



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

سال چهل و پنج، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۲، صفحه ۴۲ تا ۴۵
Vol. 45, No.1, Summer 2013, pp. 35-42



نشریه علمی - پژوهشی امیرکبیر (مهندسی عمران و محیط زیست)
Amirkabir Journal of Science & Research (Civil & Environmental Engineering)
(AJSR - CEE)

حذف ناخالصی‌های سیلیسی از بنتونیت برای تولید نانورس

حسن صدیقی^۱، مهدی ایران نژاد^{۲*}، مهدی قراباغی^۳

۱- کارشناس ارشد فرآوری مواد معدنی، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲- دانشیار دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۳- استادیار دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه تهران

(دریافت ۱۳۸۹/۱/۲۱، پذیرش ۹۱/۷/۲۵)

چکیده

در این پژوهش حذف ناخالصی‌های سیلیسی بنتونیت معدن رشم استان سمنان با استفاده از دو فرایند ته‌نشینی با عامل شیمیایی هگزامتافسفات سدیم و هیدروسیکلون به منظور تهیه نانورس مورد مطالعه قرار گرفت. بنتونیت معدن رشم، بنتونیتی سدیمی با عیار پایین بوده و ناخالصی‌های عمده آن کریستوبالیت و کوآرتز است که به همراه آن مقادیر اندکی فلدسپار، گچ، دولومیت، کلسیت و زئولیت وجود دارند. نمونه به وسیله فرایندهای ته‌نشینی با هگزامتافسفات سدیم و هیدروسیکلون خالص‌سازی شده است. اینترکلیشن (میان‌افزایی) مونتموریلونیت خالص بدست آمده، با اکتادسیل آمین انجام شد و با آزمایش دیفراکسیون اشعه ایکس ارزیابی شد. نتایج خالص‌سازی نشان داد که با استفاده از هیدروسیکلون نمی‌توان مونتموریلونیت خالص مناسب برای تولید نانورس بدست آورد ولی با استفاده از فرایند ته‌نشینی با هگزامتافسفات سدیم می‌توان ناخالصی‌های موجود در نمونه را تا کمتر از ۵ درصد کاهش داد. از بین دو روش ارائه شده روش ته‌نشینی با هگزامتافسفات سدیم با توجه به کاهش مطلوب مقدار ناخالصی‌ها و قابلیت افزایش مقیاس، برای تولید نانورس مناسب است. اصلاح مونتموریلونیت خالص شده نشان داد که به‌کارگیری هگزامتافسفات سدیم در فرایند خالص‌سازی باعث افزایش فاصله بین لایه‌ای در نمونه اصلاح شده می‌شود.

کلمات کلیدی

مونتموریلونیت، هیدروسیکلون، هگزامتافسفات سدیم، میان‌افزایی، نانورس

* ۲ نویسنده مسئول وعده دار مکاتبات Email: iranajad @aut.ac.ir

۱- مقدمه

بنتونیت یک ماده معدنی از دسته رس‌ها یا شبه رس‌ها است که بطور عمده از کانی مونتموریلونیت تشکیل شده است. مونتموریلونیت به طور گسترده‌ای در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱]. یکی از مهم‌ترین کاربردهای مونتموریلونیت استفاده در تولید نانورس است به طوری که پرکاربردترین کانی رسی مورد استفاده در این صنعت است [۳]. به طور کلی در صنعت، مونتموریلونیت به انواع سدیمی (Na) و کلسیمی (Ca) دسته‌بندی می‌شود، که این دسته‌بندی بر اساس کاتیون قابل تعویض موجود در ترکیب انجام می‌شود [۴]. نانورس‌ها، رس‌های خیلی ریزدانه هستند که اندازه ذرات آنها کمتر از ۵ میکرومتر است. ذرات رس با چنین ابعادی فعالیت زیادی داشته و هنگامی که در پلیمرها، سرامیک‌ها، جوهرها، رنگ‌ها و پلاستیک‌ها به کار روند خصوصیتی استثنایی به آنها می‌دهند [۵]. حداکثر مقدار ناخالصی‌های همراه با مونتموریلونیت برای استفاده در فرایند تولید نانورس باید کمتر از ۵ درصد باشد. وجود باعث کاهش خصوصیات مثبت ایجاد شده خواهد شد. بنابراین برای حذف ناخالصی‌های همراه با مونتموریلونیت باید روش مناسبی به کار گرفته شود تا رس خالص شده تا حد مطلوب از ناخالصی‌های همراه آن جدا شده و بتواند خصوصیات مطلوب پلیمر را بهبود بخشد [۶]. ناخالصی‌های رایج ذخایر بنتونیتی شامل کوارتز، کریستوبالیت، فلدسپار، اپال (CT)، گچ، آلبیت، آنورتیت، اورتوکلاز، آپاتیت، هالیت، کلسیت، دولومیت، کربنات سدیم، سیدریت، بیوتیت، مسکویت، کلریت، پیریت، کائولینیت و هماتیت است [۱]. بیشتر ناخالصی‌های همراه با بنتونیت‌ها به جز ناخالصی‌های سیلیسی ریزدانه با استفاده از روش‌های خالص‌سازی متداول به راحتی قابل جدایش است و از آنجایی که برای تولید نانورس، مونتموریلونیتی با درجه خلوص بالای ۹۵ درصد مورد نیاز است حذف ناخالصی‌های سیلیسی همراه با بنتونیت تا حد مطلوب امری ضروری است و مستلزم استفاده از فرایندهای خالص‌سازی ویژه است [۷]. وجود مقادیر قابل توجهی کریستوبالیت و کوارتز ریزدانه به همراه بنتونیت‌ها خالص‌سازی آنها را بسیار مشکل می‌نماید. زیرا هم‌رشدی کریستوبالیت با مونتموریلونیت و اندازه مشابه ذرات آنها با یکدیگر در فرایند جداسازی این ناخالصی‌ها بسیار اثرگذار است [۲].

