

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی



## بررسی کانی شناسی و فرآوری نمونه کانسنگ فلدسپات چغایی

علی قربانی

گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی، دانشگاه تهران.

### چکیده

کانسار فلدسپات چغایی در جنوب غربی همدان واقع شده است. جهت بررسی کانی شناسی و فرآوری آن، نمونه دریافت شده برای بررسی های مورد نظر آماده گردید. بطور کلی نمونه از اجزا شیمیایی  $\text{SiO}_2$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Na}_2\text{O}$ ،  $\text{K}_2\text{O}$ ،  $\text{CaO}$  و  $\text{MgO}$  تشکیل شده است و عیار مجموعه آهن آن که بصورت  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  بیان شده است بیش از ۰/۶۳ درصد می باشد. جرم مخصوص واقعی نمونه ۲/۶۱ گرم بر سانتیمتر مکعب و ضریب کار آن برابر با ۱۰/۹ کیلو وات ساعت بر تن متریک تعیین شد. بررسی های انجام شده نشان داده است که برای حصول درجه آزادی مناسب باید تا ابعاد ۸۰ درصد ریز تر از ۱۵۰ میکرون خرد شود و سپس مورد نرمه گیری قرار گیرد (حذف مواد ریزتر از ۱۰ میکرون).

در این مقاله برای آرایش نمونه از روشهای نرمه گیری، جدایش مغناطیسی و فلوتاسیون استفاده گردید و مناسب ترین مسیر فرآوری استفاده از خردایش، نرمه گیری و فلوتاسیون تشخیص داده شد. از مواد شیمیایی مختلفی که در آزمایشهای فلوتاسیون بکار گرفته شد، مناسبترین آنها اسید سولفوریک، آثرو ۸۰۱، آثرو ۸۰۵ و روغن کاج بود و بهترین PH در محدوده ۲/۵ تا ۳ تعیین گردید. از نتیجه این آزمایشها مقدار آهن مجموعاً به ۰/۱  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  کاهش داده شد و در این حالت وزن کنسانتره ۶۹/۳ درصد وزن خوراک می باشد. واژه های کلیدی: کانسنگ فلدسپات، فرآوری، جدایش آهن.

### ۱- مقدمه

این کانسار، حاصل از آلتراسیون سنگهای آذرین است که به اصطلاح به عنوان کانسار فلدسپات شناخته شده است. این کانسنگ از انواع فلدسپاتها (بیشتر بصورت پلاژیوکلازو سیلیس بصورت آزاد و ترکیبی)، میکا(بیوتیت) و کانیهای آهن دار تشکیل شده است. مقدار آهن در کانسنگ به حدی است که مصرف آن را در صنایع مختلف (به طور عمده شیشه و سرامیک) مشکل می سازد. اخیراً در نظر گرفته شده است بررسی هایی در زمینه کاهش آهن (تا حد ۰/۲ درصد بیان شده بصورت  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) انجام گیرد. این مقاله نتیجه بررسی های مقدماتی است که در زمینه مذکور با استفاده از روشهای مختلف کانه آرایی انجام گرفته است. در کل فعالیتهای انجام گرفته شامل:



- بررسی خردایش شامل سنگ شکنی، دانه بندی، خردایش آسیای خشک و تر و نتیجه گیری از خردایش و تعیین اندیس کار.
- مطالعات کانه آرائی شامل فلوتاسیون و جدایش مغناطیسی به منظور کاهش آهن موجود در نمونه.
- بررسی فلوتاسیون و تعیین مواد شیمیایی مناسب از قبیل کلکتورها، فعال کننده ها، بازدارنده ها، کف سازها، pH و غیره.
- تعیین زمان تقریبی مراحل فلوتاسیون.
- نتیجه گیری و تهیه فلوشیت نهایی و ارائه پیشنهادات

## ۲- موقعیت جغرافیایی و نمونه برداری

معدن فلدسپات چغایی در استان همدان و در جنوب غربی شهرستان ملایر و جنوب شهرستان سامن واقع شده است. راه دسترسی به معدن از طریق جاده آسفالتی ملایر به بروجرد و به طول ۲۵ کیلومتر و جاده خاکی به طول ۱/۵ کیلومتر به سمت غرب از جاده اصلی جدا می شود. نمونه برداشت شده جهت تست تکنولوژیکی مطابق درجه بندی سر معدن از درجه ۲ و ۳ برداشت شده است. محدوده معدنی در زون سنندج - سیرجان واقع شده است که پرتکاپو ترین زونهای ساختاری ایران است. این گونه کمربندهای دگرگونی ناحیه ای، اغلب با ماگمای گرانیتی همراه است. گرانیت الوند، سامن، ملایر، بروجرد و اراک از آن جمله اند. معدن فلدسپات چغایی بخش کوچکی از گرانیت سامن می باشد. مطابق مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی، این معدن حالت رگه یا دایک و یا پگماتیت را ندارد. در سینه کارهای استخراجی بخشهای بالایی از گرانیت آلتزه کلریستیزه شده و قسمتهای زیرین آن از یک لایه گرانیت کمی آلتزه تشکیل شده است. حدود ۶۰ کیلوگرم سنگ پگماتیت به ابعاد ۲۰-۱۰ سانتیمتر از معدن چغایی برای انجام بررسیهای کانه آرائی تهیه گردید که مختصات محل نمونه برداری به شرح زیر اعلام شده است:

