفحه مکش در ظرف محتوی پالپ ورودی به وان فیلتر قرار می گیرد. بعد از خاتمه زمان فیلتراسیون، صفحه مکش بر اساس میزان زمان آگیری مورد نظر روی گیره سه پایه قرار می گیرد تا آگیری از کیک فیلتر انجام شود. بعد از خاتمه زمان آگیری کیک فیلتر تشکیل شده روی پارچه فیلتر تستی با دقت برداشته شده و مورد آزمایشات رطوبت سنجی قرار می گیرد. از طرفی فیلتریت جمع شده در ارلن ها نیز بعد از جمع آوری مورد آزمایش تعیین درصد جامد قرار می گیرد.

شرایط عملیاتی فیلتراسیون پیوسته و غیر پیوسته صنعتی بایستی در این آزمایش در نظر گرفته شوند. برای هر آزمایش زمان فیلتراسیون ۱۵ ثانیه و زمان آگیری ۴۵ ثانیه در نظر گرفته شد. با توجه به محدوده کاری کمک فیلتر C 573 مقادیر ۰/۲۵، ۰/۱، ۰/۱ و ۴ سی سی بر لیتر از کمک فیلتر مورد آزمایش قرار گرفت. برای آزمایش هر یک از این مقادیر ذکر شده کمک فیلتر، آزمایش حالت مبنا نیز طی دو نوبت انجام گرفت و با مقدار مصرفی مورد نظر کمک فیلتر مقایسه گردید. کلیه آزمایشات برای هر دو حالت مبنا و کمک فیلتر برای ۱۰ نمونه در بازه زمانی یک ساعتی از خوراک فیلتر ۱۰۲۱ از خط ۱ فرآوری انجام گردید. در هر آزمایش Leaf Test برای هر نمونه درصد رطوبت کیک فیلتر و درصد جامد فیلتریت اندازه گیری شد و با مقادیر مبنا مقایسه گردید. در نهایت میزان کاهش درصد رطوبت کیک فیلتر و میزان کاهش درصد کدری فیلتریت برای مقادیر مصرفی ذکر شده کمک فیلتر C 573 نسبت به حالت مبنا بدست آمد و با یکدیگر مقایسه شد [۶].



شکل ۱- آزمایش Leaf test برای فیلتر های خلاء استوانه ای و دیسکی گردان [۶]

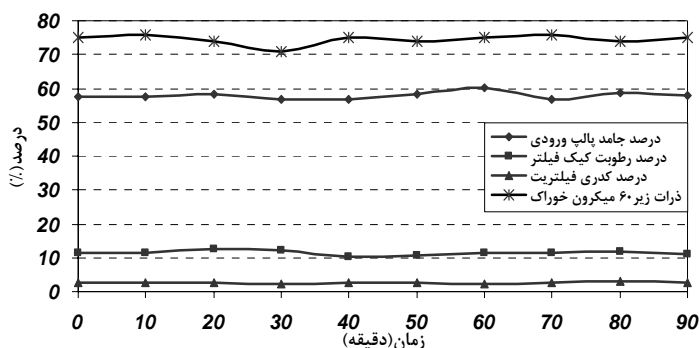
۳-۳- مرحله سوم: تعیین زمان آگیری بهینه در مقیاس آزمایشگاهی برای مدار فیلتراسیون

در این مرحله مقدار بهینه مصرفی کمک فیلتر بدست آمده از مرحله دوم که بهترین کارایی را داشت مبنای کار در نظر گرفته شد. در این مرحله مشابه مرحله قبلی کلیه نمونه های مورد آزمایش از خوراک فیلتر ۱۰۲۱ خط فرآوری انجام گرفت. آزمایشات Leaf Test در این مرحله طی سه نوبت و در هر نوبت برای ۵ نمونه در بازه زمانی یک ساعته انجام گردید. در این سه نوبت آزمایش زمان فیلتراسیون ثابت (۱۵ ثانیه) و زمان آگیری متغیر ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ ثانیه در نظر گرفته شد. برای هر نمونه میزان درصد رطوبت کیک فیلتر و میزان کاهش درصد جامد فیلتریت اندازه گیری شد و زمان آگیری بهینه در مقیاس آزمایشگاهی برای کاربرد در مقیاس صنعتی حاصل شد [۷].