برای خالص‌سازی بنتونیت‌ها روش‌های مختلفی ارائه شده است اما در بین این روش‌ها دو روش معروف و متداول وجود دارد. در روش اول که در سال ۱۹۸۰ ارائه شد و به روش تری باث و لاگالی معروف است، تخلیص رس، بیشتر بر مبنای جداسازی شیمیایی استوار است [۸]. در سال‌های اخیر روشی

سریع که بر اساس جداسازی مکانیکی مواد با استفاده از تجهیزات مکانیکی متداول شده است، توسط شرکت بین‌المللی آمکول اختراع و به ثبت رسیده است [۵]. بر اساس شیوه خالص‌سازی لاگالی، برای حذف هر یک از کانی‌های موجود در بنتونیت‌ها یک روند جداگانه وجود دارد که با زدودن کانی‌های کربناته و بعضی اکسیدهای آهن شروع و تا مراحل فعال‌سازی نمونه‌های خالص مونتموریلونیتی و تبدیل آنها به نمونه‌های سدیک، ادامه می‌یابد [۸]. این روش خالص‌سازی هیچ‌گاه کامل نبوده و محصول ممکن است هنوز شامل مقدار کمی از ناخالصی‌ها مانند کوارتز باشد و از طرفی مواد شیمیایی مورد استفاده برای خالص‌سازی می‌تواند اثر منفی بر فرایند تولید نانورس و خصوصیات نانورس بگذارد. روش ارائه شده توسط شرکت آمکول علیرغم اینکه برای خالص‌سازی بسیاری از نمونه‌های بنتونیت مناسب است، اما عملکرد آن برای نمونه‌های که دارای ناخالصی‌های سیلیسی زیاد باشند مناسب نیست. علاوه بر دو روش بالا روشی دیگر در سال ۱۹۷۳ توسط پاول اسکیک^۱ ارائه شد که در آن برای خالص‌سازی از عامل متفرق‌کننده هگزامتافسفات سدیم استفاده نمود. این روش قادر است ناخالصی‌ها غیر سیلیسی را به خوبی حذف نماید ولی عملکرد آن در حذف ناخالصی‌های سیلیسی وابستگی زیادی به ابعاد ناخالصی‌های سیلیسی دارد [۹].

در این مقاله، نتایج حاصل از حذف ناخالصی‌های سیلیسی از بنتونیت معدن رشم با استفاده از روش‌های هیدروسیکلون و ته‌نشینی با استفاده از متفرق‌کننده هگزامتافسفات سدیم با یکدیگر مقایسه شده و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. برای اصلاح رس خالص‌شده، اکتادسیل آمین استفاده می‌شود. در فرایند میان‌افزایی، آب به عنوان محیط واکنش و اسیدکلریدریک برای پروتونه نمودن اکتادسیل آمین استفاده شد [۱۰] و [۱۱].

۲- آزمایش‌ها و مواد مورد استفاده

۲-۱- مواد و تجهیزات مورد استفاده

نمونه از معدن بنتونیت رشم واقع در استان سمنان تهیه شد. این نمونه بمدت ۵ ساعت در دمای 60°C خشک شده و مورد استفاده قرار گرفت.

هگزامتافسفات سدیم با درجه خلوص بالا از شرکت شارلوا^۲ تهیه شده و برای خالص‌سازی بنتونیت مورد استفاده قرار گرفت. اکتادسیل آمین با درج خلوص ۹۰ درصد از شرکت آلدریج^۳ تهیه شده و برای اصلاح مونتموریلونیت مورد استفاده قرار گرفت. برای فرایند خالص‌سازی از ظرف ته‌نشینی با ارتفاع یک متر و قطر ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد که سه خروجی در ارتفاع‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متر از پایین دستگاه تعبیه شده بود.

