بررسي امكان تهيه كنسانتره كربنات روي از بخش‌هاي كم عيار كانسنگ انگوران

اكبر مهديلو[۱] ، حسين زارعي[۲] ، مهدي ايران‌نژاد[۳]

۱- دانشكده مهندسي معدن، متالورژي و نفت، دانشگاه صنعتي اميركبير- amehdilo@yahoo.com

۲- دانشكده مهندسي معدن، متالورژي و نفت، دانشگاه صنعتي اميركبير- zarei_h_1359@yahoo.com

۳- عضو هيات علمي دانشكده مهندسي معدن، متالورژي و نفت، دانشگاه صنعتي اميركبير- iranajad@yahoo.com

چكيده

با افزايش قابل توجه قيمت جهاني روي طي سال‌هاي اخير، استحصال روي از باطله‌هاي با عيار متوسط ۱۲ درصد **Zn** كه از بخش‌هاي كم عيار معدن انگوران استخراج و در نزديكي آن انباشت گرديده، مورد توجه قرار گرفته است. هزينه‌هاي زياد مصرف مواد شيميايي و نيز مسايل زيست محيطي، استحصال روي از كانسنگ‌هاي كم عيار به روش هيدرومتالورژي را از نظر اقتصادي با مشكل مواجه مي‌سازد. بنابراين تهيه كنسانتره روي و انجام عمليات هيدرومتالورژي بر روي آن، به دليل رفع بخش عمده معضلات فوق، موجب اقتصادي شدن بهره‌برداري از اين منابع مي‌گردد.

براي بررسي امكان توليد كنسانتره روي از اين باطله‌ها، نمونه معرف تهيه و مورد شناسايي قرار گرفت. اين مطالعات نشانگر آن است كه كاني اصلي روي اسميت‌زونيت و كاني‌هاي گانگ اصلي شامل كلسيت و كوارتز مي‌باشد. همچنين در اين مطالعات درجه آزادي اسميت‌زونيت ۹۰ ميكرون تعيين شد.

در بررسي امكان جدايش به روش‌هاي ثقلي، با انجام آزمايش جيگ بر روي مواد ۱+۱۵- ميلي‌متر، كنسانتره‌اي با عيار ۲۷/۶ % **Zn** و ۷۳/۵ % بازيابي حاصل شد. با استفاده از ميزلرزان آزمايش‌هايي بر روي مواد زير ۱ ميلي‌متر در محدوده‌هاي ابعادي مختلف انجام گرديد. با اين روش بهترين كنسانتره در محدوده ابعادي زير ۱ ميلي‌متر با عيار ۲۸/۲ درصد **Zn** و حدود ۶۸ درصد بازيابي حاصل شد. با انجام فلوتاسيون بر روي كنسانتره حاصل از تركيب روش‌هاي ثقلي محصول نهايي با عيار ۳۶ درصد**Zn** با بازيابي ۹۳/۶ درصد به‌دست آمد. بنابراين با تركيب جيگ، ميز و فلوتاسيون مي‌توان كنسانتره نهايي با عيار ۳۶ درصد **Zn** و بازيابي كل ۶۷ درصد به‌دست آورد.

كلمات كليدي: اسميت‌زونيت، جدايش ثقلي، فلوتاسيون، درجه آزادي، كنسانتره روي

Production Of Zinc Carbonates Concentrate From Angouran Low Grade Zones

Abstract

With increasing zinc world price, its extraction from Angouran wastes with average grading up to 12% Zn has been considered. The extraction of zinc from low grade feeds by hydrometallurgical methods has been made uneconomically, by increasing of reagents cost and environmental problems. The hydrometallurgical process on zinc concentrate, produced by gravity or flotation methods, can make economically utilization of this resource.

The Mineralogical studies indicated that the calcite and quartz are the main gangue minerals which accompany the smithsonite as the main valuable zinc mineral. The liberation degree of smithsonite was determined 90 microns.

By the jigging tests on -15+1 mm fraction, a concentrate with grading 27.6% Zn and a recovery of 73.5% is obtained. A concentrate of the smithsonite containing 28.2% Zn with a recovery of 68% can be obtained by the shaking table on -1 mm fraction. By the flotation of compound concentrate from gravity separation methods (jig and shaking table), a concentrate with grading 36% Zn and a recovery of 93.6% is obtained. By the combination of jig, shaking table and flotation, a final concentrate containing of 36% Zn and a total recovery of 67% can be obtained.

Key Words: smithsonite, Gravity separation, Flotation, liberation degree, Zinc concentrate

۱- مقدمه

فلز روي با توجه به خصوصيات ويژه‌اي كه دارد، داراي مصارف متعددي در صنايع مختلف است. هرچند مصرف عمده روي در صنعت گالوانيزه است ولي آلياژهاي آن نيز در صنايع مختلف داراي جايگاه ويژه‌اي است. فلز روي داراي ذخاير فراواني در سطح جهان است. ذخاير و كانسنگ‌هاي روي عمدتا به‌صورت سولفيدي و اكسيدي مي‌باشند. روش‌هاي فرآوري آنها نيز متفاوت است. فرآوري كانسنگ‌هاي سولفيدي به سهولت انجام مي‌گيرد ولي فرآوري كانسنگ‌هاي اكسيدي با مشكلاتي همراه است. در سطح جهان، مقادير زيادي از كانسنگ‌هاي روي تحت تاثير شرايط محيطي (آب و هوايي، ژئوشيميايي و غيره) شديداً اكسيد شده‌اند. اكثر اين ذخاير كه تحت عوامل جوي اكسيد شده‌اند، مهم‌ترين منابع و ذخاير روي جهان را تشكيل داده‌اند. كانسنگ‌هاي حاوي كاني‌هاي اكسيده روي با وجود دارا بودن عيارهاي بالا، از نظر فلوتاسيون با مشكل مواجه هستند. چراكه شباهت‌هاي زياد خواص شيمي- فيزيكي سطح كانسنگ‌هاي موجود در زون اكسيده و اكسيداسيون شديد آنها، باعث آبپذير(هيدروفيل) شدن كاني‌ها مي‌شود. وجود آب و تركيبات حاوي اكسيژن در سطح كاني‌ها قابليت آبراني (هيدروفوب) آنها را كاهش داده و خواص آبپذيري (هيدروفيلي) را افزايش مي‌دهد. اين امر موجب غيرانتخابي شدن كاني مورد نظر در روش فلوتاسيون مي‌شود.

