

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



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (GAN)

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



آموزش استفاده از وب آو ساینس

کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی



فرآوری کانسنگ تیتانیم قره آغاج ارومیه اکبر مهدیلو^۱ مهدی ایران نژاد^۲

۱- کارشناسی ارشد فرآوری مواد معدنی از دانشگاه صنعتی امیرکبیر

E-mail: amehdilo@yahoo.com

۲- استادیار دانشگاه صنعتی امیر کبیر

چکیده:

کانسار سنگی تیتانیم قره آغاج در ۳۶ کیلومتری شمال غربی ارومیه در استان آذربایجان غربی واقع شده است. نتایج مطالعات اکتشافی نشانگر وجود ۲۰۸ میلیون تن کانسنگ با عیار ۸/۵ درصد دی اکسید تیتانیم می باشد. مطالعات کانی شناختی نشان می دهد که کانی های عمده کانسنگ را ایلمنیت، منیتیت و کانی های سیلیکاته نظیر پیروکسن، اولیوین، پلاژیوکلاز و بعضی کانی های ثانویه تشکیل می دهند. کانی ایلمنیت عمدتاً به صورت دانه ای بوده ولی بعضاً لامل هایی از ایلمنیت نیز در داخل منیتیت دیده می شود. درجه آزادی ایلمنیت در نمونه سینه کارها و نمونه گمانه‌ها به ترتیب ۱۵۰ و ۱۰۵ میکرون می باشد.

نتایج آزمایشهای جدایش نشان می دهد که با استفاده از ترکیب مایع سنگین کلریسی (با وزن مخصوص ۴) و جداکننده مغناطیسی تر-شدت پایین، کنسانتره ایلمنیت با عیار ۴۳/۵ درصد دی اکسید تیتانیم و بازیابی ۶۱/۳ به دست می آید. با استفاده از میز لرزان، کنسانتره مرکب از ایلمنیت و منیتیت با عیار ۳۰ درصد دی اکسید تیتانیم و بازیابی بیش از ۵۰ درصد حاصل می شود. با ترکیب میز لرزان و جداکننده مغناطیسی تر-شدت پایین، کنسانتره نهایی ایلمنیت با عیار ۴۴/۵ درصد دی اکسید تیتانیم و بازیابی حدود ۴۵ درصد به دست می آید. در نهایت، ترکیب دو مرحله میز لرزان و دو مرحله جدایش مغناطیسی شدت پائین برای پرعیار سازی کانسنگ تیتانیم قره آغاج پیشنهاد می گردد.

کلمات کلیدی: کانسنگ تیتانیم، کانسار سنگی، ایلمنیت، منیتیت، تیتانومنیستیت،

پرعیار سازی، جدایش ثقلی و مغناطیسی

۱- مقدمه

تیتانیم در صنعت عمدتاً به دو صورت دی اکسید تیتانیم و فلز تیتانیم مورد استفاده قرار می گیرد. حدود ۹۰ درصد تیتانیم به صورت دی اکسید آن اغلب در ساخت رنگدانه ها کاربرد دارد. ۱۰ درصد از تیتانیم نیز به صورت فلز جهت ساخت آلیاژهای مختلف استفاده می شود که مهمترین کاربرد آن در صنایع هوا-فضا است.



مصرف عمده تیتانیوم در کشور به صورت رنگدانه سفید دی اکسید تیتانیوم می باشد که در حال حاضر کلیه مصارف مورد نیاز کشور از خارج تامین می گردد. با توجه به کاهش منابع روتیل طبیعی در دنیا امروزه بخش عمده رنگدانه تیتانیوم از روتیل مصنوعی حاصل از کنسانتره ایلمنیت تهیه می شود. مصرف بالای دی اکسید تیتانیوم در کشور سالانه منجر به هزینه های هنگفت برای واردات آن می شود. مطالعه بر روی منابع تیتانیوم کشور می تواند جوابگوی بخشی از نیازهای کشور به این ماده باشد. از جمله منابع شناخته شده تیتانیوم در کشور کانسار سنگی قره آغاج واقع در ۳۶ کیلومتری شمالغرب ارومیه است. مهمترین مجموعه سنگی در منطقه که باعث کانی زایی تیتان گردیده، نفوذیه های آذرین موسوم به مجموعه نفوذی مافیک - اولترامافیک قره آغاج می باشد. در مراحل اولیه اکتشاف، پس از تهیه نقشه های مختلف زمین شناسی و توپوگرافی و تقسیم بندی کانسار به ۱۱ بلوک، ۱۱ ترانشه مجموعاً به طول ۱۵۹۰ متر بر روی تمام رخنمون های توده اولترامافیک حفر گردیده است. در مرحله بعدی ۴ سینه کار اکتشافی در چهار تا از بلوکها و دو گمانه مجموعاً با طول ۱۵۵ متر در دو مورد از بلوکها حفر شده است. محاسبات مربوط به ارزیابی ذخیره بیانگر وجود حدود ۲۰۹ میلیون تن کانسنگ تیتانیوم با عیار متوسط ۸/۵ درصد TiO_2 در این کانسار می باشد. در تحقیق حاضر هدف بررسی قابلیت تهیه کنسانتره ایلمنیت از کانسار قره آغاج با عیاری در حد کنسانتره های تجاری ایلمنیت (عیار بالای ۳۵ درصد TiO_2) می باشد [۱].

۲- شناسایی نمونه

۲-۱- نمونه برداری و آماده سازی نمونه ها

برای انجام مطالعات کانه آرایی در مقیاس آزمایشگاهی، نمونه هایی از سینه کارهای اکتشافی و گمانه های موجود تهیه و پس از مطالعات اولیه کانی شناسی، اقدام به تهیه دو نمونه متوسط به شرح زیر گردید.

۱- نمونه متوسط سینه کارها (GTFS) (اختلاط نمونه چهار سینه کار به نسبت میزان ذخیره هر یک از بلوکها)

۲- نمونه گمانه ها یا نمونه عمقی (GTBHS) حاصل از اختلاط نمونه دو گمانه

نمونه های متوسط تهیه شده به منظور آنالیزهای مختلف و نیز آزمایشهای کانه آرایی مطابق شکل (۱) مورد آماده سازی قرار گرفتند.

