

مطالعات سیلیس زدایی کانسنگ بوکسیت دیاسپوری با استفاده از روش ترموشیمیایی

مهدی معظمی گودرزیⁱ، بهرام رضاییⁱⁱ، اسکندر کشاورز علمداریⁱⁱⁱ

چکیده

در این تحقیق، مطالعات سیلیس زدایی بر روی نمونه‌های کلسینه شده بوکسیت دیاسپوری با استفاده از روش ترموشیمیایی مورد مطالعه شد. بدین منظور، نمونه در دمای معین کلسینه و پس از خردایش، با استفاده از سود سوز آور حل شد. آزمایش‌ها در دو بخش بهینه سازی پارامترهای کلسیناسیون و پارامترهای لیچینگ با استفاده از سود سوز آور صورت پذیرفت. آزمایش‌های بهینه سازی پارامترهای کلسیناسیون نشان داد، در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد و مدت زمان کلسیناسیون ۶۰ دقیقه، حداکثر میزان استخراج سیلیس و نسبت مدول (درصد آلومینا به درصد سیلیس موجود در نمونه) در جامد باقیمانده به ترتیب برابر ۴۲/۲۲ درصد و ۲/۹۶ به دست می‌آید. در ادامه با بهینه سازی پارامترهای انحلال: زمان لیچینگ ۱۲۰ دقیقه، غلظت سود ۲۰۰ گرم برلیتر، رقت پالپ ۴ و ابعاد خردایش کوچک تر از ۲۱۰ میکرون به عنوان مقادیر بهینه انتخاب شد که در نتیجه، میزان سیلیس استخراجی و نسبت مدول آلومینا به سیلیس در جامد باقیمانده به ترتیب به ۵۰/۹۲ درصد و ۳/۵۰ افزایش یافت.

کلمات کلیدی:

سیلیس زدایی، ترموشیمیایی، بوکسیت دیاسپوری، سود سوز آور، کلسیناسیون، نسبت مدول

Desilication Studies of Diasporic Bauxite by ThermoChemical Treatment

M.Moazemi, B.Rezai, S.Keshavarz,

ABSTRACT

In this paper, desilication experiments on calcined diasporic bauxite by thermochemical treatment is investigated. For this purpose, calcined samples at specific temperature, were leached with caustic soda at 95°C. The experiments is conducted in two sections: optimizing calcination conditions and determination of leaching parameters. Calcination experiments revealed that the optimum calcination temperature and time are 1000°C and 60 minute respectively. By optimizing these parameters, 42.22% of bauxite silica content is extracted and module ratio (ratio of Al₂O₃ to SiO₂) reaches to 2.94. According to leaching experiments the optimum leaching parameters is determined as: leaching time 120 minutes, caustic soda concentration 200 g/L, pulp dilution 4 and particle size below 210 μm. As a result, silica extraction percentage and module ratio increase to 50.92 and 3.5 respectively.

KEYWORDS:

Desilication, Thermochemical Treatment, Diasporic Bauxite, Caustic Soda, Calcination, Module ratio

ⁱ دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی فرآوری مواد معدنی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، mehdi.moazemi@gmail.com

ⁱⁱ استاد دانشکده مهندسی معدن متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)

ⁱⁱⁱ دانشیار دانشکده مهندسی معدن متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)

دیاسپوری کم عیار منطقه بلبلویه کرمان با استفاده از روش ترموشیمیایی می‌پردازد.

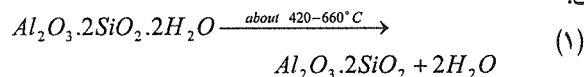
در انجام مطالعات سیلیس زدایی موثرترین پارامتر، شرایط حرارتی است که بوکسیت در آن کلسینه می‌شود. حرارت در کانی‌های مختلف بوکسیت موجب تبلور مجدد و انجام فعل و انفعالات شیمیایی گوناگونی می‌شود.

آزمایش‌های آنالیز حرارتی و XRD نشان داده است که دیاسپور در دمای ۲۵۰ تا ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد آب تبلور خود را از دست می‌دهد و در دماهای بالاتر از ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد به آلفا آلومینا تبدیل می‌شود [۶]؛ [۷]. با افزایش بیشتر دما به ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد آلفا آلومینا به گاما آلومینا تبدیل می‌شود [۱].