در كنار اكثر معادن روباز، تناژهاي بالايي از باطله، حاوي كاني‌هاي اكسيده روي دپو شده و غير قابل استفاده مانده‌اند. از جمله منابع بزرگي كه كه جهت بهره‌برداري در حال و آينده مورد توجه قرار گرفته، دپوهاي باطله و روباره‌هاي حاوي روي است كه بدون پرداخت هزينه‌هاي اكتشافي و استخراجي و حتي هزينه‌هاي حمل و نقل قابل استفاده مي‌باشند.

قيمت رو به رشد قابل توجه روي طي سال‌هاي اخير باعث توجه بيش از پيش دست‌اندركاران به صنعت روي و منابع آن شده است. بطوريكه بسياري از ذخاير كم‌عيار، باطله‌هاي كارخانه‌ها و حتي روباره‌هاي برخي معادن مورد توجه قرار گرفته است. از جمله اين منابع، بخش‌هاي كم عيار معدن انگوران است كه طي سال‌هاي گذشته در نزديكي معدن دپو شده و مورد استفاده قرار نگرفته است. حال كه با افزايش تقاضا براي روي و قيمت آن و همچنين پيشرفت‌هاي صورت گرفته در تكنولوژي‌هاي فرآوري مواد معدني، اين باطله‌ها مورد توجه قرار گرفته است، انجام يک سري مطالعات فرآوري سيستماتيک جهت مشخص كردن قابليت فرآوري و امكان توليد روي از اين منابع از بعد فني- اقتصادي لازم و ضروري است. هرچند امروزه بخش عمده روي در كشور از طريق ليچينگ كانسنگ‌هاي اكسيده روي توليد مي‌شود ولي بديهي است كه ليچينگ يک كنسانتره از نظر اقتصادي در مقايسه با كانسنگ اوليه بسيار مقرون به صرفه‌تر است. بنابراين در اين راستا هدف تحقيق حاضر بررسي امكان تهيه كنسانتره روي از باطله‌هاي فوق‌الذكر به روش‌هاي ثقلي و فلوتاسيون مي‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد و تجهيزات

به منظور بررسي امكان پرعيارسازي كانسنگ اكسيده روي موجود در بخش كم عيار مورد مطالعه، پس از شبكه‌بندي سطح و ديواره‌هاي دپو به مربع‌هايي با ضلع ۵ متر و تهيه نمونه تا عمق ۵۰ سانتي‌متري از گوشه‌هاي مربع‌ها، در مجموع حدود ۸۰۰ كيلوگرم نمونه تهيه گرديد. نمونه‌ها بعد از عبور از سنگ‌شكن‌هاي فكي و مخروطي بطور كامل با هم مخلوط و همگن شده و سپس با استفاده از روش مخروطي به دو بخش تقسيم گرديد. يک بخش جهت بايگاني و نيز جهت استفاده در مواقع مورد نياز كنار گذاشته شد و بخش ديگر به منظور ادامه مطالعات, بطور مرحله‌اي آنقدر مدار سرند ۲ ميلي‌متر و سنگ‌شكن استوانه‌اي را طي كرد تا اينكه كل آن بخش از سرند ۲ ميلي‌متر عبور كرد. نمونه زير دو ميلي‌متر مجددا با استفاده از روش مخروطي به دو بخش تقسيم شد. مشابه حالت قبل، يک بخش به عنوان بايگاني و نيز جهت استفاده در مواقع مورد نياز كنار گذاشته شد و بخش ديگر جهت ادامه مطالعات مورد استفاده قرارگرفت. بخش اخير با تقسيمات متوالي با استفاده از ريفل به نمونه‌هاي يک كيلوگرمي, جهت انجام مطالعات خواص سنجي نظير تجزيه سرندي و تعيين دانه‌بندي، تجزيه شيميايي (XRF)، آناليز فازي (XRD)، آزمايش‌هاي مختلف كانه‌آرايي و غيره تقسيم گرديد.

براي مطالعه مقاطع و تعيين درجه آزادي به روش دانه‌شماري از ميكروسكوپ نوري استفاده شد. براي تعيين درجه آزادي، مايعات سنگين نيز به‌كار برده شد كه در اين خصوص مي‌توان دي يدومتان ساخت شركت آلدريچ (Aldrich) و مرک (Merck) و بروموفرم ساخت شركت مرک (Merck) را نام برد.

در آزمايش‌هاي جدايش ثقلي از ميز لرزان و جيگ وداگ استفاده گرديد. در آزمايش‌هاي فلوتاسيون سلول‌هاي فلوتاسيون يک ليتري دنور مورد استفاده قرار گرفت. براي رسيدن نمونه به درجه آزادي مورد نظر از آسياي گلوله‌اي با ابعاد "5×"12 (طول ×قطر) ساخت شركت دنور استفاده شد. همچنين در آزمايش‌هاي فلوتاسيون pH متر جهت كنترل pH محيط به كار برده شد.

