وزارت معادن و فلزات

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

معاونت تحقیقات آزمایشگاهی

مدیریت کانه آرایی و فرآوری

مطالعات مقدماتی امکان پر عیار سازی کانسار تیتانیوم قره آغاج ارومیه

تهیه کننده : غلامرضا ملاطاهری

با همکاری : احمد امینی

و با نظارت : علیرضا رئیسی

بهمن ماه ۱۳۷۸

فهرست مطالب صفحه

۱ – پیشگفتار ۲

۲ – زمین شناسی کانسار قره آغاج ۳

۳ – شناسایی نمونه ۵

۱ – ۳ – نتایج حاصل از مطالعات کانی شناسی توسط اشعه ایکس ۵

۲ – ۳ – نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی ۶

۳ – ۳ – مطالعات میکروسکپی ۷

۴ – آماده سازی و خردایش نمونه اولیه ۱۵

۵ – آزمایش تجزیه سرندی ۱۶

۶ – جدایش ثقلی ۱۸

۱ – ۶ – آزمایش بامیزلرزان ۱۸

۲ – ۶ – آزمایش با مارپیچ همفری ۲۸

۳ – ۶ – آزمایش با جدا کننده مولتی گراویتی ۳۰

۷ – جدایش با جداکننده الکترواستاتیک ۳۴

۸ – جدایش با جداکننده مغناطیسی ۳۷

۹ – نتیجه گیری و ارائه فلوشیت پیشنهادی جهت ادامه پروژه ۴۰

۱۰ – بررسی نتایج جدایش های ثقلی ۴۲

۱ – ۱۰ – مقدمه ۴۲

۲ – ۱۰ – مقایسه نتایج چهار آزمایش دوراول میز بر روی دانه بندی ۱۲۰ – ۶۰ – مش ۴۲

۳ – ۱۰ – مقایسه نتیایج چهار آزمایش دور دوم میربرروی دانه بندی ۱۴۰+۶۰- مش ۴۳

۴ – ۱۰ – مقایسه نتایج آزمایش مارپیچ (دانه بندی ۴۰۰+ ۶۰-مش) و آزمایشات میز ۴۳

۵ – ۱۰ – مقایسه نتایج آزمایشات مارپیچ و مولتی گراویتی (دانه بندی های ۱۲۰- و ۱۴۰-مش) ۴۳

× فهرست منابع ۴۸

تشکروقدردانی :

در ابتدا لازم است از همکار محترم جناب آقای مهندس مجیدی که در برداشت نمونه گروه کانه آرایی را صمیمانه یاری کرده و گزارش زمین شناسی منطقه را تهیه نموده اند نهایت تشکر و قدردانی را بنمایم همچنین از همکاران محترم گروه شیمی آقای مهندس رهبر و سرکار خانم شهیدی که مسئولیت تجزیه شیمیایی نمونه ها را بر عهده داشته اند تشکرو قدردانی می شود و همچنین از سرکار خانمها صحت وزنوزی که برای مطالعه کلیه مقاطع صیقلی زحمت کشیده اند سپاسگزاری می گردد.

ازهمکاران گروه کانی شناسی جناب آقای مهندس تقوی و سرکارخانم جعفری نیز جهت شناسایی کانی ها تقدیر می گردد.

از همکار عزیز سرکارخانم زرین، علی عسکری که همچون گذشته زحمت تایپ گزارش و ترسیم جداول و فلوشیت را بر عهده داشته اند سپاسگزاری می شود.

بالاخره از تکنیسینهای گروه کانه آرائی آقایان مجتبی عباسی و محسن بخشی که در تهیه نمونه ها جهت آزمایش از هیچگونه همکاری دریغ نکرده اند قدردانی و تشکر می شود.

ایلمنیت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۲۸٪ است. از این مقدار ۲۱/۵٪ درگیر با گانگ و سایر کانیها و ۷٪ فاقد درگیری و آزاد است.

منیتیت: بصورت لکه های پراکنده و کریستالهای نیمه اتومورف و دانه های فاقد شکل هندسی مشخص در سنگ میزبان کانی سازی دارد. در اکثر قسمت ها منیتیت بصورت کریستالهای هم رشد و ناآمیخته با ایلمنیت دیده می شود.ابعاد کریستال های منیتیت ۲۰۰ – ۵۰ میکرن است و درصد فراوانی این کانی در سطح مقطع مورد مطالعه کمتر از ۳٪است که اکثرا آزاد و فاقد درگیری است.

پیریت: بصورت ذرات ریز و پراکنده دارای کریستالهای نئوفورمه که ابعادی مابین ۱۵ – ۳ میکرن دارد. درصد فراوانی پیریت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۲٪ است.

هماتیت و اکسید های ثانویه آبدار آهن: هماتیت بصورت اولیه در داخل کریستالهای ایلمنیت باابعادی مابین ۷ – ۵ میکرن بصورت انکلوزیون با فراوانی کمتر از ۱٪ مشاهده می شود. اکسیدهای ثانویه آبدار آهن در سنگ میزبان آغشتگی ایجاد کرده است و در مجموع فراوانی حدود ۸٪ دارد. وضعیت قرار گیری و انسجام کریستالهای ایلمنیت و منیتیت تابع بافت افشان disseminated است. نتایج ارائه شده مربوط به بررسی ۹۷۷ دانه در سطح مقطع مورد مطالعه است. درصدفراوانی ایلمتیت ۲۸ درصد و منیتیت ۳ درصد و هماتیت و اکسیدهای ثانویه آهن ۸ درصد و سولفورها ۴ درصد و گانگ ۵۷ درصد می باشد. هیچگونه آثاری از آلتراسیون و تجزیه شدگی در کریستالهای ایلمنیت و منیتیت مشاهده می شود.

نمونه شماره OS 1 - 7

در این نمونه کانی سازی فلزی به شرح زیر است:

ایلمنیت: بصورت دانه های جدا شده و پراکنده اغلب آزاد و فاقد درگیری با سایر کانه ها و گانگ مشاهده می شود. ابعاد دانه های ایلمنیت ما بین ۳۰۰ – ۴۰ میکرن متغیر است و بیشترین دانه های ایلمنیت مربوط به ابعادی حدود ۲۴۰ – ۱۰۰ میکرن است. درصد فراوانی ایلمنیت های آزاد و فاقد درگیری با گانگ و سایر کانی ها در حدود ۲۷/۳۴۱ درصد و ایلمنیت های درگیر با گانگ و سایر کانی ها ۷/۵۵۲ درصد و در مجموع ۳۴/۸۶۳ درصد است. ایلمنیت های درگیر در بعضی قسمت ها از یک طرف و در برخی دانه ها از دو طرف با سایر کانی ها درگیری دارد. درصد درگیری ایلمنیت ها در حدود ۰/۱ درصد می باشد.

منیتیت: بصورت دانه های جدا شده و لکه های پراکنده فاقد شکل هندسی تا نیمه اتومورف کانی سازی دارد. دانه های منیتیت ابعادی مابین ۲۸۰ – ۵۰ میکرن دارد بیشترین دانه های منیتیت مربوط به ابعادی حدود ۲۰۰ – ۱۰۰ میکرن است. در داخل ساختمان کریستالین بعضی از کریستالهای منیتیت شاهد ناآمیختگی ایلمنیت به صورت تیغه های ظریف و کشیده هستیم. تیغه های ایلمنیت موجود ابعادی مابین ۵۰ – ۱۰ میکرون دارد. درصد فراوانی منیتیت های آزاد و فاقد درگیری ۷/۲۵۰ درصد و درصد منیتیت های درگیر با گانگ و سایر کانی ها۲/۱۱۴ درصد و مجموع فراوانی منیتیت ۹/۳۶۴ درصد است. درصد دانه های منیتیت درگیر با گانگ و سایر کانیها ۰/۲۹۱ درصد می باشد.

هماتیت و اکسید های ثانویه آهن: به صورت لکه های کوچک و یا آغشتگی در گانگ دارای ابعادی متفاوت مابین ۱۳۰ – ۲۰ میکرون موجود است. درصد فراوانی این اکسید ها در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۲/۷۱۹ درصد است.

نمونه شماره OS 1 - 10

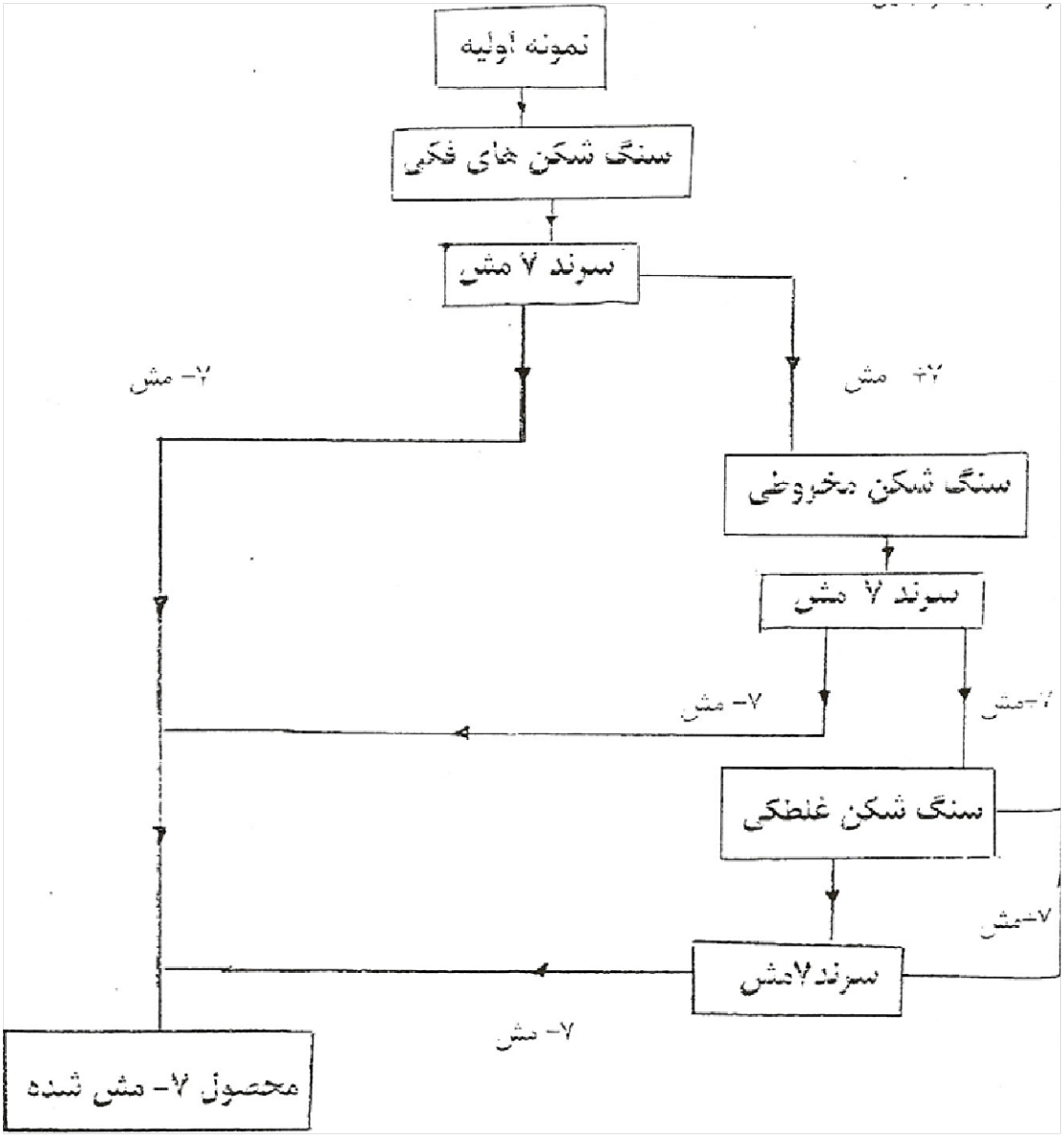
ایلمنـیت: بـصورت ذرات پـراکنده و اغلـب ریـز و فاقد درگیری با سایر کانه ها و گانگ مشاهده می شـود. درصد فراوانی ایلمنیت آزاد در سطح مقطع مورد مطالعه ۲۱/۴۷۶ درصد و ایلمنیت درگیر ۳/۱۲۷ درصـد و مجمـوع درصـد ایلمنـیت موجـود ۲۴/۶۰۳ درصـد اسـت. درصـد درگیری ذرات ایلمنیت در حـدود ۰/۱۲ اسـت. ابعاد ایلمنیت ها مابین ۱۲۰ – ۱۰ میکرون است و بیشترین دانه های ایلمنیت مربوط به ابعادی حدود ۱۰۰ – ۵۰ میکرون است.

منیتـیت: بـصورت دانه های پراکنده با کریستال های اتومورف و نیمه اتومورف مشاهده می شود ابعاد ذرات منیتیت موجود مابین ۱۱۵ – ۱۰ میکرون است و بیشترین دانه های منیتیت ابعادی حدود ۸۰ – ۳۰ میکـرون دارد. درصـد فراوانـی منیتـیت هـای آزاد در سـطح مقطـع حدود ۵/۲۱۲ درصد و منیتیت های درگیـر ۰/۱۶۶ درصـد اسـت و مجمـوع درصـد منیتـیت ها ۵/۳۷۸ درصد است. نسبت دانه های منیتیت درگیـر بـا گانـگ و سـایر کانـیهای در حـدود ۰/۰۳۱۸ درصد است. در داخل تعداد انگشت شماری از منیتـیت هـای تـیغه هـای ظریف ایلمنیت با ابعاد ۲۰ – ۵ میکرون موجود است. در برخی از کریستالهای منیتیت انکلوزیون های گروه سولفور دارای ابعادی حدود ۵ میکرون با تعداد کم مشاهده می شود.

هماتـیت و اکـسید های ثانویه آبدار آهن: بـصورت دانه های جدا شده و لکه های پراکنده در گانـگ و یـا آغـشته در گانـگ مـشاهده می شود. درصد فراوانی این اکسید ها ۳/۰۸۵ درصد در سطح مقطـع مـورد مطالعـه است. نتایج ارائه شده مربوط به بررسی۲۳۹۸ دانه در سطح مقطع مورد بحث است. کانـه هـای موجود در مقطع در مجموع ۳۳/۰۷ درصد و گانگ ۶۶/۹۳ درصد است. ایلمنیت آزاد ۴۷۶/ ۲۱ درصـد و ایلمنـیت درگیـر۳/۱۲۷ و منیتـیت آزاد ۵/۲۱۲ درصـد و منیتـیت درگیـر ۰/۱۶۶ درصـد و هماتـیت و اکسیدهای ثانویه آهن ۳/۰۸۵ درصد است. نسبت درگیری کانه اصلی این نمونه ایلمنیت در حدود ۰/۱۲ درصد است. (ایلمنیت درگیر/ ایلمنیت آزاد)

۴ – آماده سازی و خردایش نمونه اولیه

ابتدا نمونه اولیه توسط سنگ شکن های فکی – مخروطی و غلطکی مطابق فلوشیت زیر به دانه های کوچکتر از ۲/۸ میلیمتر تبدیل شد.



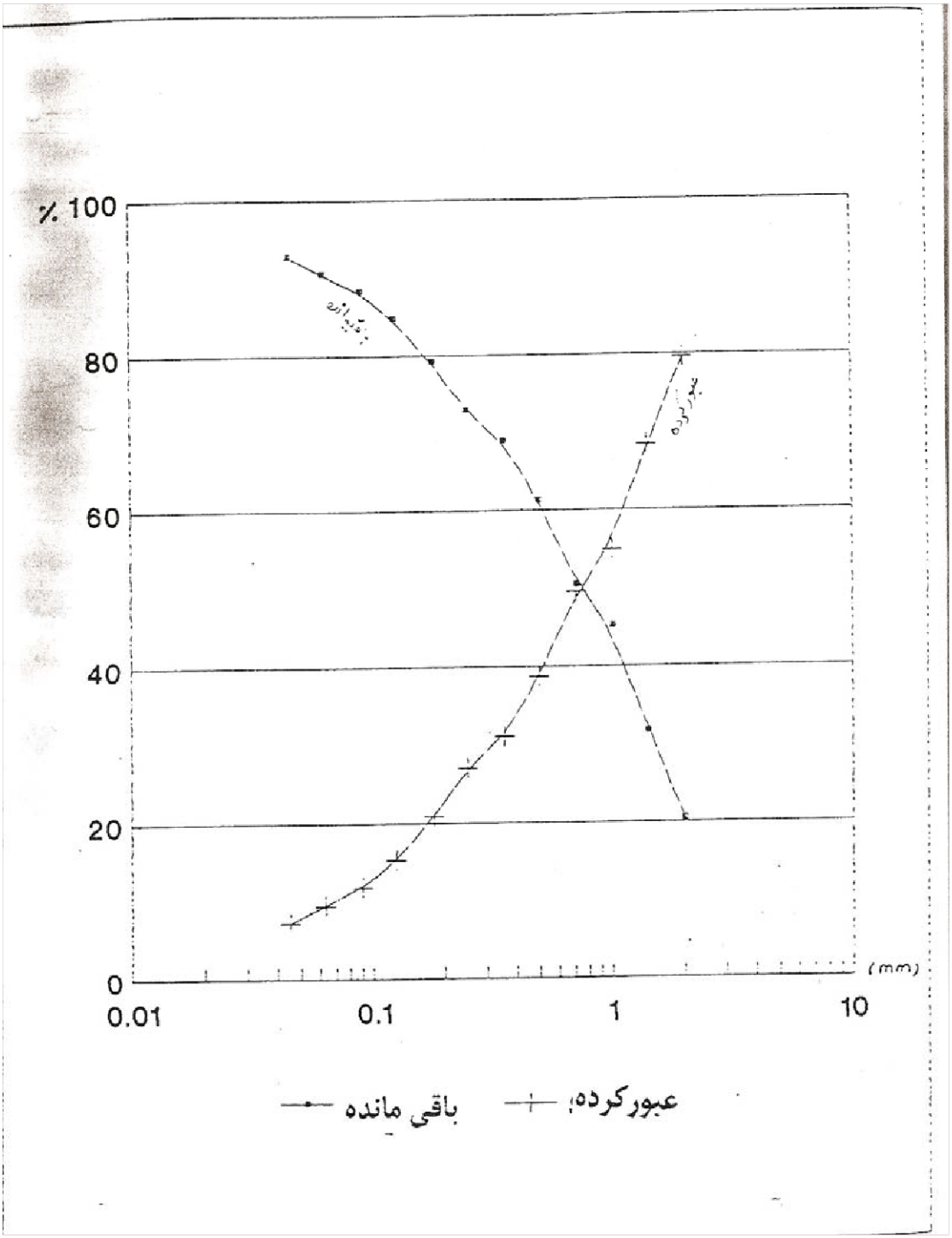
بعد از تهیه محصول ۷ – مش بصورت فوق ۴ نمونه به روش مخروط ناقص تقسیم گشت. یک قسمت به عنوان نمونه پشتیبانو بخش دیگر توسط تقسیم کن های مختلف به بسته های یک کیلوگرمی تقسیم شد؛نهایتا از چند بسته با تقسیم های متوالی چند نمونه معرف برای ارسال به آزمایشگاههای مختلف تهیه گردید وسایر بسته های یک کیلوگرمی نیز برای مصارف مختلف کانه آرائی در نظر گرفته شد.

۵ – آزمایش تجزیه سرندی

نتایج حاصل از انجام آزمایش تجزیه سرندی در جدول شماره ۳ و گراف شماره ۱ آورده شده است.

ابعاد ذرات		درصدوزنی تجمعی			عیار %		
		درصدوزنی					
مش	میلیمتر	بین دوسرند	باقیمانده	عبورکرده	TiO2	Fe2O3	SiO2
۱۰	۲	۲۰/۳۹	۲۰/۳۵	۷۹/۶۱	۱۰/۹۲	۳۵/۰۶	۳۳/۳۱
۱۴	۱/۴	۱۱/۲۳	۳۱/۶۲	۶۸/۳۸	۱۰/۲۱	۳۸/۴۵	۳۳/۴۹
۱۸	۱	۱۳/۵	۴۵/۱۲	۵۴/۸۸	۱۱/۷۸	۴۰/۰۱	۳۳/۹۶
۲۵	۰/۷۱	۵/۳۸	۵۰/۴۲	۴۹/۵۷	۱۱/۹۴	۴۰/۲۲	۳۳/۴۷
۳۵	۰/۵	۱۰/۸۶	۶۱/۲۹	۳۸/۷۱	۱۳/۱۹	۴۱/۸۴	۲۹/۱
۴۵	۰/۳۵۵	۷/۶۶	۶۸/۹۵	۳۱/۰۵	۱۲/۶۵	۴۲/۶۱	۳۴/۱۲
۶۰	۰/۲۵	۴/۰۱	۷۲/۹۶	۲۷/۰۴	۱۲/۸۸	۴۳/۱۴	۳۷/۶۵
۸۰	۰/۱۸	۶/۲۰	۷۹/۱۶	۲۰/۸۴	۱۳/۱	۴۴/۱۶	۲۷/۱۱
۱۲۰	۰/۱۲۵	۵/۵۵	۸۴/۷۲	۱۵/۲۸	۱۲/۴۶	۴۳/۲۴	۲۹
۱۷۰	۰/۰۹	۳/۵۳	۸۸/۲۴	۱۱/۷۶	۱۱/۴۴	۴۱/۵۱	۳۵/۷۶
۲۳۰	۰/۰۶۳	۲/۳۲	۹۰/۵۶	۹/۴۴	۹/۲۷	۴۰/۲۶	۳۷/۵۷
۳۲۵	۰/۰۴۵	۲/۲۷	۹۲/۷۸	۷/۲۲	۶/۶۵	۳۹/۴۸	۳۱/۷۱
–۳۲۵	–۰/۰۴۵	۷/۲۲	—	—	۶/۵	۳۵/۰۹	۴۳/۰۶
برزرودی	—	۱۰۰	—	—	۱۱/۳۳۴	۴۰/۳۰۴	۳۳/۴۳۲

جدول ۳ – جدول تجزیه سرندی نمونه ۷ مش شده


٪ 100
80
60
40
20
0
0.01
0.1
1
10
(mm)
باقی مانده
عبورکرده

از جدول و گراف تجزیه سرندی نتایج زیر حاصل می شود .

۱ – d80 نمونه تقریبا ۲ میلیمتر می باشد.

۲ – تغییرات TiO_2 و Fe_2O_3 در دانه بندی بزرگتر از ۰/۰۹ میلیمتر چندان محسوس نیست.

۳ – عیار TiO_2 و Fe_2O_3 در نرمه (دانه های ۴۵-میکرون) کاهش یافته است.

۴ – روند تغییرات عیار TiO_2 با عیار Fe_2O_3 رابطه مستقیم و با عیار SiO_2 رابطه معکوس دارد.

۶ – جدایش های ثقلی :

با توجه به وجود اختلاف کافی بین وزن مخصوص کانی ایلمنیت و سیلیت اریکسو با سایر کانی ها از سوی دیگر استفاده از روشهای ثقلی برای جداسازی موثر بنظر می رسد.

۱ – ۶ – آزمایش بامیزلرزان

الف) آزمایش با دانه بندی ۱۲۰+ ۶۰- مش(۰/۱۲۵+۰/۲۵-میلیمتر)

با توجه به نتایج مطالعات میکروسکپی چنین به نظر می رسد که دراین دانه بندی بیش از ۸۰ درصد از ایلمنیت نمونه اولیه از کانی های سیلیکاته و سایر کانی ها آزاد باشد از این جهت ابتدا نمونه اولیه (تقسیم شده) را توسط آسیای میله ای به ابعاد ۶۰- مش تبدیل کرده و سپس به نحو زیر بامیر مورد جدایش قرار گرفت.

۱ – آزمایشات در سه نوبت به منظور کاهش خطاهای احتمالی در حین انجام آزمایش صورت گرفت.

۲ – میز به نحوی تنظیم شد که تنها دو محصول از آن گرفته شود (پرعیار و باطله)

۳ – نمـونه گیـری از نقاط مختلف عرضی میز صورت گرفت تا تغییرات عیار و بازیابی به طور دقیق در این نقاط بررسی گردد.

نتایج این آزمایشات درجداول ۴ ؛ ۵ ؛ ۶ و ۷ آورده شده است .

نام محصول	درصدوزنی	%TiO2		%Fe2O3		%SiO2	
		عیار	بازیابی	عیار	بازیابی	عیار	بازیابی
پرعیار ۱	۳۶	۳۳/۰۵	۱۳۴/۸	۵۳/۱۵	۴۷/۹	۳۳/۱۸	۲۳/۷
باطله ۱	۶۴	۴/۳۷	۲۵/۲	۳۲/۴۴	۵۲/۱	۴۱/۹۵	۷۶/۳
بارورودی	۱۰۰	۱۱/۰۹	۱۰۰	۳۹/۹	۱۰۰	۳۵/۲	۱۰۰
پرعیار ۲	۷۰/۷	۱۷/۱۱	۸۷/۳	۴۱/۷	۷۴/۸	۲۹/۵۳	۶۲/۳
باطله ۲	۲۹/۳	۶/۰۱	۱۲/۷	۳۳/۹۸	۲۵/۲	۴۳/۱۶	۳۷/۷
بارورودی	۱۰۰	۱۳/۸۶	۱۰۰	۳۹/۳۶	۱۰۰	۳۳/۵۲	۱۰۰
پرعیار ۳	۱۲/۵	۲۴/۰۹	۲۵/۶	۵۳/۲۸	۱۶/۵	۲۱/۷۷	۸/۲۰
باطله ۳	۸۷/۵	۹/۹۸	۷۴/۴	۳۸/۵۱	۸۳/۵	۳۴/۹۶	۹۱/۸
بارورودی	۱۰۰	۱۱/۳۴	۱۰۰	۴۰/۳۶	۱۰۰	۳۳/۳۱	۱۰۰
پرعیار ۴	۴۱/۵	۲۲/۴	۷۱	۵۲/۵۲	۵۲/۲	۱۳/۴۸	۲۰/۲
باطله ۴	۵۸/۵	۶/۵	۲۹	۳۴/۱۱	۴۷/۸	۳۷/۷۱	۷۹/۸
بارورودی	۱۰۰	۱۳/۱	۱۰۰	۴۱/۷۵	۱۰۰	۳۷/۶۵	۱۰۰

جدول شماره ۴ - نتایج اولین آزمایش میزبری دانه بندی ۱۲۰+۶۰- مش

نتیجه گیری :

۱ – به نظر می رسد پرعیار ۲۳/۰۵٪ TiO_2 و بازیابی ۷۴/۸ درصد و جمعیت بهتری نسبت به سایر پرعیارها دارد.

۲ – در باطله ۱ نیز نسبت به سایر باطله ها عیار TiO_2 کمتراست و بی حدود ۲۵/۲ درصد TiO_2 را در این محصول از دست می دهیم.

۳ – اختلاف عیار ها در ۱ میانگین محاسبه شده بار ورودی احتمالا بعلت یکنواخت نبودن بار ورودی بوده است.

نام محصول	درصدوزنی	%TiO2		%Fe2O3		%SiO2	
		عیار	بازیابی	عیار	بازیابی	عیار	بازیابی
پرعیار ۱	۱۲/۶	۲۵/۰۵	۲۶/۱	۵۳/۰۶	۱۶/۵	۲۱/۰۸	۸/۸
باطله ۱	۸۷/۴	۱۰/۲۵	۷۳/۹	۳۸/۷۴	۸۳/۵	۳۱/۷۱	۹۱/۲
بارورودی	۱۰۰	۱۲/۸۲	۱۰۰	۴۰/۵۵	۱۰۰	۳۰/۳۷	۱۰۰
پرعیار ۲	۸/۴	۳۰/۰۵	۲۸/۶	۶۱/۲۴	۱۳/۸	۸	۱/۹
باطله ۲	۹۱/۶	۶/۸۳	۷۱/۴	۲۶/۷۵	۸۶/۲	۳۶/۹۶	۹۸/۱
بارورودی	۱۰۰	۸/۷۷	۱۰۰	۳۶/۹۶	۱۰۰	۳۴/۵۴	۱۰۰
پرعیار ۳	۵۳/۶	۱۸/۶۲	۷۶/۸	۶۰/۷۷	۶۰/۶	۲۱/۹۴	۳۹/۸
باطله ۳	۴۶/۰	۶/۵۸	۲۳/۲	۳۴/۱۰	۳۸/۴	۳۸/۸۵	۶۰/۲
بارورودی	۱۰۰	۱۳/۰۷	۱۰۰	۴۰/۹۳	۱۰۰	۲۹/۷۴	۱۰۰

جدول شماره ۵- نتایج دیمص آزمایش میز برای دانه بندی ۱۲۰+۶۰- مش

نتیجه گیری:

۱ – بیشترین عیار مربوط به پر عیار ۲ با عیار ۳۰/۰۵ درصد TiO_2می باشد که از نظر عیار نسبتا مطلوب است ولی باطله این عیار دارای ۶/۸۳٪ TiO_2 و بازیابی ۷۱/۴ می باشد.

۲ – تغییرات عیار بار ورودی به علت عدم تعادل میز در باردهی بوده است.

نام محصول	درصدوزنی	%TiO2		%Fe2O3		%SiO2	
		عیار	بازیابی	عیار	بازیابی	عیار	بازیابی
پرعیار ۱	۲۱/۱	۲۴/۱۲	۳۸/۹	۵۲/۹۴	۲۶/۹	۲۱/۷۸	۱۳/۸
باطله ۱	۷۸/۹	۱۰/۱۵	۶۱/۱	۳۸/۴۵	۷۳/۱	۳۶/۳۰	۸۶/۲
بارورودی	۱۰۰	۱۳/۱	۱۰۰	۴۱/۵۱	۱۰۰	۳۳/۲۲	۱۰۰
پرعیار ۲	۷۱/۳	۱۶/۳۱	۸۶/۱	۴۵/۳۲	۷۷/۳	۲۵	۶۳
باطله ۲	۲۸/۷	۶/۱۴	۱۳/۹	۳۲/۹۴	۲۲/۷	۳۶/۳۸	۳۷
بارورودی	۱۰۰	۱۳/۵۱	۱۰۰	۴۱/۷۶	۱۰۰	۲۸/۳۷	۱۰۰
پرعیار ۳	۵۶	۲۰/۱۴	۸۵/۵	۴۸/۵۴	۶۶/۲	۳۰/۴۱	۴۹/۴
باطله ۳	۴۴	۴/۳۴	۱۴/۵	۳۱/۲۸	۳۳/۸	۳۹/۶۲	۵۰/۶
بارورودی	۱۰۰	۱۳/۱۹	۱۰۰	۴۱/۰۸	۱۰۰	۳۴/۴۶	۱۰۰
پرعیار ۴	۶۰/۶	۱۷/۰۶	۸۴/۳	۴۵/۶۳	۶۹/۴	۲۲/۸۱	۴۹/۳
باطله ۴	۳۹/۴	۴/۵۹	۱۵/۷	۳۰/۹۷	۳۰/۶	۳۶/۱۲	۵۰/۷
بارورودی	۱۰۰	۱۱/۵۴	۱۰۰	۳۵/۷۶	۱۰۰	۲۸/۰۵	۱۰۰
پرعیار ۵	۱۱/۵	۳۱/۲۶	۲۷/۶	۶۰/۷۷	۱۶/۶	۷/۰۲	۲/۶
باطله ۵	۸۸/۵	۱۰/۶۴	۷۲/۵	۳۹/۴۱	۸۳/۴	۳۴/۲۷	۹۷/۴
بارورودی	۱۰۰	۱۳	۱۰۰	۴۱/۸۶	۱۰۰	۳۱/۱۵	۱۰۰

جدول شماره ۶- نتایج دومین آزمایش میز برای دانه بندی ۱۲۰+۶۰- مش

نتیجه گیری :

بـه نظـر می رسد که پر عیار ۳ با ۲۰/۱۴ درصد TiO_2 و باطله با عیار ۴/۳۴ درصد TiO_2 و بازیابی ۵/ ۱۴ درصد وضعیت بهتری نسبت به سایر محصولات دارد.

نام محصول	درصدوزنی	%TiO2		%Fe2O3		%SiO2	
		عیار	بازیابی	عیار	بازیابی	عیار	بازیابی
پرعیار ۱	۴/۱	۲۸/۱	۱۰/۵	۵۲/۳۸	۶/۱	۱۲/۵۵	۱/۵
باطله ۱	۹۵/۹	۱۰/۱۹	۸۹/۵	۳۹	۹۳/۹	۳۴/۵۵	۹۸/۵
بارورودی	۱۰۰	۱۰/۹۲	۱۰۰	۳۹/۸۳	۱۰۰	۳۳/۶۵	۱۰۰
پرعیار ۲	۲۶/۸	۲۲/۳۴	۵۴/۴	۵۲/۷	۳۵/۸	۱۵/۳۸	۱۳/۹
باطله ۲	۷۳/۲	۶/۸۵	۴۵/۶	۳۴/۶۳	۶۴/۲	۳۴/۹۳	۸۶/۱
بارورودی	۱۰۰	۱۱	۱۰۰	۳۹/۳۰	۱۰۰	۲۹/۶۹	۱۰۰

جدول شماره ۷- نتایج چهارمین آزمایش جیگ برای طبقه بندی ۱۲۰-۶۰۰ میکرون

نتیجه گیری:

نتایج نشان میدهد که پر عیار ۱ با عیار ۲۸/۱ درصد TiO_2 دارای وضعیت مطلوب تری است ولی افت بازیابی در باطله ۲ کمتر از باطله اول است.

ب) – آزمایش با دانه بندی ۱۴۰+۶۰- مش (۰/۱۰۶+۰/۲۵- میلیمتر) نمونه اولیه

هدف از انجام این آزمایشات با توجه به نتایج آزمایشات قبلی به شرح زیر است:

۱ – با ایجاد دانه بندی ۱۴۰+۶۰- مش مقدار کمتری ازنمونه(۱۴۰-مش) نسبت به (۱۲۰-مش) آزمایشات قبلی از مدار میز خارج می گردد.

۲ – گرفتن یک پرعیار با عیار بالای TiO_2(حدود ۲۸ – ۲۷ درصد).

۳ – گرفتن یک باطله با عیار پایین TiO_2 (حدود ۳ درصد).

۴ – با خارج کردن این باطله از مدار سایر عملیات فرآوری روی محصولات متوسط و پر عیار صورت خواهد گرفت.

با اهداف فوق ۴ آزمایش میز که نتایج آن در جداول ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ آورده شده است انجام گرفت.

در ۴ آزمایش اول جداول ۸ و ۹ و ۱۰ ابتدا سعی شده است که یک باطله خوب از نمونه گرفته شود وسپس پر عیار بدست آمده مجددا پاک گردد در این صورت ۳ محصول پرعیار و متوسط و باطله از هریک ازسه میز حاصل شده است اختلاف این سه آزمایش به ترتیب باتغییر در نقاط جدایش محصول از یکدیگر در هردو مرحله میز بوده است. این تغییرات با هدف کلی کاهش عیار در محصول باطله و افزایش آن در محصول پر عیار در نظر گرفته شده بود. در آزمایش آخر از جدول ۱۱ با افزایش شیب میز سعی شد که عملیات در یک مرحله انجام گیرد لذا در همان یک مرحله سه محصول پر عیار – متوسط و باطله گرفته شد.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات

TiO2

نام محصول	درصدوزنی	عیار	بازیابی
پرعیار	۴۳	۲۰	۳۷/۱۰
متوسط	۴۱/۶۵	۱۰ *	۵۹/۶۳
باطله	۱۵/۳۵	۲/۳۳	۳/۲۷
بازورزدی	۱۰۰	۱۳/۱۸۴	۱۰۰

جدول ۸- نتایج اولین آزمایش میز برای دانه بندی ۱۴۰+۶۰- مش

TiO2

نام محصول	درصدوزنی	عیار	بازیابی
پرعیار	۶/۰۹	۳۲ *	۲۹
متوسط	۲۳/۹	۱۰/۲ *	۱۷/۱
باطله	۳۰/۰۶	۳/۸۶	۸/۵
بازورودی	۱۰۰	۱۲/۹۸	۱۰۰

جدول ۹- نتایج دومین آزمایش میز برای ذرات ۱۴۰+۶۰- مش

* تصحیح داده‌ها بر اساس نتایج جداسازی های ثقلی آمده است

نام محصول	درصدوزنی	عیار TiO2	بازیابی
سنگین	۹/۸	۲۷/۸۵	۲۱/۴۲
متوسط	۳۶/۸	۱۷/۸۹	۵۱/۶۸
سبک	۵۳/۴	۶/۴۲	۲۶/۹۰
تغذیه برزرودی	۱۰۰	۱۰/۸۴	۱۰۰

جدول ۱۰- نتایج سومین آزمایش میز برای ذرات ۱۴۰+۶۰- مش

نام محصول	درصدوزنی	عیار TiO2	بازیابی
سنگین	۱۰/۲	۲۶/۰۱	۲۲/۳۶
متوسط	۳۳/۳	۱۰/۸۲	۷۵/۳۹
سبک	۵۶/۴	۱/۵۵	۲/۲۵
تغذیه برزرودی	۱۰۰	۱۳/۳۳	۱۰۰

جدول ۱۱- نتایج چهارمین آزمایش میز برای ذرات ۱۴۰-۶۰- مش

نتیجه گیری :

۱ - در آزمایش اول باطله با عیار ۲/۷۳ درصد TiO_2 و بازیابی ۳/۲۲ بسیار مناسب است.

۲ – در آزمایش سوم پر عیار با عیار ۲۷/۸۵ درصد TiO_2 و بازیابی ۲۱/۴۲ نسبتا مناسب است.

۳ – در آزمایش چهارم با اینکه عملیات در یک مرحله انجام گرفته است پرعیار حدود ۲۹ درصد TiO_2 گرفته شده است.

ولی عیار باطله ای آن کمی بیشتر ازهدف تعیین شده می باشد که به نظر می رسد علت آن شیب زیاد میز لرزان بوده است.

ج – آزمایش نهایی میز بر روی دانه بندی ۱۴۰+۶۰- مش (۰/۱۰۶+۰/۲۵- میلیمتر) نمونه اولیه

این آزمایش با هدف کلی کاهش عیار TiO_2 در محصول باطله (در دانه بندی فوق) صورت گرفته است. برای این منظور آزمایش در دو مرحله انجام شد با این هدف که در مرحله اول یک باطله خوب گرفته شود و در مرحله دوم با حفظ شرایط میز چهارم سعی در گرفتن یک پر عیار خوب گردد.

نتایج این آزمایش در جدول ۱۲ آورده شده است.

نام محصول	درصد وزنی	عیار TiO_2	بازیابی
پرعیار	۶/۹۴	۲۸/۷۳	۱۵/۷۳
متوسط	۸۰/۶۴	۱۲/۶۸	۸۰/۹۹
باطله	۱۲/۴۲	۲/۷۳	۳/۲۸
خوراک ورودی	۱۰۰	۱۲/۶۷	۱۰۰

جدول ۱۲– نتایج آزمایش نهایی میز برروی دانه بندی ۱۴۰+۶۰- مش

نتیجه گیری :

نـتایج نـشان مـی دهـد که مطابق هدف تعیین شده پرعیار و باطله نسبتا مطلوبی از نمونه اولیه گرفته شده است.

۲ – ۶ – انجام آزمایشات مارپیچ همفری (اسپیرال)

این آزمایش بر روی دو دانه بندی صورت گرفت:

۱ – دانه بندی گسترده مربوط به نمونه اولیه با ابعاد ۴۰۰+۶۰- مش (۰/۰۳۸+۰/۲۵- میلیمتر).

۲ – دانـه بـندی ۱۴۰- مـش (۰/۱۰۶ – میلیمتـر) هـنگام تهیه نمونه برای انجام میزهای سری دوم (با دانه بندی ۱۴۰+۶۰- مش؛ ۰/۱۰۶+۰/۲۵- میلیمتر) بدست آمده بود.

الف) آزمایش مارپیچ بر روی ابعاد ۴۰۰+۶۰- مش (۰/۰۳۸ + ۰/۲۵- میلیمتر)

هـدف از انجام آزمایش که در دو مرحله صورت پذیرفت تهیه محصول باطله با حداقل عیار TiO_2 در مـرحله اول و تولـید پـرعیاری قابـل مقایـسه بـا آزمایـشات میـز در مـرحله دوم بود. محصولات باطله و متوسـط در مـرحله اول جـدایش گـرفته شـدند و در مـرحله دوم ، در اثر جدایش پرعیار مرحله اول دو محصول پرعیار کر نهایی و پرعیار حاصل شد.

نتایج این آزمایش در جدول ۱۳ آورده شده است.

نام محصول	درصدوزنی	عیار TiO_2	بازیابی
پرعیارنهایی	۴۲	۱۹/۲	۶۶/۸
پرعیار	۴۲/۵	۶/۹	۲۴/۳
متوسط	۹	۶/۹۴	۵/۲
باطله	۶/۵	۶/۸۳	۳/۷
بارورودی	۱۰۰	۱۲/۰۶	۱۰۰

جدول ۱۳- نتایج آزمایش اسپیرال برروی دانه بندی ۴۰۰+۶۰- مش

نتیجه گیری :

۱ – حدود ۶۷ درصد کل TiO_2 در محصول پرعیار با عیار ۱۹درصد جای گرفته است که در مقایسه با میز از عیار کمتری برخوردار است.

۲ – عیار باطله (حدود ۷٪ TiO_2) نسبتا زیاد می باشد.

۳ – با حذف ذرات ۴۰۰- مش گه دارای عیار TiO_2 ۶/۳۲ درصد بوده و حدود ۲۶ درصد از کل نمونه اولیه را تشکیل می دهد؛ افت بازیابی افزایش خواهد یافت.

ب)آزمایشات مارپیچ بر روی ابعاد ۱۴۰- مش (۰/۱۰۶- میلیمتر)

همانطور که قبلا توضیح داده شد این آزمایشات بر روی نمونه ۱۴۰- مش حاصل از تهیه نمونه ۱۴۰+ ۶۰- مش انجام گرفت. این دو آزمایش با هدف تهیه یک باطله خوب با عیار پایین و بدست آوردن

یک پرعیار با عیار نسبتا بالا انجام شد. تفاوت آزمایش با آزمایش اول در این است که جهت کم کردن حجم باطله مقدار آب شستشو کاهش یافته است.

نتایج این دو آزمایش در جداول ۱۴ و ۱۵ آورده شده است .

نام محصول	درصدوزنی	عیار TiO2	بازیابی
پرعیارنهایی	۱۴/۴	۱۴/۵۴	۲۵/۴
پرعیار	۱۴/۲	۸/۱۱	۱۴
متوسط	۳۰/۸	۷/۳۵	۲۷/۴
باطله	۴۰/۶	۶/۷۵	۳۳/۲
باروورودی	۱۰۰	۸/۲۵	۱۰۰

جدول ۱۴- نتایج اولین آزمایش اسپیرال برروی دانه بندی ۱۴۰- مش

نام محصول	درصدوزنی	عیار TiO2	بازیابی
پرعیار	۱۴/۰۷	۱۵/۷۴	۲۸/۵۵
متوسط	۳۹/۸	۷/۱۰	۳۶/۴۲
باطله	۴۶/۱۳	۵/۸۹	۳۵/۰۳
باروورودی	۱۰۰	۷/۷۵۸	۱۰۰

جدول ۱۵ – نتایج دومین آزمایش اسپیرال بر روی دانه بندی ۱۴۰- مش

توضیح آنکه در آزمایش اول و در مرحله اول جدایش؛ باطله و متوسط جدا گشتند و سپس محصول پرعیار مجددا مورد جدایش قرار گرفت و محصولات پر عیار نهایی و پرعیار بدست آمد ولی در آزمایش دوم و درمرحله اول جدایش فقط باطله گیری صورت گرفت. سپس در مرحله دوم محصول باقی مانده مجددا مورد جدایش قرار گرفت و محصولات پرعیار و متوسط بدست آمد.

نتیجه گیری :

۱ – حداکثر عیار بدست آمده در این مرحله از آزمایشات حدود ۱۴ درصد می باشد.

۲ – تغییرات در فشار آب شستشو در آزمایش دوم تاثیر محسوسی بر نتایج نداشته است.

۳ – افت بازیابی در محصول باطله زیاد است.

۳ – ۶ – انجام آزمایشات مولتی گراویتی:

این آزمایشات بر روی دانه های ۱۲۰- مش و ۱۴۰- مش حاصل از خردایش نمونه اولیه تا ۶۰- مش جهت انجام آزمایشات میزهای سری اول و سری دوم انجام گرفت. هدف از انجام این آزمایشات مقایسه عملکرد مولتی گراویتی با اسپیرال ؛ تهیه محصول پرعیاری با عیار بیش از ۲۰ درصد TiO_2 جهت انجام جدایش بعدی با جداکننده های الکترواستاتیک و الکترومغناطیس بود.

الف) آزمایشات مولتی گراویتی برای ذرات ۱۴۰- مش (۰/۱۰۶- میلیمتر)

این سه آزمایش با ثابت نگه داشتن شیب دستگاه؛ دور و خوراک ورودی دستگاه انجام گرفت. و تنها پارامتری که در این مرحله تغییر داده شد فشار آب شستشو بود. طبیعی است که با افزایش فشار آب درصد وزنی پرعیار کاهش یافته و عیار آن افزایش پیدا خواهد کرد. تغییر در سایر پارامترها به منظور پیدا کردن شرایط بهینه در مرحله دوم عملیات کانه آرائی بر روی این نمونه (گزارش مرحله دوم)

انجام خواهد گرفت. پارامترهای عملیاتی دستگاه برای سه آزمایش مورد نظر به شرح جدول ۱۶ میباشد.

۱ – آزمایش اول :

شرایط آزمایش به صورت زیر در نظر گرفته شد.

شماره آزمایش	دبی بار(دقیقه /گرم)	آب همراه بار (دقیقه / لیتر)	دور(RPM)	آب شستشو(دقیقه / لیتر
۱	۹۰۰	۳	۲۰۵	۲
۲	۹۰۰	۳	۲۰۵	۳
۳	۹۰۰	۳	۲۰۵	۵

جدول ۱۶– پارامترهای عملیاتی دستگاه مولتی گراویتی درآزمایشات اول تا سوم

نتایج حاصل از ۳ آزمایش مورد نظر درجدول ۱۷ آورده شده است .

نام محصول	درصدوزنی	عیار TiO_2	بازیابی
پرعیار	۶۸/۱۸	۱۰/۳	۸۰/۵۲
متوسط	۱۵/۴۵	۸/۸۵	۱۵/۲
باطله	۱۶/۳۷	۲/۲۸	۴/۲۸
باروروودی	۱۰۰	۸/۷۲۱	۱۰۰
پرعیار	۵۳/۷۵	۱۰/۸۱	۷۱/۸
متوسط	۲۳/۴۹	۷/۶۵	۲۲/۲
باطله	۲۲/۷۶	۲/۱۴	۶
باروروودی	۱۰۰	۸/۰۹	۱۰۰
پرعیار	۴۸/۳۴	۱۰/۷۷	۶۳/۰۷
متوسط	۲۸/۴۸	۸/۵۲	۲۹/۴
باطله	[illegible]	۲/۶۸	۷/۵۳
باروروودی	[illegible]	۸/۲۵۴	۱۰۰

جدول ۱۷- نتایج حاصل از ۳ آزمایش مولتی گراویتی برای ذرات ۱۴۰- مش

نتیجه گیری :

۱ – همانطور که در جدول ۱۷مشاهده می شود افزایش فشار آب شستشو در کاهش درصد وزنی محصول پرعیار نقش داشته است ولی سبب افزایش عیار این محصولات نشده است.

۲ – به منظور دسترسی به محصول پرعیاری با عیاری به قدر کافی بالا تغییرات در سایر پارامترهای عملیاتی نیز باید صورت گیرد.

۳ – وضعیت عیار باطله بسیار مطلوب است وبه نظر می رسد که با حذف این باطله از مدار و انجام آزمایش مولتی گراویتی بر روی محصولات متوسط و پرعیار این آزمایشات بتوان محصولی پرعیار با شرایط مناسب بدست آورد.

ب) آزمایش مولتی گراویتی برای ذرات ۱۲۰- مش(۰/۱۲۵میلیمتر)

این آزمایش نیز با همان اهداف سه آزمایش قبل انجام گرفت. پارامترهای عملیاتی نیز به شرح جدول ۱۷ در نظر گرفته شد.

ب) آزمایش مولتی گراویتی برای ذرات ۱۲۰- مش (۰/۱۲۵- میلیمتر)

این آزمایش نیز باهمان اهداف سه آزمایش قبل انجام گرفت . پارامترهای عملیاتی نیز به شرح جدول ۱۷ درنظرگرفته شد.

دبی بار (دقیقه/ گرم)	آب همراه بار (دقیقه /لیتر)	دور(RPM)	آب [illegible] (دقیقه/ لیتر)
۹۰۰	۳	۲۳۰	۷

جدول ۱۷- متغییرهای عملیاتی درچهارمین آزمایش مولتی گراویتی

نتایج بدست آمده ازاین آزمایش باتوجه به شرایط فوق درجداول ۱۸ آورده شده است .

نام محصول	درصدوزنی	عیار TiO2	بازیابی
پرعیار	۳۳/۲۳	۱۲/۹۸	۵۲/۹۲
متوسط	۳۰/۶۶	۹/۱	۳۴/۲۳
باطله	۳۶/۱۱	۳/۹۰	۱۲/۸۵
بازوروذی	۱۰۰	۸/۱۵	۱۰۰

جدول ۱۸- نتایج حاصل از آزمایش مولتی گراویتی برای ذرات ۱۲۰- مش

نتیجه گیری:

۱ – پرعیار بدست آمده در این آزمایش در مقایسه با آزمایشات قبلی (ذرات ۱۴۰-مش) از عیار بالاتری برخوردار است . ولی به منظور حصول پرعیار بهتر بایداین آزمایش با ایجاد تغییرات در سایر پارامترهای عملیاتی نیز انجام پذیرد.

۲ – باطله بدست آمده از این آزمایش مناسب می باشد از این جهت به نظر می رسد با حذف این باطله از مدار و انجام آزمایش مولتی گراویتی بر روی محصولات متوسط و پرعیار این آزمایشات بتوان محصول پرعیار با شرایط مناسب بدست آورد.

۷ – جدایش با جدا کننده الکترواستاتیک

به کارگیری جداکننده الکترواستاتیک که در حقیقت مکمل روشهای ثقلی است با هدف جدایش منیتیت وایلمنیت از سایر کانی ها صورت پذیرفت. این آزمایشات در مرحله اول گزارش تنها بر روی محصول پرعیار صورت گرفته است تا عیار TiO_2 در محصول پرعیار تا حد ممکن افزایش یابد .از این جدا کننده برای محصول میانی نیز استفاده خواهد شد.

الف) انجام آزمایش الکترواستاتیک بر روی پرعیار میزچهارم با ابعاد ۱۴۰+۶۰- مش

شرایط انجام این آزمایش بر روی محصول پرعیار میزچهارم با ولتاژ ۳۰ کیلووات درجهت جدایش کانی های سیلیکاته از منیتیت وایلمنیت تنظیم شد. نتایج حاصل از این آزمایش در جدول شماره ۱۹ آورده شده است .

نام محصول	درصدوزنی	TiO2 عیار	بازیابی نسبی	Fe2O3 عیار	بازیابی نسبی
پرعیار	۹۳/۴۵	۲۷/۷۰	۹۵/۶۹	۵۷/۸۲	۹۴
باطله	۶/۵۵	۱۷/۸۶	۴/۳۱	۵۲/۵۸	۶
خوراک ورودی	۱۰۰	۲۷/۰۵	۱۰۰	۵۷/۴۸	۱۰۰

جدول ۱۹- نتایج حاصل از آزمایش الکترواستاتیک برروی محصول پرعیار میز چهارم ۱۴۰+۶۰-مش شده

نتیجه گیری :

نـتایج حاصـل از ایـن آزمـایش نشان می دهد که مقدار قابل ملاحظه ای از کانی های منیتیت و ایلمنیت وارد محصول باطله شده اند از این جهت در آزمایش های بعدی می بایست تمهیداتی در جهت کاهش عیار TiO_2 و Fe_2O_3 در محصول باطله و در نتیجه افزایش عیار TiO_2 در محصول پرعیار اندیشید و پارامترهای عملیاتی دستگاه ها را در این جهت تعدیل کرد.

ب) انجام آزمایشات الکترواستاتیک بر روی پرعیار میزنهایی:

شـرایط انجام آزمایش الکترواستاتیک بر روی پرعیار میز نهایی با ولتاژ (۲۰ کیلوولت) در جهت گرفتن یـک باطلـه خـوب تنظـیم شـد تا حداکثر عیار TiO_2 در محصول پرعیار حاصل گردد. البته برای بهینه کـردن ایـن آزمـایش نـیاز بـه انجام تعداد آزمایشات بیشتری با تغییر در پارامترهای عملیاتی دستگاه می

باشـد؛ کـه ایـن امـر در صـورت لـزوم در آیـنده انجام خواهد گرفت. نتایج حاصل از آزمایش فوق در جدول ۲۰ آورده شده است.

نام محصول	درصدوزنی	عیار TiO2	بازیابی نسبی
پرعیار	۸۴/۴	۳۰/۱۰	۹۱/۳۵
باطله	۱۵/۲	۱۵/۹۱	۸/۶۵
بارورودی	۱۰۰	۲۷/۹۴۳	۱۰۰

جدول ۲۰ – نتایج حاصل از آزمایش الکترواستاتیک برروی محصول پرعیار میز نهایی

نتیجه گیری:

بـا انجـام آزمـایش الکترواستاتیک بر روی پرعیار میز نهایی حدود ۱/۵ درصد عیار TiO2 در محصول پرعیار افزایش یافته است. ولی هنوز عیار TiO2 در محصول باطله ایده آل نیست.

ج) انجام آزمایش الکترواستاتیک بر روی پر عیار میز سوم ۱۴۰+۶۰- مش

ایـن آزمـایش بـا هـدف تهـیه یـک محصول پرعیار با حداکثر عیار TiO2 در این مرحله انجام گرفت.

شرایط آزمایش همانند آزمایش اول در نظر گرفته شد.

نتایج این آزمایش در جدول شماره ۲۱ آورده شده است .

نام محصول	درصدوزنی	TiO2 عیار	TiO2 بازیابی نسبی	Fe2O3 عیار	Fe2O3 بازیابی نسبی
پرعیار	۹۳	۲۹	۹۸/۸۲	۶۰/۳۱	۹۵/۴
باطله	۷	۴/۶	۱/۱۸	۳۸/۷۳	۴/۶
بارورودی	۱۰۰	۲۷/۲۹	۱۰۰	۵۸/۷۹	۱۰۰

جدول ۲۱- نتایج حاصل از آزمایش الکترواستاتیک برروی محصول پرعیار میز سوم بابعاد ۱۴۰+۶۰- مش شده .

نتیجه گیری :

۱ – عیار TiO2 محصول پرعیار ۲۹ درصد بابازیابی ۹۹ درصد می باشد.

۲ – محصول باطله از نظر عیار TiO2 نسبت به آزمایشات قبل وضعیت مناسبی دارد بنابراین شرایط این آزمایش برای انجام جدایش الکترواستاتیک مطلوب می باشد.

۸ – جدایش با جداکننده مغناطیس

با توجه به امکان پذیر بودن جدایش کانی های منیتیت و ایلمنیت با جدا کننده مغناطیسی آزمایش بر روی محصول پرعیار حاصل از جدایش الکترواستاتیک باابعاد مختلف صورت پذیرفت. از پرعیار آزمایش اول الکترواستاتیک برای انجام آزمایش مغناطیس در همان دانه بندی ۱۴۰+۶۰- مش واز پرعیار آزمایش دوم الکترواستاتیک جهت انجام جدایش مغناطیس در ابعاد ۱۴۰- مش واز پرعیار آزمایش سوم الکترواستاتیک نیز جهت انجام آزمایش جدایش مغناطیسی در ابعاد ۲۰۰- مش استفاده شده است.

الف) انجام جدایش مغناطیسی تر بر روی محصول پرعیار آزمایش الکترواستاتیک اول

این آزمایش با شدت ۰/۰۵ آمپر صورت گرفت نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۲۲ آورده شده است.

نام محصول	درصدوزنی	TiO2 عیار	TiO2 بازیابی نسبی	Fe2O3 عیار	Fe2O3 بازیابی نسبی
غیر مغناطیسی	۸۰/۳	۲۷/۸۴	۸۰/۷	۵۶/۶۸	۷۸/۷
مغناطیسی	۱۹/۷	۲۰/۱۶	۱۹/۳	۶۲/۴۸	۲۱/۳
بازیروی	۱۰۰	۲۷/۷۰	۱۰۰	۵۷/۸۲	۱۰۰

جدول ۲۲ – نتایج جدایش مغناطیسی تر برروی محصول پرعیار الکترواستاتیک اول

نتیجه گیری:

عیار TiO_2 در دو محصول غیر مغناطیسی و مغناطیسی بیانگر درگیری شدید بین کانی های ایلمنیت و منیتیت است از این جهت باید یک مرحله آسیا قبل از انجام آزمایش مغناطیس صورت گیرد.

ب) انجـام جـدایش مغناطیسی خشک بر روی محصول پرعیار آزمایش الکترواستاتیک دوم

ابتدا محصول پرعیار اولین آزمایش الکترواستاتیک که بر روی پرعیار میز نهایی انجام گرفته بود تا ابعاد ۱۴۰- مـش خـرد شدسـپس جـدایش مغناطیسی در دو مـرحله بـا شدت های ۰/۰۵ و ۰/۰۲ آمپر جهت جـدایش منیتیت از صـورت گـرفت در مرحله اول جدایش با شدت ۰/۰۵ آمپر محصول غیر مغناطیس اول و یـک محـصول مغناطـیس حاصـل شـد و در مـرحله دوم محـصول مغناطیـسی با شدت ۰/۰۲ آمپر مجـددا مورد جدایش قرار گرفت و محصولات غیر مغناطیس دوم و مغناطیس حاصل شد. نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۲۳ آورده شده است.

نام محصول	درصدوزنی	عیار TiO2	بازیابی نسبی TiO2	عیار Fe2O3	بازیابی نسبی Fe2O3
غیرمغناطیس دوم	۱۶/۲	۳۸/۵۴	۲۰/۴۴	۵۲/۳۶	۱۴/۱۱
غیرمغناطیس اول	۱۸/۲	۳۴/۰۲	۲۰/۲۷	۵۴/۶۳	۱۶/۵۳
مغناطیس	۶۵/۷	۲۷/۵۶	۵۹/۲۹	۶۳/۴۸	۶۹/۳۶
خوراک ورودی	۱۰۰	۳۰/۵۴۲	۱۰۰	۶۰/۱۳۱	۱۰۰

جدول ۲۳- نتایج جدایش مغناطیسی برروی محصول ۱۴۰- مش شده پرعیار الکترواستاتیک .

نتیجه گیری:

۱ – عیار TiO_2 در محصول پرعیار (غیرمغناطیس دوم) به حدود ۳۹ درصد رسیده است.

۲ – محـصول باطلـه (مغناطـیس) دارای مقـدار نـسبتا زیـادی از TiO_2 می باشد که شاید بیانگر درگیر بودن تیتان و منیتیت حتی در این ابعاد باشد.

۳ – نکته قابل توجهی که از انجام آزمایش فوق حاصل شد اینکه شاید با انجام دوبار جدایش مغناطیسی بتوان الکترواستاتیک را از مدار عملیات کانه آرایی حذف کرد بدین ترتیب که مرحله اول جدایش با جدا کننده مغناطیسی باشدت زیاد جهت جدایش گانگ سیلیکاته صورت گیردو مرحله دوم با شدت کم جهت جدایش منیتیت از ایلمنیت انجام شود. این مسئله دارای فلوشیت نهایی در گزارش مرحله دوم به تفضیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

ج) انجام جدایش مغناطیسی تر بر روی محصول پرعیار آزمایش الکترواستاتیک سوم

ابتدا محصول پرعیار سومین آزمایش الکترواستاتیک که بر روی پرعیارمیز دوم انجام گرفته بود تا ابعاد ۲۰۰- مش خرد شد. سپس جدایش مغناطیسی تر با شدت ۰/۰۵ آمپر جهت جدایش منیتیت و ایلمنیت صورت گرفت. نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۲۴ آورده شده است.

نام محصول	درصدوزنی	TiO2 عیار	TiO2 بازیابی نسبی	Fe2O3 عیار	Fe2O3 بازیابی نسبی
غیرمغناطیس	۷۳/۵	۳۱/۷۶	۸۱/۶۶	۵۵/۷۳	۶۷/۴۶
مغناطیس	۲۶/۵	۱۹/۷۹	۱۸/۳۴	۲۴/۵۹	۳۲/۵۴
بارورودی	۱۰۰	۲۸/۵۸۷	۱۰۰	۶۰/۷۲	۱۰۰

جدول ۲۴ نتایج جدایش مغناطیسی برروی محصول ۲۰۰- مش شده پرعیار الکترواستاتیک سوم

نتیجه گیری :

۱ – کاهش ابعاد تا ذرات ۲۰۰ – مش تاثیر قابل ملاحظه ای در آزاد سازی ایلمنیت با منیتیت دارد چون در مقایسه با آزمایشات مشابه عیار TiO_2 باطله (مغناطیس) حدود ۸ درصد کاهش یافته است.

۲ – بعلت بازیابی مطلوب محصول پرعیار (غیرمغناطیس) به نظر می رسد که اگر این محصول بار دیگر مورد جدایش مغناطیسی قرار گیرد بتوان به عیار قابل قبولی برای TiO_2 دست یافت.

۹ – نتیجه گیری و ارائه پیشنهادی جهت ادامه پروژه:

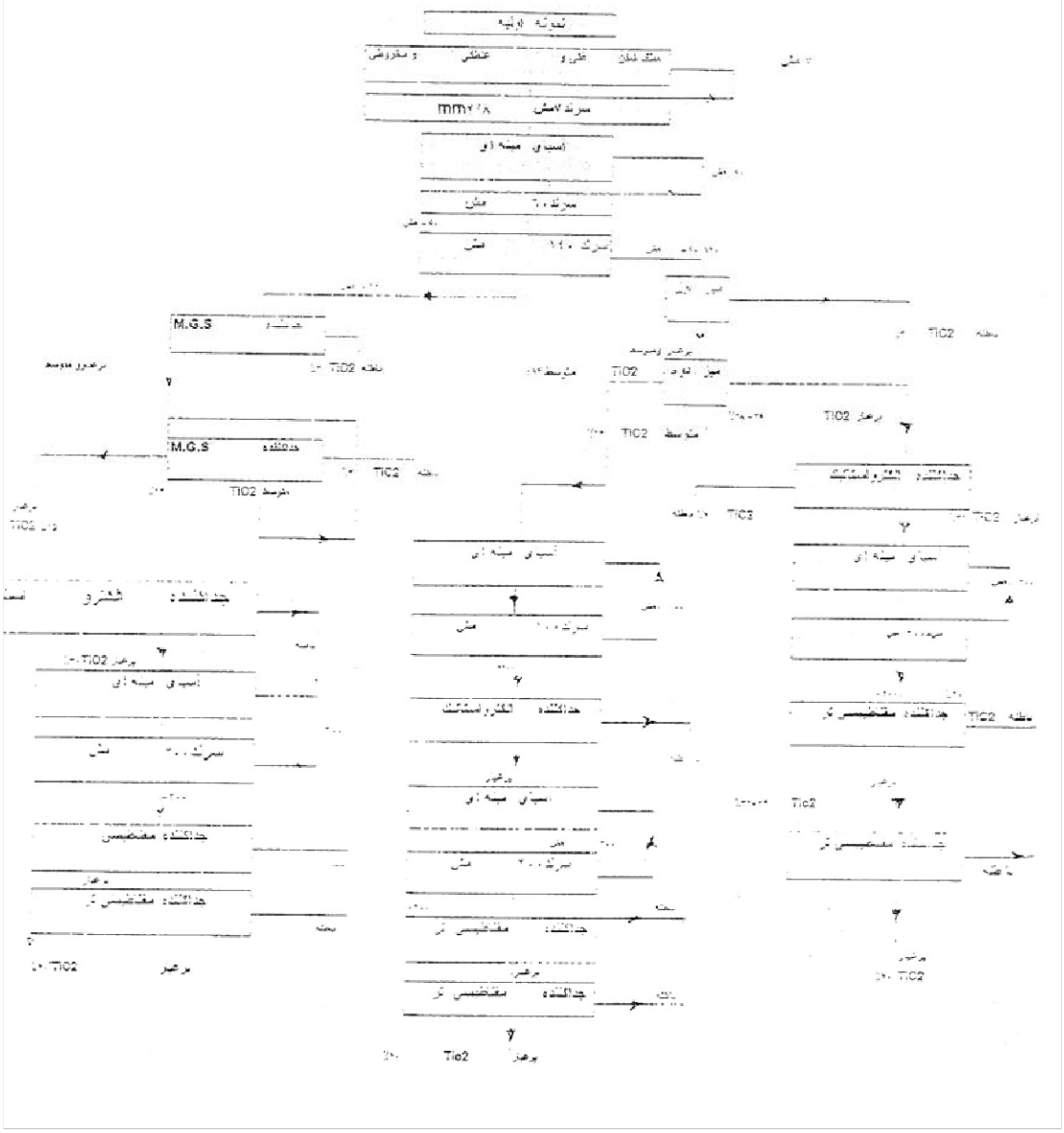
۱ – همانطوری که در جدول شماره ۲۳ مشاهده می شود عیار TiO_2 در محصول پرعیار (غیر مغناطیس دوم) به حدود ۳۹ درصد با بازیابی نسبی ۲۰/۴۴ درصد رسیده است. از سوی دیگر با کاهش ابعاد ذرات تا ۲۰۰- مش و انجام دو بار جدایش مغناطیس به نظر می رسد که بتوان به عیار و بازیابی مورد قبولی برای محصول پرعیار (غیرمغناطیس) دست یافت که البته این امر مستلزم انجام آزمایشات بیشتر جهت اطمینان از تکرار پذیری نتایج بدست آمده و بهینه کردن تمام پارامترهای عملیاتی می باشد.

۲ – نتایج بدست آمده از انجام جدایش مغناطیسی خشک برای ذرات ۱۴۰- مش شده پر عیار الکترواستاتیک نشان می دهد که شاید بتوان فقط از دو مرحله جدایش مغناطیسی باشدت های مختلف؛ جهت جدایش سیلیس از منیتیت و ایلمنیت در مرحله اول و همچنین به منظور جدایش منیتیت از ایلمنیت در مرحله دوم؛ استفاده کرد بدین ترتیب می توان از به کاگیری جدا کننده الکترواستاتیک صرف نظر نمود .این مسئله به خصوص باید درتهیه فلوشیت نهائی مورد توجه قرار گیرد.

۳ – عیار بالای TiO_2 درمحصول باطله (محصول مغناطیسی تر در جدول ۲۴) که حدود ۲۰ درصد گزارش گردیده است بیانگر این واقعیت است که درگیری شدیدی بین ایلمنیت و منیتیت حتی در ذرات ۲۰۰- مش شده نیز وجود دارد. بعبارت دیگر شاید بتوان گفت که این بخش از نمونه در واقع کانی تیتانومنیتیت باشد که به روشهای معمولی نمیتوان برای جدایش بخش تیتان دار آن اقدامی نمود.

۴ – مطابق فلوشیتی که در صفحه بعد پیشنهاد گردیده است مسیرهایی برای هدایت محصولات میانی و باطله هایی با عیار مناسب جهت جدایش مجدد (در مرحله جدایش با الکترواستاتیک و مغناطیس) در نظر گرفته شده است تا در حد امکان از افت بازیابی جلوگیری به عمل آید. انجام آزمایشات در مسیر های فوق الذکر در صورت لزوم در گزارش نهایی به تفضیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در فلوشیت مزبور قسمت های تیره تر دراین مرحله از گزارش انجام شده است و قسمت های روشن از فلوشیت در صورت نیاز در مرحله دوم پروژه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

فوشیت پیشنهادی عملیات کنترلی جهت ادامه پروژه وثیقه گزارش نهایی به شرح زیر درنظر گرفته شده است



۱۰ – بررسی نتایج جدایشهای ثقلی :

۱ – ۱۰ – مقدمه :

از روشهائیکه می توان بدان وسیله کارایی یک سیستم کانه آرایی شامل یک جداکننده خاص و یک بارورودی معین را بررسی نمود تعیین تغییرات عیار و بازیابی (یا درصد وزنی و عیار) کانی مورد نظر در محصول پر عیار است. که عموما بصورت منحنی قابل نمایش می باشد. چنین منحنی هایی بصورت تجمعی ترسیم شده و هر نقطه آن بیانگر محصولی است که بالقوه می توان با تغییر شرایط جدایش بدست آورد. هر منحنی را می توان بعنوان یک جدایش مشخص یا به عبارت دیگر یک کارایی مشخص سیستم دانست. چنانچه هدف مقایسه کارایی دو جدا کننده باشد منحنی های مربوط به آن دو دستگاه را که از یک بار ورودی واحد بدست آمده اند مقایسه می نماییم و اگر هدف مقایسه وضع جدایش دوبار ورودی باشد میتوان منحنی های مربوط به آن دوبار ورودی را پس از گذر از یک جداکننده واحدمقایسه نمود.

چنانچه فرض می کنیم منحنی های فوق تغییراتی تدریجی و بدون پرش دارند (که به دلیل تجمعی بودن چنین فرضی منطقی هم هست) از این منحنی ها دریافتن اشتباهات آزمایش یا تجزیه شیمیایی هم می توان استفاده نمود به اینصورت که هر گونه اشتباه بصورت یک نقطه پرت از منحنی خودنمایی خواهد کرد.

برای پی بردن به آنالیزهای اشتباه در بعضی موارد میتوان از عامل وزن مخصوص نیز استفاده نمود به اینصورت که اگر وزن مخصوص با دقت اندازه گیری شود و نیز بتوان بین وزن مخصوص و عیار محصولات مختلف رابطه ای برقرار کرد؛ آنالیز اشتباه بصورت یک نقطه پرت ازمنحنی تغییرات وزن مخصوص – عیار ظاهر می شود.

۲ – ۱۰ – مقایسه نتایج چهار آزمایش دور اول میز بر روی دانه بندی ۱۲۰+۶۰- مش:

چنانچه منحنی های درصد وزنی – عیار محصولات پرعیار آزمایشات چهارگانه فوق در یک دستگاه مختصات رسم شود شکل -۱ بدست می آید. اگر این شکل را مبنای مقایسه آزمایشات قرار دهیم به نتایج زیر دست می یابیم .

۱ – روش خاص جدایش محصولات در این سری از آزمایشات باعث پراکندگی نقاط شده و به جای منحنی تغییرات نواری از تغییرات بدست آمده است. اما از طرف دیگر تکرار آزمایشات باعث شده که با وجود پراکندگی روند تغییرات بدست آید.

۲ – پرعیار آزمایشات اول تا چهارم همه حول یک منحنی قرار گرفته و تفاوتی از نظر جدایش نشان نمی دهند.

۳ – اگر براساس منحنی بهینه عبور کرده از نقاط و بازیابی محصولات پرعیار دوباره محاسبه شده و تغییرات آن برحسب عیار رسم گردد شکل ۲ بدست می آید.

۳ – ۱۰ – مقایسه نتایج چهارم آزمایش دور دوم میزبرروی دانه بندی ۱۴۰+۶۰- مش:

پس از رسم منحنی های درصد وزنی – عیار بصورت تجمعی شکل ۳ بدست می آید. باید این نکته را تذکر داد که بعضی محصولات این آزمایشات تجزیه نشده و عیار آنها با استفاده ازرابطه ای تجربی که بین وزن مخصوص و عیار TiO_2 برقرار شده بود محاسبه گردید . نتایجی که ازبررسی منحنی ها قابل دستیابی است عبارتند از :

۱ – وجود اشتباه درصد محاسبه شده محصولات بصورت نقاط پرت از منحنی مشخص شده که مربوط به پنجمین و ششمین آزمایش است.

۲ – نتایج آزمایشات این نوبت از نظر عدم پراکندگی نقاط خیلی بهتر از آزمایشات نوبت اول است.

۳ – با توجه به منحنی تغییرات بازیابی بر حسب عیار این سری آزمایشات رسم گردیده و سپس با منحنی مشابه آزمایشات سری اول مقایسه گردد (شکل ۴) می توان دید که با علیرغم قدری تفاوت در دانه بندی باروردی ؛ جدایش محصولات در دو سری آزمایشات مشابه هم است.

۴ – ۱۰ – مقایسه نتایج آزمایش مارپیچ (دانه بندی ۴۰۰+۶۰- مش) و آزمایشات میز:

بـا وجـود ایـنکه مکانیـزم جـدایش کانـی هـا بوسیله مارپیچ کاملا متفاوت با میز است . اما چون هر دو براساس اخـتلاف وزن مخـصوص کانـی های جدایش می کنند مقایسه نتایج آنها مفید به نظرمی رسد . لذا پس از تعیین منحنـی بهینه درصد وزنی عیار در محصولات پرعیار مارپیچ (شکل ۵) منحنی عیار – بازیابی مربوط به آن رسم گـردید کـه در شـکل ۶ بصورت مقایسه ای با منحنی های مربوط به دوسری میز آورده شده است. همانطور که دراین شکل مشاهده می شود.

۱ – وجود اشتباه بارزی در آنالیز شیمیایی محصولات مارپیچ به چشم می خورد.

۲ – جـدایش در مارپـیچ کیفـیت پایـین تـری نـسبت بـه دومیـز داشته است که شاید علت آن دانه بندی وسیعتر آزمایش مارپیچ بوده است.

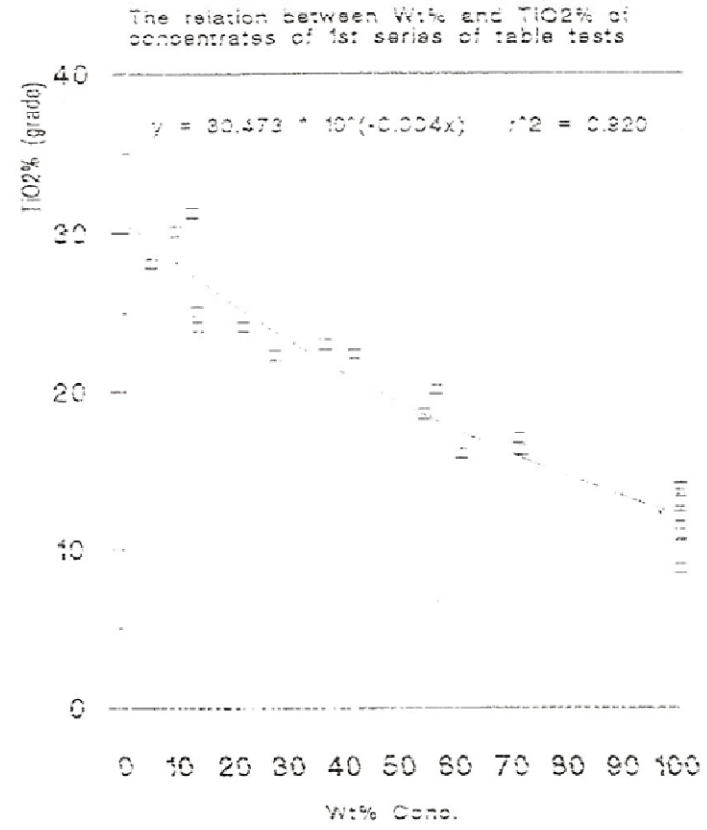
۵ – ۱۰ – مقایسه نتایج آزمایشات مارپیچ و مولتی گراویتی (دانه بندی ۱۲۰- و ۱۴۰- مش)

جـدایش های مولتی گراویتی بر روی دانه بندی فوق نتایج چندان متفاوت را نشان نداده اما در مقایسه بین نتایج مارپیچ و مولتی گراویتی طبق اشکال ۷ و ۸ اشکار نموده که

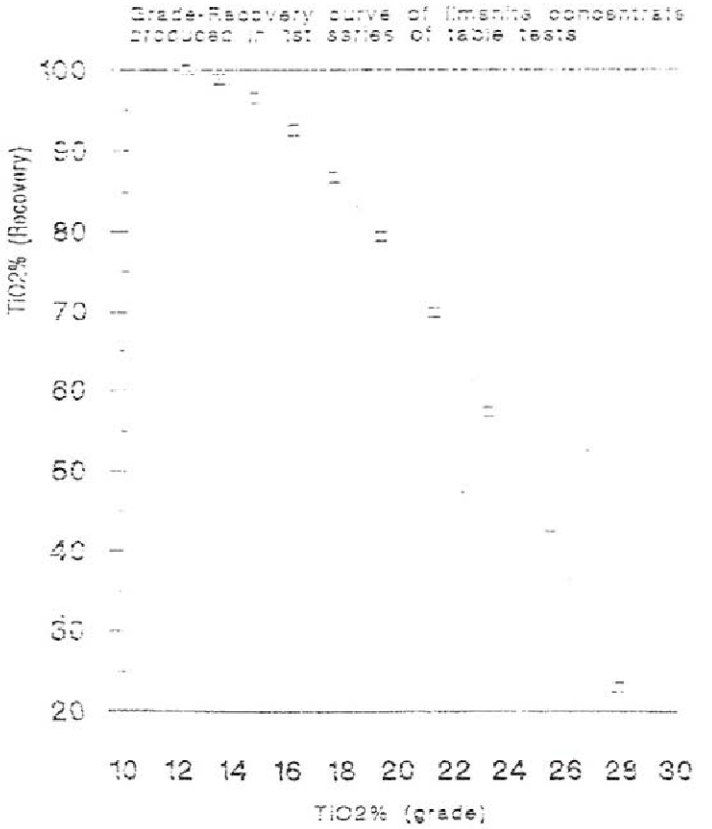
۱ – نـیاز بـه آزمایـشات بیشتری بوسیله مولتی گراویتی است تا عیار محصول پرعیار به حدعیار بدست آمده در مارپیچ برسد.

۲ – مولتی گراویتی کارایی بهتری نسبت به مارپیچ در جدایش داشته است.

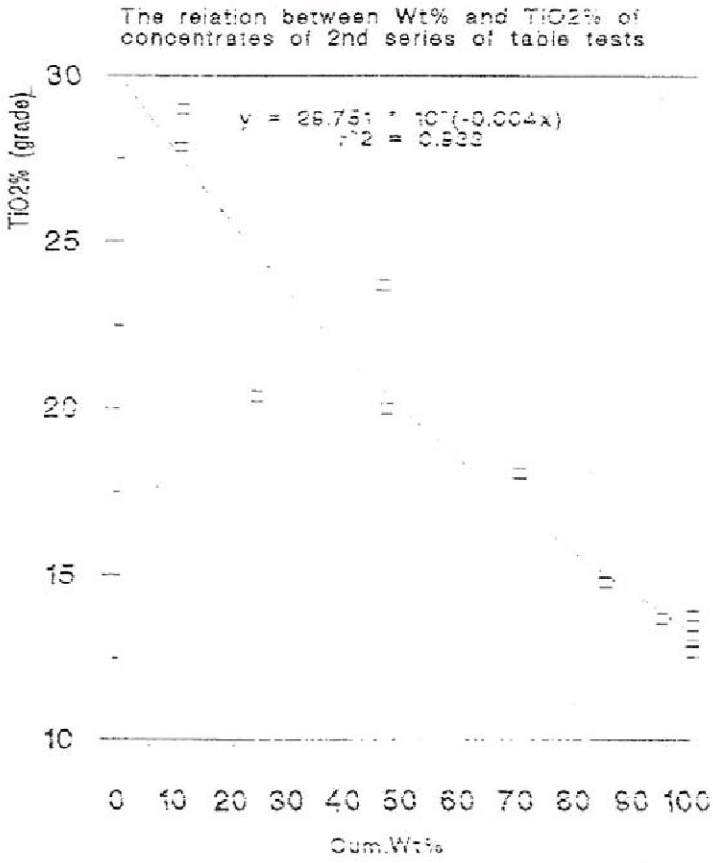
۳ – چـنانچه بخواهـیم عـیار بـار ورودی مارپیچ را برابر عیار بارورودی مولتی گراویتی نماییم (که در اصل باید چنـین باشـد) باید در ضریب ۶۲۱/۱ = ۷/۶۳ / ۸/۵۹ ضرب نمائیم . ملاحظه می شود که با ضرب عیار بقیه نقاط منحنـی عـیار بازیابی مارپیچ در همین ضریب منحنی مارپیچ و مولتی گراویتی بر هم منطبق خواهند شد لذا نمی توان بین جدایش مارپیچ و مولتی گراویتی فرقی قائل شد.


The relation between Wt% and TiO2% of concentrates of 1st series of table tests
y = 30.473 * 10^(-0.004x) r^2 = 0.920
TiO2% (grade)
40
30
20
10
0
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Wt% Conc.

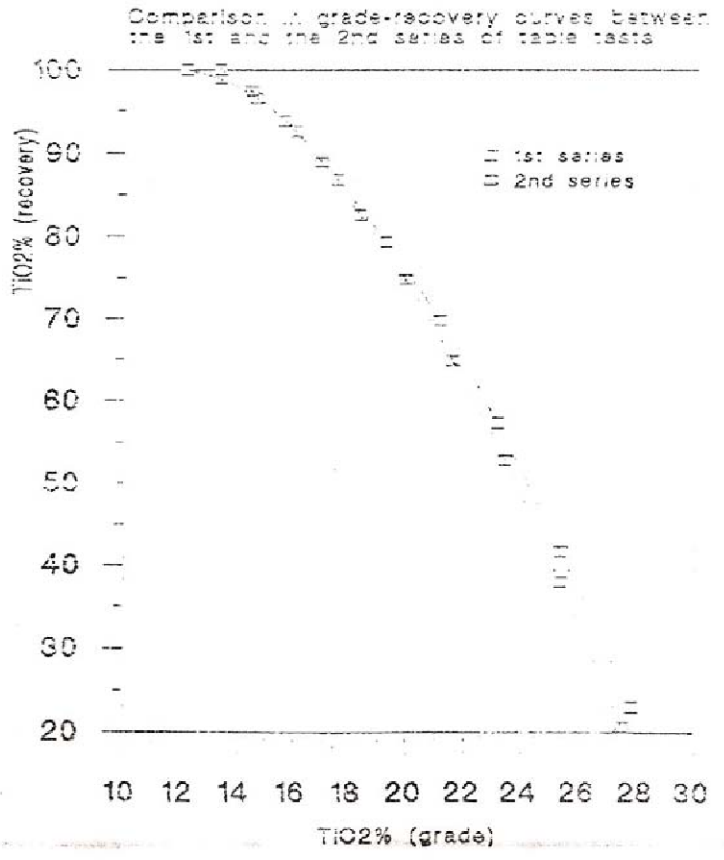
شکل -۱


Grade-Recovery curve of Ilmenite concentrate produced in 1st series of table tests
TiO2% (Recovery)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30
TiO2% (grade)

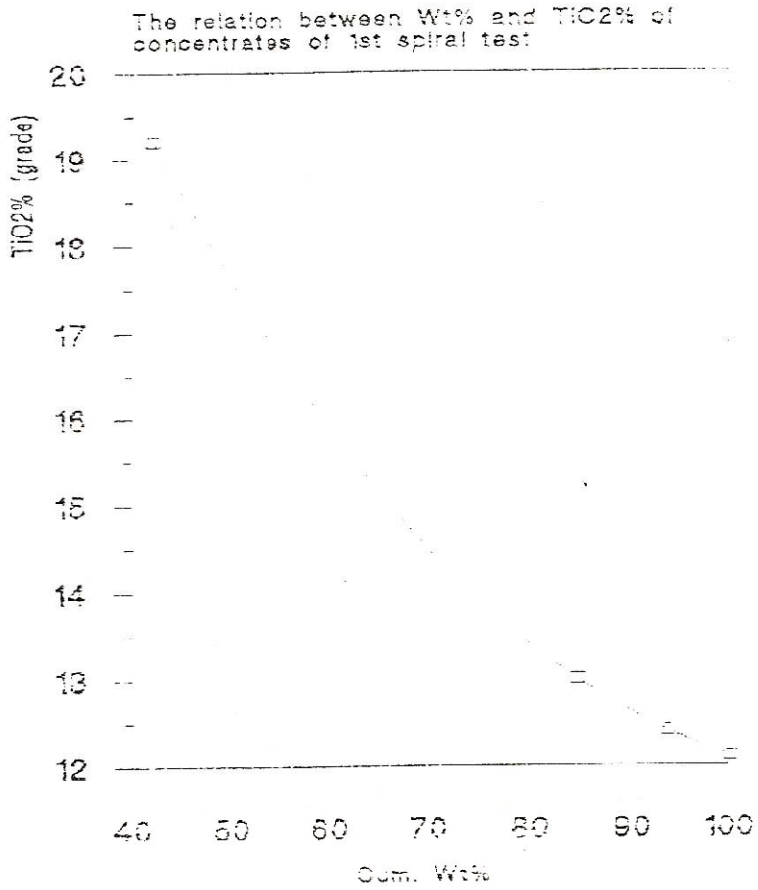
شکل -۲


The relation between Wt% and TiO2% of concentrates of 2nd series of table tests
y = 25.751 * 10^(-0.004x)
r^2 = 0.933
TiO2% (grade)
30
25
20
15
10
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Cum.Wt%

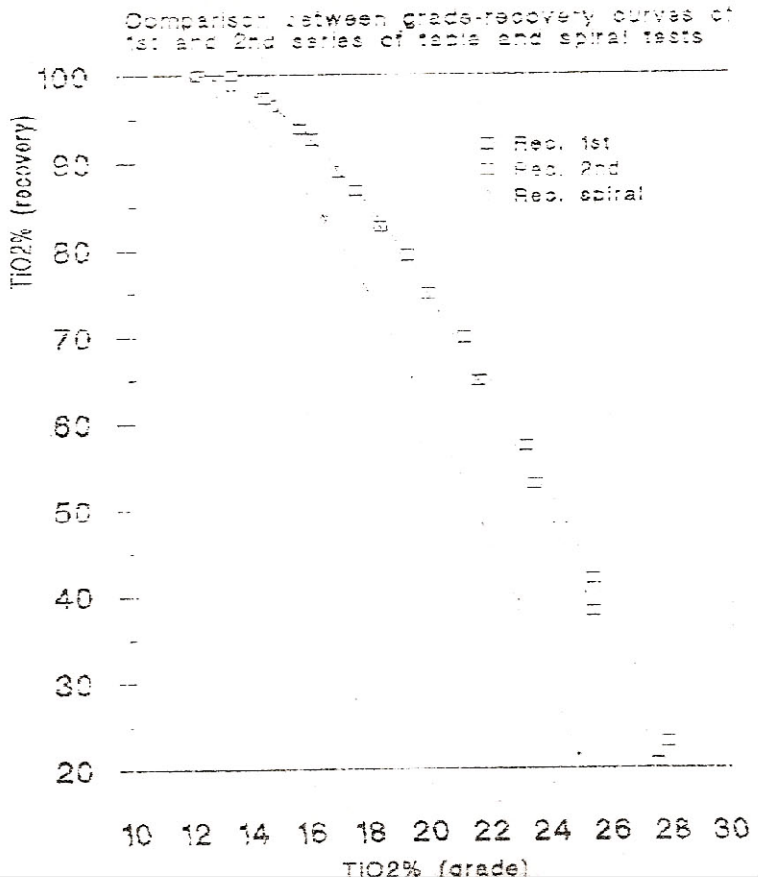
شکل ۳-


Comparison of grade-recovery curves between the 1st and the 2nd series of table tests
1st series
2nd series
TiO2% (recovery)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30
TiO2% (grade)

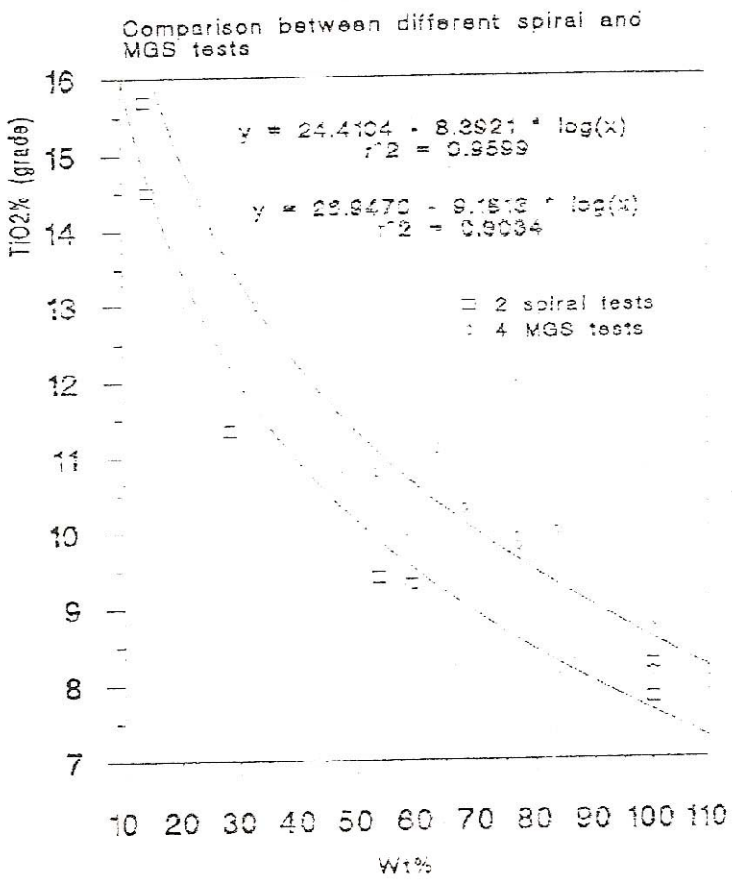
شکل ۴-


The relation between Wt% and TiO2% of concentrates of 1st spiral test
TiO2% (grade)
20
19
18
17
16
15
14
13
12
40
50
60
70
80
90
100
Cum. Wt%

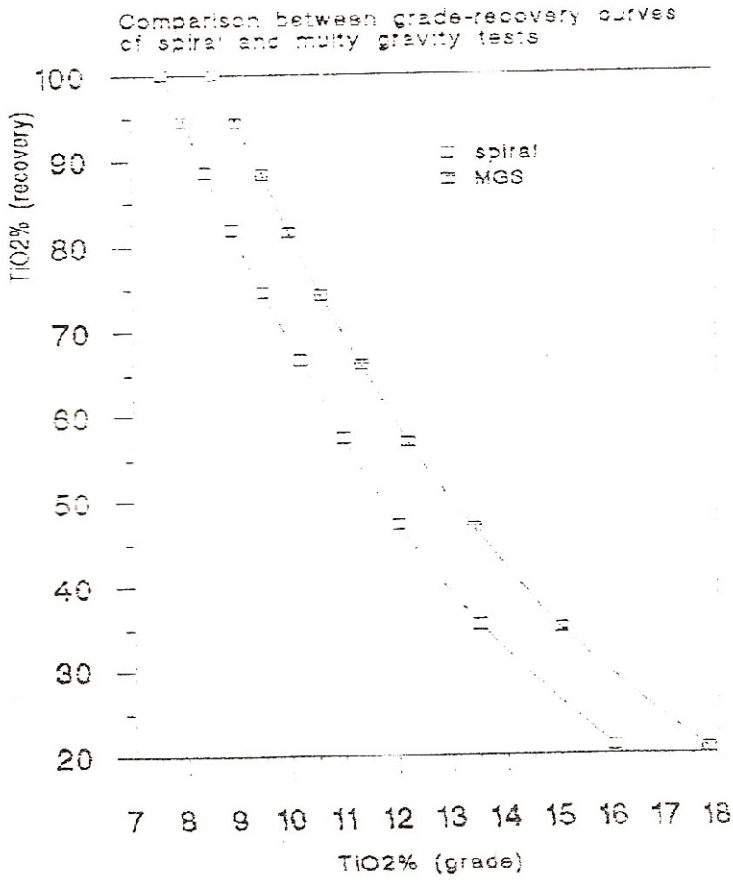
شکل ۵-


Comparison between grade-recovery curves of 1st and 2nd series of table and spiral tests
TiO2% (recovery)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
Rec. 1st
Rec. 2nd
Rec. spiral
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
TiO2% (grade)

شکل ۶-


Comparison between different spiral and MGS tests
y = 24.4104 - 8.3921 * log(x)
r^2 = 0.9599
y = 23.9470 - 9.1513 * log(x)
r^2 = 0.9034
2 spiral tests
4 MGS tests
TiO2% (grade)
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110
Wt%

شکل -۷


Comparison between grade-recovery curves of spiral and multy gravity tests
spiral
MGS
TiO2% (recovery)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
TiO2% (grade)

شکل -۸