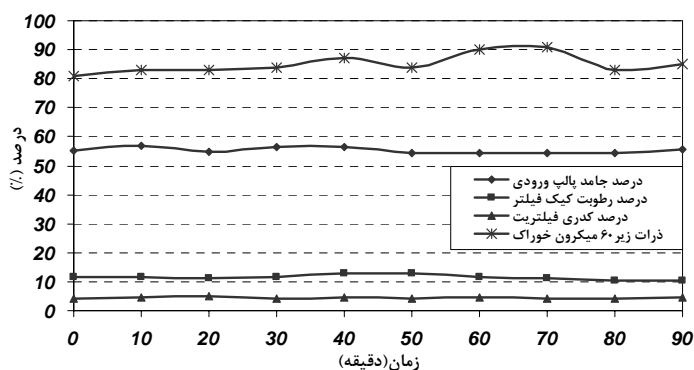
۴- ارائه یافته ها و تحلیل نتایج

۴-۱- مرحله اول

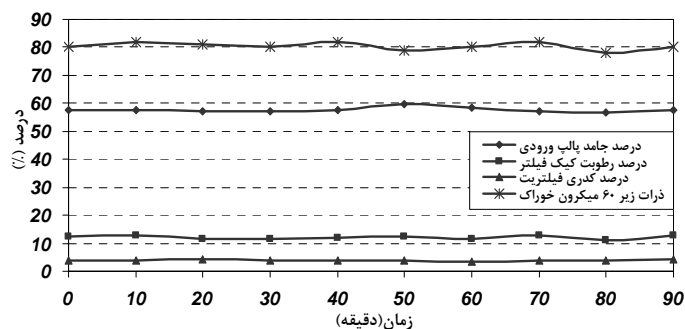
همانگونه که گفته شد در این مرحله نوسانات درصد جامد ورودی به وان فیلتر، میزان مواد زیر ۶۰ میکرون خوراک فیلتراسیون، درصد رطوبت کیک فیلتر و درصد جامد فیلتریت برای هر خط فرآوری مجتمع چادرملو مشخص شد. برای هر خط فرآوری نمودار مورد نظر ترسیم گردید و با یکدیگر مقایسه شد (شکل ۴ تا ۲). درصد جامد خوراک ورودی به وان فیلتر با درصد اطمینان ۹۵٪، برای خط ۱ فرآوری $۵۷/۹ \pm ۲/۱$ ، خط ۲ فرآوری $۵۵/۳ \pm ۲/۰۳$ و خط ۳ فرآوری $۵۷/۷ \pm ۱/۶$ حاصل شد. میزان مواد زیر ۶۰ میکرون خوراک ورودی به وان فیلتر با درصد اطمینان ۹۵٪، برای خط ۱ فرآوری $۷۴/۵ \pm ۳/۲$ ، خط ۲ فرآوری $۸۵/۱ \pm ۲/۷$ و برای خط ۳ فرآوری $۸۰ \pm ۲/۱$ بدست آمد. درصد رطوبت کیک فیلتر با درصد اطمینان ۹۵٪، برای خط ۱ فرآوری $۱۱/۴ \pm ۱/۳$ ، خط ۲ فرآوری $۱۱/۵ \pm ۱/۵$ و خط ۳ فرآوری $۱۲ \pm ۱/۲۸$ بدست آمد. درصد جامد فیلتریت با درصد اطمینان ۹۵٪، برای خط ۱ فرآوری $۲/۶ \pm ۰/۳۴$ ، خط ۲ فرآوری $۴/۴ \pm ۰/۵۲$ و خط ۳ فرآوری $۳/۸ \pm ۰/۱۶$ حاصل شد. و در نهایت ضخامت کیک فیلتر با درصد اطمینان ۹۵٪، برای خط ۱ فرآوری $۱۰/۱ \pm ۱/۷$ ، خط ۲ فرآوری $۸/۴ \pm ۱/۴$ و خط ۳ فرآوری $۱۰/۱ \pm ۱/۵$ بدست آمد. مشخص گردید که مدار فیلتراسیون خط ۱ فرآوری هم از نظر خوراک ورودی و هم از نظر ظرفیت و کیفیت کیک تولیدی نسبت به دو خط دیگر از کارایی بالاتری برخوردار است.