در آزمايش‌هاي فلوتاسيون مواد شيميايي مختلف شامل كلكتورها، فعال كننده‌ها، تنظيم كننده‌ها، بازداشت‌كننده‌ها، متفرق كننده‌ها و كف‌ساز مورد استفاده قرار گرفت كه از مهم‌ترين آنها مي‌توان به مواد زير اشاره كرد:

- *كلكتورها:* آرماک C^1، آرماک T^2، فلوتيگام SA^3 ، فلوتيگام TA^4 و آرمين TD^5
- *سولفيد كننده:* سولفيد سديم
- *بازداشت كننده‌ها:* سديم هگزا متافسفات، سيليكات سديم و فلوريک سديم
- *كف‌ساز:* روغن كاج

۲-۲- روش‌ها

نمونه پس از عمليات سنگ‌شكن فكي با سرند ۱ ميليمتر طبقه‌بندي گرديد. مواد كوچک‌تر از ۱ ميلي‌متر با تغيير پارامترهاي مختلف توسط ميز لرزان آرايش يافت. .بخش درشت‌تر از ۱ ميلي‌متر نيز تحت شرايط مختلف با تغيير دبي آب و تعداد ضربان توسط جيگ مورد جدايش قرار گرفت. پس از آناليز كنسانتره و باطله‌هاي به‌دست آمده توسط XRF اقدام به محاسبه بازيابي روي در آنها و در نهايت مقايسه نتايج گرديد.

براي انجام آزمايش‌هاي فلوتاسيون و تهيه كنسانتره اسميت‌زونيت از اين طريق، لازم است كه ابتدا درجه آزادي اين كاني در كانسنگ مورد مطالعه تعيين گردد تا بر اين اساس، نوع خردايش، ميزان خردايش و زمان خردايش در عمليات آسيا مشخص شود. براي تعيين درجه آزادي اسميت‌زونيت از روش دانه‌شماري و غرق و شناورسازي در مايعات سنگين استفاده شد.

در روش دانه‌شماري در هر مقطع صيقلي يا هر فراكسيون، درصد درجه‌آزادي با شمارش كل دانه‌هاي اسميت‌زونيت موجود و دانه‌هاي آزاد اسميت‌زونيت تعيين گرديد. در روش غرق و شناورسازي براي به دست آوردن درجه آزادي كاني اسميت‌زونيت، از مايعات سنگين بروموفرم با دانسيته ۲/۸ و دي يدومتان با دانسيته ۳/۳۲۵ استفاده شد.

در آزمايش‌هاي فلوتاسيون ۳۰۰ گرم نمونه به منظور تهيه پالپي با ۲۵ درصد جامد، با ۹۰۰ گرم آب مخلوط شده و وارد سلول فلوتاسيون مي‌گرديد. در حين عمل همزني، مواد شيميايي شامل فعال كننده، كلكتور، متفرق كننده، بازداشت كننده و تنظيم كننده pH به داخل پالپ موجود در سلول افزوده مي‌شد. در آزمايش‌هاي مختلف پس از طي زمان آماده‌سازي، كف‌ساز اضافه گرديده و سپس اقدام به هوادهي مي‌شد. پس از هوادهي جمع‌آوري كف انجام مي‌گرفت. كنسانتره جمع‌آوري شده در كف و نيز باطله باقيمانده در كف سلول پس از فيلتراسيون و خشک كردن وزن مي‌شدند. با نمونه‌گيري از محصولات و آناليز آنها توسط XRF، در نهايت با در اختيار داشتن عيار و وزن محصولات اقدام به محاسبه بازيابي و مقايسه نتايج مي‌گرديد.

۳- نتايج

۳-۱- شناسايي نمونه

۳-۱-۱- آناليز شيميايي

آناليزشيميايي نمونه معرف تهيه شده در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول۱- آناليز شيميايي نمونه معرف

ترکیب	ZnO	pbO	SiO_2	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	K_2O	CdO	NiO	Co_3O_4	SO_3	L.O.I
درصد	۱۵/۸	۱/۸۵	۲۳/۷۵	۱۹/۸	۸/۵	۳/۱۵	۱/۵۲	۰/۷۲	۰/۱۱٦	۰/۰۵۲	۰/۰۳٦	۰/۱٤	۲۳/۵۸

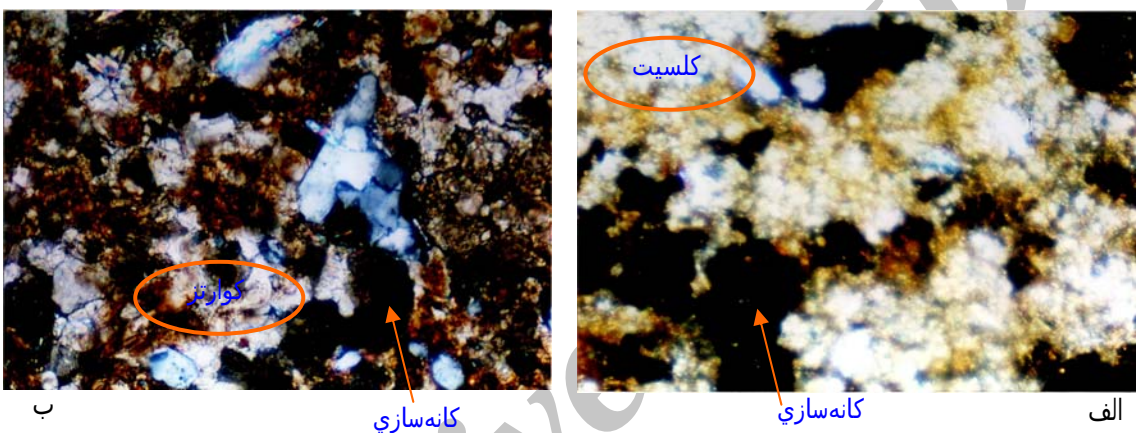
۳-۱-۲- آناليز مينرالوژيکي

آناليز مينرالوژيکي نمونه‌ها توسط پراش پرتو مجهول (XRD) مورد مطالعه قرار گرفت که نتايج حاصل نشانگر حضور کاني‌هاي زير در نمونه به ترتيب فراواني است که حدود ۷۵ درصد نمونه را سه کاني اول تشکيل مي‌دهند.

