



اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

اسفند ۱۳۸۸



بررسی تغلیظ سنگ معدن باریت آبتروش رفسنجان با استفاده از میز لرزان آزمایشگاهی

مسعود نوری بیلندی^۱؛ علی احمدی عامله^۲؛ محمد رنجبر^۳ و مهدی هنرمند^۴

۱- کارشناس ارشد فرآوری مواد معدنی، noori3045@gmail.com

۲- دانشجوی دکترای فرآوری مواد معدنی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- دانشیار بخش مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهید باهنر کرمان

۴- دانشجوی دکترای زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده

مهمترین شاخصه باریت، وزن مخصوص بالای آن است و کیفیت سنگ معدن استخراجی بر مبنای مقدار وزن مخصوص باریت مشخص می‌شود. در صورتی که وزن مخصوص نسبی باریت 4.2 g/cm^3 و یا بیشتر باشد، کیفیت لازم را برای فروش خواهد داشت. کانسنگ استخراجی از معدن باریت آبتروش رفسنجان دارای عیار مناسبی برای استفاده نمی‌باشد و با ناخالصیهای سیلیس، اکسیدهای آهن، آلومینیم و کلسیم همراه است. به منظور بررسی تغلیظ این ماده معدنی در مقیاس آزمایشگاهی، از جداکننده میز لرزان در یک طرح هشت آزمایشی هادامارد استفاده شد. در این طرح تأثیر چهار عامل درصد جامد خوراک، فرکانس لرزش میز، شیب طولی و شیب عرضی میز بر بازیابی باریت مورد ارزیابی قرار گرفت. در تمام آزمایشها دبی آب شستشو 3.75 لیتر بر دقیقه و دامنه حرکت میز $8/5$ میلیمتر در نظر گرفته شد. در این طرح فرض شد تأثیرات متقابل سه عاملی وجود ندارد و عوامل اصلی مؤثر هستند. همچنین تأثیرات متقابل دو عاملی با هم مختلط شده و قابل تفکیک نیستند. مقدار بهینه درصد جامد، فرکانس، شیب طولی و شیب عرضی به ترتیب برابر 25% ، 310 پالس بر دقیقه، 0.8 درجه و 1 درجه بدست آمد که بازیابی باریت در این شرایط آزمایشی 82% باریت با وزن مخصوص 4.3 g/cm^3 می‌باشد.

کلمات کلیدی

باریت، وزن مخصوص، میز لرزان، طرح آزمایشی هادامارد

An investigation of the treatment of Abtorsh Barite mine in Rafsanjan by means of shaking table in laboratory

Masoud Noori, Ali Ahmadi, Mohamad Ranjbar and Mahdi Honarmand

Abstract

The most important character of barite is its specific gravity and it should be about 4.2 g/cm^3 to be used in industries. The barite ore from Abtorsh Mine in Rafsanjan region doesn't have the quality required for sell because of its impurities such as silica, ferrous, aluminum and calcium oxides. The gravity separation by means of shaking table was done in laboratory to investigate the ore treatment. In this case we used a 8×8 Hadamard Design with four major factors included solid content (w/w %) of the feed, shaking frequency (pals/min), lengthwise and widthwise slope (degree) of the table. The best conditions of feed solid content, frequency, lengthwise and widthwise slope are: 25% , 310 pals/min , 0.8 and 1° in order. A final test also was done with these optimum conditions that resulted in 82% barite weight recovery with specific gravity of 4.3 g/cm^3 in product.

Keywords: Barite, Specific gravity, Shaking table, Hadamard Design

استان یزد، شهرستان طبس، میدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبیرخانه همایش
تلفن: ۰۳۲۹-۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۳۳ (۰۳۵۳)
وب سایت همایش: www.hamayesh-tabas.ir



