Iranian Journal of Mining Engineering (IJME)

Vol 18, No 61, 2023, pp 18-32
DOI: 10.22034/ijme.2024.560899.1935

Iranian Society of Mining Engineering (IRSME)

Study the Effect of Different Types of Pyrite and Sphalerite Depressants on the Galena Flotation in the Kooshk Lead-Zinc Mine

Mohammad Safari[1], Javad Vazifeh Mehrabani[2*], Morovvat Faridazad[3]

1. Department of Mineral Processing, Faculty of Mining Engineering, Sahand University of Technology, Sahand New Town, Tabriz, Iran, MohammadSafari95@gmail.com
2. Department of Mineral Processing, Faculty of Mining Engineering, Sahand University of Technology, Sahand New Town, Tabriz, Iran, Mehrabani@sut.ac.ir
3. Faculty of Mining Engineering, Sahand University of Technology, Sahand New Town, Tabriz, Iran, Faridazad@sut.ac.ir

Recived: 2022/08/28 - Accepted: 2024/02/10

Abstract

Kooshk mine is one of the largest lead-zinc deposits in Iran. A high amount of pyrite and carbonaceous matter are two distinct characteristics of the Koosh deposit. Therefore, the competition between sphalerite, galena, and pyrite minerals and their selective separation in flotation is significant. In this research work, due to the low recovery of lead in the Kooshk flotation circuit, the possibility of pyrite depression and improvement of lead recovery by using various depressants was investigated. Pyrite and sphalerite depressants in galena flotation were used, such as sodium cyanide, sodium sulfite, sodium metabisulfite, iron sulfate, dextrin, Quebracho, SHQ (40% sodium silicate + 40% sodium phosphate + 20% Quebracho) and A3-3 (40% sodium silicate + 40% sodium metabisulfite + 20% aluminum sulfate). The results showed that each depressant, except dextrin, SHQ, and A3-3, significantly affected pyrite and sphalerite floatability, and lead recovery improved at some point during their consumption. Sodium cyanide, sodium metabisulfite, and sulfate iron showed the most effect in the depression of pyrite. In addition to sodium cyanide, the maximum pyrite & sphalerite depression and the maximum lead grade & recovery were obtained with the separate consumption of 600 g/t ferrous sulfate and 200 g/t sodium metabisulfite. Compared to other non-toxic depressants, iron sulfate, and sodium metabisulfite made pyrite and sphalerite depressants more effective and increased lead recovery by up to 8%.

Keywords

Depressants, Pyrite, Sphalerite, Flotation, Galena.

* Corresponding Author

1- Introduction

Sedimentary lead-zinc deposits are important sources of lead and zinc—some sedimentary lead-zinc deposits are located in black shale as their host gangues. The presence of organic matter and carbonaceous type of pyrite in these deposits influences selectivity between galena, sphalerite, and pyrite species in the flotation process [1-2]. Different methods and reagents apply for the selective depression of pyrite in the galena flotation stage [3-6]. Kooshk mine is one of the most significant zinc and lead deposits in Iran. The ore contains sphalerite and galena as valuable minerals, and pyrite, dolomite, and calcite are the main gangue minerals. In addition, carbonaceous material is present among the gangue minerals. The high amounts of pyrite and carbonaceous matter are detrimental to the concentration of lead and zinc flotation in the Kooshk plant. Pyrite depression is necessary for plants to produce lead and zinc high-grade concentrates.

In this research, selective flotation of galena is evaluated in the high-pyrite sample of the Kooshk mine. Different types of organic and inorganic pyrite and sphalerite depressants are applied in the galena flotation stage.

2- Materials and methods

A representative high pyrite lead-zinc sample was obtained from the Kooshk mineral processing plant in Yazd, Iran. The sample was collected from lead circuit feed (pre-flotation tailing) (Fig1). Sampling increments were collected in equal time intervals of 1 h. The gross samples were obtained by mixing increments of collected samples in equal time intervals during the shifts, more than 200 kg. Particle size distribution of the initial sample specified that the D_{80} of the representative sample was 101 µm. For ore characterization, optical mineralogy ((U-LH100, Japan)), using the polished mineralogical studies, revealed that pyrite, sphalerite, and galena were the major sulfide phases and calcite and was the major gangue phase. Flotation experiments were carried out in a 2.5 L Denver laboratory flotation cell using a 1 kg ore sample.

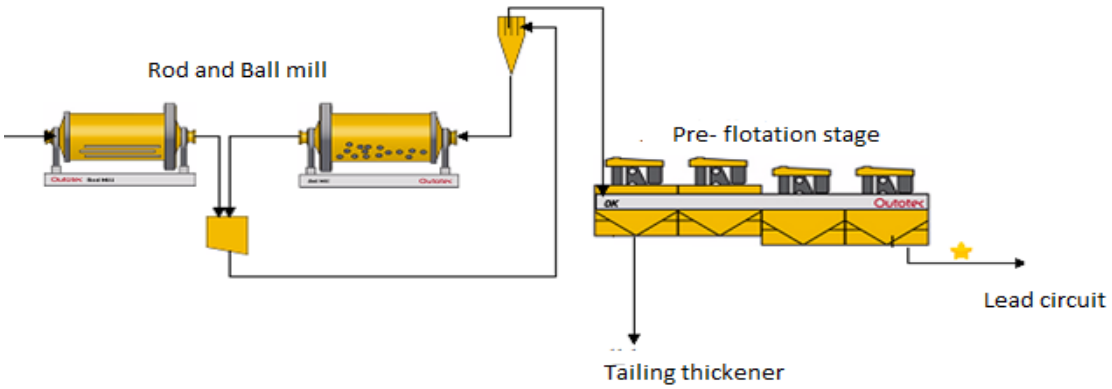


Figure 1: Overall view of the Kooshk plant and sampling stream (sampling stream specified by star)

3- Results and discussion

Flotation experiments were designed using different depressants such as sodium cyanide, Iron sulfate, Sodium Metabisulfite, Sodium Sulfite, Sodium Sulfide, Dextrin, Quebracho, A3-3 (40% silicate sodium+ 40% Sodium met bisulfite +20%Aluminium sulfate), SHQ (40% Silicate sodium+ 40% Sodium phosphate +20% Quebracho). The experiments were carried out under different conditions to achieve the highest pyrite and sphalerite depression with the highest galena recovery in the galena flotation stage. Based on the results in Table 1, the optimum condition of flotation experiments was observed using 200 g/t Sodium Meta bisulfite, 600 g/t iron sulfate, and 150 g/t sodium cyanide separately. In this condition, galena recovery improved from about 48% to 51-56%, and pyrite was significantly depressed from 26% to 8-11%.

Table 1: Comparing grade and recovery in the lead flotation experiments' optimum condition

Depressant	Consumption g/t	Grade %			Recovery %		
					±1.3	±0.3	Plus, ±0.66
		Pb	Zn	Fe	Pb	Zn	Fe
Control (without depressant)	0	5.45	3.48	36.05	48.64	11.80	26.25
Iron sulfate	600	6.95	3.65	27.21	56.77	5.43	12.35
Sodium Meta bisulfite	200	11.25	3.42	21.12	51.28	5.28	8.72
Sodium Sulfite	800	4.78	3.36	27.23	54.99	10.99	21.25
Sodium Sulfide	200	5.82	3.31	29.90	57.58	9.09	25.97
Dextrin	200	5.26	3.15	25.68	46.33	8.68	16.24
Quebracho	200	5.35	3.39	26.48	52.15	9.50	15.92
A3-3 (40% silicate sodium+ 40% Sodium Meta bisulfite +20%Aluminium sulfate)	400	3.61	2.48	31.00	56.78	12.90	27.93
SHQ (40% Silicate sodium+ 40% Sodium phosphate +20% Quebracho)	400	4.89	3.02	31.80	57.28	10.12	22.05
Sodium Cyanide	150	8.9	3.81	23.50	54.08	6.88	12.35

4- Conclusion

The current research showed that sodium meta bisulfite and iron sulfate depressed pyrite and sphalerite more effectively and increased lead recovery compared to the other depressants. Also, due to the low overall recovery of lead on the grinding sample, optimization of the grinding and classification system in the plant is necessary and unavoidable.

References

1. Gredelj, S., Zanin, M., Grano, S.R; 2009; "Selective flotation Of carbon in the Pb-Zn carbonaceous sulfide ores of Century Mine, Zinifex", Minerals Engineering, 22, pp.279.
2. Bulatovic, S. M; 2007; "Handbook of flotation reagents'', Vol. 1, Elsevier science & technology books, pp. 125-184.
3. Mu, Y., Peng, Y., & Lauten, R. A; 2016; "The depression of pyrite in selective flotation by different reagent systems–A Literature review'', Minerals Engineering, 96, pp.143-156
4. Sun, X., Huang, L., Wu, D., Tong, X., Yang, S., Hu, B; 2022; "The selective depression effect of dextrin on pyrite during the Zn–Fe sulfides flotation under low alkaline conditions, Colloids and Surfaces," A: Physicochemical and Engineering Aspects, 650. 129573.
5. Khmeleva, T. N., Skinner, W., Beattie, D. A., & Georgiev, T. V; 2002; "The effect of sulfite on the xanthate-induced flotation of copper-activated pyrite," Physicochemical problems of mineral processing, 36, pp. 185-195.
6. Pan, Z., Liu, Z., Xiong, J., Li, J., Wei, Q., Zhang, Z., Jiao, F., Qin, W; 2022; "Application and depression mechanism of sodium sulfite on galena-pyrite mixed concentrate flotation separation," Huize Lead-Zinc Mine, China, as an example, Minerals Engineering 185. 107696.

