



## پارامتر های موثر در نرمه گیری ماسه های گرانیتی با هیدروسیکلون

مهدی ایران نژاد<sup>۱\*</sup> و محمد علی اربابیان<sup>۲</sup>

- ۱- عضو هیأت علمی، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد فرآوری مواد معدنی، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

E-mail: iranajad@yahoo.com

### چکیده

ماسه های گرانیتی آبرفت هایی هستند که در کنار کوه های گرانیتی و در اثر فرسایش و هوازدگی سنگ گرانیت انباشته شده و عموماً منبع مناسی برای بازیابی کانی های کوارتز، فلدسپات و میکا می باشد. در حاشیه توده بزرگ گرانیتی شیر کوه یزد ذخایر عظیمی از این نوع ماسه های آبرفتی در منطقه ای به وسعت ۴۰۰ کیلومتر مربع در منطقه ((تیر)) و عمدتاً در حوالی روذخانه ((بوزان)) وجود دارد و دارای پتانسیل مناسبی جهت استحصال میکا، فلدسپات و کوارتز می باشد. در فرآیند جداسازی این کانی ها از یکدیگر به روش فلوتاسیون جدا نمودن ذرات ریز (۱۱-۳۵) یکی از مراحل مهم در آماده سازی فرآیند است که توسط هیدروسیکلون صورت می گیرد. مهمترین پارامتر های موثر در کنترل و تنظیم حد جدایش هیدروسیکلون، افت فشار و رقت پالپ بوده که با بهینه سازی این پارامتر ها اقدام به جدایش ذرات زیر ۳۵ میکرون شد. شرایط بهینه جهت حذف این ذرات توسط هیدروسیکلون ۲ اینچی، در فشار ۵ Psi و درصد جامد ۲۰ بدست آمد.

**واژه های کلیدی:** ماسه گرانیتی، کوارتز، فلدسپات، میکا، هیدروسیکلون، فلوتاسیون

### ۱- مقدمه

ماسه های گرانیتی که در اثر فرسایش سنگ های گرانیتی طی سالیان متمادی بوجود آمده اند، پس از پگماتیت ها مهمترین ذخایر استحصال فلدسپات، کوارتز و میکائی ریز دانه می باشد. عملیات خردایش برای رسیدن به درجه آزادی کانی ها بدليل ساختار ماسه ای این کانسار با کمترین صرف انرژی میسر است و می توان به روش فلوتاسیون متداول این کانی ها را از یکدیگر تفکیک نمود. مصارف عمده کوارتز، فلدسپات و

\*- تهران- دانشگاه امیر کبیر (پلی تکنیک)- دانشکده معدن، متالورژی و نفت  
شماره تماس: ۰۲۱-۶۴۵۴۲۹۳۷



میکای تهیه شده از این کانسار عموما در شیشه، سرامیک، لعاب، لاستیک سازی می باشد. عواملی همچون فرسایش و هوادگی، حمل و نقل و انباشت ذرات بوسیله آب و باد و عملیات خردایش در فرآیند های جداسازی، موجب ایجاد نرمه در خوارک ورودی به فرآیند جداسازی می گردد. نرمه یکی از عوامل مزاحم در فرآیند های جداسازی کانی ها از یکدیگر می باشد که موجب کاهش کارایی در این فرآیند ها می گردد. بهترین بازیابی برای این کانی ها به روش فلوتاسیون در این نوع ماسه ها در محدوده ابعادی ۴۰ تا ۶۰۰ میکرون می باشد. بدین ترتیب ذرات زیر ۴۰ میکرون به عنوان نرمه محسوب شده و باید از فرآیند حذف گردد. در این مطالعه نرمه گیری با اسفاده از هیدروسیکلون ۲ اینچی صورت گرفته است. بهترین شرایط عملکرد هیدرو سیکلون ها زمانی است که خروج پالپ از ته ریز به صورت اسپری (Spray discharge) انجام گیرد و مواد ته نشین شده در بخش مخروطی سیکلون به حداقل برسد [۴، ۵].

## ۲- شناسایی ماده معدنی

### ۲-۱- موقعیت و زمین شناسی منطقه

قسمت اعظم ماسه های گرانیتی شیر کوه در محدوده نقشه ۱:۵۰۰۰۰ توبوگرافی نیر و به مختصات  $54^{\circ}$  تا  $54^{\circ} 15'$  طول جغرافیایی و  $30^{\circ} 15'$  عرض جغرافیایی واقع است. قدیمی ترین سنگ های رسوبی منطقه شامل یک سری دولومیت با لایه ضخیم مربوط به دوران پالئوزوئیک می باشد. در این منطقه گسترش رسوبات دوران مزوژوئیک بسیار وسیع بوده و می توان اظهار نمود که ۹۰ درصد رخنمون های سنگی ارتفاعات شمال حوضه را می پوشاند. همچین رسوبات دوران زمین شناسی سنوزوئیک تمام دامنه ها، مسیل ها و دشت را شامل می شود و از نظر سنی و لیتولوجیکی بسیار متنوع و شامل سنگ های رسوبی، کنگلومرایی، مارن، ماسه سنگ است و رسوبات کواترنری مانند تراوترن، پادگانه های آبرفتی قدیمی تا جوان، آبرفت های رودخانه ای و کفه های گلی و نمکی بر سطح آنها پوشانیده شده است [۱].

