

جایگزین نمودن سولفات آهن و آهک هیدراته به جای سیانور سدیم در فلوتاسیون تفریقی سرب و روی کارخانه تغلیظ لکان

ایرج یوسفی (مسئول مکاتبات)

عضو هیات علمی، گروه معدن - دانشگاه آزاد اسلامی، واحد محلات

غلامرضا ملاطاهری

کارشناس ارشد استخراج معادن ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

مجید وفائی فر

کارشناس ارشد کانه آرایه دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ پذیرش: ۸۵/۵/۴

تاریخ دریافت: ۸۵/۱/۱۴

چکیده

در حال حاضر در فلوتاسیون تفریقی سرب و روی در کارخانه تغلیظ لکان در مرحله جداسازی سرب جهت بازداشت پیریت و اسفالریت از سیانورسدیم استفاده می شود که تبعات زیست محیطی زیادی در برداشته و برای انسان و دیگر موجودات بسیار خطرناک است، همچنین تهیه این ماده شیمیایی دارای محدودیت های زیادی می باشد و از خارج کشور تهیه می گردد. در طرح پژوهشی حاضر با جایگزینی سولفات آهن و آهک هیدراته به جای سیانورسدیم، کنسانتره سرب قابل قبول با عیار ۵۸/۷۵٪ سرب و ۱۳/۲٪ روی حاصل شده و نتایج آزمایشگاهی حاکی از آن است که می توان در مقیاس صنعتی هم این مواد را جایگزین و از مزایای آن بهره مند گردید.

واژه های کلیدی: فلوتاسیون تفریقی، سیانور سدیم، سولفات آهن، آهک هیدراته، کنسانتره، سولفات روی

کلیات

اکثر مواد فلزی که از معدن استخراج می شوند به دلیل پایین بودن درصد عیار آن ها در سنگ میزبان قابل ارایه به صنعت نمی باشند، لذا می بایست با استفاده از روش های مختلف از سنگ موجود کنسانتره ای تولید نمود که تا حد ممکن عیار فلز در آن بالا باشد. بدین لحاظ در نزدیکی بیشتر معادن فلزی بزرگ، کارخانه کانه آرایه وابسته به همان معدن وجود دارد که در آن محل با استفاده از خصوصیات فیزیکی و یا فیزیکی شیمیایی، کانی ها به روش های مختلف پر عیار می گردند.

روش فلوتاسیون دارای بازده بسیار خوب به خصوص در مورد کانی های سولفور می باشد. یکی از مشکلات این روش، آلودگی محیط زیست است.

کارخانه تغلیظ لکان کار فرآوری سنگ معدن عمارت راکه در ۲۷ کیلومتری آن قرار دارد انجام می دهد. این کارخانه حدود ۲ کیلومتری روستای لکان قرار دارد و منابع تغذیه چاه های آب قنات روستای خانی آباد که در فاصله حدود ۵ کیلومتری این کارخانه می باشد، در اطراف دپو باطله این کارخانه تغلیظ قرار دارد.

منطقه ای که کارخانه فرآوری لکان در آن واقع شده کوهستانی است و از بارندگی و پوشش گیاهی نسبتا مناسبی

برخوردار می باشد، بدین سبب علاوه بر این که در منطقه روستاهای زیادی قرار دارد، زیست گاه مناسبی برای حیوانات و پرندگان نیز می باشد.

پیارسنگ معدن و روی به این کارخانه به طور متوسط حاوی ۱/۵٪ سرب و ۷٪ روی می باشد. در این کارخانه در دو مرحله خردایش سنگ معدنی به صورت خشک و تر انجام می شود. ۸۰٪ ابعاد دانه ها بعد از خردایش نهایی به ۲۰۰- مش می رسد جهت پرعیار کردن سنگ معدنی با استفاده از خواص فیزیکی و شیمیایی آن از روش پروتاسیون استفاده می شود. در مرحله اول با غیر فعال نمودن سولفور روی (اسپالریت)، سولفور سرب (گالن) شناور می شود. در مرحله بعدی با فعال نمودن سولفوردی اسپالری شناور می گردد. محصول این کارخانه کنسانتره سرب با عیار ۶۰٪ و کنسانتره روی با عیار ۵۰٪ می باشد(۱).