۲-۲- آنالیز سرندي

نمونه ها پس از خردایش تا ابعاد زیر ۲ میلیمتر، توسط سری سرندهای استاندارد ASTM و به روش تر مورد تجزیه سرندي قرار گرفتند که نتایج به دست آمده مطابق شکل (۲) می باشد. برای نمونه های متوسط سینه کارها و گمانه ها d_{80} به ترتیب ۱۱۹۰ و ۱۴۰۰ میکرون بوده و نشانگر سخت بودن نمونه گمانه ها در مقایسه با نمونه سینه کارهاست.

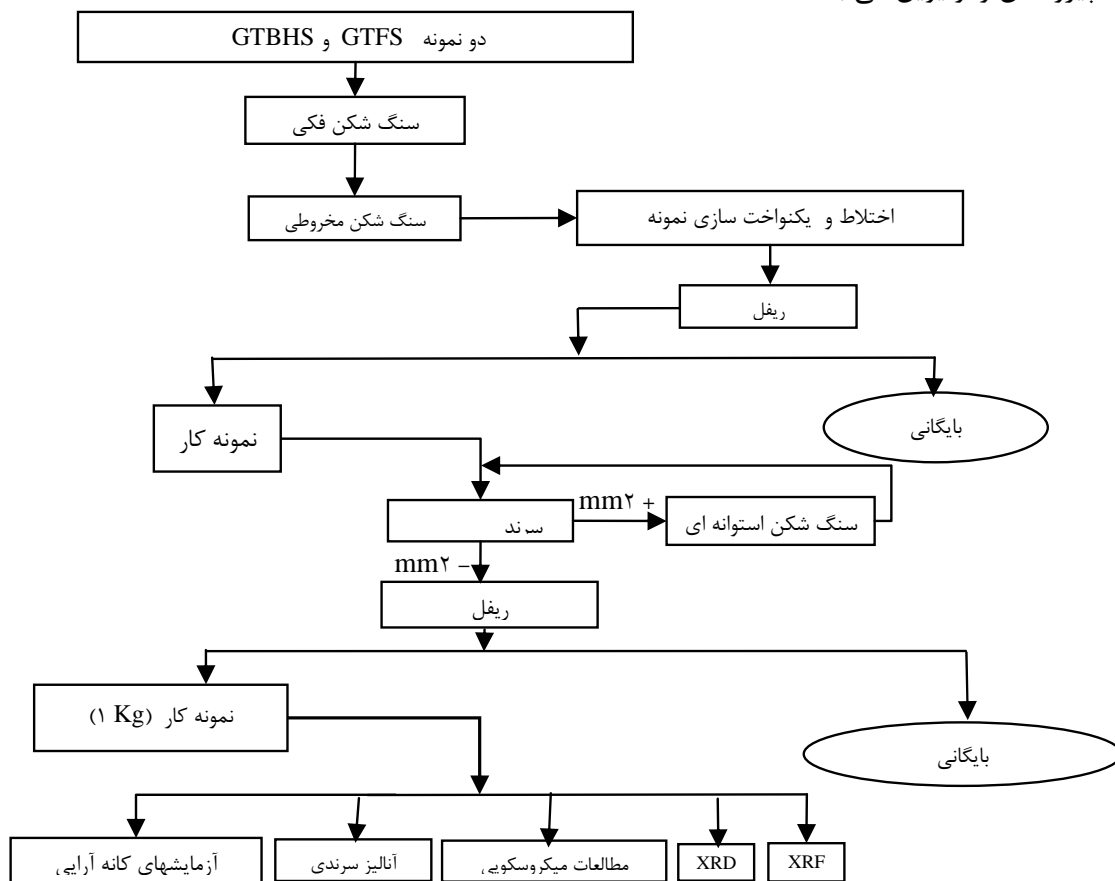


۲-۳- آنالیز شیمیایی

آنالیز شیمیایی نمونه ها با استفاده از دستگاه XRF تعیین گردید که نتایج در جدول (۱) نشان داده شده است. نتایج به دست آمده نشانگر مطابقت عیار TiO_2 در نمونه ها با عیار تعیین شده در مرحله اکتشاف است و این تأییدی بر معرف بودن نمونه ها می باشد.

۲-۴- آنالیز مینرالوژیک

نتایج حاصل از XRD نشان داد که کانیهای با ارزش موجود در کانسنگ شامل ایلمنیت (حدود ۱۷ درصد) و منیتیت و تیتانومنییتیت (حدود ۱۶ درصد) می باشد. دیگر کانی های موجود در کانسنگ شامل پیروکسن، اولیوین، پلاژیوکلاز، آمفیبول، آپاتیت و برخی کانی های ثانویه مانند کلریت و آکتینولیت حاصل از دگرسانی پیروکسن و اولیوین می باشد.

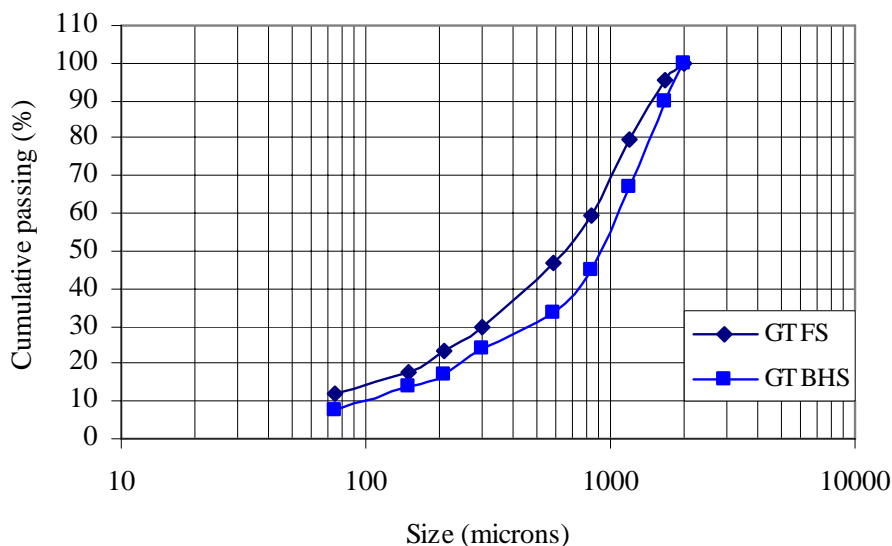


شکل ۱- مراحل مختلف آماده سازی نمونه های



جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های معرف تهیه شده

L.O.I	V ₂ O ₅	S	MnO	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	ترکیب (%)
۰/۸۶	۰/۱۴	۰	۰/۴۱	۲/۹	۳/۱	۵/۹	۹/۰	۱۵/۰	۲۷/۴	۳۴/۴	نمونه سینه کارها
۰/۳۹	۰/۰۱	۰/۵۴	۰/۰۴	۴/۵	۵/۵	۸/۴	۷/۱	۱۲/۸	۲۸/۷	۳۰/۳	نمونه گمانه ها



