

کاهش بازیابی مس و آهن در کنسانتره مولیبدن مجتمع مس سرچشمه از طریق کاهش pH

حسین حسینی پور^۱، غلامعباس پارساپور^{۱*}، بهروز مقصودی^۲

۱. گروه مهندسی معدن، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

۲. مجتمع مس سرچشمه، رفسنجان، ایران

چکیده

در مجتمع مس سرچشمه ابتدا در کارخانه پرعیارکنی، شناورسازی کانی‌های مس و مولیبدن به صورت تجمعی انجام شده و در کارخانه مولیبدن، کانی‌های مس با استفاده از سولفید سدیم بازداشت و کانی مولیبدنیت شناور می‌گردد. یکی از عوامل تاثیرگذار بر بازداشت موثر، pH می‌باشد. در این تحقیق بهترین مقدار و مکان کاهش pH، به منظور افزایش کارایی مدار مولیبدن تعیین گردید. به این منظور تاثیر کاهش pH بر عیار و بازیابی در سه بخش پرعیار کنی اولیه، شستشوی سوم و شستشوی پنجم مدار در مقیاس آزمایشگاهی بررسی گردید. نتایج نشان داد که کاهش pH در مرحله پرعیارکنی اولیه باعث کاهش بازیابی مولیبدن شده و در مراحل شستشوی سوم و پنجم با کاهش pH از حدود ۱۲ به ۱۰/۵، بازیابی مس به ترتیب ۱۰ و ۳۰ درصد کاهش یافته که باعث افزایش شدید کارایی سیستم می‌شود. از این رو خوراک مرحله شستشوی پنجم به عنوان بهترین محل جهت کاهش pH پیشنهاد گردید.

مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۳۱ مرداد ۱۴۰۲

دریافت پس از اصلاح: ۱۸ آبان ۱۴۰۲

پذیرش نهایی: ۷ اذر ۱۴۰۲

کلمات کلیدی:

مولیبدن

pH

سولفیدسدیم

اسید سولفوریک

مجتمع مس سرچشمه

* عهده دار مکاتبات

G.parsapour@vru.ac.ir

حقوق ناشر محفوظ است.

۱- مقدمه

تقریباً مشابه سرچشمه دارند، pH کاری تا مقادیر کمتر از ۹ کاهش داده شده است [۲]. علاوه بر این مدوس و همکاران در تحقیقی اطلاعات مربوط به نوع سلول‌های فلوتاسیون، گاز مصرفی، pH و مواد شیمیایی اصلی در چندین کارخانه مهم مولیبدن در دنیا را جمع آوری کردند؛ در این تحقیق مشخص شده که در بیشتر کارخانه‌ها، pH در محدوده کمتر از ۱۰ می‌باشد [۴].

در مدارهای فلوتاسیون مولیبدن، دو روش مختلف برای کنترل pH استفاده می‌شود. اولین و متداولترین روش، کنترل غیر مستقیم pH است؛ در این روش با کنترل دقیق میزان مصرف هیدروسولفید سدیم، گاز نیتروژن و آب، pH در محدوده مناسب تنظیم می‌شود. روش دوم کنترل مستقیم pH با استفاده از دو عامل اسید سولفوریک (H_2SO_4) و یا دی اکسیدکربن (CO_2) می‌باشد [۲].

هدف این تحقیق بدست آوردن مقدار مناسب pH و بررسی امکان عملیاتی کاهش آن در شرایط فعلی مدار فلوتاسیون مولیبدن مجتمع مس سرچشمه تنها با اضافه کردن اسید سولفوریک می‌باشد. لازم به ذکر است با توجه تولید اسید سولفوریک به عنوان یک محصول جانبی در مجتمع مس سرچشمه، در این مجتمع هدف کاهش pH فقط با این اسید می‌باشد. از این رو آزمایش‌ها بر روی خوراک ورودی به قسمتهایی از مدار که امکان عملیاتی اضافه کردن عامل کاهش دهنده pH وجود دارد، انجام گردید. همچنین جهت یکسان سازی شرایط آزمایش با کارخانه حتی الامکان آزمایش‌ها طبق شرایط کارخانه انجام شد.

۲- مواد و روش کار

۲-۱- مواد و وسایل

خوراک مدار فلوتاسیون مولیبدن (کنسانتره تجمعی مس-مولیبدن) حاوی مواد شیمیایی استفاده شده در کارخانه تغلیظ می‌باشد. این مواد شامل کلکتورهای Z11 (سدیم ایزوپروپیل زنتات) و R407 (از خانواده دی تیو فسفات‌ها) و کفسازهای روغن کاج و A65 (از خانواده پروپیلن گلیکول) می‌باشند.

در آزمایش‌های انجام شده در این تحقیق بازدارنده مورد استفاده، مشابه کارخانه، سولفید سدیم می‌باشد. اسیدسولفوریک نیز به عنوان عامل کاهش دهنده pH مورد استفاده قرار گرفت.