شکل ۲- درصد جامد پالپ ورودی، رطوبت کیک فیلتر، درصد جامد فیلتریت و ذرات زیر ۶۰ میکرون خوراک خط ۱ فرآوری



شکل ۳- درصد جامد پالپ ورودی، رطوبت کیک فیلتر، درصد جامد فیلتریت و ذرات زیر ۶۰ میکرون خوراک خط ۲ فرآوری

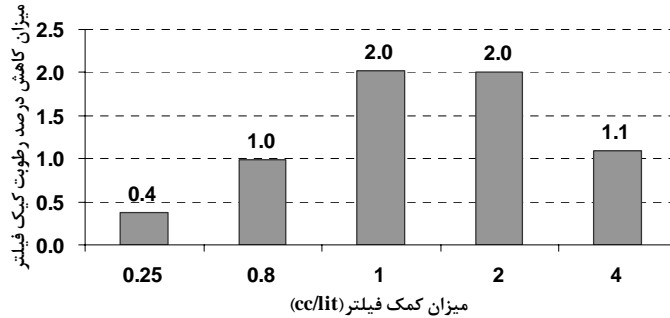


شکل ۴- درصد جامد پالپ ورودی، رطوبت کیک فیلتر و درصد جامد فیلتریت و ذرات زیر ۶۰ میکرون خوراک خط ۳ فرآوری

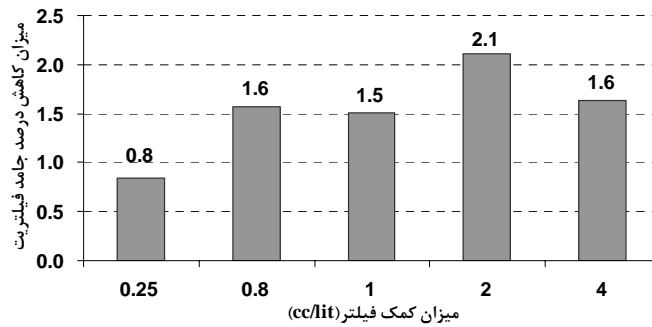
۲-۴- مرحله دوم

در این مرحله کمک فیلتر C573 با مقادیر ۰/۲۵، ۰/۱۸، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۴ سی سی بر لیتر مورد آزمایشات Leaf Test قرار گرفت. کلیه آزمایشات Leaf Test فاز سوم بوسیله پارچه فیلتر پلی استر با بافت جناغی فشرده که در فاز دوم پارچه فیلتر بهینه تشخیص داده شده بود، انجام گرفت. نتایج میزان درصد رطوبت کیک فیلتر و درصد جامد فیلتریت برای هر یک از مقادیر ذکر شده مصرفی کمک فیلتر اندازه گیری و با حالت مینا (بدون کمک فیلتر) مقایسه شد. نتایج به صورت میانگین کاهش درصد رطوبت کیک فیلتر و میانگین کاهش درصد جامد فیلتریت در دو نوبت انجام شد، که نتایج آن در شکل های ۵ و ۶ آمده است. آزمایشات نشان داد که

میانگین میزان کاهش درصد رطوبت کیک فیلتر برای مقدار مصرفی 2 cc/lit کمک فیلتر C573، ۲ درصد می باشد که نسبت به سایر مقادیر مصرفی ذکر شده کمک فیلتر بالاترین کارایی را در پی داشت. همچنین مشخص شد که میانگین میزان کاهش درصد جامد فیلتر نیز برای مقدار مصرفی 2 cc/lit کمک فیلتر C573، ۲/۱ درصد می باشد، که نسبت به سایر مقادیر مصرفی ذکر شده کمک فیلتر بالاترین کارایی را به دنبال داشت.