شکل ۲- نتایج تجزیه سرنندی نمونه های GTFS و GTBHS

۲-۵- مطالعات میکروسکوپی

الف - مقاطع نازک

براساس مطالعه ۱۹ مقطع نازک، کانیهای تشکیل دهنده کانسنگ به شرح جدول (۲) می باشد. در شکل (۳) درگیری کانی های عمده تشکیل دهنده کانسنگ که کانه سازی عمدتاً به همراه کانی های پیروکسن و یا به عبارتی در سنگ پیروکسنیت صورت گرفته، به تصویر کشیده شده است. شکل (۳-ج) و (۳-د) نحوه درگیری کانی های تشکیل دهنده کانسنگ در بخش کانه سازی گمانه ها و بخش دیوریتی را نشان می دهند. قسمت اعظم بخش دیوریتی را پلاژیوکلاز تشکیل داده و مقداری کوارتز نیز قابل مشاهده است. کانه سازی در این بخش بسیار کم و نیز بسیار ریزدانه است.



جدول ۲: کانیهای تشکیل دهنده کانسنگ براساس نتایج حاصل از مطالعه مقاطع نازک

کانی	توصیف
پیروکسن	شامل کلینو پیروکسن و ارتوپروکسن که کلینو پیروکسن ها عمدتا در حال دگرسانی هستند
اولیوین	مقدار آن در بخش کانه سازی بیشتر از بخشهای دیوریتی است
پلاژیوکلاز	قسمت اعظم بخش کم عیار کانسنگ (بخش دیوریتی) را تشکیل می دهد
آمفیبول	از نوع هورنبلند که در اثر دگرسانی و آبگیری کلینو پیروکسن حاصل شده است
کانی های کدر	شامل ایلمنیت و منیتیت، به عنوان کانه که فضای بین کانیهای سیلیکاته را پر کرده اند
کانی های ثانویه	نظیر کلریت، آنتی گوریت و سرپانتین ناشی از دگرسانی کلینوپروکسن و اولیوین
سایر کانی ها	شامل آپاتیت و مقدار بسیار کم کوارتز و فلدسپات

ب) مقاطع صیقلی

نتایج حاصل از مطالعه ۴۲ مقطع صیقلی نشان می دهد که کانی های اوپک موجود در نمونه، ایلمنیت و منیتیت می باشد که بصورت جداگانه و درگیر، فضای بین کانیهای سیلیکاته پیروکسن و اولیوین را اشغال نموده اند. منیتیت عمدتا به دو صورت اسفنجی و متراکم بوده و تیغه هایی از ایلمنیت اغلب در داخل بخش متراکم مشاهده می شود. آپاتیت های ریزدانه عمدتا در داخل ایلمنیت و منیتیت و یا در تماس با آنها تشکیل شده است. در نمونه های سینه کارها مقدار کانیهای سولفیدی ناچیز می باشد و با افزایش عمق مقدار آنها افزایش می یابد. ایلمنیت عمدتا به صورت دانه ای بوده و مقدار کمی از آن نیز به صورت تیغه ها و لاملههایی با ضخامت بسیار کم در داخل منیتیت قرار گرفته اند که جدایش آنها به روشهای فیزیکی امکانپذیر نخواهد بود. لامله های ایلمنیتی به هنگام تشکیل کانسار، فرصت تفکیک پیدا نکرده و منجر به تشکیل تیتانومینیت گردیده اند. همچنین به مقدار کم تیغه های بسیار باریک هماتیت در داخل ایلمنیت مشاهده گردید. همچنین با افزایش عمق کانسار کانیهای سولفیدی پیریت، پروتیت و کالکوپیریت نیز عمدتا در داخل کانیهای اکسیدی نظیر ایلمنیت و منیتیت به شکل نامیخته و هم رشد با آنها و یا به شکل انکلوزیونهایی در داخل آنها ظاهر می شوند (شکل ۴).

۲-۶- مطالعه با میکروسکوپ الکترونی

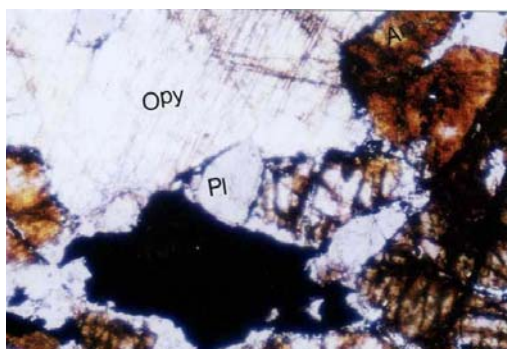
مطالعه با SEM نشان داد که در داخل ایلمنیت لکه ها و تیغه هایی روشن تشکیل شده که متوسط درصد Fe_2O_3 و TiO_2 در لکه ها و تیغه های مذکور بر اساس آنالیز نقطه ای به ترتیب ۳۲/۶ و ۶۰/۳ درصد می باشد بر این اساس به نظر می رسد لکه ها و تیغه های مذکور ایلمنوهماتیت هستند شکل (۵). تیغه هایی از ایلمنیت با ضخامت ۰/۵ تا ۳۰ میکرون در داخل منیتیت وجود دارد که منجر به تشکیل ایلمنومینیت شده است. همچنین لاملههایی از اسپینل از نوع هرسینیت (FeAlO_4) در زمینه منیتیت و به شکل الوواسپینل در



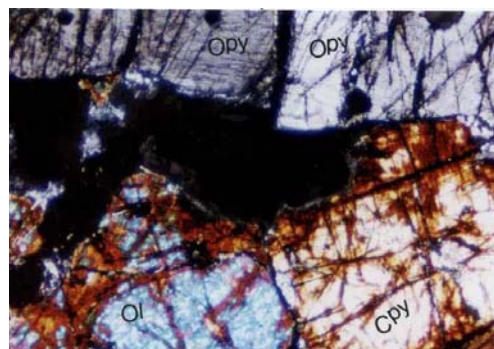
زمینه ایلمنیت مشاهده می شود شکل (۶). متوسط آنالیز نقطه ای کانی ایلمنیت و منیتیت با استفاده از SEM در جدول (۳) درج شده است. وجود Ti در داخل منیتیت به صورت محلول جامد باعث تشکیل تیتانومنیتیت گردیده است. جایگزینی Mn و Mg به جای Ti در شبکه ایلمنیت، باعث کاهش درصد TiO_2 در ایلمنیت می شود.