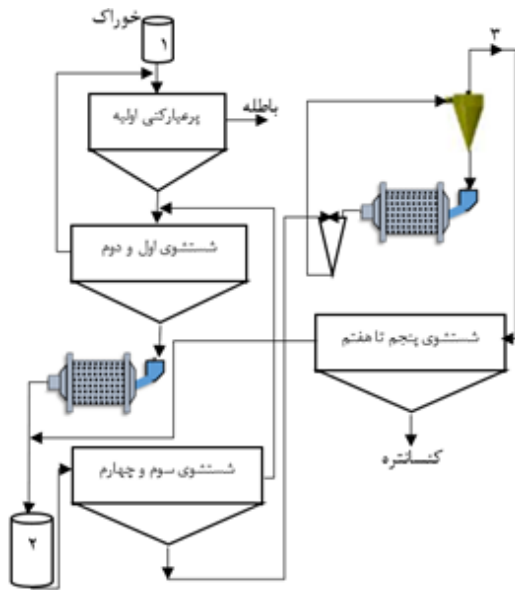
بطور کلی کانسارهای مولیبدن به دو دسته، کانسارهایی که مولیبدن محصول اصلی آنها بوده و دیگری کانسارهایی که مولیبدن محصول جانبی آنهاست تقسیم می‌شوند. کانسارهایی که مولیبدن محصول اصلی آنهاست عبارت از مولیبدن پورفیری، رگه‌های مولیبدنیت و پگماتیت‌های مولیبدن می‌باشند [۱]. بخش زیادی از عرضه جهانی مولیبدن، حاصل از جداسازی مولیبدنیت از کنسانتره‌های سولفیدی مس-مولیبدن به عنوان محصول جانبی می‌باشد. در فرایند جدایش مولیبدن در این کانسارها ابتدا مس و مولیبدن به صورت تجمعی شناور شده و سپس در مدار فلوتاسیون دیگری، مولیبدن شناور و سولفیدهای مس بازداشت می‌شوند [۲].

خوراک کارخانه فلوتاسیون مولیبدن عمدتاً حاوی سولفیدهای مس و آهن که در فلوتاسیون تجمعی شناور شده‌اند، می‌باشد. در این نوع مدارها برای بازداشت سولفیدهای مس و آهن به طور معمول از بازداشت کننده‌هایی مانند سولفید سدیم و هیدرو سولفید سدیم، سیانید سدیم، فری و فروسیانید پتاسیم، معرف Nokes و Anamol-D، استفاده می‌شود. بازداشت کننده هیدرو سولفید سدیم بیشترین استفاده را در کارخانه‌های فرآوری مولیبدن دارد. این بازداشت کننده یون HS^- تولید کرده که باعث حذف گزنتات از سطح کانی‌های مس شده و آنها را آبدوست می‌کند. برای حفظ غلظت یون HS^- در پالپ باید پتانسیل سیستم (ORP) کمتر از حدود -400 میلی ولت و مقدار pH در محدوده حدود ۷ تا ۱۲ باشد [۸]. در این محدوده پتانسیل، از جذب شیمیایی کلکتور و تشکیل دی-گزنتوزن بر روی سطح کانی سولفیدی مس، جلوگیری می‌شود. همچنین اگر pH در محدوده کمتر از ۱۰ قرار باشد، گزنتات موجود با یون هیدروژن موجود وارد واکنش شده و ترکیب HX را به وجود می‌آورد. با تشکیل HX این اطمینان حاصل می‌گردد که دیگر گزنتات به صورت یون وجود نداشته و با کانی سولفیدی وارد واکنش نمی‌شود [۸].

با توجه به اهمیت Eh و pH در مدار کارخانه مولیبدن مجتمع مس سرچشمه، در طرح اولیه کارخانه ابزارهای اندازه گیری و پایش Eh و pH در جعبه اتصال ابتدایی مرحله پر عیار کانی اولیه در نظر گرفته شده که نشان از اهمیت اندازه گیری و کنترل این دو پارامتر عملیاتی دارد [۷].

در سالیان اخیر در مدارهای فلوتاسیون مولیبدن برای بازداشت کردن کانی‌های مس علاوه بر کنترل Eh به کنترل pH نیز تأکید شده و در بسیاری از مدارهایی که شرایط کاری

