

# 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

۲	۱- پیشگفتار
۳	۲- زمین شناسی کانسار قره آغاج
۵	۳- شناسایی نمونه
۵	۱-۳- نتایج حاصل از مطالعات کانی شناسی توسط اشعه ایکس
۶	۲-۳- نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی
۷	۳-۳- مطالعات میکروسکوپی
۱۵	۴- آماده سازی و خردایش نمونه اولیه
۱۶	۵- آزمایش تجزیه سرنندی
۱۸	۶- جدایش ثقلی
۱۸	۱-۶- آزمایش بامیزلرزان
۲۸	۲-۶- آزمایش با ماریپیچ همفری
۳۰	۳-۶- آزمایش با جدا کننده مولتی گراویتی
۳۴	۷- جدایش با جدا کننده الکترواستاتیک
۳۷	۸- جدایش با جدا کننده مغناطیسی
۴۰	۹- نتیجه گیری و ارائه فلوشیت پیشنهادی جهت ادامه پروژه

- ۱۰- بررسی نتایج جدایش های ثقلی
- ۴۲
- ۱۰- ۱- مقدمه
- ۴۲
- ۱۰- ۲- مقایسه نتایج چهار آزمایش دوراول میز بر روی دانه بندی ۱۲۰- ۶۰- مش
- ۴۲
- ۱۰- ۳- مقایسه نتایج چهار آزمایش دور دوم میربرروی دانه بندی ۱۴۰+۶۰- مش
- ۴۳
- ۱۰- ۴- مقایسه نتایج آزمایش ماریچ (دانه بندی ۴۰۰+۶۰-مش) و آزمایشات میز
- ۴۳
- ۱۰- ۵- مقایسه نتایج آزمایشات ماریچ و مولتی گراویتی (دانه بندی های ۱۲۰- و ۱۴۰-مش)
- ۴۳
- ۴۸
- × فهرست منابع

تشکر و قدردانی :

در ابتدا لازم است از همکار محترم جناب آقای مهندس مجیدی که در برداشت نمونه گروه کانه آرایبی 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 تشکر و قدردانی می شود و همچنین از سرکار خانمها صحت و زنوزی که برای مطالعه کلیه مقاطع صیقلی زحمت کشیده اند سپاسگزاری می گردد. از همکاران گروه کانی شناسی جناب آقای مهندس تقوی و سرکار خانم جعفری نیز جهت شناسایی کانی ها تقدیر می گردد.

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

## ۱- پیشگفتار:

کانی ایلمنیت از نقطه نظر کانی شناسی ( $\text{FeTiO}_2$ ) دارای وزن مخصوص  $4/72$  و سختی ۶ - ۵ می باشد. رنگ آن سیاه آهنی و دارای اثر سایش سیاه رنگ است. ایلمنیت دارای ساختار دو بعدی همچنین بصورت ماسیوو شکننده و یا پلاسر در طبیعت یافت می شود. در صنعت امروزه برای تولید دی اکسید تیتانیم و نیز فلز تیتانیم از ایلمنیت پر عیار استفاده می شود. مصرف عمده دی اکسید تیتانیم در ساخت رنگ های سفید که پوشش زیاد دارد و در پوشش الکترودهای جوشکاری و در لعاب چینی می باشد. مصرف فلز تیتانیم در صنایع فضایی برای ساخت آلیاژهای خاص می باشد و بطور کلی در مواردی که به فلز مقاوم در مقابل حرارت و برودت (حفظ مقاومت در حرارت بالا و برودت بسیار پائین) و مقاوم در مقابل زنگ زدگی و فرسودگی نیاز باشد از این فلز استفاده می گردد.

مصرف جهان در سال ۱۹۹۰ از محصولات ایلمنیت به شرح زیر بوده است:

- به صورت دی اکسید تیتانیم حدود ۳ میلیون تن

- به صورت فلز یا آلیاژ حدود ۹۶ هزار تن

تولید کنندگان عمده ایلمنیت جهان کشورهای امریکا و استرالیا، هندوستان، برزیل و شوروی می باشند و بیشتر ذخایر مورد استفاده را ماسه های ساحلی تشکیل می دهد. کانسنگهای ایلمنیت معمولاً بعد از استخراج نیاز به کانه آرایی دارند تا بتوان محصولی با حدود بیش از ۴۵ درصد دی اکسید تیتانیم ( $85/5\%$  ایلمنیت) به بازار عرضه نمود. در کشور چین حداقل عیار مورد استفاده  $48\%$  اکسید تیتانیم ( $2/$   $91\%$  ایلمنیت) می باشد. در پروژه اخیر مطالعات مکان پذیری جهت پر عیار سازی کانسار قره آغاج که حاوی حدود ۱۰ درصد  $\text{TiO}_2$  می باشد صوت گرفته است. هدف از انجام این مطالعات بررسی امکان رسیدن به عیاری حدود ۴۰ درصد  $\text{TiO}_2$  با بازیابی نسبتاً مناسب می باشد. در این گزارش که به عنوان گزارش مقدماتی تهیه و ارائه گردیده است تنها سعی شده است مطالعات اولیه کانه آرائی برای

رسیدن به یک عیار قابل قبول توسط روشهای مختلف کانه آرائی انجام می گیرد و مطالب مربوط به افزایش عیار و بازیابی و بهینه نمودن روشهای کانه آرائی و همچنین طراحی یک فلوشیا کامل در صورت نیاز در گزارش تکمیلی ارائه خواهد شد.

## ۲- زمین شناسی کانسار قره آغاج:

کانسار تیتانیم - فسفات قره آغاج در استان آذربایجان باختری و در ۳۶ کیلومتری شمال غرب شهرستان ارومیه قرار دارد. راه دستیابی به این کانسار از مسیر جاده ارومیه - سرو است. پس از طی ۲۶ کیلومتر از جاده سرو در محل دهات پست و ایسشکه سو جاده ای خاکی به ده قره آغاج منتهی میگردد. کانسار مذکور نیز در حدود ۳ کیلومتری شمال قره آغاج جای گرفته است.

**مطالعات قبلی:** این منطقه توسط شرکت کاوشگران (از جانب اداره کل معادن و فلزات ارومیه) به عنوان یک منطقه تیتان و فسفات دار مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است که در اثنای این مطالعات نیز یک تز فوق لیسانس توسط آقای مسعود - علیپور به راهنمایی آقای مهندس باباخانی به نگارش در آمده است. شرکت کاوشگران کانسار مزبور کانه ۱۱ بلوک مختلف به نشانه های A تا K تقسیم کرده است. این تقسیم بندی به منظور اندازه گیری میزان ترجیحی کانسار در هر بلوک صورت گرفته است. در این ماموریت نمونه های سنگی بیشتر از بخش تیتانیوم دار یعنی بلوک های G و F (بخش ورلیتی) گرفته شد. این نمونه ها در امتداد ترانسه جاده احداث شده (توسط کاوشگران) اخذ گردید.

**زمین شناسی:** منطقه مورد مطالعه در محل برخورد زون های ساختاری ایران مرکزی سندج - سیرجان و البرز - آذربایجان قرار گرفته است. پی سنگ ناحیه را سنگ های دگرگونه یرک مبرین شامل گنایس آمفیبولیت و شیست تشکیل داده است که بوسیله تشکیلات باروت و سنگ های شیلی

میکاسه زایگون و ماسه سنگ های قرمز رنگ لالون پوشانیده شده اند. ماسه سنگ های تشکیلات درود و سنگ های آهکی و دولومیتی روته نیز واحدهای سنگی فوق را می پوشانند. سنگ های نفوذی مافیک و الترامافیک قره آغاج (متعلق به قبل از پرمین) مهمترین واحدهای سنگی منطقه را تشکیل می دهند که ضمناً میزبان کانی سازی تیتانیم و فسفات هستند. این سنگ ها در داخل سنگ های نفوذی سامورف پر کامبرین و سنگ های رسوبی پالئوزوئیک نفوذ کرده اند و یا توسط گسلهای ترانستی رو رانده شده اند. سنگ های رسوبی دتریتیک الیگومیوسن شامل کنگلومرا و ماسه سنگ بصورت نا همشیب واحدهای سنگی پر کامبرین و دیگر واحدهای سنگی را پوشانیده اند. این سنگ های جوان اغلب دارای پای بریده می باشد.

**کانی سازی:** مطالعات و تحقیقات پتروگرافی و ژئوشیمیایی سنگی موید آن است که سنگ های نفوذی قره آغاج بیشتر یک سری کومولیتی را تشکیل می دهند که شامل ورلیت، تادیوریت گابروالتره و مقادیر کمی میکرودیوریت ورگه های کوارتز - فلدسپات دار است که همه آنها از یک ماگمای مشابه مشتق شده اند. کانسار تیتانیوم - فسفات با مجموعه سنگ های فوق همراه است. این مجموعه سنگی دارای کاراکتر ماگمایی کالک آلکالن متوسط است. گرایش آلکالن این سنگ ها و همچنین میزان بالای تیتانیوم، فسفات و آهن در آنها ارتباط آن سنگ ها را با فعالیت ماگماتیک بین قاره ای نشان می دهد. بنابراین نظر میتوان تحلیل کرد که محیط های ماگمایی حاکم بر این سنگها و مجموعه آنها از بین ریفتیک است. مطالعات کانی شناختی به همراه مطالعات تجزیه شیمیایی سنگها نشان دهنده آن است که سنگهای اولترامافیک نسبت به سنگهای مافیک از مقادیر بالائی از کانسار مورد نظر غنی هستند به همین جهت واحدهای ورلیتی به عنوان سنگ میزبان کانی سازی در نظر گرفته شده است. پاراژنز کانی شناسی کانسار مزبور شامل ایلمنیت تیتانومگنتیت، الواسپینل و فازهای سولفیدی از اهمیت

کمتری برخوردار هستند. رو تیل و لوکوکسن به میزان کمی در برخی نمونه ها حضور دارند. هماتیت نیز در اثنای مارتی تیزاسیون کانه مگنتیت تشکیل شده است. و علت رنگ قرمز واحد سنگی ورلیتی در بلوک های G و F نیز بیشتر حضور این کانی را گواهی می دهد.

جمشید مجیدی



### ۳- شناسایی نمونه ها :

جهت شناسایی از نقطه نظرهای کانی شناسی، وضعیت ابعادی و نحوه درگیری کانیها و همچنین شناسایی نمونه آزمایشات XRD و تجزیه کامل شیمیایی و همچنین مطالعات میکروسکوپی به شرح ذیل صورت پذیرفت.

#### ۱-۳- نتایج حاصل از مطالعات کانی شناسی توسط اشعه ایکس (دیفراکتومتري).

آزمایش XRD بر روی نمونه معرف وجود کانی های زیر را به ترتیب فراوانی نشان می دهد:

ردیف	نام کانی
۱	مگنتیت
۲	ایلمنتیت
۳	هماتیت
۴	پیروکسن
۵	آمفیبول
۶	فورستريت
۷	رس

جدول ۱- کانی متشکله نمونه معرف

همانطور که در جدول ۱- مشاهده می شود عمده کانی های متشکله نمونه کانسنگ، مگنتیت می باشد.

