نشریه علمی-پژوهشی "مهندسی معدن"
Iranian Journal of Mining Engineering
(IRJME)

دوره هفتم، شماره چهاردهم، سال ۱۳۹۱، صفحه ۹۱ تا ۹۷
Vol. 7, No. 14, 2012, pp. 91-97

تعیین شرایط بهینه فلوتاسیون ستونی تالک معدن مسعود آباد لرستان

سید محمد جواد کلینی[1*] ، محمود عبدالهی[2] ، محمد باقر فتحی[3]

۱- دانشیارگروه فرآوری مواد معدنی دانشکده فنی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس Koleini@modares.ac.ir
۲- استاد گروه فرآوری مواد مواد معدنی دانشکده فنی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس minmabd@modares.ac.ir
۳-کارشناس ارشد فرآوری مواد معدنی دانشکده فنی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس

(دریافت۲۸ مهر ۱۳۸۶، پذیرش۱۲ آبان ۱۳۸۹)

چکیده

هدف از این تحقیق تعیین شرایط بهینه فلوتاسیون ستونی تالک است. ابتدا به منظور تعیین نوع و مقدار مواد شیمیایی مصرفی، آزمایش‌های اولیه در سلول معمولی (مکانیکی)، با پارامترهایی که بهینه شده بودند انجام شد. در مرحله بعد آزمایش‌های فلوتاسیون در سلول ستونی به منظور تعیین عوامل مؤثر و همچنین سطوح بهینه آن‌ها انجام شد. آزمایش‌ها در ستونی با قطر و طول به ترتیب ۹ و ۲۰۰ سانتی‌متر انجام شد. به منظور مطالعه کانی-های موجود در نمونه از روش کانی شناسی میکروسکوپی و XRD و XRF استفاده شد. کانی شناسی میکروسکوپی نشان داد که نمونه از سه بخش پرعیار، عیار متوسط و کم‌عیار تشکیل شده است.آنالیزXRD نشان داد که نمونه مورد آزمایش از کانی‌های تالک، دولومیت، کلسیت و کوارتز تشکیل شده است. آنالیزXRF نشان داد که در بین ناخالصی‌ها، CaO با مقدار تقریبی ۶/۳۵٪ بیشترین درصد را دارد. به منظور انجام آزمایش‌های فلوتاسیون ستونی از طراحی آزمایش استفاده شده است که در این طراحی ۳ پارامتر نرخ ته ریز، نرخ آب شستشو و نرخ هوادهی، هر کدام با سه سطح دخالت داده شده‌اند. با این شرایط نرم افزار Qualitek-4 آرایه L_9 را پیشنهاد کرد. دربهترین شرایط نرخ ته ریز ۱ $Lit/\min$، نرخ آب شستشوی ۰/۸ $Lit/\min$ و نرخ هوادهی ۰/۱ $Lit/\min$ به دست آمده است. همچنین مقدار بازیابی وزنی برابر ۸۸/۸۱٪ است که این مقدار در مقایسه با مقدار بازیابی سلول مکانیکی حدود ۲۰٪ افزایش یافته است. همچنین نتایج آزمایش سفیدی تالک خوراک، کنسانتره آزمایش بهینه فلوتاسیون ستونی و تکرار آن به ترتیب ۹۲٪، ۹۳/۵٪ و ۹۳/۸ درصد بدست آمد که نشان‌دهنده تأثیر افزایش حدود دو درصدی سفیدی تالک در بخش کنسانتره سلول ستونی است.

واژه‌های کلیدی

فلوتاسیون ستونی، فلوتاسیون مکانیکی، تالک.

*نویسنده مسئول مکاتبات

۱- مقدمه

کانی تالک یک کانی نرم به فرمول $(3MgO.4SiO_2H_2O)$ است که به دلیل داشتن خصوصیات منحصر به فرد فیزیکی و شیمیایی، کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف از جمله کاغذ، سرامیک، رنگ، داروسازی و مواد آرایشی دارد.