$$48^{\circ} 40' 38'' \text{ N و } 34^{\circ} 07' 36'' \text{ E}$$

## ۳- کانی شناسی و مینرالوگرافی [۵]

### ۳-۱- تجزیه شیمیایی

نتیجه تجزیه شیمیایی نمونه خوراک به شرح زیر است:

SiO <sub>2</sub> :	% ۷۲/۸	Na <sub>2</sub> O:	% ۴/۰۹	MgO:	% ۰/۵۶
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	% ۱۳/۰۶	K <sub>2</sub> O:	% ۵/۵۲	MnO:	n.d



CaO: ۱/۵۴٪      Fe<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub>: ۰/۶۳٪

همچنین پس از دانه بندی محصول نهایی مرحله سنگ شکنی، از هر فراکسیون یک نمونه جهت عیارسنجی به آزمایشگاه فرستاده شد که در جدول ۱ نتیجه آنالیز شیمیایی هر فراکسیون به طور مجزا آمده است.

جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی فراکسیونهای مختلف نمونه اولیه

(%) K <sub>۲</sub> O	(%) Na <sub>۲</sub> O	(%) Fe <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	(%) Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	(%) SiO <sub>۲</sub>	درصد وزنی	درشتی (میکرون)
۵/۱۵	۳/۳۱	۰/۵۰	۸/۰۳	۷۱/۷۲	۲۱/۹	+۱۷۰۰
۴/۹۵	۳/۵۴	۰/۵۱	۷/۹۰	۶۹/۷۳	۳۶/۸	-۱۷۰۰+۸۵۰
۵/۱۱	۳/۳۳	۰/۵۱	۱۰/۸۶	۷۱/۰۸	۱۱/۴	-۸۵۰+۶۰۰
۵/۲۵	۳/۴۲	۰/۵۶	۷/۲۳	۷۲/۱۲	۱۲/۷	-۶۰۰+۳۰۰
۵/۰۷	۳/۲۶	۰/۵۸	۶/۷۱	۷۹/۲۲	۷/۸	-۳۰۰+۱۵۰
۴/۷۷	۳/۱۷	۰/۸۲	۱۰/۳۰	۷۱/۶۱	۷/۲	-۱۵۰+۷۵
۴/۹۸	۳/۳۹	۰/۹۷	۵/۱۶	۶۸/۸۸	۲/۲	-۷۵
۵/۰۴	۳/۳۵	۰/۶۴	۸/۰۳	۷۲/۰۵	۱۰۰	جمع

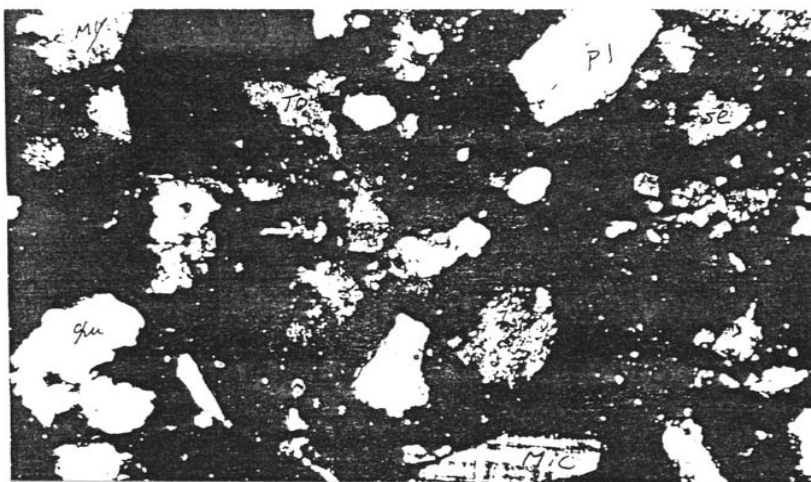
### ۳-۲- کانی شناسی [۳]

نمونه یک کیلوگرمی به شش فراکسیون تقسیم شد و هر فراکسیون بصورت مجزا مورد مطالعه قرار گرفت. از نمونه های ارسالی تیغه های نازک و مقاطع صیقلی تهیه گردید و مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی بر روی مقاطع مذکور انجام گرفت. در نهایت نتایج کلی زیر بدست آمد:

- الف- بافت سنگ، تمام بلورین، ریز بلور تا متوسط بلور می باشد.
- ب- کانیهای شاخص و اصلی شامل کوارتز و فلدسپاتها می باشند.
- پ- فلدسپاتها عمدتاً از نوع پلاژیوکلازها با ترکیب آلبیت و کمتر انواع قلیایی با ترکیب میکروکلین و ارتوکلاز است.
- ت- کانیهای عادی از گروه مافیک بوده و عمدتاً به صورت بیوتیت دیده می شوند.
- ث- کانیهای فرعی شامل قطعات کدر و نیمه شفاف و تورمالین است. وجود مسکویت منتفی نمی باشد.
- ج- کانیهای دگرسانی شامل سریسیت، کائولینیت و کلسیت است.



- چ- کانیهای کدر و نیمه شفاف شامل منیتیت، ایلمنیت، هماتیت، گوتیت، پیریت و اسفن یا روتیل می باشند.
- ح- مقدار فلدسپاتها حداقل پنجاه درصد بوده و حدود بیست درصد آن انواع قلیایی (شامل میکروکلین) بوده و بقیه با ترکیب سدیک است. اندازه قطعات فلدسپاتها در حد ۲۰۰ تا ۳۰۰ میکرون می باشد.
- خ- مقدار کوارتز حداکثر ۵۰٪ بوده که بخش عمده آن به صورت میکروبرشی دیده می شود و اندازه قطعات کوارتزی فراوان در این مجموعه ها حدود ۱۰۰ میکرون است.
- د- مقدار کانیهای سنگین در حد یک تا دو درصد بوده که اندازه قطعات فراوان آنها ۴۰ تا ۵۰ میکرون و حداقل ۲۰ میکرون است.
- ذ- مقدار کربناتها کمتر از یک درصد بوده و اندازه آن نیز در حد ۵۰ میکرون است.
- ر- مناسبترین فراکسیون جهت تفکیک فلدسپاتها فراکسیون ۱۰۰-مش می باشد.
- ز- با توجه به مطالعات کانی شناسی درجه آزادی فلدسپاتها در ۱۰۰ مش (۱۵۰ میکرون) تشخیص داده شد. شکل ۱ برخی از این کانیها را نشان می دهد.



شکل ۱- برخی از کانیهای موجود در نمونه

#### ۴- خردایش و آماده سازی نمونه

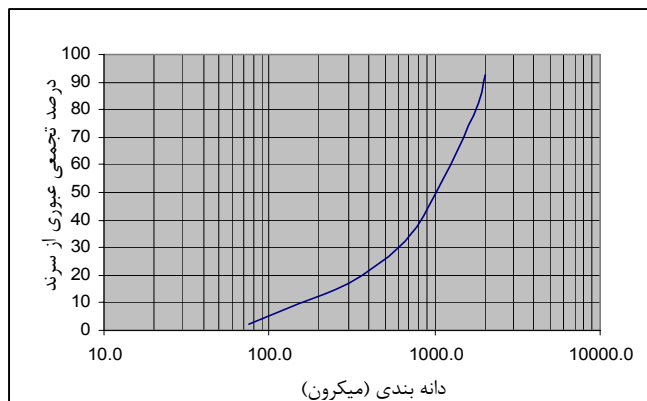
##### ۴-۱- سنگ شکنی



نمونه ابتدا توسط سنگ شکن فکی آزمایشگاهی مورگاردزهامر با گلوگاه ۵ سانتیمتر خرد شد. سپس به کمک سنگ شکن فکی دنور با گلوگاه ۱/۵ سانتیمتر مورد خردایش قرار گرفت. در مرحله سوم خردایش، نمونه از سنگ شکن غلطکی عبور داده شد و محصول این سنگ شکن توسط سرند کنترل ۸ مش (۲/۳۴ میلیمتر) سرند شد. دانه بندی محصول این مرحله در جدول ۲ و منحنی آن نیز در شکل ۲ آمده است. از دانه بندی محصول نهایی سنگ شکنی مشخص می شود که مقدار کمی مواد دانه ریز (نرمه) تولید شده است. در پایان مراحل خردایش سنگ شکنی، محصول بدست آمده توسط ریفل به نمونه های یک کیلوگرمی جهت انجام آزمایشهای فرآوری تقسیم شد.

