



## بررسی فرآوری میکا از گرانیت‌های منطقه گراو شاهین‌دژ

عطالله بهرامی<sup>۱</sup>، مصطفی ملایی<sup>۲</sup>، میرصالح میرمحمدی<sup>۳</sup>

سید ضیاء‌الدین شفائی<sup>۴</sup>

۱- عضو هیأت علمی گروه مهندسی معدن دانشگاه ارومیه

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن دانشگاه تهران

۳- دانشجوی دکتری پetroلوژی دانشگاه تهران

۴- عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی معدن دانشگاه شاهروود

Email:ataallah@asia.com

### چکیده:

گرانیت‌های منطقه گراو در ۲۵ کیلومتری شهر شاهین‌دژ از استان آذربایجان غربی واقع شده‌اند. این گرانیت‌ها حاوی میکای نوع بیوتیت به مقدار ۸-۱۲ درصد هستند. مطالعه حاضر با هدف امکان فرآوری و جدایش بیوتیت انجام و طی آن از مطالعات میکروسکوپی، خردایش و فرآوری با استفاده از میز لرزان و فلوتاسیون بهره گرفته شده است. نمونه‌های اولیه به ترتیب توسط سنگ شکن فکی، غلتکی و آسیای میله‌ای تحت خردایش قرار گرفتند. زمان بهینه خردایش در آسیای میله‌ای تر طی بررسیها ۱۰ دقیقه تعیین شد که در نتیجه آن بیش از ۹۵ درصد میکاها از زمینه سنگ آزاد می‌شوند. برای فرآوری ذرات بین ۲۰-۴۰+ مش از میز لرزان و فلوتاسیون استفاده و محصولی با عیار میکای ۹۰ درصد و بازیابی حدود ۵۷ درصد بدست آمد که با توجه به سهولت کار روش میز لرزان ترجیح داده می‌شود. برای فرآوری ذرات با ابعاد بین ۶۰-۱۷۰+ مش از فلوتاسیون استفاده و محصول با عیار میکای ۸۵ درصد و بازیابی ۸۳ درصد حاصل شد. برای فرآوری ذرات با ابعاد بین ۴۰-۶۰+ مش هر دو روش میز لرزان و فلوتاسیون استفاده شد که محصول و روش فلوتاسیون از راندمان و خلوص بیشتری برخوردار بود.

**کلمات کلیدی:** شاهین‌دژ، گرانیت، میکا، بیوتیت، فرآوری، میز لرزان، فلوتاسیون

### ۱- مقدمه

شناخت و استخراج میکا در هندوستان و ساحل رود نیل به ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد بر می‌گردد. در ابتدا میکا عمدهاً کاربرد داروئی و تزئینی داشته است. در هند قبل از میلاد میکا در داروسازی، لعاب، شیشه،



دکوراسیون و نیز برای نقاشی استفاده می‌شده است. در قرون چهارده و پانزده و در آمریکای شمالی سرخوستان برای تزیین قبر مردگان نیز از میکا استفاده می‌کردند [۲۵]. در قرن نوزدهم اولین کاربردهای صنعتی میکا با مصرف ورقه‌های بزرگ در پنجره‌های نورگیر و نیز به عنوان طلق جهت بازدید شعله کوره‌ها آغاز و بتدریج با پیشرفت صنعت، میکا به عنوان بهترین عایق در قطعات یکسو کننده (کموتاتورها)، مولدهای بزرگ الکتریکی و موتورها بکار رفت. در شروع قرن بیستم میکای ورقه‌ای بصورت اولیه در پنجره‌های بخار و دودکش‌ها، چراغ‌های نفتی و گازی و پوشش سطوح روزنه‌دار استفاده می‌شده است که در بیشتر این کاربردها بزرگ میکا بهره گرفته می‌شد. از ذرات و ورقه‌های کوچک میکا بعنوان عایق در موتورهای الکتریکی، عایق فنر در مغناطیس سنج‌ها، به عنوان عایق در جرقه‌زن‌ها و در گرامافون‌ها اقداماتی صورت گرفته است. از میکای آسیا شده به روش تر در پایان قرن بیستم برای ساخت کاغذ دیواری و برف مصنوعی یا همان برف شادی در جشن‌ها استفاده شده و از میکای آسیا شده به روش خشک به عنوان گریس محورها در ماشین‌آلات و در نرم‌کننده‌های مخصوص، داروها، اکسپریهای تقلیلی و نیز مواد نیروزا بهره گرفته شده است. امروزه به علت قدرت زیاد ژنراتورهای الکتریکی، میکای ورقه‌ای تنها انتخاب با خاصیت الکتریکی و مکانیکی مناسب است که می‌تواند در مقابل دماهای بالا برای عملکرد موثر و بهتر موتور مورد استفاده قرار گیرد [۲۶ و ۲۷].