هدف از آرایش تالک کاهش اندازه دانه‌ها، دانه‌بندی و حذف کانی‌های باطله به روش‌های مختلف (فلوتاسیون، جدایش مغناطیسی اکسیدهای آهن، حذف کانی‌های قابل‌حل توسط محلول‌های اسیدی و غیره) است. مهم‌ترین کانی‌های همراه تالک عبارتند از: ترمولیت، سرپانتین و آنتوفیلیت، که این کانی‌ها در بعضی از کاربردهای تالک سودمند هستند. سایر ناخالصی‌های همراه، از قبیل کوارتز، کلسیت، دولومیت، اکسیدهای آهن هماتیت، منیتیت، لیمونیت، و منگنز، باعث خواص منفی از جمله رنگ در تالک می‌شود [۲،۱].

۲- روش تحقیق

با توجه به این‌که در این تحقیق هدف تعیین سطح بهینه پارامترهای موثر در فلوتاسیون تالک بود ابتدا به منظور تعیین نوع و مقدار مواد شیمیایی مصرفی در فلوتاسیون تالک و همچنین کاهش تعداد آزمایش‌ها در سلول ستونی، چند آزمایش در سلول معمولی(مکانیکی)، با پارامترهایی که بهینه شده بودند[۳]، انجام شد و پس از تأئید آن‌ها در مرحله بعد آزمایش‌های فلوتاسیون در سلول ستونی به منظور تعیین عوامل موثر و همچنین سطوح بهینه آن‌ها انجام شد.

۳- شناسایی نمونه

۳-۱- مطالعات میکروسکوپی

به منظور انجام مطالعات تکمیلی و همچنین شناسایی بیشتر کانی‌های موجود در نمونه ارائه شده معدن تالک مسعود آباد لرستان از روش کانی‌شناسی میکروسکوپی استفاده شد. نظر به اینکه معدن تالک مسعود آباد از سه بخش عمده پرعیار، عیار متوسط و کم عیار تشکیل شده است، بنابراین از هر بخش نمونه‌هایی تهیه و به‌طور جداگانه مطالعه شد.

۳-۱-۱- مقطع نمونه پرعیار

این مقطع دارای بافت شبه‌برشی و قطعات پراکنده کربنات‌ها، شامل کلسیت بود که این قطعات بخش عمده زمینه بودند. ویژگی دیگر این کربنات آثار دگرگونی بود که همراه آن کانی فیلوسیلیکات که ممکن است بخشی از آن تالک بوده باشد، دیده می‌شد.

۳-۱-۲- مقطع نمونه با عیار متوسط

بخش بیشتر این نمونه را ورقه‌های نازک و فلس مانند تشکیل می‌داد که بخش عمده آن با مشخصات تالک تطابق داشت. بخش دیگری که کمتر از ۱۰٪ مقطع بود رنگ پلاریزاسیون خاکستری داشت که این بخش ممکن است کلریت و یا کانی‌های سرپانتین باشد. علاوه بر این کانی‌ها دو دسته کانی دیگر هم در مقطع وجود داشت که کانی اول در اندازه ریز و به صورت پراکنده و پرشده در فضای شکستگی و کانی دوم در اندازه بزرگ و از منشاء دگرگونی بود. در این حالت برای شناسایی بیشتر آن استفاده اشعه ایکس پیشنهاد شد.

۳-۱-۳- مقطع نمونه کم‌عیار

این نمونه جهت‌یافتگی مشخصی در زمینه خود نشان می‌داد که بافت مربوط به آن متغیر بود. علاوه بر این نوارهای بلوری متناوب مخفی نیز در متن وجود داشت که به نظر می‌رسید مجموعه‌ای از ذرات ریز مشکوک به تالک این نوارها را تشکیل داده باشند.

۳-۲- آنالیز XRD

برای انجام آزمایش XRD، ابتدا یک نمونه معرف از نمونه‌های ارسالی از معدن تهیه و به آزمایشگاه فرستاده شد. نتایج این آنالیز نشان داد که نمونه مورد آزمایش از کانی‌های تالک، دولومیت، کلسیت و کوارتز تشکیل شده است که در بین ناخالصی‌های مذکور تنها کلسیت دارای پیک است شکل (۱).