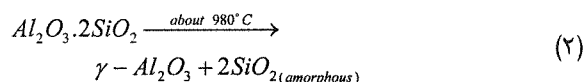
کانی‌های اصلی آهن دار موجود در بوکسیت گوئیتیت و هماتیت هستند. گوئیتیت در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد شروع به تبدیل شدن به هماتیت می‌کند و در ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد تمامی گوئیتیت به هماتیت تبدیل می‌شود. هماتیت با افزایش دما تا ۸۰۰ درجه تغییر چندانی نمی‌کند، ولی در دماهای بالاتر از ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد آلومینیوم جانشین در شبکه تبلور آن، خارج می‌شود [۸].

عمده سیلیس در بوکسیت در کانیهای کائولینیت $(Al_2SiO_5(OH)_4)$ و کوارتز (SiO_2) قرار دارد. مطالعات نشان می‌دهد کوارتز در دمای ۸۷۰ درجه سانتی‌گراد به تریمدیت و سپس به کریستوبالیت تبدیل می‌شود. هر دو ترکیب فوق دارای فرمول شیمیایی یکسان " SiO_2 " دارند [۱]. کائولینیت یکی از مواد مهم در صنایع سرامیک است که تحقیقات فراوانی به منظور بررسی دگرگونی‌های حاصل از حرارت بر روی آن صورت گرفته است. این تغییرات را می‌توان در ۳ واکنش زیر خلاصه کرد [۹].

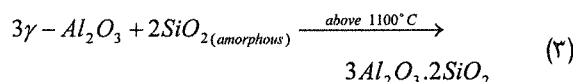
۱. فرایند دی‌هیدراته شدن در دمای بین ۴۲۰ تا ۶۶۰ درجه سانتی‌گراد که نتیجه اش تشکیل متاکائولینیت $(Al_2SiO_5(OH)_4)$ است.



۲. از هم پاشی متاکائولینیت در دمای بالای ۹۸۰ درجه سانتی‌گراد و تشکیل سیلیس آمورف



۳. تبلور مجدد سیلیس آمورف و تشکیل مولیت در دماهای بالاتر از ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد



با افزایش روز افزون تقاضا برای بوکسیت به عنوان مهم‌ترین منبع اولیه برای تولید آلومینیوم، ظرفیت تولید در سال‌های اخیر با نرخ رشد سالانه ۲ میلیون تن مواجه گردیده است [۱]. بررسی‌ها نشان داده اند در صورتی که اکتشافات جدیدی بر روی ذخایر بوکسیتی جایگزین صورت نگیرد، ذخایر موجود توانایی تامین نیازهای جهانی را تا بیش از ۲۵ سال نخواهند داشت [۲]. این در حالی است که قیمت آلومینیوم در سال‌های اخیر به روند صعودی خود ادامه داده و در ۳ ماه آخر سال ۲۰۰۵ با رشدی بی سابقه به بیش از ۲۰۰۰ دلار بر تن رسیده است [۳]. با توجه به مطالب بیان شده می‌توان به آسانی به اهمیت ذخایر با کیفیت پایین؛ که شاید در گذشته کمتر مورد توجه قرار گرفته اند، به عنوان منابع جدید برای استحصال آلومینیوم دست یافت.

مهم‌ترین و مشکل سازترین کانی‌های مزاحم موجود در ذخایر بوکسیتی کم عیار، کانی‌های حاوی سیلیس فعال است. این کانی‌ها اثرات نامطلوب فراوانی بر روی بازدهی فرایند بایر دارند. در اثر واکنش کانی‌های رسی با سود سوز آور در طول فرایند بایر، سیلیکات آلومینیوم سدیم نامحلول تشکیل می‌شود. تشکیل این جامد نامحلول سبب می‌شود به طور تقریبی یک تن سود به ازای هرتن سیلیس موجود در ترکیب کانیهای رسی مصرف می‌شود. در فرایند انحلال بوکسیت‌های نوع بوهمیتی و دیاسپوری که به حرارت و فشار بالا نیاز دارند، علاوه بر کانی‌های رسی، کوارتز نیز با سود واکنش داده و حل می‌شود. طی واکنش انحلال کوارتز به ازای هرتن سیلیس موجود در نمونه، یک تن سود و یک تن آلومینا با کوارتز ترکیب و به صورت سودالیت رسوب می‌کند که موجب کاهش بازیابی آلومینا و هدر رفتن سود می‌شود [۴]. به همین دلیل، انجام عملیات سیلیس زدایی بر روی بوکسیت‌های پرسیلیس و با نسبت مدول پایین، قبل از انجام مرحله بایر ضروری است.