بر اساس آمارهای موجود تولید میکای میکرونیزه و دانه‌بندی شده در سال ۲۰۰۰ در حدود ۱۱۲ هزار تن به ارزش ۳۷/۵ میلیون دلار بوده است که مهمترین استفاده از میکای خشک آسیا شده در رنگسازی و ترکیبات پرکننده بوده و از میکای تر آسیا شده به خاطر روشنی و درخشندگی آن، برای درخشندگی با نور کم در اتموبیلهای روندهای آرایشی و نیز برای استحکام در پلاستیکها، نایلون و رزینهای پلی‌استر و نیز در ترکیبات پلی‌پیروپیلن استفاده می‌کنند [۲۸].

## ۲- مطالعات آزمایشگاهی

نمونه‌های مورد مطالعه و آزمایش از نوع سنگهای گرانیتی آلتره با وزن مخصوص  $2/83 \text{ gr/cm}^3$  بودند که مطالعات میکروسکوپی وجود سه کانی اصلی فلدسپات، کوارتز و بیوتیت را مشخص و عیار متوسط بیوتیت در نمونه‌ها ۸-۱۲ درصد برآورد کرد. به منظور تعیین نوع و درصد حجمی کانیها و نحوه توزیع آنها در فراکسیون‌های مختلف نمونه‌ها تا ابعاد زیر ۱۷۰ میکرون خرد شدند.





جدول(۱) نتایج مطالعات میکروسکوپی نمونهای خرد شده توسط آسیا در زمانهای مختلف

شماره سرند (مش)							روش آسیا و زمان
درصد حجمی نسبی میکا (بیوتیت)							
-۱۷۰	۱۷۰	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	شماره سرند	آسیای خشک (۱۰ دقیقه)
۵	۱۰-۱۲	۵-۸	۱۵-۱۷	۷-۱۰	۱۴-۱۶	درصد حجمی(٪)	
-۱۷۰	۱۷۰	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	شماره سرند	آسیای خشک (۱۵ دقیقه)
۵	۱۲-۱۵	۷-۱۰	۱۵	۱۰-۱۲	۱۲	درصد حجمی(٪)	
-۱۷۰	۱۷۰	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	شماره سرند	آسیای خشک (۲۰ دقیقه)
۵	۱۲-۱۵	۷-۱۵	۱۲	۱۲-۱۵	۱۰-۱۲	درصد حجمی(٪)	
-۱۷۰	۱۷۰	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	شماره سرند	آسیای تر (۵ دقیقه)
۳-۵	۲۰	۱۰	۵	۳-۵	۱۵-۱۸	درصد حجمی(٪)	
-۱۷۰	۱۷۰	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	شماره سرند	آسیای تر (۸ دقیقه)
۳-۵	۱۵	۱۰-۱۲	۵	۵-۸	۲۰-۲۵	درصد حجمی(٪)	
-۱۷۰	۱۷۰	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	شماره سرند	آسیای تر (۱۰ دقیقه)
۲-۳	۵	۵-۷	۵-۷	۱۲-۱۵	۲۵-۳۵	درصد حجمی(٪)	

### ۳-۲- جداسازی میکا

نمونه‌های مورد آزمایش عمده‌ای از کانیهای فلدسپات، کوارتز و بیوتیت تشکیل شده‌اند که چگالی آنها شامل کوارتز، ۲/۶۵، فلدسپات (۲/۵۵-۲/۷۶) و بیوتیت (۲/۷-۳/۳) است. ملاحظه می‌شود که کانیهای فوق دارای چگالی نسبی نزدیک به هم بوده و چگالی بیوتیت اندکی بیشتر از دو کانی دیگر است. این موضوع همراه با شکل ورقه‌ای بلورهای بیوتیت امکان غلتیدن ورقه‌ها را در طول میز با مشکل مواجه می‌سازد و در نتیجه آنها تحت اثر لایه نازکی از آب از کانیهای تقریباً گرد کوارتز و فلدسپات که قابلیت غلتیدن آسانتری در طول میز دارند، جدا می‌شوند. برای جدایش ذرات ریزتر که بکارگیری میز لرزان مناسب نمی‌باشد از روش فلوواتاسیون استفاده گردید [۱۰ و ۱۴].