### ۲-۲- آماده سازی نمونه

آماده سازی بر روی ۷۰۰ کیلوگرم نمونه تهیه شده از ماسه های گرانیتی انجام گردید. به دلیل رطوبت بالای موجود ابتدا نمونه ها خشک گردید و پس از همگن سازی به کمک ریفل به قسمت های کوچکتر تقسیم گردید [۲].



### ۳-۲- مطالعات آنالیز سرندي

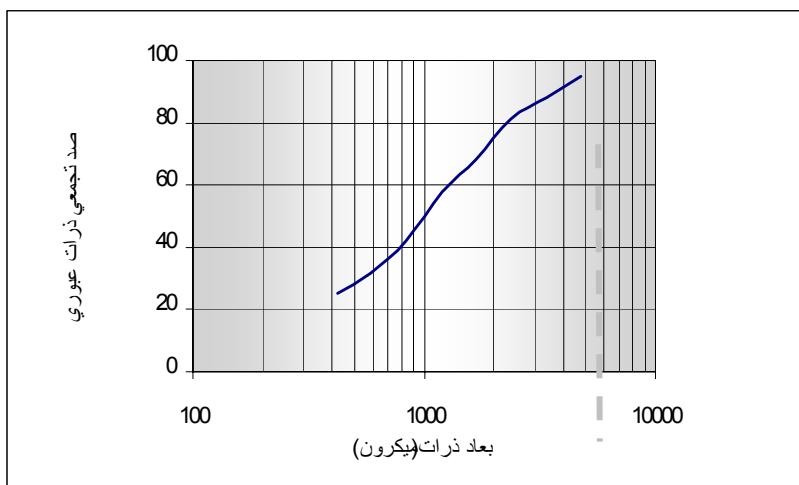
نتایج تجزیه سرندي بر روی نمونه اولیه ماسه ها در جدول ۱ و شکل ۱ آورده شده است. بطوریکه ملاحظه می شود .۴ نمونه اولیه ۲۳۶۰ میکرون می باشد[۲].

جدول ۱ - نتایج آزمایش تجزیه سرندي نمونه ماسه های گرانیتی شیرکوه یزد

| وزن تجمعی (%) |           | وزن (%) |        | دانه بندی(ASTM)        |                      |
|---------------|-----------|---------|--------|------------------------|----------------------|
| باقی مانده    | عبور کرده | (%)     | (g)    | دهانه سرند ( $\mu m$ ) | شماره سرند (Mesh No) |
| ۴/۹۳          | ۹۵/۰۷     | ۴/۹۳    | ۴۸/۵۵  | ۴۷۶۰                   | ۴                    |
| ۱۱/۷۷         | ۸۸/۲۳     | ۶/۸۴    | ۶۷/۴۵  | ۳۳۶۰                   | ۶                    |
| ۱۸/۹۹         | ۸۱/۰۱     | ۷/۲۲    | ۷۱/۱۲  | ۲۳۸۰                   | ۸                    |
| ۳۱/۶۴         | ۶۸/۳۶     | ۱۲/۶۵   | ۱۲۴/۷۰ | ۱۶۸۰                   | ۱۲                   |
| ۴۲/۱۱         | ۵۷/۸۹     | ۱۰/۴۷   | ۱۰۳/۲۳ | ۱۱۹۰                   | ۱۶                   |
| ۵۷/۷۲         | ۴۲/۲۸     | ۱۵/۶۱   | ۱۵۳/۹۰ | ۸۴۰                    | ۲۰                   |
| ۶۸/۴۶         | ۳۱/۵۴     | ۱۰/۷۴   | ۱۰۵/۸۲ | ۵۹۰                    | ۳۰                   |
| ۷۴/۹۶         | ۲۵/۰۴     | ۶/۵۰    | ۶۴/۰۶  | ۴۲۰                    | ۴۰                   |
| ۱۰۰           | .         | ۲۵/۰۴   | ۲۴۶/۸۰ | -۴۲۰                   | -۴۰                  |
| ----          | ----      | ۱۰۰     | ۹۸۵/۶۳ | م ج                    |                      |