اسميت‌زونيت، کلسيت، کوارتز، ميکا (موسکويت-ايليت)، کلريت و همي‌مورفيت

۳-۱-۳- مطالعات ميکروسکوپي

مطالعه مقاطع نازک نشان داد که کاني‌هاي گانگ همراه، کلسيت و کوارتز است ولي بخش عمده کانه‌سازي در داخل کلسيت يا سنگ آهک شکل گرفته است. کوارتز از نوع کوارتز α به رنگ خاکستري روشن و دانه‌ريز بوده و اغلب همراه سرسيت است.



شکل۱- الف: درگيري کلسيت با اسميت‌زونيت ب: کوارتز به همراه کانه‌سازي اسميت‌زونيت (مقدار کلسيت بيشتر از کوارتز است).

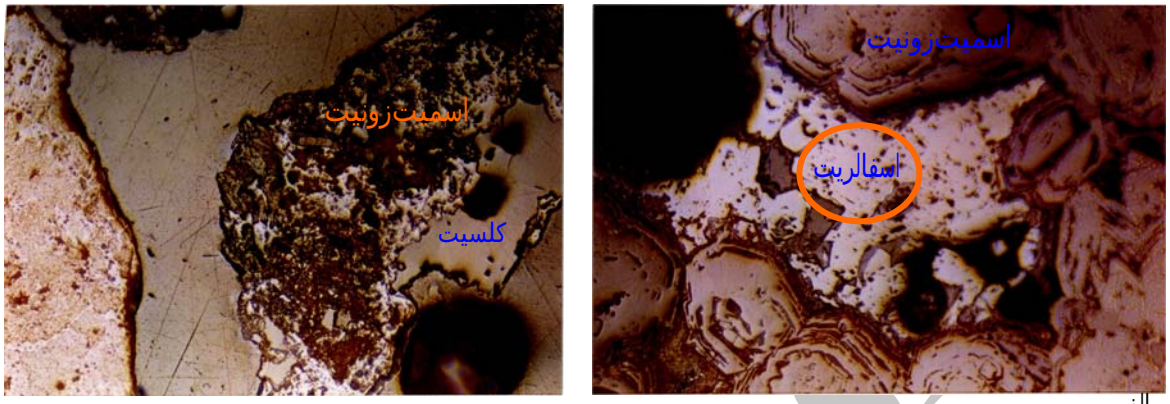
مطالعه مقاطع صيقلي نشان داد که فاز اصلي کانه‌سازي روي را اسميت‌زونيت تشکيل داده و اغلب ريزدانه و به حالت قشري است. اسميت‌زونيت در نتيجه فرآيند هوازدگي اسفالريت در اثر نفوذ آب‌هاي سطحي به صورت تدريجي تشکيل شده است (در برخي قسمت‌ها هنوز اسفالريت اوليه در ابعاد بسيار کوچک مشاهده مي‌شود). اسميت‌زونيت به دو صورت متراکم (نسبتا درشت دانه) و اسفنجي (به حالت قشري) مشاهده مي‌شود. همچنين کاني‌هاي اکسيدي آهن نظير گوتيت و ليمونيت نيز به مقدار کم حضور دارند که در سطح اسميت‌زونيت توزيع شده‌اند. از ديگر کاني‌هاي موجود همي‌مورفيت با جلاي شيشه‌اي و با بلورهاي ستوني و ساقه‌اي شکل است. همي‌مورفيت که از کاني‌هاي حاوي روي مي‌باشد در اثر واکنش سيليس با اسفالريت در حين فرآيند هوازدگي تشکيل شده است. البته مقدار آن کم بوده و از ۵ درصد تجاوز نمي‌کند. همچنين در اين مطالعات به مقدار ناچيز کاني‌هايي نظير سروزيت، گالن، اسفالريت و ميمتيت مشاهده گرديد.

۳-۱-٤- تعيين درجه آزادي

در روش دانه‌شماري، منحني درصد درجه آزادي در هر فراکسيون برحسب ابعاد در شکل ۳ رسم شده است. با توجه به اين شکل نتيجه مي‌شود که حدود ۸۰ درصد اسميت‌زونيت در ابعاد ۹۰ ميکرون آزاد خواهد شد. بنابراين با احتساب $d_{۸۰}$ بعنوان درجه‌آزادي، درجه‌آزادي اسميت‌زونيت در اين کانسنگ حدود ۹۰ ميکرون برآورد مي‌شود.

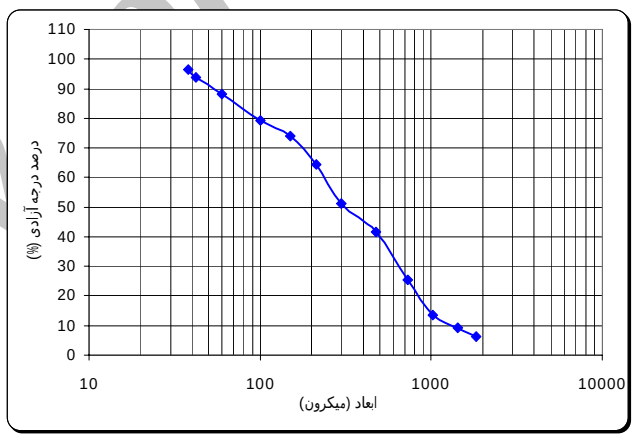
در روش غرق و شناورسازي، براساس نتايج به دست آمده از آزمايش‌هاي مايع سنگين، تغييرات درصد وزني بخش‌هاي غوطه‌ور و شناور و نيز عيار و توزيع ZnO در اين بخش‌ها نسبت به ابعاد مورد بررسي قرار گرفت. براي مثال شکل ٤ تغييرات عيار و بازيابي ZnO در اين بخش‌ها را نسبت به تغييرات ابعاد در جدايش توسط مايع سنگين با وزن مخصوص ۳/۳ نشان مي‌دهد. نتايج نشان مي‌دهد که با کاهش ابعاد به دليل آزاد شدن اسميت‌زونيت بيشتر، عيار و توزيع ZnO در بخش غوطه‌ور افزايش