۳-۳- آنالیز XRF

روش آنالیزXRF برای اندازه‌گیری مقدار تمام عناصر تشکیل-دهنده نمونه انجام شد که نتیجه مربوط به آن در جدول (۱) نشان داده شده است. همانطور که دیده می‌شود در بین ناخالصی‌ها، عنصر CaO با مقدار تقریبی ۶/۳۵٪ بیشترین درصد را دارد.

جدول۱: آنالیزXRF برای شناسایی عناصر موجود در نمونه تالک

واحد	$L.O.I$	MgO	Al_2O_3	SiO_2	CaO	Fe_2O_3
%	۱۳/۴	۲۸/۴	۰/۲۲	۵۱/۳۸	۶/۳۵	۰/۲۳

۴- آزمایش‌های فلوتاسیون

۴-۱- آزمایش فلوتاسیون با سلول معمولی

برای تأیید پارامترهایی که طبق جدول (۲) بهینه شده بودند، آزمایش فلوتاسیون با سلول معمولی انجام شد[۳]. نتایج به‌دست آمده و نتایج قبلی در جدول(۳) مشاهده می‌شود.

جدول ۲: پارامترهای فلوتاسیون تالک باسلول مکانیکی [۳].

عامل	واحد	مقدار
کلکتور (نفت)	گرم بر تن	۲۵۰
کف ساز (روغن کاج)	گرم بر تن	۶۰
بازداشت کننده (دکسترین)	گرم بر تن	۲۰۰
دانسیته پالپ	درصد	۲۵
زمان آماده سازی	دقیقه	۸
زمان کف گیری	دقیقه	۷
pH محلول	-	۷
(d_{80})دانه بندی خوراک	میکرون	۱۰۶

جدول ۳: مقاسیه عناصر مهم و بازیابی وزنی درآزمایش‌های بهینه

	آزمایش مربوط به مرجع شماره ۳		آزمایش مربوط به این تحقیق	
عنصر(درصد)	کنسانتره	باطله	کنسانتره	باطله
SiO_2	۶۲/۴۹	-	۶۳/۷۸	۳۱/۸۲
Fe_2O_3	-	-	۰/۵۴	۰/۲۸
CaO	۱/۰۳	-	۱/۲۲	۱۵/۷۹
MgO	۳۵/۸۲	-	۳۲/۴۸	۲۵/۷
بازیابی وزنی	٪۵۵/۶	-	٪۶۱/۳۵	-

۴-۲- آزمایش‌های فلوتاسیون با سلول ستونی

۴-۲-۱- طراحی آزمایش‌ها

در آزمایش‌های فلوتاسیون ستونی برای دست‌یابی به شرایط بهینه تنها از طریق تغییرات نرخ ته ریز، نرخ آب شستشو و نرخ هوا استفاده شد که برای انجام آن‌ها از طراحی آزمایش در محیط نرم افزار Qualitek-4 استفاده شد. با در نظر گرفتن ۳ سطح متفاوت برای هر یک از پارامترها، نرم افزار آرایه (L_9) را پیشنهاد کرد که این طراحی و سطوح در نظر گرفته برای پارامترها به ترتیب در جداول ۴ و ۵ آمده است.

جدول ۴: آزمایش‌های طراحی شده توسط نرم افزار Qualitek4

سطح عامل	شماره آزمایش								
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
اول	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۳	۳	۳
دوم	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
سوم	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳

جدول ۵: عوامل و سطوح انتخاب شده برای آزمایش‌های فلوتاسیون ستونی تالک

سطح عامل	اول	دوم	سوم
دبی ته ریز	۰/۹	۱	۱/۲
دبی آب شستشو	۰/۶	۰/۷	۰/۸
دبی هوا	۰/۱	۰/۳۵	۰/۶

* واحد اعداد لیتر بر دقیقه است.