### ۴-۲- مطالعات کانی شناسی و درجه آزادی

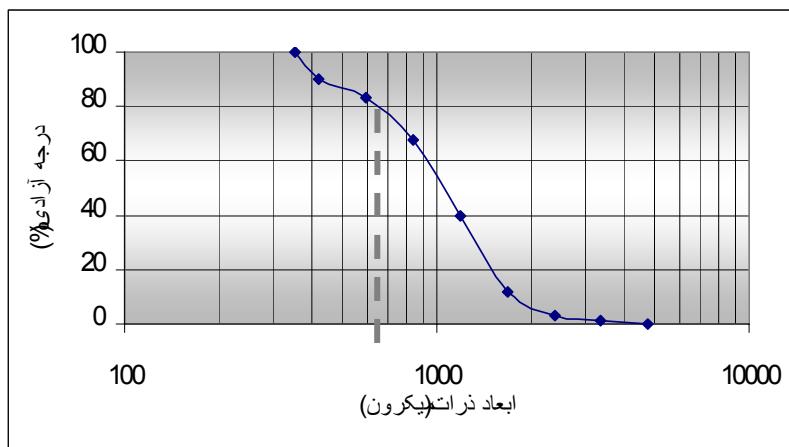
جهت تعیین نوع و میزان درگیری کانی ها، درجه آزادی، تعیین میزان هوازدگی و آلتراسیون، تعیین ابعاد، و شکل ذرات در هر فرآکسیون، از تمامی طبقات سرندي جدول ۱ مقطع نازک تهیه گردید و توسط میکروسکوپ نوری مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس مطالعات انجام گرفته درجه آزادی کانی میکا ۶۳۰ میکرون تعیین گردید(شکل ۳). کانی های اصلی در مقاطع تهیه شده یکسان و شامل کوارتز، فلدسپاتهای سدیک و کلسیک، فلدسپاتهای قلیایی و میکا(بیوتیت، فلوگوپیت و مسکویت) و کانی های فرعی شامل اورتو پیروکسن، کلسیت، آپاتیت واکسیدهای آهن می باشد (شکل ۲).



شکل ۱ - نمودار توزیع دانه بندي ماسه های گرانیتی شیر کوه یزد



شکل ۲- تصویری از مقطع نازک تهیه شده از فراکسیون ( $4760 + 3360$ ) میکرون (۴۰X) (کوارتز، بیوتیت و فلدسپات سرسیتی شده بصورت کاملاً درگیر)



شکل ۳ - نمودار درجه آزادی کانی میکا در هر فراکسیون

## ۶-۲- آنالیز شیمیایی و XRD

نتایج آنالیز شیمیایی به روش XRF در مورد نمونه معرف کانسار در جدول ۲ درج شده است. نتایج آزمایش XRD نیز وجود کانی های تعیین شده بوسیله مطالعه میکروسکوپی را تایید نمود.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی نمونه معرف کانسار شیر کوه یزد

| نوع نمونه   | SiO <sub>۷</sub> | Al <sub>۷</sub> O <sub>۷</sub> | Na <sub>۷</sub> O | K <sub>۷</sub> O | CaO | MgO  | Fe <sub>۷</sub> O <sub>۷</sub> | TiO <sub>۷</sub> | V <sub>۷</sub> O <sub>۵</sub> | L.O.I |
|-------------|------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|-----|------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|-------|
| معرف کانسار | ۶۳/۲             | ۱۴/۸                           | ۲/۴۹              | ۳/۳۵             | ۶/۲ | ۱/۸۱ | ۳/۳                            | ۰/۴۲             | ۰/۰۱                          | ۴/۰۵  |



## ۷-۲- خردایش

نمونه توسط آسیای گلوله ای آزمایشگاهی مدل DENVER به ابعاد  $5 \times 12$  اینچ و سرعت چرخش  $60$  دور در دقیقه خرد گردید به طوری که  $80$  درصد ذرات زیر  $600$  میکرون بدبست آمد. تعداد و ابعاد گلوله های خردکننده در جدول ۳ آورده شده است. آزمایشات متعدد مشخص کرد که مواد بعد از  $10$  دقیقه خردایش به روش تر به درجه آزادی مطلوب می رستند. مشاهدات میکروسکوپی بر روی فراکسیون های مختلف نشان داد که مقدار میکا در فراکسیون بالای  $840$  میکرون کاهش چشمگیری داشته اند. به همین دلیل قبل از عملیات طبقه بندی با هیدروسیکلون، این ذرات از فرآیند حذف گردیدند.

جدول ۳- تعداد و ابعاد بار خرد کننده آسیای آزمایشگاهی بکاررفته

| تعداد گلوله ها | ابعاد گلوله ها(اینج) |
|----------------|----------------------|
| ۱۲             | ۲                    |
| ۲۰             | ۱                    |
| ۴۰             | $0/5$                |

## ۳- بحث و بررسی

### ۳-۱- آزمایش های نرمه گیری با هیدروسیکلون

آزمایش ها بواسیله یک هیدروسیکلون آزمایشگاهی به قطر  $2$  اینچ انجام گرفت. قطر دهانه های ورودی و سرریز هیدروسیکلون  $1$  اینچ و قطر ته ریز  $0/29$  اینچ و فشار نهایی آن  $80$  Psi می باشد. آزمایشات با رقت های به ترتیب  $4$  و  $2/33$  (درصد جامد  $20$  و  $30$ ) و هر کدام جداگانه در فشارهای  $2, 3, 5, 10$  و  $15$  Psi انجام شدند. بعد از  $10$  دقیقه گردش مواد در داخل سیکلون وضعیت پایداری ایجاد شد و نمونه برداری به مدت  $5$  ثانیه انجام گرفت و مواد خروجی از سرریز و ته ریز توسط سرنزد به روش تر دانه بندی و حد جدایش سیکلون در هر کدام از شرایط تعیین گردید. جهت طبقه بندی ذرات زیر  $44$  میکرون از بشر ته نشینی (با استفاده از قانون استوکس (Stokes) استفاده شد و بدین ترتیب ذرات بالای  $25$  میکرون،  $25$  تا  $15$  و زیر  $15$  میکرون از یکدیگر تفکیک و بعد از فیلتر کردن، خشک و توزیز گردید [۶,۳].