نشریه مهندسی معدن ایران
Iranian Journal of Mining Engineering (IJME)
دوره ۱۸، شماره ۶۱، زمستان ۱۴۰۲، صفحه ۱۸ تا ۳۲
Vol 18, No 61, 2023, pp 18-32
DOI: 10.22034/ijme.2024.560899.1935
انجمن مهندسی معدن ایران
Iranian Society of Mining Engineering (IRSME)

مقاله پژوهشی

مطالعه تاثیر انواع بازداشت‌کننده‌های پیریت و اسفالریت بر فلوتاسیون گالن درکانسنگ سرب و روی معدن کوشک

محمد صفری[۱]، جواد وظیفه مهربانی[۲*]، مروت فریدآزاد[۳]

۱. کارشناس ارشد فرآوری مواد معدنی، دانشگاه صنعتی سهند تبریز، MohammadSafari95@gmail.com
۲. دانشیار فرآوری مواد معدنی، دانشگاه صنعتی سهند تبریز، Mehrabani@sut.ac.ir
۳. استادیار پترولوژی، دانشگاه صنعتی سهند تبریز، Faridazad@sut.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۶ - پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۱

چکیده

ذخیره معدن سرب و روی کوشک از جمله ذخایر سولفیدی کشور است که دارای دو مشخصه بارز درصد پیریت بسیار بالا و ناخالصی کربن آلی است. از این رو، رقابت بین کانی‌های اسفالریت، گالن و پیریت و جدایش انتخابی آن‌ها در فلوتاسیون بسیار مهم است. در این پژوهش، به دلیل پایین بودن بازیابی سرب مدار فلوتاسیون کارخانه فرآوری معدن سرب و روی کوشک، امکان بازداشت پیریت و نیز افزایش بازیابی سرب با استفاده از انواع بازداشت‌کننده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در آزمایش‌ها برای بازداشت پیریت و اسفالریت در فلوتاسیون گالن و جدایش انتخابی سرب، از بازداشت‌کننده‌های پیریت و اسفالریت شامل سیانید سدیم، سولفیت سدیم، متابی‌سولفیت سدیم، سولفات آهن، دکسترین، کبراکو، SHQ (۴۰ درصد سیلیکات سدیم + ۴۰ درصد سدیم فسفات + ۲۰ درصد کبراکو) و A3-3 (۴۰ درصد سیلیکات سدیم + ۴۰ درصد متابی‌سولفیت سدیم + ۲۰ درصد سولفات آلومینیوم) به طور مجزا استفاده شد نتایج آزمایش‌های انجام یافته نشان دادند که هر کدام از بازداشت‌کننده‌ها به جز دکسترین، SHQ وA3-3 در مقدار مشخص، در بازداشت پیریت و اسفالریت و افزایش بازیابی سرب تاثیر معنی‌داری داشتند که در این میان سیانید سدیم، متابی‌سولفیت سدیم و سولفات آهن بیشترین تاثیر را در بازداشت پیریت نشان دادند. علاوه بر سیانید سدیم، حداکثر بازداشت پیریت و اسفالریت و حداکثر عیار، بازیابی سرب در کنسانتره سرب به ترتیب با مصرف مجزای ۶۰۰ گرم برتن سولفات آهن و ۲۰۰ گرم برتن متابی‌سولفیت سدیم در حضور ۲۰۰ گرم برتن کلکتور اتیل گزنتات پتاسیم و ۱۰ گرم برتن کف‌ساز MIBC حاصل شد. در مجموع تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از بازداشت‌کننده غیرسیانیدی، از جمله سولفات آهن و متابی‌سولفیت سدیم نسبت به سایر بازداشت‌کننده‌های مورد بررسی می‌تواند به طور موثرتری پیریت و اسفالریت را بازداشت کند و موجب افزایش بازیابی سرب تا حدود ۸ درصد نسبت به حالت بدون استفاده از بازداشت‌کننده شود.

کلمات کلیدی

بازداشت‌کننده، پیریت، اسفالریت، فلوتاسیون، گالن.

* نویسنده مسئول مکاتبات.

۱- مقدمه

ذخایر سرب و روی تشکیل شده در شیل‌های سیاه، از جمله ذخایر بسیار مهم‌اند که برای استخراج فلزات با ارزش از آن‌ها، مورد بهره‌برداری و فرآوری قرار می‌گیرند. برای فرآوری سرب و روی موجود در این ذخایر، استفاده از روش‌هایی مانند فلوتاسیون و حذف کربن آلی همراه، ضرورت دارد [۱]. وجود مواد کربن‌دار یا کربن آلی از جمله عامل مزاحم در روش فلوتاسیون انتخابی سرب و روی است و وجود آن در مراحل انجام فلوتاسیون سرب می‌تواند سبب عواملی چون بی‌بار شدن کف، ناپایداری کف‌ها، کاهش عیار کنسانتره سرب و مصرف بیش از حد مواد شیمیایی شود. برای حذف کردن کربن آلی، انجام یک مرحله پیش‌فلوتاسیون[1] برای شناورسازی شیل‌های هیدروفوب، ضروری است که به طور معمول محصول شناور شده، به سد باطله هدایت می‌شود. این روش شناورسازی از جمله موثرترین و کم هزینه‌ترین راه‌ها در جهت افزایش ظرفیت خط فلوتاسیون و افزایش در بهبود عملکرد کلی مدار است [۱].

کانی گالن معمولا به آسانی شناور می‌شود و با کلکتورهای اتیل یا ایزوپروپیل گزنتات به همراه کلکتورهای گروه‌های دی‌تیوفسفات‌ها (مانند: پروموترهای آئروفلوت[2] ۲۴۱ یا ۲۴۲)، دی‌تیوفسفینات‌ها (مانند: آئروفین[3] 3418A) می‌توان گالن را بازیابی کرد. کمک‌کلکتورهای آئروفین A3418، پروموترهای آئروفلوت ۲۴۱ و آئروفلوت ۲۴۲ دارای انتخابیت بالاتری نسبت به گزنتات در برابر سولفیدهای روی و آهن‌اند و افزودن این کمک‌کلکتورها می‌تواند به انتخابیت گالن کمک کند [۲].

یکی از مشکلات بزرگ در مدار فلوتاسیون سرب، راه‌یابی مقدار بالایی از کانی‌های سولفیدی آهن و اسفالریت به کنسانتره سرب است. سولفیدهای آهن و اسفالریت در طی فلوتاسیون سرب، به جهت فعال شدن با یون‌های فلزی و یا ذرات ریز گالن که در طی آسیاکنی ایجاد می‌شود، شناور می‌شوند. در فلوتاسیون سرب برای دستیابی به بازیابی بیشتر، نیاز است که کانی‌های مزاحم پیریت و اسفالریت بازداشت شوند. سیانیدسدیم، از جمله پرمصرف‌ترین بازداشت‌کننده‌ها در فلوتاسیون کانی‌های سولفیدی است ولی مشکلات زیست‌محیطی زیادی دارد. به دلیل مشکلات زیست‌محیطی سیانید، برخی از بازداشت‌کننده‌های دوستدار محیط زیست مورد توجه قرار گرفته‌اند[۳-۵]. گونه‌های مختلف سولفوراکسی[4]، مانند سولفیت، بی‌سولفیت (HSO_3^-)، متابی‌سولفیت($S_2O_5^{2-}$) و گاز دی‌اکسید گوگرد می‌توانند به عنوان بازداشت‌کننده پیریت و نیز اسفالریت فعال شده مورد استفاده قرار گیرند [۶،۷].

امکان حذف سیانور از مدار فلوتاسیون مجتمع سرب و روی باما با استفاده از بازداشت‌کننده‌های متابی‌سولفیت سدیم و سولفیت سدیم به جای سیانید سدیم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد در صورت استفاده از ۶۰۰ گرم برتن سولفیت سدیم، عیار و بازیابی سرب نسبت به حالت بهینه، استفاده از سیانید سدیم به ترتیب، ۲٫۸ درصد و ۲ درصد افزایش یافته و در عین حال بازیابی آهن و روی در کنسانتره سرب به ترتیب ۶ و ۱ درصد کاهش می‌یابد [۸].

در فلوتاسیون کانی‌های سولفیدی، استفاده کردن از بازداشت‌کننده‌های آلی مانند نشاسته، دکسترین به جای بازداشت‌کننده‌های معدنی متداول، مانند سیانید، مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. در واقع علت این امر می‌تواند تنوع در بازداشت‌کننده‌های آلی، سازگاری بیشتر آن‌ها با محیط‌زیست، منابع غنی و عظیم این‌گونه بازداشت‌کننده‌ها و هزینه نسبتا ارزان آن‌ها باشد [۵،۹،۱۰].

برای بازداشت پیریت‌های کربن‌دار، پیروتیت و مارکازیت کمک بازداشت‌کننده‌های ترکیبی SHQ (۴۰ درصد سیلیکات سدیم + ۴۰ درصد سدیم فسفات + ۲۰ درصد کبراکو) مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین استفاده از بازداشت‌کننده ترکیبی A3-3 (۴۰ درصد سیلیکات سدیم + ۴۰ درصد متابی‌سولفیت سدیم + ۲۰ درصد سولفات آلومینیوم) در فلوتاسیون ماسیوسولفیدهای حاوی مقادیر زیاد پیریت‌های کربن دار، گزارش شده است [۳].

در کنار استفاده از بازداشت‌کننده‌های مناسب برای فلوتاسیون انتخابی و افزایش بازیابی گالن، از روش‌های زیر نیز بهره گرفته شده است:

- کنترل پتانسیل پالپ[۱۱]
- توزیع مناسب مواد شیمیایی[۱۲]
- بهبود آسیاکنی و توزیع دانه‌بندی [۱۳]
- کنترل مناسب سطح پالپ و هوادهی[۱۴]

1- Preflotation
2- Aerofloat
3- Aerophine 3418
4- Sulphur-oxy

- استفاده از کلکتورها و کمک کلکتورهای ترکیبی [۱۵، ۱۶].