۴-۲-۲- نحوه انجام دادن آزمایش‌های فلوتاسیون ستونی

به منظور انجام آزمایش‌ها از سلول ستونی با مشخصات مندرج در شکل (۲) استفاده شد. برای شروع خوراک با دبی ثابت $(lit/\min)$ ۰/۷۵ به سلول هدایت شد، که قبل از این کار، حدود ۲/۳ ستون توسط آب پر شده بود. پس از شروع هر آزمایش ۱۰ دقیقه فرصت داده شد تا سلول به شرایط پایدار برسد. بعد از اطمینان از پایداری جریان داخل سلول به مدت ۱۵ دقیقه در فواصل ۵ دقیقه‌ای سه نمونه یک لیتری از جریان‌های ته‌ریز و سرریز برداشته و همچنین اعداد روی مانومترها قرائت شد. سپس در پایان سه نمونه برداشت شده از هر جریان با هم مخلوط و به آزمایشگاه ارسال شد. برای محاسبه پارامترهای محاسباتی از میانگین اعداد قرائت شده روی مانومترها استفاده شد.

به منظور تعیین عیار تالک از سنجش شیمیایی میزان $(SiO_2 + MgO\%)$ استفاده شد[۴]. همچنین سفیدی نمونه‌های تالک بر اساس روش کالوریمتری درآزمایشگاه کارخانه کائولن شویی زنوز انجام شد.

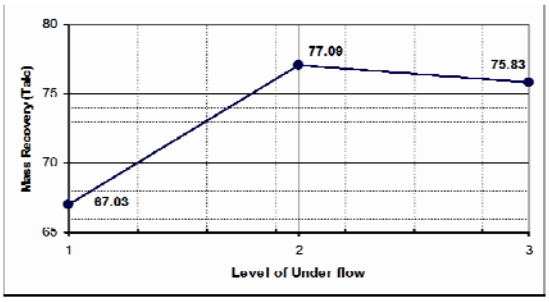
۴-۲-۳- بحث و نتیجه

نتایج بدست آمده از انجام آزمایش‌ها در جدول (۸) آورده شده است. چنانکه متغیر پاسخ میزان بازیابی وزنی تالک در سر ریز فرض شود در این صورت می‌توان برای شناسایی پارامترهای

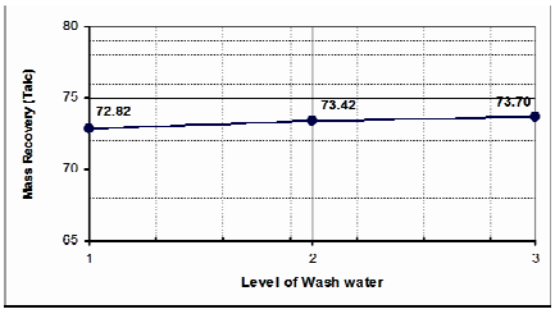
مؤثر بر آن از تجزیه و تحلیل واریانس(ANOVA) استفاده کرد. روش معمول برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، شامل بررسی نمودارهای میانگین حاشیه‌ای است که می‌توان از آن‌ها پارامتر برتر را انتخاب کرد. پارامتر برتر پارامتری است که دارای اثرات بزرگ‌تر بوده و سطوحی از این پارامتر که بهترین نتیجه را داشته باشد به عنوان سطوح بهینه انتخاب می‌شود[۴].

۴-۲-۴- تأثیر عوامل اصلی و سطوح بهینه پارامترهای فلوتاسیون ستونی بر بازیابی وزنی تالک

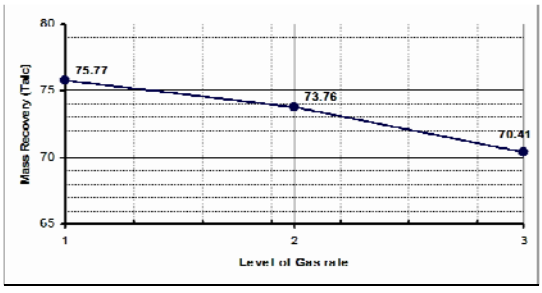
تأثیر میزان دبی تەریز، آب شستشو و نرخ جریان گاز بر روی بازیابی وزنی تالک به ترتیب در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ آورده شده است.



شکل ۳: تأثیر عامل تەریز بر بازیابی وزنی تالک



شکل ۴: تأثیر عامل آب شستشو بر بازیابی وزنی تالک



شکل ۵: تأثیر عامل نرخ جریان گاز بر بازیابی وزنی تالک

با توجه به شکل (۳) می‌توان اظهار داشت که با افزایش مقدار دبی تەریز بازیابی وزنی افزایش می‌یابد به‌طوری که در ادامه با افزایش میزان آن (بالاتر از سطح دوم) باعث کاهش بازیابی وزنی می‌شود. این پدیده را به این صورت می‌توان توجیه کرد که چون افزایش نرخ تەریز باعث افزایش نرخ با یاس می‌شود و از آنجایی‌که این امر خود موجب برخورد آب با حباب‌هایی می‌شود که به سمت بالا در حال حرکت هستند، در نتیجه بار متصل به حباب‌ها از آنها جدا می‌شوند. همچنین به دلیل اینکه افزایش نرخ تەریز باعث کاهش زمان ماند و در نتیجه کاهش احتمال فلوته شدن ذرات با قابلیت شناور شدن افزایش می‌یابد، بنابراین هر دو عامل موجب کاهش مقدار بازیابی وزنی در سطح سوم دبی تەریز می‌شوند. بنابراین سطح دوم ($1 lit/min$) به عنوان بهترین سطح برای عامل تەریز انتخاب شد.

با توجه به شکل (۴) به نظر می‌رسد با افزایش سطوح آب شستشو تغییر چندانی در میزان بازیابی وزنی به‌دست آمده حاصل نمی‌شود ولی اگر دو مقدار بازیابی وزنی برای سطوح اول و سوم مقایسه شوند (۷۲/۸۲ - ۷۳/۷)، افزایش دبی آب شستشو تا حد بالاتر از سطح سوم، ممکن است موجب افزایش بازیابی وزنی شود ولی باید در نظر داشت که افزایش دبی آب شستشو باعث افزایش زمان ماند و افزایش نرخ آب بایاس نیز می‌شود که در این حالت، بازیابی وزنی در ته ریز افزایش و در سر ریز کاهش می‌یابد. بنابراین سطح سوم ($0.8 lit/min$) به عنوان سطح بهینه انتخاب شد.

تأثیر نرخ جریان گاز (عامل سوم) در شکل (۵) آمده است. با افزایش میزان آن، تا سطح سوم، به تدریج از مقدار بازیابی وزنی کاسته می‌شود و می‌توان گفت که افزایش سطوح این عامل تأثیر منفی بر روی بازیابی وزنی می‌گذارد. این امر ممکن است به خاطر جریان مغشوشی باشد که در این حالت به دلیل تشکیل حباب‌های بزرگ ایجاد می‌شود. حرکت این حباب‌ها به سمت بالا باعث پایین آمدن پالپ و در نتیجه کاهش بازیابی وزنی می‌شود. بنابراین اولین سطح آن ($0.1 lit/min$) به عنوان سطح بهینه انتخاب می‌شود.

با توجه به نتایج حاصل، آزمایش با عامل‌هایی با سطوح بهینه بهترین بازیابی وزنی را خواهد داشت که این آزمایش در جدول (۴) آزمایش‌های طراحی شده توسط نرم افزار Qualitek-4 موجود بوده و با آزمایش شماره ۶ تطابق دارد و نتایج آن در جدول (۶) آورده شده است.

۵- آزمایش تکرار برای تأیید شرایط بهینه

آزمایش با شرایط جدول (۷) انجام شد که بعد از آنالیز عناصر مرتبط، مقدار بازیابی وزنی ۸۰/۵۲٪ حاصل شد. این مقدار در مقایسه با میزان بازیابی وزنی قبلی برای آزمایش شماره ۶ دارای اختلاف اندکی بود که آن را هم می‌توان ناشی از تأثیر عوامل غیرقابل کنترل بر آزمایش دانست. جدول (۸) نتایج مربوط به آزمایش تکراری را نشان می‌دهد.

جدول (۷): شرایط آزمایش شماره ۶ برای انجام آزمایش تأیید

عامل	واحد	مقدار
دبی تەریز	لیتر بر دقیقه	۱
دبی آب شستشو	لیتر بر دقیقه	۰/۸
دبی گاز	لیتر بر دقیقه	۰/۱

جدول (۸): نتایج آزمایش تکرار در شرایط بهینه

عنصر	درصد
$(SiO_2 + MgO\%)Talc$	۸۵/۶۳
Fe_2O_3	۰/۱۳
CaO	۲/۱
Al_2O_3	۰/۱
$L.O.I$	۱۱/۹۸
بازیابی وزنی کنسانتره	۸۰/۵۲

۶- مقایسه نتایج سلول فلوتاسیون مکانیکی و ستونی

جدول(۹) نتایج مربوط به شرایط بهینه در سلول ستونی در مقابل سلول مکانیکی است. نتایج نشان می‌دهد که کاربرد سلول فلوتاسیون ستونی علاوه بر جدایش بالا، موجب افزایش قابل توجه در بازیابی وزنی تالک (تا۲۰٪) نسبت به سلول مکانیکی شده است. همچنین با کاربرد این دستگاه سفیدی (یکی از ویژگی‌های مهم تالک مورد استفاده در صنایع بهداشتی و داروسازی) کنسانتره تالک حاصل به میزان ۹۴٪ رسید که در مقابل سفیدی خوراک فلوتاسیون حدود ۳٪ افزایش نشان داد.

۷- نتیجه‌گیری

- نظر به اینکه تالک کانی آبرانی است، بنابراین فرآیند فلوتاسیون می‌تواند بهترین روش برای خالص‌سازی آن باشد.

- آزمایش‌های فلوتاسیون ستونی نشان داد، هنگامی که سه پارامتر تەریز، آب شستشو و نرخ جریان گاز به ترتیب در۱، ۰/۱ و ۰/۸ لیتر بر دقیقه تنظیم شوند بالاترین بازیابی وزنی (۸۱/۸۸٪) حاصل می‌شود که در این حالت نرخ جریان خوراک ۰/۷۵ لیتر بر دقیقه است.

- نتایج آزمایش‌های فلوتاسیون مکانیکی و ستونی بیان‌گر این بود که با هر دو روش می‌توان کنسانتره‌ای با حد قابل قبول ناخالصی CaO بدست آورد، هرچند عیار CaO در محصول مکانیکی کمتر است (در مکانیکی۱/۲۲ درصد و در ستونی ۱/۹۲درصد) اما بازیابی وزنی و همچنین بازدهی جدایش در سلول ستونی به‌نحو چشمگیری بیشتر از مکانیکی است (مطابق جدول ۹) و این در حالی است که زمان ماند در سلول ستونی تنها ۷/۴۵ دقیقه است و رژیم جریان نیز بصورت پیوسته بوده است که به صنعت نزدیک‌تر است. بنابراین فلوتاسیون ستونی گزینه بهتری برای فرآوری است.

- نتایج آزمایش سفیدی برای سه نمونه خوراک، کنسانتره آزمایش بهینه (آزمایش۶) و تکرار آن به ترتیب ۹۲٪، ۹۳/۵٪ و ۹۳/۸ درصد بدست آمد که این نشان‌دهنده تأثیر افزایش حدود سه درصدی سلول ستونی در میزان سفیدی تالک در بخش کنسانتره است.