جدول ۲- دانه بندی محصول سنگ شکن غلطکی

درشتی (میکرون)	درصد وزنی روی سرند	وزن تجمعی باقیمانده (%)	وزن تجمعی عبوری (%)
+ ۲۰۰۰	۷/۲	۷/۲	۹۲/۸
- ۲۰۰۰ + ۱۷۰۰	۱۴/۷	۲۱/۹	۷۸/۱
- ۱۷۰۰ + ۸۵۰	۳۶/۸	۵۸/۷	۴۱/۳
- ۸۵۰ + ۶۰۰	۱۱/۴	۷۰/۱	۲۹/۹
- ۶۰۰ + ۳۰۰	۱۲/۷	۸۲/۸	۱۷/۲
- ۳۰۰ + ۱۵۰	۷/۸	۹۰/۶	۹/۴
- ۱۵۰ + ۷۵	۷/۲	۹۷/۸	۲/۲
- ۷۵	۲/۲	۱۰۰	-



شکل ۲- منحنی دانه بندی محصول سنگ شکن فکی غلطکی

#### ۲-۴- ضریب کار (اندیس کار) و جرم مخصوص

ضریب کار این نمونه توسط آسیای باند ۱۰/۹ کیلو وات ساعت بر متر کوچک اندازه گیری شد. جرم مخصوص واقعی نمونه با استفاده از نفت و پیکنومتر سه بار اندازه گیری شد که متوسط این اندازه گیریها وزن مخصوص واقعی این نمونه را ۲/۶۱ گرم بر سانتیمتر مکعب و جرم مخصوص ظاهری ۱/۴۹ گرم بر سانتیمتر مکعب بدست آمد.

#### ۳-۴- آزمایشهای آسیا

با توجه به درجه آزادی ۱۵۰ میکرون که از مطالعات کانی شناسی حاصل شد، لازم بود جهت حصول درجه آزادی مناسب خردایش تا ۹۰ درصد ریزتر از ۱۵۰ میکرون صورت گیرد. لذا آزمایشها با آسیای میله ای آزمایشگاهی دنور انجام گردید.

#### ۱-۳-۴- خردایش تر

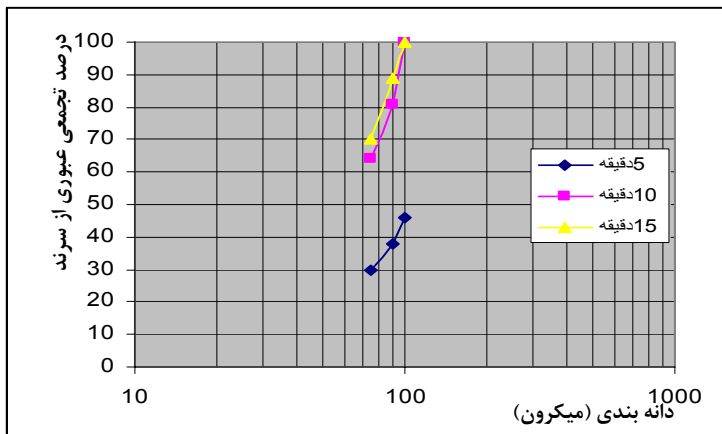
یک کیلوگرم از نمونه اولیه به همراه یک لیتر آب در زمانهای مختلف خردایش شد که منحنی دانه بندی محصول نهایی در زمانهای مختلف در شکل ۳ آمده است.

#### ۲-۳-۴- خردایش خشک

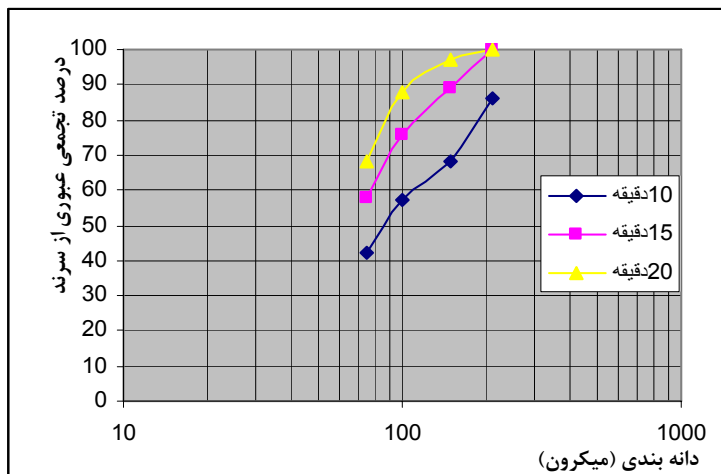
یک کیلوگرم از نمونه اولیه در زمانهای مختلف توسط آسیای میله ای مورد خردایش خشک نیز قرار گرفت که منحنی دانه بندی محصول نهایی در زمانهای مختلف در شکل ۴ آمده است.

### ۳-۳-۴- نتایج آزمایشات آسیا

برای خردایش مناسب ۹۰٪ ریزتر از ۱۵۰ میکرون به روش خشک ۲۰ دقیقه و به روش تر ۱۵ دقیقه می توان در نظر گرفت.