استخراج آلومینا با کمک روش ترموشیمیایی؛ که اختصاراً آن را TCAC^۱ می‌نامند، به عنوان یک روش نوین برای استخراج آلومینا از ذخایر کم عیار و با نسبت مدول^۲ پایین مطرح است. در این روش، نمونه پس از کلسینه شدن در دمای مناسب، به وسیله سود داغ سیلیس زدایی شده و پس از افزایش نسبت مدول، وارد مدار بایر جهت بازیابی آلومینا می‌گردد. البته در این روش می‌توان بجای کلسینه کردن نمونه با اضافه کردن کک آن را تشویه^۳ کرد [۵] که با توجه به افزایش هزینه عملیاتی و پیچیدگی فرایند، روش کلسیناسیون مناسب تر می‌باشد. این تحقیق به بررسی امکان کاهش سیلیس بوکسیت

تا شرایط اولیه آزمایش‌های لیچینگ حتی المقدور به شرایط ایده آل قید شده در جدول (۱) که از آزمایش‌های قبلی صورت گرفته بر روی بوکسیت‌های نوع دیاسپوری حاصل شده است [۵][۹]، نزدیک انتخاب گردد.

جدول (۱) شرایط آزمایش‌های لیچینگ

پارامتر	شرایط اولیه آزمایش‌ها	شرایط ایده آل (مطالعات قبلی)
دمای کلسیناسیون	۹۰۰°C تا ۱۱۵۰°C	۱۰۵۰°C
زمان کلسیناسیون (دقیقه)	۳۰ تا ۱۸۰	۶۰
زمان لیچینگ (دقیقه)	۶۰	۱۲۰
دمای لیچینگ	۹۷°C	۹۵-۹۰°C
رقت پالپ	۴	۵-۴
غلظت سود (گرم بر لیتر)	۱۵۰	۱۵۰ تا ۱۰۰
ابعاد ذرات (میکرون)	۵۰۰-	بهینه نگردیده

پس از تعیین شرایط بهینه کلسیناسیون، به منظور بهینه کردن پارامترهای لیچینگ نمونه در شرایط دما و مدت زمان بهینه در کوره کلسینه و سپس پارامترهای لیچینگ به صورت جداگانه، با ثابت نگهداشتن سایر پارامترها، بهینه شد.

۳- تعیین دما و زمان بهینه کلسیناسیون

هدف از بهینه سازی یافتن دما و زمان کلسیناسیونی است که پس از کلسینه کردن نمونه در آن دما و زمان، حداکثر میزان سیلیس با محلول سود از نمونه کلسینه شده حل و استخراج شود که در نتیجه در شرایط بهینه بالطبع (با توجه به انحلال پذیری بسیار اندک Al_2O_3 در فشار عادی محیط) نسبت مدول (Al_2O_3/SiO_2) در جامد باقیمانده به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

به منظور تعیین دمای بهینه کلسیناسیون، نمونه حاصل از سنگ شکن استوانه ای در دماهای بین ۹۰۰ تا ۱۱۵۰ درجه و به مدت ۶۰ دقیقه، در کوره تحت حرارت قرار گرفت، سپس نمونه کلسینه شده تحت شرایط ثابت درج شده در جدول (۱) لیچ گردید که نتایج حاصل از آن در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است.

شکل (۱) تغییرات درصد استخراج سیلیس نسبت به دمای کلسیناسیون نمونه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، با افزایش دمای کلسیناسیون از ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد میزان سیلیس استخراجی به محلول افزایش یافته و به حداکثر مقدار خود برابر ۴۲/۲۲ درصد می‌رسد. با افزایش بیشتر دمای کلسیناسیون نرخ استخراج سیلیس شروع به کاهش می‌کند و به حداقل مقدار خود در ۱۱۵۰ درجه برابر ۱۵/۸۵ درصد می‌رسد. شکل (۲) روند تغییرات نسبت مدول در جامد باقیمانده از

در دمای حدود ۹۸۰ سانتی‌گراد درجه واکنشی آغاز می‌شود که در نتیجه آن متاکائولینیت شکسته شده و به سیلیس آزاد و گاما آلومینا تبدیل می‌شود. با افزایش دما تا ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد واکنش فوق به سمت اشباع پیش می‌رود. با افزایش بیشتر دمای کلسیناسیون؛ فاز جدید مولیت؛ که حاصل ترکیب آلومینا و سیلیس است، شروع به تشکیل می‌کند. مطالعات نشان داده است که فاز مولیت در دمای ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ درجه پایدار می‌باشد و با افزایش بیشتر دما تا ۱۹۰۰ درجه به فاز شیشه ای تبدیل می‌شود [۱۰].