جدول ۳- نتایج آنالیز شیمیایی ایلمنیت و منیتیت با استفاده از SEM

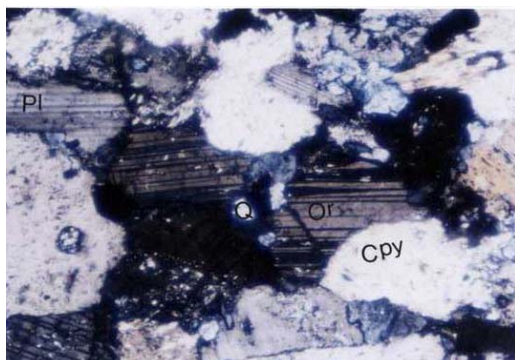
V_2O_5	MnO	TiO_2	Al_2O_3	MgO	SiO_2	Fe_2O_3	ترکیب (%)
۰/۵۸	۱/۱۴	۴۸/۰۱	۰/۴۷	۰/۹۶	۰/۴۸	۴۸/۳۳	ایلمنیت
۱/۴۶	۰/۵۵	۱/۲۳	-	-	۱/۸۵	۹۱/۰۸	منیتیت



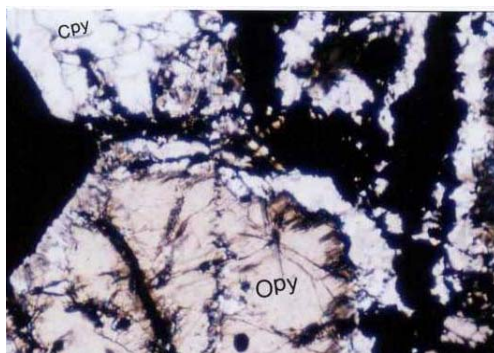
الف



ب



ج



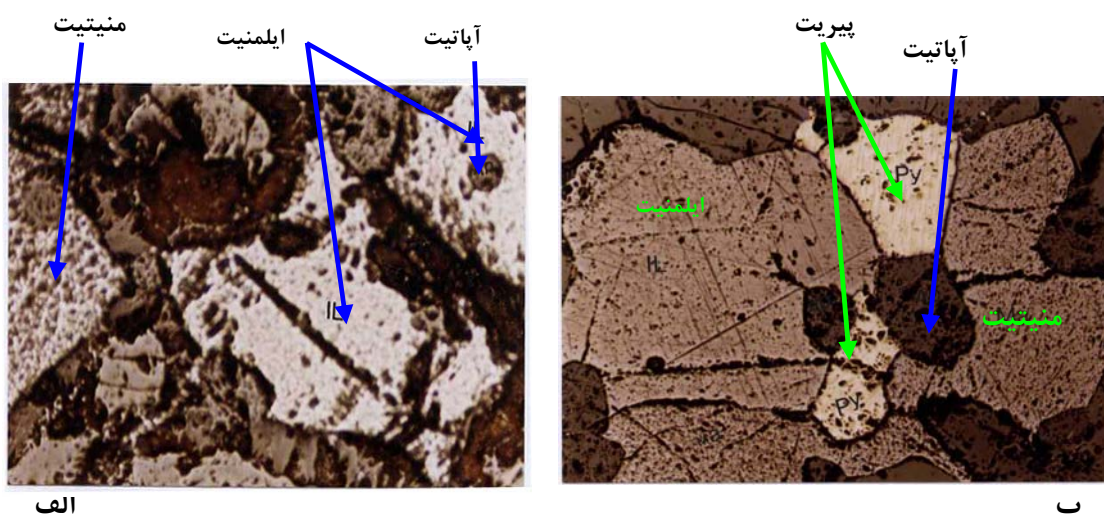
د

شکل ۳: درگیری کانی های شفاف و اوپک در بخش کانه سازی و دیوریتی نمونه سینه کارها و نمونه گمانه ها

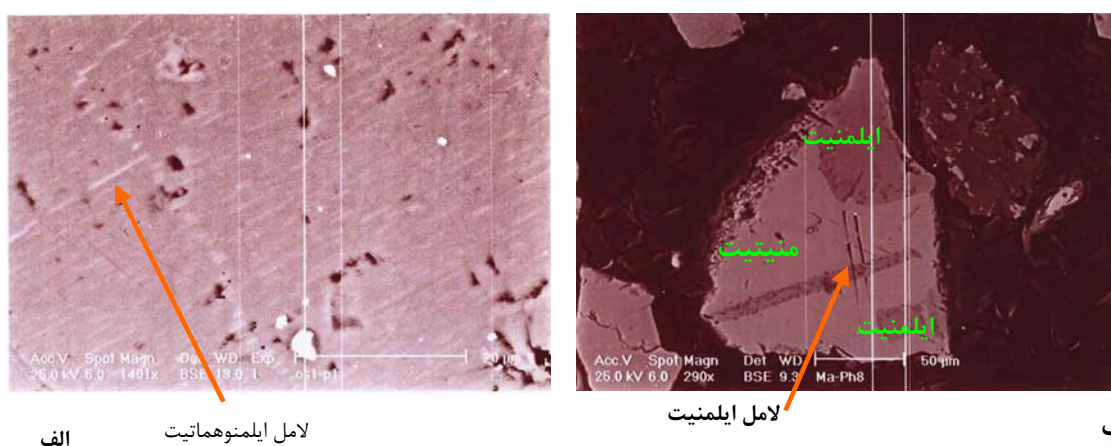


(a) مقدار پلاژیوکلاز بسیار کم است. کلیواژ قائم ارتوپیروکسن ها نیز قابل مشاهده است. (b) اولیوین و کلینوپیروکسن در امتداد درزه و شکستگیها در حال دگرسانی و تبدیل شدن به اکسیدهای آهن، آمفیبول و کلریت هستند. (c) بخش دیوریتی عمدتاً شامل پلاژیوکلاز می باشد. (d) بخش کانه سازی در گمانه ها که ابعاد کانه سازی در مقایسه با نمونه سینه کارها کوچکتر است.