### ۳-۱- تعیین کارآیی هیدروسیکلون

به منظور تعیین کارآیی هیدروسیکلون، منحنی های توزیع بر اساس ضریب توزیع رسم شده است. بدین منظور ضریب توزیع در هر طبقه سرنزدی محاسبه و تعیین گردید. در جدول ۴ نمونه ای از محاسبه ضرایب توزیع مربوط به درصد جامد  $20$  و فشار  $5$  Psi درج شده است و در جدول ۵ نتایج محاسبات ضرایب توزیع



کلیه آزمایش ها آورده شده است. شکل های ۴ و ۵ منحنی های توزیع را بر اساس تغییرات افت فشار و رقت پالپ نشان می دهد.

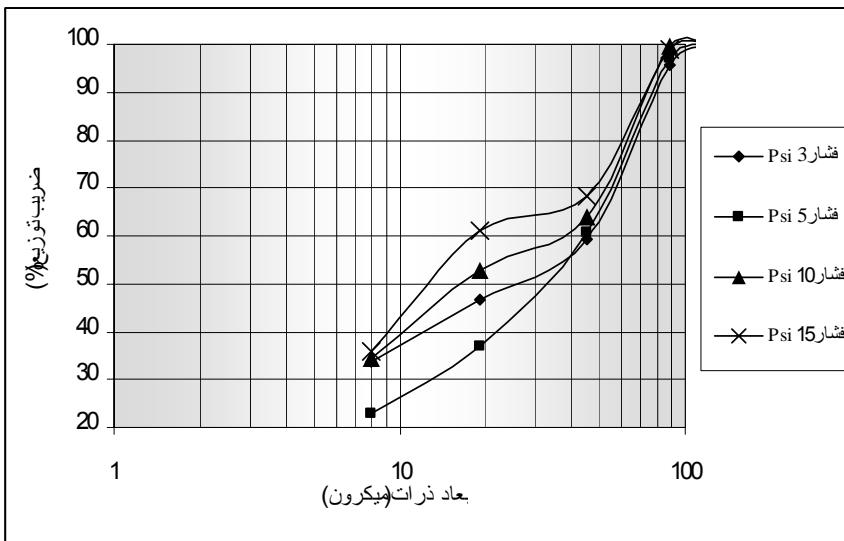
جدول ۴- تعیین کارایی هیدروسیکلون ۲ اینچی با درصد جامد ۲۰ و فشار ۵ Psi

| ابعاد (μm)  | وزن نسبت به بار اولیه (%) |       | دانه بندی باز سازی (%) | متوسط دانه (μm) ها | ضریب توزیع (%) |
|-------------|---------------------------|-------|------------------------|--------------------|----------------|
|             | ته ریز                    | سرریز |                        |                    |                |
| +۴۲۵        | ۲۱/۱۹                     | •     | ۲۱/۱۹                  | ---                | ۱۰۰            |
| -۴۲۵ ، +۲۱۲ | ۳۳/۵۴                     | •     | ۳۳/۵۴                  | ۳۰۰                | ۱۰۰            |
| -۲۱۲ ، +۱۴۹ | ۹/۹۷                      | •     | ۹/۹۷                   | ۱۷۸                | ۱۰۰            |
| -۱۴۹ ، +۱۰۵ | ۱/۸۸                      | •     | ۱/۸۸                   | ۱۲۵                | ۱۰۰            |
| -۱۰۵ ، +۷۴  | ۵/۹۸                      | ۰/۱۹  | ۶/۱۶                   | ۸۸                 | ۹۷/۰۸          |
| -۷۴ ، +۲۵   | ۱۰/۹۰                     | ۷/۱   | ۱۸                     | ۴۳                 | ۶۰/۵۵          |
| -۲۵ ، +۱۵   | ۱/۴۵                      | ۲/۴۸  | ۳/۹۳                   | ۱۹                 | ۳۶/۹۰          |
| -۱۵         | ۱/۲۲                      | ۴/۱۰  | ۵/۳۲                   | ---                | ۲۲/۹۳          |
| جمع         | ۸۶/۱۳                     | ۱۳/۸۷ | ۱۰۰                    | ---                | ---            |