هیدروسیکلون مورد استفاده ساخت شرکت رج^۴ و دارای ظرفیت ۸۰ لیتر و قطر ۲ اینچ است.

۲-۲- روش‌های شناسایی

نمونه معرف تهیه شده در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و با استفاده از سنگ‌شکن فکی و استوانه‌ای، تا ۱۰۰ درصد زیر ۲ میلی‌متر خرد شد، سپس به دستگاه پودرکن منتقل شده و تا ابعاد کوچک‌تر از ۲ میکرون پودر شد و برای شناسایی مورد استفاده قرار گرفت. شناسایی نمونه با استفاده از آزمایش پراش اشعه ایکس^۵ و آنالیز شیمیایی با روش فلورسانس اشعه ایکس^۶ انجام شد.

۲-۳- روش خالص سازی

برای حذف ناخالصی‌های سیلیسی از دو روش هیدروسیکلون و ته‌نشینی با استفاده از متفرق‌کننده هگزامتافسفات سدیم استفاده شد. برای آماده‌سازی نمونه به منظور انجام آزمایش‌های خالص‌سازی، نمونه معرف تهیه شده پس از خردایش توسط سنگ‌شکن فکی و استوانه‌ای تا ابعاد کمتر از ۲ میلی‌متر، به تانک آماده‌سازی پالپ منتقل شده تا با استفاده از هم زدن سایشی، ذرات مونتموریلونیت و باطله از هم جدا شوند. در آزمایش‌های ته‌نشینی با بهینه کردن عامل‌های زمان و درصد جامد پالپ، اثر عامل غلظت محلول هگزامتافسفات سدیم که از دیدگاه اقتصادی بسیار مهم است مورد بررسی قرار گرفت. در فرایند خالص‌سازی با استفاده از هیدروسیکلون، ابتدا پالپی با درصد جامد ۵ درصد تهیه شد. پالپ تهیه شده به هیدروسیکلون منتقل شده و با تنظیم فشار کاری آن مطابق شرایط ارائه شده در جدول (۲)، آزمایش‌های حذف ناخالصی‌های سیلیسی انجام شد. سرریز و ته‌ریز در هر مرحله آزمایش پس از آماده‌سازی با آزمایش دیفراکسیون اشعه ایکس مورد ارزیابی قرار گرفت. در آزمایش‌های هیدروسیکلون با بهینه کردن عوامل قطر سرریز و درصد جامد پالپ، عامل مهم فشار کاری مورد مطالعه قرار گرفت. برای حذف ناخالصی‌های سیلیسی با استفاده از متفرق‌کننده هگزامتافسفات سدیم ابتدا پالپی با درصد جامد ۱۰ درصد آماده شد، به‌طور هم‌زمان محلول رقیقی از هگزامتافسفات سدیم تهیه شد. محلول هگزامتافسفات سدیم به تدریج و به‌طور پیوسته به پالپ افزوده شده و هم زده شد. به مخلوط تهیه شده در این مرحله بر حسب شرایط آزمایش ارائه شده در جدول (۲) زمان داده شده تا ناخالصی‌های سیلیسی از آن جدا شود. محصول بخش سوسپانسیون با آزمایش دیفراکسیون اشعه ایکس مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲-۴- روش اصلاح

برای اصلاح مونتموریلونیت خالص شده از روش تعویض کاتیونی استفاده شده و اکتادسیل آمین برای فرایند میان‌افزایی مورد استفاده قرار گرفت. برای پروتونه نمودن اکتادسیل آمین از HCl استفاده شد و آب به عنوان محیط واکنش مورد استفاده قرار گرفت. نسبت مولی اکتادسیل آمین به مونتموریلونیت و HCl به اکتادسیل آمین در آزمایش به ترتیب ۲ و ۱/۵ در نظر گرفته شد. اکتادسیل آمین در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در ۱۵۰ ml آب حل شد و سپس به آن ۴cc اسید هیدروکلریک ۱۲ مولار اضافه شد تا محیط اسیدی شده و اکتادسیل آمین پروتونه شود. مونتموریلونیت خالص شده، در دمای اتاق در آب به‌طور کامل پراکنده شد و سپس به محلول آمین اضافه شد و سوسپانسیون حاصل به‌طور پیوسته به مدت ۱ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد هم زده شد. رس اصلاح شده به وسیله فیلتراسیون جدا شده و پس از شستشو با مقدار زیادی آب، مجدداً فیلتر و خشک شده و با استفاده از آزمایش دیفراکسیون اشعه ایکس مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲-۵- روش‌های ارزیابی

منحنی‌های دیفراکسیون اشعه ایکس بنتونیت بعد از خالص‌سازی و فرایند میان‌افزایی برای ارزیابی و مقایسه نتایج، مورد استفاده قرار گرفت.