(ارتوپیروکسن: Opy کلینوپیروکسن Cpy اولیوین Ol: پلاژیوکلاز Pl)



شکل ۴: (a) حضور کانی آپاتیت در داخل کانیهای اوپک ایلمنیت (IL) و منیتیت (Ma) (b) حضور کانیهای سولفیدی در نمونه گمانه ها (درگیری پیریت و آپاتیت با ایلمنیت و منیتیت)



شکل ۵: (الف) لاملهای روشن در داخل ایلمنیت (ایلمنوماتیت یا هموایلمنیت) (ب) درگیری منیتیت با ایلمنیت و یک لامل نسبتاً درشت ایلمنیت در داخل منیتیت

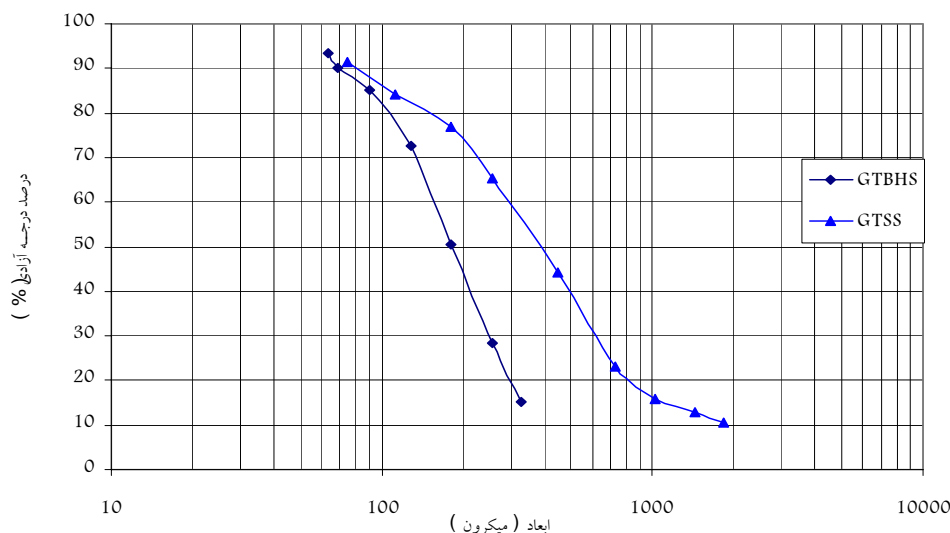


۲-۷- تعیین درجه آزادی

نتایج حاصل از تعیین درجه آزادی با استفاده از دانه شماری در شکل (۶) نشان داده شده است. که براساس آن:

الف- برای نمونه سینه کارها ۸۰ درصد ایلمنیت در ۱۵۰ میکرون و ۵۰ درصد آن در ابعاد ۳۸۰ میکرون آزاد می شود.

ب- برای نمونه گمانه ها ۸۰ درصد ایلمنیت در ۱۰۵ میکرون و ۵۰ درصد آن در ابعاد ۱۸۰ میکرون آزاد می شود.



شکل ۶: درجه آزادی ایلمنیت برحسب ابعاد

۳- آزمایشهای جدایش

با توجه به خواص فیزیکی کانی ایلمنیت نظیر وزن مخصوص بالا، پارامغناطیس و خاصیت رسانایی، ترکیبی از روشهای مختلف را می توان جهت جدایش آن به کار برد. به منظور تعیین شرایط بهینه خردایش جهت دستیابی به درجه آزادی (۱۵۰ میکرون)، عملیات آسیا تحت شرایط یکسان بر روی نمونه های ۱ کیلوگرمی توسط آسیاهای گلوله ای و میله ای در زمانهای مختلف انجام گرفت که در نهایت شرایط بهینه به شرح زیر تعیین گردید:

آسیای میله ای با ۶۵ درصد جامد و زمان خردایش ۱۲ دقیقه که آنالیز سرنندی و شیمیایی محصول آسیا تحت این شرایط نشان داد که با حذف ذرات زیر ۳۰ میکرون تنها ۵/۴ درصد از TiO_2 تلف خواهد شد.



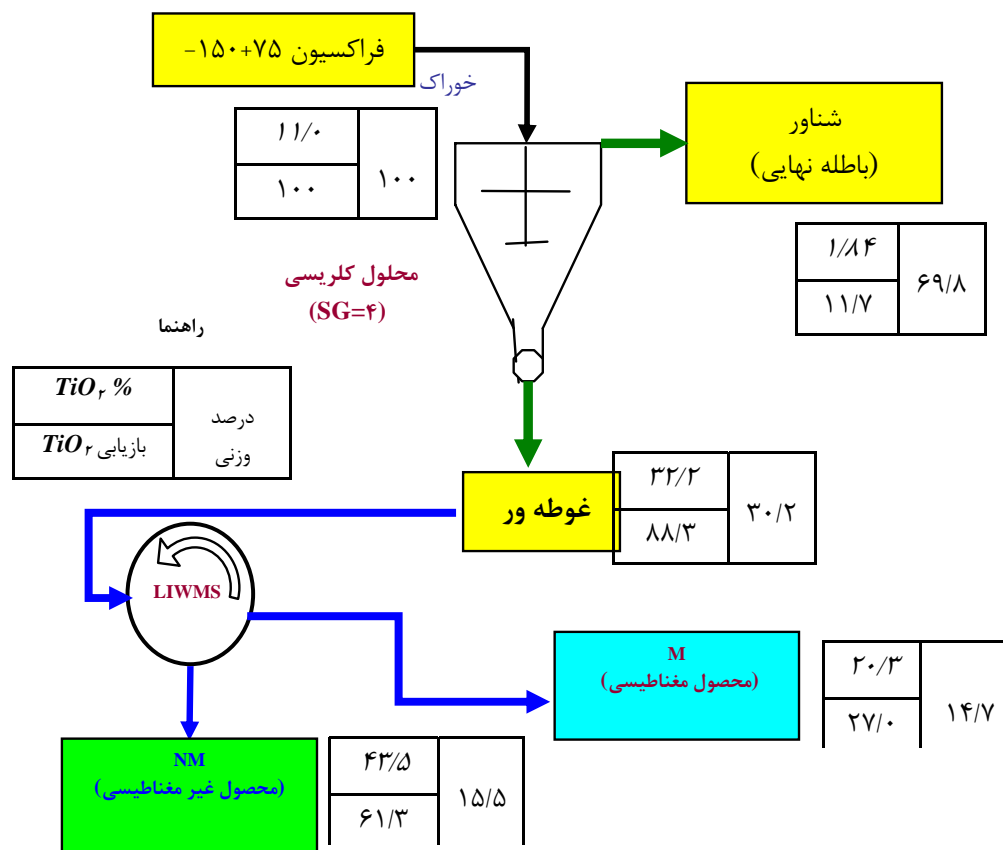
پس از بهینه سازی شرایط آزمایش برای هر یک از روشهای جدایش ثقلی و مغناطیسی اقدام به انجام آزمایشهای ترکیبی گردید. در آزمایشهای جدایش ترکیبی از روشهای مختلف مورد آزمایش قرار گرفت که از جمله مهمترین آنها عبارتند از :