طی چند سالی که از فعالیت این کارخانه می گذرد جهت بازداشت نمودن سولفور روی (اسفالریت) و سولفور آهن (پریت) در مرحله اول از سیانور سدیم و سولفات روی استفاده می شود. (در جدول شماره ۱ میزان مواد شیمیایی که در حال حاضر اضافه می گردد آورده شده است).

جدول ۱- میزان مواد شیمیایی اضافه شده در شرایط حاضر کارخانه تغلیظ لکان(۱)

مواد شیمیایی گرم بر تن سنگ									PH	جامد پالپ (درصد)	مراحل
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱			
۷۵۰									۸	۵۰	آسیای شماره ۱
	۱۱۸				۱۸۰				۸	۳۰	سرریز سیکلون
						۵۰ CC		۱۸۰	۸	۲۰	همزن شماره ۱
		۳۰۰	۷۰۰						۸	۲۰	همزن شماره ۲
						۱۰۰ CC			۸	۲۰	همزن شماره ۳
۷۵۰	۱۱۸	۳۰۰	۷۰۰		۱۸۰	۱۵۰ CC		۱۸۰			جمع

- ۱- اتیل اگزانات پتاسیم
- ۲- آهک هیدراته
- ۳- روغن کاج
- ۴- سولفات روی
- ۵- سولفات آهن
- ۶- کات کبود
- ۷- اتیل اگزانات پتاسیم
- ۸- سیانور سدیم
- ۹- سولفیت سدیم

باطله این کارخانه که پالپی است، حاوی دانه های جامد و آلوده به سیانور سدیم به سد باطله که در زیر دست کارخانه قرار دارد روانه می شود و در آن جا دانه های جامد در اثر وزن مخصوص ته نشین می گردد، بعد از مراحل، قسمتی از آب موجود در سد جهت استفاده مجدد به کارخانه برگشت داده می شود و قسمتی تبخیر یا در زمین های اطراف سد نفوذی می نماید.

در طی سال های گذشته (حدود ۵۰ سال) در چندین نوبت به علت استفاده حیوانات اهلی و وحشی و پرندگان از آب سد باطله این کارخانه، موجودات زیادی تلف شده اند. همچنین در بعضی از اوقات به علت پاره شده دیواره سد آب موجود در سد، باطله به زمین های کشاورزی اطراف روانه و آن ها را آلوده نموده است.

دانه های جامد موجود در سد باطله که بسیار ریز می باشند توسط بادهای سهمگین که در منطقه می وزد جا به جا شده و بعضاً تا حدود ۱۰ کیلومتری دپو باطله حمل می گردد. این دانه ها آلوده به سیانور سدیم و سمی است.

سیانور سدیم از خارج کشور تهیه می شود. در سال های گذشته به دلایل مختلف کشورهای خارجی از صدور این کالا به ایران خودداری می کنند، لذا واحدهای مصرف کننده دچار معضل شده اند (۲).

علاوه بر کارخانه فرآوردی لکان، شرکت ها و معادن مشابه نیز در ایران جهت بازداشت نمودن پیریت اسفالریت در فلوتاسیون تفریقی سرب و روی از سیانور سدیم استفاده می نمایند.