باریت یک کانی صنعتی سنگین وزن با وزن مخصوص $4/5 \text{ g/cm}^3$ است که معمولاً با کانیهای کالکوپیریت، کلسیت، کوارتز و فلوتورین یافت می‌شود. این کانی از دسته سولفاتها بوده و دارای فرمول شیمیایی BaSO_4 است. رنگ آن سفید یا بی‌رنگ، گاهی اوقات قرمز، قهوه‌ای یا قهوه‌ای متمایل به آبی و رنگ خاکه آن سفیدرنگ است [۱]. بیشترین مصرف باریت (بیش از ۸۰ درصد) در تهیه گل حفاری (مخلوطی از آب، رس و باریت) است. باریت به دلیل وزن مخصوص بالا، سادگی مصرف در حین کار، خنثی بودن از نظر شیمیایی، نرمی و مناسب بودن از نظر قیمت، در گل حفاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. باریت مورد استفاده در گل حفاری باید دارای حداقل وزن مخصوص $4/2 \text{ g/cm}^3$ باشد که به معنای حدود ۹۲ تا ۹۶ درصد BaSO_4 است. با توجه به هزینه ناچیز اندازه گیری وزن مخصوص در مقایسه با تجزیه شیمیایی و همچنین رابطه بین وزن مخصوص و میزان عیار سولفات باریم براساس اندازه گیری‌های به عمل آمده می‌توان نتیجه گرفت که وزن مخصوص و درصد عیار، هم‌وزن هستند [۲].

با توجه به این نکته که صنایع مصرف کننده باریت برای تولید محصولات خود نیاز به پودر باریت با ویژگیهای متفاوت دارند، از این رو بایستی کانستگ با پشت سر گذاشتن مراحل مختلف در جهت اهداف تامین خوراک مورد نیاز صنعت، فرآوری گردد. فرآوری و وزن مخصوص باریت، بستگی مستقیم به میزان درصد سولفات باریم دارد یعنی هر چه مقدار سولفات باریم آن بالاتر و در نتیجه میزان وزن مخصوص آن بالاتر باشد، مرغوبیت باریت بیشتر خواهد بود. برای فرآوری و تغلیظ کانسارهای باریت معمولاً از روشهای ثقلی و تجهیزاتی مانند جیگ، میز لرزان و یا ماریج استفاده می‌شود و در مواردی که ناخالصی‌هایی از قبیل فلوریت و پیریت، همراه باریت باشند از روش فلوتاسیون برای فرآوری این ماده معدنی استفاده می‌شود [۳].

ناخالصی‌هایی از قبیل عناصر قلیایی خاکی مانند کلسیم در باریت به عنوان عناصر مزاحم در صنعت حفاری محسوب می‌شوند. تنها کمتر از ۰/۱٪ نمکهای محلول و درصد کمی اکسید آهن در گل حفاری مجاز بوده و حداقل ۹۰ تا ۹۵ درصد از باریت خرد شده باید از الک ۳۲۵ مش عبور کند تا بتواند گل یکنواختی را تولید کند و دیواره را به خوبی نگهداری نمایند [۳]. در این تحقیق، تغلیظ سنگ معدن باریت از یکی از معادن شهرستان رفسنجان به نام آبتروش که در ۷۰ کیلومتری شمال غرب کرمان واقع است مورد بررسی قرار گرفته است. برای انجام آزمایشهای فرآوری از یک جداکننده میز لرزان آزمایشگاهی استفاده شد و چهار پارامتر عملیاتی (درصد جامد، فرکانس، شیب طولی و شیب عرضی) به کمک طرح ۸ آزمایشی هادامارد مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- روش انجام آزمایش

نمونه‌های گرفته شده از سینه‌کار استخراجی معدن آبتروش، جهت انجام آنالیزهای XRD و XRF به آزمایشگاه ارسال شد. مطالعات کانی شناسی نشان داد که کانیهای همراه باریت در سنگ معدن عمدتاً کوارتز و فلوریت می‌باشد و البته وجود اکسید کلسیم در نمونه‌های این معدن، قابل توجه است. همچنین نتایج آنالیز XRF (جدول ۱) حاکی از آن است که مقدار کانی باریت (BaSO_4) در این سنگ معدن حدود ۵۰ درصد می‌باشد که این مقدار خیلی کمتر از حد مورد نیاز در صنایع مصرف کننده (۷۰ درصد) است. وزن مخصوص سنگ معدن نیز در حدود $3/8 \text{ g/cm}^3$ اندازه گیری شد که این عدد نیز با وزن مخصوص نسبی باریت در صنایع حفاری ($4/2 \text{ g/cm}^3$) فاصله داشته ضرورت انجام عملیات فرآوری جهت حذف ناخالصی‌ها از این ماده معدنی را نشان می‌دهد.