- ترکیب میز لرزان - جداکننده مغناطیسی تر شدت پائین (LIWMS)
- ترکیب مایع سنگین - جداکننده مغناطیسی تر شدت پائین (LIWMS)
- ترکیب جداکننده مغناطیسی تر شدت پائین (LIWMS) - جداکننده مغناطیسی تر شدت بالا (HIWMS)
- ترکیب جداکننده مغناطیسی تر شدت پائین (LIWMS) - میز لرزان
- ترکیب ماریچ همفری - جداکننده مغناطیسی تر شدت پائین (LIWMS)
- ترکیب ماریچ همفری - میز لرزان - جداکننده مغناطیسی تر شدت پائین (LIWMS)

از بین ترکیبات فوق بهترین نتایج با استفاده از دو ترکیب اول به دست آمد که در ادامه به تفصیل شرح داده می شوند

۳-۱- ترکیب مایع سنگین - جداکننده مغناطیسی تر شدت پائین (LIWMS)

مراحل و نتایج حاصل از جدایش بطور شماتیک در شکل (۷) نشان داده شده است. این آزمایش با استفاده از محلول کلریسی با وزن مخصوص $SG = 4$ ، پس از حذف مواد کوچکتر از ۷۵ میکرون بر روی فراکسیون ۷۵+۱۵۰- انجام گردید. در مرحله اول یک کنسانتره ترکیبی شامل ایلمنیت، منیتیت و تیتانومینیت با عیار ۳۲/۲ درصد TiO_2 به عنوان بخش غوطه ور حاصل گردید. با انجام جدایش مغناطیسی تر شدت پائین بر روی بخش غوطه ور کنسانتره ایلمنیت (بخش غیرمغناطیسی) با عیار ۴۳/۵ درصد TiO_2 و بازیابی ۶۱/۳ درصد به دست آمد. در این آزمایش بخش شناور مایع سنگین با ۱/۸۴ درصد TiO_2 و ۶۹/۸ درصد وزنی خوراک، باطله نهایی است که اتلاف بازیابی در آن تنها ۱۱/۷ درصد می باشد.



شکل ۷: جدایش توسط ترکیب مایع سنگین - جداکننده مغناطیسی تر شدت پائین (LIWMS)

۳-۲- آزمایشهای ترکیب میز لرزان - جداکننده مغناطیسی تر شدت پائین (LIWMS)

مراحل و نتایج آزمایش بطور شماتیک در شکل (۸) نشان داده شده است. پس از خردایش نمونه متوسط سینه کارها مطابق شرایطی که قبلاً اشاره گردید، کانسنگ وارد میز لرزان مرحله اول گردید. محصول میانی میز مرحله اول (M1) مجدداً توسط میز مرحله دوم مورد جدایش قرار گرفت. کنسانتره حاصل از اختلاط دو کنسانتره (C3) به عنوان خوراک وارد جداکننده مغناطیسی شدت پائین اریز (Eriez) گردید. در نتیجه جدایش مغناطیسی کنسانتره ایلمنیت (بخش غیر مغناطیسی MP1) با عیار ۴۵/۲ درصد TiO_۲ و بازیابی ۳۹/۱ درصد به دست آمد. بخش مغناطیسی (MP1) به منظور آزادسازی ایلمنیت های درگیر با منیتیت



توسط آسیای گلوله ای تا ابعاد ۷۵ میکرون ($d_{80} = 75 \mu m$) خردایش مجدد گردید. با انجام جدایش مغناطیسی بر روی محصول آسیای گلوله ای کنسانتره دوم ایلمنیت (NMP۲) با عیار ۴۰/۵ درصد TiO_2 و بازیابی ۵/۳ درصد به دست آمد. با اختلاط دو کنسانتره (NMP۱ و NMP۲) کنسانتره نهایی ایلمنیت (C) حاصل گردید که عیار و بازیابی TiO_2 در آن به ترتیب ۴۴/۵ و ۴۴/۴ درصد می باشد. محصول میانی میز مرحله دوم (M۲) از نظر عیار TiO_2 مشابه خوراک اولیه (F) بوده و در نتیجه در عملیات پیوسته می توان آن را به عنوان باردرگردش وارد مدار (میز مرحله اول) نمود. باطله نهایی (T) این آزمایش ترکیب باطله های میزهای مرحله اول و دوم می باشد که با ۳/۱۹ درصد TiO_2 دارای ۱۳/۵ درصد اتلاف بازیابی است. پس از جدایش مغناطیسی مرحله دوم، کنسانتره تیتانومنیستیت (MP۲) به دست آمد که می توان از آن برای بازیابی محصول جانبی V_2O_5 استفاده نمود.