یافته و در محدوده ابعادي ۷۵+۱۵۰- میکرون به بیشترین مقدار خود رسیده است و این نشانگر آن است که درجه آزادي اسمیت‌زونیت در این محدوده ابعادي قرار دارد. کاهش عیار و بازیابي ZnO در محدوده ابعادي کوچک‌تر از ۷۵ میکرون مبین آن است که در این محدوده به دلیل حضور مواد دانه‌ریز و چسبیدن آنها به یکدیگر کارایي جدایش با مایعات سنگین کاهش یافته و در نتیجه جدایش به نحو مطلوبي صورت نمي‌گیرد. به عبارت دیگر در این محدوده ابعادي درجه آزادي نقش خود را از دست داده است.

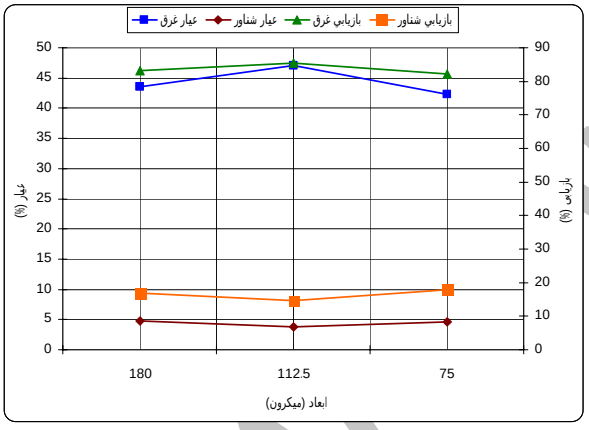


ب الف

شکل۲- الف: اسمیت‌زونیت درگیر با گانگ آهکي و یک دانه اسفالریت در داخل آن ب: یک قطعه اسمیت‌زونیت در وضعیت درگیر با کاني‌هاي همراه شامل کلسیت، گوتیت، لیمونیت



شکل۳- منحني درصد درجه آزادي برحسب ابعاد



شکل٤- تغییرات عیار و توزیع **ZnO** در بخش غوطه‌ور و شناور در جدایش توسط مایع سنگین با **d=۳/۳**