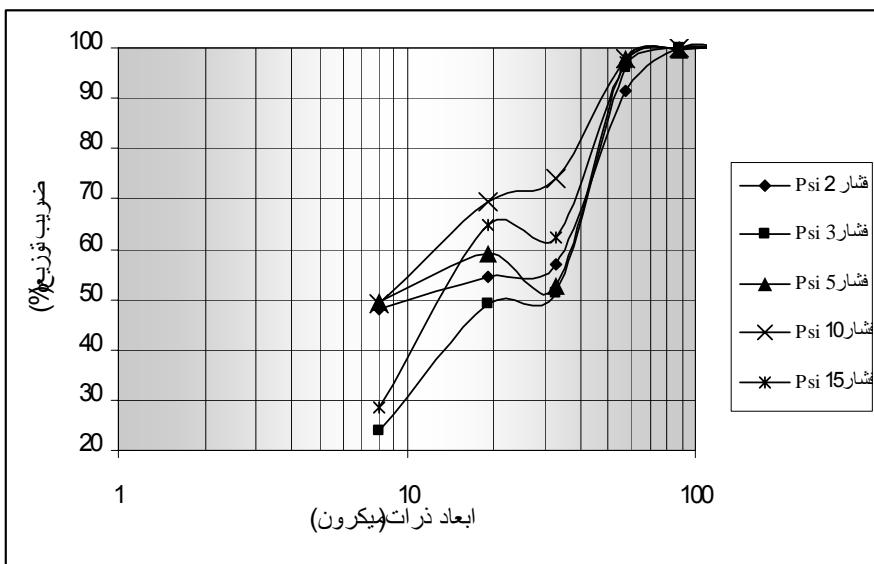
جدول ۵ نتایج محاسبات ضریب توزیع هیدروسیکلون ۲ اینچی با درصد جامد های ۲۰ و ۳۰

| ابعاد(میکرون) | درصد جامد ۳۰ |        |        |         |         | درصد جامد ۲۰ |        |         |         |  |
|---------------|--------------|--------|--------|---------|---------|--------------|--------|---------|---------|--|
|               | فشار ۲       | فشار ۳ | فشار ۵ | فشار ۱۰ | فشار ۱۵ | فشار ۳       | فشار ۵ | فشار ۱۰ | فشار ۱۵ |  |
| +۸۵۰          | ۱۰۰          | ۱۰۰    | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۱۰۰          | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     |  |
| -۸۵۰ ، +۶۰۰   | ۱۰۰          | ۱۰۰    | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۱۰۰          | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     |  |
| -۶۰۰ ، +۴۲۵   | ۱۰۰          | ۱۰۰    | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۱۰۰          | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     |  |
| -۴۲۵ ، +۲۱۲   | ۱۰۰          | ۱۰۰    | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۱۰۰          | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     |  |
| -۲۱۲ ، +۱۴۹   | ۱۰۰          | ۱۰۰    | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۱۰۰          | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     |  |
| -۱۴۹ ، +۱۰۵   | ۱۰۰          | ۱۰۰    | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۱۰۰          | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     |  |
| -۱۰۵ ، +۷۴    | ۱۰۰          | ۱۰۰    | ۹۹/۷۹  | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۹۵/۵۷        | ۹۷/۰۸  | ۹۹/۶۵   | ۹۸/۸۲   |  |
| -۷۴ ، +۴۴     | ۹۱/۶۳        | ۵۲/۴۲  | ۹۷/۹۹  | ۷۶/۱۰   | ۶۲/۲۸   | ۵۹/۲۹        | ۶۰/۵۵  | ۶۴/۰۰   | ۶۸/۱۲   |  |
| -۴۴ ، +۲۵     | ۵۶/۹۱        |        | ۵۲/۵۸  |         |         |              |        |         |         |  |
| -۲۵ ، +۱۵     | ۵۴/۳۶        | ۴۹/۱۳  | ۵۹/۱۳  | ۶۹/۲۷   | ۶۴/۶۷   | ۴۶/۵۶        | ۳۶/۹۰  | ۵۲/۸۱   | ۶۱/۰۵   |  |
| -۱۵           | ۴۷/۹۳        | ۲۳/۸۱  | ۴۹/۳۷  | ۴۹/۳۳   | ۲۸/۵۷   | ۳۳/۶۴        | ۲۲/۹۳  | ۳۴/۵۷   | ۳۶      |  |



شکل ۴- منحنی های توزیع هیدروسیکلون ۲ اینچی با درصد جامد ۲۰

با توجه به شکل ۴ حد جدایش هیدروسیکلون در فشار ۱۰ Psi به ۱۷ میکرون و در فشار ۱۵ Psi به ۱۳ میکرون کاهش یافته است. به طوری که ملاحظه می شود در فشار ۵ Psi حد جدایش ۳۵ میکرون می باشد. شب نمودار در این فشار دارای روندی مناسب و نزدیک تر به میزان ایده آل بوده است. با توجه به شکل ۵ با کاهش رقت پالپ سیستم طبقه بندی ذرات دچار اختلال شده و بیشتر ذرات ۲۰ تا ۴۰ میکرون به ته ریز انتقال یافته است. در این حالت حد جدایش ذرات در فشار های ۲، ۵ و ۱۰ Psi به زیر ۱۰ میکرون کاهش یافته است. در این رقت بهترین حالت نرمه گیری در فشار ۳ Psi و حد جدایش در حدود ۲۵ میکرون تعیین گردید.



