

## مطالعات شناسایی و فرآوری بوکسیت دیاسپوری کرمان

نوشته: مهدی معظمی گودرزی\*، بهرام رضایی\* و احمد امینی\*\*

\* دانشکده مهندسی معدن متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) \* سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

### Characterization and Ore Dressing Studies of Kerman Diasporic Bauxite

By: M. Moazemi\*, B. Rezai\* & A. Amini\*\*

\*Department of Mining and Metallurgy, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

\*\*Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

تاریخ دریافت: ۱۳۸۴/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۰۲/۱۵

#### چکیده

در این تحقیق در ابتدا مطالعات شناسایی از دیدگاه فرآوری و سپس امکان افزایش نسبت مدول آلومینا به سیلیس با کمک آزمایشهای فرآوری بر روی نمونه‌های بوکسیت دیاسپوری منطقه بلبلیه کرمان بررسی گردید. نتایج به دست آمده از مطالعات شناسایی نشان داد که کانیهای اصلی تشکیل دهنده کانسنگ دیاسپور و هماتیت می‌باشند و درصد  $Fe_2O_3$ ،  $Al_2O_3$  و  $SiO_2$  به ترتیب برابر ۳۶/۶، ۲۷/۰۲ و ۲۰/۳۲ درصد است که با توجه به میزان  $Al_2O_3$  و  $SiO_2$  نسبت مدول آلومینا به سیلیس برابر ۱/۸ محاسبه گردید. مطالعات کانی شناسی بر روی مقاطع نشان داد که در تمامی نمونه‌ها بافت کلاستیک شامل انولیتها و پیزولیتها بوکسیتی در درون یک زمینه ریزبلور که خود مخلوطی از هماتیت و کانیهای رسی و بوکسیت می‌باشد، قابل مشاهده است. در بخش مطالعات فرآوری، روشهای فیزیکی شامل خردایش انتخابی، واسطه سنگین و میز مورد بررسی قرار گرفت. با کمک خردایش انتخابی نمونه در درون آسیای گلوله‌ای و پس از حذف ذرات کوچکتر از ۴۵ میکرون، نسبت مدول با بازیابی ۶۹/۳ درصدی آلومینا از ۱/۸۰ به ۱/۹۱ افزایش یافت. در بخش مطالعات واسطه سنگین با انتخاب چگالی ۳/۲۲ گرم بر سانتی متر مکعب نسبت مدول در بخش سنگین با بازیابی ۶۴/۰۲ آلومینا به ۳/۳۲ افزایش یافت. در بخش مطالعات میز با وجود افزایش نسبت مدول در بخش کنسانتره به ۲/۶۴، بازیابی آلومینا به کمتر از ۲۱ درصد تقلیل یافت.

**کلید واژه‌ها:** نسبت مدول، بوکسیت دیاسپوری، بلبلیه، مطالعات شناسایی، خردایش انتخابی، جدایش واسطه سنگین، میز

#### Abstract

In this research firstly ore characterization studies from ore dressing point of view have been conducted and then increase in module ratio i.e. ratio of  $Al_2O_3$  to  $SiO_2$  of the bauxite samples from Boolboolieh area of Kerman province investigated by the means of ore dressing techniques. Obtained results from ore characterization studies revealed diasporite and hematite were major mineral phases and  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  and  $SiO_2$  contents of head sample were 36.6, 27.02 and 20.32 % respectively and consequently module ratio was determined to be 1.8. Mineralogical studies on all prepared microscopic sections show clastic texture that contains pisolith and oolith particles inside microcrystalline matrix formed from hematite, clay minerals and fine bauxite particles. In ore dressing studies, physical separation methods, selective grinding, heavy media separation and tabling have been investigated. Obtained results from selective grinding revealed that alumina to silica ratio increases from 1.8 to 1.91 with alumina recovery about 69.3 %. Heavy Liquid separation tests proved that alumina to silica ratio increases to 3.32 with 64.02% alumina recovery by adjusting heavy liquid density to 3.22. Tabling tests approved increase in concentrate module ratio to 2.64 with reduction in alumina recovery to 21%.

**Keywords:** Module ratio, Diasporic bauxite, Boolboolieh, Characterization, Selective grinding, Heavy media separation, Tabling

## ۱- مقدمه

با افزایش روز افزون تقاضا برای بوکسیت به عنوان اصلی ترین ماده اولیه جهت تولید آلومینیم ظرفیت تولید جهانی در سالهای اخیر با نرخ رشد سالانه ۲ میلیون تن مواجه شده است (Rayzman, 2003). بررسیها نشان می دهد در صورتی که اکتشافات جدیدی بر روی ذخایر بوکسیتی جایگزین صورت نگیرد، ذخایر موجود توانایی تأمین نیازهای جهانی را تا بیش از ۲۵ سال آینده نخواهند داشت (Meyer, 2004). این در حالیست که قیمت آلومینیم در سالهای اخیر به نرخ صعودی خود ادامه داده و در ۳ ماه آخر سال ۲۰۰۵ با رشدی بی سابقه به بیش از ۲۰۰۰ دلار بر تن رسیده است (www.lme.co.uk, 2006). با توجه به نکات ذکر شده به روشنی می توان به اهمیت فرآوری ذخایر با کیفیت پایین که شاید در گذشته کمتر مورد توجه قرار گرفته اند، به عنوان منابع جدید برای استحصال آلومینا پی برد.

مهم ترین و مشکل سازترین کانیهای مزاحم در ذخایر بوکسیتی، کانیهای حاوی سیلیس فعال هستند. این کانیها اثرات نامطلوب فراوانی بر روی بازدهی فرایند بایر می گذارند به نحوی که به ازای هر تن سیلیس موجود در ترکیب کانیهای رسی ۱ تن سود هدر می رود. در صورتی که سیلیس موجود به صورت کوارتز باشد ۱ تن آلومینا علاوه بر سود به صورت ترکیب جامد سودالیت رسوب کرده و هدر می رود. (Jacob, 1984) در ایران نیز با توجه به وجود ذخایر مونو هیدرات نوع بوهمیتی و دیاسپوری حاوی سیلیس بالا انجام مطالعات فرآوری می تواند منجر به تبدیل این ذخایر به معادن قابل بهره برداری گردد.

ذخیره دیاسپوری بلبلوویه در بیست کیلومتری جنوب خاور کرمان در امتداد جاده کرمان- ماهان واقع شده است این ذخیره با توجه به عیار قابل توجه آلومینا نسبت به سایر ذخایر داخلی و همچنین ذخیره معدنی قابل توجه، می تواند به عنوان یکی از مهم ترین ذخایر بوکسیتی در کشور پس از ذخیره بوکسیت دیاسپوری جاجریم مطرح گردد. از لحاظ زمین شناسی و بر اساس طبقه بندی والتون، نهشته بلبلوویه از نوع کارستی با منشأ لاتریتی می باشد (ایران منش، ۱۳۷۵).

در این تحقیق در ابتدا مطالعات شناسایی نمونه از دیدگاه فرآوری مورد بررسی قرار گرفت و سپس امکان کاهش سیلیس و افزایش نسبت مدول آلومینا به سیلیس به کمک روشهای خردایش انتخابی، واسطه سنگین و میز ارزیابی گردید.

## ۲- مطالعات شناسایی

### ۲-۱- تجزیه شیمیایی

نمونه معرف به دست آمده از مرحله سنگ شکنی پس از طی مراحل

آماده سازی تجزیه شیمیایی شد که نتیجه آن در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به جدول، میزان نسبت مدول آلومینا به سیلیس نمونه اولیه برابر با ۱/۸۰ است که بر اساس طبقه بندیهای موجود بوکسیت نوع درجه ۵ محسوب می شود (شهریاری، ۱۳۶۵).

### ۲-۲- مطالعات نیمه کمی XRD

نمونه به دست آمده از سنگ شکنی توسط روش XRD مورد مطالعه قرار گرفت. نتیجه حاصل در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به جدول، فازهای اصلی کانی شناسی شامل دیاسپور و هماتیت هستند که هر یک سهم قابل توجهی از  $Al_2O_3$  و  $Fe_2O_3$  را به خود اختصاص می دهند. کانیهای فرعی موجود نیز شامل کائولینیت، آنازاز، گوتیت، ایلیت و کوارتز می باشند که در بیشتر ذخایر مونو هیدرات از قبیل ذخیره جاجریم، کانیهای مشابه آنها را می توان مشاهده کرد (علیخانی، ۱۳۷۷).

### ۲-۳- مطالعات میکروسکوپی

برای انجام مطالعات کانی شناسی، تعدادی مقطع نازک و مقطع صیقلی از نمونه های سنگی تهیه و مورد مطالعه قرار گرفت. در همه مقاطع مطالعه شده بافتهای انولیتی و پیزولیتی حاوی بوکسیت با ساختار حلقوی متحدالمرکز در درون ماتریکس میکرو کریستالین مشاهده گردید. ماهیت کانی شناسی سیمان (ماتریکس) در برگیرنده ترکیبی از دانه های ریز بلور بوکسیتی، اکسیدهای آهن از قبیل هماتیت و کانیهای رسی از قبیل کائولینیت می باشد. شکل ۱ تصویر میکروسکوپی مربوط به انولیت های بوکسیتی موجود در نمونه مورد مطالعه را در نور عادی و نور پلاریزه نشان می دهند.

به منظور بررسی بیشتر وضعیت توزیع کانیهای مختلف و چگونگی ارتباط آنها با یکدیگر، بخشی از نمونه حاصل از سنگ شکن استوانه ای تحت عملیات تجزیه سرندهی تر قرار گرفت. سپس از هر یک از فراکسیونهای مقطع صیقلی و مقطع نازک تهیه گشت. بر اساس مطالعات صورت گرفته در تمامی فراکسیونهای حاصل از تجزیه سرندهی، قطعات سیمان ریز بلور به صورت درگیر با قطعات بوکسیتی و هماتیت، مشاهده گردید. بررسیهای بیشتر از طریق شمارش قطعات بوکسیتی، قطعات آهن دار و قطعات سیمان ریز بلور نشان داد به تدریج با کاهش ابعاد در فراکسیونهای تحتانی از میزان درگیری کاسته شده و یک تفکیک نسبی بین قطعات ایجاد می شود. همچنین مطالعات بر روی مقاطع شفاف حضور قطعات مستقل کوارتز با منشأ سنگ بستر ماسه سنگی را تأیید کرد. شکل های ۲، ۳ و ۴ به ترتیب مقاطع تهیه شده از فراکسیونهای ۱۷۰۰-، ۸۵۰+،



۸۵۰-۴۲۰+ و ۲۱۲-۴۲۰+ را نشان می‌دهند.

چگالی ۳/۱۶ نمونه، چگالیهای ۲/۹۲، ۳/۰۲، ۳/۱۲، ۳/۲۲ و ۳/۳۲ به عنوان چگالی واسطه جدایش مورد بررسی قرار گرفت.

شکل ۶ نتایج حاصل از این آزمایشها را نشان می‌دهد. بر پایه شکل ۶، دیده می‌شود که نسبت مدول در بخش غرق شده با افزایش چگالی جدایش به طور مرتب افزایش می‌یابد و از مقدار حداقل ۲/۶۹ در چگالی ۳/۰۲ به بیشترین میزان خود در چگالی ۳/۳۲ برابر با ۴/۱۲ می‌رسد. در بخش شناور نیز نسبت مدول از مقدار حداقل ۰/۲۲ در چگالی ۲/۹۲ تا مقدار حداکثر ۱/۵۸ در چگالی ۳/۳۲ افزایش می‌یابد.

با افزایش چگالی جدایش و افزایش نسبت مدول در بخش غرق، بازیابی آلومینا به بخش غرق کاهش می‌یابد. بدین ترتیب با انتخاب چگالیهای جدایش ۲/۹۲، ۳/۰۲، ۳/۱۲ می‌توان به بازیابی بیش از ۹۰ درصدی آلومینا دست یافت اما نسبت مدول برای بخش غرق شده کمتر از ۳ خواهد بود. با افزایش چگالی جدایش تا ۳/۲۲ می‌توان نسبت مدول بخش غرق را با بازیابی ۶۴ درصد آلومینا تا ۳/۳۲ افزایش داد، اما افزایش بیشتر چگالی تا ۳/۳۲ منجر به کاهش قابل توجه بازیابی آلومینا به بخش غرق می‌گردد. بنابراین چگالی ۳/۲۲ را می‌توان به عنوان چگالی مناسب جدایش برای ادامه انتخاب نمود.

### ۳-۲-۲- آزمایشهای مایعات سنگین در چگالی جدایش ۳/۲۲ بر روی فراکسیونهای مختلف

آزمایشهای مایعات سنگین برای ۴ فراکسیون ۱۷۰۰-۸۵۰+، ۸۵۰-۴۲۵+، ۴۲۵-۲۱۲+ و ۲۱۲-۱۲۵+ میکرون در چگالی جدایش ۳/۲۲ به منظور بررسی اثر دانه‌بندی بر جدایش صورت گرفت. شکل ۷ نتایج حاصل از این آزمایشها را نشان می‌دهد. با توجه به شکل با کاهش ابعاد ذرات و تفکیک قطعات بهبودی در جدایش کانیهای سبک و سنگین ایجاد نشده است و نسبت مدول بخش غرق کاهش یافته است. علاوه بر این با کاهش ابعاد بازیابی آلومینا به بخش غرق شده کاهش می‌یابد.

### ۳-۳- میز لوزان

به منظور تهیه خوراک اولیه مناسب برای انجام آزمایشهای میز، نمونه به مدت ۲۴ دقیقه و به روش تر توسط آسیای میله‌ای تا ابعاد ریزتر از ۲۵۰ میکرون خرد شد. سپس با توجه به آثار نامطلوب نرمه بر کارایی میز، محصول آسیا به سطل نرمه انتقال یافته و پس از توقف به مدت ۱۸۵ ثانیه، ذرات ریزتر از ۳۰ میکرون جدا گردید. نمونه نرمه‌گیری شده به روی سرند ۱۲۰ مش انتقال یافته و به دو بخش با دانه‌بندی ۲۵۰-۱۲۵+ و ۱۲۵-۳۰+ میکرون تقسیم شد.

در مجموع ۱۲ آزمایش میز با تغییر شرایط شیب و دبی آب شستشو و همچنین

### ۳- آزمایشهای فرآوری

پس از انجام مطالعات شناسایی کانسنگ، آزمایشهای فرآوری به منظور ارزیابی امکان تهیه محصول پیش تغلیظ با نسبت مدول بالاتر و سیلیس کمتر صورت گرفت که در ادامه، نتایج حاصل، بیان می‌شود.

### ۳-۱- خردایش انتخابی

در این بخش امکان جداسازی بوکسیت از کانیهای همراه به منظور افزایش نسبت مدول به کمک خردایش انتخابی بررسی شد. بدین منظور محصول خردایش به مدت ۲۰ دقیقه در آسیای گلوله‌ای، تحت عملیات تجزیه سرندي به روش تر قرار گرفت و تغییرات نسبت مدول و بازیابی آلومینا در محدوده‌های مختلف سرندي بررسی گردید. نتایج حاصل از این مطالعات در شکل ۳ ارائه شده است.

در این شکل تغییرات نسبت مدول و بازیابی آلومینا در بخش باقیمانده بر روی سرند نسبت به تغییر ابعاد سرند جدایش نشان داده شده است. با توجه به شکل، با حذف ذرات ریزتر از ۴۵ میکرون می‌توان با بازیابی ۶۹/۳ درصدی آلومینا، نسبت مدول بخش باقیمانده روی سرند را به ۱/۹۱ افزایش داد. از سوی دیگر می‌توان با حذف ذرات ریزتر از ۲۱۲ میکرون نسبت مدول بخش باقیمانده روی سرند را به ۲/۴۳ رساند که در این صورت بازیابی آلومینا به کمتر از ۲۹/۱۶ درصد کاهش می‌یابد.

### ۳-۲- جدایش به کمک واسطه سنگین

هدف از انجام آزمایشهای واسطه سنگین بررسی امکان جدایش کانیهای سبک سیلیکاته کائولینیت و ایلیت و همچنین کوارتز از کانیهای سنگین تر شامل دیاسپور، همتیت و آنتازا می‌باشد.

برای انجام این آزمایشها با استفاده از مایعات سنگین بروموفرم و دیدومتان وزن مخصوصهای واسطه با استفاده از روابط اسکالار تهیه شده و سری کامل آزمایشهای مایعات سنگین بر روی فراکسیون ۸۵۰+۴۲۵- میکرون صورت گرفت (رضایی، ۱۳۷۶). پس از تعیین چگالی جدایش مناسب آزمایشهای لازم بر روی فراکسیونهای مختلف حاصل از سنگ‌شکنی انجام شد.

### ۳-۲-۱- آزمایشهای واسطه سنگین بر روی محدوده ابعادی ۸۵۰+۴۲۵- میکرون

پس از آنکه محدوده ابعادی ۴۲۵ + ۸۵۰- با روش تر سرند شد، با توجه به



نسبت مدول بخشهای کنسانتره و باطله حاصل از جدایش نشان داد، ولی این اختلاف از توزیع غیر یکنواخت دانه بندی در بخشهای سبک میانی و سنگین ناشی می شود و جدایشی بین قطعات سبک تر و سنگین تر صورت نگرفته است. تغییرات نسبت مدول که در بخشهای مختلف حاصل از دانه بندی محصول آسیا مشاهده گردید، گویای این مطلب است.

#### نتیجه گیری

۱. مطالعات تجزیه شیمی و XRD بر روی نمونه های بوکسیت نشان داد که کانیهای اصلی دیاسپور و هماتیت و کانیهای فرعی شامل کائولینیت، آاناتاز، گوتیت، ایلیت و کوارتز می باشد و درصد آلومینا و سیلیس به ترتیب برابر ۳۶/۶ و ۲۰/۳۲ درصد است که با توجه به آن نسبت مدول آلومینا به سیلیس برابر ۱/۸ محاسبه گردید.
۲. مطالعات کانی شناسی بر روی مقاطع نشان داد که در تمامی نمونه ها می توان ائولیتها و پیزولیتها بوکسیتی را در درون یک زمینه ریزبلور که مخلوطی از هماتیت و کانیهای رسی و بوکسیت است، مشاهده نمود.
۳. بر اساس نتایج به دست آمده در بخش خردایش انتخابی با حذف ذرات ریزتر از ۴۵ میکرون نسبت مدول با بازیابی ۶۹/۳ درصد برای آلومینا از ۱/۸ به ۱/۹۱ می رسد و در صورت حذف کلیه ذرات ریزتر از ۲۱۲ میکرون می توان این نسبت را با بازیابی ۲۹/۱۳ آلومینا به ۲/۴۳ افزایش داد.
۴. با توجه به نتایج حاصل از بخش مطالعات واسطه سنگین با تنظیم چگالی واسطه بر روی عدد ۳/۲۲ می توان محصول پرعیار با نسبت مدول ۳/۳۲ با بازیابی حدود ۶۴ درصد آلومینا به دست آورد.
۵. مطالعات واسطه سنگین صورت گرفته بر روی فراکسیونهای مختلف خردایش نشان داد کاهش ابعاد جدایش باعث کاهش نسبت مدول و بازیابی آلومینا به بخش غرق می گردد.
۶. بر اساس نتایج حاصل از مطالعات میز امکان افزایش نسبت مدول در کنسانتره نهایی تا ۲/۶۴ وجود دارد ولی بازیابی آلومینا به این بخش ۲۱/۳۵ درصد می باشد.

دامنه و بسامد میز بر روی هر دو بخش دانه بندی صورت پذیرفت. شکل ۸ نتایج به دست آمده در شرایط بهینه را نشان می دهد. با توجه به شکل نسبت مدول در کنسانتره نهایی (بخش سنگین) افزایش یافته و با بازیابی ۲۱/۳۵ درصدی آلومینا از ۱/۸ به ۲/۶۴ می رسد.

#### ۴- بحث

همان طور که در بخش خردایش انتخابی مشاهده شد، با حذف فراکسیونهای تحتانی می توان نسبت مدول را افزایش داد. این افزایش نسبت مدول در فراکسیونهای ابتدایی از خردایش انتخابی قطعات نرم تر کانیهای رسی از قطعات سخت هماتیته - دیاسپوری ناشی می شود. ([www.lme.co.uk](http://www.lme.co.uk)) در نتیجه این خردایش انتخابی کانیهای رسی موجود در زمینه از قبیل کائولینیت و ایلیت با قابلیت نرم شوندگی بالا در آسیا به آسانی خرد و پس از شستشو به فراکسیونهای انتهایی منتقل و از قطعات سخت ائولیتی و پیزولیتی حاوی دیاسپور و هماتیت جدا می گردند.

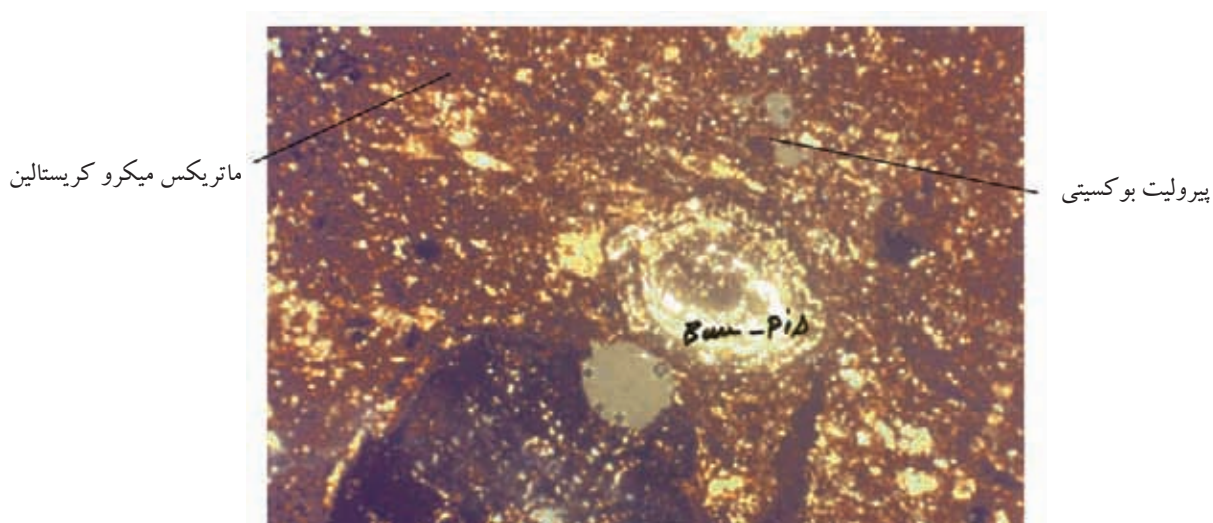
با کمک آزمایشهای جدایش با استفاده از واسطه سنگین نتایج بهتری هم از لحاظ نسبت مدول محصول نهایی و هم از لحاظ بازیابی آلومینا نسبت به روش خردایش انتخابی به دست آمد. مطالعات XRD نیمه کمی صورت گرفته بر روی بخشهای غرق و شناور به دست آمده از چگالیهای مختلف جدایش نشان داد که یک رابطه مستقیم بین درصد دیاسپور و نسبت مدول محصولات غرق و شناور وجود دارد بدین ترتیب که با افزایش نسبت مدول در محصولات درصد دیاسپور نیز افزایش می یابد. بر اساس مطالعات XRD صورت گرفته تقریباً تمامی کوارتز موجود در نمونه در چگالیهای ۲/۹۲ تا ۳/۱۲ جدا گشته و به بخش شناور منتقل می شود. با افزایش چگالی به ۳/۲۲ قطعات سبک تر سیمان که بخش عمده آنها از کانیهای رسی تشکیل شده شروع به انتقال به بخش شناور می کنند که به علت درگیری این قطعات با کانیهای ریز بلور بوکسیتی موجود در سیمان بخشی از آلومینا به بخش شناور منتقل می گردد (شکل ۲) در نتیجه بازیابی آلومینا به بخش غرق در این چگالی به میزان قابل توجهی کاهش می یابد. با وجود آن که انجام آزمایشهای میز اختلاف قابل توجهی در

جدول ۱- نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی

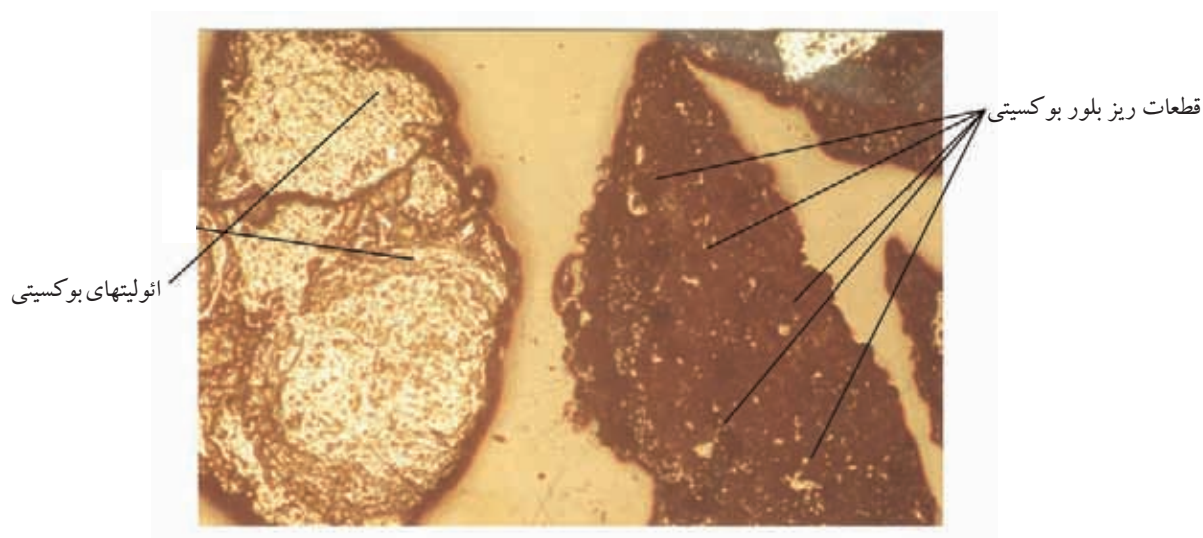
L.O.I	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ترکیب شیمیایی
۸/۴۳	n.d	۰/۰۹	۱/۶۷	۳/۸۰	۲۰/۳۲	۲۷/۰۲	۳۶/۶۰	درصد

جدول ۲- نتایج حاصل از مطالعات XRD

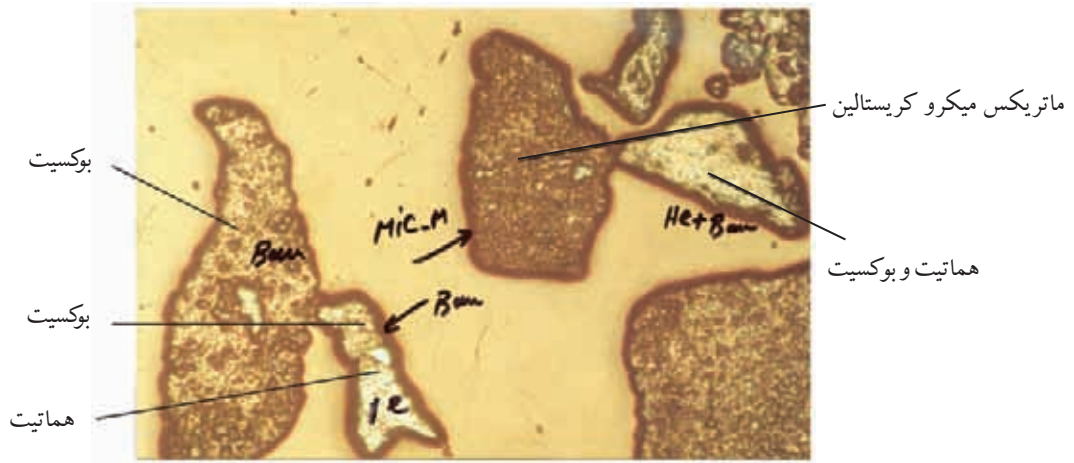
چگالی	درصد	فرمول شیمیایی	نوع کانی
۳/۳	۲۹/۸	AlOOH	دیاسپور
۵/۲	۲۹/۸	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	هماتیت
۲/۶	۱۵/۷	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	کائولینیت
۳/۹	۷/۶	TiO <sub>2</sub>	آناناز
۴/۳	۵ <	FeOOH	گوتیت
۲/۹	۵ <	K(FeAl) <sub>2</sub> AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O	ایلیت
۲/۷	۵ <	SiO <sub>2</sub>	کوارتز



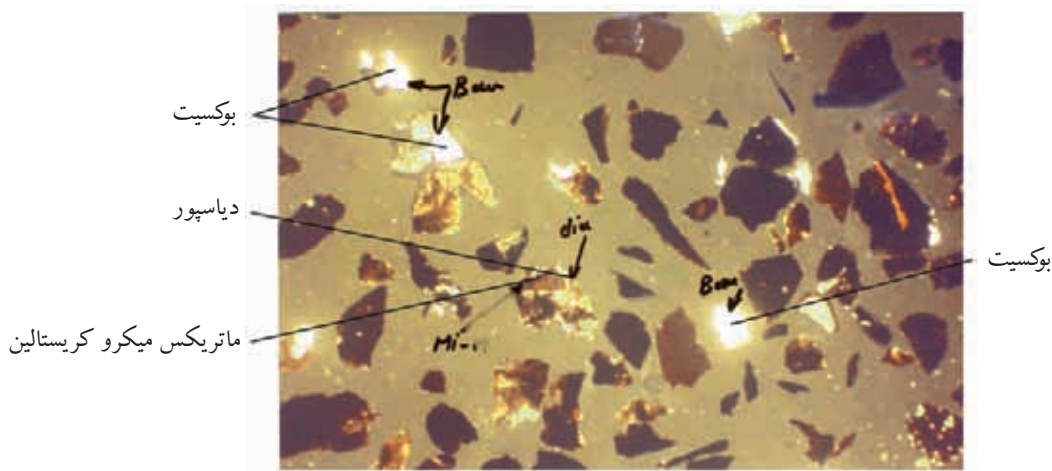
شکل ۱- مقطع نازک نمونه سنگی (۳۳ برابر نور پلاریزه)



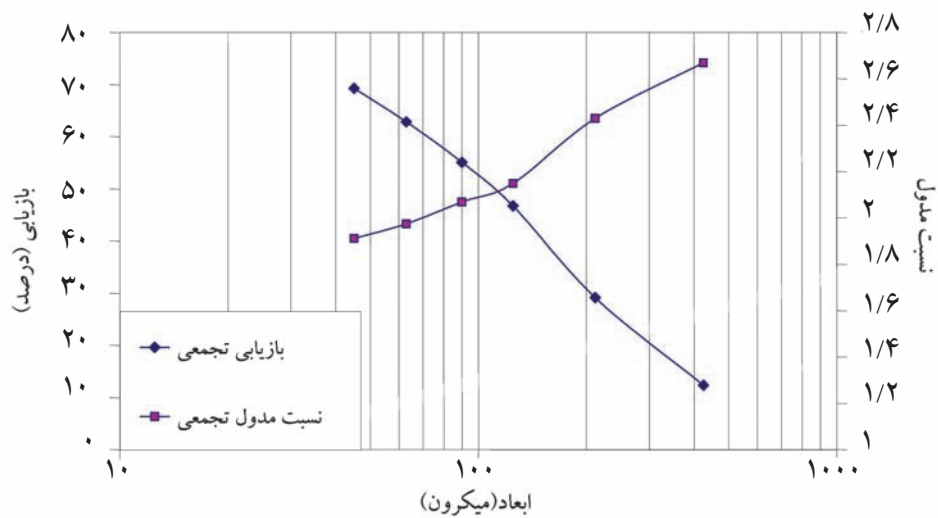
شکل ۲- مقطع صیقلی فراکسیون ۱۷۰۰-۸۵۰+ (۶۸ برابر نور عادی)



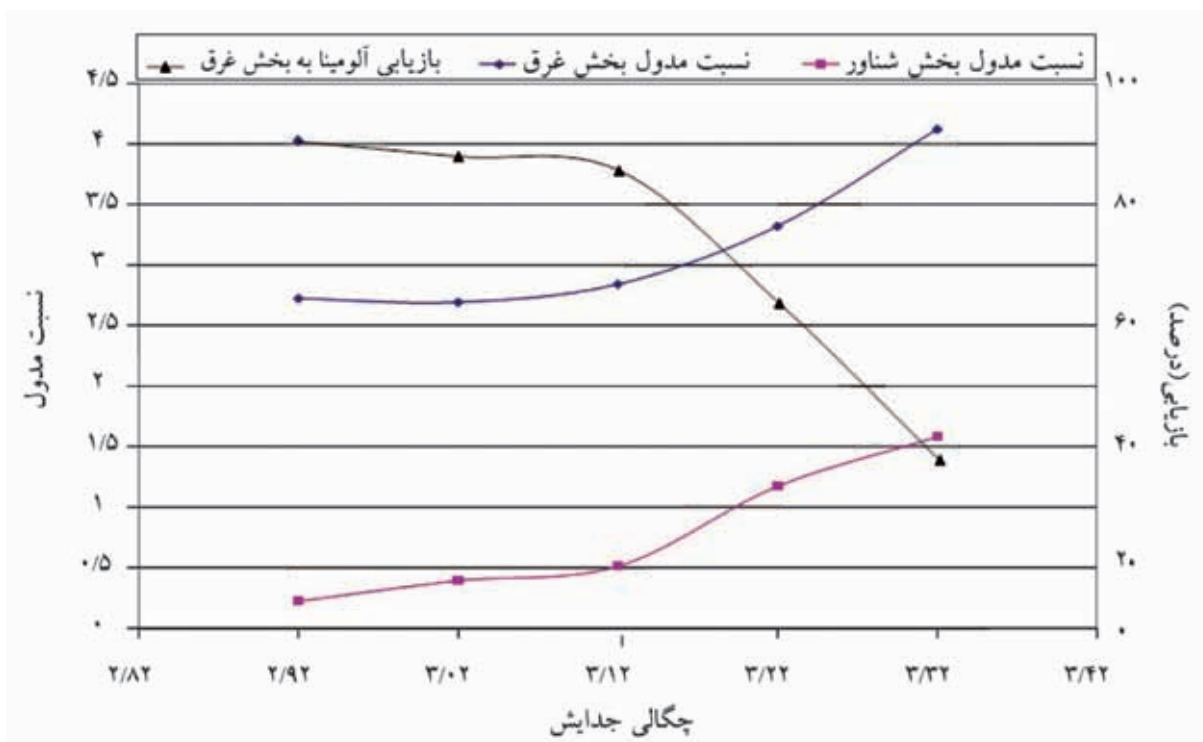
شکل ۳- مقطع صیقلی فراکسیون ۸۵۰-۴۲۰+ (۶۸ برابر نور عادی)



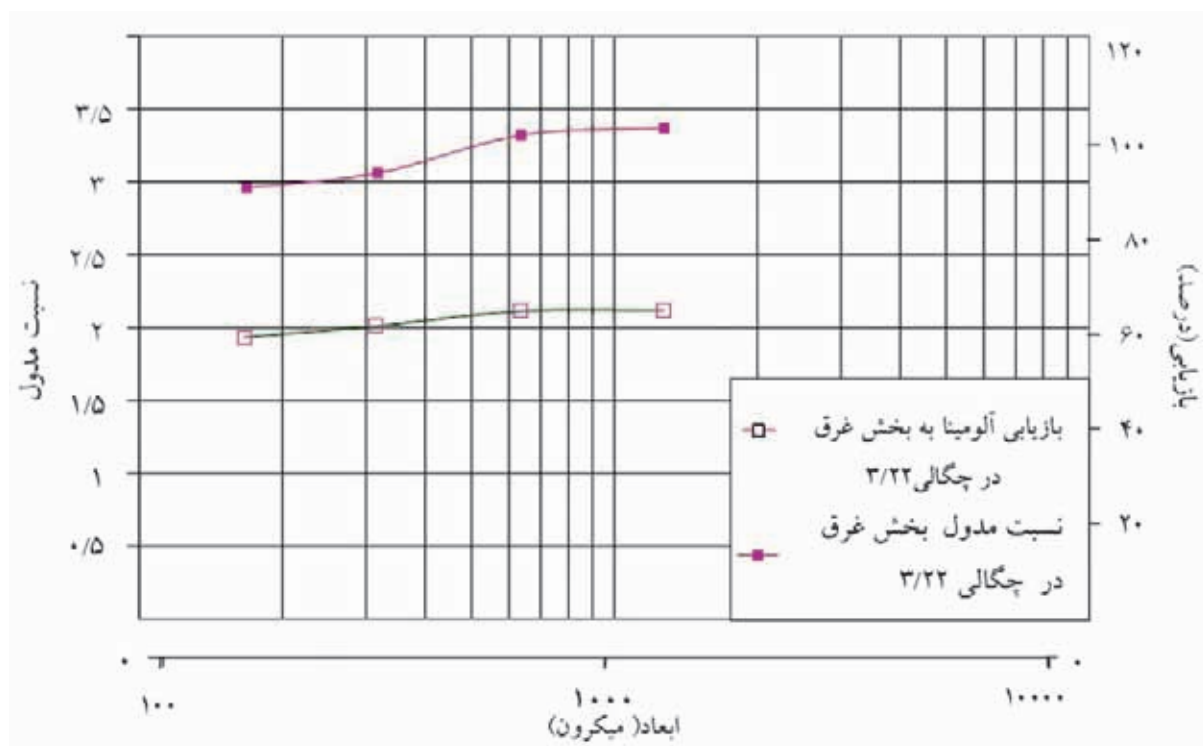
شکل ۴- مقطع شفاف فراکسیون ۴۲۰-۲۱۲+ (۳۳ برابر نور پلاریزه)



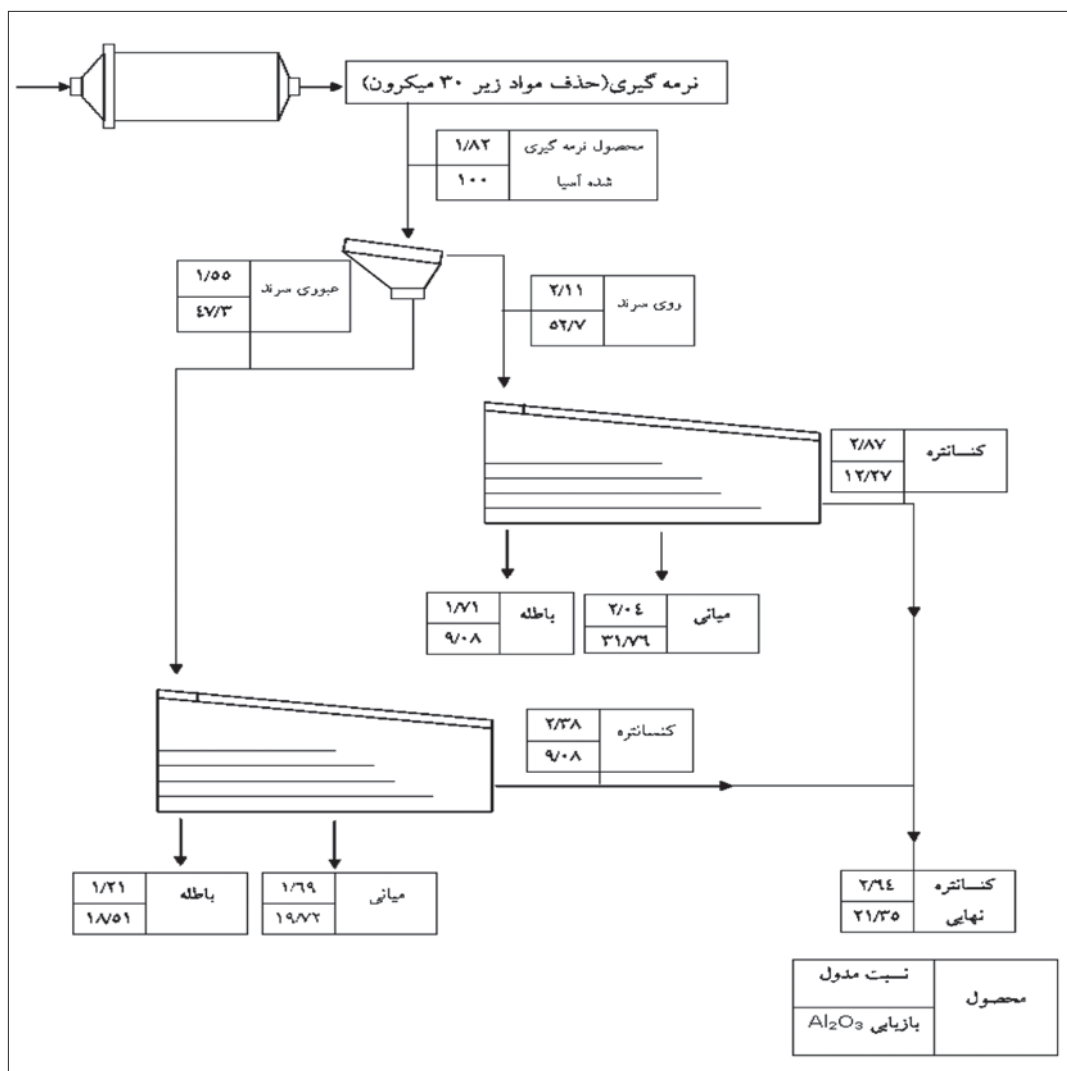
شکل ۵- تغییرات بازیابی آلومینا و نسبت مدول در بخش باقیمانده بر روی سرنده نسبت به تغییرات ابعاد سرنده جدایش



شکل ۶- تغییرات نسبت مدول در بخش غرق و شناور در چگالیهای جدایش مختلف



شکل ۷- تغییرات نسبت مدول و بازیابی آلومینا به بخش غرق در چگالیهای ۳/۲۲



شکل ۸- شمای کلی آزمایشهای میز در شرایط بهینه (دبی ۵/۴ لیتر بر دقیقه، شیب ۱۲ درجه، دامنه نوسان ۰/۴ میلی متر)

## کتابنگاری

- ایران منش، م.، ۱۳۷۵- "ارزیابی اقتصادی- کاربردی و بررسی ژنز نهشته بوکسیت- لاتریت منطقه بلبوویه کرمان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ص ۴ و ۶۳
- رضایی، ب.، ۱۳۷۶- "تکنولوژی فرآوری مواد معدنی (خردایش و طبقه بندی)"، موسسه تحقیقاتی انتشاراتی نور، ص ۲۰۵-۲۰۷
- شهریاری، م.، ۱۳۶۵- "ذخایر بوکسیتی (با بستر کربناته)"، چاپ اول، جهاد دانشگاهی دانشکده فنی دانشگاه تهران، ص ۱۲
- علیخانی، ع.ا.، ۱۳۷۷- بررسی مطالعات اکتشافی و برآورد ذخیره بوکسیت جاجریم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، گروه اکتشاف، ص ۳۷

## References

- Leonard, J., 1984- "proceeding of 1984 bauxite symposium", published by SME Los angles, California PP: 656 -661
- Meyer, F. M, 2004- "Availability of bauxite reserves", Natural Resources Research, Vol. 13, no. 3, pp. 161-172
- Rayzman, V. L., 2003- "Extracting Silica and Alumina from low grade bauxite", JOM pp: 47-50
- www.lme.co.uk/dataprices\_pricegraphs.asp, 5 January,2006