### ۱-۳-۲- آزمایشهای میز لرزان:

جدا کردن میکا از بقیه کانیهای همراه آن توسط میز لرزان بستگی به ابعاد میکاها دارد به گونه‌ای که در جداسازی با افزایش سایز زیر ۶۰ مش به زیر ۴۰ مش (از ۲۵۰ میکرون به ۳۶۰ میکرون) و از سایز زیر ۴۰ مش به زیر ۲۰ مش (از ۳۶۰ میکرون به ۸۵۰ میکرون) مقدار میکا در کنسانتره افزایش می‌یابد بطوریکه اگر اندازه ورقهای میکا بین ۱۰-۱۵ سانتیمتر باشد به راحتی جداش روى میز صورت می‌گیرد. نتایج آزمایشات همچنین نشان داد که خردایش توسط آسیای میله‌ای تر و یا خشک نیز در نتیجه میز لرزان موثر می‌باشد و اگر خردایش توسط آسیای میله‌ای تر صورت گیرد جداش میکا به سهولت انجام شده و عیار میکا در کنسانتره افزایش می‌یابد.

در آزمایش بوسیله میز لرزان شبیهای مختلف بررسی و مشخص گردید شیب ۱۰-۵ درجه بهترین گزینه می‌باشد که علت آن ریزبودن بلورهای میکای موجود در نمونه‌ها می‌باشد (کمتر از ۱-۲ میلیمتر). زیرا با کم شدن شیب نیروی مؤثر بر ذرات کاهش یافته و بلورهای کوچکتر میکا به راحتی از بقیه جدا می‌شوند. حال اگر اندازه بلورهای میکا افزایش یافته و در حدود ۱۰-۱۵ سانتیمتر باشد شیب ۲۵-۳۵ درجه نیز پاسخگو خواهد بود. نتایج آزمایشات میز لرزان در جداول (۲) تا (۴) آورده شده و همانطور که ملاحظه می‌شود هر چه ابعاد ذرات میکا بزرگتر و شیب میز کمتر باشد به عیار حتی بیش از ۹۰ درصد و بازیابی بیش از ۶۰ درصد نیز می‌توان دست یافت.

جدول (۲) نتایج آزمایش اول، ابعاد ۲۰-۴۰+مش با شیب میز ۱۰ درجه

نام محصول	شماره محصول	درصد وزنی (%)	عیار (%)		بازیابی (%)
			میکا	کوارتز + فلدسپات	
کنسانتره	۱	۹/۸	۷۵	۲۵	۶۱/۶
میانی	۲	۷۸/۶	۱۲	۸۸	۷۵/۵
باطله	۳	۱۱/۶	۶	۹۴	۱۳/۸
جمع		۱۰۰	۸۲/۵	۱۷/۵	۹۹

جدول(۳) نتایج آزمایش دوم، ابعاد  $۲۰ \times ۶۰$  + مش با شیب میز  $۱۰$  درجه

بازیابی (%)		عيار (%)		درصد وزنی (%)	نام محصول	شماره محصول
کوارتز + فلدسپات	میکا	کوارتز + فلدسپات	میکا			
۲۳	۷۶	۷۲	۲۸	۲۹/۷	کنسانتره	۱
۷۲	۲۲	۹۳	۷	۶۴/۸	میانی	۲
۵	۱	۹۷	۳	۵/۵	باطله	۳
۱۰۰	۹۹	۸۷	۱۳	۱۰۰	جمع	

جدول(۴) نتایج آزمایش سوم، ابعاد  $۲۰ \times ۴۰$  + مش با شیب میز  $۵-۷$  درجه

بازیابی (%)		عيار (%)		درصد وزنی (%)	نام محصول	شماره محصول
کوارتز + فلدسپات	میکا	کوارتز + فلدسپات	میکا			
۶/۹	۵۷	۱۰	۹۰	۱۱/۵	کنسانتره	۱
۸۲/۷	۳۰	۷۷	۲۳	۶۵	میانی	۲
۱۰/۴	۱۳	۹۲	۸	۲۳/۵	باطله	۳
۱۰۰	۱۰۰	۷۳/۳	۲۶/۷	۱۰۰	جمع	

۲-۳-۲- آزمایش‌های فلوتاسیون: در بررسی جدایش میکاها بروش فلوتاسیون تعداد هشت آزمایش فلوتاسیون انجام شد که در تمام آنها غلظت وزنی پالپ  $۳۵$  درصد، نوع کلکتور مصرفی آرموفلوت  $۲۱$  و نوع کفساز MIBC (متیل ایزو بوتیل کربونیل) بوده و برای تنظیم PH از اسید سولفوریک و کربنات سدیم استفاده شده است.

در فلوتاسیون، ذرات زیر  $۶۰$  مش مورد بازیابی میکا قرار گرفت و فرآکسیون زیر  $۱۷۰$  مش نیز بعنوان نرمه جدا گردید. به علت ریزدانه بودن ذرات بین  $۶۰$  و  $۱۷۰$  مش میز لرزان راندمان خوبی بر روی ذرات نشان نمی‌دهد. در این قسمت هر دو روش فلوتاسیون اسیدی (آزمایش‌های شماره  $۱, ۲, ۳, ۴, ۷$ ،  $\text{pH} = ۴-۵$ ) و قلیابی (آزمایش‌های  $۵, ۶, ۸, ۱۰$ ) مورد آزمایش قرار گرفته و برای یافتن بهترین بازیابی و



پر عیارترین روش، تعداد هفت آزمایش فلوتاسیون بر روی این نمونه‌ها صورت گرفت. لازم به ذکر است که در هر آزمایش بعد از توزین کنسانتره و باطله، نمونه‌هایی نیز برای مطالعات میکروسکوپی برداشته شد که نتایج بدست آمده و تعیین درصد حجمی میکا (تبديل به عیار وزنی) در جدول (۵) آورده شده است. در این آزمایشات زمان آماده‌سازی برای کنسانتره اول پنج دقیقه و برای کنسانتره دوم سه دقیقه می‌باشد. زمان کف‌گیری در کنسانتره‌های اول ۵-۷ دقیقه و کنسانتره‌های دوم و سوم سه دقیقه می‌باشد (در آزمایش شماره ۳ زمان کف‌گیری کنسانتره سوم ۵-۷ دقیقه). همچنین دور دستگاه فلوتاسیون در کنسانتره‌های اول ۸۰۰ و دوم و سوم معمولاً ۱۲۰۰ انتخاب شده است و همانطور که از نتایج جدول مشخص است آزمایش دوم با PH قلیایی ۱۰ دارای عیار بالاتری نسبت به بقیه آزمایشات می‌باشد و عیار باطله آن نیز تا ۳ درصد پایین آورده شده است. از طرفی آزمایش سوم با PH اسیدی ۴ دارای بهترین بازیابی نسبت به بقیه آزمایش‌ها می‌باشد به گونه‌ای که مجموع بازیابی کنسانتره‌ها ۸۳ درصد بوده و عیار کنسانتره‌ها نیز در این آزمایش در حد معقول می‌باشد. حال با توجه به اینکه هدف از فرآوری بدست آوردن عیار بالا و یا بازیابی بالا مد نظر باشد یکی از این دو روش را پس از تعیین بازدهی اقتصادی جدایش می‌توان انتخاب و اجرا کرد.

در فلوتاسیون ذرات بالای ۴۰ مش و زیر ۲۰ مش فقط یک آزمایش با PH قلیایی ۱۰ صورت گرفت که نتایج آن در جدول (۵) آمده است. با مقایسه نتایج فلوتاسیون و میز برای این ذرات مشاهده می‌شود که هر دو روش به عیار بالای ۹۰ درصد رسیده‌اند ولی به دلیل سادگی کار با میز و ارزان بودن آن بهتر است برای جدایش این محدوده از ذرات از میز لرزان استفاده شود.