کاهش بازیابی مس و آهن در کنسانتره مولیبدن مجتمع مس سرچشمه از طریق کاهش pH



شکل (۱) محل های نمونه برداری (نقاط ۱، ۲، ۳) در مدار کارخانه مولیبدن

۲-۲-۲- روش انجام آزمایش‌ها

آزمایش‌های مورد نیاز برای بررسی سینتیک با جمع آوری کنسانتره در پنج زمان مختلف (۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰ و ۴۲۰ ثانیه) انجام شد. اولین آزمایش با شرایطی مشابه وضعیت معمول کارخانه، جهت ایجاد امکان مقایسه بین شرایط مختلف و وضعیت کارخانه، طراحی گردید. در آزمایش‌های بعدی با اضافه کردن اسید سولفوریک، pH کاهش داده شد. همچنین دو آزمایش با شرایط یکسان ولی با این تفاوت که در یکی ابتدا سولفید سدیم و سپس اسید سولفوریک به سلول اضافه شده و در دیگری با ترتیب برعکس، انجام شد. لازم به ذکر است که در طول آزمایش‌ها Eh نیز اندازه گیری شد.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- تأثیر کاهش pH بر عملکرد پرعیار کنی اولیه

نتایج کاهش pH در مرحله پرعیار کنی اولیه نشان داد که با کاهش pH از ۱۲ به ۱۰، عیار مولیبدن از ۱۲/۴۹ به ۱۶/۶۹ افزایش می‌یابد؛ از طرفی مشخص شد که با کاهش pH بازیابی مولیبدن، مس و آهن کاهش می‌یابد (شکل ۲). کاهش بازیابی عناصر آهن و مس و همچنین افزایش عیار مولیبدن در این مرحله بسیار مناسب است ولی تأثیر منفی کاهش pH، کاهش یافتن بازیابی مولیبدن است که از اهمیت بالایی برخوردار است. زیرا با توجه به این که باطله این مرحله، باطله نهایی کارخانه می‌باشد؛ کاهش بازیابی در این مرحله به منزله کاهش

با توجه به این که در کارخانه مولیبدن مجتمع مس سرچشمه در سلول‌های فلوتا سیون از گاز نیتروژن استفاده می‌شود، در آزمایش‌ها نیز گاز نیتروژن مورد نیاز با حدود ppm ۵ ناخالصی اکسیژن از واحد تولید اکسیژن مجتمع تهیه شده و در آزمایش‌ها استفاده گردید.

لوازم مورد نیاز شامل سلول فلوتاسیون آزمایشگاهی (دور D12)، فیلتر فشاری آزمایشگاهی، pH متر HNNa مدل ۶۲۰، pH متر WTW مدل pH325 با قابلیت اندازه گیری پتانسیل محلول به همراه الکتروده Pt-Ag/AgCl اشباع از KCl و سلول‌های فلوتاسیون ۲/۴ و ۴/۲ لیتری می‌باشد.

نمونه هر آزمایش به صورت پالپ از مدار گرفته شده و جهت جلوگیری از اکسیداسیون، نمونه‌ها در ظروف در بسته تهیه و بلافاصله آزمایش‌ها انجام شد. ضمناً با توجه به آماده سازی و اضافه شدن مواد شیمیایی در کارخانه، نمونه‌ها نیاز به زمان آماده سازی و اضافه کردن هیچ ماده شیمیایی نداشته و فقط با توجه به نوع آزمایش تنظیم pH صورت گرفت.

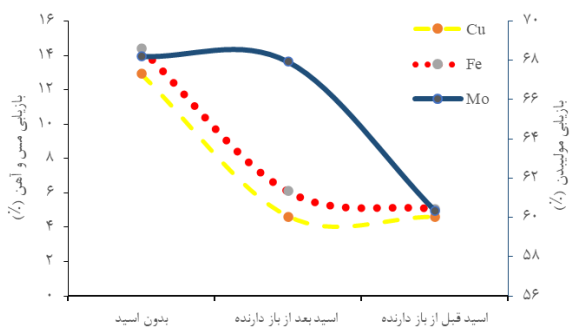
۲-۲-۲- روش کار

۲-۲-۱- نمونه‌گیری

کاهش pH در مدار فلوتاسیون مولیبدن باعث تولید گاز سمی سولفید هیدروژن شده که استنشاق آن خطرناک می‌باشد. از این رو مکان اضافه کردن اسید برای کاهش pH باید به گونه‌ای باشد که امکان طراحی سیستم تهویه گاز سولفید هیدروژن وجود داشته باشد. بنابراین با توجه به این مهم، فقط قسمت‌های زیر به عنوان مکان‌هایی با قابلیت عملی کاهش pH تعیین شده و نمونه برداری‌ها از این نقاط صورت گرفت (شکل ۱).