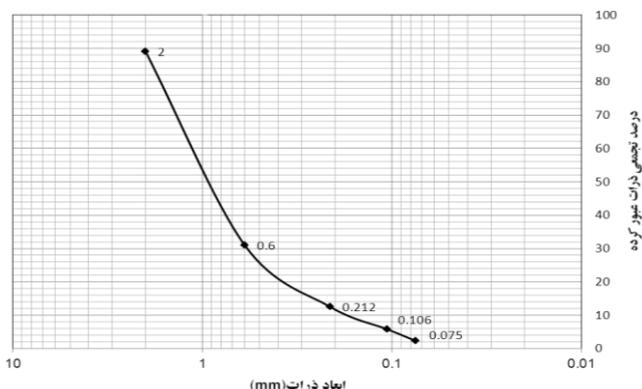
۳- بحث

۳-۱- شناسایی نمونه‌ها

طبق شکل (۱) آزمایش دیفراکسیون اشعه ایکس نمونه مشخص نمود که مونتموریلونیت به عنوان کانی رسی و کریستوبالیت و کوآرتز ناخالصی‌های غیر رسی اصلی در نمونه هستند. این نتایج با استفاده از آنالیز فلورسانس اشعه ایکس نیز کنترل شد که نتایج آن در شکل (۲) ارائه شده است. آزمایش فلورسانس اشعه ایکس مقدار SiO_2 را ۶۲/۱ درصد و مقدار Al_2O_3 را ۱۱/۵ درصد نشان می‌دهد که این اثبات‌کننده پایین بودن مقدار مونتموریلونیت در نمونه نسبت به ناخالصی‌های سیلیکاته است. کلسیت، زئولیت، گچ، فلدسپار و دولومیت به میزان کمی در نمونه وجود دارند. نتایج این آزمایش‌ها وجود مونتموریلونیت سدیمی را در نمونه مشخص می‌نماید.

بمنظور آماده‌سازی نمونه برای انجام آزمایش‌های مورد نظر ابتدا نمونه بوسیله سنگ شکن‌های فکی و استوانه‌ای خرد شد و سپس عملیات تجزیه سرندهی خشک با استفاده از سرندهای استاندارد انجام شد. نمودار تجزیه سرندهی در شکل (۳) نشان می‌دهد که d_{80} اندازه ابعاد ذرات ۱/۷ میلی‌متر است. فاصله بین

خام (۵۹ درصد به ۲۴ درصد) با نمونه‌های خالص شده (۷۰ درصد به ۲۵ درصد) به خوبی مشخص است که علیرغم افزایش مونتموریلونیت در محصول سرریز هیدروسیکلون ولی همچنان این نمونه خالص شده برای استفاده در تولید نانورس نامطلوب است. بنابراین، هر چند هیدروسیکلون در جدایش ناخالصی‌ها تا حدودی موفق عمل نموده است اما برای نمونه معدن رشم با توجه به میزان بالای ناخالصی سیلیسی همراه آن این روش قادر نیست که مقدار ناخالصی‌های سیلیسی همراه نمونه را به کمتر از ۵ درصد کاهش دهد. منحنی‌های XRD نشان می‌دهد که مقدار تغییرات ناخالصی‌های سیلیسی با تغییر فشار کاری هیدروسیکلون بسیار ناچیز است. شکل (۵) نتایج آزمایش‌های خالص‌سازی با استفاده از هگزامتافسفات سدیم را نشان می‌دهد. همان طور که در این شکل دیده می‌شود، با افزایش غلظت هگزامتافسفات سدیم، مقدار ناخالصی‌های سیلیسی در نمونه به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. به طوری که مقدار مونتموریلونیت نسبت به کریستوبالیت در آزمایش ۲ و ۳ نسبت به آزمایش ۱ افزایش قابل توجهی داشته است. همان طور که منحنی‌ها نشان می‌دهد با افزایش غلظت محلول هگزامتافسفات سدیم تا ۰/۲ درصد مقدار ناخالصی‌ها تا حد مطلوبی کاهش می‌یابد، اما افزایش غلظت محلول تا ۰/۲۵ اثری در حذف بیشتر ناخالصی‌ها ندارد. منحنی‌های دیفراکسیون اشعه ایکس آزمایش‌های ۲ و ۳ نشان می‌دهند که با خالص‌سازی بنتونیت رشم با این روش می‌توان کوارتز موجود در نمونه را به طور کامل حذف نمود و مقدار کریستوبالیت موجود در نمونه را به کمتر از ۵ درصد کاهش داد. این روش دارای بازایی بسیار مناسبی است به طوری که در این روش می‌توان ۸۰ درصد مونتموریلونیت موجود در نمونه اولیه را به بخش کنسانتره منتقل کرد (جدول ۳).



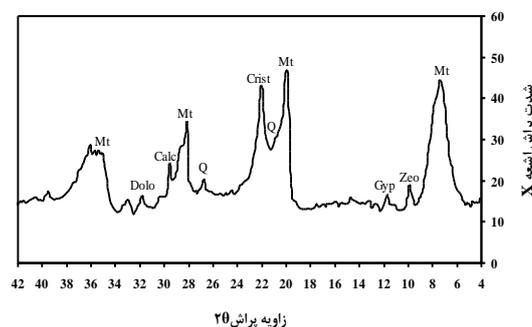
شکل (۳): منحنی دانه‌بندی بنتونیت معدن رشم

صفحات بلوری مونتموریلونیت در نمونه اولیه ۱۱/۸۷۸ آنگستروم است.

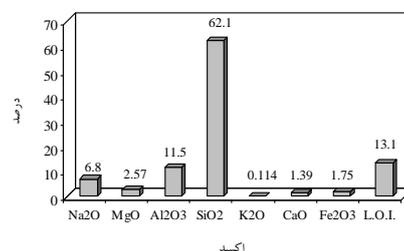
جدول (۱): علامت اختصاری به کار برده شده در منحنی‌های

دیفراکسیون اشعه ایکس

نام کانی	مونتموریلونیت	کوارتز	کریستوبالیت	کلسیت
علامت اختصاری	Mt	Q	Crist	Calc
نام کانی	پلاژیوکلاز	دولومیت	ژپس	زنولیت
علامت اختصاری	Plg	Dolo	Gyp	Zeo



شکل (۱): منحنی دیفراکسیون اشعه ایکس نمونه خام بنتونیت



شکل (۲): نتایج آزمایش فلورسانس اشعه ایکس نمونه خام بنتونیت

۳-۲- خالص‌سازی بنتونیت

شکل (۴) منحنی‌های دیفراکسیون اشعه ایکس را قبل و بعد از آزمایش هیدروسیکلون نشان می‌دهد. همان طور که در شکل دیده می‌شود در فشارهای مختلف، ناخالصی‌های زنولیت، کلسیت، گچ، کوارتز و دولومیت به مقدار قابل قبولی کاهش می‌یابند. کریستوبالیت نیز در نمونه کاهش یافته است، اما به طور نسبی در مقایسه با مونتموریلونیت هنوز بخش قابل توجهی از نمونه را در بر می‌گیرد. محاسبات کمی نشان می‌دهند که مقدار مونتموریلونیت در نمونه‌ها خالص شده در بازه ۶۵ تا ۷۰ درصد است و مقدار کریستوبالیت در نمونه خالص شده بین ۲۵ تا ۳۰ درصد و مقدار بقیه ناخالصی‌ها به طور تقریب کمتر از ۵ درصد است. با مقایسه نسبت مونتموریلونیت به کریستوبالیت در نمونه

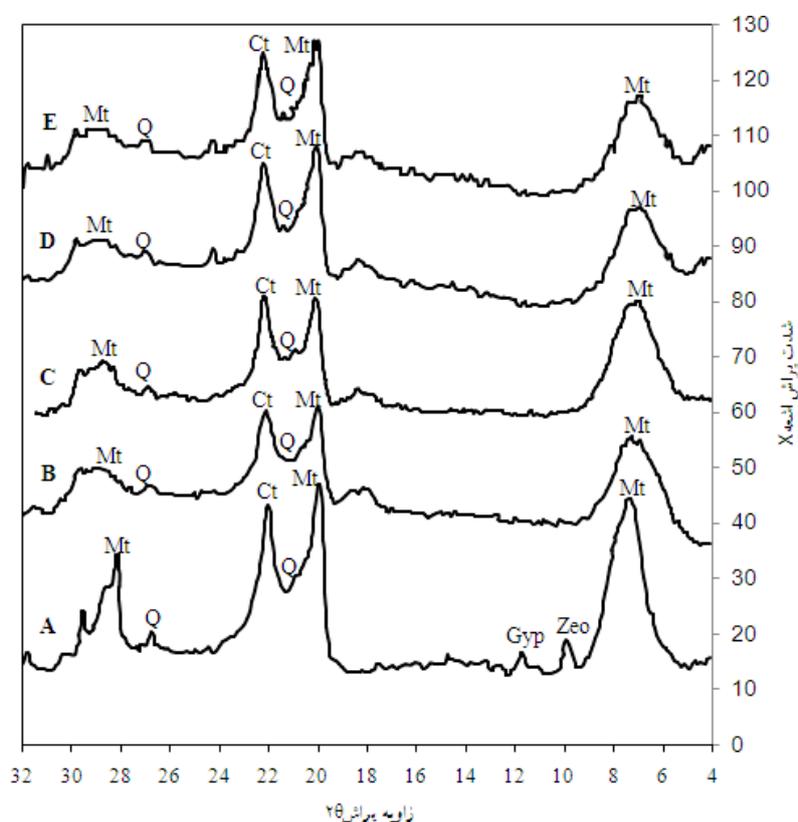
جدول (۲): شرایط آزمایش‌های خالص‌سازی*

خالص‌سازی با روش ته‌نشینی با متفرق‌کننده هگزامتافسفات سدیم			روش مورد استفاده
۳	۲	۱	شماره آزمایش
۰/۲۵	۰/۲	۰/۱	غلظت هگزامتافسفات سدیم (%)

*در آزمایش‌های ۱ تا ۳ زمان ته‌نشینی ۲۴ ساعت و درصد جامد ۱۰ بوده است.

خالص‌سازی با روش هیدروسیکلون				روش مورد استفاده
۷	۶	۵	۴	شماره آزمایش
۲۸	۲۱	۱۴	۷	فشار هیدروسیکلون (psi)

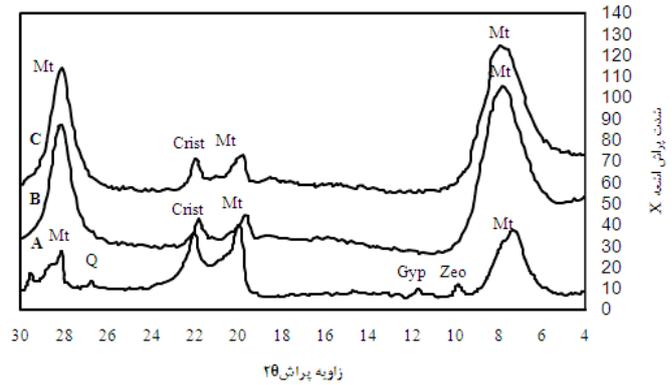
*در آزمایش‌های ۴ تا ۷، قطر هیدروسیکلون ۲ اینچ و درصد جامد پالپ ۵ بوده است.



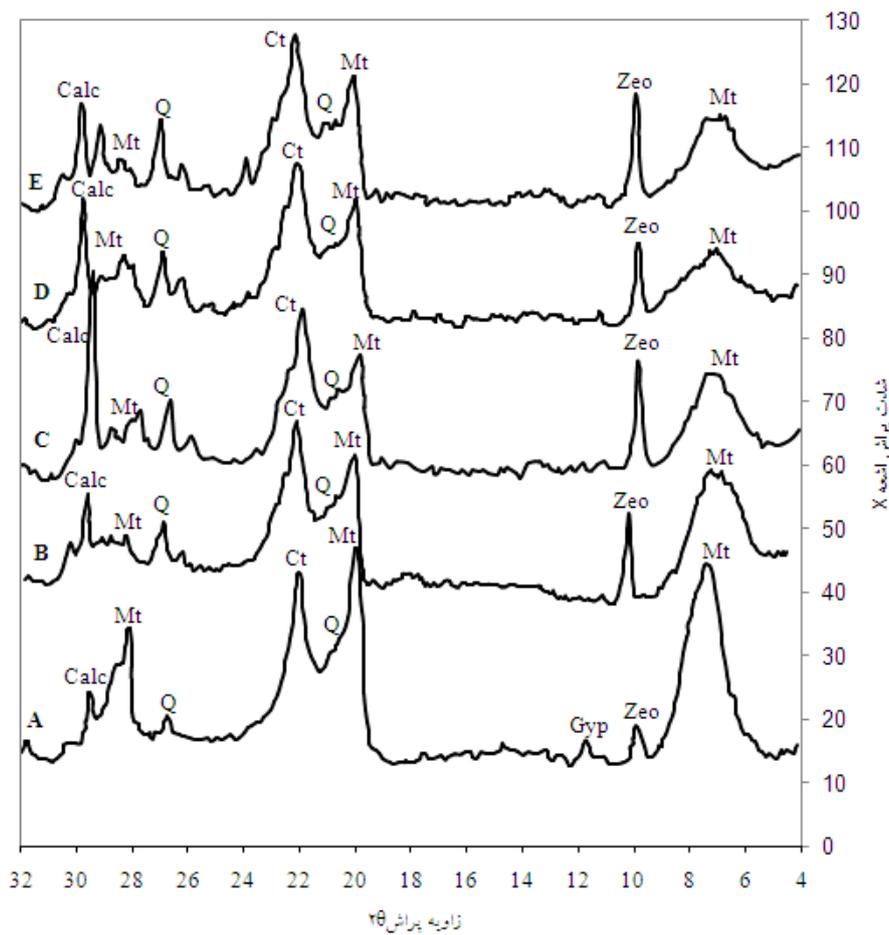
شکل (۴): منحنی‌های XRD سربریز هیدروسیکلون نمونه معدن رشم در فشارهای متفاوت و درصد جامد ۵ درصد (A: نمونه اصلی RH، B: آزمایش ۴، C: آزمایش ۵، D: آزمایش ۶، E: آزمایش ۷)

جدول (۳): نتایج خالص سازی با روش ته نشینی (عیار و بازیابی آزمایش های ۱، ۲ و ۳- در تمامی آزمایشات وزن نمونه اولیه ۵۰۰ گرم و عیار آن ۵۹ درصد بوده است)