جهت تغلیظ نمونه‌های سنگ معدن، از روش جدایش ثقلی (جدا کننده میز لرزان) در مقیاس آزمایشگاهی استفاده شد. جهت سهولت در انجام آزمایش‌ها و تحلیل نتایج آن، از طراحی آزمایش‌ها و روش متداول هادامارد کمک گرفته شد. موضوع مورد مطالعه در این تحقیق، پارامترهای مؤثر بر تغلیظ باریت به وسیله میز لرزان آزمایشگاهی است. به کمک آزمایش‌های اولیه و مطالعات صورت گرفته، چهار عامل به عنوان عوامل مؤثر انتخاب شده و به هر کدام از عوامل، دو سطح بالا و پایین تخصیص داده شد. از وزن مخصوص و درصد وزنی کنسانتره، جهت ارزیابی جدایش استفاده شد و به منظور سادگی کار، این دو عامل در هم ادغام شده و از حاصلضرب آنها (نسبت وزنی * وزن مخصوص) برای تحلیل نتایج استفاده شد.



۲-۱- انجام طراحی آزمایش

در این تحقیق چهار عامل درصد جامد، فرکانس حرکت میز، شیب طولی و شیب عرضی مورد بررسی قرار گرفت و برای هر کدام از عوامل، دو سطح انتخاب گردید که مقادیر این سطوح در جدول ۲ آمده است. آزمایش‌ها با توجه به سطوح انتخاب شده و علامت‌های طرح ماتریسی ۸۵۸ صورت گرفته است. شرایط هر آزمایش طبق جدول ۳ می‌باشد. مسئله مورد مطالعه، درصد وزنی کنسانتره و وزن مخصوص آن است که چون هر دو عامل از اهمیت بالایی برخوردارند لذا از حاصلضرب این دو، به عنوان متغیر پاسخ استفاده شده است.

۳- بحث

آزمایش‌ها طبق شرایط ذکر شده در جدول ۳ انجام شد. در تمامی این ۸ آزمایش، آب شستشو با دبی ۳/۷۵ لیتر بر دقیقه اضافه شد. دامنه نوسانات میز در فرکانس ۲۷۰ پالس بر دقیقه، ۹ میلی‌متر بود و هنگامی که فرکانس برابر ۳۱۰ پالس بر دقیقه بود، ۷/۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. در تمام آزمایش‌ها، جدایش به مدت ۵ دقیقه انجام شد و پس از جمع آوری دو محصول کنسانتره (بخش سنگین‌تر) و باطله (بخش سبک‌تر)، این محصولات به طور جداگانه خشک شده و پس از توزین، جهت اندازه‌گیری وزن مخصوص استفاده شدند. وزن مخصوص نمونه‌ها چندین بار به دقت اندازه‌گیری شده و از آنها میانگین‌گیری شد. همچنین درصد وزنی کنسانتره و باطله در هر آزمایش تعیین شد که نتایج حاصله به همراه مقادیر وزن مخصوص، در جدول ۴ ارائه شده است.

در اینجا از حاصلضرب وزن مخصوص و درصد وزنی ($S.G \times Wt$) به عنوان متغیر پاسخ در تحلیل نتایج استفاده شد. به منظور تحلیل نتایج باید متوسط تأثیر هر عامل را برای عوامل آزمایشی تعیین کرد. متوسط تأثیر هر عامل عبارت است از یک چهارم مجموع حاصلضرب سطر به سطر علامت ستون (+ یا -) هر عامل در پاسخ بدست آمده از هر آزمایش ($S.G \times Wt$) که برای هر ستون به صورت مجزا محاسبه می‌شود. بدین ترتیب مقدار تأثیر هر عامل یا تأثیرات متقابل عوامل در این سطوح محاسبه می‌شود. در جدول ۵ مقدار تأثیر متوسط در هر ستون (تأثیر اصلی و تأثیرات متقابل آنها) آورده شده است.

در این تحقیق فرض می‌شود که تأثیرات متقابل سه عاملی وجود ندارد و مقدار متوسط تأثیر هر ستون فقط به عامل آن ستون مربوط می‌شود (ستون‌های A، B، C و D). در سایر ستون‌ها تأثیرات متقابل دو عاملی با هم مختلط شده و قابل تفکیک نیستند. به عبارت دیگر نمی‌توان مشخص کرد که این تأثیر متقابل متعلق به کدام عامل است.

در شکل ۱ قدر مطلق متوسط تأثیر هر عامل به صورت ستونی نمایش داده شده است. با توجه به این نمودار، عامل B دارای بیشترین تأثیر، عوامل C و D دارای تأثیر کمتر و عامل A کمترین تأثیر را بر جدایش سنگ معدن باریت در این آزمایش‌ها داشته است. بنابراین می‌توان گفت که درصد جامد بر جدایش باریت تأثیری نداشته است؛ افزایش فرکانس میز جدایش باریت را به طور قابل توجهی بهبود داده است؛ شیب طولی میز نیز تأثیر مثبت اما کمتری بر جدایش سنگ معدن داشته است و سرانجام اینکه افزایش شیب عرضی میز باعث افت جدایش باریت در این آزمایش‌ها شده است.

با توجه به مثبت بودن متوسط تأثیر عوامل A، B و C و منفی بودن این مقدار برای عامل D، سطوح بهینه برای این عوامل بترتیب، بالا- بالا- بالا- پایین خواهد بود. بنابراین مقدار بهینه درصد جامد خوراک ورودی ۲۵٪، فرکانس لرزش میز ۳۱۰ پالس بر دقیقه، شیب طولی میز ۰/۸ و شیب عرضی میز ۱ می‌باشد. برای بدست آوردن پاسخ بهینه، آزمایشی با شرایط ذکر شده انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۶ آمده است.

۴- نتیجه گیری

معدن باریت آبتروش رفسنجان از ناخالصی‌هایی از قبیل سیلیس، فلوریت و اکسیدهای کلسیم و سزیم رنج می‌برد به طوری که وزن مخصوص آن پایین بوده قابل استفاده مستقیم در صنعت نمی‌باشد. چنانچه با عملیات تغلیظ و فراوری، حذف



اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

اسفند ۱۳۸۸



ناخالصی از این ماده معدنی صورت گیرد و وزن مخصوص آن تا حد $4/2 \text{ g/cm}^3$ برسد می‌توان از آن در تولید گل حفاری جهت مصرف در صنایع نفت و گاز استفاده کرد.

در این تحقیق جدایش ثقلی کانسنگ باریت آبترش رفسنجان به وسیله میز لرزان در مقیاس آزمایشگاهی به کمک طرح ۸ آزمایشی هادامارد به منظور بررسی تأثیر چهار پارامتر اصلی یعنی درصد جامد خوراک، فرکانس، شیب طولی و شیب عرضی میز انجام شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که:

۱- درصد جامد بر جدایش باریت تأثیری نداشته است؛ فرکانس میز تأثیر چشمگیر و مثبت داشته است؛ شیب طولی میز تأثیر مثبت اما کمتری بر جدایش سنگ معدن داشته است و شیب عرضی میز تأثیر منفی بر جدایش باریت داشته است.

۲- مقدار بهینه درصد جامد خوراک ورودی ۲۵٪، فرکانس لرزش میز ۳۱۰ پالس بر دقیقه، شیب طولی میز ۰/۸ و شیب عرضی میز ۱ می‌باشد.

۳- در شرایط بهینه عوامل آزمایشی، حداکثر ۸۱/۷٪ باریت با وزن مخصوص $4/27 \text{ g/cm}^3$ بازیابی می‌شود.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از جناب آقای مهندس عابدی نژاد ریاست محترم سازمان صنایع و معادن استان کرمان و همچنین کارشناسان محترم بخش‌های اکتشاف و بهره‌برداری این سازمان به خاطر پشتیبانی از این پروژه تحقیقاتی و انجام هماهنگی‌های لازم صمیمانه تشکر می‌شود. از همکاری صمیمانه آقای دکتر کمالی ریاست بخش مهندسی معدن دانشگاه شهید باهنر کرمان و آقای دکتر ایرانمنش ریاست دانشکده صنعتی و معدنی زرند که جهت هماهنگی‌های آزمایشگاهی این پروژه نقش بسیار مؤثری ایفا کردند سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

- [۱] شهاب پور، جمشید؛ (۱۳۸۴) زمین شناسی اقتصادی؛ انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ چاپ سوم.
- [۲] کریم پور، محمد حسن؛ (۱۳۷۸)؛ کانی‌ها و سنگ‌های صنعتی؛ نشر مشهد.
- [۳] پیامی، علیرضا؛ (۱۳۸۱)؛ شناسایی و بررسی فرآوری کانی‌های صنعتی منطقه ساوه؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- [۴] بنیسی، صمد؛ (۱۳۸۵)؛ جزوه درس طراحی آزمایش‌ها؛ دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهید باهنر کرمان.