اهداف

- جایگزین نمودن سولفات آهن و آهک هیدراته به جای سیانورسدیم در فلوتاسیون تفریقی سرب و روی کارخانه تغلیظ لکان اهداف کلی زیر را مد نظر داشته است.
- جلوگیری از آلودگی زیست محیطی به دلیل استفاده از سیانورسدیم
- عدم استفاده از سیانور سدیم، با توجه به محدودیت تهیه آن در داخل کشور
- کمتر نمودن هزینه های پر عیار سازی به دلیل تفاوت قیمت بین سیانورسدیم و سولفات آهن و آهک هیدراته
- جلوگیری از تعطیلی احتمالی کارخانه به دلیل مشکلات و محدودیت ها در تهیه سیانور سدیم
- جلوگیری از خروج ارز جهت تهیه سیانور سدیم

پیشینه پژوهش

در کارخانه لکان، گزارش مستندی درباره اقدام برای جایگزین نمودن سیانور سدیم موجود نمی باشد. همچنین در معادن و شرکت های مشابه دیگر در ایران (شرکت کالسیمین - شرکت باما - معدن کوشک) نیز از سیانور سدیم جهت بازداشت پیریت و اسفالریت استفاده می گردد.

در کارخانه های تغلیظ مشابه در خارج از کشور از سولفات آهن و آهک هیدراته جهت بازداشت پیریت و اسفالریت استفاده می شود (۳).

مقدمه

متوالی کارخانه از روی نوار هر ۱۰ دقیقه حدود نیم کیلو و جمعا ۵۰ کیلوگرم نمونه برداشته شده است. جهت تهیه نمونه دیگر، از پالپ ورودی به طرف سلول ها که در این مرحله خردایش کامل انجام شده و دانه ها جهت جداسازی به طرف همزن ها حرکت می نمایند، دردو شیفت جداگانه هر ساعت یک بار نمونه گیری شده، که بعد از رطوبت گیری حدود ۵ کیلوگرم نمونه تهیه(۵) و جهت آزمایشات بعدی به بخش کانه آرایبی سازمان زمین شناسی کشور ارسال شده است .

خردایش و تهیه نمونه ها

با توجه به این که می بایست نتیجه این پژوهش در مقیاس صنعتی در کارخانه لکان اجرا شود، سعی گردیده که آزمایشات فلوتاسیون بر روی نمونه های خرد شده توسط آسیاهای کارخانه لکان انجام شود. نمونه تهیه شده در ظرف های مخصوص تقسیم بندی ریخته شده و از آن یک نمونه معرف یک کیلوگرمی تهیه گردید، سپس بر روی آن آزمایش تجزیه سرنندی و آنالیز شیمیایی انجام شد که نتایج آزمایشات در جدول شماره ۲ آورده شده است .

کارخانه کانه آرایبی لکان در ۳۴ کیلومتری غرب شهرستان خمین در استان مرکزی واقع شده است. این کارخانه در سال ۱۳۳۵ تاسیس شده، و در ابتدا کار تغلیظ سرب معادن لکان، و از سال ۱۳۵۲ کار تغلیظ سرب و روی معدن عمارت را به صورت تجمعی به عهده داشته است .

کانی های اصلی سرب و روی در این معدن اسفالریت و گالن است که به همراه دیگر کانی های فرعی نظیر اسمیت زونیت و سروزیت در زون سیلیسی منینالیزه شده است. مهم ترین کانی های باطله سیلیس، دولومیت و پیریت می باشند.

معدن سرب و روی عمارت در ۴۶ کیلومتری جنوب غربی شهرستان اراک و در ۲ کیلومتری بخش قدمگاه قرار دارد. این معدن در ۲۷ کیلومتری کارخانه لکان واقع شده است(۱).

ظرفیت اسمی کارخانه کانه آرایبی لکان روزانه ۳۰۰ تن می باشد. اغلب تحقیقات و کارهای انجام گرفته در مورد بازده کارخانه که توسط کارشناسان خارجی و داخلی انجام گرفته پیرامون انتخاب مواد شیمیایی موثر جهت جدایش کانی های سرب و روی، درجه آزادی و بازده کارخانه بوده(۴) و در دیگر زمینه ها مطالعات چندانی صورت نگرفته است.