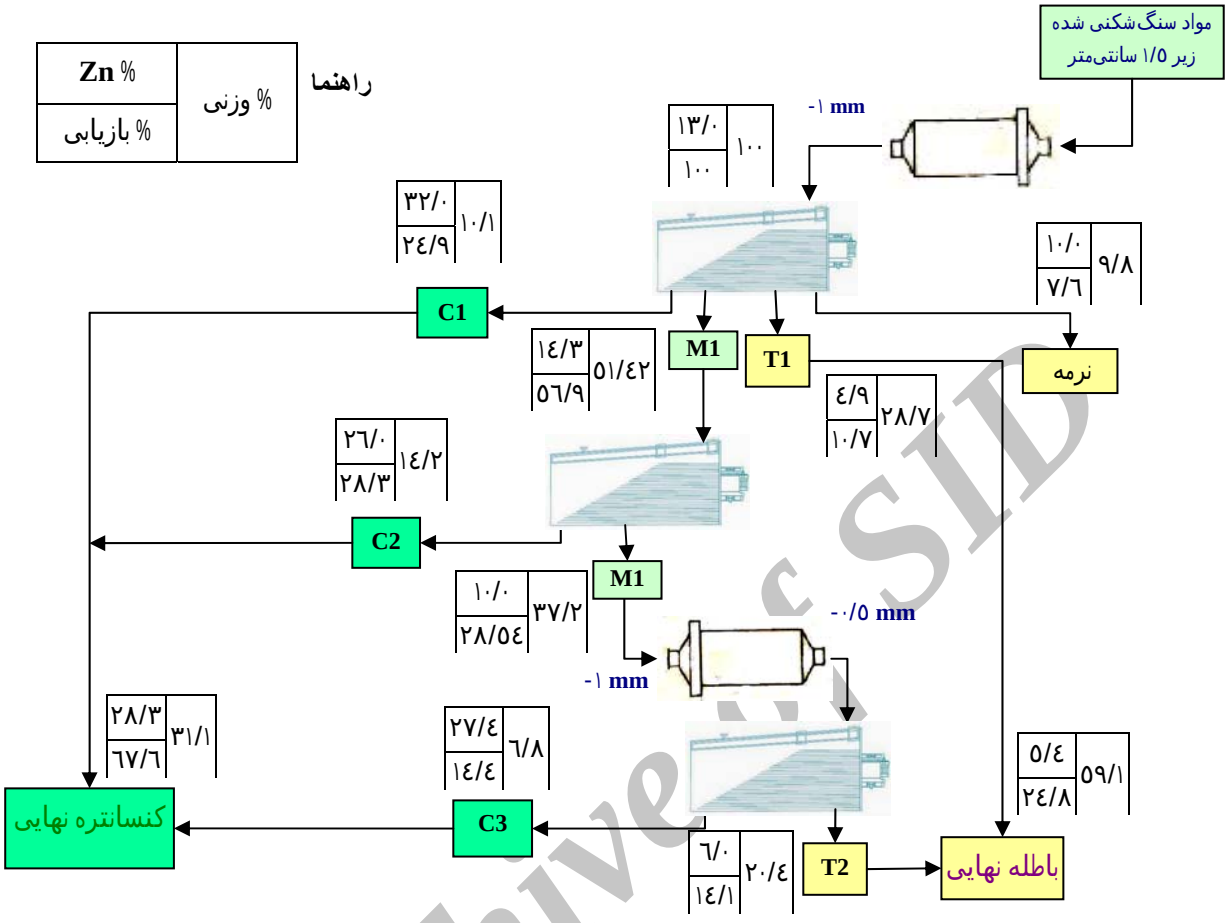
۳-۲- جدایش با میز لرزان

پس از انجام آزمایش‌هاي مختلف با میز لرزان و تنظیم شرایط بهینه پارامترهاي مختلف آن از قبیل شیب میز، دبي آب شستشو، درصد جامد، نرخ خوراک‌دهي و غیره، آزمایش‌هاي میز لرزان در مراحل مختلف بر روي نمونه‌هایي با ابعاد ۲- ، ۱- و ۰/۵- میلي‌متر انجام شد. بهترین نتایج مطابق شکل ۵، در آرایش مواد ۱- میلي‌متر به‌دست آمد.

۳-۳- جدایش با جیگ

جدایش با جیگ با هدف دستیابي به باطلة نهایي یا باطلة تمیز و یک کنسانتره پیش تغلیظ مناسب انجام گرفت. این آزمایش‌ها با تغییر تعداد نوسان پیستون جیگ، در دبي آب ۳/٦ لیتر بر دقیقه بر روي نمونه‌هایي با ابعاد کوچکتر از ۰/۵ اینچ و بزرگ‌تر از ۱ میلي‌متر انجام شد که نتایج به دست آمده در جدول ۸-۱ نشان داده شده است. همچنین روند تغییرات عیار روي در کنسانتره و درصد بازیابي آن برحسب تعداد نوسان پیستون در شکل ٦ آورده شده است. با افزایش تعداد نوسان، عیار روي

در کنسانتره افزایش و در نتیجه بازیابي آن کاهش یافته است. با افزایش تعداد نوسان، عیار روي در باطله نیز افزایش یافته ولي به دلیل افزایش قابل توجه وزن باطله، بازیابي روي در باطله نیز روند افزایشي داشته است.



شکل ۵: مراحل و نتایج جدایش مواد ورودی با ابعاد زیر ۱ میلي‌متر توسط میز لرزان

۳-٤- فلوتاسیون

آزمایش‌هاي مختلف فلوتاسیون با کلکتورهاي آرماک C، آرماک T، فلوتیگام SA ، فلوتیگام TA و آرمین TD در غلظت‌هاي مختلف انجام شد که براساس نتایج به‌دست آمده، آرماک C با غلظت ۵۰۰ گرم بر تن بهترین کلکتور انتخاب گردید. در این آزمایش‌ها از سولفید سدیم به عنوان فعال‌کننده براي سولفیداسیون سطح اسمیت‌زونیت استفاده شد که در غلظت ۵۰۰۰ گرم برتن از آن بیشترین بازیابي به‌دست آمد. آزمایش‌هاي متعددي براي تعیین pH بهینه انجام شد که مشخص گردید، بیشترین بازیابي اسمیت‌زونیت در pH=۱۰/۵-۱۱ حاصل مي‌شود. در این محدوده از pH براي دستیابي به یک کنسانتره مناسب از اسمیت‌زونیت، نیاز به استفاده از بازداشت‌کننده‌هاي کاني‌هاي کلسیت و کوارتز است. در این رابطه بازداشت‌کننده‌هاي مربوطه شامل سدیم هگزا متا فسفات، سیلیکات سدیم و فلورید سدیم مورد بررسي قرار گرفت و در نهایت بهترین نتایج با سدیم هگزا متا فسفات حاصل شد.

همچنین آزمایش‌هایي تحت شرایط تعیین شده به منظور کنترل درجه آزادي بر روي فراکسیون‌هاي مختلف انجام گردید که نتایج در شکل ۷ ارائه شده است. براساس شرایط بهینه به‌دست آمده براي فلوتاسیون، آزمایش‌هایي بر روي کنسانتره‌هاي به‌دست آمده از جیگ و میز (پس از خردایش آنها تا درجه آزادي تعیین شده) انجام شد.