معدن سرب و روی کوشک یکی از معادن مهم سولفیدی کشور است که در استان یزد و در ۱۶۰ کیلومتری شهر یزد و ۴۵ کیلومتری شمال غرب شهر بافق قرار دارد. این معدن در حال حاضر سالیانه حدود ۱۵ تا ۱۸ هزار تن کنسانتره سرب و روی تولید می‌کند. استخراج سنگ معدن روی با عیار ۵ تا ۱۲ درصد، سرب با عیار ۱ تا ۲/۵ درصد و پیریت با عیار ۴۰ تا ۵۰ درصد است. با توجه به وجود ناخالصی‌هایی از قبیل کربن آلی و وجود مقادیر بالای پیریت به همراه کانی‌های با ارزش گالن و اسفالریت در این معدن، فرآوری و تولید محصولات نهایی، پیچیده و با مشکلاتی همراه است.

پیریت مهم‌ترین کانی مزاحم موجود در بار ورودی کارخانه فرآوری است. بنابراین بازداشت هرچه بیشتر پیریت در فلوتاسیون گالن و اسفالریت، افزایش بازدهی فلوتاسیون را در پی دارد. در این تحقیق برای بازداشت پیریت و اسفالریت در فلوتاسیون گالن و نیز با در نظر گرفتن ناخالصی‌های کربن آلی و گانگ کربناته، از بازداشت‌کننده‌های مختلفی مانند سولفات آهن، سولفیت سدیم، متابی‌سولفیت سدیم، سولفید سدیم، دکسترین، کبراکو، سیانید سدیم و بازداشت‌کننده‌های ترکیبی SHQ و A3-3 استفاده شد. در این آزمایش‌ها تاثیر بازداشت‌کننده‌های مختلف به‌صورت جداگانه برای بازداشت پیریت و اسفالریت در فلوتاسیون گالن در سطوح مختلف بررسی شد. هدف این تحقیق بهبود بازیابی سرب کانسنگ سرب و روی کوشک است که از طریق بهبود در انتخابیت فلوتاسیون سرب، بازداشت موثر پیریت و کاهش اثر سوء مواد کربن‌دار می‌تواند، انجام گیرد.

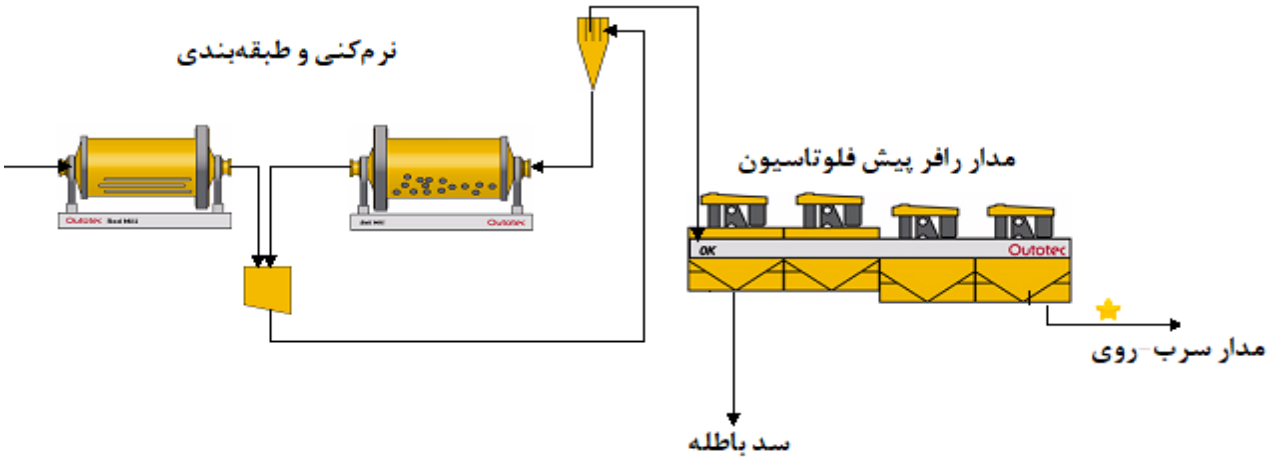
۲- مواد، تجهیزات و روش انجام آزمایش‌ها

۲-۱- محل نمونه‌برداری

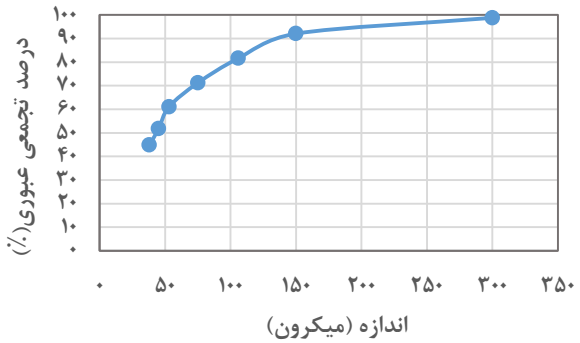
با توجه به اینکه مدار فلوتاسیون شیر نمونه‌گیر و فلومتر ندارد، در این تحقیق برای نمونه‌برداری از پالپ، از نمونه‌گیر دستی با رعایت اصول نمونه‌برداری استفاده شد که محل نمونه‌برداری در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱، مدار شامل دو آسیای میله‌ای و گلوله‌ای است که سرریز هیدرسیکلون به سلول‌های پیش فلوتاسیون (شیل‌گیری) برای حذف مواد کربن‌دار ارسال می‌شود. بخش شناور شده در این سلول‌ها به سد باطله و بخش شناور نشده، به خط سرب و روی منتقل می‌شود. نمونه تهیه شده از بخش شناور نشده سلول‌های پیش فلوتاسیون (بار ورودی به مدار سرب) تهیه شد که با علامت ستاره در شکل ۱ مشخص شده است.

۲-۲- تجهیزات آزمایشگاهی

لوازم و تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق شامل سلول فلوتاسیون آزمایشگاهی دنور، فیلتر فشاری آزمایشگاهی، pH متر Metrohm مدل ۷۴۴ و سلول ۲/۵ لیتری و دستگاه آنالیز عنصری طیف بینی جذب اتمی (AAS) است.



شکل ۱- نمایی از خط و محل برداشت نمونه



شکل ۲- منحنی دانه‌بندی آنالیز سرندی بار ورودی (بار ورودی مدار فلوتاسیون سرب کارخانه کوشک)

۲-۳- مواد شیمیایی مصرفی

- کلکتورها: PEX (پتاسیم اتیل گزنتات) به عنوان کلکتور سرب مورد استفاده قرار گرفت.
- بازداشت‌کننده‌ها: سیانید سدیم، سولفات آهن، سولفید سدیم، سولفیت سدیم، متابی‌سولفیت سدیم برای بازداشت پیریت و اسفالریت مورد استفاده قرار گرفت. بازداشت‌کننده کبراکو و دکسترین به ترتیب به عنوان بازداشت‌کننده گانگ کربناته و مواد کربن‌دار و نیز پیریت استفاده شد. بازداشت‌کننده‌های ترکیبی SHQ و A3-3 به عنوان بازداشت‌کننده پیریت کربن‌دار، مواد کربن‌دار و گانگ کربناته مورد استفاده قرار گرفت. تمامی بازداشت‌کننده‌ها با خلوص آزمایشگاهی تهیه شدند.
- تنظیم‌کننده pH: از آهک برای تنظیم pH استفاده شد.
- کف‌ساز: در این سری از آزمایش‌های فلوتاسیون از کف‌ساز MIBC استفاده شد.

۲-۴- شناسایی و آماده‌سازی نمونه

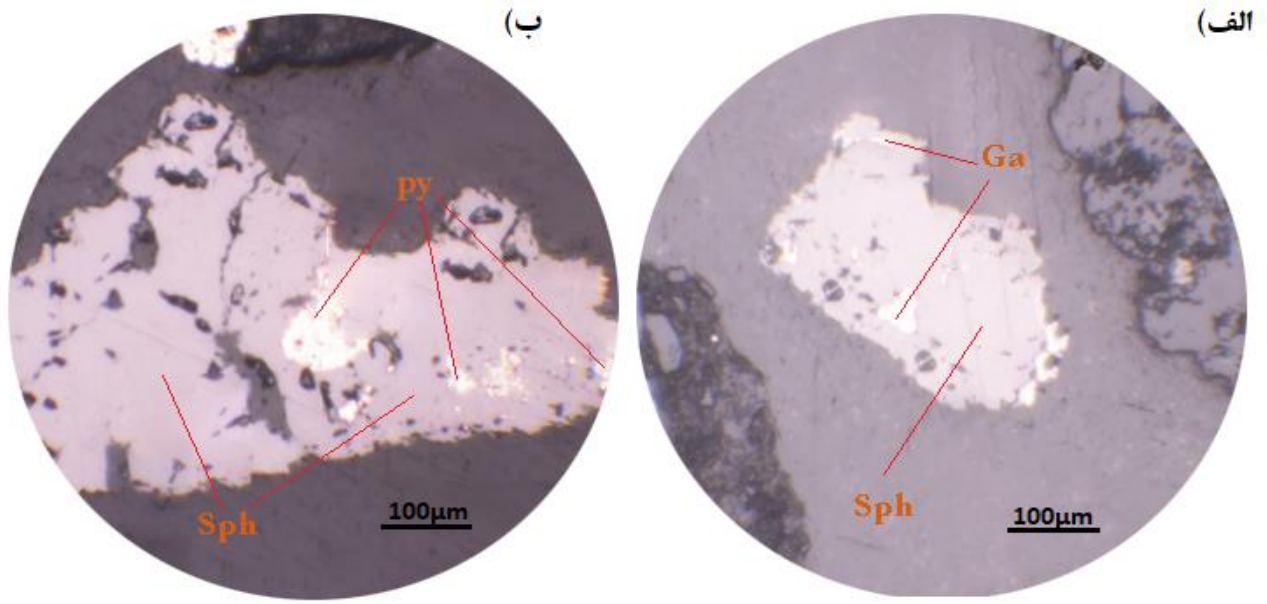
برای مطالعه و بررسی بازیابی سرب، نمونه مورد آزمایش در این مطالعه، از بار ورودی مدار فلوتاسیون سرب کارخانه تغلیظ معدن سرب و روی کوشک یزد در طی دو هفته در شیفت‌های مختلف با وزن تقریبی ۲۰۰ کیلوگرم تهیه شد. به همین دلیل در هیچ یک از آزمایش‌های این تحقیق، مرحله پیش‌فلوتاسیون (شیل‌گیری) انجام نگرفته است. نمونه‌های گرفته شده به آزمایشگاه کانه‌آرایی منتقل و پس از فیلتر کردن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. بعد از خشک‌شدن، کل نمونه با هم مخلوط و پس از همگن‌سازی با ریفل به نمونه‌های یک کیلوگرمی برای انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی تقسیم شدند. یک کیلوگرم نمونه معرف بار ورودی، برای تعیین توزیع دانه‌بندی با استفاده از تجزیه سرندی به روش تر مورد استفاده قرار گرفت. ابعاد چشمه‌های سرندهای مورد استفاده به ترتیب ۳۰۰، ۱۵۰، ۱۰۵، ۷۵، ۵۳، ۴۵ و ۳۸ میکرون بودند. پس از تجزیه سرندی، وزن نمونه‌های باقی‌مانده بر روی هر سرند، پس از خشک‌شدن، اندازه‌گیری شد. نتایج آنالیز سرندی نشان داد که حدود ۹۸٫۸۰ درصد بار ورودی ریزتر از ۳۰۰ میکرون و ۴۴٫۸۶ درصد ریزتر از ۳۸ میکرون است. همچنین d_{80} بار ورودی معادل ۱۰۱ میکرون بدست آمد (شکل ۲).