شکل ۳- منحنی دانه بندی محصول آسیای تدر در زمانهای مختلف



شکل ۴- منحنی دانه بندی محصول آسیای خشک در زمانهای مختلف





## ۵- آزمایشهای فرآوری

در تمام آزمایشها ابتدا نمونه در آسیای میله ای دنور (به روش تر) تا حد ۸۰ تا ۹۰ درصد ریزتر از ۱۵۰ میکرون خرد شد و پس از نرمة گیری توسط هیدروسیکلون تحت آزمایشهای فلوتاسیون قرار گرفت. علاوه بر آن در برخی از آزمایشها از روش جدایش مغناطیسی نیز استفاده شده است. لازم به ذکر است بعلت خاصیت مغناطیسی بعضی از کانیهای آهن دار، استفاده از روشهای مغناطیسی جهت کاهش مقدار آهن در نمونه می تواند بعنوان یک روش کاربردی مورد استفاده قرار گیرد و بدین لحاظ در برخی از آزمایشها علاوه بر فلوتاسیون از جدایش مغناطیسی میدان ضعیف و میدان قوی نیز استفاده شده است. مشخصات دستگاههای جداکننده مغناطیسی بکار رفته به این شرح می باشد.

- جدایش مغناطیسی میدان ضعیف: جداکننده مغناطیسی استوانه ای تر آزمایشگاهی ساخت اریز، جریان: ۳ آمپر، ولتاژ: ۷۰ ولت، دور روتور: ۵۵ دور در دقیقه به روش هم جهت، شدت میدان: ۰/۲ تسلا.

- جدایش مغناطیسی میدان قوی: جداکننده مغناطیسی تر آزمایشگاهی ساخت باکس مگ رایپید، جریان: ۴۲ آمپر، ولتاژ: ۱۸۰ ولت، دور روتور: ۳ دور در دقیقه، دبی آب: ۴۰ لیتر در دقیقه، شدت میدان: ۱/۸ تسلا.

### ۵-۱- مواد شیمیایی مصرفی

با توجه به بازیابی پایین حاصل از یک مرحله فلوتاسیون، در بعضی از آزمایشها فلوتاسیون در دو مرحله انجام گرفت.

در آزمایشهای مختلف فلوتاسیون از مواد شیمیایی زیر استفاده شده است:

**الف- تنظیم کننده ها:** اسید سولفوریک برای تنظیم pH، اسید فلوریک (در بعضی از آزمایشها برای بازداشت کردن سیلیس).

**ب- کف سازها:** MIBC، روغن کاج و Aerofroth ۶۵ [۴].

**ج- کلکتورها:** AERO ۸۰۱ ساخت سیانامید، AERO ۸۲۵ ساخت سیانامید، AERO ۸۴۵ ساخت سیانامید، ترکیبی از AERO ۸۰۱ و AERO ۸۲۵، ترکیبی از AERO ۸۰۱ و AERO ۸۴۵، ترکیبی از AERO ۸۲۵ و AERO ۸۴۵، Flotimor Fs-۲ [۴]، [۵].

در عین حال بعد از مرحله مقدماتی فلوتاسیون در مرحله تکمیلی، تعدادی از کانیهای آهن دار که در مرحله قبل فلوته نشده اند فلوته گردید. در این مرحله از کلکتورهای کاتیونی زیر استفاده شد: ARMOFLOTE و MFA۱۳ و Flotigam EDA۰۱۶۰ ساخت هوخست.



## ۵-۲- شرح آزمایشها [۱]، [۲]

مجموعاً ۲۸ آزمایش فلوتاسیون و آزمایش جدایش مغناطیسی (بعد یا قبل از فلوتاسیون) انجام گرفت، که در زیر شرح و نتایج هر آزمایش داده می شود.

## ۵-۲-۱- آزمایش ۸

پس از انجام عملیات خردایش و دستیابی به درجه آزادی مناسب، نمونه توسط هیدروسیکلون (مشخصات هیدروسیکلون: قطر سرریز: ۲ میلیمتر، قطر ته ریز: ۶ میلیمتر) نرمة گیری شد (جدا کردن ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون) و تاثیر نرمة گیری خوراک بر روی نتایج فلوتاسیون بررسی گردید. ۹۰٪ نرمة حدود ۴ میکرون و فشار هیدروسیکلون ۰/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بود. در جدول ۳ نتایج آنالیز شیمیایی نرمة و ته ریز آورده شده است (توضیح آنکه در این گزارش منظور از عیار  $Fe_2O_3$  مجموع آهن موجود در ماده معدنی است که به صورت  $Fe_2O_3$  محاسبه می شود).