ضمائم

جدول ۱- مقادیر اکسیدهای اصلی معدن باریت آبترش

F	SrO	CeO ₂	CaO	SO ₃	SiO ₂	BaO
٪ ۸/۶	٪ ۱/۱	٪ ۶/۴	٪ ۱۶/۳	٪ ۱۴/۹	٪ ۲۵/۲	٪ ۲۵/۳

جدول ۲- عوامل مورد تحقیق در آزمایش‌های میز لرزان

عامل	سطح بالا	سطح پایین
A درصد جامد خوراک ورودی (%)	۲۵	۲۰
B فرکانس میز (دقیقه/پالس)	۳۱۰	۲۷۰
C شیب طولی میز (درجه)	۰/۸	۰/۲
D شیب عرضی میز (درجه)	۳	۱



اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

اسفند ۱۳۸۸



جدول ۳- مقدار عوامل در هر یک از آزمایش‌ها

شماره آزمایش	درصد جامد	فرکانس	شیب طولی	شیب عرضی
۱	۲۵	۲۷۰	۰/۲	۳
۲	۲۵	۳۱۰	۰/۲	۱
۳	۲۵	۳۱۰	۰/۸	۳
۴	۲۰	۳۱۰	۰/۸	۱
۵	۲۵	۲۷۰	۰/۸	۱
۶	۲۰	۳۱۰	۰/۲	۳
۷	۲۰	۲۷۰	۰/۸	۳
۸	۲۰	۲۷۰	۰/۲	۱

جدول ۴- نتایج حاصل از انجام آزمایش‌ها

شماره آزمایش	کنسانتره		باطله	
	درصد وزنی	وزن مخصوص	درصد وزنی	وزن مخصوص
۱	۳۱/۷	۳/۹۷	۶۸/۳	۳/۶۵
۲	۶۸	۴/۰۳	۳۲	۳/۹۲
۳	۸۰/۴	۴/۰۳	۱۹/۶	۳/۷
۴	۸۰/۱	۴/۳۷	۱۹/۹	۳/۶۶
۵	۶۴/۶	۳/۹۷	۳۵/۴	۳/۸۶
۶	۵۷/۸	۴/۱۲	۴۲/۲	۳/۹۲
۷	۴۲/۷	۳/۸۲	۵۷/۳	۳/۷۵
۸	۵۴/۱	۴/۰۴	۴۵/۹	۳/۸۳

جدول ۵- تأثیر متوسط هر عامل و تأثیرات متقابل هر ستون در ماتریس ۸ آزمایشی هادامارد [۴]

RUN	0	A	B	C	-AB	-BC	D	-AC	SG × Wt
1	+	+	-	-	+	-	+	+	⇒ 1.26
2	+	+	+	-	-	+	-	+	⇒ 2.74
3	+	+	+	+	-	-	+	-	⇒ 3.23
4	+	-	+	+	+	-	-	+	⇒ 3.50
5	+	+	-	+	+	+	-	-	⇒ 2.56
6	+	-	+	-	+	+	+	-	⇒ 2.38
7	+	-	-	+	-	+	+	+	⇒ 1.63
8	+	-	-	-	-	-	-	-	⇒ 2.19
Average Effects		0.024	1.054	0.591	-0.200	-0.393	-0.622	-0.130	



اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد طبس

اسفند ۱۳۸۸

جدول ۶- نتایج بدست آمده از شرایط بهینه عوامل آزمایشی

باطله		کنسائتوره	
وزن مخصوص	درصد وزنی	وزن مخصوص	درصد وزنی
۳/۶۵	۱۸/۳	۴/۲۷	۸۱/۷

شکل ۱- نمودار ستونی متوسط تأثیرات عوامل و تأثیر متقابل آنها