## ۲-۳- نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی

بدیهی است که این نتایج مطابق جدول شماره ۲ بیانگر درصد قابل توجهی از  $Fe_2O_3$  و بعد  $SiO_2$  و نهایتاً  $TiO_2$  است.

ترکیب شیمیایی	درصد.٪
$SiO_2$	37/41
$Al_2O_3$	8/41
$Fe_2O_3$	40/11
$CaO$	1/27
$MgO$	0/18
$TiO_2$	11/40
$P_2O_5$	n.d
$MnO$	n.d
$SO_3$	n.d
$Ne_2O$	0/29
$K_2O$	0/03
L.O.I	0/68

جدول ۲- ترکیب شیمیایی نمونه

با توجه به جدول شماره ۱ و ۲ می توان عناصر  $Ti(TiO_2)$  و  $Fe(Fe_2O_3)$  و  $Si(SiO_2)$  را بعنوان عناصر راهنما در محصولات حاصل از عملیات کانه آرایی در نظر گرفت.

### ۳-۳- مطالعات میکروسکپی

مطالعات میکروسکپی بر روی سه نمونه از سنگ مادر تحت عنوان های :

H1 نمونه درشت بلور بارنگک زمینه سبز

H2 نمونه ریزبلور با رنگ تیره و براق

H3 نمونه ریز بلور برنگ یکدست قهوه ای

صورت گرفت.

همچنین این مطالعات بر روی محصولات حاصل از دانه بندی تحت عناوین زیرانجام شد.

محصول دانه بندی ۴۵+۶۰- مش یا ۰/۲۵+۰/۳۵۵- میلیمتر = OS 1 - 7

محصول دانه بندی ۶۰+۸۰- مش یا ۰/۱۸+۰/۲۵- میلیمتر = OS 2 - 8

محصول دانه بندی ۸۰+۱۲۰- مش یا ۰/۱۸+۰/۱۲۵- میلیمتر = OS 1 - 9

محصول دانه بندی ۱۲۰+۱۷۰- مش یا ۰/۰۹+۰/۱۲۵- میلیمتر = OS 1 - 10

گزارش این مطالعات که توسط بخش کانه نگاری سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهیه

گردیده عینا به شرح زیر می باشد.

### نمونه شماره H1

در این نمونه کانی سازی فلزی به شرح زیر می باشد:

ایلمنیت: کانی اصلی و عمده فلزی در این مقطع است. این کانی بصورت کریستالهای پهن و کاملا

اتومورف و کریستالهای تیغه ای شکل و کشیده کانی سازی دارد. ابعاد کریستالهای ایلمنیت مابین

۱۱۰۰ - ۵۰ میکرون متغیر است. بیشترین ابعاد دانه های ایلمنیت مربوط به ابعادی حدود ۵۰۰ - ۳۰۰

میکرون است. کریستال های ایلمنیت مابین بلورهای گانگک تابع بافت افشان یا disseminated شکل

گرفته است. برخی از کریستالهای ایلمنیت کیواژهای ظریفی دارد. در اکثر قسمت ها در داخل کریستالهای ایلمنیت انکلوژیونهای ظریفی از پیریت و پیروتیت و کالکوپیریت و هماتیت با ابعاد تقریبی ۱۵-۵ میکرون داریم. درصد فراوانی ایلمنیت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۳۴٪ تخمین زده می شود. در برخی از بلورهای ایلمنیت هم رشدی در کنار منیتیت داریم و مقدار ایلمنیت های درگیر با منیتیت در حدود ۳٪ است که در مجموع درصد فراوانی ایلمنیت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۴۰٪ تخمین زده می شود.

**منیتیت:** بصورت کریستالهای پهن و اغلب نیمه اتومورف تا کاملاً در سنگ میزبان کانی سازی دارد. کریستالهای منیتیت ابعادی مابین ۷۰۰-۵۰ میکرون دارد و بیشترین تعداد منیتیت ابعادی حدود ۴۰۰ میکرون دارد. برخی از کریستالهای منیتیت حاوی تیغه های ایلمنیت با ابعاد تقریبی ۱۵۰-۱۰ میکرون در داخل خود هستند. منیتیت ها در بعضی از قسمت ها حاوی انگلوزیون های از پیریت و کالکوپیریت و پیروتیت و هماتیت است. درصد فراوانی منیتیت در سطح نمونه مورد مطالعه حدود ۲۵٪ است. در بررسی نهائی با الکترون میکروپروب مشخص گردید. منیتیت ها در ترکیب خود فاقد درصد قابل ملاحظه ای از تیتان بوده و اکسید های تیتان به شکل ایلمنیت بصورت نا آمیختگی با فرم تیغه ای در شبکه کریستالین منیتیت کانی سازی کرده است و بنظر می رسد این دو کانی تحت تاثیر عملکرد یک فاز کانی زائی همزمان با سنگ پدید آمده است. (منشا اولیه)

لازم به ذکر است که حدود ۴۲٪ از کل منیتیت های موجود در گیر با سایر کانیهای است.

**اکسید های ثانویه آهن و هماتیت:** بصورت لکه های کمابیش شکل دار گاه فاقد شکل هندسی در فضاهای مناسب سنگ میزبان کانی سازی دارد. در برخی از قسمت ها اکسیدهای مذکور سنگ

میزبان را آغشته کرده است. درصد فراوانی اکسیدهای ثانویه آهن در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۱۰٪ است. ایلمنیت ها و منیتیت ها سالم بوده و اثراتی از تجزیه شدگی در آنها مشاهده نمی گردد. نتایج ارائه شده مربوط به مطالعه و بررسی ۷۷۰ دانه مورد مطالعه در این نمونه است که به شرح زیر می باشد. درصد فراوانی ایلمنیت ۴۰ درصد، منیتیت ۲۵ درصد اکسیدهای ثانویه آهن و هماتیت ۱۰ درصد و گانگ ۲۵ درصد می باشد. نتایج الکترون مایکروپروب روی ۱۰ نقطه منیتیت و ۵ نقطه از سولفور ها صورت گرفته است.

## نمونه شماره H2

### کانی سازی فلزی در این نمونه به شرح زیر می باشد:

**ایلمنیت:** بصورت کریستالهای نسبتاً اتومورف تا نیمه اتومورف دارای ابعادی مابین ۱۰۰۰ - ۵۰ میکرون کانی سازی دارد. بیشترین درصد آن ها دارای ابعادی در حدود ۶۰۰ - ۳۰۰ میکرون است. در بعضی قسمت ها بلورهای منیتیت در کنار هم قرار گرفته و لکه هائی با ابعاد یک میلیمتر با ساخت تیغه ای و موزائیکی را پدید آورده است. نحوه کانی سازی کریستال های ایلمنیت در سنگ میزبان بافت افشان یا disseminated دارد. درصد فراوانی ایلمنیت در سطح مورد مطالعه در حدود ۴۰٪ است. بخشی از ایلمنیت های این نمونه در داخل کریستال های منیتیت بصورت تیغه های نا آمیخته کانی سازی کرده که درصدی حدود ۲٪ دارد. در حدود ۲۳/۴۳٪ از ایلمنیت ها درگیر با گانگ و منیتیت و ۱۰/۵۷٪ از ایلمنیت ها آزاد و فاقد درگیری است.

**منیتیت:** بصورت لکه های پراکنده و اکثر نیمه اتومورف در سنگ میزبان کانی سازی دارد. ابعاد کریستال های منیتیت مابین ۷۰۰ - ۴۰ میکرون متغیر است و بیشترین درصد دانه ها دارای ابعادی مابین ۴۰۰ - ۳۰۰ میکرون است درصد فراوانی منیتیت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۲۰٪ است. در

داخل کریستال های منیتیت و ایلمنیت انکلوزیون های ریزی از گروه سولفورها از جمله پیریت، کالکوپیریت و هماتیت با ابعاد تقریبی ۱۰-۵ میکرون موجود است که درصد فراوانی این انکلوزیون ها کمتر از ۲٪ در سطح مقطع مورد مطالعه است. منیتیت های آزاد و فاقد درگیری در سطح نمونه مورد بحث ۱۷/۷٪ و منیتیت های درگیر ۲/۳٪ است. نحوه کانی سازی در این نمونه مشابه نمونه است.

**اکسیدهای ثانویه آبدار آهن و هماتیت:** بصورت لکه های کمابیش فاقد شکل هندسی مشخص و یا بصورت آغشتگی در سنگ میزبان کانی سازی دارد. درصد فراوانی این اکسید ها در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۱۰٪ است.

نتایج ارائه شده مربوط به بررسی و مطالعه ۴۳۵ دانه در سطح نمونه مورد بحث است. درصد فراوانی ایلمنیت ۴۰ درصد و منیتیت ۲۰ درصد و اکسیدهای ثانویه آهن و هماتیت ۱۰ درصد و گانگ (باطله) ۳۰ درصد در سطح مقطع مورد مطالعه است.

هیچگونه آثاری از آلتراسیون و تجزیه شدگی در کریستالهای منیتیت و ایلمنیت مشاهده نگردید.

### نمونه شماره H3

**کانی سازی فلزی در این نمونه به شرح زیر است:**

**ایلمنیت:** بصورت لکه های کمابیش ریز تا متوسط فاقد شکل هندسی مشخص که در سنگ میزبان کانی سازی دارد. کریستالهای ایلمنیت اغلب نیمه اتومورف گاه اتومورف است. ابعاد کریستالهای این کانی مابین ۱۳۰۰-۲۰ میکرون متغیر است و بیشترین دانه ها دارای ابعادی در حدود ۹۰۰-۶۰۰ میکرون است. اجتماعی از کریستالهای پهن و موزائیکی و تیغه ای شکل ایلمنیت لکه های کمابیش درشتی را در سنگ میزبان پدید آورده است. در داخل کریستالهای ایلمنیت انکلوزیون هائی از پیریت، کالکوپیریت و پروتیت و هماتیت با ابعادی حدود ۳۰-۱۰ میکرون موجود است. درصد فراوانی

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 میکرون 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 نشوونما که ابعادی مابین ۱۵ - ۳ میکرون 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 با ابعادی مابین ۷ - ۵ میکرون بصورت انکلوژیون 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. درصد فراوانی ایلمنیت 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 7 – OS 1

### 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 میکرون متغیر است و بیشترین دانه های ایلمنیت مربوط به ابعادی حدود ۲۴۰ – ۱۰۰ میکرون 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 میکرون دارد بیشترین دانه های منیتیت مربوط به ابعادی حدود ۲۰۰ – ۱۰۰ میکرون 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 ها ۲/۱۱۴ 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.



**سولفورها:** در برخی از کریستالهای منیتیت و ایلمنیت یا تعداد محدودی از انکلوژیون های پیریت - کالکوپیریت و پیرویت با ابعاد مابین ۷-۳ میکرون مواجه هستیم. درصد فراوانی این سولفورها کمتر از ۰/۵ درصد در مجموع است. نتایج ارائه شده مربوط به بررسی و مطالعه حدود ۸۶۶ دانه در سطح مقطع مورد بحث است. کانه های موجود در مقطع در مجموع ۴۶/۹۷ درصد و گانگ ۸۳/۰۲۱ درصد است. ایلمنیت آزاد ۲۷/۳۴۱ درصد و ایلمنیت درگیر ۷/۵۵۷ درصد و منیتیت آزاد ۷/۲۵۰ درصد و منیتیت درگیر ۲/۱۱۴ درصد و همتیت و اکسیدهای ثانویه آبدار آهن ۲/۷۱۹ درصد و کانی سازی دارد. نسبت درگیری کانه اصلی این نمونه ایلمنیت حدود ۰/۳ درصد است. (ایلمنیت درگیر و ایلمنیت آزاد)

## نمونه شماره 8 - OS 2

**ایلمنیت:** بصورت ذرات پراکنده اغلب آزاد و فاقد درگیری با سایر کانه ها و گانگ مشاهده می شود. درصد فراوانی ایلمنیت آزاد در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۲۶/۶۴۷ درصد و ایلمنیت درگیر با گانگ و سایر کانیها در حدود ۶/۱۰۳ درصد و مجموع درصد فراوانی ایلمنیت ۳۰/۷۵ درصد است. درصد درگیری دانه های ایلمنیت در حدود ۰/۲۴ درصد است. ابعاد ذرات ایلمنیت مابین ۲۲۰ - ۲۰ میکرون است و بیشترین فراوانی دانه های ایلمنیت مربوط به ابعادی حدود ۱۸۰ - ۶۰ میکرون است.

**منیتیت:** بصورت دانه های پراکنده با کریستال های اتومورف و نیمه اتومورف مشاهده می شود. ابعاد دانه های منیتیت مابین ۲۰۰ - ۳۰ میکرون است و بیشترین دانه های منیتیت دارای ابعادی حدود ۱۵۰ - ۶۰ میکرون است و درصد فراوانی منیتیت آزاد در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۷/۶۲۹ درصد و منیتیت درگیر با گانگ و سایر کانیها در حدود ۴/۴۶۰ درصد و مجموع منیتیت های موجود در نمونه ۱۲/۰۸۹ درصد است در داخل تعدادی از دانه های منیتیت تیغه های ظریف ایلمنیت بصورت

ناآمیختگی مشاهده می شود که ابعادی حدود ۳۰-۵ میکرون دارد درصد درگیری دانه های منیتیت در حدود ۰/۵۸۴ درصد است و در برخی از کریستالهای منیتیت آنکلوزیون هایی از پیریت و سایر سولفورها با ابعاد حداکثر ۷ میکرون مشاهده می شود که تعداد آنها کم است.

**هماتیت و اکسید های ثانویه آبدار آهن:** بصورت دانه های جدا شده و لکه های پراکنده و گانگ آغشت به این اکسید ها مشاهده می شود. درصد فراوانی این اکسید ها ۳/۷۵۵ درصد در سطح نمونه فوق الذکر است. نتایج ارائه شده مربوط به بررسی حدود ۹۵۲ دانه در سطح مقطع مورد بحث است. کانه های موجود در مقطع در مجموع ۵۰/۳۵۶ درصد و گانگ ۵۳/۴۰۳ درصد است. ایلمنیت آزاد ۲۴/۶۴۷ درصد و ایلمنیت درگیر ۶/۱۰۳ درصد و منیتیت آزاد ۷/۶۲۹ درصد و منیتیت درگیر ۴۶۰/۴ درصد و هماتیت و اکسید های ثانویه آهن ۳/۰۸۵ درصد است. نسبت درگیری کانه اصلی این نمونه ایلمنیت در حدود ۰/۲۵ درصد است.

## نمونه شماره 9 - OS 1

**ایلمنیت:** بصورت دانه های جدا و ذرات پراکنده اغلب آزاد و فاقد درگیری با سایر کانی ها و گانگ مشاهده می شود. درصد فراوانی ایلمنیت آزاد در سطح مقطع ۲۴/۸۳۹ درصد است و درصد فراوانی ایلمنیت درگیر ۲/۴۷۷ درصد و مجموع درصد فراوانی ایلمنیت ۲۷/۳۱۶ درصد است. اغلب دانه های ایلمنیت درگیر از یک سمت و تعداد کمی از دانه های ایلمنیت از دو طرف درگیری نشان می دهد.

ابعاد دانه های ایلمنیت مابین ۱۳۰ - ۴۰ میکرون است و بیشترین درصد ایلمنیت ها دارای ابعادی مابین ۱۰۰ - ۸۰ میکرون است. درصد درگیری ایلمنیت ۰/۱ درصد است.

**منیتیت:** بصورت دانه های تقریبا شکل دار و پراکنده مشاهده می شود. دانه های منیتیت ابعادی مابین ۴۰ - ۹۰ میکرون دارد و بیشترین درصد منیتیت ها دارای ابعادی مابین ۶۰ - ۴۰ میکرون است. درصد فراوانی منیتیت در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۱۲ درصد است. در داخل برخی از دانه های منیتیت تابع شبکه کریستالین این کانی ایلمنیت بصورت نا آمیختگی تیغه های منظمی را نشان می دهد که ابعادی حدود ۴۰ - ۱۰ میکرون دارد. میزان ایلمنیت های نا آمیخته با منیتیت کم است. درصد فراوانی منیتیت های آزاد ۱۰/۸۵۹ درصد و منیتیت های درگیر با گانگ و سایر کانی ها ۱/۲۲ درصد و مجموع منیتیت های موجود ۱۲/۰۷۹ درصد است.

**هماتیت و اکسیدهای ثانویه آبدار آهن:** بصورت لکه های کوچک و فاقد شکل هندسی منظم و یا بصورت آغشتگی در سنگ میزبان مشاهده می شود. ابعاد این لکه ها متفاوت و مابین ۵۰ - ۴۰ میکرون است درصد فراوانی این اکسید ها در سطح مقطع مورد مطالعه در حدود ۴ درصد است. تعداد کمی انکلوژیون ریز هماتیت اولیه در داخل منیتیت با ابعاد ۱۰ - ۵ میکرون دیده می شود.

**سولفورها:** بصورت انکلوژیون هائی با ابعاد ۵ - ۱۰ میکرون متشکل از پیریت، کالکوپریت و پیروتیت در داخل ایلمنیت ها و بعضا منیتیت ها مشاهده می شود که در صد فراوانی کمتر از ۰/۵٪ دارد نتایج ارائه شده مربوط به بررسی و مطالعه ۳۲۹۶ دانه در سطح مقطع مورد بحث است. درصد فراوانی کانه های موجود ۴۲/۴۵۸ درصد و گانگ ۵۷/۵۴۲ در صد است. ایلمنیت های آزاد ۲۴/۸۳۹ درصد، ایلمنیت درگیر ۲/۴۷۷ درصد، منیتیت آزاد ۱۰/۸۵۹ درصد و منیتیت درگیر ۱/۲۲ درصد و هماتیت و اکسیدهای ثانویه آهن ۳/۰۵۹ درصد است. درصد درگیری کانه اصلی ایلمنیت حدود ۰/۱ در صد است.

(ایلمنیت درگیر/ ایلمنیت آزاد)

## نمونه شماره OS 1 – 10

**ایلمنیت:** بصورت ذرات پراکنده و اغلب ریز و فاقد درگیری با سایر کانه ها و گانگ مشاهده می شود. درصد فراوانی ایلمنیت آزاد در سطح مقطع مورد مطالعه ۲۱/۴۷۶ درصد و ایلمنیت درگیر ۳/۱۲۷ درصد و مجموع درصد ایلمنیت موجود ۲۴/۶۰۳ درصد است. درصد درگیری ذرات ایلمنیت در حدود ۰/۱۲ است. ابعاد ایلمنیت ها مابین ۱۰ - ۱۲۰ میکرون است و بیشترین دانه های ایلمنیت مربوط به ابعادی حدود ۱۰۰ - ۵۰ میکرون است.

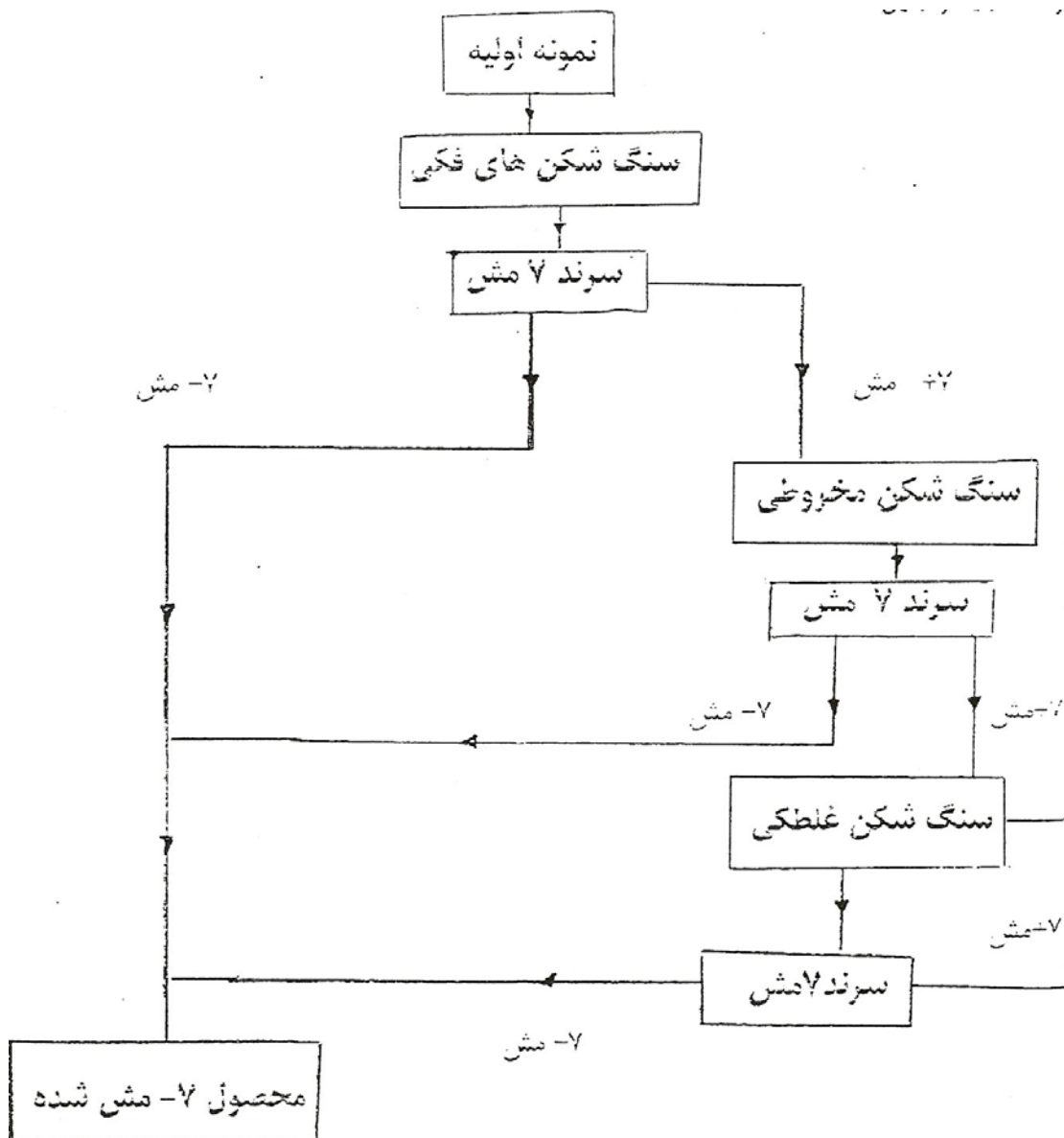
**منیتیت:** بصورت دانه های پراکنده با کریستال های اتومورف و نیمه اتومورف مشاهده می شود ابعاد ذرات منیتیت موجود مابین ۱۱۵ - ۱۰ میکرون است و بیشترین دانه های منیتیت ابعادی حدود ۸۰ - ۳۰ میکرون دارد. درصد فراوانی منیتیت های آزاد در سطح مقطع حدود ۵/۲۱۲ درصد و منیتیت های درگیر ۰/۱۶۶ درصد است و مجموع درصد منیتیت ها ۵/۳۷۸ درصد است. نسبت دانه های منیتیت درگیر با گانگ و سایر کانیهای در حدود ۰/۰۳۱۸ درصد است. در داخل تعداد انگشت شماری از منیتیت های تیغه های 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.

**هماتیت و اکسید های ثانویه آبدار آهن:** بصورت دانه های جدا شده و لکه های پراکنده در گانگ و یا آغشته در گانگ مشاهده می شود. درصد فراوانی این اکسید ها ۳/۰۸۵ درصد در سطح مقطع مورد مطالعه است. نتایج ارائه شده مربوط به بررسی ۲۳۹۸ دانه در سطح مقطع مورد بحث است. کانه های موجود در مقطع در مجموع ۳۳/۰۷ درصد و گانگ ۶۶/۹۳ درصد است. ایلمنیت آزاد ۴۷۶/۲۱ درصد و ایلمنیت درگیر ۳/۱۲۷ و منیتیت آزاد ۵/۲۱۲ درصد و منیتیت درگیر ۰/۱۶۶ درصد و هماتیت 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.



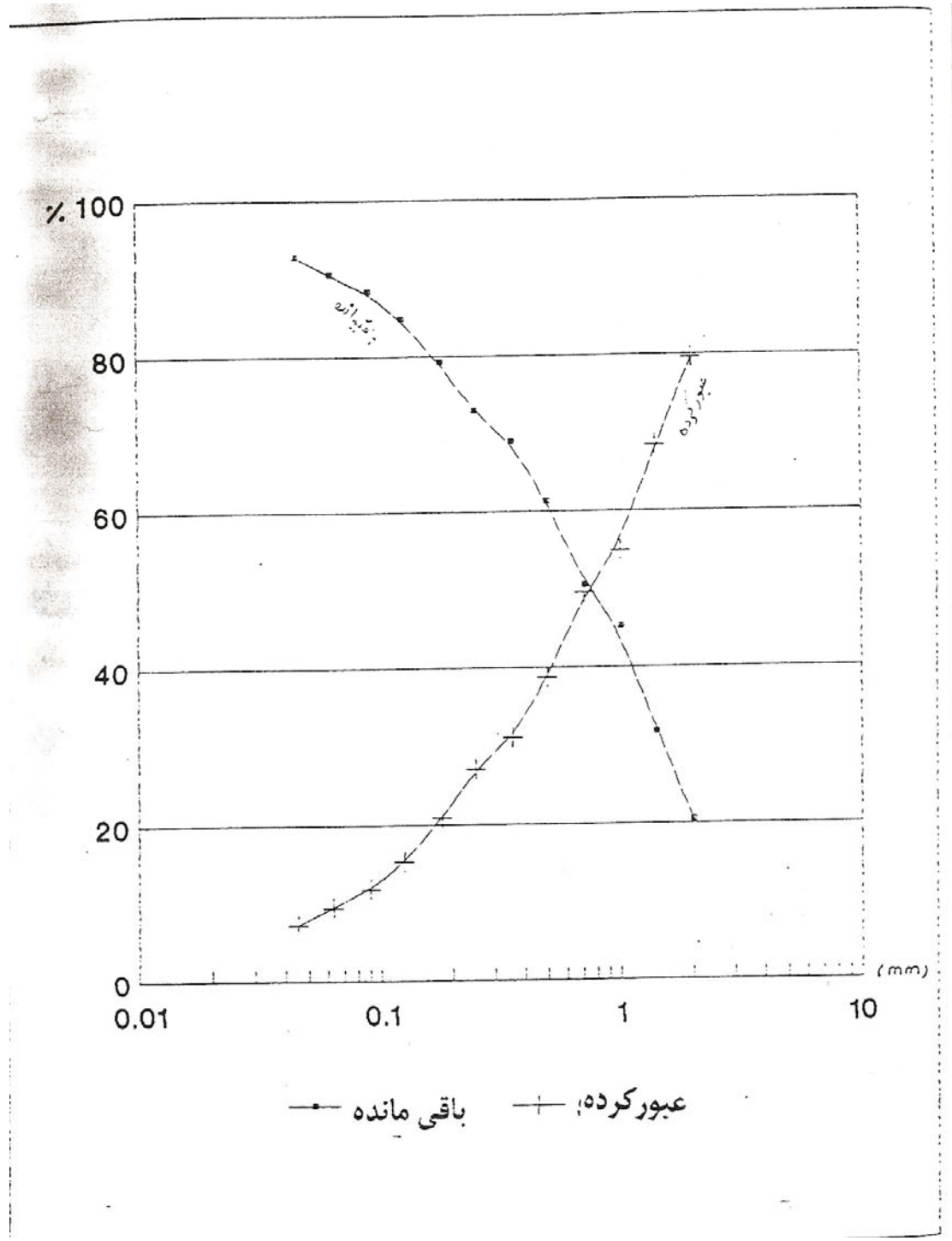
بعد از تهیه محصول ۷- مش بصورت فوق ۴ نمونه به روش مخروط ناقص تقسیم گشت. یک قسمت به عنوان نمونه پشتیبانو بخش دیگر توسط تقسیم کن های مختلف به بسته های یک کیلو گرمی تقسیم شده؛ نهایتاً از چند بسته با تقسیم های متوالی چند نمونه معرف برای ارسال به آزمایشگاههای مختلف تهیه گردید و سایر بسته های یک کیلو گرمی نیز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

### ۵- آزمایش تجزیه سرندي

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

شماره ذرات	درصدوزنی		درصدوزنی تجمعی		عیار %	
	میلیمتر	بین دوسرند	باقیمانده	عبور کرده	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
۱۰	۲	۲۰/۳۹	۲۰/۳۹	۷۹/۶۱	۳۳/۳۱	۳۹/۰۶
۱۴	۱/۴	۱۱/۶۳	۳۱/۶۲	۶۸/۳۸	۳۳/۴۹	۳۸/۴۵
۱۸	۱	۱۳/۵	۴۵/۱۲	۵۴/۸۸	۳۳/۹۶	۴۰/۰۱
۲۵	۰/۷۱	۵/۳۱	۵۰/۴۲	۴۹/۵۷	۳۳/۹۷	۴۰/۲۲
۳۵	۰/۱۵	۱۰/۸۶	۶۱/۴۹	۳۸/۵۱	۲۹/۱	۴۱/۸۴
۴۵	-۰/۳۵۵	۷/۶۶	۶۸/۹۵	۳۱/۰۵	۳۴/۱۲	۴۲/۶۱
۶۰	-۰/۲۵	۴/۰۱	۷۲/۹۶	۲۷/۰۴	۳۷/۶۵	۴۳/۱۴
۸۰	-۰/۱۸	۶/۲۰	۷۹/۸۶	۲۰/۱۴	۲۷/۱۱	۴۴/۱۶
۱۲۰	-۰/۱۲۵	۵/۵۵	۸۴/۸۲	۱۵/۲۸	۲۹	۴۳/۲۴
۱۷۰	-۰/۰۹	۳/۵۳	۸۸/۲۴	۱۱/۷۶	۳۵/۷۶	۴۱/۵۱
۲۳۰	-۰/۰۶۳	۲/۲۲	۹۰/۵۱	۹/۴۹	۳۷/۵۷	۴۰/۳۶
۳۲۵	-۰/۰۴۵	۲/۲۷	۹۲/۷۸	۷/۲۲	۳۱/۷۱	۳۹/۴۸
۳۲۸	-۰/۰۴۵	۲/۲۳	—	—	۴۳/۰۶	۳۵/۰۹
بازرسی	—	۱۰۰	—	—	۳۳/۴۳۲	۴۰/۳۰۴

جدول ۳- جدول تجزیه سرندي نمونه ۷ متی شده



از جدول و گراف تجزیه سرندي نتايج زير حاصل مي شود .

۱ - d80 نمونه تقريبا ۲ ميليمتر مي باشد.

۲ - تغييرات  $TiO_2$  و  $Fe_2O_3$  در دانه بندي بزرگتر از ۰/۰۹ ميليمتر چندان محسوس نيست.

۳ - عيار  $TiO_2$  و  $Fe_2O_3$  در نرمه (دانه هاي ۴۵-ميكرون) کاهش يافته است.

۴ - روند تغييرات عيار  $TiO_2$  با عيار  $Fe_2O_3$  رابطه مستقيم و با عيار  $SiO_2$  رابطه معكوس دارد.

## ۶ - جدايش هاي ثقلي :

با توجه به وجود اختلاف كافي بين وزن مخصوص كاني ايلمنيت و سيليت اريكسو با ساير كاني ها از

سوي ديگر استفاده از روشهاي ثقلي براي جداسازي موثر بنظر مي رسد.

## ۱ - ۶ - آزمايش باميزلرزان

الف) آزمايش با دانه بندي ۱۲۰ + ۶۰ - مش (۱۲۵/۰/۲۵ - ميليمتر)

با توجه به نتايج مطالعات ميكروسكبي چنين به نظر مي رسد كه در اين دانه بندي بيش از ۸۰ درصد از

ايلمنيت نمونه اوليه از كاني هاي سيليكاته و ساير كاني ها آزاد باشد از اين جهت ابتدا نمونه اوليه

(تقسيم شده) را توسط آسياي ميله اي به ابعاد ۶۰ - مش تبديل كرده و سپس به نحو زير باميز مورد

جدايش قرار گرفت.

۱ - آزمايشات در سه نوبت به منظور کاهش خطاهای احتمالی در حين انجام آزمايش صورت گرفت.

۲ - ميز به نحوی تنظیم شد که تنها دو محصول از آن گرفته شود (پرعيار و باطله)



۳- نمونه گیری 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	%SiO2		%Fe2O3		%TiO2	
		عیار	بازیابی	عیار	بازیابی	عیار	بازیابی
پرعیار ۱	۳۶	۳۳/۰۵	۷۴/۸	۵۳/۱۵	۴۷/۹	۳۳/۱۸	۳۳/۷
		۴/۳۷	۲۵/۲	۳۲/۴۴	۵۲/۱	۴۱/۹۵	۷۶/۳
بازورودی	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
		۶/۰۱	۱۲/۲	۳۳/۹۸	۲۵/۲	۴۳/۱۶	۳۷/۷
بازورودی	۱۰۰	۱۳/۸۶	۱۰۰	۳۹/۳۴	۱۰۰	۳۳/۵۲	۱۰۰
پرعیار ۳	۱۲/۵	۳۴/۰۹	۲۵/۶	۵۳/۲۸	۱۶/۵	۲۱/۷۷	۸/۲۰
		۹/۹۸	۷۶/۴	۳۸/۵۱	۸۳/۵	۳۴/۹۶	۹۱/۸
بازورودی	۱۰۰	۱۱/۷۴	۱۰۰	۴۰/۳۶	۱۰۰	۳۳/۳۱	۱۰۰
پرعیار ۴	۴۱/۵	۲۲/۴	۷۱	۵۲/۵۲	۵۲/۲	۱۳/۴۸	۲۰/۲
		۶/۵	۳۹	۳۴/۱۱	۴۲/۸	۳۷/۷۱	۷۹/۸
بازورودی	۱۰۰	۱۳/۱	۱۰۰	۴۱/۷۵	۱۰۰	۲۷/۶۵	۱۰۰

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

## نتیجه گیری :

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

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

۳- اختلاف عیارها در ۱ میانگین محاسبه شده بار ورودی احتمالاً بعلت یکنواخت نبودن بار ورودی بوده است.

نام محصول	درصد وزنی	%SiO2		%Fe2O3		%TiO2	
		عیار	بازیابی	عیار	بازیابی	عیار	بازیابی
پرعیار ۱	۱۶/۶	۲۵/۰۵	۲۶/۱	۵۳/۰۶	۱۶/۵	۲۱/۰۸	۰۸/۸
باطله ۱	۸۷/۴	۱۰/۲۵	۷۳/۹	۳۸/۷۴	۸۳/۵	۳۱/۷۱	۹۱/۲
بارورودی	۱۰۰	۱۲/۱۲	۱۰۰	۴۰/۵۵	۱۰۰	۳۰/۳۷	۱۰۰
پرعیار ۲	۸/۴	۳۰/۰۵	۲۸/۶	۶۱/۳۴	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	۵۳/۹	۱۸/۶۲	۷۶/۸	۶۶/۷۷	۶۱/۶	۲۱/۹۴	۳۹/۸
باطله ۳	۴۶/۱	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 دو سن آزمایش میز برای دانه بندی ۱۲۰+۶۰- مش

### نتیجه گیری:

- ۱- بیشترین عیار مربوط به پرعیار ۲ با عیار ۳۰/۰۵ درصد TiO2 می باشد که از نظر عیار نسبتا مطلوب است ولی باطله این عیار دارای ۶/۸۳% TiO2 و بازیابی ۷۱/۴ می باشد.
- ۲- تغییرات عیار بار ورودی به علت عدم تعادل میز در باردهی بوده است.

نام محصول	درصدوزنی	%SiO <sub>2</sub>		%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		%TiO <sub>2</sub>	
		عیار	بازیابی	عیار	بازیابی	عیار	بازیابی
پرعیار ۱	۲۱/۱	۲۱/۷۸	۲۶/۹	۵۲/۹۴	۳۸/۹	۲۴/۱۲	۲۱/۱
باطله ۱	۷۸/۹	۳۶/۳۰	۷۳/۱	۳۸/۴۵	۶۱/۱	۱۰/۱۵	۷۸/۹
بارورودی	۱۰۰	۳۳/۳۴	۱۰۰	۴۱/۵۱	۱۰۰	۱۳/۱	۱۰۰
پرعیار ۲	۷۱/۳	۲۵	۷۷/۳	۴۵/۳۲	۸۶/۱	۱۶/۳۱	۷۱/۳
باطله ۲	۲۸/۷	۳۶/۳۸	۲۲/۷	۳۲/۹۴	۱۳/۹	۶/۵۴	۲۸/۷
بارورودی	۱۰۰	۳۸/۳۷	۱۰۰	۴۱/۷۶	۱۰۰	۱۳/۵۱	۱۰۰
پرعیار ۳	۵۶	۳۰/۴۱	۶۶/۲	۴۸/۵۴	۸۵/۵	۲۰/۱۴	۵۶
باطله ۳	۴۴	۳۹/۴۲	۳۳/۸	۳۱/۵۸	۱۴/۵	۴/۳۴	۴۴
بارورودی	۱۰۰	۳۴/۴۶	۱۰۰	۴۱/۰۸	۱۰۰	۱۳/۱۹	۱۰۰
پرعیار ۴	۶۰/۶	۲۲/۸۱	۶۹/۴	۴۵/۶۳	۸۴/۳	۱۲/۰۶	۶۰/۶
باطله ۴	۳۹/۴	۳۶/۱۲	۳۰/۶	۳۰/۹۷	۱۵/۷	۴/۵۹	۳۹/۴
بارورودی	۱۰۰	۳۸/۰۵	۱۰۰	۳۹/۱۶	۱۰۰	۱۱/۵۴	۱۰۰
پرعیار ۵	۱۱/۵	۷/۰۲	۱۶/۶	۶۰/۷۷	۳۷/۵	۳۱/۲۶	۱۱/۵
باطله ۵	۸۸/۵	۳۴/۲۷	۸۳/۴	۳۹/۴۱	۷۲/۵	۱۰/۶۴	۸۸/۵
بارورودی	۱۰۰	۳۱/۱۵	۱۰۰	۴۱/۸۶	۱۰۰	۱۳	۱۰۰

جدول شماره ۶- نتایج تعیین آزمایش میز برای ذره بندی ۱۲۰-۶۰-مش

### نتیجه گیری :

به نظر 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	درصد وزنی	%TiO <sub>2</sub>		%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		%SiO <sub>2</sub>	
		عیار	بازیابی	عیار	بازیابی	عیار	بازیابی
پرعیار ۱	۲/۱	۲۸/۱	۱۰/۵	۵۶/۳۸	۲/۱	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	۳۲/۶۵	۱۰۰
پرعیار ۲	۲۶/۸	۲۲/۳۲	۵۴/۴	۵۲/۷	۳۵/۸	۱۵/۳۸	۱۲/۹
باطله ۲	۷۳/۲	۶/۸۵	۴۵/۶	۳۴/۶۳	۶۴/۲	۳۴/۵۳	۸۶/۱
بارورودی	۱۰۰	۱۱	۱۰۰	۳۹/۴۷	۱۰۰	۲۹/۶۹	۱۰۰

جدول شماره ۷- نتایج چهارمین آزمایش میز برای دانه بندی ۰-۱۲۰ 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+۰/۲۵-۰ 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 از نمونه (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 پرعیار 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 و سپس پرعیار بدست آمده مجددا پاک گردد در این صورت ۳ محصول پرعیار و متوسط و باطله از هر یک از سه میز حاصل شده است اختلاف این سه آزمایش به ترتیب با تغییر در نقاط جدایش محصول از یکدیگر در هر دو مرحله میز بوده است. این تغییرات با هدف کلی کاهش عیار در محصول باطله و افزایش آن در محصول پرعیار 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 پرعیار - متوسط و باطله گرفته شد.

TiO2

نام محصول	درصد وزنی	عیار	بازیابی
پرعیار	۴۳	۲۰	۳۷/۸۵
متوسط	۴۱/۶۵	۱۰ #	۵۹/۶۳
پایه	۱۵/۳۵	۲/۷۳	۳/۷۲
پاروژوئی	۱۰۰	۱۰۰/۸۴	۱۰۰

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

TiO2

نام محصول	درصد وزنی	عیار	بازیابی
پرعیار	۴۰/۸	۲۶ #	۷۹
متوسط	۳۳/۹	۱۲/۳ #	۱۲/۵
پایه	۳۰/۶	۳/۸۶	۸/۵
پاروژوئی	۱۰۰	۱۲/۹۸	۱۰۰

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

# تصحیح در دومین نتایج حدانش های تقنی آمده است



TiO <sub>2</sub>			
نام محصول	درصد وزنی	عیار	بازیابی
یرعیار	۹۰۸	۲۷/۸۵	۲۱/۴۲
متوسط	۳۶/۸	۱۷/۸۹	۵۱/۶۸
باطله	۵۳/۴	۶/۴۲	۲۶/۹۰
بازورودی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

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

TiO <sub>2</sub>			
نام محصول	درصد وزنی	عیار	بازیابی
یرعیار	۹۰۸	۲۶/۰۱	۲۲/۳۶
متوسط	۳۶/۴	۱۱/۸۲	۷۵/۳۹
باطله	۵۳/۴	۵/۵۵	۲/۲۵
بازورودی	۱۰۰	۱۰۰	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 نسبتاً مناسب است.
- ۳ - در آزمایش چهارم با اینکه عملیات در یک مرحله انجام گرفته است پر عیار حدود ۲۹ درصد  $TiO_2$  گرفته شده است.

ولی عیار باطله ای آن کمی بیشتر از هدف 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 (۱۰۶/۰+۲۵/۰- 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.

$TiO_2$		درصد وزنی	نام محصول
بازیابی	عیار		
۱۵/۲۳	۲۷/۷۳	۶/۹۴	پر عیار
۸۰/۹۹	۱۲/۶۸	۸۰/۸۴	متوسط
۳/۳۸	۳۰	۱/۲۲	زغال
۱۰۰	۱۲/۶۱۷	۱۰۰	پاروژوئیت

جدول ۱۲- نتایج آزمایش نهایی میز بر روی دانه بندی ۱۴۰+۶۰- مش

## نتیجه گیری :

نتایج نشان می دهد که مطابق هدف تعیین شده پرعیار و باطله نسبتا مطلوبی از نمونه اولیه گرفته شده است.

### ۲-۶- انجام آزمایشات ماریچ همفری (اسپیرال)

این آزمایش بر روی دو دانه بندی صورت گرفت:

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

۲- دانه بندی  $۱۴۰$ - مش  $(۰/۱۰۶)$  میلیمتر) هنگام تهیه نمونه برای انجام میزهای سری دوم (با دانه

بندی  $۱۴۰+۶۰$ - مش؛  $(۰/۲۵+۰/۱۰۶)$  میلیمتر) بدست آمده بود.

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

هدف از انجام آزمایش که در دو مرحله صورت پذیرفت تهیه محصول باطله با حداقل عیار  $TiO_2$  در

مرحله اول و تولید پرعیاری قابل مقایسه با آزمایشات میز در مرحله دوم بود. محصولات باطله و

متوسط در مرحله اول جدایش گرفته شدند و در مرحله 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.

TiO <sub>2</sub>		درصدوزنی	نام محصول
بازیابی	عیار		
۶۶/۸	۱۹/۲	۴۲	پرعیارنهایی
۲۴/۳	۶/۹	۴۲/۵	پرعیار
۵/۲	۶/۹۴	۶	متوسط
۳/۷	۶/۸۳	۶/۵	باطله
۱۰۰	۱۲/۰۶	۱۰۰	بارورودی

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

### نتیجه گیری :

۱- حدود ۶۷ درصد کل TiO<sub>2</sub> در محصول پرعیار با عیار ۱۹ درصد جای گرفته است که در مقایسه با میزان عیار کمتری برخوردار است.

۲- عیار باطله (حدود ۷٪ TiO<sub>2</sub>) نسبتاً زیاد می باشد.

۳- با حذف ذرات ۴۰۰- مش که دارای عیار TiO<sub>2</sub> ۶/۳۲ درصد بوده و حدود ۲۶ درصد از کل نمونه اولیه را تشکیل می دهد؛ افت بازیابی افزایش خواهد یافت.

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

همانطور که قبلاً 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 .

TiO <sub>2</sub>		درصدوزنی	نام محصول
بازیابی	عیار		
۲۵/۴	۱۴/۵۴	۱۴/۴	پرعیار نهایی
۱۴	۸/۱۱	۱۴/۲	پرعیار
۲۷/۴	۷/۳۵	۳۰/۸	متوسط
۳۳/۲	۶/۷۵	۴۰/۶	باطله
۱۰۰	۸/۲۵	۱۰۰	بارورودی

جدول ۱۴- نتایج اولین آزمایش اسپیرال بر روی دانه بندی ۱۴۰- مش

TiO <sub>2</sub>		درصدوزنی	نام محصول
بازیابی	عیار		
۲۸/۵۵	۱۵/۷۴	۱۴/۰۷	پرعیار
۳۶/۴۲	۷/۱۰	۳۹/۸	متوسط
۳۵/۰۳	۵/۸۹	۴۶/۱۳	باطله
۱۰۰	۷/۷۵۸	۱۰۰	بارورودی

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 مجدداً مورد جدایش قرار گرفت و محصولات پرعیار نهایی و پرعیار بدست آمد ولی در آزمایش دوم و در مرحله اول جدایش فقط باطله گیری صورت گرفت. سپس در مرحله دوم محصول باقی مانده مجدداً 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 خریدایش 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 در آزمایشات اول تا سوم نتایج حاصل از ۳ آزمایش مورد نظر در جدول ۱۷ آورده شده است .

TiO <sub>2</sub>		درصد وزنی	نام محصول
بازیابی	عیار		
۸۰/۵۲	۱۰/۳	۶۸/۱۸	پرعیار
۱۵/۲	۸/۸۵	۱۵/۴۵	متوسط
۴/۲۸	۲/۲۸	۱۶/۳۷	باطله
۱۰۰	۸/۲۲۱	۱۰۰	بارورودی
۷۱/۸	۱۰/۸۱	۵۳/۷۵	پرعیار
۲۲/۲	۷/۶۵	۲۳/۴۹	متوسط
۶	۲/۱۴	۲۲/۷۶	باطله
۱۰۰	۸/۰۹	۱۰۰	بارورودی
۶۳/۰۷	۱۰/۷۷	۴۸/۳۴	پرعیار
۲۹/۴	۸/۵۲	۲۸/۴۸	متوسط
۷/۵۳	۲/۶۸	۳۳/۱۱	باطله
۱۰۰	۸/۲۵۴	۱۰۰	بارورودی

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

### نتیجه گیری :

- همانطور که در جدول ۱۷ مشاهده می شود افزایش فشار آب شستشو در کاهش درصد وزنی محصول پرعیار نقش داشته است ولی سبب افزایش عیار این محصولات نشده است.
- 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 و به 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 (۰/۱۲۵ میلیمتر)

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

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

جدول ۱۷- متغیرهای عملیاتی در چهارمین آزمایش مولتی گراویتی  
نتایج بدست آمده از این آزمایش با توجه به شرایط فوق در جدول ۱۸ آورده شده است.

TiO2			
نام محصول	درصدوزنی	عیار	بازیابی
پرعیار	۳۳/۲۳	۱۲/۹۸	۵۲/۹۲
متوسط	۳۰/۶۶	۹/۱	۳۴/۲۳
باطله	۲۶/۱۱	۲/۹۰	۱۲/۸۵
بارورودی	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 باید این 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 جدا کننده الکترواستاتیک که در حقیقت مکمل روشهای ثقلی است با هدف جدایش منیتیت و ایلمنیت 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 میز چهارم با ابعاد ۱۴۰+۶۰- مش

شرایط انجام این آزمایش بر روی محصول پرعیار میز چهارم با ولتاژ ۳۰ کیلووات در جهت جدایش کانی های سیلیکاته از منیتیت و ایلمنیت تنظیم شد. نتایج حاصل از این آزمایش در جدول شماره ۱۹ آورده شده است.

نام محصول	درصد وزنی	TiO <sub>2</sub>		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
		عیار	بازیابی نسبی	عیار	بازیابی نسبی
پرعیار	۹۳/۴۵	۲۷/۷۰	۹۵/۶۹	۵۷/۸۲	۹۴
باطله	۶/۵۵	۱۷/۸۶	۴/۳۱	۵۲/۵۸	۶
بنرورودی	۱۰۰	۲۷/۰۵	۱۰۰	۵۷/۴۸	۱۰۰

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

### نتیجه گیری :

نتایج حاصل از این آزمایش 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 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> و TiO<sub>2</sub> در محصول باطله و در نتیجه افزایش عیار TiO<sub>2</sub> در محصول پرعیار اندیشید و پارامترهای عملیاتی دستگاه ها را در این جهت تعدیل کرد.

### ب) انجام آزمایشات الکترواستاتیک بر روی پرعیار میز نهایی:

شرایط انجام آزمایش الکترواستاتیک بر روی پرعیار میز نهایی با ولتاژ (۲۰ کیلوولت) در جهت گرفتن یک باطله خوب تنظیم شد تا حداکثر عیار TiO<sub>2</sub> در محصول پرعیار حاصل گردد. البته برای بهینه کردن این آزمایش نیاز به انجام تعداد آزمایشات بیشتری با تغییر در پارامترهای عملیاتی دستگاه می

باشد؛ که این امر در صورت لزوم در آینده انجام خواهد گرفت. نتایج حاصل از آزمایش فوق در جدول ۲۰ آورده شده است.

نام محصول	درصد وزنی	TiO <sub>2</sub>	
		عیار	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 بر روی محصول پرعیار میز نهایی

### نتیجه گیری:

با انجام آزمایش الکترواستاتیک بر روی پرعیار میز نهایی حدود ۱/۵ درصد عیار TiO<sub>2</sub> در محصول پرعیار افزایش یافته است. ولی هنوز عیار TiO<sub>2</sub> در محصول باطله ایده آل نیست.

### ج) انجام آزمایش الکترواستاتیک بر روی پرعیار میز سوم ۱۴۰+۶۰- مش

این آزمایش با هدف تهیه یک محصول پرعیار با حداکثر عیار  $TiO_2$  در این مرحله انجام گرفت.

شرایط آزمایش همانند آزمایش اول در نظر گرفته شد.

نتایج این آزمایش در جدول شماره ۲۱ آورده شده است.

Fe2O3		TiO2		درصدوزنی	نام محصول
بازایی نسبی	عیار	بازایی نسبی	عیار		
۹۵/۴	۶۰/۳۱	۹۸/۸۲	۲۹	۹۳	پرعیار
۴/۶	۳۸/۲۳	۱/۱۸	۴/۶	۷	باطله
۱۰۰	۵۸/۷۹	۱۰۰	۲۷/۲۹	۱۰۰	برورودی

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

#### نتیجه گیری:

۱- عیار  $TiO_2$  محصول پرعیار ۲۹ درصد بابازایی ۹۹ درصد می باشد.

۲- محصول باطله از نظر عیار  $TiO_2$  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 با ابعاد مختلف صورت پذیرفت. از پرعیار آزمایش اول الکترواستاتیک برای انجام آزمایش مغناطیس در همان دانه بندی ۱۴۰+۶۰- مش و از پرعیار دوم الکترواستاتیک جهت انجام جدایش مغناطیس در ابعاد ۱۴۰- مش و از پرعیار 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	درصد وزنی	TiO2		Fe2O3	
		عیار	بازیابی نسبی	عیار	بازیابی نسبی
غیر مغناطیسی	۸۰/۳	۲۷/۸۴	۸۰/۷	۵۶/۶۸	۷۸/۷
مغناطیسی	۱۹/۷	۲۷/۱۶	۱۹/۳	۶۲/۴۸	۲۱/۳
پارو روی	۱۰۰	۲۷/۷۰	۱۰۰	۵۷/۸۲	۱۰۰

جدول ۲۲ - نتایج جدایش مغناطیسی تر بر روی محصول پرعیار الکترواستاتیک اول

### نتیجه گیری:

عیار TiO2 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) انجام جدایش 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- مش خرد شد سپس جدایش مغناطیسی در دو مرحله با شدت های ۰/۰۵ و ۰/۰۲ آمپر جهت جدایش منیتیت از صورت گرفت در مرحله اول جدایش با شدت ۰/۰۵ آمپر محصول غیر مغناطیس اول و یک محصول مغناطیس حاصل شد و در مرحله دوم محصول مغناطیسی با شدت ۰/۰۲ آمپر مجددا 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	درصد وزنی	TiO2		Fe2O3	
		عیار	بازیابی نسبی	عیار	بازیابی نسبی
غیرمغناطیس دوم	۱۶/۲	۳۸/۵۴	۲۰/۴۴	۵۲/۳۶	۱۴/۱۱
غیرمغناطیس اول	۱۸/۲	۳۴/۰۲	۲۰/۳۷	۵۴/۶۳	۱۶/۵۳
مغناطیس	۶۵/۷	۲۷/۵۶	۵۹/۳۹	۶۳/۴۸	۶۹/۳۶
پاروژودی	۱۰۰	۳۰/۵۴۲	۱۰۰	۶۰/۱۳۱	۱۰۰

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

**نتیجه گیری:**

- ۱- عیار TiO2 در محصول پرعیار (غیرمغناطیس دوم) به حدود ۳۹ درصد رسیده است.
- ۲- محصول باطله (مغناطیس) دارای مقدار نسبتاً زیادی از TiO2 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 اینک 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 با شدت زیاد جهت جدایش گانگ سیلیکاته صورت گیرد و مرحله دوم با شدت کم جهت جدایش منیتیت از ایلمنیت انجام شود. این مسئله دارای فلوئید نهایی در گزارش مرحله دوم به تفصیل 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	درصد وزنی	TiO <sub>2</sub>		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
		عیار	بازیابی نسبی	عیار	بازیابی نسبی
غیرمغناطیس	۷۳/۵	۳۱/۷۶	۸۱/۶۶	۵۵/۷۳	۶۷/۴۶
مغناطیس	۲۶/۵	۱۹/۷۹	۱۸/۳۴	۲۶/۵۹	۳۲/۵۴
بارورودی	۱۰۰	۲۸/۵۸۷	۱۰۰	۶۰/۷۲	۱۰۰

جدول ۲۴ نتایج جدایش مغناطیسی بر روی 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<sub>2</sub> 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:

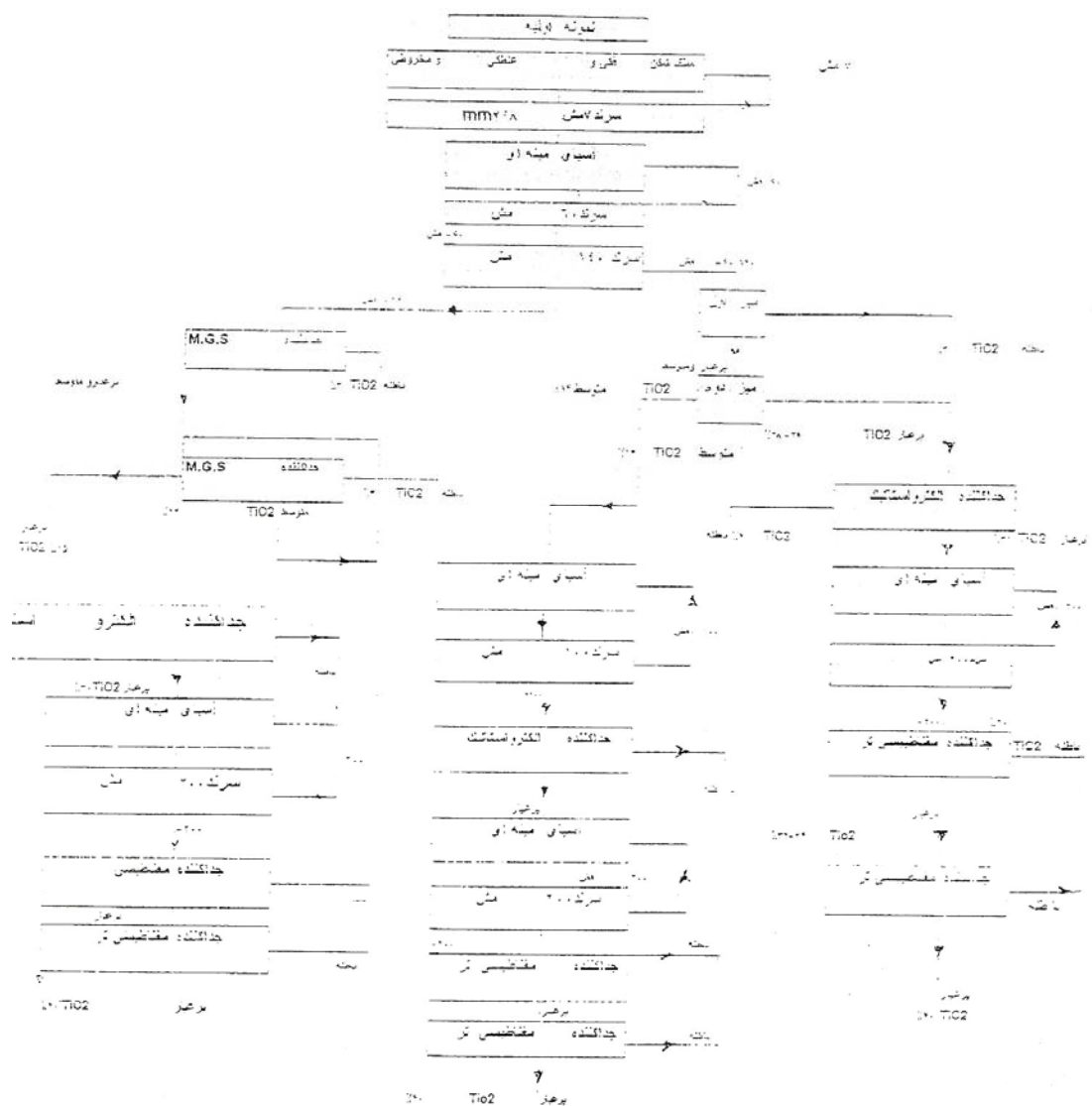
۱- همانطوری که در جدول شماره ۲۳ مشاهده می شود عیار  $TiO_2$  در محصول پرعیار (غیر مغناطیس دوم) به حدود ۳۹ درصد با بازیابی نسبی ۲۰/۴۴ درصد رسیده است. از سوی دیگر با کاهش ابعاد ذرات تا ۲۰۰- مش و انجام دو بار جدایش مغناطیس به نظر می رسد که بتوان به عیار و بازیابی مورد قبولی برای محصول پرعیار (غیرمغناطیس) 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 پرعیار الکترواستاتیک نشان می دهد که شاید بتوان فقط از دو مرحله جدایش مغناطیسی با شدت 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 در تهیه فلوشیت نهائی مورد توجه قرار گیرد.

۳- عیار بالای  $TiO_2$  در محصول 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 تیتانومینیتیت 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 تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در فلوشیت مزبور قسمت های تیره تر در این مرحله از گزارش انجام شده است و قسمت های روشن از فلوشیت در صورت نیاز در مرحله دوم پروژه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

فروشیت پیشنهادی عملیات کنده آری جهت ادامه پروژه تهیه گزارش تفصیلی به شرح زیر در نظر گرفته شده است



## ۱۰- بررسی نتایج جدایشهای ثقلی :

### ۱-۱۰- مقدمه :

از روشهاییکه می توان بدان وسیله کارایی یک سیستم کانه آرایبی 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 عموماً 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 نمایم و اگر هدف مقایسه وضع جدایش دوبار ورودی باشد میتوان منحنی های مربوط به آن دوبار ورودی را پس از گذر از یک جداکننده واحد مقایسه 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 از منحنی 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 میزبروی 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 از رابطه ای تجربی که بین وزن مخصوص و عیار  $TiO_2$  برقرار شده بود محاسبه گردید. نتایجی که از بررسی 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 بارورودی؛ جدایش محصولات در دو سری آزمایشات مشابه هم است.

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

با وجود اینکه مکانیزم جدایش کانی ها بوسیله مارپیچ کاملاً متفاوت با میز است . اما چون هر دو براساس اختلاف وزن مخصوص کانی های جدایش می کنند مقایسه نتایج آنها مفید به نظر می رسد . لذا پس از تعیین منحنی بهینه درصد وزنی عیار در محصولات پرعیار مارپیچ (شکل ۵) منحنی عیار - بازیابی مربوط به آن رسم گردید که در شکل ۶ بصورت مقایسه ای با منحنی های مربوط به دوسری میز آورده شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می شود.

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

۲- جدایش در مارپیچ کیفیت پایین تری نسبت به دومیز 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)

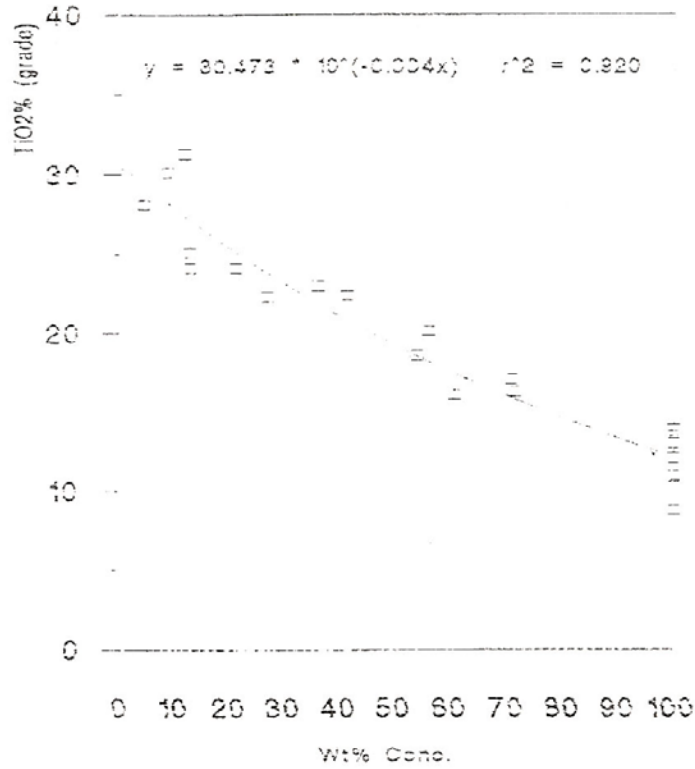
جدایش های مولتی گراویتی بر روی دانه بندی فوق نتایج چندان متفاوت را نشان نداده اما در مقایسه بین نتایج مارپیچ و مولتی گراویتی طبق اشکال ۷ و ۸ اشکار نموده که

۱- نیاز به آزمایشات 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.

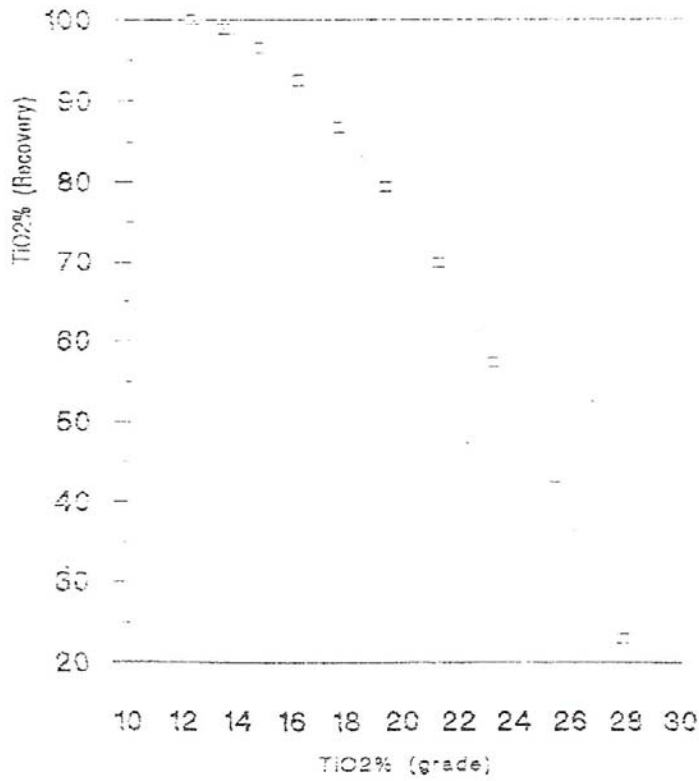
۳- چنانچه بخواهیم عیار بار ورودی مارپیچ را برابر عیار بارورودی مولتی گراویتی نماییم (که در اصل باید چنین باشد) باید در ضریب  $621/1 = 8/59 / 7/63$  ضرب نماییم . ملاحظه می شود که با ضرب عیار بقیه نقاط منحنی عیار بازیابی مارپیچ در همین ضریب منحنی مارپیچ و مولتی گراویتی بر هم منطبق خواهند شد لذا نمی توان بین جدایش مارپیچ و مولتی گراویتی فرقی قائل شد.

The relation between Wt% and TiO<sub>2</sub>% of concentrates of 1st series of table tests



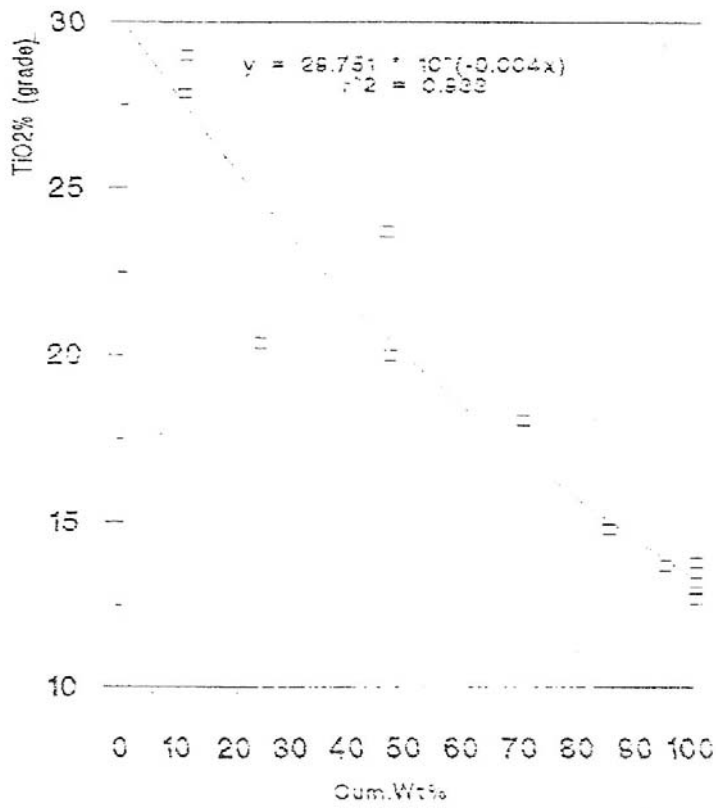
شکل ۱-

Grade-Recovery curve of Ilmenite concentrate produced in 1st series of table tests



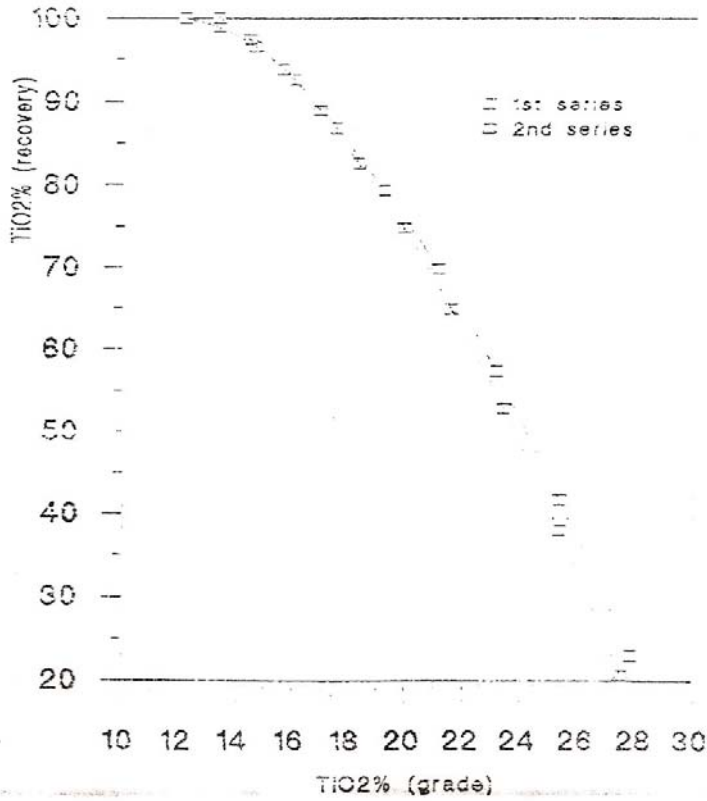
شکل ۲-

The relation between Wt% and TiO<sub>2</sub>% of concentrates of 2nd series of table tests



شکل ۳-

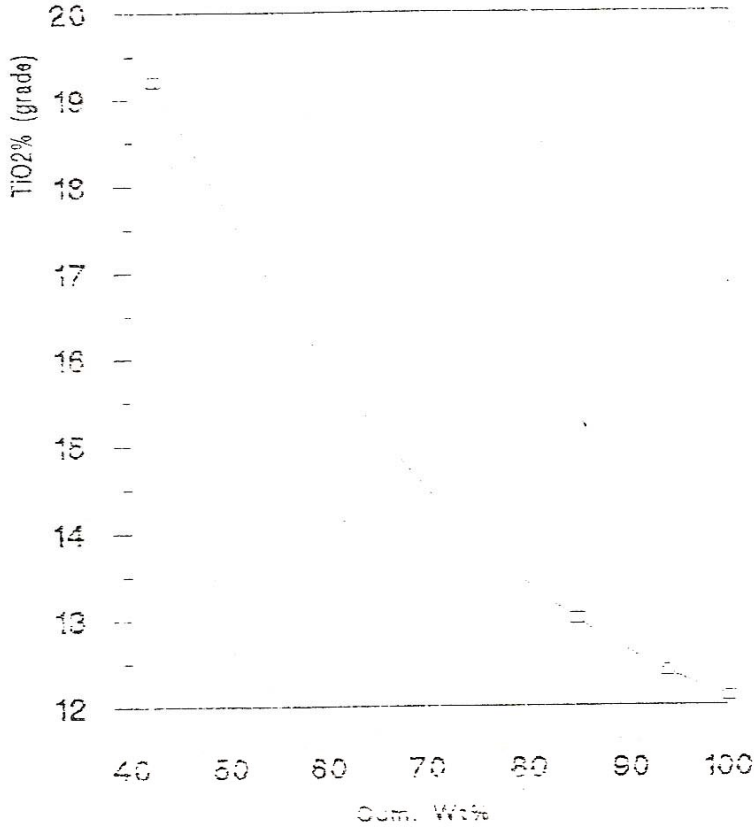
Comparison of grade-recovery curves between the 1st and the 2nd series of table tests



شکل ۴-

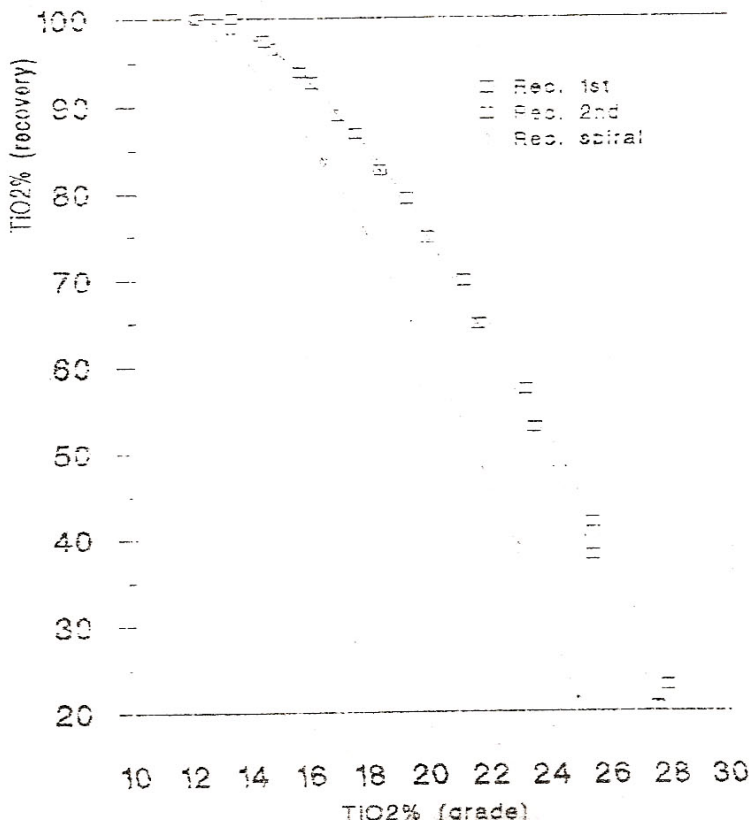


The relation between Wt% and TiO<sub>2</sub>% of concentrates of 1st spiral test



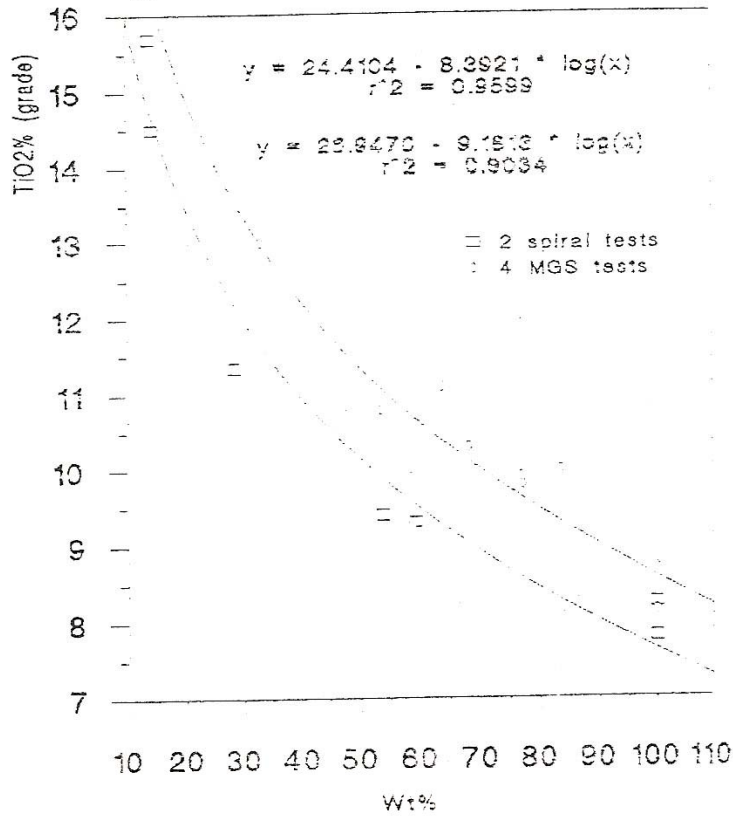
شکل ۵-

Comparison between grade-recovery curves of 1st and 2nd series of table and spiral tests



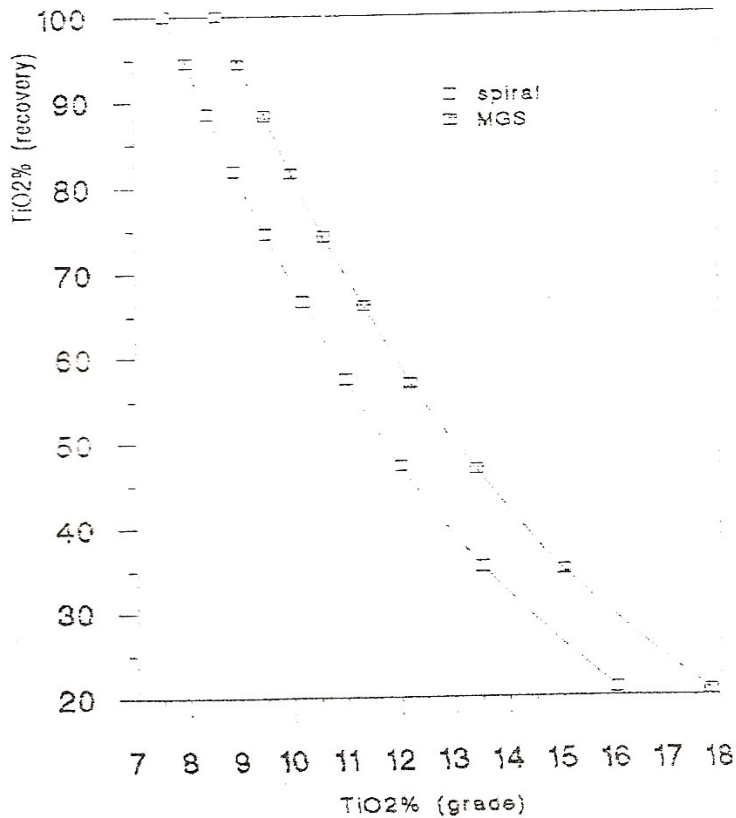
شکل ۶-

Comparison between different spiral and MGS tests



شکل ۷-

Comparison between grade-recovery curves of spiral and multy gravity tests



شکل ۸-