شکل ۵- منحنی های توزیع هیدروسیکلون ۲ اینچی با درصد جامد ۳۰

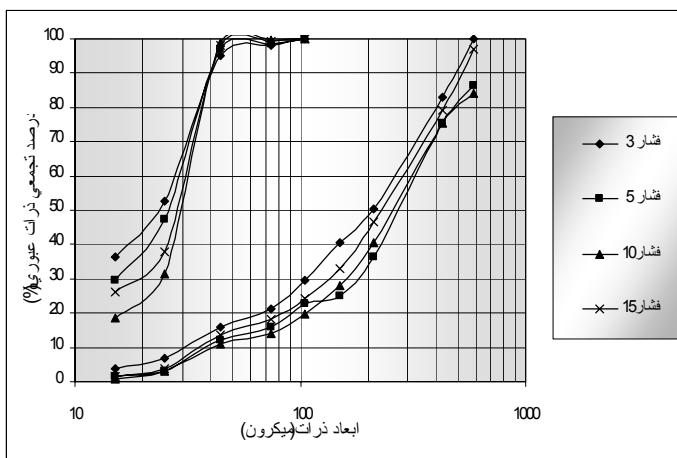
### ۳-۱-۲- دانه بندی محصولات هیدروسیکلون

جهت تعیین عملکرد هیدروسیکلون دانه بندی محصولات سر ریز و ته ریز هیدروسیکلون در شرایط مختلف با یکدیگر مقایسه گردید. نتایج این تحقیق در شکل ها و جداول ۶ و ۷ مشاهده می شود.



جدول ۶- مشخصات دانه بندی محصولات هیدروسیکلون ۲ اینچی با درصد جامد ۲۰

| دهانه سرند<br>(میکرون) | سر ریز(درصد تجمعی عبوری) |        |         |         |        | ته ریز(درصد تجمعی عبوری) |         |         |  |
|------------------------|--------------------------|--------|---------|---------|--------|--------------------------|---------|---------|--|
|                        | فشار ۳                   | فشار ۵ | فشار ۱۰ | فشار ۱۵ | فشار ۳ | فشار ۵                   | فشار ۱۰ | فشار ۱۵ |  |
| ۸۴۰                    | ۱۰۰                      | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۱۰۰    | ۱۰۰                      | ۱۰۰     | ۱۰۰     |  |
| ۵۹۰                    | ۱۰۰                      | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۱۰۰    | ۸۶/۲                     | ۸۴/۲۵   | ۹۷      |  |
| ۴۲۵                    | ۱۰۰                      | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۸۲/۸۴  | ۷۵/۳۹                    | ۷۵/۴۶   | ۷۹/۲۲   |  |
| ۲۱۲                    | ۱۰۰                      | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۵۰/۵۵  | ۳۶/۴۵                    | ۴۰/۳۶   | ۴۶/۷۴   |  |
| ۱۴۹                    | ۱۰۰                      | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۴۰/۴۱  | ۲۴/۸۸                    | ۲۸/۱۹   | ۳۲/۸۶   |  |
| ۱۰۵                    | ۱۰۰                      | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۲۹/۴۹  | ۲۲/۷                     | ۱۹/۷۷   | ۲۴/۱۹   |  |
| ۷۴                     | ۹۸/۱۸                    | ۹۸/۶۲  | ۹۹/۷۵   | ۹۹/۳۲   | ۲۱/۱   | ۱۵/۷۶                    | ۱۳/۸۴   | ۱۸      |  |
| ۴۴                     | ۹۴/۹۳                    | ۹۷/۰۹  | ۹۹      | ۹۸/۲۵   | ۷      | ۳/۱                      | ۲/۹۱    | ۳/۹۶    |  |
| ۲۵                     | ۵۲/۸                     | ۴۷/۴۴  | ۳۱/۵۲   | ۳۷/۷۷   |        |                          |         |         |  |
| ۱۵                     | ۳۶/۵۵                    | ۲۹/۵۶  | ۱۸/۷۴   | ۲۶/۳۲   | ۳/۹۶   | ۱/۴۲                     | ۰/۹۲    | ۱/۵۹    |  |
| -۱۵                    | •                        | •      | •       | •       | •      | •                        | •       | •       |  |