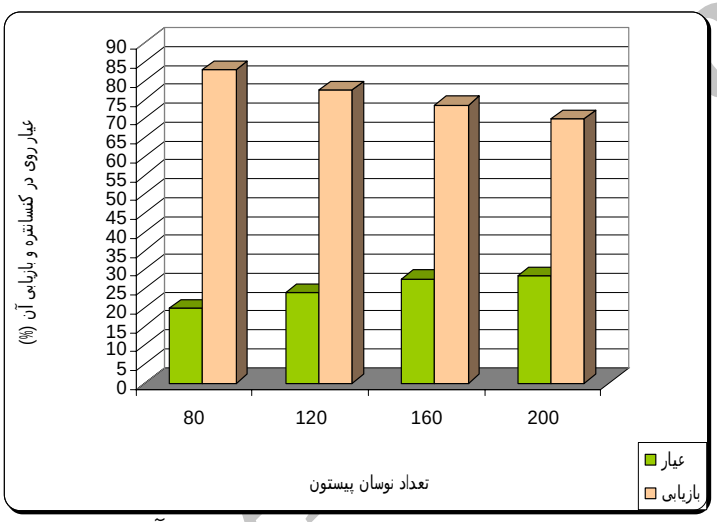
بحث و نتيجه‌گيري

براساس مطالعات كاني‌شناسي ۲۰ الي ۲۲ درصد از كانسنگ را اسميت‌زونيت با چگالي ۴/۴ تشكيل داده است. كانه‌سازي اين كاني عمدتا در سنگ‌هاي آهكي و به همراه كلسيت و گاها در ابعاد ريز به همراه كوارتز صورت گرفته است. به عبارت ديگر كاني‌هاي اصلي گانگ همراه اسميت‌زونيت، كلسيت با چگالي ۲/۷۲ و كوارتز با چگالي ۲/۶۸ مي‌باشد. بنابراين شاخص چگالي موثر مابين اسميت‌زونيت و كاني‌هاي گانگ اصلي، ۲ بوده و اين نشانگر آن است كه جدايش ثقلي اسميت‌زونيت از كاني‌هاي باطله به سهولت امكان‌پذير است. اسميت‌زونيت موجود به دو شكل متراكم و اسفنجي شكل مشاهده گرديد كه انوع متراكم اندكي بزرگ‌تر از نوع اسفنجي است. متوسط درجه آزادي اسميت‌زونيت با استفاده از مطالعات ميكروسكوپي و مايعات سنگين ۹۰ ميكرون به دست آمد. اين درجه آزادي در آزمايش‌هاي فلوتاسيون انجام گرفته بر روي فراكسيون‌هاي مختلف ابعادي نيز مورد تائيد قرار گرفت چرا كه بيشترين عيار (۲۳%) و بازيابي (۸۷/۸%) روي در كنسانتره حاصل از فلوتاسيون خوراک با $d_{80}=۹۰\mu m$ به‌دست آمد.

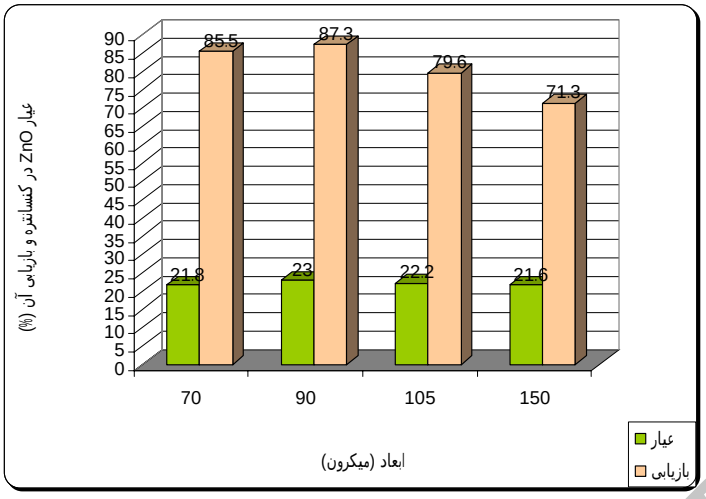
با انجام فلوتاسيون بر روي كنسانتره حاصل از روش‌هاي ثقلي (تركيب جيگ و ميز) با عيار حدود ۲۸% Zn، كنسانتره‌اي با عيار ۳۵% Zn و بازيابي ۷۵% (نسبت به خوراک اوليه) حاصل شد. در نهايت براساس نتايج حاصل، فلوشيت شكل ۸ جهت پرعيارسازي باطله‌هاي مورد مطالعه ارائه گرديد. اين فرآيند از نظر فني-اقتصادي حائز اهميت زيادي است. زيرا در فلوتاسيون كنسانتره روش‌هاي ثقلي در مقايسه با خوراک اوليه، علاوه براينكه محصول با عيار و بازيابي بيشتر حاصل مي‌شود، دستيابي به اين كنسانتره نيز به مراحل فلوتاسيون كمتري نياز خواهد داشت.

جدول۲- شرايط و نتايج آزمايش‌هاي جيگ

شماره آزمايش	تعداد نوسان پيستون	نوع محصول	وزن (%)	درصد Zn	بازيابي (%)
۱	۸۰	كنسانتره	۵۸/٤	۱۹/۹	۸۲/۸
		باطله	٤۱/٦	۵/۸۲	۱۷/۲
		خوراک	۱۰۰	۱٤/۰	۱۰۰
۲	۱۲۰	كنسانتره	٤۵/۷	۲۳/۸۳	۷۷/٤
		باطله	۵٤/۳	۵/۸٦	۲۲/٦
		خوراک	۱۰۰	۱٤/۰	۱۰۰
۳	۱٦۰	كنسانتره	۳۷/٤	۲۷/٦	۷۳/۵
		باطله	٦۲/٦	۵/۹٤	۲٦/۵
		خوراک	۱۰۰	۱٤/۰	۱۰۰
٤	۲۰۰	كنسانتره	۳٤/۸	۲۸/۲٤	۷۰/۰
		باطله	٦۵/۲	٦/۵	۳۰/۰
		خوراک	۱۰۰	۱٤/۰	۱۰۰