منابع

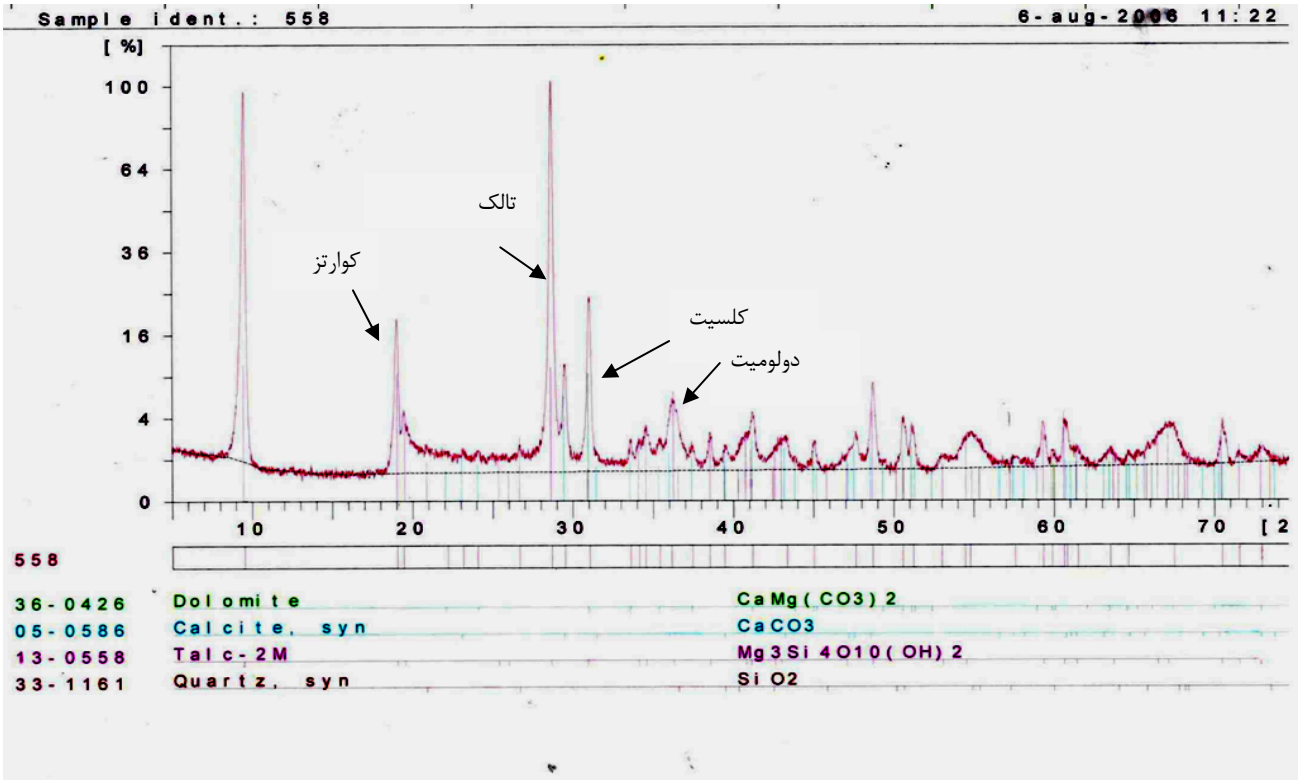
۱- ابراهیم زاده گرجی، سوده، " **بررسی فرآوری تالک خانقاه خوی**"، پایان نامه کارشناسی، دانشگاه امیر کبیر،(۱۳۸۴).

2- P.E.Sarquis and M.Gonzalez, "Technical note limits of the use of industrial talc-the carbonate effect", Minerals Engineering, Vol.11, No.7, pp 657-660, 1998.