جدول ۳- نتایج آنالیز شیمیایی نرمة و ته ریز هیدروسیکلون

K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	درصد وزنی	
۵/۴۵	۳/۵۴	۳/۶۲	۱۳/۴۰	۵۷/۳۹	۸/۷	نرمة (%)
۵/۱۴	۳/۲۰	۰/۶۳	۱۲/۳۶	۷۲/۴	۹۱/۳	ته ریز (%)

- وزن نمونه: ۵۰۰ گرم

- زمان خردایش: ۱۵ دقیقه

- نرمة گیری: هیدروسیکلون تحت فشار ۰/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع،

- مواد شیمیایی و مقدار مصرفی آنها:

- اسید سولفوریک: جهت تنظیم pH به میزان ۱۴۷۰ گرم بر تن،

- کلکتور مرحله اول: ۱۳ ARMOFLOATE به میزان ۱۰۰ گرم بر تن،

- کف ساز: روغن کاج به میزان ۱۰ گرم بر تن،

- کلکتور مرحله دوم: ۸۰۱ AERO به میزان ۶۰۰ گرم بر تن،

- اسید فلوریک: ۵۰۰ گرم بر تن،

- Flotigam EDA ۰۱۶۰ : ۳۰۰ گرم بر تن،



محصول نهایی این آزمایش شامل کنستانتره ای با درصد وزنی ۶۹/۷۱ درصد خوراک اولیه و

عیار ۰/۱۷ درصد آهن

می باشد.

#### ۵-۲-۲- آزمایش ۱۱

در این آزمایش در مرحله اول فلوتاسیون از کلکتور FLOTINOR Fs-۲ به مقدار ۳۰۰ گرم بر تن و در مرحله دوم فلوتاسیون از کلکتور FLOTIGAM EDA۰۱۶۰ به میزان ۱۰۰۰ گرم بر تن استفاده شده است. همچنین اسید فلئوریک به میزان ۱۰۰۰ گرم بر تن به منظور دپرس کردن سیلیس بکار گرفته شد. برای ایجاد کف از MIBC استفاده شد. غلظت پالپ در این آزمایش در مرحله آماده سازی ۶۰٪ بود. پس از انجام عملیات خردایش و دستیابی به درجه آزادی مناسب، نمونه توسط هیدروسیکلون نرمه گیری شد (جدا کردن ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون).

#### ۵-۲-۳- آزمایش ۱۲

در این آزمایش از کلکتور AERO ۸۰۱ ساخت سیانامید به مقدار ۶۰۰ گرم بر تن و برای ایجاد کف از روغن کاج استفاده شد. غلظت پالپ در این آزمایش در مرحله آماده سازی ۶۰٪ بود. پس از انجام عملیات خردایش و دستیابی به درجه آزادی مناسب، نمونه توسط هیدروسیکلون نرمه گیری شد (جدا کردن ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون). محصول نهایی این آزمایش، کنستانتره ای با وزن ۷۲/۲۹٪ وزنی خوراک و عیار آهن ۰/۱۵٪ بدست آمد.

#### ۵-۲-۴- آزمایش ۱۴

این آزمایش تکرار آزمایش ۱۱ می باشد. در این آزمایش پس از عملیات خردایش و نرمه گیری و استفاده از مواد شیمیایی، محصولی با ۷۳/۴۸٪ وزنی خوراک و عیار آهن ۰/۲۲٪ حاصل شد.

#### ۵-۲-۵- آزمایش ۱۵

در این آزمایش پس از عملیات خردایش و نرمه گیری توسط هیدروسیکلون و یک مرحله اسکرابینگ و یک مرحله دیگر هیدروسیکلون، آزمایش فلوتاسیون انجام گرفت که محصول نهایی با وزن ۷۰/۶۸٪ وزنی خوراک و عیار آهن ۰/۱۶٪ بدست آمد.

#### ۵-۲-۶- آزمایش ۱۷

در این آزمایش بعد از عملیات خردایش، ابتدا نمونه از جداکننده مغناطیسی میدان ضعیف (اریز) و سپس محصول آن توسط جداکننده مغناطیسی میدان قوی (باکس مگ) مورد فراوری قرار می گیرد و در نهایت بر روی محصول این جداکننده آزمایش فلوتاسیون انجام شد. محصول نهایی با درصد وزنی ۴۸/۲٪ خوراک و عیار آهن ۰/۱۸٪ بدست آمد.



### ۵-۲-۷- آزمایش ۲۲

در این آزمایش از کلکتور AERO ۸۰۱ ساخت سیانامید به مقدار ۱۰۰۰ گرم بر تن و برای ایجاد کف از روغن کاج استفاده شد. غلظت پالپ در این آزمایش در مرحله آماده سازی ۶۰٪ بود. پس از انجام عملیات خردایش و دستیابی به درجه آزادی مناسب، نمونه توسط هیدروسیکلون نرمه گیری شد (جدا کردن ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون). محصول نهایی این آزمایش شامل کنستانتره ای با درصد وزنی ۶۶/۹٪ خوراک و عیار ۰/۱٪ آهن بود.