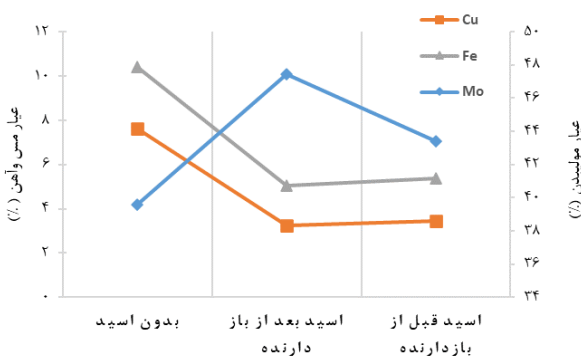
- تانک‌های آماده ساز ابتدای مدار (کاهش pH در سلول‌های پرعیار کنی اولیه)
- تانک ذخیره ساز بعد از آسیاهای مدار باز (کاهش pH در مراحل سوم و چهارم شستشو)
- سرریز هیدروسیکلون‌ها در مدار آسیاکنی بسته (کاهش pH در مراحل شستشوی پنجم، ششم و هفتم)

بازیابی کلی کارخانه است. از این رو کاهش pH در این مرحله توصیه نمی‌شود. مرحله پرعیارکنی اولیه قبل از مراحل خریدایش مجدد می‌باشد؛ بنابراین ذرات قفل شده در این مرحله زیاد می‌باشند. از این رو می‌توان گفت که در این مرحله با بازداشت مس و آهن به دلیل قفل شدگی با ذرات مولیبدن، ذرات دارای مولیبدن نیز به باطله راه یافته و به همین دلیل عیار مولیبدن افزایش و بازیابی کاهش یافته است. همچنین اندازه‌گیری Eh قبل و بعد از کاهش pH نشان داد که با کاهش pH در این مرحله Eh از حدود ۵۸۰- به حدود ۵۲۰- میلی ولت می‌رسد. بررسی pH و Eh در دیاگرام تجزیه هیدروسولفید سدیم نشان می‌دهد که با کاهش pH، آزمایش کاملاً در شرایط تولید HS⁻ قرار گرفته و به همین دلیل بازیابی مس و آهن کاهش یافته و کاهش بازیابی این عناصر باعث افزایش عیار مولیبدن شده است.



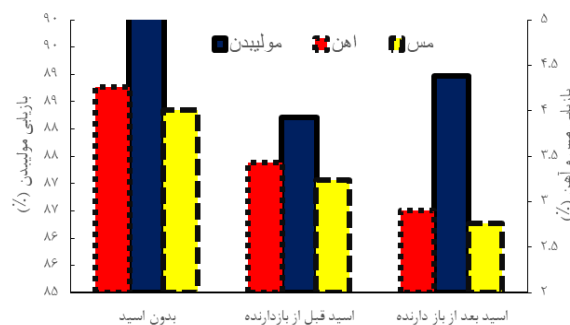
شکل (۳) تاثیر کاهش pH از ۱۲ به ۱۰ بر بازیابی در مرحله سوم شستشو در دو حالت تنظیم pH

بنابراین با توجه به نتایج این مرحله، یکی از پیشنهادها کاهش pH تا مقدار ۱۰ در این مرحله می‌باشد. ضمناً با توجه به نتایج آزمایش‌ها بایستی ابتدا بازداشت کننده به مدار اضافه شده و سپس pH کاهش داده شود.



شکل (۴) تاثیر کاهش pH از ۱۲ به ۱۰ بر عیار مرحله سوم شستشو در دو حالت تنظیم pH

توصیه نمی‌شود. مرحله پرعیارکنی اولیه قبل از مراحل خریدایش مجدد می‌باشد؛ بنابراین ذرات قفل شده در این مرحله زیاد می‌باشند. از این رو می‌توان گفت که در این مرحله با بازداشت مس و آهن به دلیل قفل شدگی با ذرات مولیبدن، ذرات دارای مولیبدن نیز به باطله راه یافته و به همین دلیل عیار مولیبدن افزایش و بازیابی کاهش یافته است. همچنین اندازه‌گیری Eh قبل و بعد از کاهش pH نشان داد که با کاهش pH در این مرحله Eh از حدود ۵۸۰- به حدود ۵۲۰- میلی ولت می‌رسد. بررسی pH و Eh در دیاگرام تجزیه هیدروسولفید سدیم نشان می‌دهد که با کاهش pH، آزمایش کاملاً در شرایط تولید HS⁻ قرار گرفته و به همین دلیل بازیابی مس و آهن کاهش می‌یابد [۸].



شکل (۲) تاثیر کاهش pH از ۱۲ به ۱۰ بر بازیابی مرحله پرعیارکنی اولیه در دو حالت کاهش pH قبل و بعد از اضافه کردن بازداشت کننده

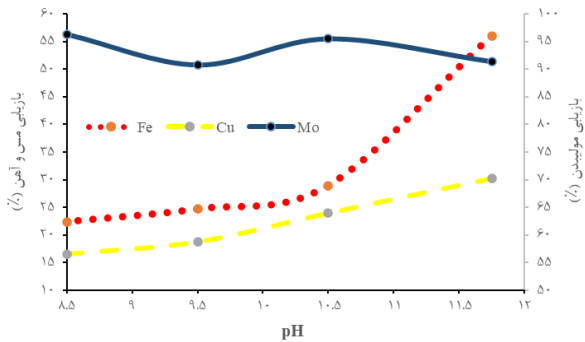
۲-۳- تاثیر کاهش pH در عملکرد مرحله سوم شستشو

نتایج نشان می‌دهد که کاهش pH در خوراک مرحله سوم شستشو از ۱۲/۵ به ۱۰ در حالتی که ابتدا بازداشت کننده اضافه شده و سپس pH کاهش یافته باعث کاهش شدید بازیابی مس و آهن بدون تغییر محسوس در بازیابی مولیبدن شده است (شکل ۳).