۲-۵- مطالعات کانی‌شناسی بار ورودی

برای انجام مطالعات کانی‌شناسی، پس از تجزیه سرندی به روش‌تر، از محدوده‌های ابعادی ۳۰۰+۱۵۰- ،۱۵۰+۱۰۵- ،۱۰۵+۷۵- ،۷۵+۵۳- ،۵۳+۴۵- ،۴۵+۳۸- و ۳۸- میکرون بار ورودی مقاطع صیقلی و نازک تهیه شد. مطالعه مقاطع صیقلی نمونه بار ورودی نشان داد که کانی‌های اصلی در این نمونه به ترتیب فراوانی شامل پیریت، اسفالریت، مواد کربن‌دار، گالن و به مقدار کمی اکسیدهای آهن شامل هماتیت و گوتیت است. گالن عمدتا ریز و به شکل آزاد و نیز درگیر با اسفالریت است و کمتر به فرم درگیر با پیریت مشاهده شد (شکل ۳- الف). پیریت به دو فرم قطعات درشت و بلوری (پیریت هیدروترمال) و همچنین به شکل فرامبوئیدال (پیریت رسوبی) و درگیر با سایر کانی‌ها از جمله گالن و اسفالریت مشاهده شد (شکل ۳- ب). اسفالریت به فرم آزاد و نیز درگیر با کانی‌های دیگر از جمله پیریت و گالن و همچنین کانی‌های غیرفلزی از قبیل مواد کربن‌دار، کربنات‌ها و سیلیس مشاهده شد (شکل ۳- ب).

۲-۶- روش انجام آزمایش‌های فلوتاسیون

در تمامی این سری از آزمایش‌ها ، مقدار کلکتور، کف‌ساز و pH مطابق با شرایط مصرفی کارخانه گرفته شده و تنها سطوح بازداشت‌کننده‌ها در مقادیر مختلف تغییر داده شد. برای این منظور پس از تهیه نمونه معرف و آماده‌سازی آن، به منظور شناسایی فازها و ترکیبات کانی‌شناسی، مطالعات کانی‌شناسی انجام شد. در ادامه، از روش‌ها و مواد شیمیایی گوناگونی برای بازداشت پیریت و اسفالریت و افزایش جدایش انتخابی گالن در فرآیند فلوتاسیون گالن استفاده شد. آزمایش‌های مقدماتی فلوتاسیون در آزمایشگاه با استفاده از یک کیلوگرم نمونه معرف و با درصد وزنی جامد ۳۳ درصد، در سلول ۲٫۵ لیتری دنور انجام شد. در تمامی آزمایش‌ها دور همزن سلول فلوتاسیون برابر ۱۴۰۰ تا ۱۴۵۰ دور در دقیقه انتخاب شد. در آزمایش‌های مقدماتی، ابتدا سه آزمایش فلوتاسیون مطابق با شرایط مواد



شکل ۳- نمایی از مقطع صیقلی محدوده ابعادی ۱۵۰+۳۰۰- میکرون بار ورودی. الف- درگیری گالن با اسفالریت و ب- درگیری اسفالریت با پیریت

مصرفی کارخانه در روزهای مختلف و با شرایط یکسان انجام شد و میانگین نتیجه بدست‌آمده به عنوان نقطه مبنا (حالت بدون بازداشت‌کننده) آزمایش‌های فلوتاسیون با مواد شیمیایی مختلف، انتخاب و بقیه آزمایش‌های مقدماتی نسبت به آن سنجیده شد. در جدول ۱ و ۲ نتایج شرایط و مواد شیمیایی مصرفی کارخانه آورده شده است.

جدول ۱- مواد شیمیایی مصرفی (گرم برتن) مدار فلوتاسیون سرب کارخانه

MIBC	pH	بازداشت‌کننده	PEX
۱۰	۸ تا ۸٫۵	-	۲۰۰

جدول ۲- نتایج آزمایش‌های فلوتاسیون گالن مطابق با مواد شیمیایی کارخانه در کنسانتره سرب

مرحله	عیار (درصد)			بازیابی (درصد)		
	سرب	روی	آهن	سرب	روی	آهن
۱	۵٫۷۰	۳٫۴۸	۳۵٫۲۰	۴۹٫۲۵	۱۱٫۷۳	۲۵٫۲۸
۲	۵٫۲۵	۳٫۵۸	۳۵٫۴۰	۴۸٫۳۲	۱۱٫۸۲	۲۴٫۸۵
۳	۵٫۴۰	۳٫۴۰	۳۷٫۵۵	۴۸٫۳۵	۱۱٫۸۵	۲۵٫۶۵
میانگین	۵٫۴۵	۳٫۴۸	۳۶٫۰۵	۴۸٫۶۴	۱۱٫۸۰	۲۶٫۲۵

۳- بحث و نتایج

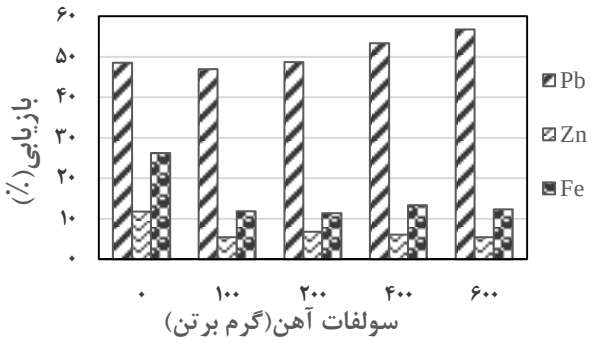
۳-۱- تاثیر انواع بازداشت‌کننده‌ها در بازداشت پیریت و اسفالریت

در ادامه اثر انواع بازداشت‌کننده‌ها در فلوتاسیون سرب به صورت مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱-۱- تاثیر سولفات آهن

سولفات فرو، یکی از بازداشت‌کننده‌های معدنی پیریت در کنار سیانید سدیم مورد استفاده قرار گرفته است. سولفات فرو می‌تواند با مصرف اکسیژن و کاهش آن در محیط، باعث بازداشت پیریت شود. همچنین کمپلکس سیانید آهن تشکیل شده می‌تواند مانع جذب کلکتور و بازداشت کانی پیریت شود [۱۷،۳]. در طول فعالیت کارخانه کوشک به مرور بازداشت‌کننده سیانید از مدار حذف شده و سولفات آهن به تنهایی مورد استفاده قرار گرفته است. تاثیر این بازداشت‌کننده در برخی از پایان‌نامه‌ها و مقالات آورده شده است [۱۶،۱۵]. به همین منظور در این تحقیق از سولفات آهن برای بازداشت پیریت در فلوتاسیون سرب استفاده شد که نتایج در شکل ۴ آورده شده است. با توجه به نتایج حاصل (شکل ۴)، با افزایش مقدار مصرف سولفات آهن، بازیابی سرب افزایش یافته و بازیابی روی و آهن کمتر می‌شود. در مقدار مصرف ۶۰۰ گرم بر تن سولفات آهن، بازیابی سرب، روی و آهن در کنسانتره سرب به ترتیب ۵۶٫۷۷، ۵٫۴۳ و ۱۲٫۳۵ درصد بدست آمده است که نسبت به حالت بدون بازداشت‌کننده، بازیابی سرب ۸٫۱۷ درصد افزایش یافته و در مقابل بازیابی پیریت و اسفالریت به ترتیب، ۱۳٫۹۰ و ۶٫۳۷ درصد کاهش یافته است. این مساله بدین شکل می‌تواند تفسیر شود که احتمالا سولفات آهن با مصرف اکسیژن باعث کاهش پتانسیل محیط شده و تشکیل ترکیبات آبران پایدار که در مورد پیریت دی‌گزنتژون است، تحت تاثیر قرار

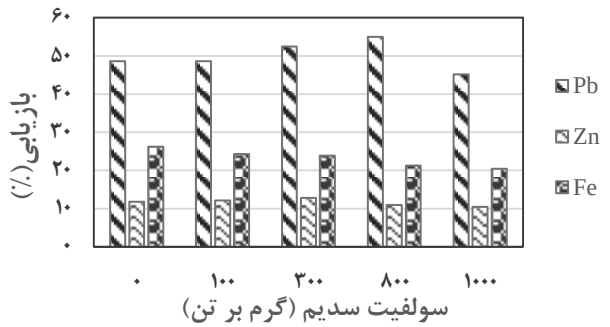
می‌گیرد. با کاهش اکسیژن محیط، تشکیل دی‌گزنتوژن نیز کاهش یافته و در نتیجه شناورشدگی پیریت نیز کاهش می‌یابد [۳، ۱۸]. با بازداشت پیریت بخشی از اسفالریت که درگیر با پیریت است نیز بازداشت شده و کاهش شناورشدگی اسفالریت قابل مشاهده است. عدم جذب مناسب کلکتور بر روی‌کانی‌های پیریت و اسفالریت و بازداشت آن‌ها این امکان را فراهم می‌کند که به طور موثری بر روی کانی گالن جذب شده و میزان شناورشدگی و بازیابی آن را افزایش دهد.