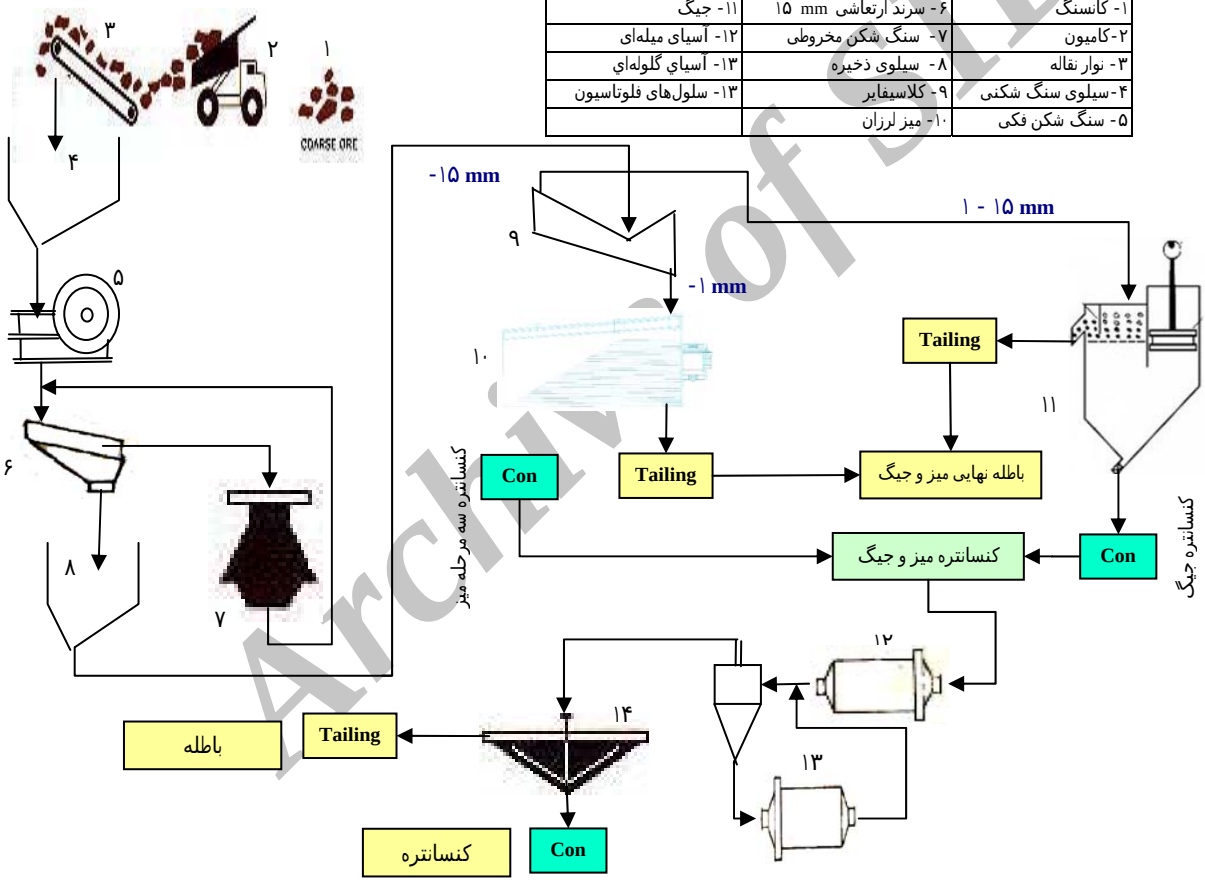


شكل٦- روند تغييرات عيار روي در كنسانتره و بازيابي آن برحسب تغييرات تعداد نوسان پيستون جيگ



شکل۷- تغییرات عیار و بازیابی **ZnO** در کنسانتره حاصل از فلوتاسیون بر روي فراکسیون‌هاي مختلف

۱- کانسنگ	۶- سرند ارتعاشی ۱۵ mm	۱۱- جیگ
۲-کامیون	۷- سنگ شکن مخروطی	۱۲- آسیای میله‌ای
۳- نوار نقاله	۸- سیلوی ذخیره	۱۳- آسیاي گلوله‌اي
۴-سیلوی سنگ شکنی	۹- کلاسیفایر	۱۳- سلول‌های فلوتاسیون
۵- سنگ شکن فکی	۱۰- میز لرزان	



شکل۸- شماي کلي از فلوشیت ارائه شده براي فرآوري کانسنگ کم عیار مورد مطالعه

تقدیر و تشکر

این مقاله در چهارچوب قرارداد تحقیقاتی که توسط شرکت زرین معدن تامین مالی شده، تهیه شده است. لذا از همکاري بي‌دریغ آقایان مهندس جمیلي رئیس هیات مدیره و مهندس کدخدایي مدیر عامل شرکت، صمیمانه تشکر و قدرداني می‌شود.

مراجع

[۱] ایران‌نژاد، مهدی؛ (۱۳۸۳)؛ طرح مطالعات فرآوری باطله‌هاي معدن انگوران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، شرکت زرین معدن.

[2] Hosseini S. H. and Forssberg Eric; (2007); "Physicochemical Studies of Smithsonite flotation Using Cationic/Anionic Collectors"; Minerals Engineering; pp.621-624.

[3] Keqing F.A., Jan Miller D., JIANG Tao, LI Guang-hui; (2005); "*Sulphidization flotation for recovery of lead and zinc from oxide-sulfide ores*"; Transactions of nonferrous metals society of china; Vol.15, No.5, pp.1138-1144.

[4] Liu Y., Liu Q.; (2004); "*Flotation Separation of Carbonate from Sulfide Minerals, I: flotation of single minerals and minerals mixtures*"; Minerals Engineering; Vol. 17, pp. 855-863.

[5] Omasundaran p.; (1987); "*Reagents in Mineral Technology*"; New York, Library of Congress Cataloging in Publication Data Reagents in Mineral Technology.

[6] Onal G., Bulut G., Gul A., Perek K.T., Arslan F.; (2005); "*Flotation of Aladag Oxide Lead-Zinc Ores*"; Minerals Engineering; vol. 18, pp. 279-282.

[7] Petruk William; (2000); "*Applied Mineralogy in the Mining Industry*"; Elsevier pub..

[8] Weiss, N.L.; (1985); "*SME Mineral Processing Handbook*"; AIMM, New york.

[9] Wills,B.A.;(1985); "*Mineral Processing Technology*"; Pergamon press; 3rd edition.

[1] - Armac C
[2] - Armac T
[3] - Flotigam SA
[4] - Flotigam TA
[5] - Armeen TD