مواد ورودی ها

تهیه نمونه

به عنوان نمونه معرف از معدن عمارت دو نمونه تهیه شده است. یک نمونه از روی نوار خوراک دهنده به آسیای گلوله ای شماره ۱ که در این مرحله دانه های تا حدود یک سانتی متر خرد می گردند. جهت تهیه این نمونه طی دو شیفت

جدول ۲- نتایج تجزیه سرنندی و آنالیز شیمیایی خوراک معدن عمارت

سرنند (ش)	درصد وزنی	عیار روی (درصد)	عیار سرب (درصد)
+۱۰۰	۵/۵	۲/۶۱	۰/۴۴
+۲۰۰	۱۵	۶/۰۹	۱/۷۱
-۲۰۰	۷۹/۵	۷/۷	۲/۰۱
خوراک	۱۰۰	۷/۱۸	۱/۷۳

یافت. این کار تا زمانی که ۸۰٪ محصول از الک ۲۰۰- مش عبور نموده، ادامه یافته است (۶). بعد از عملیات خریدش، نمونه ها رطوبت گیری و در اتو کلا خشک شده اند. بر روی نمونه به دست آمده تجزیه سرنندی و آنالیز شیمیایی انجام شده که نتایج آزمایشات در جدول شماره ۳ آورده شده است.

به دلیل نیاز به نمونه بیشتر جهت آزمایش های فلو تاسیون، نمونه یک سانتی متری که از روی نوار کارخانه تهیه شده بود در آزمایشگاه کانه آرایی سازمان زمین شناسی ابتدا در آسیای میله ای به مدت ۵ دقیقه (رقت پالپ ۱) خرد شده و بعد از جدایش دانه های ۲۰۰-، باقیمانده مواد در آسیای گلوله ای (رقت پالپ ۱/۵) در مدت ۵ دقیقه نرمایش

جدول ۳- نتایج تجزیه سرنندی و آنالیز شیمیایی نمونه ای که در آزمایشگاه خرد شده است.*

سرنند (ش)	درصد وزنی	عیار روی (درصد)	عیار سرب (درصد)
+۱۰۰	۵	۲/۷۲	۰/۴۳
+۲۰۰	۱۴	۶/۲۵	۱/۵۱
-۲۰۰	۸۱	۷/۸۵	۱/۹۲
خوراک	۱۰۰	۷/۳۷	۱/۷۹

*آزمایش توسط سازمان زمین شناسی کشور انجام شده است.

آزمایش های فلو تاسیون

آزمایش شماره ۱

مشاهده می شود. میزان روی در کنستانتره سرب زیاد (۱۸/۶۱٪) و عیار کنستانتره پایین می باشد (۳۶/۰۸٪) ولی با توجه به عیار اکسید سرب و روی در خاک معدن عمارت بازده بازیابی قابل قبول می باشد. همچنین میزان سرب داخل کنسانتره روی (۱/۴۶٪) و عیار کنسانتره روی (۳۹/۴۷٪) که در مقیاس آزمایشگاهی قابل قبول می باشد. به جهت این که در صد میزان روی در کنسانتره سرب (۱۸/۶۱٪) زیاد می باشد، لذا تصمیم گرفته شد آزمایش تکرار گردد (۸).

در این آزمایش حدود یک کیلوگرم از نمونه خشک انتخاب و در ظرف های ۴ لیتری به حجم رسانیده (رقت پالپ ۳) شده است. زمان ها و میزان مواد شیمیایی اضافه شده در این آزمایش، در جدول شماره ۴ آورده شده است.