۲- مواد اولیه، تجهیزات و روش تحقیق

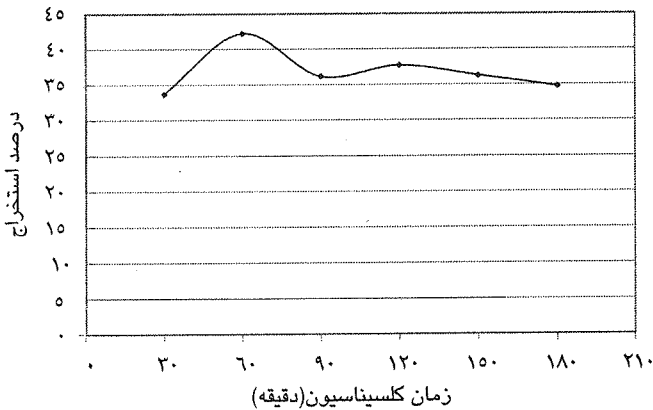
مطالعات لیچینگ بر روی بوکسیت دیاسپوری کم عیار منطقه بلبلوویه کرمان؛ که پس از طی مراحل آماده سازی تا زیر ۲۳۶۰ میکرون (۸ مش) خرد شده بود، صورت گرفت. بر اساس نتایج آنالیز شیمی مقدار SiO_2 ، Fe_2O_3 ، Al_2O_3 به ترتیب برابر ۳۶/۶، ۲۷/۰۲ و ۲۰/۳۲ درصد است و نسبت مدول آلومینا به سیلیس برابر ۱/۸ محاسبه شد که درصد این اکسیدها پس از کلسیناسیون نمونه به ترتیب به ۳۷/۷، ۲۹/۱۸ و ۲۱/۷۷ درصد افزایش و نسبت مدول به ۱/۷۳ کاهش یافت. مطالعات میکروسکپی و آنالیز XRD صورت گرفته بر روی نمونه معرف مورد استفاده در این آزمایش‌ها، نشان داد که دیاسپور، هماتیت و کائولینیت کانیهای اصلی و آناتاز، گوتیت، کوآتز و ایلیت کانی‌های فرعی موجود در نمونه هستند.

عملیات کلسیناسیون نمونه‌ها به وسیله کوره الکتریکی ۱۲۰۰ درجه صورت گرفت. نمونه‌ها پس از سرد شدن با آسیای گلوله ای آزمایشگاهی به روش خشک خرد و برای اجرای آزمایش‌های لیچینگ آماده سازی شد. آزمایش‌های لیچینگ با دستگاه هیتر استیرر دارای ۳ پلیت حرارتی و در بشرهای ۵۰۰ میلی لیتری به انجام رسید. سود سوز آور صنعتی با درصد خلوص ۹۸ برای اجرای آزمایش‌ها تهیه و با توجه به غلظت‌های مورد نظر به حجم مناسب رسید. تمامی آزمایش‌ها در حجم اولیه ۲۰۰ میلی لیتر و دمای محلول ۹۵ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. پس از انجام لیچینگ، محلول به دست آمده با دستگاه فیلتر کششی جدا و جامد باقیمانده به وسیله آب، شستشو داده شد. در پایان، مایع حاصل از لیچینگ به حجم معینی رسیده و به کمک روش شیمیایی تجزیه شد.

آزمایش‌ها در دو بخش صورت پذیرفت، در مرحله اول با توجه به اهمیت شرایط کلسیناسیون، ابتدا دو پارامتر دما و زمان کلسیناسیون بهینه گردید. بدین منظور آزمایش‌های لیچینگ در شرایط ثابت جدول ۱ و تنها با تغییر دو پارامتر دما و زمان کلسیناسیون صورت پذیرفت. در این مرحله سعی شد