علاوه بر این نشان داده شد که برای جلوگیری از کاهش بازیابی مولیبدن در این مرحله، باید ابتدا بازداشت کننده اضافه شده و سپس pH تنظیم گردد.

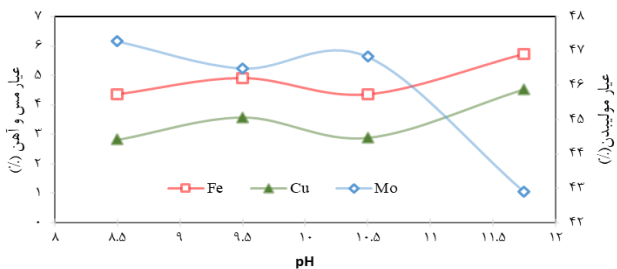
همچنین نتایج آزمون‌ها در این مرحله نشان داد که با کاهش pH، عیار مولیبدن شدیداً افزایش می‌یابد (شکل ۴). بنابراین کاهش pH در این مرحله بدون کاهش بازیابی مولیبدن باعث افزایش عیار مولیبدن و کاهش عیار مس و آهن شده که

کاهش بازیابی مس و آهن در کنسانتره مولیبدن مجتمع مس سرچشمه از طریق کاهش pH



شکل (۵) تاثیر تغییرات pH بر بازیابی در مرحله پنجم شستشو

علاوه بر این بررسی تغییرات عیار با کاهش pH نشان می‌دهد که با کاهش pH تا مقدار ۱۰/۵، عیار مولیبدن از کمتر از ۴۳ درصد به حدود ۴۷ درصد افزایش می‌یابد. همچنین عیارهای مس و آهن نیز به صورت نسبی حدود ۲۵ درصد نسبت به حالت بدون اسید کاهش می‌یابند (شکل ۶). از این رو کاهش pH تاثیر بارزی بر افزایش عیار مولیبدن و کاهش عیار مس و آهن دارد.



شکل (۶) تاثیر تغییرات pH بر عیار در مرحله پنجم شستشو

فرایند فلوتاسیون عموماً از سینتیک مرتبه یک پیروی می‌کند [۹]. برای محاسبه ثابت سینتیک بایستی بازیابی تجمعی در زمان‌های مختلف شناورسازی محاسبه شده و فرض اولیه‌ای برای ثابت سینتیک و بازیابی بی‌نهایت در نظر گرفته شود. در نهایت باید ثابت سینتیک و بازیابی بی‌نهایت فرضی به گونه‌ای تغییر داده شوند که مجموع مربعات خطای بین بازیابی محاسباتی و آزمایشگاهی حداقل شود. در جدول ۱ ثابت سینتیک شناورسازی مولیبدن در $pH = 8.5$ برابر 0.78 بر دقیقه تعیین شده است. مجموع مربعات خطای نشان داده شده در این جدول و همچنین فاصله بین نمودار بازیابی محاسباتی و آزمایشگاهی در شکل ۷ نشان می‌دهد که فرض سینتیک مرتبه یک صحیح می‌باشد.

۳-۳- تاثیر کاهش pH بر بازیابی، عیار و سینتیک

شناور سازی در مرحله پنجم شستشو

در مدار فلوتاسیون مولیبدن مجتمع مس سرچشمه مراحل شستشوی پنجم تا هفتم آخرین مراحل پرعیار سازی می‌باشند. محصول این مراحل (کنسانتره شستشوی مرحله هفتم)، به کنسانتره نهایی کارخانه و باطله این مراحل (باطله مرحله پنجم شستشو) به خوراک مرحله چهارم وارد می‌شود. با توجه به این که خوراک این مرحله کمترین میزان در مقایسه با سایر مراحل است، در نتیجه کاهش pH، تولید گاز سمی کمتری را به دنبال خواهد داشت که از لحاظ زیست محیطی بسیار اهمیت دارد. از طرفی از نظر جانمایی، خوراک این مرحله (سرریز هیدروسیکلون‌های مدار بسته خردایش) از مرتفع‌ترین قسمت کارخانه وارد شده و امکان استفاده از سیستم تهویه (به دلیل امکان تولید گاز سمی H_2S در هنگام کاهش pH) در این قسمت به راحتی وجود دارد؛ بنابراین یکی از بهترین مکان‌ها برای کاهش pH، خوراک مرحله پنجم شستشو می‌باشد. از این رو بررسی‌های بیشتری روی خوراک این مرحله نسبت به سایر قسمت‌های مدار انجام شد.