شکل ۴- تاثیر سولفات آهن بر بازیابی کنسانتره سرب

۳-۱-۲- تاثیر سولفیت سدیم

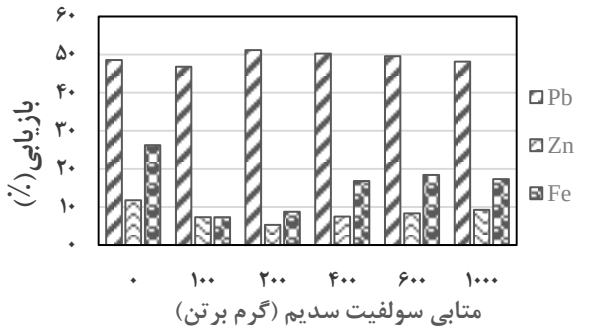
برای بررسی تاثیر سولفیت سدیم، آزمایش‌هایی در سطوح مختلف سولفیت سدیم اضافه شد. نتایج استفاده از سولفیت سدیم نشان داد، با افزایش مقدار سولفیت سدیم، بازیابی سرب افزایش و بازیابی روی و آهن به تدریج کاهش یافته است (شکل ۵). در مقدار ۸۰۰ گرم بر تن، بازیابی سرب، روی و آهن به ترتیب ۵۴٫۹۹، ۱۰٫۹۶ و ۲۱٫۲۵ درصد شده است. بعد این نقطه، همزمان بازیابی سرب، روی و آهن کاهش می‌یابد که کاهش بازیابی سرب می‌تواند به دلیل درگیری با روی و آهن باشد که با مطالعات میکروسکوپی همخوانی دارد. همچنین در مقادیر خیلی زیاد یون‌های سولفیت، احتمال بازداشت گالن به دلیل عدم جذب مناسب کلکتور وجود دارد [۱۹]. با توجه به نتایج حاصل در شکل ۵، میزان ۸۰۰ گرم بر تن، مقدار مناسب مصرف سولفیت سدیم است که در این نقطه نسبت به حالت بدون بازداشت‌کننده، بازیابی سرب ۶٫۳۵ درصد افزایش یافته و همچنین بازیابی پیریت و اسفالریت به ترتیب ۵ و ۰٫۸۴ درصد کاهش یافته است. بازداشت پیریت و اسفالریت می‌تواند به دلیل واکنش گونه‌های سولفیت جذب‌شده در سطح پیریت و اسفالریت با گونه‌های گوگردی موجود در سطح آن‌ها باشد که منجر به کاهش آبرانی سطح پیریت و اسفالریت شود. همچنین بر اساس نتایج برخی از محققان، استفاده از سولفیت سدیم می‌تواند باعث انحلال و تجزیه دی‌گزنتوژن تشکیل شده بر سطح پیریت شود [۷،۶،۴].



شکل ۵- تاثیر سولفیت سدیم بر بازیابی کنسانتره سرب

۳-۱-۳- تاثیر متابی‌سولفیت سدیم

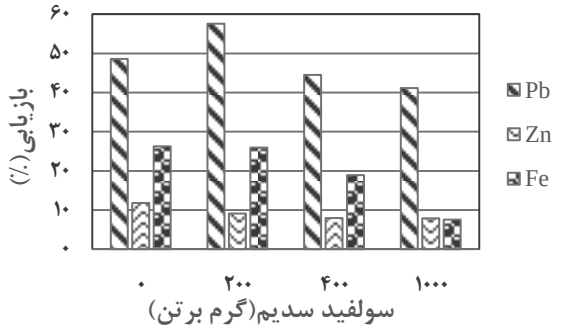
برای بررسی تاثیر متابی‌سولفیت سدیم (SMBS)، آزمایش‌هایی مطابق با شکل ۶ انجام شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد (شکل۶) با افزایش مقدار مصرف متابی‌سولفیت سدیم تا ۲۰۰ گرم بر تن، بازیابی سرب افزایش یافته و بازیابی آهن و اسفالریت کاهش می‌یابد. مقدار ۲۰۰ گرم بر تن، متابی‌سولفیت سدیم نقطه مناسب این بازداشت‌کننده است و نسبت به سایر بازداشت‌کننده‌ها پیریت و اسفالریت را به طور موثرتری بازداشت می‌کند. در این مقدار بیشترین بازیابی سرب و کمترین بازیابی روی و آهن به ترتیب ۵۱٫۲۱، ۵٫۲۸ و ۸٫۷۲ درصد بدست آمد که نسبت به حالت بدون بازداشت‌کننده، بازیابی سرب ۲٫۶۱ درصد افزایش یافته و همچنین بازیابی پیریت و اسفالریت به ترتیب ۱۷٫۵۳ و ۶٫۵۲ درصد کاهش یافته است. این مساله نشان می‌دهد که احتمالا به دلیل استفاده از آهک برای تنظیم pH، لایه‌های آبدوست از قبیل سولفیت‌روی یا سولفات‌کلسیم در سطح اسفالریت و پیریت تشکیل شده و مانع جذب کلکتور بر سطح این کانی‌ها شده و در نهایت پیریت و اسفالریت را بازداشت کرده است [۱۹،۶].



شکل ۶- تاثیر سدیم متابی سولفیت بر بازیابی کنسانتره سرب

۳-۱-۴- تاثیر سولفید سدیم

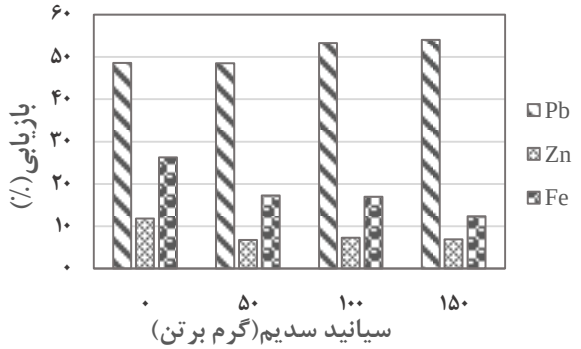
سولفید سدیم می‌تواند به عنوان بازداشت‌کننده موثر برای کانی‌های سولفیدی در شرایط خاص محسوب شود. این ترکیب همچنین برای سولفیداسیون سطوح کانی‌های اکسیدی سرب و روی برای فلوته‌شدن با کلکتورهای سولفیدریل نیز به کار برده می‌شود. نتایج آزمایش‌های انجام شده با سولفید سدیم در شکل ۷ ارایه شده است. همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، سولفید سدیم تا ۲۰۰ گرم بر تن، باعث افزایش بازیابی سرب می‌شود. این افزایش بازیابی می‌تواند به دلیل سولفیدی شدن بخشی از سطح اکسیدشده موضعی گالن باشد که در پی آن میزان شناورشدگی و بازیابی گالن افزایش یافته است با افزایش سولفید سدیم بعد از مقدار ۲۰۰ گرم بر تن، بازیابی سرب، کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش مصرف سولفید سدیم بازیابی پیریت و اسفالریت نیز کاهش می‌یابد. این کاهش بازیابی می‌تواند به دلیل کاهش اکسیژن محلول در پالپ باشد و در نتیجه محیط احیایی شود که در این شرایط جذب شیمیایی یا الکتروشیمیایی کلکتور بر روی سطح کانی نمی‌تواند به خوبی انجام گیرد. وجود اکسیژن در جذب کلکتورهای سولفیدریل بر روی کانی‌های سولفیدی نقش قابل توجهی دارد (به ویژه در محیط‌های قلیایی) و در صورت کمبود اکسیژن، عدم شناورشدگی مناسب کانی‌های سولفیدی اتفاق می‌افتد [۱۸،۳]. با توجه به نتایج حاصل از تاثیر سولفید سدیم بر بازیابی سرب و با وجود ثابت بودن میزان شناورشدگی پیریت و اسفالریت در مقادیر کم مصرف سولفید سدیم، افزایش بازیابی سرب می‌تواند به دلیل سولفیدی شدن بخشی از سطح گالن‌های اکسیدشده باشد.



شکل ۷- تاثیر سولفید سدیم بر بازیابی کنسانتره سرب

۳-۱-۵- بررسی تاثیر سیانید سدیم در بازداشت پیریت و اسفالریت

سیانید سدیم (NaCN) به علت اثرات قوی در بازداشت سولفورهای آهن و روی، برای دستیابی به یک فلوتاسیون انتخابی در کانسنگ گوگردی مصرف زیادی دارد. سیانید سدیم با هیدروفیل کردن سطوح کانی‌های روی و آهن مانع جذب کلکتور شده و فلوتاسیون آن‌ها را متوقف می‌سازد، در حالی که بر گالن اثری ندارد بلکه باعث تمیز شدن سطح آن می‌شود. به این ترتیب می‌توان گالن را با یک کلکتور مناسب (عمدتا گزنتات‌ها) در حضور یون سیانید، فلوته کرد [۳، ۱۸ ۲۰-۲۱]. برای بررسی تاثیر مصرف سیانید سدیم بر روی کانسنگ کوشک آزمایش‌هایی انجام شد که نتایج آن‌ها در شکل ۸ ارایه شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که با افزایش مصرف سیانید سدیم تا ۱۵۰ گرم بر تن، با وجود افزایش عیار و بازیابی سرب و کاهش بازیابی پیریت و اسفالریت نسبت به حالت بدون بازداشت‌کننده، افزایش بازیابی سرب و بازداشت پیریت و اسفالریت در مقایسه با بازداشت‌کننده سولفات‌آهن و متابی‌سولفیت سدیم زیاد چشمگیر نیست. مقدار بازیابی سرب، روی و آهن در این نقطه به ترتیب برابر، ۵۴٫۰۸، ۶٫۸۸ و ۱۲٫۳۵ درصد است که نسبت به حالت بدون بازداشت‌کننده، بازیابی سرب ۵٫۴۴ درصد افزایش و بازیابی پیریت و اسفالریت به ترتیب ۱۳٫۹ و ۴٫۹۲ درصد کاهش یافت. این کاهش بازیابی روی و آهن می‌تواند به دلیل هیدروفیل کردن سطح کانی‌های اسفالریت و پیریت به وسیله سیانید سدیم با مکانیزم‌های مختلف باشد که مانع جذب کلکتور شده است [۳، ۱۸، ۲۰-۲۱].

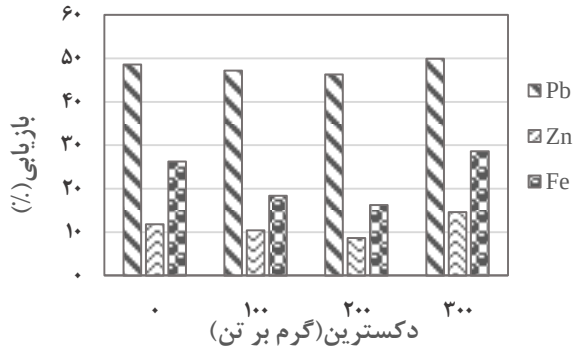


شکل ۸- تاثیر سیانید سدیم بر بازیابی کنسانتره سرب

۳-۱-۶- تاثیر دکسترین

بازداشت‌کننده‌های آلی مانند نشاسته و دکسترین در محلول‌های آبی یونیزه نمی‌شوند بلکه به صورت کلوییدی حضور دارند. ذرات کلوییدی نشاسته و دکسترین ممکن است سطح کانی را بپوشانند و از شناور شدن آن‌ها جلوگیری کنند. جذب دکسترین با ترکیبات هیدروکسیل فلز در محیط‌های قلیایی عامل بازداشت کانی‌هایی مانند پیریت عنوان شده است. هنگامی که مقدار زیادی

دکسترین یا نشاسته به محلول اضافه شود، تمام کانی‌ها بازداشت می‌شوند[۲۳،۲۲،۱۰]. از آنجا که در برخی معادن از جمله مونت ایزای استرالیا که مانند معدن کوشک، فلزات با ارزش آن در شیل‌های سیاه واقع شده است برای بازداشت پیریت و مواد کربن‌دار از بازداشت‌کننده‌های آلی مانند دکسترین استفاده می‌شود[۲۴]، به همین دلیل برای بررسی تاثیر دکسترین در سه سطح آزمایش انجام شد که نتایج آن‌ها در شکل ۹ ارایه شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود تا میزان ۲۰۰ گرم بر تن مصرف دکسترین، عیار و بازیابی سرب کاهش می‌یابد. همچنین عیار و بازیابی روی و آهن نیز در کنسانتره سرب کاهش می‌یابد که نشان می‌دهد دکسترین علاوه بر بازداشت پیریت و اسفالریت، به‌طور مجزا گالن را نیز بازداشت می‌کند. علت این امر می‌تواند به دلیل درگیری گالن، پیریت و اسفالریت با مواد کربن‌دار باشد که مشاهدات میکروسکوپی نیز این مساله را تایید می‌کند و در نتیجه استفاده از دکسترین برای بازداشت مواد کربن‌دار، کانی‌های درگیر با مواد کربن‌دار نیز بازداشت می‌شوند. مقدار ۲۰۰ گرم بر تن مصرف دکسترین، دارای عیار و بازیابی بهتر سرب است و همچنین مقدار روی و آهن کمتری نسبت به دیگر نقاط آزمایشی نشان می‌دهد. با افزایش مقدار مصرف دکسترین در نقطه ۳۰۰ گرم بر تن، بازیابی وزنی به طور چشمگیری افزایش یافت و در نهایت بازیابی سرب، روی و آهن نیز افزایش یافت که می‌تواند به دلیل افزایش بازیابی وزنی باشد. در مجموع با مصرف دکسترین نتیجه مناسبی حاصل نشد و باعث کاهش بازیابی سرب شد.

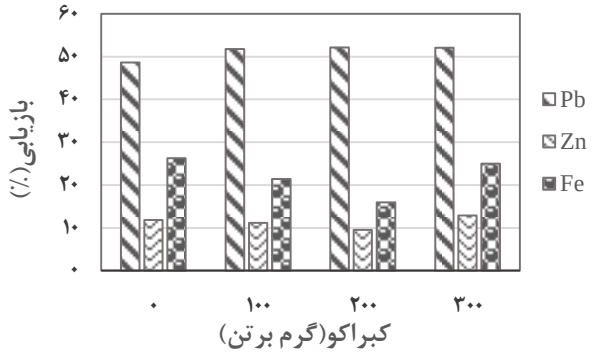


شکل ۹- تاثیر دکسترین بر بازیابی کنسانتره سرب

۳-۱-۷- تاثیر کبراکو

کبراکو، از معمول‌ترین مشتقات اسیدتانیک است که برای بازداشت کلسیت و گانگ کربناته مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از کبراکو به عنوان بازداشت‌کننده پیریت در فلوتاسیون کانی‌های سولفیدی(در محدوده pH مشخصی) گزارش شده است[۲۵،۳]. از بازداشت‌کننده کبراکو در کنار دکسترین و یک سطح ساز دیگر به همراه سیانید سدیم به عنوان بازداشت‌کننده موثر پیریت‌های کربن‌دار در معدن مونت ایزا استرالیا استفاده شده است [۴].

نتایج حاصل از تاثیر کبراکو در شکل ۱۰ آورده شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود با افزایش میزان مصرف کبراکو، بازیابی سرب در کنسانتره سرب افزایش پیدا می‌کند. نقطه ۲۰۰ گرم بر تن، نسبت به بقیه نقاط آزمایشی دارای بازیابی مناسب سرب بوده و همچنین بازیابی روی و آهن در کنسانتره سرب در این نقطه نسبت به بقیه نقاط آزمایشی کمتر است. بازیابی سرب در این نقطه ۵۲/۱۵ درصد است که نسبت به حالت بدون بازداشت‌کننده، ۳/۵۱ درصد افزایش نشان می‌دهد. همچنین میزان بازیابی پیریت و اسفالریت به ترتیب ۱۰/۳۳ و ۲/۳ درصد کاهش یافت و به ۱۵/۹۲ و ۹/۵ رسید. در مجموع با افزایش میزان مصرف کبراکو تا نقطه ۲۰۰ گرم بر تن، بازیابی سرب افزایش‌یافته و بازیابی روی و آهن کاهش می‌یابد اما با افزایش دوباره میزان کبراکو و در مقدار ۳۰۰ گرم بر تن، بازیابی سرب کاهش یافته و بازیابی روی و آهن به طور قابل توجهی افزایش نشان می‌دهد.



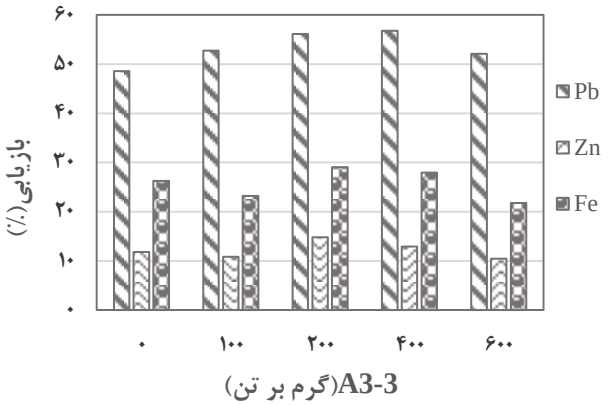
شکل ۱۰- تاثیر کبراکو بر بازیابی کنسانتره سرب

۳-۱-۸- بازداشت‌کننده A3-3

بازداشت‌کننده A3-3 برای بازداشت پیریت، مارکازیت و پیروتیت هگزاگونال تغییریافته و اکسیدشده، موثر است. این بازداشت‌کننده همچنین سرعت فلوتاسیون مس را بهبود می‌بخشد. ترکیب این بازداشت‌کننده به شرح زیر است [۳]:

- Na_2SiO_3: ۴۰ درصد
- $Na_2S_2O_5$: ۴۰ درصد
- $Al_2(SO_3)_3$: ۲۰ درصد

نتایج حاصل از تاثیر بازداشت‌کنندگی A3-3 بر روی پیریت در شکل ۱۱ ارایه شده است.



شکل ۱۱- تاثیر A3-3 بر بازیابی کنسانتره سرب

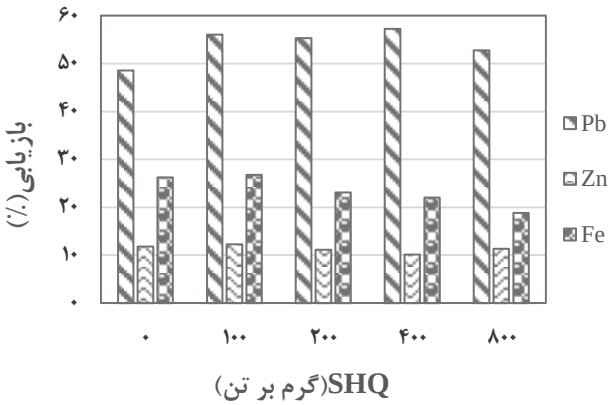
همانطور که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود با مصرف بازداشت‌کننده A3-3 تا مقدار ۴۰۰ گرم بر تن، بازیابی سرب افزایش یافته و همچنین بازیابی روی و آهن نیز در کنسانتره سرب نسبت به حالت بدون بازداشت‌کننده افزایش می‌یابد. این افزایش بازیابی بیشتر می‌تواند به دلیل افزایش بازیابی وزنی باشد که در انجام این آزمایش مشاهده شد. بعد از نقطه ۴۰۰ گرم بر تن، همزمان بازیابی سرب، روی و آهن کاهش می‌یابد. نقطه ۴۰۰ گرم بر تن میزان مصرف مناسب این بازداشت‌کننده است که دارای بیشترین بازیابی سرب است. همچنین مقدار پیریت و اسفالریت نیز در این نقطه دارای بیشترین مقدار است که در واقع نمایانگر عدم بازداشت مناسب پیریت و اسفالریت با این بازداشت‌کننده است. در این نقطه نسبت به حالت بدون بازداشت‌کننده بازیابی سرب، پیریت و اسفالریت به ترتیب، ۸/۱۵، ۱/۶۸ و ۱/۱۰ درصد افزایش یافته است.