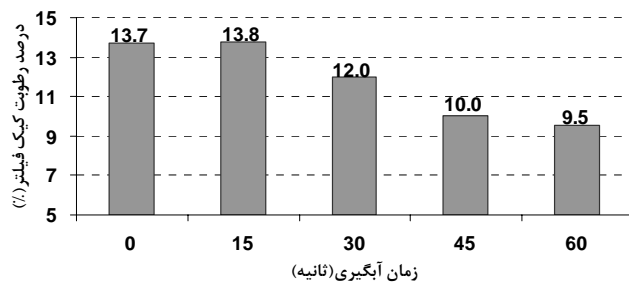
شکل ۵- میانگین میزان کاهش درصد رطوبت کیک فیلتر در دو نوبت آزمایش



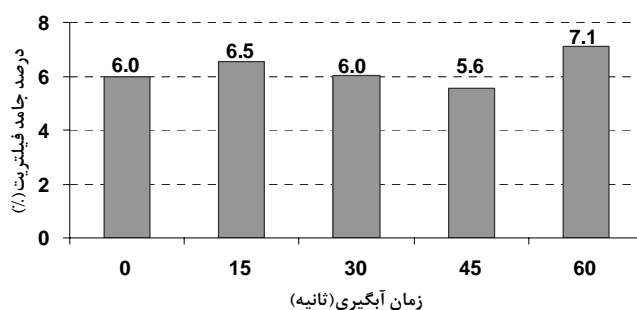
شکل ۶- میانگین میزان کاهش درصد جامد فیلتر در دو نوبت آزمایش

۴-۳- مرحله سوم

مقدار بهینه 2 cc/lit که در مرحله قبلی بهترین کارایی را داشت مبنای آزمایش در این مرحله قرار گرفت. با انجام آزمایشات leaf Test در زمان فیلتراسیون ثابت ۱۵ ثانیه و زمانهای مختلف آگیری ۰، ۱۵، ۴۵، ۶۰ ثانیه با میزان بهینه 2 cc/lit کمک فیلتر C573 میزان درصد رطوبت کیک فیلتر و درصد جامد آب فیلتریت اندازه گیری شد و مقایسه گردید. نتایج به صورت میانگین درصد رطوبت کیک فیلتر و درصد جامد آب فیلتریت در سه نوبت انجام شده، در نمودار شکل ۷ و ۸ بیان شده اند. در این مرحله مشخص شد که زمان آگیری ۴۵ ثانیه با درصد رطوبت کیک فیلتر ۱۰ درصد و درصد جامد فیلتریت ۵/۶ درصد بهترین زمان آگیری می باشد. نسبت ۳ به ۱ بین زمان آگیری و زمان فیلتراسیون را می توان به عنوان یک نسبت بهینه را در مقیاس صنعتی اعمال کرد.