از طرفی عیار مس در کنسانتره نهایی کارخانه مولیبدن مجتمع مس سرچشمه باید 0.5 درصد باشد؛ در حالی که بازیابی و پایش وضعیت کارخانه در طی انجام تحقیق نشان داد که عموماً حدود ۲ درصد بوده و به همین دلیل جرایم زیادی به مجتمع تعلق می‌گیرد. به این منظور در مراحل شستشوی پنجم تا هفتم مدار فلوتاسیون مولیبدن هدف اصلی افزایش عیار مولیبدن و کاهش عیار مس می‌باشد.

نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی خوراک این مرحله نشان داد که با کاهش pH، بازیابی مولیبدن همواره در محدوده بالای ۹۰ درصد بوده که برای این مرحله بسیار مطلوب است. از طرفی مشخص شد که بازیابی آهن و مس با کاهش pH شدیداً کاهش می‌یابد (شکل ۵). بنابراین با توجه به این شکل مشخص می‌شود که هر چه pH کمتر باشد بازیابی‌های مس و آهن کمتر شده و اختلاف بازیابی مولیبدن با مس نیز بیشتر می‌شود.

بررسی تغییرات Eh در هنگام کاهش pH در این مرحله نشان می‌دهد که با کاهش pH، مقادیر Eh افزایش یافته و در آزمایش‌های مختلف از ۵۲۰- میلی ولت به ترتیب به مقادیر ۴۸۸-، ۴۷۷- و در نهایت در pH برابر ۸/۵ به مقدار ۴۲۷- میلی ولت می‌رسد. بررسی این مقادیر در دیگرام تجزیه هیدروسولفید سدیم نشان می‌دهد که در تمامی مراحل، آزمایش‌ها در محدوده تولید HS^- بوده و زیاد شدن این گونه باعث افزایش کارایی فلوتاسیون شده است.

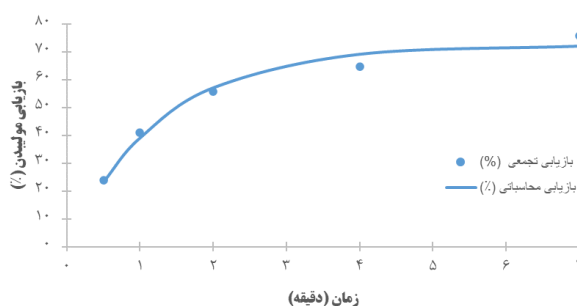
در نهایت با مقایسه شکل‌های ۴ تا ۶ می‌توان نتیجه گرفت که در این مرحله بهترین pH برابر ۱۰/۵ می‌باشد. زیرا در این pH، اختلاف بین ثابت سینتیک مولیبدن و مس حداکثر شده و از طرفی عیار مولیبدن تا این نقطه افزایش و عیار مس هم کاهش محسوس داشته ولی در مقادیر pH کمتر، عیارها تقریباً ثابت مانده‌اند. همچنین برای رسیدن به این pH، مقدار کمتری اسید نیاز است که هم هزینه پایین تری داشته و هم این که احتمال تولید گاز خطرناک سولفید هیدروژن کمتر می‌شود.

۳-۴- تاثیر کاهش pH در عملکرد مدار

با توجه به نتایج مشخص شد که اضافه کردن اسید سولفوریک و کاهش pH، تاثیر مثبتی در افزایش کارایی مدار دارد. مقایسه سه قسمت ممکن برای کاهش pH با چیدمان مدار نشان می‌دهد که در صورت کاهش pH در خوراک مرحله پنجم شستشو، علاوه بر نیاز به مقدار کمتر اسید (به دلیل کم بودن دبی این جریان نسبت به سایر جریان‌ها) و راحتی خروج گازهای سمی تولیدی در کارخانه، میزان کاهش بازیابی مس و آهن نیز بسیار بیشتر از سایر واحدها می‌باشد (شکل ۹). همچنین با کاهش عیار مس در کنسانتره نهایی از چهار و نیم به سه و نیم در صد در این مرحله، باعث کاهش نسبی تقریباً ۲۵ درصدی عیار مس در کنسانتره نهایی (کنسانتره مرحله هفتم) شده و در نهایت میزان جریمه‌های کارخانه نیز در این حالت کاهش چشمگیری می‌یابد. علاوه بر این تغییرات باعث کاهش ۲۰ و ۳۰ درصدی بازیابی آهن و مس در کنسانتره مراحل شستشوی پنجم، ششم و هفتم شده که باعث انتقال بیشتر مس به باطله کارخانه مولیبدن (کنسانتره نهایی مس) شده و از هدر روی مس جلوگیری می‌شود. ضمناً با توجه به انحراف معیار ۰/۵ درصدی بازیابی و ۰/۱ درصدی عیار مس در کنسانتره مولیبدن با اطمینان بیش از ۹۹ درصد کاهش بازیابی