شکل ۶- نمودار دانه بندی محصولات هیدروسیکلون ۲ اینچی با درصد جامد ۲۰

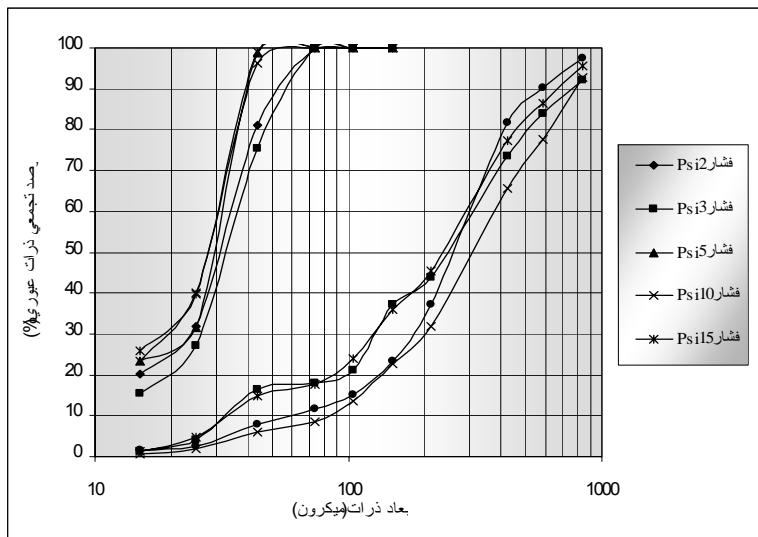


با توجه به شکل ۶ می توان گفت ۸۰ درصد ذرات خروجی از سرریز دارای ابعاد ۳۵ تا ۳۸ میکرون و ۸۰ درصد ذرات خروجی از ته ریز بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ میکرون متغیر می باشد و ذرات زیر ۴۰ میکرون خروجی از ته ریز کمتر از ۱۰ درصد کل ذرات آن را شامل می شود و این در حالی است که ابعاد کلیه ذرات خروجی از سرریز کمتر از ۴۵ میکرون است.

بر اساس این مشاهدات ۸۰ درصد ذرات سرریز دارای ابعاد ۳۵ تا ۴۷ میکرون و ۸۰ درصد ذرات ته ریز بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ میکرون متغیر می باشد. بهترین حالت در حذف نرمه مربوط به فشار ۱۰ Psi می باشد ولی بدليل بالا بودن فشار و میزان درصد جامد در پالپ، کارایی سیکلون بسیار پایین بوده و حد جدایش مواد (d<sub>50</sub>) در حدود ۸ میکرون بدست آمده است(شکل ۵).

جدول ۷- مشخصات دانه بندی محصولات هیدروسیکلون ۲ اینچی با درصد جامد ۳۰

| دهانه سرند<br>(میکرون) | سرریز(درصد تجمعی عبوری) |        |        |         |         | ته ریز(درصد تجمعی عبوری) |        |        |         |         |
|------------------------|-------------------------|--------|--------|---------|---------|--------------------------|--------|--------|---------|---------|
|                        | فشار ۲                  | فشار ۳ | فشار ۵ | فشار ۱۰ | فشار ۱۵ | فشار ۲                   | فشار ۳ | فشار ۵ | فشار ۱۰ | فشار ۱۵ |
| ۸۴۰                    | ۱۰۰                     | ۱۰۰    | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۹۷/۶۱                    | ۹۲/۰۵  | ۹۴/۹۶  | ۹۲/۶    | ۹۵/۵۱   |
| ۵۹۰                    | ۱۰۰                     | ۱۰۰    | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۹۰/۳۲                    | ۸۳/۹   | ۸۳/۹۸  | ۷۷/۵۱   | ۸۶/۳۳   |
| ۴۲۵                    | ۱۰۰                     | ۱۰۰    | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۸۱/۸                     | ۷۳/۵۲  | ۷۳/۹۷  | ۶۵/۴۸   | ۷۷/۴    |
| ۲۱۲                    | ۱۰۰                     | ۱۰۰    | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۳۷/۲۸                    | ۴۴     | ۳۹/۳۴  | ۳۱/۸۹   | ۴۵/۴۱   |
| ۱۴۹                    | ۱۰۰                     | ۱۰۰    | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۲۳/۴۱                    | ۳۷/۳۵  | ۳۱/۴۵  | ۲۲/۵۹   | ۳۵/۸۳   |
| ۱۰۵                    | ۱۰۰                     | ۱۰۰    | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۱۵/۱۸                    | ۲۱/۱۹  | ۱۷/۹۵  | ۱۳/۶۹   | ۲۴/۰۵   |
| ۷۴                     | ۱۰۰                     | ۱۰۰    | ۱۰۰    | ۱۰۰     | ۱۰۰     | ۱۱/۷۹                    | ۱۸/۰۱  | ۱۲/۷۷  | ۸/۵     | ۱۷/۶۳   |
| ۴۴                     | ۸۱/۰۳                   | ۷۵/۲۶  | ۹۸/۷۳  | ۹۶/۱۸   | ۹۹/۰۴   | ۷/۹                      | ۱۶/۳۴  | ۸/۵۷   | ۵/۸۵    | ۱۴/۷۲   |
| ۲۵                     | ۳۱/۹۸                   | ۲۷/۱۵  | ۳۱/۵۳  | ۴۰/۱۵   | ۳۹/۷۵   | ۲/۶۵                     | ۳/۹۵   | ۲/۸۷   | ۲/۰۵    | ۴/۶۴    |
| ۱۵                     | ۲۰/۰۸                   | ۱۵/۴۳  | ۱۷/۰۴  | ۲۳/۳۹   | ۲۵/۹۷   | ۱/۵                      | ۱/۳۴   | ۱/۲۶   | ۰/۷۷    | ۱/۳۵    |
| -۱۵                    | •                       | •      | •      | •       | •       | •                        | •      | •      | •       | •       |