### ۵-۲-۸- آزمایش ۲۱

در این آزمایش از کلکتور AERO ۸۰۱ همراه کلکتور AERO ۸۲۵ بصورت ترکیبی و به مقدار هر کدام ۱۰۰۰ گرم بر تن و برای ایجاد کف از روغن کاج استفاده شد. غلظت پالپ در این آزمایش در مرحله آماده سازی ۶۰٪ بود. پس از انجام عملیات خردایش و دستیابی به درجه آزادی مناسب، نمونه توسط هیدروسیکلون نرمه گیری شد. محصول نهایی این آزمایش شامل کنستانتره ای با درصد وزنی ۶۹/۳٪ خوراک و عیار ۰/۰۶٪ آهن می باشد. از مقایسه این آزمایش و آزمایش ۲۲ مشاهده می شود که با ترکیب دو نوع کلکتور، بازیابی به میزان ۲/۴٪ افزایش و همچنین عیار آهن در کنستانتره به میزان ۰/۰۴٪ کاهش یافت.

### ۵-۲-۹- آزمایش ۲۴ (جدایش مغناطیسی میدان ضعیف)

بعد از خردایش و رسیدن به درجه آزادی مناسب به وسیله جداکننده مغناطیسی میدان ضعیف اریز، محصول مغناطیسی از غیر مغناطیسی جدا شد. محصول نهایی شامل کنستانتره ای با درصد وزنی ۹۳/۲۹٪ خوراک اولیه و عیار آهن ۰/۵۳٪ حاصل شد.

### ۵-۲-۱۰- آزمایش ۲۵ (جدایش مغناطیسی میدان ضعیف و میدان قوی)

بعد از ۱۵ دقیقه خردایش و دستیابی به درجه آزادی مناسب، ابتدا نمونه از جداکننده مغناطیسی با میدان ضعیف و محصول غیرمغناطیسی به کمک جداکننده مغناطیسی با میدان قوی (دبی آب ۴۰ لیتر بر دقیقه) مورد فراوری قرار گرفت. محصول نهایی این آزمایش شامل کنستانتره ای با درصد وزنی ۴۰/۵۷٪ خوراک اولیه و عیار ۰/۳۲٪ آهن بود.

### ۵-۳- نتایج آزمایشها

بعد از انجام آزمایشها مشخص شد که بهترین نتایج در آزمایشهای ۸، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۲۰، ۲۱، ۲۴ و ۲۵ بدست آمده است، و در کل مهمترین نتایج به شرح زیر است:

الف- با توجه به اینکه آزمایشهای کانه آرائی به صورت تر می باشند، خردایش نیز در آسیا به روش

تر انجام گرفت.



ب- بعد از خردایش، نرمه گیری ضرورت دارد (به کمک هیدروسیکلون) که با این کار حدود ۳۷٪ از آهن با نرمه خارج می شود.  
 پ- روش اساسی آرایش، استفاده از فلوتاسیون می باشد.  
 ت- فلوتاسیون حتماً باید در محیط اسیدی انجام گیرد.  
 ث- مناسبترین مواد شیمیایی شامل اسید سولفوریک، Aero ۸۰۱ + Aero ۸۲۵ و روغن کاج می باشند.

ج- استفاده از جداکننده های مغناطیسی بعنوان مکمل روش فلوتاسیون چندان موفقیت آمیز نبوده است.

چ- از نظر عیار بهترین محصول بدست آمده در آزمایش ۲۱ دارای ۶۹/۳٪ وزنی خوراک و عیار آهن ۰/۰۶٪ می باشد.

ح- از نظر بازیابی وزنی بهترین محصول در آزمایش ۵ با بازیابی وزنی ۸۲/۴٪ و عیار آهن ۰/۲۸٪ می باشد.

خ- بطور کلی می توان گفت که با استفاده از مواد مذکور امکان تولید محصولی با حدود ۰/۰۶٪  $Fe_2O_3$  و وزن ۶۹/۳٪ خوراک اولیه فراهم می باشد. ولی به نتایج حاصل از آزمایشهای ۲۰ (۶۶/۹٪ وزنی خوراک با ۰/۱٪  $Fe_2O_3$ ) و ۱۲