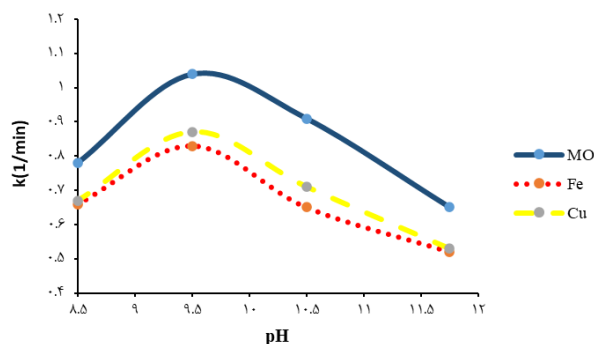
جدول ۱) تعیین ثابت سینتیک شناورسازی مولیبدن در pH = ۸/۵

مربعات خطا	بازیابی محاسباتی (%)	بازیابی تجمعی (%)	عیار (%)	وزن (%)	زمان (دقیقه)
۰/۴۳	۲۳/۳۳	۲۳/۹۹	۳۴/۸۶	۰/۲۶	۰/۵۰
۴/۱۶	۳۹/۱۵	۴۱/۱۹	۳۲/۸۶	۰/۲۱	۱/۰۰
۱/۴۹	۵۷/۱۲	۵۵/۹۰	۲۵/۸۲	۰/۲۳	۲/۰۰
۱۸/۱۳	۶۹/۱۷	۶۴/۹۱	۲/۸۹	۱/۲۶	۴/۰۰
۱۳/۹۳	۷۲/۰۷	۷۵/۸۰	۰/۲۲	۱۹/۹۰	۷/۰۰
مجموع = ۳۸/۱۵ مربعات خطا		R(%) = ۷۲/۳۸	K(l/min) = ۰/۷۸		



شکل ۷) بازیابی تجمعی مولیبدن بر حسب زمان در pH = ۸/۵

بررسی تغییرات ثابت سینتیک مولیبدن، مس و آهن با کاهش pH نشان می‌دهد که با کاهش pH از ۱۱/۷۵ تا ۹/۵ ثابت سینتیک هر سه ماده افزایش یافته و بعد از آن هر سه کاهش می‌یابند (شکل ۸). دلیل کاهش سرعت شناور سازی در pH معادل ۸/۵ افزایش میزان تبدیل یون بی‌سولفید به گاز سولفید هیدروژن می‌باشد. با توجه به این که روند تغییرات ثابت سینتیک این سه ماده مشابه می‌باشد، بهتر است که در این مورد به اختلاف ثابت سینتیک مولیبدن و مس توجه شود.



شکل ۸) تغییرات ثابت شناور سازی (K) با تغییر pH

کاهش بازیابی مس و آهن در کنسانتره مولیبدن مجتمع مس سرچشمه از طریق کاهش pH

طراحی و نصب سیستم تهویه گاز سولفید هیدروژن میباید.

- با توجه به نتایج مشخص شد که کاهش pH در مرحله پنجم شستشو تا مقدار ۱۰/۵ باعث افزایش کارایی مدار می شود. بنابراین پیشنهاد می شود که این مورد عملیاتی شود.

تشکر و قدردانی

از کلیه مدیران، روسا و مسئولین مجتمع مس سرچشمه، خصوصاً امور تغلیظ و امور تحقیق و توسعه به دلیل همکاری در انجام تحقیق تشکر و قدردانی می شود.

منابع

[۱] کریم پور، م، (۱۳۷۴) "زمین شناسی اقتصادی کاربردی" انتشارات صالح، نشر مشهد.

[2] Peter Amelunxen, Christopher Schmitz, Leonard Hill, Nolan Goodweiler, and Josh Andres (2019) "Molybdenum. SME Mineral Processing and Extractive Metallurgy Handbook", K. Kawatra and C. Young. U.S.A., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 1891-1916.

[3] Y. Hu, w. Sun, and D. Wang (2009) "Electrochemistry of Flotation of Sulphide Minerals" Tsinghua University Press.

[4] D Meadows, D Jensen, F Traczyk, S Yu and L Rizzo (2013) "Molybdenum Flotation Circuit and Cells Flotation" Metallurgical Plant Design and Operating Strategies, Perth WA.

[5] Hepel, T. and Pomianowski, A. (1977) "Diagrams of electrochemical equilibria of the system copperpotassium ethyl xanthate-water at 25°C", Int. J. Miner. Process., 4:345-361.

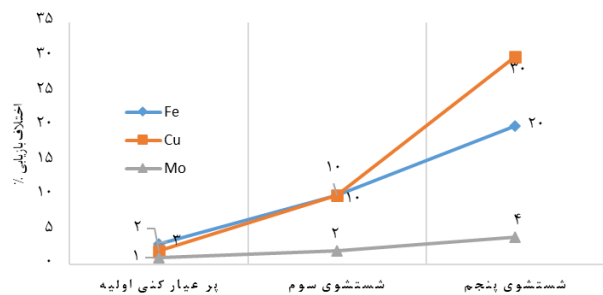
[6] Courtney Alan Young (1987) "NONSTOICHIOMETRY OF CHALCOCITE IN WATER-XANTHATE SYSTEMS" Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of MASTER OF SCIENCE.

[7] NICICO (1987) "Sarcheshmeh concentrator operating manual, Molybdenite plant", Sarcheshmeh, Iran.

[۸] ب. طاهری، (۱۳۹۹) "فلوتاسیون کانیهای سولفیدی مس کلکوپیریت کلکوسیت) با استفاده از واکنشگرهای گوگردار از طریق کنترل پتانسیل"، پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.

[9] Wills B.A., Finch J.A., (2016) "Wills' Introduction to Mineral Processing Technology" Eighth ed., Elsevier Science & Technology Books Publisher.

آهن و مس و با اطمینان بیش از ۹۵ درصد افزایش عیار مولیبدن در کنسانتره نهایی رخ می دهد.



شکل (۹) اختلاف بازیابی در pH های ۱۰/۵ و ۱۱/۷۵ در قسمت های مختلف مدار

در نهایت مشکل اصلی اضافه شدن اسید که لازمه کاهش pH است، احتمال تولید گاز سمی و خطرناک در برخی موارد عملیاتی می باشد. با توجه به این که از نظر جانمایی لوله ورود خوراک این مراحل در یکی از بالاترین قسمت های کارخانه نصب شده است؛ بنابراین می توان سیستم اضافه کردن اسید سولفوریک به خوراک شستشوی پنجم را در این مکان طراحی کرد.

۴- نتیجه گیری

- پایش مدار مولیبدن مجتمع مس سرچشمه نشان داد که مراحل پرعیار کنی اولیه، شستشوی سوم و پنجم مدار فلوتاسیون، pH به اندازه های بالا است که HS^- به میزان کمی تولید شده و در نتیجه کارایی بازداشت کننده پایین است.
- کاهش pH در مرحله پرعیار کنی اولیه باعث کاهش بیش از یک درصدی بازیابی مولیبدن می شود و با توجه به اهمیت بازیابی در مرحله پرعیار کنی اولیه، کاهش pH در این مرحله پیشنهاد نمی شود.
- کاهش pH در مرحله سوم شستشو از حدود ۱۲ به حدود ۱۰ بدون تغییر محسوس در بازیابی مولیبدن باعث کاهش حدود ۸ درصدی بازیابی مس و آهن می شود.
- کاهش pH در مرحله پنجم شستشو از حدود ۱۲ به حدود ۱۰/۵ باعث افزایش اختلاف سینتیک مولیبدن و مس و همچنین کاهش شدید بازیابی آهن و مس شده و در نتیجه کارایی این قسمت را شدیداً افزایش می دهد.
- کاهش pH در مراحل شستشوی سوم و پنجم مستلزم

A decrease in copper and iron recovery in the final concentrate of the Sarcheshmeh molybdenum circuit with a reduction in pH

Hossein Hassanipour¹, Gholamabbas Parsapour^{1,*}, Behrouz aghsoudi²

2. Department of Mining Engineering, Vali-E-Asr university of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
2. Sarcheshmeh Copper Complex, Rafsanjan, Iran.

ABSTRACT

At the Sarcheshmeh Copper Complex, copper and molybdenum minerals float cumulatively. In this step, copper minerals are floated using sulfhydryl collectors and molybdenum mineral is floated with a collector such as Gasoline; Then, in the molybdenum processing plant, copper minerals are depressed using sodium sulfide, and the molybdenite is floated. One of the factors affecting in depress of minerals containing copper and iron is pH. In this study, the appropriate pH value and the best place to add the pH reducing agent were determined to increase the efficiency of the molybdenum flotation circuit. For this purpose, and according to the places where it is possible to add acid operation, the circuit was divided into three parts: rougher stage, third and fifth cleaning stage, and samples were collected from these parts. The results showed that by decreasing the pH in the fifth cleaning stage from 12 to 10.5, copper and iron recovery decreases and efficiency increases. Therefore, the best place to add sulfuric acid, is the fifth cleaning stage.

All right reserved.

ARTICLE INFO

Article history:

Received: August 22, 2023

Received in revised form: November 9, 2023

Accepted: November 28, 2023

Key words:

Molybdenum

pH

Sodium sulfide

Sulfuric acid

Sarcheshmeh copper complex

* Corresponding author
G.parsapour@vru.ac.ir