شکل ۷- نمودار دانه بندی محصولات هیدروسیکلون ۲ اینچی با درصد جامد ۲۰

#### ۴- نتیجه گیری

##### ۱-۴- نتایج آزمایش های منحنی های توزیع هیدرو سیکلون

بر اساس مطالعات و نمودارهای بدست آمده مناسب ترین کارآیی سیکلون با درصد جامد ۲۰، در فشار Psi ۵ و با درصد جامد ۳۰ در فشار Psi ۳ بدست آمد. با توجه به شبیه نمودار شکل های ۴ و ۵ مشاهده می شود که در رقت بالاتر فرآیند طبقه بندی ذرات، با دقت بیشتری انجام می شود. همچنین با افزایش فشار در رقت های مشابه، این فرآیند از حالت بهینه خود خارج شده و کارآیی سیکلون کاهش می یابد. بر اساس نتایج بدست آمده بهترین شرایط حذف نرمه در فشار Psi ۵ و با درصد جامد ۲۰ تعیین گردید که در این حالت حد جدایش سیکلون ۳۵ میکرون می باشد (جدول ۸).

##### ۲-۴- نتایج آزمایش های حذف ذرات نرمه با هیدرو سیکلون

تغییرات نا منظم موجود در نتایج مربوط به درصد جامد ۳۰ در جدول ۹ نمایانگر نا متعادل بودن شرایط در این رقت می باشد و همچنین بخشی از مواد قابل فلوجه شدن به بخش سر ریز انتقال می یابد. با توجه به نتایج بدست آمده شرایط مطلوب جهت جدا کردن ذرات ریز (زیر ۳۵ میکرون) به منظور آماده سازی نمونه برای روش فلوتاسیون توسط هیدرو سیکلون در فشار ۵ Psi و درصد جامد ۲۰ حاصل می شود.



جدول ۸- تاثیر فشار و درصد جامد در حد جدایش سیکلون ۲ اینچی

| فشار (Psi) | حد جدایش با درصد<br>جامد ۲۰(میکرون) | حد جدایش با درصد<br>جامد ۳۰(میکرون) |
|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ۲          | ---                                 | ۱۰                                  |
| ۳          | ۲۶                                  | ۱۹                                  |
| ۵          | ۳۴                                  | ۱۰                                  |
| ۱۰         | ۱۷                                  | ۱۰                                  |
| ۱۵         | ۱۳                                  | ۱۳                                  |

جدول ۹-  $d_{\text{d}}$  ذرات خروجی از دهانه سر ریز و ته ریز هیدروروسیکلون

| فشار (Psi) | $d_{\text{d}}$ بر حسب میکرون با درصد جامد ۲۰. |        | $d_{\text{d}}$ بر حسب میکرون با درصد جامد ۳۰. |        |
|------------|---|--------|---|--------|
|            | سر ریز  | ته ریز | سر ریز  | ته ریز |
| ۲          | ---   | ---    | ۴۲  | ۴۰۶    |
| ۳          | ۳۵  | ۴۰۵    | ۴۷  | ۵۰۸    |
| ۵          | ۳۵  | ۴۷۰    | ۳۷  | ۵۰۵    |
| ۱۰         | ۳۶  | ۴۷۲    | ۳۸  | ۶۱۰    |
| ۱۵         | ۳۷  | ۴۲۵    | ۳۶  | ۴۵۰    |

## مراجع

- [۱] شامی، م، (۱۳۸۱)، ”طرح جداسازی میکا از ماسه های گرانیتی شیر کوه”， سازمان برنامه و بودجه استان یزد.
- [۲] ایران نژاد، م، اربابیان، مع، علی نیا، ف، (۱۳۸۳)، ”کانی شناسی فرآیند ماسه های گرانیتی شیر کوه یزد”， ارائه شده به اولین کنفرانس انجمن معدن ایران.
- [۳] نعمت اللهی، ح، (۱۳۸۱)، ”کانه آرایی”， جلد اول، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۴] رضایی، ب، (۱۳۷۶)، ”تکنولوژی فرآوری مواد معدنی”， چاپ اول، انتشارات موسسه تحقیقاتی و انتشاراتی نور.
- [۵] Neesse, T.H, et al, (۲۰۰۴), “Measuring the Operating State of the Hydrocyclone”, Minerals Engineering, Vol. ۱۷, pp ۶۹۷-۷۰۳



[۶] Svaawrovsky, L., (۱۹۸۴), "Hydrocyclons", Holt, Rinehart and Winston, Ltd