همچنین در جدول شماره ۵ نتایج حاصله از آزمایش شماره ۱ آورده شده است. همچنان که در جدول شماره ۵

جدول ۴- زمان و میزان مواد شیمیایی اضافه شده در آزمایش شماره ۱*

مواد شیمیایی گرم بر تن سنگ									زمان (دقیقه)	PH	جامد پالپ (درصد)	مراحل
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱				
				۲۰۰	۲۰۰		۲۵۰	۳۰۰	۱۵	۹	۲۰	آماده سازی
						دو قطره	۴۰۰		۵	۹	۲۰	فلوتاسیون مرحله اول
									۲		۲۰	تمیز کردن I
			۲۰۰	۶۰۰		دو قطره	۵۰۰		۵	۱۱		فلوتاسیون
												تمیز کردن II
			۲۰۰	۶۰۰	۲۰۰	۲۰۰	چهار قطره	۱۱۵۰	۳۰۰	۲۲		جمع

*آزمایش توسط سازمان زمین شناسی کشور انجام شده است.

مواد افزودنی به شرح جدول شماره ۱ می باشد

جدول ۵- نتایج آنالیز شیمیایی آزمایش شماره ۱*

شرح	شماره نمونه	وزن نمونه گرم	در صد وزنی	عیار سرب (درصد)	عیار روی (درصد)	بازیابی سرب	بازیابی روی
کف پر عیار سرب	MF1-11	۱۹/۱	۲/۰۵	۳۶/۰۸	۱۸/۶۱	۴۶/۱۲	۵/۲۲
ته ظرف	MF1-12	۶۶/۶	۷/۱۴	۳/۲۳	۱۴/۷۷	۱۴/۳۹	۱۴/۴۴
پر عیار روی	MF1-21	۸۶/۵	۹/۲۸	۱/۳۶	۳۹/۴۷	۸/۴۵	۵۰/۱۷
ته ریز روی	MF1-22	۹۱/۸	۹/۸۴	۰/۹۷	۳/۲۲	۵/۹۵	۴/۳۴
باطله نهایی	MF1-3	۶۶۸/۴	۷۱/۶۸	۰/۵۶	۲/۶۳	۲۵/۰۵	۲۵/۸۲
خوراک	-	۹۳۲/۴	۹۹/۹۹	۱/۵۹	۷/۳	-	-

*آزمایش توسط سازمان زمین شناسی کشور انجام شده است.

آزمایش شماره ۲

است ولی عیار کنستانیره سرب از حالت قبل کمتر شده است. در این آزمایش میزان عیار سرب در داخل کنسانتره و همچنین عیار کنسانتره روی خوب و بازده های به دست آمده در مقیاس آزمایشگاهی قابل قبول می باشد. از آن جا که میزان ۱۸/۲۹٪ روی داخل کنسانتره سرب قابل قبول نمی باشد لذا تکرار آزمایشات ضروری به نظر می رسد.

در این آزمایش مطابق آزمایش شماره ۱ میزان یک کیلوگرم نمونه خشک تهیه و در ظرف ۴ لیتری (رقت پالپ شماره ۳) به حجم رسانیده شده است. زمان و میزان مواد شیمیایی افزوده شده در جدول شماره ۶، و نتایج به دست آمده در جدول شماره ۷ آورده شده است. با توجه به نتایج حاصله در جدول شماره ۷ مشاهده می گردد که میزان روی داخل کنسانتره سرب کمی کمتر شده

جدول ۶- زمان و میزان مواد شیمیایی اضافه شده در آزمایش شماره ۲*

مراحل	جامد پالپ (درصد)	PH	زمان (دقیقه)	مواد شیمیایی گرم بر تن سنگ										
				۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹		
آماده سازی	۲۵	۹	۱۶	۳۰۰	۶۵۰		۲۰۰	۲۰۰						
فلوتاسیون مرحله اول	۲۵	۹	۴			دو قطره								
تمیز کردن I	۲۵	۹	۳											
فلوتاسیون مرحله دوم	۲۵	۱۰/۸	۹	۱۰۰۰				۵۵۰	۶۲۰					
تمیز کردن II	۲۵	۱۰/۸	۳			دو قطره								
جمع			۳۵	۳۰۰	۱۶۵۰	۴ قطره	۲۰۰	۲۰۰	۵۵۰	۶۲۰	۲۰۰	۲۰۰	۶۰۰	

*آزمایش توسط سازمان زمین شناسی کشور انجام شده است.