## جدول شماره (۵) نتایج آزمایشات فلواتاسیون فرآوری میکا

شماره آزمایش	نام محصول	کلکتور گرمدرتن	کفساز سی سی	درصد وزنی (%)	عوار (%)		بازیابی (%)
					میکا	کوارتز+فلدسبات	
۱	کنسانتره اول	۲۵۰	-	۳/۱	۵۲	۴۸	۹/۷
	کنسانتره دوم	۲۵۰	-	۴۰/۸	۳۸	۶۲	۷/۶
	باطله				۹۲	۸	۸۲/۷
	کنسانتره اول	۲۵۰	-	۳/۵	۳۸	۶۲	۷/۷
	کنسانتره دوم	۵۰	-	۶/۸	۱۴	۸۶	۳/۷
۲	باطله				۹۷	۳	۸۸/۶
	کنسانتره اول	۲۵۰	-	۴/۹	۱۶	۸۴	۸/۲
	کنسانتره دوم	۲۵	-	۲۰/۵۹	۶۴	۳۶	۱۸
	کنسانتره سوم	۲۵	-	۶/۴	۱۵	۸۵	۵/۴
	باطله				۹۶	۴	۶۸/۴
۳	باطله				۷۱	۶/۷	۶/۲
	کنسانتره اول	۴۵۰	-	۱	۲۹	۷۱	۴/۸
	کنسانتره دوم	۱۵۰	-	۱/۵	۴۰	۸۰	۱۴
	کنسانتره سوم	۱۰۰	-	۱/۵	۴۹	۵۱	۷۵
	باطله				۹۸	۲	۶۴/۴۶
۴	کنسانتره اول	۳۵۰	-	۱/۵	۵۸	۴۲	۱۴/۹
	کنسانتره دوم	۲۵۰	-	۱	۳۰	۷۰	۹/۹
	باطله				۴۶	۹۷/۲	۷۸/۲
	کنسانتره اول	۵۰	-	۱/۵	۲۳	۷۷	۵/۲
	کنسانتره دوم	۲۵	-	۱/۵	۲۹	۷۱	۱۹/۸
۵	باطله				۷۹	۲۱	۷۵
	کنسانتره اول	۵۰۰	-	۱	۷۰	۳۰	۳۲/۸
	کنسانتره دوم	۲۵۰	-	۱/۵	۸۲	۱۸	۴۴/۲
	باطله				۹۵	۵	۲۳
	کنسانتره اول	۲۵۰	-	۱/۵	۵	۹۵	۳
۶	کنسانتره دوم	۲۵۰	-	۱/۵	۹۸	۲	۹۷
	باطله				۹۸	۹۰/۵۳	۹۷



### ۳- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- ۱- با توجه به نتایج طرح و امکان جدایش میکا (بیوتیت) با عیار و راندمان قابل قبول توسط روشهای مختلف فرآوری پیشنهاد می‌شود بررسی‌های اکتشافی با هدف انتخاب سنگ اولیه مناسب با عیار بالاتر در استانهای متعددی مثل آذربایجان غربی، همدان، خراسان انجام گیرد.
- ۲- بررسی‌های تکمیلی فنی - اقتصادی در خصوص امکان استفاده از میکا و سایر کانیهای جدایش یافته در پروسه حاضر در صنعت (بویژه فلدسپات) انجام شود.
- ۳- بررسیهای انجام گرفته برای خردایش بیوتیت در مورد گرانیت‌های غنی از موسکویت نیز که ارزش افزوده بالاتر و کاربردی‌های بیشتری دارد مورد پژوهش قرار گیرد.

### ۴- منابع و مأخذ

- ۱- بنیسی، صمد (۱۳۸۱)، جزوه درس کانه‌آرایی، دانشگاه کرمان
- ۲- نعمت‌اللهی، حسین (۱۳۷۸)، کانه‌آرایی جلد ۱ و ۲، انتشارات دانشگاه تهران
- ۳- اصفهانی، بربار (۱۳۷۲)، سنگ شکنها، انتشارات جهاد دانشگاهی
- ۴- موسسه تحقیقات و کاربرد مواد معدنی ایران (۱۳۶۹)، طرح کانه‌آرایی میکای ماسوله

- ۵) Carla. Difrancesco , James's , Hedrick (۲۰۰۲)، MICA (SHEET STATISTICS)
- ۶) R.K.RATH , S.Susram Anian(August ۱۹۹۷)، Studies on Adsorption of Guar Gum on To Biotite Mica
- ۷) US. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries (January ۲۰۰۳). Mica (Natural) and (Scrap and Flacke Mica)