

## مجله علمی - تحقیقی دیدگاه

دوره ۱؛ شماره ۱؛ خزان و زمستان ۱۴۰۲؛ صفحات ۲۹-۴۰

# استحصال اکساید های المونیم و آهن از احجار المونیم دار معدن تاله و برفک در اتمسفیر گاز کلورین

عبدالحمید رحمانی<sup>۱\*</sup>، عبدالقیوم رجیبی<sup>۲</sup>، عبدالجمیل حیدری<sup>۳</sup>

\*۱ - پوهنمل، دیپارتمنت انجنیری صنایع مواد غیرعضوی، پوهنځی انجنیری صنایع کیمیاوی، پوهنتون جوزجان،

شبرغان، افغانستان. <http://orcid.org/0009-0003-6149-3670> - [abduhalimrahmani@gmail.com](mailto:abduhalimrahmani@gmail.com)

۲- پوهاند، دیپارتمنت کیمیاوی عمومی، پوهنځی انجنیری صنایع کیمیاوی، پوهنتون جوزجان، شبرغان، افغانستان.

<http://orcid.org/0009-0007-6405-9035> - [abduqayomrajabi5@gmail.com](mailto:abduqayomrajabi5@gmail.com)

۳- پوهنوال، دیپارتمنت انجنیری صنایع مواد غیرعضوی، پوهنځی انجنیری صنایع کیمیاوی، پوهنتون جوزجان،

شبرغان، افغانستان. <http://orcid.org/0009-0002-6465-7338> - [jamilhaidary222@gmail.com](mailto:jamilhaidary222@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۸ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱/۳۰

### چکیده

مواد خام اساسی برای تولید المونیم و مرکبات آن، بوکسیت است که در ترکیب آن اضافه تر از ۵۰ فیصد اکساید المونیم وجود دارد، اما نبود منابع طبیعی آن به مقدار کافی در بسیاری از کشورها سبب شده تا توجه بیشتر بالای سایر احجار المونیم دار صورت گیرد. در این تحقیق استحصال اکساید های المونیم و آهن از احجار المونیم دار معدن تاله و برفک در اتمسفیر گاز کلورین مورد بررسی قرار گرفت. هم چنین تأثیر پارامتر درجه حرارت، جسامت دانه های میله شده احجار المونیم دار، مدت توقف مواد در ساحه تعاملی و مقدار مصرف گاز کلورین در زمان های مختلف بررسی شد. نمونه های گرفته شده در ابتداء توسط آسیاب لابرا توری به اندازه ۰.۳-۱.۰ ملی متر میله کاری گردیده، بعداً داخل ریکتور انداخته شد، با فعال ساختن ریکتور و جریان متناوب گاز کلورین، در حرارت های مختلف، عملیه کلوریشن انجام شد. نتایج آنالیز به کمک دستگاه جذب اتمی نشان داد که نزدیک به ۵۶.۱۲۸ فیصد اکساید های المونیم و ۶۸.۴ فیصد اکساید های آهن در ۶۰ دقیقه نخست به دست آمده و افزایش زمان تا ۱۲۰ دقیقه تأثیر کمی بر درجه تبدیل دارد. هم چنین در این آزمایش، حرارت مناسب ۶۵۰ درجه سانتی گراد، اندازه جسامت دانه های میله شده احجار المونیم دار ۰.۳-۰.۱ ملی متر، مدت توقف مواد در ساحه تعاملی ۶۰ دقیقه و مقدار مصرف گاز کلورین در حدود ۱۵ ملی لیتر بر دقیقه تثبیت شد.

کلمات کلیدی: احجار المونیم دار، اکساید المونیم، گاز کلورین، معدن تاله و برفک.

---

## Extraction of Aluminum and Iron Oxides from Aluminum rocks of Tala and Barfak Mines in Chlorine Gas atmosphere

Adul Halim Rahmani<sup>1\*</sup>, Abdul Qayom Rajabi<sup>2</sup>, Abdul Jamil Haidari<sup>3</sup>

1\*. Senior Teaching Assistant, Department of Inorganic substances Industries Engineering, Faculty of Chemical Industry Engineering, Jawzjan University, Sheberghan, Afghanistan (Corresponding Author).

[abdulhalimrahmani@gmail.com](mailto:abdulhalimrahmani@gmail.com) - <http://orcid.org/0009-0003-6149-3670>

2. Prof., Department of General Chemistry, Faculty of Chemical Industry Engineering, Jawzjan University, Sheberghan, Afghanistan.

[abduqayomrajabi5@gmail.com](mailto:abduqayomrajabi5@gmail.com) - <http://orcid.org/0009-0007-6405-9035>

3. Associate Prof., Department of Inorganic substances Industries Engineering, Faculty of Chemical Industry Engineering, Jawzjan University, Sheberghan, Afghanistan.

[jamilhaidary222@gmail.com](mailto:jamilhaidary222@gmail.com) - <http://orcid.org/0009-0002-6465-7338>

(Received: 29/12/2023 - Accepted: 18/4/2024)

---

### Abstract

*The basic raw material for the production of Aluminum and its citrus fruits is bauxite, which contains more than 50% of Aluminum oxide, but the lack of its natural resources in sufficient quantities in many countries has caused more attention to be paid to other Aluminum-bearing rocks. This study investigated the extraction of Aluminum and Iron oxides from Aluminum rocks of the Tala and Barfak mine in Chlorine Gas atmosphere. The effects of temperature, particle size of the ground Aluminum rocks, residence time of the materials in the reaction zone, and the amount of Chlorine gas consumption at different times were also investigated. The samples were first ground to a size of 0.01-0.03 mm using a laboratory mill and then placed in a reactor. The reactor was activated and a continuous flow of Chlorine gas was passed through it at different temperatures. The chlorination process was carried out at different temperatures. The results of the analysis, using an atomic absorption device, showed that about 56.128% of Aluminum oxides and 68.4% of Iron oxides were obtained in the first 60 minutes. Increasing the time to 120 minutes had a little effect on the conversion degree. Also, in this experiment, the optimum temperature was determined to be 650 °C and the particle size of the ground Aluminum rocks was 0.01-0.03 mm. The duration of stopping the materials in the interactive area was 60 minutes and the consumption of Chlorine gas was fixed at about 15 milliliters per minute.*

**Keywords:** Aluminum Rocks, Aluminum Oxide, Chlorine gas, Tala and Barfak Mine.

## مقدمه

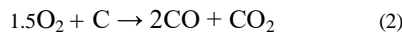
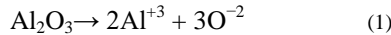
امروزه در جهان موارد استفاده فلزات گوناگون و مرکبات آن‌ها در عرصه‌های مختلف بیش‌تر از پیش افزایش یافته است. فلزات از جمله عناصری اند که انسان‌ها همیشه با آن‌ها سرو کار داشته و رابطه ناگسستنی با پیشرفت تکنیک و تکنالوژی دارند. فلزات عناصری اند که می‌توانند چرخ‌های صنعتی فابریکات را به حرکت در بیاورند (Solheim, 2016). المونیم فلزی است که بعد از آهن بیش‌ترین مصرف را در جهان دارد، اگر چه المونیم، یک عنصر فراوان در پوسته زمین است؛ اما این عنصر در حالت آزاد خود بسیار نادر بوده و یک فلز گران‌بها و ارزش‌مند به حساب می‌آید. المونیم اخیراً به‌عنوان فلز صنعتی مورد توجه قرار گرفته و در مقیاس تجارتي تنها بیش از ۱۰۰ سال است که مورد استفاده قرار می‌گیرد (ford, 1992).

در ابتدای کشف این فلز، جدا کردن آن از سنگ‌های معدنی آن بسیار مشکل بود؛ زیرا عنصر المونیم در زمین با سایر عناصر به صورت ترکیبی موجود است، بنابراین بدست آوردن این فلز از نظر تهیه مشکل به حساب می‌آمد. از طرف دیگر برای استحصال فلزات، از جمله فکتورهای مهم، دسترسی آسان به منابع طبیعی این فلزات است، که امروزه یکی از مشکلات جدی نبود این منابع به مقدار کافی در بسیاری از کشور هاست. المونیم و مرکبات آن نیز از این قاعده مستثنی نیست. مواد خام اساسی برای تولید المونیم بوکسیت ( $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ ) است که در ترکیب آن اضافه‌تر از ۵۰ فیصد اکساید المونیم وجود دارد؛ اما نبود آن به مقدار کافی در بسیاری از کشورها سبب شده تا توجه بیشتر بالای احجار المونیم دار مانند: الیت‌ها، الونیت‌ها ( $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 4SO_3 \cdot 6H_2O$ )، کاولینیت‌ها ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ )، و دیگر آلوموسلیکات‌ها که در اکثر کشورها از جمله افغانستان وجود دارند، صورت بگیرد، بنأ برای بدست آوردن چنین عنصر مهم صنعتی و اساسی، نیاز به ایجاد فابریکات برای استحصال صنعتی آن می‌باشد، ایجاد چنین فابریکات نیاز به مطالعات همه جانبه در مورد چگونگی تکنالوژی استحصال و مواد اولیه آن دارد. از آنجایی که افغانستان یک کشور رو به پیشرفت و در حال توسعه محسوب می‌شود، و تاسیس چنین فابریکات صنعتی، تهداب اقتصادی این کشور بوده و از اهمیت زیادی برخوردار است (Рахмони, 2019).

امروزه در جهان جهت تولید آلومینا ( $Al_2O_3$ ) که خود مواد اساسی برای تولید المونیم خالص به‌شمار می‌رود، از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که مشهورترین آن روش بایر، روش سینتره و روش‌های تیزابی می‌باشد، در روش بایر استحصال فلز المونیم از مواد اولیه در دو مرحله انجام می‌پذیرد (Savzaeva & et al., 1970).

۱. مرحله تهیه الومینا ( $Al_2O_3$ ) خالص از سنگ معدنی بوکسیت؛
  ۲. مرحله تجزیه برقی اکساید المونیم در حجره الکترولیز توسط جریان برق. شاید تمامی المونیمی که در دنیا تولید می‌گردد، بر اساس روش الکترولیز مذاب باشد. الکترولیتی که در اینجا به صورت مذاب است، از کریولیتی تشکیل شده که در آن آلومینا به مقیاس صنعتی حدوداً ۵ فیصد وزنی حل است. کریولیت با فورمول کیمیاوی  $Na_3AlF_6$  نقطه ذوب آلومینا را پایین می‌آورد، نقطه ذوب اکساید المونیم  $2046$  درجه سانتی‌گراد است، در حالی که نقطه ذوب کریولیت  $1000$  درجه سانتی‌گراد و مخلوط این دو دارای نقطه ذوب  $970-960$  درجه سانتی‌گراد می‌باشد، کریولیت به‌عنوان ماده اصلی الکترولیز مذاب به‌طور طبیعی فقط در گرینلند وجود دارد. برای اینکه کشورها خود را از واردات این ماده بی‌نیاز سازند، بر اساس روش‌های کیمیاوی در تهیه این ماده دست به کار شده‌اند. یکی از این روش‌ها که بسیار متداول است و در بسیاری از کشورهای تولیدکننده المونیم بر اساس آن کریولیت را تهیه می‌نمایند، روش تجزیه فلوراید کلسیم  $CaF_2$  توسط سلفوریک اسید و اشباع تیزاب فلوریک توسط هایدرواکساید المونیم و سودیم کاربونات است (Solano & et al., 1992).
- المونیم حاصل از روش بایر و یا سینتره، در داش‌های مخصوص که بدنه آن از فولاد بوده و در داخل از یک لایه مواد ناسوز پوشیده شده و روی لایه ناسوز در کف و جدارهای جانبی یک لایه کاربن خالص به‌شکل استر قرار گرفته که عمل کتود را انجام می‌دهد. شکل انود استوانه‌یی بوده که در دسته‌های ۴، ۸ و ۱۲ عددی به وسیله میله‌های اتصالی جریان برق به داخل داش آویزان است. پس از جرقه زدن انودها و گرم شدن داش، کریولیت خشک یا مایع را به‌تدریج داخل داش نموده و آنقدر این عمل را ادامه می‌دهند؛ تا داش از محلول الکترولیت پر شود، در این موقع گرد الومینا را به تدریج وارد داش می‌نمایند که در نتیجه آن الومینا الکترولیز خواهد شد. آیون‌های المونیم به‌طرف کتود که خود کف داش را تشکیل می‌دهد منتقل شده، در آنجا جمع می‌شوند و هر زمانی که مقدار آن به حد کافی رسید، منفذ خروجی داش را باز کرده و المونیم مذاب را از داش خارج می‌نمایند. برای تهیه یک تن المونیم در حدود ۳۰ هزار کیلووات ساعت برق، دو تن الومینا خالص، یک تن انود کاربن و ۰.۱ تن کریولیت مصرف می‌شود. به دلیل مصرف زیاد برق، اغلباً کارخانه‌های تهیه المونیم در نزدیک مراکز تولید برق فراوان، تأسیس می‌شوند. در عملیه الکترولیز بوکسیت، هر دو الکترودهای کتود و انود در حجره الکترولیز از جنس کاربن می‌باشند (Kiss & et al., 2008).

پروسه تولید المونیم در حرارت حدود ۹۵۰-۹۸۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود، الکترودها یعنی انود و کتود از جنس کک هستند. کتود سرتاسر کف مخزن الکترولیز را می‌پوشاند که علاوه بر عبور جریان برق از آن، پوشش مقاوم در مقابل مذاب کریولیت و المونیم است، انود از بالا به داخل مذاب آویزان است. پس از اتصال جریان برق مستقیم بر اثر مقاومت مواد، انرژی برقی تبدیل به انرژی حرارتی می‌شود، و حرارت کوره به ۹۵۰-۹۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، در این حرارت، کریولیت ذوب شده و اکساید المونیم را به مقدار وزنی ذکر شده در خود حل می‌کند. ترکیب  $Al_2O_3$  در میدان الکترولیز بر اساس معادله زیر تجزیه می‌شود:



آیون‌های المونیم با چارچ مثبت به طرف کتود پایین دیگ (قطب منفی) جریان یافته و در برخورد با کتود با گرفتن سه الکترون چارچ خود را از دست داده و به صورت اتم فلز مذاب المونیم در کف کوره جذب و انباشته می‌شود. اکسیجن در لحظه‌ی که از المونیم جدا می‌شود، بلافاصله به صورت آیون با دو چارچ منفی به طرف انود (قطب مثبت) به حرکت در آمده و در تماس با کاربن انود، پس از انتقال دو الکترون، با کاربن ترکیب و به صورت  $CO_2$  یا  $CO$  آزاد می‌شوند. برخلاف روش بایر، روش سینتره کردن نه تنها این که می‌تواند بوکسیت‌های با غلظت کم؛ بلکه کائولین و دیگر آلوموسیلیکات‌ها را نیز پروسس نماید. این روش پیش‌تر از روش بایر اختراع شده و تغییرات زیادی نسبت به ساختمان داش و تجهیزات تکنالوژیکی آن به وجود آمده است. بر اساس این روش بالای سنگ معدنی المونیم‌دار با محلول سودا که از ناخالصی‌ها آزاد شده است، گاز  $CO_2$  هدایت می‌شود؛ تا هایدرات المونیم به صورت رسوب جدا گردد، هایدرات المونیم به دست آمده از این روش در مقایسه با روش بایر از مقدار بیشتر سلیکان بر خوردار است (Мирзоев & другие, 1992).

در بعضی از کشورها به دلایل خاص اقتصادی از روش تیزابی استفاده می‌کنند، برتری اصلی استفاده از روش‌های تیزابی این است که ناخالصی‌ها از جمله اکسایدهای آهن، تیتانیم و سلیکان وارد محلول نمی‌شوند، بلکه به صورت رسوب جدا و فقط ترکیبات المونیمی به صورت آلومینات وارد محلول می‌گردند، حال اگر فیصدی ترکیبات سلیکان در سنگ‌های معدنی المونیم‌دار بالا باشد، از روش تیزابی استفاده می‌شود. معدن‌ها اکثراً از نوع رس (کائولین نامرغوب) با فیصدی کم آهن و حداکثری ۳۵ فیصد آلومینا هستند، بنابراین در کشورهای که بوکسیت غنی ندارند، روش انحلال در تیزاب روش مناسبی است. قابلیت حل شدن اکساید المونیم منرال‌های کائولینی در تیزاب بسیار ناچیز است، لذا برای صرفه‌جویی و اقتصادی بودن،

باید مقدار بیشتری اکساید المونیم را در تیزاب به صورت محلول در آورد. برای این کار سنگ معدنی را ابتدا می‌دهد و آن را تا ۷۰۰-۸۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت می‌دهند؛ تا کائولین به متاکائولین تبدیل گردد (Panton, 1970). این ترکیب در تیزاب به مقدار زیاد حل می‌شود،  $\text{SiO}_2$  به صورت رسوب جدا می‌شود؛ ولی مقدار آن بستگی به نوع تیزاب مصرفی ندارد. اگر از تیزاب نمک (HCl) استفاده شود، محلول را تا ۳۰۰-۳۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت می‌دهند تا HCl به صورت گاز خارج شود و دوباره به صورت تیزاب وارد پروسه گردد. اکساید فلتر شده را در محلول NaOH به طریق بایر تبدیل به هایدراید المونیم می‌نمایند. حال اگر از سلفوریک اسید استفاده شود، باید به اثر کریستالیزیشن در محیط خلأ، المونیم سلفیت (۴)  $\text{Al}_2(\text{SO})_4$  به دست آمده را به طریق ترمیک تبدیل به  $\text{Al}_2\text{O}_3$  نمود (Бобоев & Другие, 1996). در این تحقیق استحصال اکسایدهای المونیم و آهن از احجار المونیم‌دار معدن تاله و برفک در اتمسفر گاز کلورین و تأثیر پارامترهای درجه حرارت، اندازه ذرات احجار المونیم‌دار، مدت توقف مواد در ساحه تعاملی و مقدار مصرف گاز کلورین برای دریافت شرایط نارمل، بالای احجار المونیم‌دار معدن تاله و برفک ولایت بغلان بررسی شده است.

### مواد کار و روش تحقیق

#### مواد مصرفی

- احجار المونیم دار معدن تاله و برفک برای انجام آزمایش
- مقدار مشخص گاز کلورین برای انجام عملیه
- مقدار معین تیزاب گوگرد برای تهیه محلول با pH مورد نظر

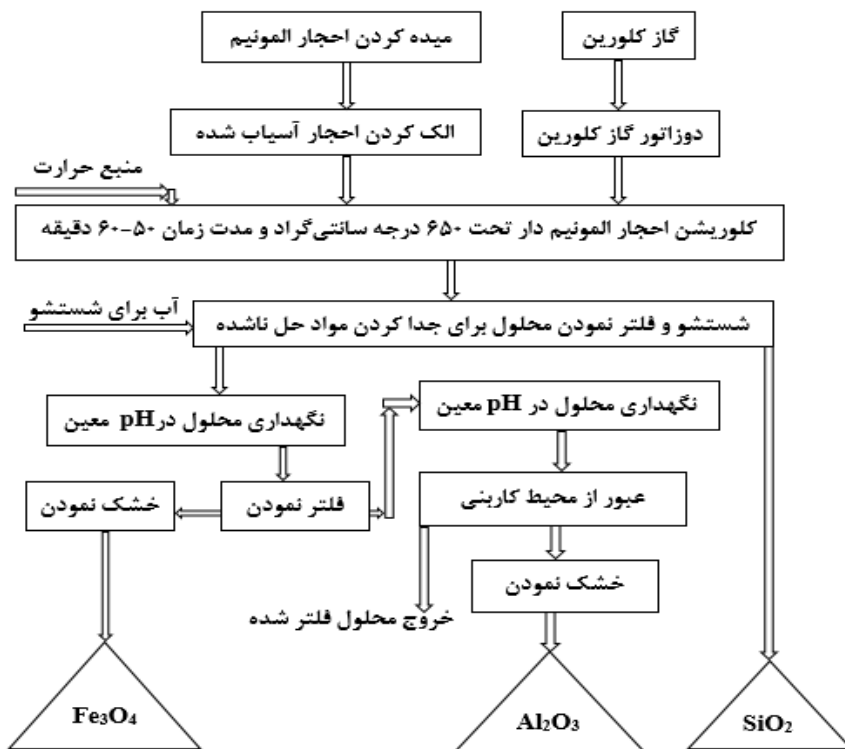
#### تجهیزات

- آسیاب لابرآتواری برای میله کردن احجار المونیم دار
- ریاکتور برای اجرای عملیه تجزیه
- دستگاه ترموستات برای تنظیم درجه حرارت در ریاکتور
- دستگاه جذب اتمی مدل DERIVATOGRAPH Q-1500D برای آنالیز و ترسیم

#### گرافها

در این تحقیق برای برداشت نمونه به روش سیستماتیک از ۳ نقطه معدن تاله و برفک با فاصله ۵۰ متر از هم دیگر استفاده شده است، از هر نقطه به مقدار ۲۰۰ گرم از احجار المونیم‌دار نوع کولین در خریطه‌های مخصوص گرفته شد، و بعد از انتقال در لابرآتوار، نمونه‌ها را از خریطه‌ها خارج نموده به صورت جدا گانه توسط آسیاب لابرآتواری به اندازه ۰.۱-۰.۳ میلی متر میله کرده، سپس از هر کدام به مقدار ۱۰۰ گرم را برای اجرای آزمایش داخل ریاکتور که

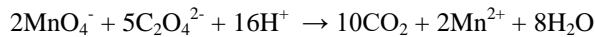
قبلاً آماده شده بود، انداخته شد، سپس گاز کلورین که قبلاً توسط تیزاب گوگرد خشک کاری شده، به داخل ریاکتور جریان داده شد، در ادامه کمپننت‌های علاوه شده در ریاکتور را به مدت ۶۰-۵۰ دقیقه تا حدود ۶۰۰-۶۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد، و هم‌زمان عملیه کلوریشن انجام پذیرفت و در نتیجه آن کلوراید و اکسی کلوراید‌های المونیم و آهن به‌وجود آمد که بعداً مخلوط حاصل شده را از ریاکتور خارج نموده، توسط آب مقطر شست و شو و از فلتر عبور داده شد، فاز جامد باقی‌مانده بر روی فلتر که اکثراً اکسایدهای سلیکان و دیگر مواد اند، جدا شده و فاز مایع (فلترات) از فلتر عبور نموده در pH های مختلف در دو مرحله پروسس شدند، در مرحله اول اکسایدهای آهن هایدرولیز شده به شکل رسوب از محلول جدا شدند، و به همین ترتیب در مرحله دوم با تغییر دادن pH محلول، اکسایدهای المونیم رسوب نمود، و بعداً به کمک دستگاه جذب اتمی جهت تشخیص و پیشرفت عملیه قرار (شکل ۲) مورد آنالیز قرار گرفت.



شکل ۱. مراحل تکنولوژیکی تجزیه احجار المونیم‌دار در اتمسفر گاز کلورین

برای تعیین و تشخیص خروج اکسایدهای آهن و المونیم بدست آمده بعد از عملیه فلتر نمودن، از میتود تحلیل کیمیاوی و فزیک- کیمیاوی مانند: اصول پرمنگانومتری و کمپلکسومتری نیز استفاده به عمل آمد.

در اصول پرمنگانومتری:



رسوب کلسیم به شکل اگزالیات در محیط هنگامی تشکیل می‌گردد، که المونیم به شکل کمپلکس در ترکیب محلول وجود داشته باشد.

در این عملیه محلول آنالیز شونده (فلترات) را در فلاسک شیشه‌یی انداخته بالای آن آب مقطر تا وقتی علاوه شد که حجم محلول در فلاسک تا ۲۰۰ میلی لیتر رسید، بعداً محلول را توسط امونیم هایدرواکساید با  $\text{pH}=4$  نایتروجنیشن نموده، سپس به آن ۱۱ الی ۵ گرم (تریلون - ب)، ۱۰ الی ۱۵ میلی لیتر محلول بوفری اسیتیت علاوه نموده گرم کرده شد، بعداً به آن، محلول ۴ فیصد امونیا را انداخته بعد از گذشت ۳ الی ۴ ساعت اگزالیات کلسیم به شکل رسوب در قسمت تحتانی ظرف تجمع نمود. در ادامه رسوب را از محلول توسط فلتر کاغذی جدا نموده، آن را در سلندر گرفته، به آن ۱۰۰ میلی لیتر سلفوریک اسید (۴) نارمله انداخته و آن را تا حرارت ۶۰-۷۰ درجه سانتی گراد گرم کرده شد، در اخیر ایون‌های اگزالیات را توسط پرمنگانیت تا تبدیل شدن به رنگ گلابی تیریشن گردید. اصول کمپلکسومتری که بیشتر برای تشخیص و تعیین مقدار کلسیم و المونیم استفاده می‌شود، اجرای آن طوری است که ابتدا در محلول آنالیز شونده با  $\text{pH}=4.5$ ، ۱۰ الی ۲۰ میلی لیتر محلول ۰.۱ نارمله (تریلون - ب) علاوه نموده، گرم کرده می‌شود، بعد از سرد ساختن در محلول ۱۰۰ الی ۱۵۰ میلی لیتر آب، ۲۰ الی ۲۵ میلی لیتر محلول بوفر اسیتیت، ۵ الی ۷ قطره زیلینول اورنج علاوه کرده سپس توسط محلول اسیتیت جست از رنگ زرد تا تبدیل شدن آن به رنگ گلابی تیریشن می‌گردد.

$$Al = \frac{(V_{TP} \cdot V_{zn} \cdot N_{zn}) \cdot 13,49 \cdot 100 \cdot e}{a \cdot 1000}$$

در اینجا:  $V_{TP}$  و  $V_{zn}^{2+}$  - حجم تریلون - B،  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  به  $\text{ml}$ ،  $N_{zn}^{2+}$  - نارملتی تریلون - B،  $\text{ml}$  به  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ، B

$a$  - مقدار ماده به  $\text{gr}$ ،  $e$  - قابلیت انحلال و  $13.49$  -  $\text{gr}$  معادل گرام المونیم می‌باشد.

در عدم موجودیت المونیم در محلول، امکان تعیین مقدار کلسیم در محلول آنالیز شونده با تریلون - ب در  $\text{pH}=7$ ، وجود داشت.



در این صورت ۲۵ میلی لیتر محلول را در فلاسک گرفته بالای آن ۵۰ میلی لیتر آب مقطر، ۲۵ میلی لیتر مخلوط امونیم هایدرواکساید و بوفر، ۲ الی ۳ قطره اندیکاتور آیروکروم سیاه - تی (E B T) علاوه نموده، سپس تا تبدیل شدن آن از رنگ سرخ به کیود تیتريشن گردید. در صورت موجود بودن المونیم، به محلول برای ایتانول امین علاوه می‌گردد، چون که المونیم با برای ایتانول امین یک مرکب کمپلکسی پایدار را تشکیل می‌دهد، که تشکیل این مرکب کمپلکسی باعث می‌گردد اختلال در تعیین مقدار کلسیم در محلول رونما نگردد.

### نتایج و یافته‌ها

در آزمایش انجام شده تأثیر پارامترهای مختلف؛ مانند درجه حرارت، اندازه ذرات احجار المونیم دار، مدت توقف مواد در ساحه تعاملی و مقدار مصرف گاز کلورین به کمک دستگاه جذب اتمی بررسی و مطالعه گردیده که در شکل (۲، الف، ب، ج، د) نشان داده شده است. در این‌جا:

- حرارت استفاده شده در انتروال ۴۰۰ - ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد
- احجار میده شده تا اندازه ۰.۱ - ۰.۳ ملی متر و کوچک‌تر از آن
- مدت توقف مواد در ساحه تعاملی ۱۰ - ۱۲۰ دقیقه
- مصرف گاز کلورین ۵ - ۲۰ ملی لیتر بر دقیقه

### تأثیر مدت قرار گرفتن مواد در ساحه تعاملی

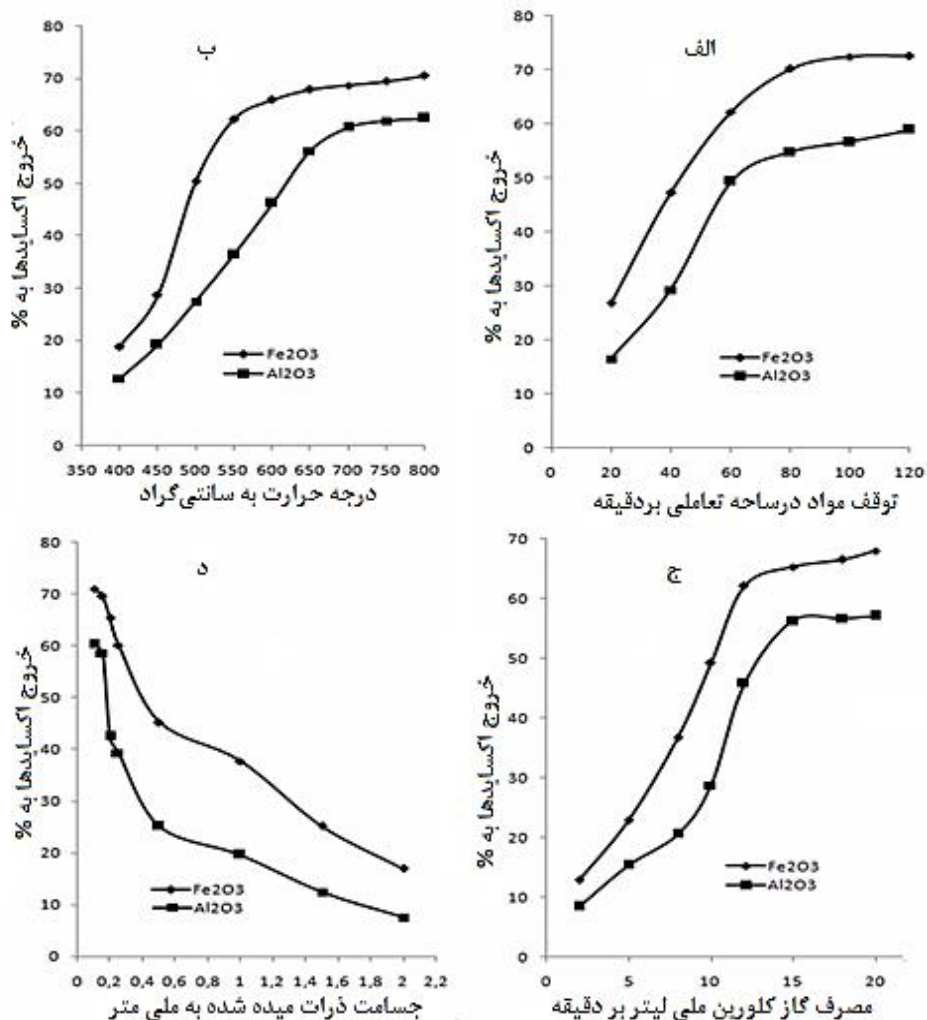
تأثیر مدت قرار گرفتن مواد در ساحه تعاملی در انتروال حرارت ۴۰۰-۸۰۰ درجه سانتی‌گراد در مدت ۳۰-۱۲۰ دقیقه مورد ارزیابی قرار گرفت. طوری که در شکل (۲، الف) دیده می‌شود، درجه تبدیل در زمان ۴۰-۶۰ دقیقه بیشتر بوده یعنی خروج اکساید المونیم به ۴۸.۹ فیصد و از اکساید آهن به ۶۱.۲ فیصد رسیده است و هم‌چنان در همین شکل دیده می‌شود که توقف مواد در ساحه تعاملی بیش‌تر از ۶۰ دقیقه بالای درجه تبدیل تأثیر چندانی ندارد.

### تأثیر درجه حرارت

تعاملات انجام شده بین احجار المونیم دار و گاز کلورین اگزوترمیک بوده و در نتیجه آن در محیط، کلوراید های گاز مانند آشکار می‌گردند. این عملیه در انتروال درجه حرارت فوق‌الذکر و در مدت ۶۰ دقیقه انجام پذیرفته و دیده شد که پروسه تجزیه تحت این شرایط بخوبی صورت می‌گیرد (شکل ۲، ب). در این شکل دیده می‌شود با زیاد شدن حرارت از ۵۰۰ به ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد خروج اکسایدهای المونیم از ۲۸.۲ فیصد به ۵۶.۱۲۷ فیصد و خروج اکسایدهای آهن از ۵۰.۱ به ۴۶.۸ فیصد افزایش را نشان می‌دهد، هم‌چنان در همین شکل دیده می‌شود

که بلند بردن حرارت از ۶۵۰ درجه سانتی گراد بالای خروج اکسیدهای آهن و المونیم تأثیر چندانی نداشته است.

با زیاد شدن درجه حرارت از ۸۰ الی ۱۰۰ درجه سانتی گراد، خروج اکسیدهای المونیم از کانسنترات تقریباً به ۳۶.۵ فیصد می‌رسد، هم‌زمان خروج اکسیدهای آهن و کلسیم به ترتیب تا ۵۷.۸ و ۶۰.۲۴ فیصد افزایش می‌یابد.



شکل ۲. ارتباط خروج اکسیدهای المونیم و آهن از (الف): مدت توقف مواد در ساحة تعاملی،

(ب): درجه حرارت، (ج): مقدار مصرف گاز کلورین، (د): اندازه جسامت ذرات میدده شده.

### تأثیر مقدار مصرف گاز کلورین

تأثیر مقدار مصرف گاز کلورین در انتروال حرارت ۶۰۰-۶۵۰ درجه سانتی‌گراد و احجار می‌ده شده به اندازه ۰.۳-۰.۱ ملی‌متر در مدت ۶۰ دقیقه مورد مطالعه قرار گرفت. طوری که در شکل (۲، ج) دیده می‌شود، درجه تبدیل با مصرف ۵ ملی‌لیتر بر دقیقه خروج اکساید المونیم ۱۴.۹ فیصد و خروج اکساید آهن در حدود ۲۱.۵ فیصد بوده و با بلند بردن مصرف گاز کلورین تا حدود ۱۵ ملی‌لیتر بر دقیقه خروج اکساید المونیم به حد اعظمی یعنی در حدود ۵۵ فیصد و از اکساید آهن به ۶۳.۲ فیصد رسیده است، و هم‌چنان از شکل دیده می‌شود که مصرف بیش‌تر از ۱۵ ملی‌لیتر بر دقیقه گاز کلورین بالای درجه تبدیل تأثیر زیادی نداشته است (Wang, 1990).

### تأثیر جسامت ذرات احجار می‌ده شده

تأثیر اندازه ذرات می‌ده شده احجار المونیم‌دار بالای درجه تبدیل در انتروال حرارت ۶۰۰-۶۵۰ درجه سانتی‌گراد و در مدت ۶۰ دقیقه مورد ارزیابی قرار گرفت. طوری که در شکل (۲، د) دیده می‌شود، بیشترین خروج اکسایدهای المونیم و آهن در ارتباط به اندازه ذرات می‌ده شده در حدود ۰.۳-۰.۱ ملی‌متر بوده است (Назаров, 2003).

### مناقشه

تحلیل از انجام کار و یافته‌ها نشان می‌دهد که اکسایدهای المونیم و آهن که در این طریقه تحت تأثیر پارامترهای مختلف حاصل می‌شوند نسبت به کار (Бобоев, 1995) اقتصادی است، چون ایشان معتقد بودند که برای اجرای پروسه تجزیه، احجار المونیم‌دار را ابتدا می‌ده کرده و سپس آن را تا ۷۰۰-۸۰۰ درجه سانتی‌گراد باید حرارت داد، تا کائولین به متاکائولین تبدیل گردد، و بعداً تحت تأثیر تیزاب‌ها قرار داده شود که این طریقه اقتصادی به نظر نمی‌رسد، چون عملیه در دو مرحله با مصرف بیش‌تر انرژی صورت می‌گرفت (Амиров, 1996)؛ اما در طریقه هدا، پروسه تجزیه در یک مرحله و با مصرف انرژی کم‌تر انجام شده، که سبب پائین آمدن ارزش ذاتی محصول می‌گردد، با در نظر داشت نتایج به‌دست آمده، در صورت استفاده از این میتود برای تصفیه احجار المونیم‌دار که در معادن افغانستان به‌خصوص معدن کاولین‌دار ولسوالی تاله و برفک ولایت بغلان موجود است، باعث رشد اقتصاد ملی کشور خواهد شد.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق تأثیر پارامترها؛ مانند درجه حرارت، مدت توقف مواد در ساحه تعاملی، جسامت ذرات مواد معدنی می‌ده شده و مقدار مصرف گاز کلورین بالای خروج اکسایدهای المونیم و آهن

از احجار المونیم دار معدن تاله و برفک بررسی شد. نتایج آزمایش نشان داد که تعاملات انجام شده اگزوترمیک بوده و عملیه تجزیه تحت این شرایط به خوبی صورت می گیرد و هم چنان با انجام آزمایشات در حرارت های مختلف نتیجه نشان داد که حرارت مناسب برای این عملیه ۶۵۰-۶۰۰ درجه سانتی گراد بوده و تحت این شرایط خروج اکساید های المونیم در حدود ۵۶.۱۲۷ فیصد و اکساید های آهن در حدود ۶۸.۴ می باشد، هم چنان در این تحقیق بررسی ها نشان دهنده این است که مؤثرترین مدت توقف مواد در ساحه تعاملی ۶۰ دقیقه، جسامت ذرات میده شده در حدود ۰.۱-۰.۳ ملی متر و مقدار مصرف گاز کلورین در حدود ۱۵ ملی لیتر بر دقیقه بوده است.

### منابع و مأخذ

- Ford, K. J. R. (1992). Leaching of fine and pelletised Natal kaolin using sulphuric acid. *Hydrometallurgy*, 29(1-3), 109-130.
- Wang, X. (1998). Replacement Reactions of Aluminum in Cryolitic Melt. *ECS Proceedings Volumes*, (1) 415.
- Panton, K. S. E. (1970). *The Development and Impact of Collective Bargaining in the Bauxite and Alumina Industry in Jamaica, 1952-1968*. Washington State University.
- Kiss, L., & Dassylva-Raymond, V. (2008). Freeze thickness in the aluminum electrolysis cells. In *LIGHT METALS-WARRENDALE-PROCEEDINGS-* (Vol. 2008, p. 431). TMS.
- Solheim, A. (2016). Some aspects of heat transfer between bath and sideledge in aluminium reduction cells. *Light metals 2011*, 381-386.
- Solano, E., GALVEZ, J., & Arana, R. (1992). Solubilización del aluminio de 40 inerals arcillosos por ataque ácido. *Revista de metalurgia (Madrid)*, 28(2), 119-121.
- Амиров, О. Х. (1999). *Селективное извлечение компонентов нефелиновых сиенитов методом термохимической активации* (Doctoral dissertation, ОХ Амиров).
- Бобоев, Х. Э., Сафиев, Х., Рузиев, Д. Р., & Мирсаидов, У. (1995). Термообработка и солянокислотное разложение каолинсодержащего сырья Зиддинского месторождения. *Докл. АН Республики Таджикистан*, 38(3-4), 41-45.
- Бобоев, Х. Э. (1996). *Кислотное разложение каолиновых глин и сиаллитов* (Doctoral dissertation, Автореф. Дис... к. Т. Н).
- Назаров, Ш. Б. (2003). Исследование селективных методов разложения высококремнистых алюминиевых руд минеральными кислотами: Автореф. Дисс. Докт. Хим. Наук.
- Рахмони, А. Х. (2019). Душанбе, Таджикский национальный университет. Серия техн. наук. Дисс. Сенокислотное разложение алюмосиликаных, -С.68-96.
- Мирзоев, Б., Сафиев, Х., & Азизов, Б. С. (1992). Термодинамический анализ процесса хлорирования минералов, входящих в состав нефелиновых сиенитов месторождения Турпи. *Известия АН Республики Таджикистан*, (1), 64-66.