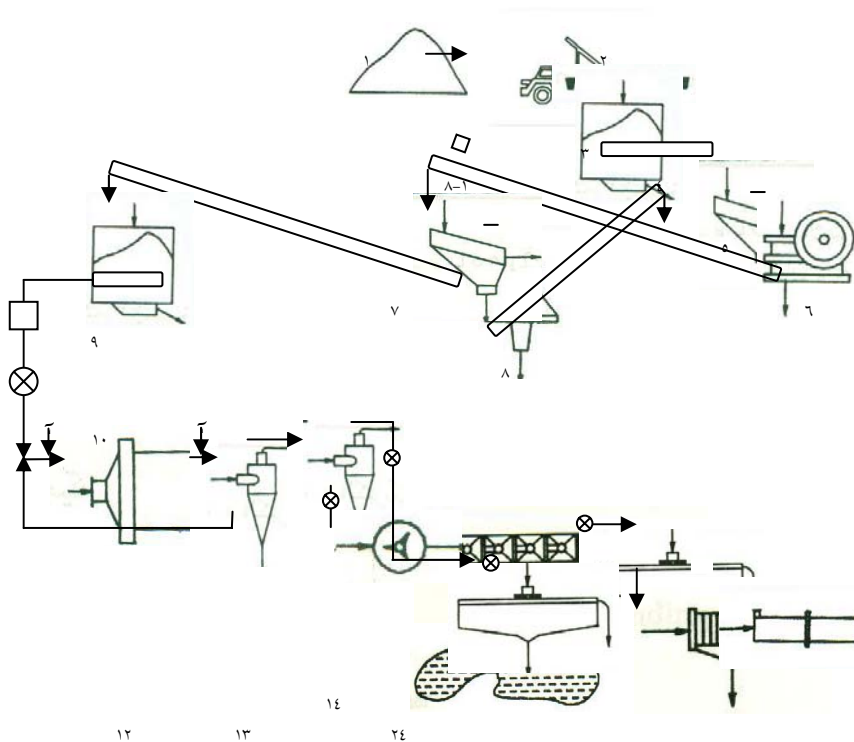
( ۷۲/۲۹٪ وزنی خوراک با ۰/۱۵٪  $Fe_2O_3$ ) نیز می توان اشاره نمود که در این دو آزمایش فقط از مواد شیمیایی، اسید سولفوریک، آئرو ۸۰۱ و روغن کاج استفاده شده است. در حالیکه در آزمایش ۲۱ علاوه بر مواد مذکور آئرو ۸۲۵ نیز مورد مصرف قرار گرفت.

## ۶- نتیجه گیری

درجه آزادی کانی فلدسپات چغایی ۱۰۰ مش (۱۵۰ میکرون) و اندیس کار این نمونه نیز توسط آسیای باند ۱۰/۹ کیلو وات ساعت بر متر کوچک اندازه گیری شد. برای دستیابی به درجه آزادی ۱۵۰ میکرون که از مطالعات کانی شناسی حاصل شد، لازم است خردایش توسط آسیا تا ۹۰ درصد ریزتر از ۱۵۰ میکرون صورت گیرد، که توسط آسیای میله ای در روش خشک ۲۰ دقیقه و در روش تر ۱۵ دقیقه زمان نیاز است. در برخی از آزمایشها نرمه گیری توسط هیدروسیکلون قبل از فلوتاسیون و علاوه بر آن بغلت خاصیت مغناطیسی بعضی از کانیهای آهن دار، از روش جدایش مغناطیسی نیز استفاده شده است. نهایتاً پس از انجام آزمایشهای مختلف، مشخص گردید که امکان دستیابی به بهترین محصول با مشخصات عیار ۰/۰۶٪ آهن و وزن ۶۹/۳ درصد خوراک (بهترین عیار) و بازیابی ۸۲/۴٪ و عیار ۰/۲۸٪ آهن (بالاترین بازیابی) فراهم می باشد. در پایان فلوشیت پیشنهادی جهت آزمایشهای فرآوری مقدماتی این نمونه در شکل ۵ ارائه شده است.

### منابع و مراجع :

- ۱- حسین نعمت الهی، کانه آرای، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۱
- ۲- مهندس آصفی، جزوه درس کانه آرای، ۱۳۴۵
- ۳- مهندس روح شهباز، گزارش کانی شناسی، ۱۳۸۱
- ۴- Mining chemical handbook, American Cyanamid company, ۱۹۸۶
- ۵- table of the most frequently occurring minerals for beneficiation, Clariant GmbH surfactants division, BI IV mining chemicals, ۱۹۹۹



- ۱- سنگر
- ۲- شبکه
- ۳- بونکر
- ۴- فیدر
- ۵- سرند گریزی
- ساکن
- ۶- سنگ شکن فکی
- ۷- سرند لرزان
- ۸- سنگ شکن
- مخروطی
- ۸-۱- آهنربا
- ۹- مخزن سنگ شکسته
- ۱۰- خوراک دهنده
- ۱۱- توزین کننده مواد
- ۱۲- آسیای گلوله ای
- ۱۳- هیدروسیکلون اول
- ۱۴- هیدروسیکلون ۱۱
- خوشه ای
- ۱۵- همزن
- ۱۶- سلول فلوئیداسیون
- ۱۷- تیکنر باطله
- ۱۸- سد باطله
- ۱۹- تیکنر کنستانتره
- ۲۰- فیلتر
- ۲۱- خشک کن
- ۲۲- انبار محصول

شکل ۵- فلوشیت پیشنهادی جهت کانه آرائی نمونه فلدسپات چغایی

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی