

بررسی امکان استفاده از بوکسیت معادن شاه‌بلاغی و سرخ‌چشمه در فرایند تولید مجتمع آلومینای جاجرم

امید گرایلو^۱، سید حمید حسینی^۲، جعفر سرفینی^۲ و رضا سلیمی^۳

^۱آموزشکده فنی و حرفه‌ای سما، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شاهرود، شاهرود، ایران

^۲گروه مهندسی معدن، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۳واحد تحقیق و توسعه، مجتمع آلومینای جاجرم، جاجرم، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۰۲

چکیده

معدن بوکسیت جاجرم به عنوان بزرگ‌ترین معدن بوکسیت شناخته شده در ایران با ذخیره بیش از ۲۰ میلیون تن بوکسیت دیاسپوری در استان خراسان شمالی واقع شده است که توان تأمین خوراک کارخانه آلومینای جاجرم را برای یک دوره ۲۰ ساله ندارد. در همین راستا به بررسی امکان استفاده از بوکسیت معادن شاه‌بلاغی در استان تهران و سرخ‌چشمه در استان خراسان شمالی پرداخته شد. در این پژوهش بوکسیت‌ها از نظر مسائل فرایندی تولید آلومینا مانند انحلال و ته‌نشینی گل قرمز مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج آزمایش‌های انجام شده نشان داد که استفاده از این ذخایر به دلیل پایین بودن بازده انحلال و سرعت ته‌نشینی گل قرمز به تنهایی امکان‌پذیر نیست. از این رو متغیرهای دیگری نیز مانند دمای انحلال، درصد آهک افزوده و غلظت Na_2O تحت کنترل و ارزیابی قرار گرفتند. آمیختگی ۵۰-۵۰ بوکسیت شاه‌بلاغی با جاجرم دارای بهترین نتیجه به همراه بالاترین بازده انحلال و کمترین تلفات آلومینا در گل قرمز بود.

کلیدواژه‌ها: بوکسیت، آلومینا، سرعت ته‌نشینی گل قرمز، بازده انحلال، معدن جاجرم، معدن شاه‌بلاغی، معدن سرخ‌چشمه

*نویسنده مسئول: امید گرایلو

E-mail: ogeraylou@yahoo.com

۱- مقدمه

آلومینا ماده اصلی تولید آلومینیم است. بهترین ماده اولیه تولید آلومینا، بوکسیت است و در حال حاضر حدود ۹۸ درصد آلومینا از بوکسیت به دست می‌آید. فرایند تولید آلومینا در کارخانه آلومینای جاجرم بر اساس روش بایر (انحلال لوله‌ای) است. تاکنون در مقالات بسیاری به بررسی زمینه‌های مختلف فرایند تولید آلومینا به روش بایر بویژه بخش انحلال آن پرداخته‌اند (Kelly, 2002; Guoyao, 2001). بوکسیت مناطق مختلف ایران نیز برای استفاده در فرایند انحلال لوله‌ای مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Davodi, 2002).

معدن شاه‌بلاغی در ۸۴ کیلومتری خاور تهران، در فاصله حدود ۶۰۰ کیلومتری از جاجرم، ذخیره‌ای بالغ بر ۲ میلیون تن بوکسیت دارد. مدول بوکسیت این معدن حدود ۵/۱۸ بوده که از مدول مورد نیاز برای کارخانه آلومینای جاجرم (۴/۶۶) بیشتر است. معدن سرخ‌چشمه در ۹۰ کیلومتری خاور جاجرم واقع است. ذخیره آن ۱۸۰۰۰۰۰ تن برآورد شده و مدول آن از ۱/۵ تا ۲۰ متغیر است.

هدف از پژوهش حاضر، بررسی امکان تأمین خوراک مصرفی کارخانه آلومینای جاجرم است که با انجام آزمایش‌های تکنولوژی بر روی ذخایر چون شاه‌بلاغی و سرخ‌چشمه با استفاده از دستگاه اتوکلاو چرخشی در شرایط مختلف آزمایشگاهی مانند تغییر در درجه حرارت انحلال، میزان غلظت کاستیک مصرفی و درصد آهک افزوده، نقد و بررسی شد.

۲- روش بررسی و انجام آزمایش‌ها

هدف از انجام آزمایش‌های فناوری، شبیه‌سازی فرایند انحلال بوکسیت در مقیاس آزمایشگاهی از نظر دما، غلظت مواد اولیه و پیدا کردن نقاطی (دما، درصد آهک و...) است که آزمایش مورد نظر در آن نقطه به شرایط ایده‌آل خود نزدیک شود. همچنین از اهداف مهم دیگر، آمیختگی چند نوع بوکسیت با مدول‌های مختلف برای رسیدن به ترکیب بوکسیتی با مدول مطلوب، محاسبه بازده، سرعت ته‌نشینی و نیز تلفات سود و آلومینا است.

مدول عبارتست از نسبت آلومینای موجود در بوکسیت به سیلیس فعال موجود در

آن یعنی $M = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$. براساس مقدار مدول، می‌توان بوکسیت را به درجات مختلفی تقسیم کرد، بنابراین آن را یکی از میانی ارزیابی بوکسیت قرار می‌دهند. در این پژوهش سعی شد، ابتدا در انجام آزمایش‌ها، شرایط به کار گرفته شده در کارخانه آلومینای جاجرم، یعنی دمای انحلال ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد و آهک ۱۰٪ و غلظت Na_2O ۱۷۰ گرم بر لیتر، اعمال شود و در صورت مثبت نبودن نتایج، با تغییر در عوامل مؤثر بر فرایند و یا انجام طرح آمیختگی با بوکسیت جاجرم به بهترین نتیجه دست یافت. لازم به یادآوری است که منظور از Na_2O (Caustic Na_2O)، Na_2O موجود در محلول به صورت NaOH است که همان NaOH مؤثر بر بوکسیت برای بازیافت آلومینیم است. Na_2O یا Na_2O قلیایی در واقع Na_2O کل منهای Na_2O مربوط به کربنات سدیم است.

۳- مواد اولیه و مواد شیمیایی مورد نیاز برای انجام آزمایش‌ها

مواد اولیه استفاده شده به شرح زیر است:

۱- بوکسیت: شامل نمونه‌هایی از معادن شاه‌بلاغی، سرخ‌چشمه و جاجرم

۲- آهک

۳- سود: شامل سود ضعیف، سود قوی و سود تازه (۵۰٪)

هر کدام از سودها از سودهای مختلف کارخانه تأمین می‌شود. سود ضعیف دارای غلظت Na_2O میان ۱۵۰-۱۳۰ گرم بر لیتر است. سود قوی در واقع همان سود ضعیف است که روی آن تبخیر صورت گرفته و تغلیظ شده و دارای غلظت Na_2O بین ۲۳۰-۲۵۰ گرم بر لیتر است و سود تازه که ۵۰٪ است، توسط کارخانه خریداری می‌شود و محدوده غلظت Na_2O آن میان ۵۷۰-۵۵۰ گرم بر لیتر متغیر است. از آمیختگی این سه سود، غلظت مورد نظر برای آزمایش به دست می‌آید. معمولاً محدوده غلظتی که در آزمایش‌های تکنولوژی برای سود در نظر گرفته می‌شود، حدود 170 ± 2 گرم بر لیتر است. ماده شیمیایی مورد نیاز نیز به شرح زیر است. **فلوکولانت:** در این پژوهش از فلوکولانت شرکت SNF با نام (SNF 99 VHM) استفاده شده در کارخانه آلومینای جاجرم استفاده می‌شود و فقط از غلظت ۱۶ ppm استفاده شده

نیز تلفات سود و آلومینا است. شرایط انجام آزمایش‌ها به همراه مواد مصرفی در بخش‌های ۲ و ۳ آمده است.

برای بررسی بوکسیت معدن شاه‌بلاغی، در ابتدا یک آزمایش تکنولوژی بر روی آن، در شرایط فرآیندی کارخانه جاجریم انجام شد (آزمایش ۱). در این آزمایش با توجه به نتایج حاصله (جدول ۳)، اختلاف میان بازده تئوری و عملی ۱۱/۹۳ درصد است. در شرایط مطلوب و با توجه به تجربیات به‌دست آمده در این کارخانه، این عدد باید زیر ۵ درصد باشد که نشان می‌دهد انحلال این بوکسیت مطلوب نیست.

در همین راستا چندین آزمایش آمیختگی با بوکسیت جاجریم در شرایط مختلف فرآیندی تولید آلومینا طراحی شد. همان‌گونه که در جدول ۲ دیده می‌شود، آزمایش ۲ تا ۸ در شرایط آمیختگی با بوکسیت جاجریم انجام شده‌اند. نتایج تجزیه بوکسیت‌ها در جدول ۱ و شرایط و نتایج انجام آزمایش‌ها در جدول‌های ۲ و ۳ آمده است.

با توجه به جدول ۲، در آزمایش ۲، ۳ و ۴ درصد آهک و در آزمایش ۵، دمای انحلال به‌عنوان متغیر در نظر گرفته شد. از آن‌جا که شرایط کارخانه برای انحلال در دمای بالاتر، مهیا نیست، فقط در دمای ۲۷۵ درجه سانتی‌گراد آزمایش انجام شد. در آزمایش ۶، غلظت Na_2O به‌عنوان متغیر در نظر گرفته شد و آزمایش ۷ و ۸ در شرایط فرآیندی موجود در کارخانه انجام شدند. همان‌گونه که در نتایج آزمایش‌ها دیده می‌شود، سرعت ته‌نشینی گل قرمز در ۸ آزمایش انجام شده مناسب است. بر اساس تجربیات موجود در این کارخانه سرعت ته‌نشینی بالای ۱ متر بر ساعت مطلوب به‌شمار می‌رود. بنابراین عامل تأثیرگذار در انتخاب گزینه مناسب، بازده انحلال است. آزمایش ۸ با درصد آمیختگی ۵۰-۵۰، دارای کمترین اختلاف میان بازده تئوری و عملی و به میزان ۲/۶۶ درصد است. مقدار تلفات سود و آلومینا در گل قرمز کمترین مقدار را دارند. این دو متغیر هر چه کمتر باشند، مناسب‌تر هستند و از آن‌جا که میزان مصرف سود، یکی از عوامل تأثیرگذار در اقتصاد تولید آلومینا است، میزان کم تلفات سود در این آزمایش یک مزیت بزرگ برای آن به‌شمار می‌آید.

آزمایش ۳ و ۷ نیز با اختلاف ۳/۷ و ۳/۷۸ درصدی میان دو بازده تئوری و عملی، و سرعت ته‌نشینی ۱/۵۱ و ۱/۵۹ (متر بر ساعت) بازده انحلال مطلوب و سرعت ته‌نشینی مناسب دارند و به‌عنوان گزینه‌های بعدی پیشنهاد می‌شوند. در حال حاضر با توجه به مشکلات استخراج در معدن شاه‌بلاغی، به مزیت آزمایش ۳ که در آن به مقدار ۳۰ درصد از بوکسیت شاه‌بلاغی استفاده شده است، نسبت به آزمایش ۸ با مقدار ۵۰ درصدی از بوکسیت شاه‌بلاغی، افزوده می‌شود.

نمودار سرعت ته‌نشینی آزمایش ۸ که بهترین نتایج را دارد، در شکل ۱ آمده است. اندازه‌گیری سرعت ته‌نشینی بدین صورت بود که محلول پس از انجام عمل انحلال در اتوکلاو و سپس خنک شدن آن، در یک استوانه مدرج ریخته و پس از اضافه کردن فلوکولانت، به مدت ۳۰ دقیقه، هر ۵ دقیقه میزان ته‌نشینی گل قرمز اندازه‌گیری و نمودار آن رسم و سرعت ته‌نشینی برآورد شد.

۷- بررسی تکنولوژی بوکسیت سرخ چشمه

در این بررسی در ابتدا یک آزمایش از بوکسیت سرخ چشمه انجام شد. شرایط انجام آزمایش، همان شرایط فرآیندی کارخانه جاجریم بود که پیشتر توضیح داده شد. نتایج تجزیه این بوکسیت در جدول ۴ و نتایج آزمایش تکنولوژی آن در جدول ۵ آمده است. همان‌گونه که در جدول ۵ مشخص است، اختلاف میان بازده تئوری و عملی ۴/۸۳ درصد است که کم و بیش مناسب است. این عدد باید زیر ۵ درصد باشد. با توجه به شکل ۲، بزرگ‌ترین مشکل این بوکسیت، ته‌نشینی گل قرمز است. به نحوی که پس از اضافه کردن فلوکولانت، در عمل اتفاقی نمی‌افتد و فلوکولانت بر روی آن اثری نمی‌گذارد و استفاده از این بوکسیت رابه‌عنوان خوراک کارخانه غیرممکن می‌کند. در ادامه برای بررسی بیشتر، طرح آمیختگی با بوکسیت جاجریم مورد توجه قرار می‌گیرد. از آن‌جا که بوکسیت سرخ‌چشمه مدول بالایی دارد و همچنین تصمیم کارخانه

است. این فلوکولانت محصول کشور فرانسه بوده و ترکیبی از مواد پلی‌اکریل آمید است. این محصول، انحصاری است و ترکیب دقیق آن مشخص نیست.

۴- معرفی علائم موجود در نتایج آزمایش‌ها

الف) منظور از A/S میزان تلفات Al نسبت به Si موجود در گل قرمز است و از تقسیم Al_2O_3 به SiO_2 گل خروجی، مقدار آن مشخص می‌شود.

ب) منظور از N/S میزان تلفات Na نسبت به Si موجود در گل قرمز است و از تقسیم Na_2O به SiO_2 گل خروجی، مقدار آن به‌دست می‌آید.

ج) بازده تئوری: بازدهی انحلال از نظر تئوری است که با فرمول زیر به‌دست می‌آید.

$$\%R_{\text{theo}} = [(\% \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ bauxite} - \% \text{SiO}_2 \text{ bauxite}) / \% \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ bauxite}] \times 100 \quad (1)$$

د) بازده عملی: بازدهی واقعی انحلال است که از روی تجزیه گل خروجی و بوکسیت به دست می‌آید.

$$\%R_{\text{act}} = [(\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ r} / \text{SiO}_2 \text{ r}) / (\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ b} / \text{SiO}_2 \text{ b}) - 1] \times 100 \quad (2)$$

b = bauxite and r = red mud

هر چه اختلاف بین این دو بازده کمتر باشد، انحلال بهتری صورت گرفته است.

۵- متغیرهای مؤثر بر فرایند تولید آلومینا

۵-۱- دمای انحلال

حرارت مهم‌ترین عامل افزایش سرعت واکنش میان هیدرواکسید آلومینیم و سود است. با افزایش دما، گرانیوی محلول آلومینات سدیم کم و سرعت حل شدن Al_2O_3 زیاد می‌شود، در نتیجه سرعت واکنش افزایش و زمان انحلال کاهش می‌یابد. بوکسیت‌های دیاسپوری در دمای بیش از ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد حل می‌شوند. در حال حاضر دمای انحلال در کارخانه جاجریم ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد است (وزارت صنایع و معادن، ۱۳۷۵).

۵-۲- سنگ‌آهک افزوده

اثر مقدار مناسب سنگ‌آهک در فرآوری بوکسیت‌های دیاسپوری خیلی مهم است، زیرا هم باعث انحلال کامل دیاسپور شده و هم باعث بازیابی مقداری از سود سوزآور می‌شود. افزایش مناسب آهک در مرحله آسیاب‌تر باعث بهبود خردایش بوکسیت شده و شاخص سختی باند را تا ۱۲kwh/t کاهش می‌دهد (Papanastassiou, 2002). همچنین در مرحله شستشو و فیلتراسیون گل قرمز به دلیل افزایش سطح مخصوص گل تولیدی، افزون بر کاهش مصرف فلوکولانت، موجب بهبود شرایط ته‌نشینی و فیلتراسیون گل قرمز می‌شود. هر چند متغیر چیره در فرآوری آلومینا، دمای انحلال است اما با تغییر در مقدار آهک افزوده می‌توان تا حدی دمای انحلال را تعدیل کرد (Zhonglin, 2001).

۵-۳- غلظت قلیای فعال در محلول در گردش

با افزایش غلظت قلیا، عمل انحلال سریع‌تر گشته، مصرف بخار در انحلال بوکسیت و مصرف انرژی کمتر می‌شود. همچنین حجم لازم دستگاه‌ها برای انحلال نیز کاهش می‌یابد. البته قلیایی بودن بیش از حد محلول در گردش نارسایی‌های ویژه خود را دارد. بهترین درجه قلیایی بودن محلول در گردش در هر مورد، جداگانه معین می‌شود. در مورد بوکسیت جاجریم با انحلال در دمای ۳۱۰ - ۲۶۰ سانتی‌گراد، غلظت قلیا در حدود ۱۷۰ - ۱۵۰ گرم در لیتر Na_2O مناسب تشخیص داده شده است (وزارت صنایع و معادن، ۱۳۷۵).

۶- بررسی تکنولوژی بوکسیت شاه‌بلاغی

همان‌گونه که در پیش گفته شد، هدف از انجام آزمایش‌های تکنولوژی، شبیه‌سازی فرایند انحلال بوکسیت و آمیختگی چند نوع بوکسیت با مدول‌های مختلف برای رسیدن به ترکیب بوکسیتی با مدول مطلوب، محاسبه بازده، سرعت ته‌نشینی و

پایین بودن سرعت ته‌نشینی گل قرمز در نمونه دوم را می‌توان زیاد بودن درصد رمپ ۱ جاجرم در آن بیان کرد.

۸- نتیجه‌گیری

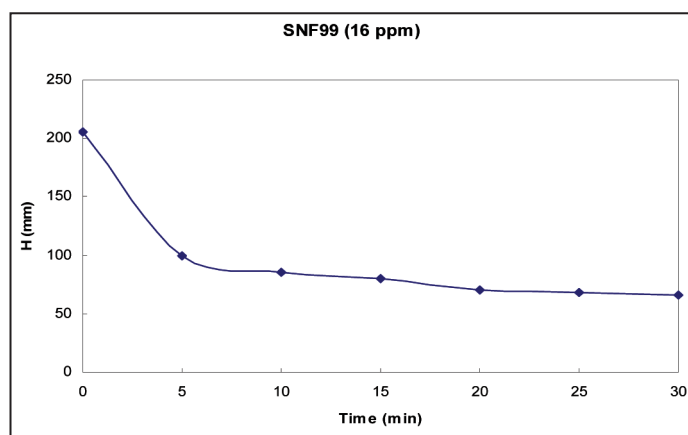
استفاده از بوکسیت شاه‌بلاغی به دلیل بازده انحلال پایین (اختلاف میان دو بازده تئوری و عملی بالای حد مجاز ۵ درصد و به میزان ۱۱/۹۳ درصد است) و همچنین بوکسیت سرخ‌چشمه به دلیل سرعت بسیار پایین ته‌نشینی گل قرمز (نزدیک به صفر) به تنهایی در کارخانه آلومینای جاجرم، امکان‌پذیر نیست.

استفاده از بوکسیت شاه‌بلاغی با درصد آمیختگی ۵۰-۵۰ با بوکسیت جاجرم در شرایط فرایندی موجود در کارخانه، بهترین نتیجه، بالاترین بازده انحلال (میزان اختلاف دو بازده تئوری و عملی ۲/۶۶ درصد)، سرعت ته‌نشینی مناسب به میزان ۱/۴۵ متر بر ساعت و میزان تلفات سود و آلومینای پایینی دارد. استفاده از بوکسیت سرخ‌چشمه با درصد آمیختگی ۵۰-۵۰ و با درصد‌های ۲۰، ۲۰ و ۱۰ از رمپ‌های ۱ تا ۳ جاجرم (مدول پایین) و درصد‌های ۱۰، ۱۵، ۵ و ۲۰ از رمپ‌های ۱ تا ۴ سرخ‌چشمه (مدول بالا) و اعمال شرایط فرایندی به کار گرفته شده در کارخانه، امکان‌پذیر است. استفاده از بوکسیت معادن شاه‌بلاغی و سرخ‌چشمه در کارخانه جاجرم سبب ایجاد انگیزه برای اکتشاف و استخراج دیگر معادن بوکسیت، شناسایی ذخایر و منابع داخلی، کاهش و حذف ارزبری در مقایسه با استفاده از بوکسیت‌های وارداتی، بها بخشیدن به ذخایر کوچک بوکسیت و تولیدکنندگان بخش خصوصی می‌شود.

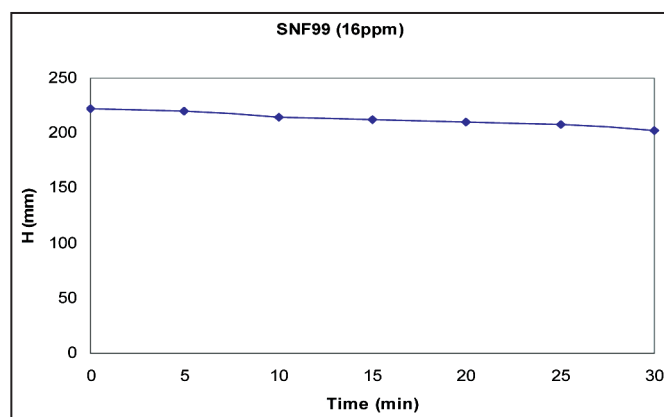
برای استفاده از بوکسیت‌های با مدول پایین معدن جاجرم که قابلیت استفاده در کارخانه را ندارد، در تمام آزمایش‌ها، بوکسیت مخلوط، شامل ۵۰ درصد بوکسیت کم عیار جاجرم (رمپ ۱ تا ۳) و ۵۰ درصد بوکسیت با مدول بالای سرخ‌چشمه بود، اما در هر آزمایش درصد رمپ‌های استفاده شده، متفاوت در نظر گرفته شد.

تجزیه‌های بوکسیت آمیختگی، در جدول ۶ و مقدار مدول هر یک از رمپ‌ها به همراه میزان درصد استفاده شده از آنها برای هر ۳ آزمایش در جدول ۷ و نتایج آزمایش‌ها، در جدول ۸ آمده است. شرایط انجام آزمایش‌ها، همان شرایط فرایندی کارخانه بود. سرعت ته‌نشینی گل قرمز در این ۳ نمونه نیز در شکل ۳ آورده شده است. اختلاف میان بازده تئوری و عملی در آزمایش ۱ و ۲ (۴/۹۸ و ۵/۳ درصد) نشان می‌دهد که بازده انحلال کم و بیش مناسب است. همچنین اختلاف بین این دو بازده در آزمایش ۳، (۷/۴۳ درصد)، نشان‌دهنده انحلال نامطلوب این بوکسیت است. سرعت ته‌نشینی گل قرمز در آزمایش ۱ و ۳ به میزان ۱/۷۳ و ۱/۳۵ متر بر ساعت است که مناسب هستند اما در آزمایش ۲، ۰/۸۲ متر بر ساعت است و سرعت پایینی به شمار می‌آید، این عدد باید بالای ۱ متر بر ساعت باشد.

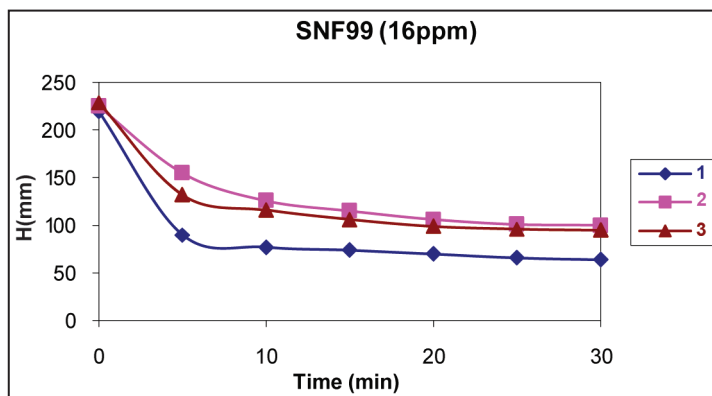
نتایج حاصل از این ۳ آزمایش نشان داد، نمونه شماره ۱، بازده انحلال مناسب و تلفات سود و آلومینای کمتری دارد. میزان تلفات پایین سود با توجه به قیمت بالای آن، یک امتیاز بزرگ است. سرعت ته‌نشینی آن نیز با مقدار ۱/۷۳ متر بر ساعت در مقایسه با نمونه‌های دیگر بالاتر است. نمونه‌های ۲ و ۳ به دلیل سرعت ته‌نشینی پایین در نمونه ۲ و بازده انحلال نامناسب در نمونه ۳ قابل استفاده در کارخانه نیستند. علت



شکل ۱- سرعت ته‌نشینی گل قرمز، بوکسیت شاه‌بلاغی و جاجرم، آزمایش شماره ۱



شکل ۲- سرعت ته‌نشینی گل قرمز، بوکسیت سرخ‌چشمه.



شکل ۳- سرعت‌های ته‌نشینی گل قرمز، بوکسیت آمیختگی سرخ‌چشمه و جاجرم (آزمایش ۱، ۲ و ۳).

جدول ۱- تجزیه بوکسیت شاه‌بلاغی و جاجرم.

بوکسیت	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	مدول
شاه‌بلاغی	۴۷/۹۱	۸/۴۰	۲۰/۹۰	۸/۸۰	۰/۳۵	۰/۳۵	۵/۷۰
جاجرم	۴۸/۳۵	۱۰/۹۶	۲۱/۰۶	۵/۵۵	۱/۰۹	۰/۴۲	۴/۴۱

جدول ۲- شرایط انجام آزمایش تکنولوژی بوکسیت شاه‌بلاغی و جاجرم.

شماره آزمایش	درصد آمیختگی بوکسیت	درصد آهک افزوده	دمای انحلال (سانتی‌گراد)	زمان ماند (دقیقه)	غلظت Na ₂ O ₆ (گرم بر لیتر)	مدول بوکسیت آمیخته شده
۱	۱۰۰: شاه‌بلاغی	۱۰	۲۷۰	۴۵	۱۷۰	۵/۷
۲	۳۰ - ۷۰: جاجرم - شاه‌بلاغی	۸	۲۷۰	۴۵	۱۷۰	۴/۸
۳	۳۰ - ۷۰: جاجرم - شاه‌بلاغی	۱۰	۲۷۰	۴۵	۱۷۰	۴/۸
۴	۳۰ - ۷۰: جاجرم - شاه‌بلاغی	۱۲	۲۷۰	۴۵	۱۷۰	۴/۸
۵	۳۰ - ۷۰: جاجرم - شاه‌بلاغی	۱۰	۲۷۵	۴۵	۱۷۰	۴/۸
۶	۳۰ - ۷۰: جاجرم - شاه‌بلاغی	۱۰	۲۷۰	۴۵	۱۶۰	۴/۸
۷	۴۰ - ۶۰: جاجرم - شاه‌بلاغی	۱۰	۲۷۰	۴۵	۱۷۰	۴/۹۳
۸	۵۰ - ۵۰: جاجرم - شاه‌بلاغی	۱۰	۲۷۰	۴۵	۱۷۰	۵/۱

جدول ۳- نتایج آزمایش تکنولوژی بوکسیت شاه‌بلاغی و جاجرم.

شماره آزمایش	درصد آمیختگی بوکسیت	تلفات Al به Si A/S	تلفات Na به Si N/S	راندمان تئوری %	راندمان عملی %	سرعت ته‌نشینی گل قرمز (متر بر ساعت)
۱	۱۰۰: شاه‌بلاغی	۱/۶۸	۰/۵۲	۸۲/۴۷	۷۰/۵۴	۱/۷
۲	۳۰ - ۷۰: جاجرم - شاه‌بلاغی	۱/۳۷	۰/۴۶	۸۲/۴۷	۷۶/۰۲	۱/۹
۳	۳۰ - ۷۰: جاجرم - شاه‌بلاغی	۱/۲۱	۰/۵	۸۲/۴۷	۷۸/۷۷	۱/۵۱
۴	۳۰ - ۷۰: جاجرم - شاه‌بلاغی	۱/۲۴	۰/۴۴	۸۲/۴۷	۷۸/۲۱	۱/۶
۵	۳۰ - ۷۰: جاجرم - شاه‌بلاغی	۱/۲۹	۰/۴۷	۸۲/۴۷	۷۷/۳۷	۱/۶۱
۶	۳۰ - ۷۰: جاجرم - شاه‌بلاغی	۱/۲۸	۰/۴۴	۸۲/۴۷	۷۷/۴۷	۱/۷۱
۷	۴۰ - ۶۰: جاجرم - شاه‌بلاغی	۱/۲۲	۰/۴۲	۸۲/۴۷	۷۸/۶۹	۱/۵۹
۸*	۵۰ - ۵۰: جاجرم - شاه‌بلاغی	۱/۱۵	۰/۴۱	۸۲/۴۷	۷۹/۸۱	۱/۴۵

جدول ۴- تجزیه بوکسیت سرخ چشمه.

بوکسیت	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	مدول
سرخ چشمه	۴۶/۰۸	۸/۱۸	۲۶/۷۳	۵/۹۴	۰/۵۹	۰/۳۶	۵/۶۳

جدول ۵- نتایج آزمایش تکنولوژی بوکسیت سرخ چشمه.

شماره آزمایش	بوکسیت	تلفات Al به Si A/S	تلفات Na به Si N/S	راندمان تئوری %	راندمان عملی %	سرعت ته نشینی گل سرخ (متر بر ساعت)
۱	سرخ چشمه	۱/۴۷	۰/۶۲	۸۲/۲۵	۷۷/۴۲	ناچیز

جدول ۶- تجزیه بوکسیت آمیختگی سرخ چشمه و جاجرم.

بوکسیت	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	مدول
آمیختگی ۵۰-۵۰ آزمایش ۱	۴۴/۶۲	۹/۲۴	۲۶/۱۵	۵/۸۳	۰/۵	۴/۸۳
آمیختگی ۵۰-۵۰ آزمایش ۲	۴۴/۳۶	۹/۸۹	۲۶/۱۳	۵/۷۸	۰/۴۹	۴/۴۹
آمیختگی ۵۰-۵۰ آزمایش ۳	۴۴/۰۱	۹/۳۷	۲۵/۶۳	۵/۸۹	۰/۴۸	۴/۷۰

جدول ۷- میزان درصد آمیختگی رمپ‌های مختلف بوکسیت سرخ چشمه + جاجرم.

		آزمایش اول				آزمایش دوم				آزمایش سوم			
بوکسیت جاجرم	رمپ	۱	۲	۳	-	۱	۲	۳	-	۱	۲	۳	-
	مدول	۳/۰۷	۳/۴۷	۴/۲۱	-	۳/۰۷	۳/۴۷	۴/۲۱	-	۳/۰۷	۳/۴۷	۴/۲۱	-
	درصد	۲۰	۲۰	۱۰	-	۳۵	۱۰	۵	-	۱۵	۲۰	۱۵	-
بوکسیت سرخ چشمه	رمپ	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
	مدول	۱۲/۴۲	۱۴/۷۱	۳/۰۸	۷/۲۲	۱۲/۴۲	۱۴/۷۱	۳/۰۸	۷/۲۲	۱۲/۴۲	۱۴/۷۱	۳/۰۸	۷/۲۲
	درصد	۱۰	۱۵	۵	۲۰	۲۰	۵	۵	۲۰	۱۵	۱۵	۱۰	۱۰

جدول ۸- نتایج آزمایش تکنولوژی بوکسیت سرخ چشمه + جاجرم.

شماره آزمایش	بوکسیت	تلفات Al به Si A/S	تلفات Na به Si N/S	راندمان تئوری %	راندمان عملی %	سرعت ته نشینی گل قرمز (متر بر ساعت)
۱	سرخ چ + جاجرم	۱/۱۸	۰/۳۳	۸۰/۰۹	۷۵/۱۱	۱/۷۳
۲	سرخ چ + جاجرم	۱/۲۹	۰/۶۱	۷۶/۸۱	۷۱/۵۱	۰/۸۲
۳	سرخ چ + جاجرم	۱/۳۰	۰/۳۵	۷۹/۴۱	۷۱/۹۸	۱/۳۵

کتابنگاری

وزارت صنایع و معادن، ۱۳۷۵- طرح تجهیز معدن و احداث کارخانه تولید آلومینا از بوکسیت، «متن آموزش فرآیند» فصل پنجم.

References

- Davodi, M. G. & Heidar, M. R., 2002 - Characterization of alborz, zagros and central iranian plateau bauxite for tube digestion processing, 9th International Congress of ICSOBA, Vienna
- Guoyao, G. & Longzhang, W., 2001 - Improvements on digestion in bayer process, Light metal , Proceedings of Sessions, TMS Annual Meeting, Pennsylvania
- Kelly, R., Edwards, R., Debore, D. & McIntosh, P., 2002 - New technology for digestion of bauxites, Light Metal
- Papanastassiou, D., Csoke, B. & Solymar, K., 2002 - Improved Preparation of the Greek Diasporic Bauxite for Bayer Process, Light Metal, p.67
- Zhonglin, Y. & Songqing, G., 2001- The Influence of Lime Addition on Scaling Rate Preheating of Diasporic Bauxite Slurry, Light Metal, p.139