مواد افزودنی به شرح جدول شماره ۱ می باشد

جدول ۷- نتایج آنالیز شیمیایی* آزمایش شماره ۲**

شرح	شماره نمونه	وزن نمونه گرم	درصد وزنی	عیار سرب (درصد)	عیار روی (درصد)	بازیابی سرب	بازیابی روی
کف پر عیار سرب	MF2-11	۲۱/۶	۲/۳۱	۳۰/۵۷	۱۸/۲۹	۴۴/۳۳	۵/۶۵
ته ظرف	MF2-12	۸۱	۸/۶۹	۲/۸۲	۱۱/۶۳	۱۵/۳۸	۱۳/۵۳
پر عیار روی	MF2-21	۹۷/۴	۱۰/۴۵	۱/۵۹	۳۷/۴۰	۱۰/۴۳	۵۲/۳۲
ته ریز روی	MF2-22	۹۳/۴	۱۰/۰۲	۰/۸۵	۲/۹۲	۵/۳۵	۳/۹۲
باطله نهایی	MF2-3	۶۳۹	۶۸/۵۳	۰/۵۷	۲/۶۸	۲۵/۵۱	۲۴/۵۸
خوراک	—	۹۳۲/۴	—	۱/۵۹	۷/۲۵	—	—

*آنالیز شیمیایی توسط آزمایشگاه سازمان زمین شناسی کشور انجام شده است
 **آزمایش توسط سازمان زمین شناسی کشور انجام شده است.

آزمایش شماره ۳

داشت، از گرفتن نمونه و آزمایش آن صرف نظر شد و بنابر تجربه معلوم گردید که علت ناموفق بودن آزمایش اضافه نمودن زیاد اتیل اگزانتات سدیم می باشد که روی را هم فعال نموده است. لذا تصمیم گرفته شد آزمایش تکرار و در این آزمایش به تدریج مواد شیمیایی اضافه گردد.

در این آزمایش مطابق آزمایش های قبیل یک کیلو گرم نمونه خشک تهیه و در ظرف ۴ لیتری به حجم رسانیده شده است. زمان آماده سازی و میزان مواد شیمیایی اضافه شده در جدول شماره ۸ آورده شده است. همچنان که در جدول شماره ۸ مشاهده می شود با افزایش میزان آهک هیدراته، سولفات آهن و سولفات روی با مشاهدات چشمی که از نمونه کنسانتره به عمل آمد، مشخص شد که نتیجه مطلوب نمی باشد، لذا با توجه که آنالیز شیمیایی آزمایش ها به این نیاز

جدول ۸- زمان و میزان مواد شیمیایی اضافه شده در آزمایش شماره ۳*

مواد شیمیایی گرم بر تن سنگ									زمان (دقیقه)	PH	جامد پالپ (درصد)	مراحل
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱				
				۱۵۰۰	۱۵۰۰		۱۲۰۰	۴۰۰	۱۵	۱۰/۵	۲۵	آماده سازی
						دو قطره			۴	۱۰/۵	۲۵	فلوتاسیون مرحله اول
									۱	۱۰/۵	۲۵	تمیز کردن I
				۳۰۰	۳۰۰		۲۰۰		۹	۱۰/۵		فلوتاسیون مرحله دوم
						دو قطره				۱۰/۵	۲۵	تمیز کردن II

*آزمایش توسط سازمان زمین شناسی کشور انجام شده است.
مواد افزودنی به شرح جدول شماره ۱ می باشد

آزمایش شماره ۴

آزمایش در جدول شماره ۱۰ آورده شده است چنان که در این جدول مشاهده می شود نتایج کاملا مورد قبول می باشد.

نتیجه گیری

بهترین نتیجه مربوط به آزمایشی است که رقت پالپ حدود ۳، میزان PH بین ۹ تا ۱۰ و میزان مصرف مواد شیمیایی به صورت جدول شماره ۹ باشد.

در این آزمایش مثل آزمایش قبل میزان یک کیلو گرم نمونه در ظرف ۴ لیتری به حجم رسانیده شد. در جدول شماره ۹ زمان و میزان مواد اضافه شده آمده است .

در این آزمایش محصول نهایی در دو مرحله شستشو، و در مرحله دوم شستشو مقداری سولفات روی (۰/۱۱۸ گرم) به پالپ اضافه گردید . نتایج حاصل از

جدول ۹- زمان و میزان مواد شیمیایی اضافه شده در آزمایش شماره ۴ *

مواد شیمیایی گرم بر تن سنگ									زمان (دقیقه)	PH	جامد پالپ (درصد)	مراحل
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱				
				۲۵۰۰	۲۰۰۰		۹۵۰	۳۰۰	۱۶	۱۰	۲۵	آماده سازی
						دو قطره			۴	۱۰	۲۵	فلوتاسیون
									۲	۱۰	۲۵	تمیز کردن I
					۵۰۰	دو قطره			۲		۲۵	تمیز کردن II
				۲۵۰۰	۲۵۰۰	چهار قطره	۹۵۰	۳۰۰	۲۴			جمع

*آزمایش توسط سازمان زمین شناسی کشور انجام شده است.
مواد افزودنی به شرح جدول شماره ۱ می باشد

جدول ۱۰- نتایج آنالیز شیمیایی آزمایش شماره ۴*

شرح	شماره نمونه	وزن نمونه گرم	عیار سرب	عیار روی
کنسانتره سرب	MF4-1		۵۸/۷۵	۱۳/۲
عیار خوراک	MF4-3		۱/۰۷	۷/۸۸

*آزمایش توسط سازمان زمین شناسی کشور انجام شده است.

۲. شریعت، سید محمود، (۱۳۸۲)، بررسی زیست محیطی کارخانه سرب و روی لکان، شرکت معدنی صنعتی شاهین.
۳. گزارش های مربوط به معادن سرب و روی کشور ترکیه، شرکت برونر تهران
۴. یوسفی، ایرج، وفائی فر، مجید (خردادماه ۱۳۸۲)، روی عوامل تاثیر گذار در بازده سرب و روی در کارخانه کانه آرای لکان و روش های مناسب در افزایش آن، ارایه شده در اولین همایش تخصصی روی، دانشگاه آزاد اسلامی زنجان
۵. رضایی، بهرام، اصول خردایش و طبقه بندی فرآوری مواد معدنی، انتشارات دانشگاه امیرکبیر.
۶. عبداللهی، محمود، شیمی فلوتاسیون، جهاد دانشگاهی تربیت مدرس.

در این حالت نتیجه به دست آمده بسیار مطلوب و در مقیاس صنعتی مسلماً به دلیل این که تعداد سلول ها بیشتر و در چندین نوبت کف ها شستشو داده می شوند، بهتر خواهد شد. لازم به ذکر می باشد که در این پژوهش هدف امکان جایگزین نمودن سولفات آهن و آهن هیدراته به جای سیانور سدیم بوده است، زیرا سیانور سدیم علاوه بر این که ماده ای خطرناک برای محیط زیست، انسان و موجودات زنده می باشد، تهیه آن نیز دارای محدودیت و هزینه آور است. مسایل دیگر نظیر بازیابی و دیگر پارامترها در این پژوهش مورد ارزیابی قرار نگرفته است. نتایج به دست آمده در آزمایش شماره ۴ این پژوهش با مشخصات کنسانتره سرب فعلی کارخانه (۶۰٪ سرب و روی داخل آن ۱۲٪) قابل مقایسه می باشد، و این نشان می دهد که پژوهش انجام گرفته به اهداف خود نایل شده است.

منابع

۱. طرح بهره برداری از معدن عمارت (۱۳۸۲)، شرکت معدنی و صنعتی شاهین.