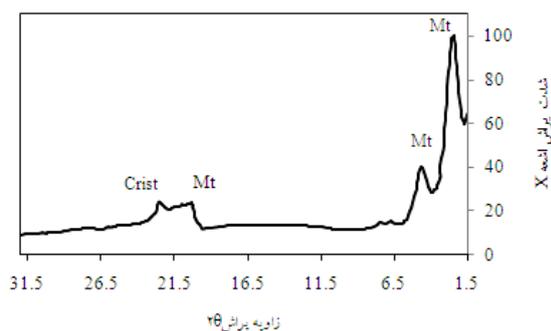
شماره آزمایش			مشخصات محصول
۳	۲	۱	
۲۴۶	۲۵۱	۲۳۱	وزن کنسانتره (گرم)
۹۴	۹۵	۸۰	عیار کنسانتره (%)
۷۸/۳۹	۸۰/۸۳	۶۲/۷۱	بازیابی (%)



شکل (۵): منحنی دیفراکسیون اشعه ایکس نمونه برای A: آزمایش ۱، B: آزمایش ۲، C: آزمایش ۳



شکل (۶): منحنی های دیفراکسیون اشعه ایکس ته ریز هیدروسیکلون نمونه معدن رشم در فشارهای متفاوت و درصد جامد ۵ درصد (A: نمونه اصلی RH، B: آزمایش ۴، C: آزمایش ۵، D: آزمایش ۶، E: آزمایش ۷)



شکل (۷): منحنی دیفراکسیون اشعه ایکس مونتموریلونیت اصلاح شده با اکتادسیل آمین

کننده هگزامتافسفات سدیم، در فرایند میان‌افزایی اثر مثبت داشته و برای فرایند تولید نانورس مناسب است.

جدول (۴): تجزیه شیمیایی نانورس تولید شده و بنتونیت خام

ترکیب					عیار (%)
Cl	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	
۴/۲۵	۳۴/۴	۸/۹	۱/۳۶	۰/۲۹	نانورس
۰	۶۲/۱	۱۱/۵	۲/۵۸	۶/۸	بنتونیت خام
ترکیب					عیار (%)
L.O.I	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	نانورس	
۴۷/۳۹	۱/۱۸	۰/۱۹	۰/۰۵۱	نانورس	
۱۳/۱	۱/۷۵	۱/۳۹	۰/۱۱۴	بنتونیت خام	

۴- نتیجه‌گیری

بنتونیت معدن رشم با استفاده از دو روش هیدروسیکلون و فرایند ته‌نشینی با متفرق‌کننده هگزامتافسفات سدیم، خالص‌سازی شد. استفاده از هیدروسیکلون در حذف ناخالصی‌های موجود در نمونه تا حدودی موفق عمل نموده است اما در حذف کریستوبالیت تا مقدار مطلوب ناتوان است. اثر تغییرات فشار در هیدروسیکلون برای حذف ناخالصی‌های سیلیسی بسیار ناچیز است. فرایند ته‌نشینی با استفاده از متفرق‌کننده هگزامتافسفات سدیم در حذف ناخالصی‌های سیلیسی بسیار موثر عمل می‌نماید به طوری که در شرایط بهینه‌ای از زمان و غلظت هگزامتافسفات سدیم مقدار این ناخالصی به کمتر از ۵ درصد کاهش می‌یابد. اصلاح نمونه خالص‌شده نشان می‌دهد که استفاده از فرایند ته‌نشینی با هگزامتافسفات سدیم اثر منفی در فرایند میان‌افزایی ندارد و با جلوگیری از فولکوله شدن منجر به افزایش فاصله بین لایه‌ای تا ۳۶ آنگستروم می‌شود.

شکل (۶) منحنی‌های XRD نمونه خام و ته‌ریز هیدروسیکلون را در فشارهای متفاوت نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، کوارتز، کلسیت، زئولیت و گچ پیک‌های به نسبت شدیدی را نسبت به نمونه‌های خام نشان می‌دهند. نسبت کریستوبالیت به مونتموریلونیت در منحنی‌های ته‌ریز نمونه‌های خالص شده نسبت به نمونه خام بیشتر است و این موید این مطلب است که استفاده از هیدروسیکلون تا حدودی در حذف کریستوبالیت موثر بوده است. در این روش بازایی بسیار پایین بوده به طوری که فقط ۱۰ درصد مونتموریلونیت موجود در نمونه اولیه به بخش کنسانتره (سریز) منتقل می‌شود.