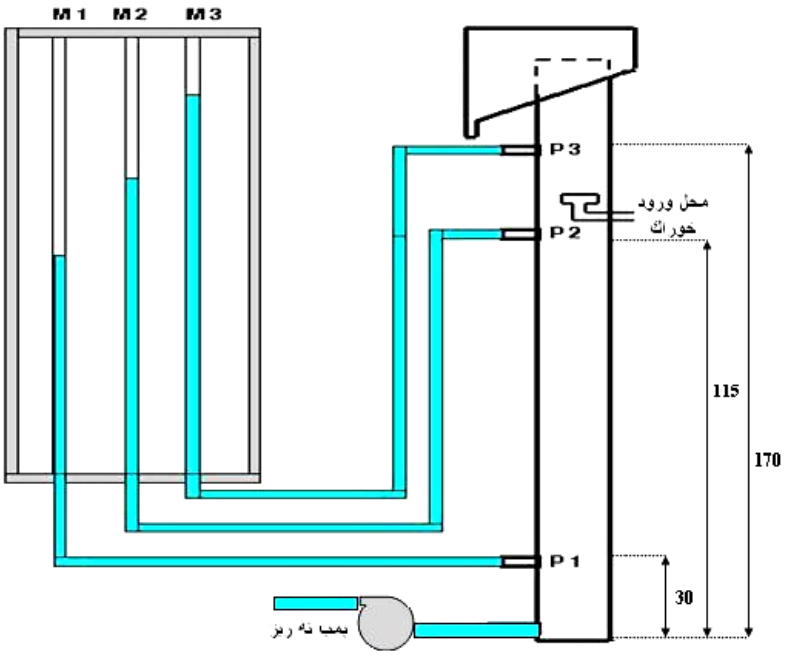
۳- قاضی‌زاده، کمال الدین، **"فرآوری تالک معدن مسعود آباد جهت دست یابی به استاندارد های دارویی"**، پروژه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۷۹.

4- Gulhan Ozbayoglu, "Beneficiation of a Turkish talc deposit by flotation", 20th World Mining Congress; 2005, 7-11 November 2005, Tehran-Iran.

۵- کرمی، محسن، **"امکان پذیری بازیابی اینیدیم از پسماندهای لیچ کارخانه تولید روی"**، پروژه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۵.



شکل۱: نتیجه آنالیز XRD نمونه تالک برای شناسایی کانی‌های موجود



شکل۲: شمایی از ستون فلوتاسیون به همراه مانومترهای آب (اندازه‌ها برحسب سانتیمتر)

جدول۶: نتایج آزمایش‌های فلوتاسیون ستونی بر اساس طراحی پیشنهاد شده

پارامتر		واحد	شماره آزمایش								
			۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
ماندگی هوا در ناحیه جمع‌آوری		(%)	۴/۷۱	۵/۸۸	۸/۲۳	۱۰/۵۸	۱۱/۷۶	۱۰/۵۸	۹/۴۱	۹/۴۱	۱۱/۷۶
دانسیته حجمی ناحیه جمع آوری		(gr/cm^3)	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۸۸
دانسیته حجمی ناحیه کف		(gr/cm^3)	۰/۷۳	۰/۷	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۶۷	۰/۱	۰/۵	۰/۶۷
ارتفاع ناحیه کف		cm	۲۷/۳۲	۳۳/۱۷	۲۱/۳۸	۲۹/۰۶	۲۸/۶۵	۲۶/۳۸	۴۹/۶۳	۳۴/۴۹	۲۳/۱۸
نرخ بایاس		(cm/s)	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸
زمان ماند میانگین		min	۸/۸۲	۸/۷	۸/۵	۷/۴۵	۷/۳۵	۷/۴۵	۶/۲۹	۶/۲۹	۶/۱۳
بازیابی وزنی کنسانتره	سر ریز	(%)	۶۷/۴	۶۹/۵۲	۶۴/۱۶	۷۶/۶۸	۷۲/۷	۸۱/۸۸	۷۴/۳۸	۷۸/۰۴	۷۵/۰۷
	ته ریز	(%)	۳۲/۶	۳۰/۴۸	۳۵/۸۴	۲۳/۳۲	۲۷/۳	۱۸/۱۲	۲۵/۶۲	۲۱/۹۶	۲۴/۹۳

جدول ۹: مقایسه نتیجه فلوتاسیون تالک برای سلول معمولی و ستونی

	سلول ستونی	سلول معمولی
Talc $(SiO_2 + MgO\%)$	۸۴/۳۷	۹۶/۲۶
Fe_2O_3	۰/۱۱	۰/۵۴
CaO	۱/۹۲	۱/۲۲
Al_2O_3	۰/۳	۰/۱
$L.O.I$	۱۳/۱	۱/۸۷
بازیابی وزنی کنسانتره	۸۱/۸۸	۶۱/۳۵
بازدهی جدایش (٪)	۷۳/۲۷	<۶۱/۳۵