۳-۱-۹- بازداشت‌کننده SHQ

این بازداشت‌کننده به عنوان کمک بازداشت‌کننده پیریت کربن‌دار، پیروتیت و مارکازیت گزارش شده است. هنگامی که از قبل با سیانید مخلوط شود، بازداشت مناسب اسفالریت پیش فعال شده را فراهم می‌کند. این بازداشت‌کننده از مواد زیر تشکیل شده است[۳]:

- Na_2SiO_3: ۴۰ درصد
- Na_3PO_4: ۴۰ درصد
- Quebracho: ۲۰ درصد

برای بازداشت پیریت و گانگ کربناته در طی فلوتاسیون سرب، در ۴ سطح با بازداشت‌کننده SHQ آزمایش فلوتاسیون انجام شد که نتایج حاصل در شکل ۱۲ ارایه شده است. همان طور که درشکل فوق مشاهده می‌شود با مصرف ۴۰۰ گرم بر تن از بازداشت‌کننده SHQ، بازیابی سرب بیشتر شده و همچنین مقدار دررفت روی و بازیابی آهن در کنسانتره سرب نسبت به بقیه نقاط کمتر است. مقدار بازیابی سرب، روی و آهن در این نقطه به ترتیب، ۵۷/۲۸، ۱۰/۱۲ و ۲۲/۰۵ درصد است که نسبت به حالت بدون بازداشت‌کننده، بازیابی سرب، ۸/۶۴ درصد افزایش و بازیابی روی و آهن به ترتیب ۱/۶۸ و ۴/۲۰ درصد کاهش نشان می‌دهد. در مجموع با مصرف SHQ بازیابی سرب افزایش یافته ولی پیریت و اسفالریت نسبت به حالت بدون بازداشت‌کننده به خوبی بازداشت نشده است.



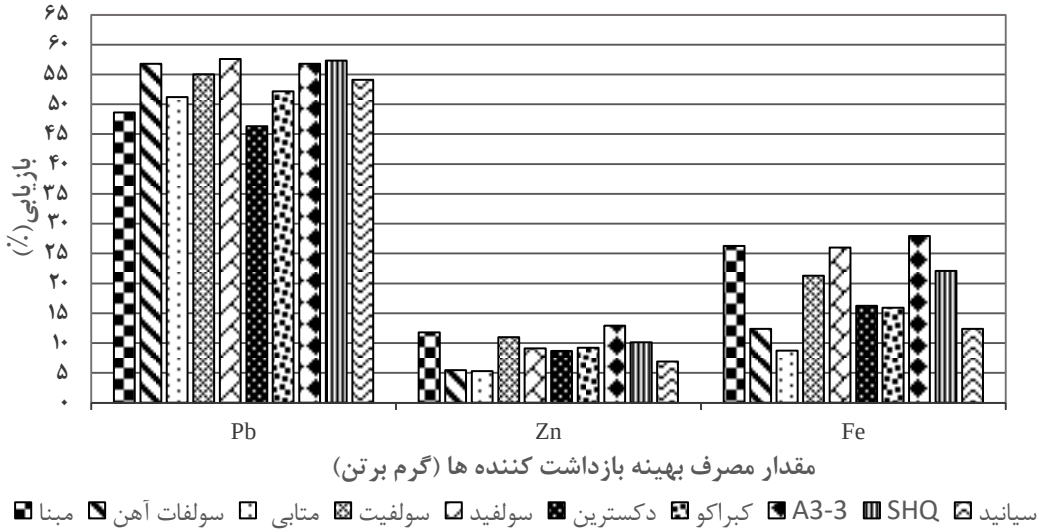
شکل ۱۲- تاثیر SHQ بر بازیابی کنسانتره سرب

۳-۲- مقایسه بازداشت‌کننده‌ها در مصارف بهینه آن‌ها

از آزمایش‌هایی که با هر یک از بازداشت‌کننده‌ها انجام شد، مشخص شد که هرکدام از آن‌ها در مقدار معینی از مصرفشان بیشترین تاثیر را در بازداشت پیریت و اسفالریت دارند و همین‌طور به ازای آن مقدار مصرف، کنسانتره سرب حاصل، عیار و بازیابی مناسب‌تری نسبت به سایر مقادیر دارد. جدول ۳ و شکل ۱۳ تاثیر بازداشت‌کننده‌های مورد بررسی بر عیار و بازیابی سرب را در کنسانتره سرب نشان می‌دهند. همان طور که در جدول ۳ و شکل ۱۳ مشاهده می‌شود، بیشترین بازیابی سرب با کمترین شناورشدگی پیریت و اسفالریت به ترتیب با مقدار ۶۰۰ گرم بر تن سولفات آهن، ۱۵۰ گرم بر تن سیانید سدیم، ۲۰۰ گرم بر تن متابی‌سولفیت سدیم بدست می‌آید. به‌طوری که با این مقدار مصرف از بازداشت‌کننده‌های فوق به صورت مجزا در فلوتاسیون سرب، پیریت و اسفالریت نسبت به سایر بازداشت‌کننده‌های مورد بررسی و همچنین نسبت به حالت بدون بازداشت‌کننده که در جدول ۳ آورده شده است، بهتر بازداشت شده و همچنین در این مقدار مصرف، عیار و بازیابی سرب نسبت به حالت بدون بازداشت‌کننده افزایش یافته است.

جدول ۳- عیار و بازیابی مربوط به مصارف بهینه بازداشت‌کننده‌ها در کنسانتره سرب

بازداشت‌کننده	غلظت (گرم برتن)	عیار (درصد)			بازیابی (درصد)		
		سرب	روی	آهن	±۱٫۳	±۰٫۳	±۰٫۶۶
					سرب	روی	آهن
مبنا	۰	۵٫۴۵	۳٫۴۸	۳۶٫۰۵	۴۸٫۶۴	۱۱٫۸۰	۲۶٫۲۵
سولفات آهن	۶۰۰	۶٫۹۵	۲٫۶۵	۲۷٫۲۱	۵۶٫۷۷	۵٫۴۳	۱۲٫۳۵
متابی‌سولفیت سدیم	۲۰۰	۱۱٫۲۵	۳٫۴۲	۲۱٫۱۲	۵۱٫۲۸	۵٫۲۸	۸٫۷۲
سولفیت سدیم	۸۰۰	۴٫۷۸	۳٫۳۶	۲۷٫۲۳	۵۴٫۹۹	۱۰٫۹۹	۲۱٫۲۵
سولفید سدیم	۲۰۰	۵٫۸۲	۳٫۳۱	۲۹٫۹۰	۵۷٫۵۸	۹٫۰۹	۲۵٫۹۷
دکسترین	۲۰۰	۵٫۲۶	۳٫۱۵	۲۵٫۶۸	۴۶٫۳۳	۸٫۶۸	۱۶٫۲۴
کبراکو	۲۰۰	۵٫۳۵	۳٫۳۹	۲۶٫۴۸	۵۲٫۱۵	۹٫۵۰	۱۵٫۹۲
A3-3	۴۰۰	۳٫۶۱	۲٫۴۸	۳۱٫۰۰	۵۶٫۷۹	۱۲٫۹۰	۲۷٫۹۳
SHQ	۴۰۰	۴٫۸۹	۳٫۰۲	۳۱٫۸۰	۵۷٫۲۸	۱۰٫۱۲	۲۲٫۰۵
سیانید سدیم	۱۵۰	۸٫۹۰	۳٫۸۱	۲۳٫۵۰	۵۴٫۰۸	۶٫۸۸	۱۲٫۳۵



شکل۱۳- مقایسه تاثیر مقدار بهینه مصرف بازداشت‌کننده‌های مورد بررسی بر بازیابی کنسانتره سرب

۴- نتیجه‌گیری

نمونه مورد مطالعه در این تحقیق از آخر خط شیل‌گیری (بار ورودی مدار فلوتاسیون سرب) در معدن سرب و روی کوشک یزد تهیه شد. سپس به مطالعه و بررسی امکان افزایش بازیابی سرب کانسنگ سرب و روی کوشک با استفاده از بازداشت‌کننده‌های مختلف پرداخته شد. نتایج حاصل از این تحقیق، به صورت خلاصه به قرار زیر است:

- مطالعات کانی‌شناسی نشان داد که پیریت، اسفالریت و گالن به ترتیب، فراوان‌ترین کانی‌های سولفیدی و مواد کربن‌دار، کلسیت، دولومیت، و کوارتز به ترتیب فراوان‌ترین کانی‌های غیرسولفیدی موجود در نمونه‌اند. همچنین نمونه تهیه شده محتوی مقادیر آهن، سرب و روی به ترتیب، ۲۲٫۵ ، ۱٫۲۵ و ۴٫۸۵ درصد بود.
- در فلوتاسیون آزمایشگاهی با توجه به شرایط و مواد مصرفی کارخانه، مجموع بازیابی سرب، روی و آهن در کنسانتره سرب ۴۸٫۶۴، ۱۱٫۸۰ و ۲۶٫۲۵ درصد حاصل شد.
- به‌منظور بازداشت پیریت و اسفالریت در فلوتاسیون گالن و جدایش انتخابی سرب، از بازداشت‌کننده‌های پیریت و اسفالریت شامل سیانید سدیم، سولفیت سدیم،

متابی‌سولفیت سدیم، سولفات آهن، دکسترین، کبراکو، SHQ و A3-3 به طور مجزا در فلوتاسیون سرب استفاده شد. نتیجه مناسبی از بازداشت‌کننده‌های دکسترین، SHQ و A3-3 حاصل نشد. حداقل شناور شدن پیریت و اسفالریت و حداکثر عیار، بازیابی سرب در کنسانتره به ترتیب با مصرف ۶۰۰ گرم بر تن سولفات آهن و ۱۵۰ گرم بر تن سیانید سدیم و ۲۰۰ گرم بر تن متابی‌سولفیت سدیم حاصل شد.

- نتایج آزمایش‌های انجام شده در حضور متابی‌سولفیت سدیم نشان داد که متابی‌سولفیت سدیم پیریت و اسفالریت را به طور چشمگیری بازداشت می‌کند. مجموع بازیابی سرب، بازیابی روی و آهن در کنسانتره حاصل از فلوتاسیون با استفاده از ۲۰۰ گرم بر تن متابی‌سولفیت سدیم به ترتیب، ۵۱٫۲۱، ۵٫۲۸ و ۷٫۸۲ درصد حاصل شد که در مقایسه با حالت بدون بازداشت‌کننده، اسفالریت و پیریت را به ترتیب ۶٫۵۲ و ۱۷٫۵۳ درصد بازداشت کرده است و باعث افزایش ۲٫۶۱ درصد بازیابی سرب شده است.
- در آزمایش‌هایی که از سیانید سدیم به عنوان بازداشت‌کننده استفاده شد، مشخص شد که با افزایش مقدار مصرف سیانید سدیم تا ۱۵۰ گرم بر تن، بازیابی سرب افزایش یافته و پیریت و اسفالریت به طور چشمگیری نسبت به حالت بدون استفاده از بازداشت‌کننده، بازداشت می‌شود. مجموع بازیابی سرب، روی و آهن در کنسانتره سرب در این نقطه به ترتیب ۵۴٫۰۸ ، ۶٫۸۸ و ۱۲٫۳۵ درصد حاصل شد که در مقایسه با حالت بدون بازداشت‌کننده اسفالریت و پیریت را به ترتیب ۴٫۹۲ و ۱۳٫۹۰ بازداشت کرده است و باعث افزایش ۵٫۴۴ درصد بازیابی سرب شده است.
- نتایج آزمایش‌های فلوتاسیون در حضور سولفات آهن نشان داد که این بازداشت‌کننده پیریت و اسفالریت را به طور موثرتری بازداشت می‌کند و باعث افزایش بازیابی سرب می‌شود. در مقدار مصرف ۶۰۰ گرم بر تن سولفات آهن، مجموع بازیابی سرب، روی و آهن در کنسانتره سرب به ترتیب، ۵۶٫۷۷، ۵٫۴۳ و ۱۲٫۳۵ درصد حاصل شد که در مقایسه با حالت بدون بازداشت‌کننده در کنسانتره سرب، بازیابی سرب ۸٫۱۷ درصد افزایش یافته و بازیابی پیریت و اسفالریت به ترتیب ۱۳٫۹۰ و ۶٫۳۷ درصد کاهش یافته است، این امر نشان‌دهنده توانایی سولفات آهن در بازداشت پیریت و اسفالریت است.
- درمجموع تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از بازداشت‌کننده‌های متا بی‌سولفیت سدیم و سولفات آهن نسبت به سایر بازداشت‌کننده‌های مورد بررسی می‌تواند به طرز موثرتری پیریت واسفالریت را بازداشت کرده و موجب افزایش بازیابی سرب شود. همچنین با توجه به پایین بودن بازیابی کلی سرب بر روی نمونه آسیا شده ، بهینه‌سازی سیستم آسیاکنی و طبقه‌بندی در کارخانه امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

تقدیر و تشکر

از مدیریت و پرسنل محترم مجتمع معدنی سرب و روی کوشک برای حمایت و در اختیار قراردادن امکانات لازم جهت انجام تحقیق حاضر، کمال قدردانی و سپاسگزاری به عمل می‌آید.

منابع

1. Gredelj, S., Zanin, M., Grano, S.R; 2009; “Selective flotation of carbon in the Pb-Zn carbonaceous sulphide ores of Century Mine, Zinifex”, Minerals Engineering, 22, pp.279.
2. Cytec., 2002; “Mining Chemicals Handbook”, Revised edition.
3. Bulatovic, S. M; 2007; “Handbook of flotation reagents’’, Vol. 1, Elsevier science & technology books, pp. 125-184.
4. Mu, Y., Peng, Y., & Lauten, R. A; 2016; “The depression of pyrite in selective flotation by different reagent systems–A Literature review’’, Minerals Engineering, 96, pp.143-156
5. Sun, X., Huang, L.,Wu, D., Tong, X., Yang, S., Hu, B; 2022; “The selective depression effect of dextrin on pyrite during the Zn–Fe sulfides flotation under low alkaline conditions, Colloids and Surfaces”, A: Physicochemical and Engineering Aspects, 650. 129573.
6. Khmeleva, T. N., Skinner, W., Beattie, D. A., & Georgiev, T. V; 2002; “The effect of sulphite on the xanthate-induced flotation of copper-activated pyrite”, Physicochemical problems of mineral processing, 36, pp. 185-195.
7. Pan, Z., Liu, Z., Xiong, J., Li, J., Wei, Q., Zhang, Z., Jiao, F., Qin, W; 2022; “Application and depression mechanism of sodium sulfite on galena-pyrite mixed concentrate flotation separation”, Huize Lead-Zinc Mine, China, as an

example, Minerals Engineering 185 . 107696.

۸. نـامگر، م، ۱۳۹۵؛ **«امکـان‌سـنجی حـذف سـیانور از مـدار فلوتاسیون مجتمع سـرب و روی بامـا»**، پـروژه کارشناسـی ارشد، دانشگاه کاشان.

9. Chen, J. H., Li, Y. Q., & Long, Q. R; 2010; "Molecular structures and activity of organic depressants for marmatite, jamesonite and pyrite flotation", Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 20(10),pp. 1993-1999.

10. Bogusz, E. J; 1995; "The mechanism of the depressant action of dextrin on pyrite", M.Sc. Thesis, McGill university.

11. QIN Wen-qing., HE Ming-fei. CHEN Yu-ping; 2008; "Improvement of flotation behavior of Mengzi lead-silver-zinc ore by pulp potential control flotation", School of Minerals Processing and Bio-engineering, Central South University, Changsha 410083, China.Trans, Nonferrous Met. Soc, China 18 (2008), pp. 949-954.

12. Bazin, C., Proulx, M.; 2000m; "Distribution of reagents down a flotation bank to improve the recovery of coarse particle", International Journal of Mineral Processing, 61pp. 1–12.

13. Young, M. F., et al; 1997; "Developments in milling practice at the lead/zinc concentrator of Mount Isa Mines Limited from 1990", AusIMM Sixth Mill Operators Conference, Madang, Papua New Guinea, 6-8 October,1997.

14. Singh, A., J. J. Louw, and D. G. Hulbert; 2003; "Flotation stabilization and optimization", Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, Vol. 103, Nov 2003, pp 581-588.

15. Heydari, G., Mehrabani, J. V., & Bagheri, B; 2019; "Selective separation of galena and sphalerite from pyrite-rich lead-zinc ores; , A case study of the Kooshk mine, Central Iran. International Journal of Mining and Geo-Engineering, 53(1),pp. 43-50.

۱۶. حیدری، ق.، ۱۳۹۵؛ **«بهینه‌سازی مدار فلوتاسیون کارخانـه سرب و روی کوشک»**، پـروژه کارشناسـی ارشـد، دانشـگاه صنعتی سهند تبریز.

17. Kostovic, M.,Vucinic, D; 2016; "The influence of cyanide salts and ferrous sulphate on pyrite flotation", Physicochem, Probl, Miner, Process, 52(2), pp. 609-619.

18. Wills, B.A., Finch, J.A; 2015; "Wills' Mineral Processing Technology", (Eighth Edition): An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery, Elsevier, pp. 280-290.

19. Quast, K., Hobart, G; 2006; "Marmatite depression in galena flotation", Minerals engineering 19, pp. 860-869

20. Prestidge, C. A., Skinner, W. M., Ralston, J. & Smart, R. St.C; 1997; "Copper (II) activation and cyanide deactivation of zinc sulphide under mildly alkaline conditions", Applied Surface Science, 108 pp. 333–344.

21. Prestidge, C. A., Ralston, J. & Smart, R. St.C; 1993b; "The competitive adsorption of cyanide and ethyl xanthate on pyrite and pyrrhotite surface", International Journal of Mineral Processing, 38. pp. 205–233.

22. Valdivieso, A.L, Cervantes, T.C, Song, S., Cabrera, A.R.,. Laskowski, J.S; 2004; "Dextrin as a non-toxic depressant for pyrite in flotation with xanthates as collector", Minerals Engineering 17, pp. 1001–1006.

23. Sun, X., Huang, X.L., Wu, D.,Tong, X., Yang, S., Hu, B; 2022; "The selective depression effect of dextrin on pyrite during the Zn–Fe sulfides flotation under low alkaline conditions, Colloids and Surfaces", A: Physicochemical and Engineering Aspects 650 , 129573.

24. Healy, D.F; 2005; "The depression of sphalerite during carbon pre-flotation and lead flotation at the Century mine concentrator", M.Sc. Thesis, Curtin University of technology.

25. Sarquís, P.E. Menendez-Aguado, J.M. Mahamud, M.M., DziobaTannins, M.M; 2014; "The organic depressants alternative in selective flotation of sulfides", Journal of Cleaner Production 84, pp. 723-726.