مقایسه نتایج حاصل از خالص‌سازی بنتونیت معدن رشم با استفاده از هیدروسیکلون و ته‌نشینی با متفرق‌کننده هگزامتافسفات سدیم نشان می‌دهد که هر دو روش در حذف ناخالصی‌های غیر سیلیسی به طور موفقی عمل نموده‌اند. اما مقایسه مقدار ناخالصی‌های سیلیسی به جامانده در نمونه خالص شده با استفاده از دو فرایند، نشان می‌دهد که فرایند ته‌نشینی با متفرق‌کننده هگزامتافسفات سدیم نسبت به هیدروسیکلون در حذف ناخالصی‌های سیلیسی بسیار موفقتر عمل نموده است به طوری که این روش مقدار ناخالصی‌های سیلیسی موجود در نمونه را به کمتر از ۵ درصد تقلیل داده است و نمونه خالص شده با این روش برای تولید نانورس مناسب است.

۳-۳- اصلاح نمونه‌های خالص شده

شکل (۷) منحنی دیفراکسیون اشعه ایکس نمونه اصلاح شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، فاصله بین لایه ای از $11/7\text{\AA}$ تا 22 الی 36\AA افزایش یافته است و این امر بیانگر آن است که عامل شیمیایی هگزامتافسفات سدیم مورد استفاده نه تنها اثر منفی در فرایند اصلاح نداشته است، بلکه با جلوگیری از فولکوله شدن ذرات باعث افزایش کارایی فرایند میان‌افزایی شده است. فاصله صفحات تبلور در نمونه‌ی اصلاح شده بر اساس رابطه براگ $n\lambda = 2d\sin\theta$ تعیین می‌شود در این رابطه مقادیر λ و θ از آزمایشات دیفراکسیون اشعه ایکس تعیین می‌شود. جدول (۴) نتایج تجزیه شیمیایی نمونه بنتونیت خام با نمونه اصلاح شده را نشان می‌دهد همان‌طور که دیده می‌شود ناخالصی‌های موجود در نمونه به مقدار قابل توجهی حذف شده‌اند و در فرایند اصلاح مونتموریلونیت خالص شده، درصد قابل توجهی از اکتادسیل آمین جایگزین سدیم و کلسیم بین لایه‌ای شده‌اند. بنابراین خالص‌سازی بنتونیت با استفاده از متفرق

۵- مراجع

- [۱] حجازی، مجتبی و قربانی، منصور؛ "زمین شناسی ایران، بنتونیت و زئولیت"؛ انتشارات سازمان زمین شناسی ایران، ۱۳۷۳.
- [۲] صدیقی، حسن؛ "بررسی قابلیت تهیه و تولید نانورس از بنتونیت رشم-هفت خوان سمنان"؛ پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۷.
- [۳] De Paiva, L. B.; Morales, A. R.; Valenzuela Dias, F. R.; "Organoclays: Properties, preparation and applications", Applied Clay Science, vol. 42, pp. 8-24, 2008.
- [۴] Hasan, M. S.; Abdel-Khalek, N. A.; "Beneficiation and applications of an Egyptian bentonite", Applied Clay Science, 13(2), pp. 99-115. , 1998.
- [۵] Murray, H.H.; "Applied clay mineralogy: Occurrences, Processing and Applications of Kaolins, Bentonites, palygorskite-sepiolite, and common clays", Clays and Clay Minerals, vol. 55, pp. 644-645, 2007.
- [۶] Clarey, M.; Edwards, J.; Tsipursky, S.J.; Beall, G.W.; Eisenhour, D.D.; Amcol Intl, US Pat., 6050509, 2000.
- [۷] Sedighi, H.; Irannajad, M.; Alinia, F.; "Reshm bentonite beneficiation for nanoclay application", 2nd international congress on nanoscience & nanotechnology, 28-30 October, university of Tabriz, Tabriz, Iran, 2008.
- [۸] Lars, A.; "Cation exchange and adsorption on clays and clay minerals"; Dissertation, Submitted for the degree "Dr. rer. nat." of the faculty of mathematics and natural sciences, Christian-Albrechts Universität, 2003.
- [۹] P. Schick, U.S. Patent 19375669, July2, 1973.
- [۱۰] Perez-Santano, A.; Trujillano, R.; Belver, C.; Gil, A.; Vicente, M.A.; "Effect of the intercalation condition of montmorillonite with octadecylamine", Journal of Colloid and Interface Science, vol. 284, p.p. 239-244, 2005.
- [۱۱] Chang, Y.W.; Yang, Y.; Ryu, S.; Nah, Ch.; "Preparation and Properties of EPDM/organomontmorillonite hybrid nanocomposites", Polymer International, Wiley, Vol. 51, PP. 319-324., 2002.
- [۱۲] Bujdak, J.; Slosiarikova, H.; "The reaction of montmorillonite with octadecylamine in solid and melted state", Applied Clay Science, Elsevier, vol. 7(4), p.p. 263-269, 1992.

۶- پی نوشت ها

^۱ Paul Schick^۲ Sharlua^۳ Aldrich^۴ Retsch^۵ XRD^۶ XRF