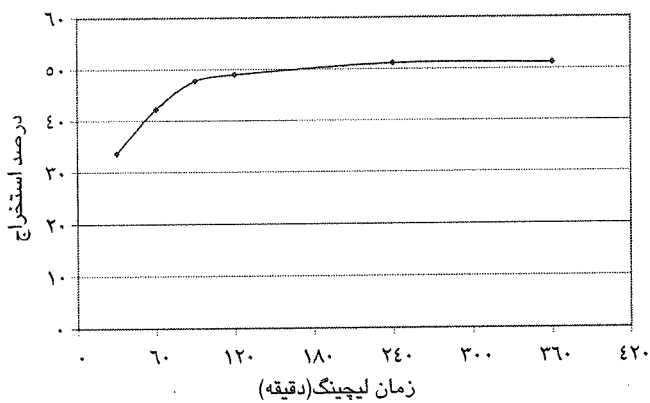
۴- اثر زمان لیچینگ

زمان لیچینگ می‌تواند هم بر میزان سیلیس استخراجی و هم بر ظرفیت تولید اثر بگذارد. شکل (۴) اثر زمان بر درصد استخراج سیلیس را نشان می‌دهد. همان گونه که در شکل مشاهده می‌شود، با طولانی تر شدن زمان لیچینگ میزان سیلیس استخراجی به محلول افزایش می‌یابد. با توجه به شکل



شکل (۳) تغییرات درصد استخراج سیلیس نسبت به زمان کلسیناسیون

نرخ استخراج سیلیس در محدوده زمانی بعد از ۱۲۰ دقیقه کند می‌شود و در زمان‌های بیشتر از ۲۴۰ دقیقه تقریباً ثابت می‌ماند. این کاهش سرعت سیلیس زدایی می‌تواند در اثر کاهش غلظت سیلیس انحلال پذیر در جامد باقیمانده و همچنین غلظت سود در محلول باشد. با توجه به این موضوع و همچنین کاهش ظرفیت تولید با افزایش مدت فرآیند، زمان لیچینگ ۱۲۰ دقیقه به عنوان زمان مناسب برای عملیات سیلیس زدایی انتخاب می‌شود.

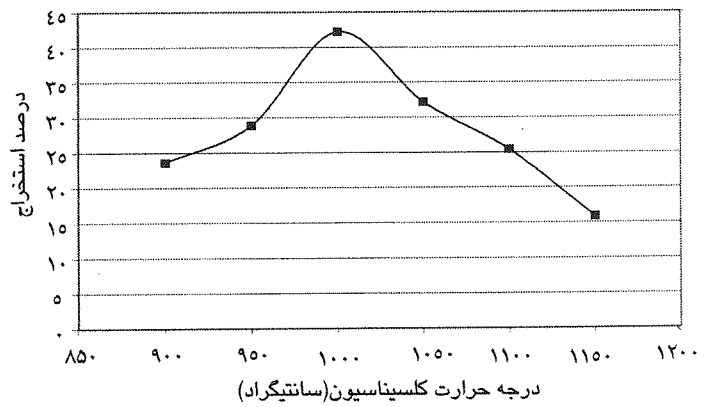


شکل (۴) تغییرات درصد استخراج سیلیس نسبت به زمان لیچینگ

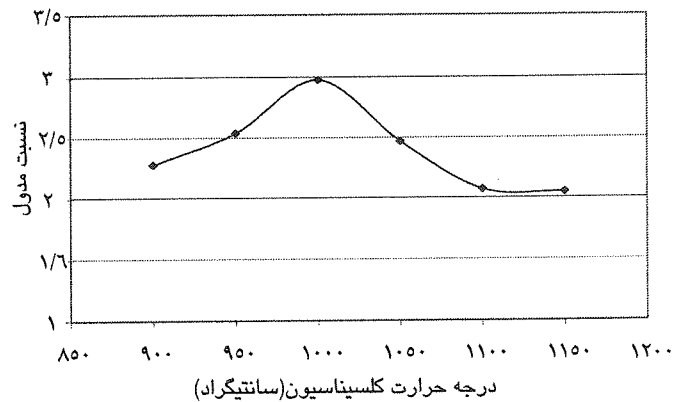
۵- اثر غلظت سود

اثر غلظت سود در محلول اولیه لیچینگ بر درصد سیلیس

لیچینگ را نشان می‌دهد. این نسبت از تقسیم محتوی آلومینا به سیلیس موجود در جامد باقیمانده و یا به عبارت دیگر کنسانتره حاصل از سیلیس زدایی با سود محاسبه شد (Al_2O_3/SiO_2). همان طور که در شکل دیده می‌شود روند تغییرات نسبت مدول مشابه روند استخراج سیلیس در محلول است و مقدار نسبت مدول جامد باقیمانده در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد به ۲/۸۹ می‌رسد.



شکل (۱) تغییرات درصد استخراج سیلیس نسبت به دمای کلسیناسیون

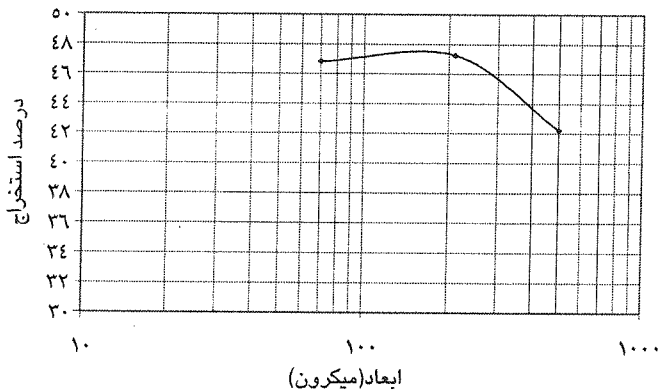


شکل (۲) تغییرات نسبت مدول جامد باقیمانده نسبت به دمای کلسیناسیون

بنابراین با توجه به حداکثر شدن درصد استخراج سیلیس و نسبت مدول، دمای ۱۰۰۰ درجه، دمای بهینه کلسیناسیون برای عملیات سیلیس زدایی می‌باشد. پس از تعیین دمای ۱۰۰۰ درجه به عنوان دمای بهینه، نمونه در دمای این دما و به مدت ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ دقیقه کلسینه شد؛ سپس نمونه‌ها در شرایط ثابت جدول (۱) لیچ شد و محلول به دست آمده آنالیز گردید. شکل (۳) نتایج حاصل از این آزمایش‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، بالاترین درصد استخراج سیلیس در مدت زمان ۶۰ دقیقه به دست می‌آید.

۷- اثر میزان خردایش

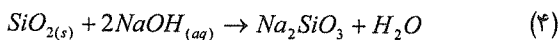
به منظور بررسی اثر میزان خردایش، نمونه کلسینه شده، پیش از انجام آزمایش های لیچینگ با آسیای گلوله ای تا ابعاد زیر ۲۰۰ مش (۷۵ میکرون)، ۷۰ مش (۲۱۰ میکرون) و ۳۰ مش (۵۰۰ میکرون) خرد شد. نتایج حاصل از این آزمایش ها در شکل (۷) نشان داده شده است. با توجه به شکل، حداکثر مقدار درصد استخراج سیلیس در دانه بندی کوچک تر از ۷۰ مش (۲۱۰ میکرون) به دست می آید که در نتیجه به عنوان ابعاد بهینه خردایش انتخاب می شود.



شکل (۷) تغییرات درصد استخراج سیلیس نسبت به ابعاد خردایش نمونه

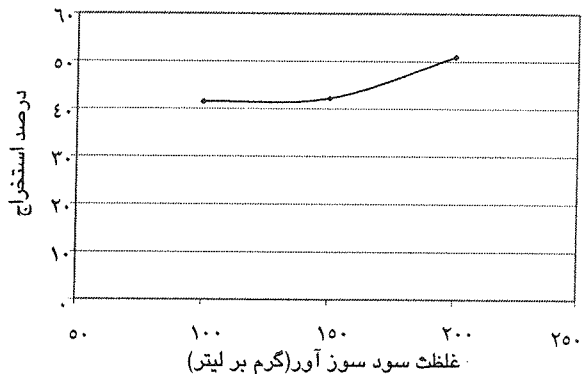
۸- تحلیل و بحث نتایج

نتایج حاصل از آزمایش ها نشان دهنده اهمیت دمای کلسیناسیون به عنوان پارامتر کلیدی در حذف سیلیس موجود در نمونه است. با افزایش دما از ۹۰۰ درجه تا ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد، بر اساس واکنش (۲)، تجزیه متاکائولینیت به سمت اشباع پیش می رود و در دمای ۱۰۰۰ درجه حداکثر می شود. با تجزیه متاکائولینیت، امکان انحلال سیلیس موجود در آن با استفاده از سود سوز آور بر اساس واکنش ۴ فراهم می شود [۱۱].



روند تجزیه متاکائولینیت؛ با افزایش دما ادامه می یابد ولی در این میان واکنش جدیدی شروع می شود که طی آن آلومینا و سیلیس موجود در نمونه مجدداً با هم ترکیب شده و تشکیل کانی پایدار و انحلال ناپذیر مولیت را می دهند. (واکنش ۳) در اثر انجام این واکنش سیلیس آزاد شده و قابل انحلال در سود مجدداً به ترکیب غیر قابل انحلال مولیت باز می گردد. با ادامه این روند بازیابی سیلیس به محلول شروع به کاهش می کند. این بخش از سیلیس؛ که در ترکیب مولیت وارد می شود از پایداری بسیار بالایی برخوردار است و حتی در حرارت و فشار بالای فرایند بایر نیز قابل انحلال نمی باشد. لذا سیلیس باقیمانده در

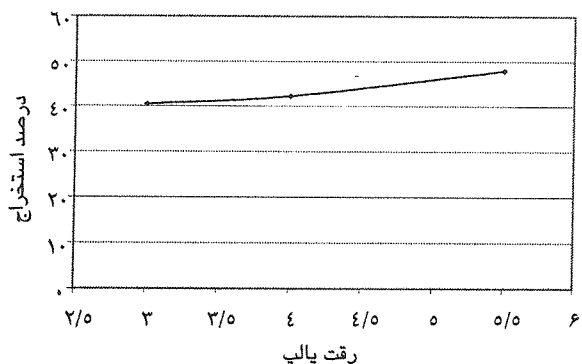
استخراجی در شکل (۵) نشان داده شده است. همان طور که در شکل مشاهده می شود افزایش غلظت محلول از ۱۵۰ گرم بر لیتر به ۲۰۰ گرم بر لیتر باعث افزایش درصد استخراج سیلیس تا ۵۰/۹۲ درصد می گردد. در این شرایط نسبت مدول جامد باقیمانده از مقدار اولیه ۱/۷۳ پیش از لیچینگ به ۳/۵۰ افزایش می یابد.



شکل (۵) تغییرات درصد استخراج سیلیس نسبت به غلظت سود سوز آور

۶- اثر رقت پالپ

رقت پالپ عبارت است از نسبت وزن مایع (وزن اولیه محلول سود) به وزن جامد موجود در پالپ. (وزن نمونه خشک بوکسیت مورد استفاده شده در آزمایش) رقت پالپ اثر مستقیم بر ویسکوزیته و ضریب پخش سیال دارد. شکل (۶) اثر رقت پالپ بر میزان سیلیس استخراجی را نشان می دهد. همان طور که در شکل ملاحظه می شود، افزایش رقت پالپ، اثر قابل توجهی بر میزان سیلیس استخراجی به محلول دارد. اگرچه افزایش رقت باعث، افزایش سیلیس استخراجی و افزایش نسبت مدول می شود؛ ولی درصنعت افزایش رقت مستلزم افزایش جریان فاز مایع است که خود مشکلات جدایش فاز جامد را به دنبال دارد. به همین دلیل رقت مناسب برای فرآیند را می توان در حدود ۴ در نظر گرفت.



شکل (۶) تغییرات درصد استخراج سیلیس نسبت به تغییرات رقت پالپ

ترکیب در طول فرایند بایر فعال نمی‌باشد و در نتیجه بدون انجام واکنش با محلول به همراه گل قرمز خارج می‌شود [۱]. با توجه به نتایج به دست آمده از کلسیناسیون نمونه در زمان های مختلف علاوه بر افزایش دما، افزایش زمان کلسیناسیون نیز می‌تواند باعث افزایش میزان مولیت در نمونه و کاهش درصد استخراج سیلیس به محلول شود. بر این اساس، در زمان‌های کلسیناسیون بیشتر از ۶۰ دقیقه در اثر ترکیب مجدد Al_2O_3 و SiO_2 با یکدیگر و کانی غیر قابل انحلال مولیت ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) در نمونه کلسینه شده تشکیل می‌شود که می‌تواند باعث کاهش درصد استخراج سیلیس به محلول گردد.

نتایج بهینه سازی پارامترهای لیچینگ نشان داد غلظت سود اثر گذارترین پارامتر بر درصد استخراج سیلیس به محلول است؛ به نحوی که با افزایش آن از ۱۰۰ گرم بر لیتر به ۲۰۰ گرم بر لیتر درصد استخراج سیلیس تا ۹/۴۸ درصد افزایش می‌یابد. البته امکان افزایش درصد سیلیس استخراجی با افزایش بیشتر غلظت سود به مقادیر بیشتر از ۲۰۰ گرم بر لیتر وجود دارد، با این وجود با توجه به تحمیل هزینه عملیاتی قابل توجه به فرآیند به نظر نمی‌رسد که افزایش غلظت سود به مقادیر بالاتر توجیه اقتصادی داشته باشد بخصوص آنکه کل سودی که برای استخراج اقتصادی آلومینا در فرآیند بایر استفاده می‌شود ۴۰۰ تا ۳۵۰ گرم بر لیتر غلظت دارد که مقدار سود مصرفی برای سیلیس زدایی باید به آن اضافه شود، لذا حتی توصیه می‌شود که غلظت ۱۵۰ گرم بر لیتر به جای غلظت ۲۰۰ گرم بر لیتر مد نظر قرار گیرد. همچنین با توجه به نتایج حاصله در بخش آزمایش های لیچینگ، به نظر می‌رسد افزایش رقت تا مقادیر بالاتر از ۵/۵ می‌تواند به افزایش درصد سیلیس استخراجی منجر شود؛ ولی با توجه به مشکلات ناشی از افزایش رقت در صنعت؛ که عمدتاً ناشی از جدایش فاز جامد-مایع (فیلتراسیون محلول نهایی لیچینگ) به نظر نمی‌رسد استفاده از رقت‌های بالاتر، حتی در صورت بدست دادن نتایج قابل قبولتر، امکان پذیر باشد؛ از این رو، با توجه به ملاحظات فنی، رقت ۴ بعنوان رقت مناسب جهت انجام عملیات لیچینگ توصیه می‌شود.

۹- نتیجه گیری

- ۱- با بهینه سازی دمای کلسیناسیون می‌توان باعث شکست پیوند متا کائولینیت شد و سیلیس آزاد شده را با استفاده از سود حل و به صورت انتخابی از آلومینا جدا کرد.
- ۲- مقدار بهینه دمای کلسیناسیون ۱۰۰۰ درجه و زمان مناسب کلسیناسیون ۶۰ دقیقه به دست آمد.
- ۳- مدت زمان ۱۲۰ دقیقه با توجه به ملاحظات اقتصادی به

عنوان زمان بهینه برای انجام عملیات سیلیس زدایی انتخاب شد. ۴- در غلظت ۲۰۰ گرم بر لیتر سود، بالاترین درصد استخراج سیلیس از محلول نسبت مدول جامد باقیمانده به دست آمد.

۵- رقت ۴ با توجه به ملاحظات فنی، به عنوان رقت مناسب برای انجام عملیات لیچینگ انتخاب شد.

۶- ابعاد ذرات ۷۰-مش (۲۱۰-میکرون) به عنوان شرایط بهینه خردایش انتخاب گردید.

۷- حداکثر درصد استخراج سیلیس از نمونه بوکسیتی و نسبت مدول بخش باقیمانده در آزمایش ها به ترتیب برابر ۹۲/۵۰ درصد و ۵۰/۳۰ محاسبه شد.

۱۰- منابع

- [۱] Victor L.Rayzman, Aug 2003, "Extracting silica and alumina from low grade bauxite", JOM pp 47-50
- [۲] Meyer, F.M, 2004, "Availability of bauxite reserves", Natural Resources Research, Vol. 13, no 3, pp 161-172 www.lme.co.uk/dataprices/pricegraphs/January.2006
- [۳] Leonard Jacob, 1984, "proceeding of bauxite symposium", published by SME, Losangles, California, pp: 653-658
- [۴] Li, G.H, 2000, "Technology of desilication from diasporic bauxite by roasting-alkali leaching process (II)", Journal of Nonferrous Metals (China), Vol. 10, no 5, pp 705- 709.
- [۵] Tao, J., 2002 "Thermal behaviors of kaolinite-diasporic bauxite and desilication from It by roasting-alkali leaching processing", Light Metals TMS Annual Meeting pp: 8994
- [۶] Kloprogge, JT 2002, "Thermal decomposition of bauxite minerals: infrared emission Spectroscopy of gibbsite, boehmite and diaspor", Journal of material science 37 (6), pp 1121-1129
- [۷] D.RaJ, 2004, "High temperature transformation of Iron Minerals in bauxite", Hyperfine Interactions(153), pp: 153-158
- [۸] Guanzhou Qiu, March 2004 "Activation and removal of silicon by Thermochemical process", Scandinavian Journal of metallurgy, pp: 121-128
- [۹] Mehta, SK, Nov 1992, "High-Temperature solid-state transformation in Jammu bauxite", Journal of thermal analysis, pp: 2455-2488
- [۱۰] LI Guang hui, Feb 2002 "Technology and mechanism of desilication from roasted diasporic bauxite in atmosphere", Transactions of nonferrous metals, pp: 132-136
- [۱۱]

۱۱- زیر نویس ها

- 1-ThermoChemical Alkaline Treatment
- 2-Module Ratio: (Bauxite Al_2O_3 Content)/ (Bauxite SiO_2 Content)
- 3- Roasting