شکل ۷- میانگین درصد رطوبت کیک فیلتر در سه نوبت آزمایش



شکل ۸- میانگین درصد کدری فیلتریت در سه نوبت آزمایش

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۱- نتایج نمونه گیری از ارزیابی مدار فیلتراسیون در مرحله اول نشان داد که کارایی مدار فیلتراسیون خط ۱ از خط ۳ و کارایی مدار فیلتراسیون خط ۳ از خط ۲ فرآوری از نظر رطوبت کیک فیلتر و از نظر ضخامت کیک فیلتر بهتر است.
- ۲- نتایج نمونه گیری از خوراک مدار فیلتراسیون نشان داد که حضور ذرات زیر ۶۰ میکرون شدت کارایی مدار فیلتراسیون را تحت تأثیر قرار می دهد. به طوریکه مدار فیلتراسیون خط ۱ فرآوری با داشتن درصد کمتر ذرات زیر ۶۰ میکرون در خوراک ورودی اش، نسبت به سایر خطوط کارایی بالاتری از نظر میزان رطوبت و میزان ضخامت کیک فیلتر دارد.
- ۳- بیشترین میانگین کاهش درصد رطوبت در دو نوبت آزمایش کمک فیلتر، مربوط به مقدار ۱ و ۲ سی سی بر لیتر به میزان ۲ درصد است. مقدار بهینه کمک فیلتر 2 CC/lit تشخیص داده شد.
- ۴- با آزمایش مقدار بهینه 2 CC/lit کمک فیلتر C 573 در زمانهای مختلف آبیگری، زمان آبیگری ۴۵ ثانیه نسبت به سایر زمانها بهترین کارایی را میانگین درصد رطوبت کیک ۱۰ درصد و میانگین درصد جامد آب فیلتریت ۵/۶ درصد به دنبال داشت.
- ۵- با حاصل شدن زمان آبیگری ۴۵ ثانیه مشخص گردید که نسبت ۳ به ۱ زمان فیلتراسیون و زمان آبیگری یک نسبت بهینه برای کاربرد در مقیاس صنعتی می باشد. می توان با تنظیم میزان چرخش استوانه فیلتر و تنظیم ارتفاع پالپ در وان فیلتر به این نسبت بهینه در خطوط فرآوری دست یافت.
- ۶- اگر سطح آب عبور کرده از فیلتر در مخزن مربوطه به هر دلیل بالا باشد فیلتر از مدار خارج می شود و بعد از پایین آمدن سطح آن مجدداً به مدار وارد می شود. در صورت تکرار مسأله فیلتر مذکور از مدار خارج و در صورت نیاز فیلتر دیگری به مدار وارد می شود.

۷- در صورت جدانشدن کیک از روی استوانه فیلتر سرعت فیلتر باید به مقدار حداقل ۴۵ درصد کاهش یابد. در صورتیکه این راهکار مؤثر واقع نشود زمان تخلیه کیک فیلتر را باید افزایش داد.

۸- به دلیل میزان کاهش ۲/۱ درصدی رطوبت کیک فیلتر در حضور مقدار بهینه $2^{cc}/lit$ کمک فیلتر C 573 و تأثیر آن بر افزایش نرخ جدایش جامد از پالپ، مصرف کمک فیلتر در مقیاس صنعتی و به صورت دائمی و روزانه باید انجام گیرد.

۶- سپاسگذاری

نویسندگان مقاله از زحمات و همکاریهای مسئولین و کارشناسان مجتمع معدنی و صنعتی چادرملو به ویژه معاونت محترم بهره برداری مجتمع جناب آقای مهندس ابریشمی، مدیریت محترم سایت صنعتی کارخانجات فرآوری جناب آقای مهندس ناظران، آقایان مهندس حسن زاده و مهندس محمودی مشعوف کارشناسان ارشد فرآوری شرکت آسفالت طوس، کارشناسان آزمایشگاه مجتمع چادرملو و کلیه کسانی که به نحوی در انجام این پژوهش سهیم بوده اند، صمیمانه تشکر و قدر دانی می نمایند.

۷- مراجع

- ۱- رضایی، بهرام؛ (۱۳۸۰)؛ **تکنولوژی زغالشویی**؛ انتشارات دانشگاه امیر کبیر.
- ۲- نعمت اللهی، حسین؛ (۱۳۸۱)؛ **کانه آرایی**؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ جلد دوم.
- 3-Wills, Barry A. ; 1997 ; **Mineral Processing Technology**, Sixth Edition, Butterworth Heinemann Press.
- 4-Mular.L,Bhappu.B.; 1980 ; **Mineral Processing Plant Design**, Society Of Mining Engineers.
- 5-Purdy.k.l.; 1986; **Chemical Reagents in the Mineral Processing Industry**, AIME.
- 6- Rushton.A,ward.A.S,Holdich.R.G; 2000; **Solid-Liquid Filtration and Separation Technology**, Second Edition, John Wiley Publication.
- ۷- ملایجردی، علی؛ (۱۳۸۶)؛ **بررسی راههای افزایش کارایی مدار فیلتراسیون مجتمع معدنی و صنعتی چادرملو**؛ پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده فنی و مهندسی، بخش مهندسی معدن