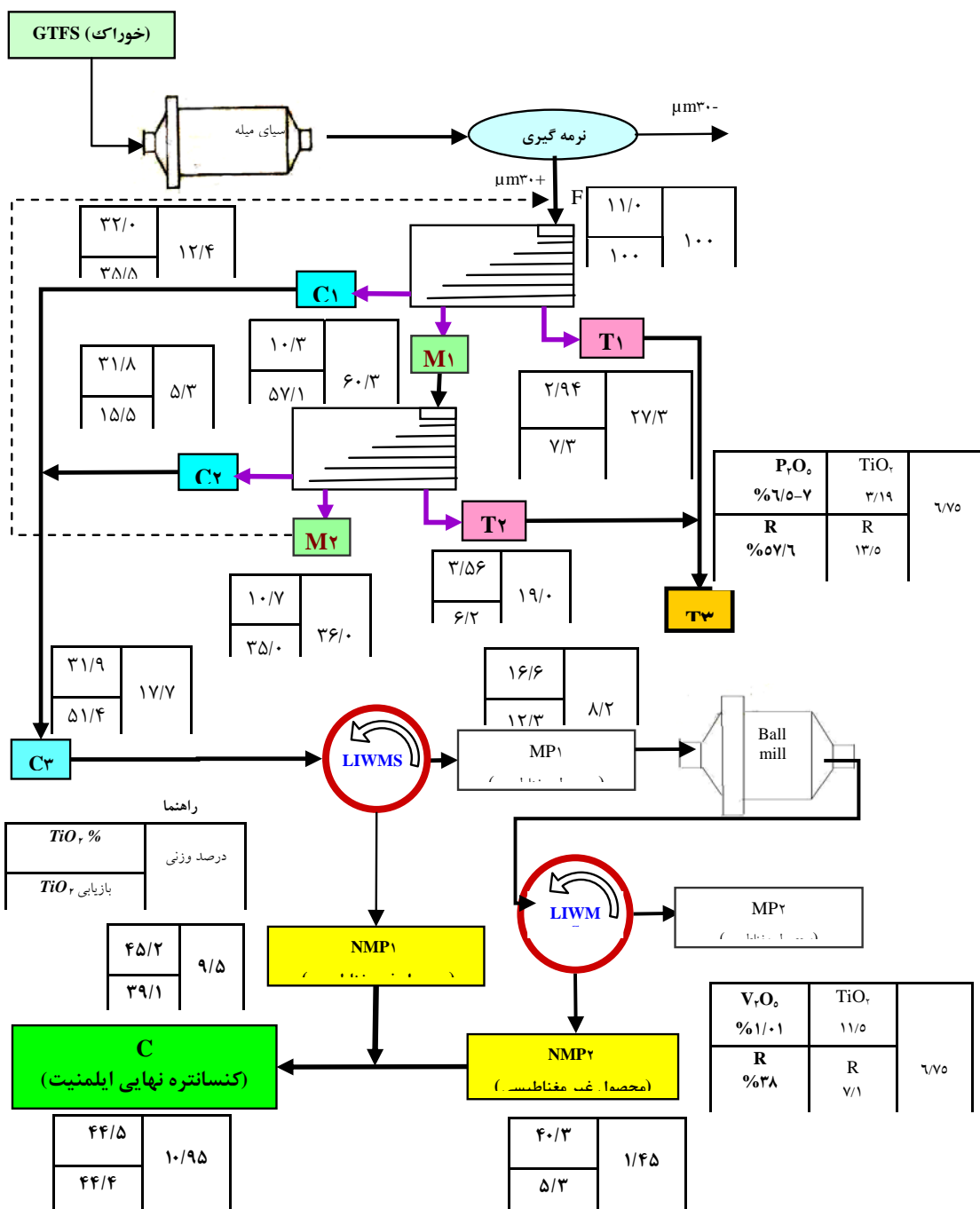
۳-۳- آزمایش ترکیب میز لرزان -LIWMS بر روی نمونه متوسط کل (ترکیب نمونه ها)

پس از بهینه سازی ترکیب میز و جداکننده مغناطیسی آزمایشهایی بر روی نمونه GTBHS انجام گرفت که نتایج نسبتاً خوبی حاصل شد. سپس با این ترکیب نمونه متوسط کانسار (مخلوط نمونه های GTFS و GTBHS به نسبت ۱:۱) مورد جدایش واقع شد که نتایج بدست آمده با نتایج مربوط به نمونه متوسط سینه کارها قابل مقایسه می باشد. مراحل آزمایش و نتایج حاصل در شکل (۹) نشان داده شده است.

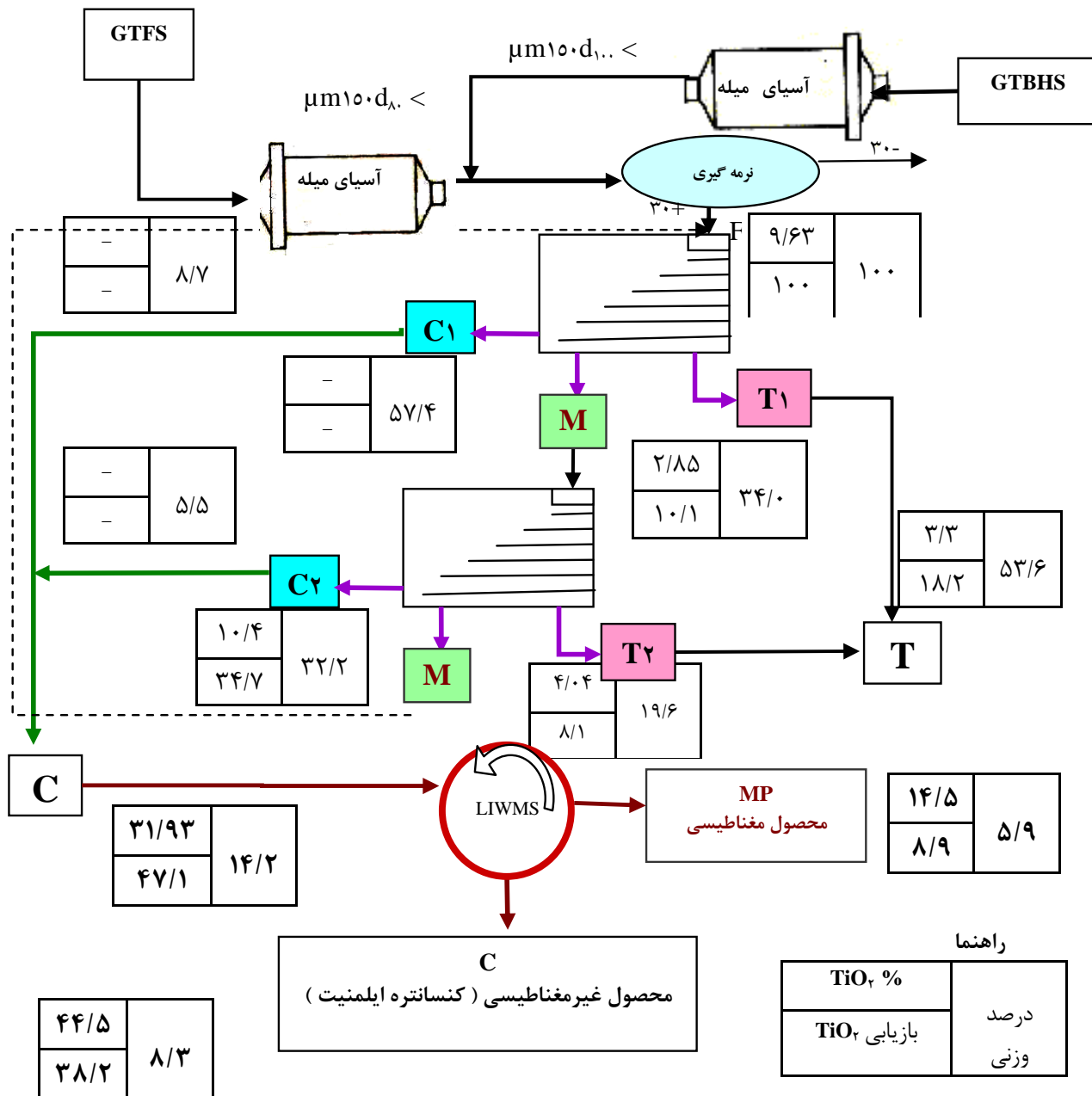
۴- نتیجه گیری

کانسار سنگی قره آغاج با عیار متوسط ۸/۵ درصد TiO_2 و ذخیره ای در حدود ۲۰۹ میلیون تن پتانسیل مناسبی برای استحصال تیتانیم در کشور محسوب می شود. کانی های بارزش که به عنوان محصولات اصلی مورد بازیابی قرار می گیرند، ایلمنیت و تیتانومنیستیت می باشد. منیتیت، پنتاکسید وانادیم و آپاتیت می توانند به عنوان محصولات جانبی فرایند محسوب شوند. با استفاده از فرآیندهای شیمیایی می توان V_2O_5 را از محصول تیتانومنیستیت استحصال نمود. آپاتیت (P_2O_5) در بخش باطله واحد جدایش ثقلی تمرکز دارد که بازیابی آن با استفاده از روش فلوتاسیون امکانپذیر می باشد.

از بین ترکیبات مختلف مورد استفاده جهت پرعیار سازی کانسنگ، با در نظر گرفتن مسایل فنی و اقتصادی مناسبترین کنسانتره ایلمنیت با استفاده از ترکیب میز لرزان و جداکننده مغناطیسی شدت پائین حاصل می شود. عیار کنسانتره بدست آمده با این روش ۴۴/۵ درصد TiO_2 با بازیابی بالای ۴۵ درصد می باشد. براساس آزمایشهای مختلف انجام گرفته، پس از خردایش کانسنگ تا ابعاد زیر ۲۰۰ میکرون، ترکیب دو مرحله میز لرزان و دو مرحله جدایش مغناطیسی تر شدت پائین (با قرار دادن یک مرحله خردایش مجدد مابین آنها) جهت پرعیار سازی کانسنگ تیتانیم قره آغاج پیشنهاد می شود.



شکل ۸ : جدایش توسط ترکیب میز لرزان - جداکننده مغناطیسی تر شدت پائین (LIWMS) با هدف افزایش بازیابی



شکل ۹: شماتیکی از جدایش نمونه متوسط کل توسط ترکیب میز لرزان - جداکننده مغناطیسی تر شدت پائین (LIWMS)



۶- منابع و مراجع

- [۱] مهدیلو، اکبر؛ (۱۳۸۲)؛ " مطالعات کانه آرایبی کانسنگ تیتانیم قره آغاج به روشهای فیزیکی "؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) .
- [۲] Chernet, T., ۱۹۹۹. Mineralogical and textural Constraints on mineral processing of the koivusaarenneva ilmenite ore, western Finland. International Journal of mineral processing, ۵۷, ۵۳-۱۶۵.
- [۳] Chernet, T., ۱۹۹۹. Applied mineralogical studies on australian sand ilmenite concentrate with special reference to its behavior in the sulphate process. Minerals Engineering, ۱۲ (۵), ۴۸۵-۴۹۵.
- [۴] Gonzalez, L.M. and Forssberg, K.S.E., ۲۰۰۱. Utilization of a vanadium – containing tittanomagnetite: possibilities of a beneficiation – based approach. Mineral Processing and Extractive Metallurgy, ۱۱۰, ۶۳-۷۲.
- [۵] Gramatikopoulos, T. , Mcken, A. and Hamilton, C., ۲۰۰۲. Vanadium-bearing magnetite and ilmenite mineralization and beneficiation from the Sinarsuk V-Ti project ,West Greenland. CIM Bulletin, ۹۵ (۱۰۶۰), ۸۷-۹۵.
- [۶] Irannajad, M., ۱۹۹۰. Pilot plant flowsheet development of Kahnooj titanium bearing ore deposit. Report of investigation, Amir Kabir University of Technology, Tehran, Iran.
- [۷] Kärkkäinen, N. and Appelqvist, H., ۱۹۹۹. Genesis of a low-grade apatite – ilmenite-magnetite deposit in the Kauhajärvi gabbro , Western Finland . Mineralium Deposita, ۳۴, ۷۵۴-۷۶۹ .
- [۸] Nantel, S., ۲۰۰۱. The Sept – iles project – A new apatite / ilmenite producer . CIM Bulletin, ۱۰۴۹, ۵۹-۶۳.
- [۹] Panov, S.P. , Metson, J.B. and Batchelor, J.J, ۲۰۰۰. Benefication of Newzealand ilmeno-magnetites . In: The Aus IMM Proceedings , No. ۱
- [۱۰] Petruk, W., ۲۰۰۰. Applied Mineralogy in the Mining Industry, Elsevier pub.
- [۱۱] Watson, J. L. and Low, H. F., ۱۹۸۲. The Role of Titanomagnetite in Gravity Separation of New Zealand Ironsands . The Metallurgical Society of AIME ; PP. ۱۳۵-۱۴۹ .
- [۱۱] Weiss, N.L. (ed), ۱۹۸۵. SME Mineral Processing Handbook, Vol. ۲ . SME-AIME; pp. ۲۷-۱۴:۲۷-۱۷.
- [۱۲] Zussman, J.(Editor), ۱۹۷۱. Physical Methods in Determinative Mineralogy, Academic Press (AP).

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



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



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی