

بررسی اثر درصدهای مختلف سورفکتانت و ماده اصلاح کننده بر روی ریز ساختار و مورفولوژی نانو ذرات مونت موریلونیت

نوع مقاله: علمی پژوهشی

مهسا فخارپور، فاطمه میرجلیلی*، عمید ملاحسن‌پور

گروه مهندسی مواد سرامیک، واحد میبد، دانشگاه آزاد اسلامی، میبد، ایران

* Fm.mirjalili@gmail.com

چکیده:

در این تحقیق، نانو ذرات رس مونت موریلونیت با استفاده از روش مکانیکی تولید گردید و اثر درصدهای مختلف سورفکتانت تترا ان بوتیل آمونیم کلراید و ماده اصلاح کننده بوتیل آمونیم کلراید بر روی آن انجام گرفت. خواص ریزساختاری و مورفولوژی نانو ذرات رس مونت موریلونیت در حضور و عدم حضور سورفکتانت و همچنین ماده اصلاح کننده سطحی با استفاده از روش‌های نوین شناسایی مواد شامل XRD, FTIR, FESEM, ZETA POTENTIAL مورد بررسی قرار گرفت. نتایج XRD فازهای مونت موریلونیت و کوآتر را در همه نمونه‌ها نشان داد که با نتایج FTIR مطابقت دارد. نتایج میکروسکوپ الکترونی نشان داد با افزایش سورفکتانت، درصد چسبیده شدن ذرات کم‌تر شده و اندازه ذرات در محدوده ۱۰ تا ۳۰ نانومتر می‌باشند. نتایج تست پتانسیل زتا و مقایسه آن، حاکی از اصلاح سطح خوب نانو مونت موریلونیت است و با افزایش ماده اصلاح کننده مقدار بار افزایش یافته و پتانسیل مثبت تر می‌شود.

اطلاعات مقاله:

دریافت: ۲۶ آذر ۱۴۰۰

پذیرش: ۱۰ مهر ۱۴۰۱

صفحه ۸۰ تا صفحه ۹۳

در دسترس در نشانی:

www.ijcse.ir

زبان نشریه: فارسی

شاپا چاپی: ۲۳۵۲-۲۳۲۲

شاپا الکترونیکی:

۳۰۰۳-۲۷۸۳

کلیدواژه:

مونت موریلونیت، نانو رس،

سورفکتانت، اصلاح کننده سطح.

20.1001.1.23222352.1401.11.0.7.7

:DOR

$O_{20}(OH)_4 [Si_{17}/98 AL_{0.02}] Ti_{0.02}/Mg_{0.01}$

با $AL_{0.01}/Fe(III)_{0.01}$ با رنگ‌های مختلف از سبز زرد

رنگ، زرد- سفید، خاکستری و سفید به دلیل وجود سایر

عناصر کمیاب می‌باشد [۱].

مونت موریلونیت در خانواده اسمکتیت‌ها دسته‌بندی می‌شود

و از جمله کانی‌های رسی سه‌لایه‌ای می‌باشد که برخی از اتم

۱- مقدمه

مونت موریلونیت نوعی از مواد معدنی رس است که شامل

فیلسیلیکات هیدروسید با مقادیر مختلف منیزیم، آهن، فلزات

خاکی قلیایی و کاتیون‌های فلز قلیایی می‌باشد. فرمول رس

مونت موریلونیت به صورت $(Ca_{0.12} Na_{0.32} K_{0.05})$



های مرکزی ساختار هشت وجهی آن توسط کاتیون‌هایی با ظرفیت کمتر جانشین شده است. ساختار کانی‌های گروه مونت موریلونیت به صورت سه هشت وجهی و متشکل از دو لایه چهار وجهی سیلیس-اکسیژن و یک لایه هشت وجهی مرکزی آلومینا است. ساختار فوق متعلق به پیروفیلیت بوده و سایر اعضای گروه مونت موریلونیت با جایگزینی آلومینیم به جای سیلیس (در لایه‌های چهار وجهی) و آلومینیم با منیزیم و آهن دو ظرفیتی (در لایه هشت وجهی) حاصل می‌شوند [۲].

امروزه مونت موریلونیت‌ها به دلیل ساختار لایه‌ای، تبادل بالای کاتیون، سطح ویژه بالا، تورم پذیری در محیط‌های قطبی و قیمت پایین آن کاربردهای گسترده‌ای پیدا کرده‌اند. از جمله این کاربردها می‌توان به استفاده از آن به عنوان پایه برای نانوکامپوزیت‌ها [۳]، واکنش‌های کاتالیستی [۴]، پرکننده [۵-۷] و همچنین جاذب‌ها [۸-۱۰] اشاره کرد. علاوه بر آن، تحقیقات زیادی در مورد استفاده از مونت موریلونیت به عنوان حمل‌کننده دارو در بدن و آزادسازی کنترل شده دارو توسط آن انجام شده است [۱۱-۱۳].

مطالعات گذشته تایید می‌کند که بهبود این خواص به شدت به خواص فیزیک و شیمیایی مونت موریلونیت و توزیع آن‌ها در ماتریس بستگی دارد. خواص میکروساختاری و فیزیک و شیمیایی مونت موریلونیت با استفاده از تکنیک‌های مختلفی مطالعه شده است [۱۴-۱۶]. مطالعات قبلی روی میکروساختار مونت موریلونیت نشان داد که افزودن سورفکتانت مشخص موجب افزایش چگالی توده‌ای سورفکتانت و فضای بین لایه ای می‌شود [۱۷-۱۹]. با این وجود، اصلاح سطح مونت موریلونیت طبیعی برای اطمینان از سازگاری مناسب بین

مونت موریلونیت و پلیمر در طول فرایند کامپوزیت‌ها لازم است. روش‌های مختلفی جهت بهبود و اصلاح خاصیت جذبی رس پیشنهاد شده است. استفاده از اسید با هیدروکسیل فلزات یک روش اصلاح معدنی است. روش دیگر که به نام روش اصلاح ارگانیکی یا آلی معروف است بیش‌تر از سورفکتانت های آلی استفاده می‌شود [۲۰-۲۲]. اصلاح سطح خاک رس با استفاده از سورفکتانت و جایگزین کردن این مولکول‌ها در سایت‌های رس منجر به ایجاد سایت‌های جدید به نام ارگانورس و افزایش تخلخل می‌شود [۲۳، ۲۴]. فرایند اصلاح رس توسط سورفکتانت، تبادل کاتیون بین گروه عاملی سورفکتانت با کاتیون‌های روی سطح رس صورت می‌گیرد. تبادل کاتیون بین سدیم مونت موریلونیت و تترا بوتیل آمونیم کلراید انجام می‌شود [۲۵].

محمد ابراهیم حیدری و همکاران در مقاله‌ای تاثیر ۱ و ۲ درصد نانورس و کلوسیت بعنوان اصلاح‌کننده سطح، در دو نسبت اختلاط ۸۰/۲۰ و ۶۵/۳۵ در حضور یا عدم حضور سازگارکننده پلی پروپیلن مالئیک انیدرید بر روی تشکیل و توسعه ریزساختار میکرو فیبریل در آلیاژهای بر پایه پلی پروپیلن مالئیک انیدرید و رنگ‌پذیری الیاف حاصل از آن‌ها بررسی کردند. نتایج نشان داد که تغییر درصد نانورس و سازگارکننده باعث کنترل ابعاد فاز دیسپرس نایلون ۶ در ماتریس می‌گردد و همچنین باعث توانایی جذب رنگزای اسیدی میلینگ در آلیاژها می‌گردد، که البته تأثیر حضور ذرات نانورس در جذب رنگزا بیش‌تر از سازگارکننده بود [۲۶].

مهدی سلامی و همکاران [۲۷] در تحقیقی بیان کردند که نانوکامپوزیت‌های پلی‌متیل متاکریلات/مونت موریلونیت با استفاده از روش پلیمریزاسیون در جا با مقادیر ۱، ۳ و ۵ درصد



مضر در محیط‌های آبی استفاده کرد. در مقاله حاضر با استفاده از ماده فعال کننده تترابوتیل آمونیم کلراید جهت جلوگیری از آگلومره شدن نانو ذرات مونت موریلونیت مورد بررسی قرار خواهد گرفت. ظرفیت تبادل کاتیونی بیرونی خاک رس با استفاده از روش جایگزینی سدیم با یون تری- بوتیل آمونیم انجام می‌شود. که وجود سطح سورفکتانت تترابوتیل آمونیم کلراید در افزایش راندمان جذب آنیون‌ها موثر است و باعث پایداری رس‌ها می‌گردد. هم‌چنین از ماده اصلاح کننده ماده تری‌متوکسیسیلیل پروپیل آمین به عنوان ماده اصلاح کننده برای تولید کامپوزیتی مرکب از پلیمر تری‌بوتیل آمونیم کلرایدو تری‌متوکسیسیلیل پروپیل آمین و خاک رس، به اصلاح شیمیایی رس استفاده شد. تری‌متوکسیسیلیل پروپیل آمین یک ارگانوسیلان دو عاملی است که دو گروه آمینی فعال و متوکسی قابل هیدرولیز دارد. ماهیت دوگانه‌ی آن و ان-دی-متیل-۳-(تری‌متوکسی سیلیل) پروپیل آمین موجب می‌شود ان و ان-دی-متیل-۳-(تری‌متوکسی سیلیل) پروپیل آمین بتواند هم با مواد غیرآلی و هم با پلیمرهای آلی اتصال شیمیایی داشته باشد. ان و ان-دی-متیل-۳-(تری‌متوکسی سیلیل) پروپیل آمین می‌تواند به عنوان بهبوددهنده‌ی چسبندگی و اصلاح کننده سطح در رس‌ها استفاده شود. در نهایت مقادیر بهینه درصد ماده تترابوتیل آمونیم کلراید به عنوان سورفکتانت و ماده تری‌متوکسیسیلیل پروپیل آمین به عنوان اصلاح کننده به دست خواهد آمد.

وزنی سنتز شدند برای پراکنش بهتر ذرات در ماتریس ذرات با استفاده از نمک‌های آمونیم نوع چهارم و با استفاده از واکنش تعویض کاتیون اصلاح شدند. نتایج نشان دادند که با افزایش میزان نانو ذرات مدول ذخیره و دمای انتقال شیشه‌ای افزایش می‌یابند. زو و همکارانش از دیوکتادسیلیدی متیل آمونیوم برومید برای اصلاح خاک رس استفاده کردند. آن‌ها پراکندگی و خواص نانوکامپوزیت‌ها خاک رس / پلی‌فنیلین سولفید از طریق نفوذ بین لایه‌ای مذاب^۱ را بررسی کردند [۲۸]. سوگاما با استفاده از اکتادی سی لامین، مونت موریلونیت را اصلاح کرد و نانوکامپوزیت‌های مونت موریلونیت/پلی‌فنیلین سولفید در محافظت فولاد در برابر خوردگی مقاومت خوبی را نشان داد [۲۹].

در واقع به منظور بهبود میل خاک‌های رس به موادی آلی، اصلاح کانی‌های رسی با مواد اصلاح کننده یک مرحله‌ی استراتژیک و حساس است. مواد فعال کننده‌ی سطحی به کار برده شده به عنوان عامل اصلاح کننده ساختار شیمیایی، درجه برهم‌کنش‌ها با سطح خاک رس، توانایی کوپلیمریزه شدن با مونومرها، مورفولوژی و خصوصیات نهایی مواد مرکب را تحت تأثیر قرار می‌دهند. رس‌ها در حالت طبیعی، اغلب دارای ویژگی آنیون‌گریزی بوده و قادر به جذب مولکول‌های کم محلول در آب، غیرقطبی و مولکول‌های آلی غیر یونی نیستند، اما می‌توان با اصلاح رس‌ها آن‌ها را به رس‌آلی تبدیل و برای جذب و پالایش آنیون‌ها و ترکیبات آنیونی و غیرآنیونی آلی

¹ melt intercalation



۲- فعالیت‌های تجربی

۲-۱- مواد اولیه و تجهیزات

مواد اولیه مورد استفاده در این پروژه به صورت زیر معرفی می‌شوند:

خاک مونت موریلونیت بدون ناخالصی از شرکت نیکان تولید ایران تهیه شده است. تترا ان بوتیل آمونیم کلراید (Tetra-n-Butylammonium-chloride) TNBAC به عنوان سورفکتانت و تری متوکسیسیلیل پروپیل آمین (3-Trimethoxysilyl propylamine) TMPA به عنوان اصلاح‌کننده سطح (مرک، آلمان) با درصد خلوص ۹۸٪ استفاده شده‌اند.

۲-۲- روش آزمایش

در ابتدا حدود ۲ کیلوگرم خاک مونت موریلونیت را مورد بررسی ظاهری قرار داده و با استفاده از هاون نرم و تمام آن از الک ۸۰ عبور داده تا کاملاً نرم و یکدست شود. نمونه‌ها در سه سری مختلف با کدهای A, B, C تهیه شدند. جدول ۱ مقادیر و مواد استفاده شده در هر سری آورده شده است. در ساخت سری A از ۷/۵ گرم خاک مونت موریلونیت و ۱۵۰ سی‌سی آب مقطر استفاده شده است که در یک همزن مغناطیسی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد

مورد خریداریش قرار گرفته است. سپس نمونه‌ها در یک آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. در نمونه‌های سری B برای جلوگیری از آگلومره شدن از سورفکتانت با غلظت‌های مختلف استفاده شده است. ترکیب ۱۵۰ سی‌سی آب مقطر و وزن‌های مختلف سورفکتانت ۲/۸، ۵/۶ و ۷ گرم با ۷/۵ گرم خاک مونت موریلونیت مخلوط شده‌اند [۳۰-۵]. ترکیب حاصل در یک همزن مغناطیسی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد مورد خریداریش قرار گرفته است. سپس نمونه‌ها در یک آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند.

در نمونه‌های سری C از بهترین نمونه نوع B (با ۵/۶ گرم سورفکتانت) استفاده شده است. ترکیب ۱۵۰ سی‌سی آب مقطر، ۵/۶ گرم سورفکتانت و وزن‌های مختلف اصلاح‌کننده سطحی ۱/۵ و ۳ گرم با ۷/۵ گرم خاک مونت موریلونیت مخلوط شده‌اند [۳۱-۳۲]. ترکیب حاصل در یک همزن مغناطیسی به مدت ۶ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد مورد خریداریش قرار گرفته است. سپس نمونه‌ها در یک آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند.

مشخصات ساختاری نمونه‌های تهیه شده با پراش پرتو ایکس (تابش ۳۰ mA، ۴۰ kV Philips, PW1730) با گام ۰/۰۵° مشخص شد.

جدول ۱- مشخصات مواد و نمونه‌های مختلف در آزمایش

C		B			A	نمونه‌ها مواد
C2	C1	B3	B2	B1		
۷/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵	مونت موریلونیت (g)
۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	آب مقطر (CC)
۵/۶	۵/۶	۷	۵/۶	۲/۸	-	(g) TNBAC
۳	۱/۵	-	-	-	-	(g) TMPA



و ۵۰/۲ با کارت JCPD شماره ۰۸۹۴-۰۷۶-۰۱ همخوانی دارد. همچنین در زوایای ۲۴/۹۶، ۳۸/۴۸، ۵۵، ۶۰ و ۶۸/۶۸، ۲۵۲۵ هر دو فاز مونت موریلونیت و اکسید سیلیسیم همپوشانی کامل دارند. در نمونه B2، مونت موریلونیت را به عنوان فاز غالب که در زوایای ۱۲/۴۳، ۲۴/۹۷ و ۶۲/۳۵ با کارت JCPD شماره ۱۴۸۸-۰۲۹-۰۰ و اکسید سیلیسیم (SiO₂) در زوایای ۲۰/۹۶ و ۲۶/۷۳ با کارت شماره ۰۸۹۴-۰۷۶-۰۱ هم خوانی دارد. در نهایت در زوایای ۳۸/۴۸، ۴۵/۷۲، ۵۰/۲۱، ۵۵، ۵۹/۹۹ و ۶۸/۳۲ هر دو فاز مونت موریلونیت و اکسید سیلیسیم همپوشانی کامل دارند. در نمونه B3 فاز مونت موریلونیت به عنوان فاز اصلی در زوایای ۱۲/۱۹، ۲۴/۷۲ و ۳۷/۶۱ با کارت JCPD شماره ۱۴۸۸-۰۲۹-۰۰ و اکسید سیلیسیم (SiO₂) در زوایای ۲۰/۷۴، ۲۶/۴۷ و ۶۷/۹۶ با کارت JCPD شماره ۰۸۹۴-۰۷۶-۰۱ همخوانی دارد. همچنین در زوایای ۴۵/۴۲، ۵۰/۸۳، ۵۴/۹۲ و ۵۹/۷۷ هر دو فاز مونت موریلونیت و اکسید سیلیسیم همپوشانی کامل دارند. همان طور که مشاهده می شود با افزودن مقادیر مختلف سورفکتانت در هر سه نمونه B فازهای اصلی مونت موریلونیت و اکسید سیلیسیم با اختلاف اندکی در زاویه‌ی دوتتا حاصل می شود که دلیل آن تغییر در میزان وجود دیسپرساز است [۳۳-۳۵].

در نمونه C1 مونت موریلونیت در زوایای ۱۲/۴۱ و ۲۴/۹۷ با کارت JCPD شماره ۱۴۸۸-۰۲۹-۰۰ و اکسید سیلیسیم (SiO₂) در زوایای ۲۶/۷۰ و ۵۰/۲۴ با کارت JCPD شماره ۰۸۹۴-۰۷۶-۰۱ همخوانی دارد. در زاویه‌ی ۷۰/۲۳ فاز هیدروکسید آهن مگنتیت با کارت JCPD شماره ۷۲۶۲-۰۰۱-۹۸ همخوانی دارد و همچنین در زوایای ۲۰/۹۶

مورفولوژی سطح و میکروساختار نمونه‌ها از تصاویر میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی (FESEM (TESCAN - MIRA model) به دست آمده است. برای شناسایی فازهای مختلف مواد و تعیین غلظت و کیفیت نمونه از آنالیز طیف مادون قرمز (FTIR (Thermo-AVATAR model) استفاده شده است. به منظور کنترل خواص سوسپانسیون‌های کلئیدی و چگونگی برهمکنش کلئیدها با یکدیگر از آنالیز پتانسیل زتا مدل MAIvern HS C 1330-3000 استفاده شده است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مشخصات ساختاری

شکل ۱ الگوهای پراش اشعه ایکس نمونه‌های مونت موریلونیت (A)، مونت موریلونیت با درصدهای مختلف سورفکتانت (B1, B2, B3) و مونت موریلونیت به همراه سورفکتانت TNBAC و درصدهای مختلف اصلاح کننده (C1, C2)TPMA را نشان می‌دهد.

در نمونه A فاز مونت موریلونیت که فاز اصلی است در زوایای ۱۲/۵۱، ۲۱/۶۳ و ۶۲/۴۵ با کارت JCPD شماره ۱۴۸۸-۰۲۹-۰۰ و اکسید سیلیسیم (SiO₂) در زوایای ۲۱/۰۴، ۲۶/۸۰، ۵۰/۲۸ و ۶۸/۵۹ با کارت JCPD شماره ۰۸۹۴-۰۷۶-۰۱ همخوانی دارد. همچنین در زوایای ۲۵/۰۲، ۳۸/۵۷، ۴۵/۹۴، ۵۵/۲۸ و ۶۰/۲۲ هر دو فاز مونت موریلونیت و اکسید سیلیسیم همپوشانی کامل دارند. در نمونه B1 فاز مونت موریلونیت به عنوان فاز اصلی در زوایای ۱۲/۴۲ و ۶۳/۳۵ با کارت JCPD شماره ۱۴۸۸-۰۲۹-۰۰ و اکسید سیلیسیم (SiO₂) به عنوان فاز ثانویه در زوایای ۲۱/۴۶، ۲۶/۵۷

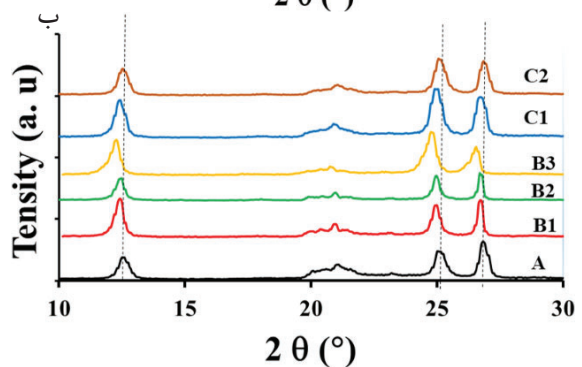
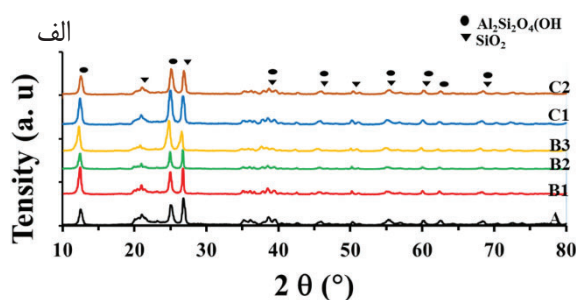


موریلونیت، اکسید سیلیسیم و فاز هیدروکسید آهن مگنتیت همپوشانی کامل دارند. با افزایش ماده اصلاح کننده TNPA در نمونه C1 از ۱/۵ گرم به ۳ گرم در نمونه C2 زوایای پراش به میزان اندکی تغییر یافته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد در فرایند اصلاح ترکیبات الی بین لایه‌های رسی قرار گرفته و در اثر این فرایند فاصله لایه‌ها به میزان اندکی افزایش می‌یابد [۳۶، ۳۳]. با تغییر زاویه فاز موت موریلونیت از ۲۶/۷۰ به ۲۶/۹۱ نشان‌دهنده افزایش فاصله لایه‌ها و اصلاح خاک می‌باشد.

بطور کلی همان طور که ملاحظه می‌گردد همه نمونه‌ها دارای ساختارهای کریستالی می‌باشند. با افزودن TNBAC به موت موریلونیت به مقدار ۲/۸ گرم (نمونه B1) سه قله اصلی نسبت به نمونه شاهد (A) تغییر کمی به سمت زوایای کم‌تر داشته است ولی شدت قله‌ها افزایش یافته است. تغییر زاویه پراش به دلیل تغییر فاصله بین صفحه‌ای است. الگوی پراش نمونه B1 و B2 دارای زوایای پراش یکسان می‌باشند و تنها شدت طیف با افزودن سورفکتانت TNBAC کاهش یافته است. با افزودن مقدار TNBAC به مقدار ۷ گرم در نمونه (B3) زوایای پراش اشعه ایکس کاهش کمی پیدا می‌کند اما شدت طیف افزایش می‌یابد. با افزودن اصلاح کننده TNPA به میزان ۱/۵ و ۳ گرم به نمونه B2 به ترتیب نمونه‌های C1 و C2 تهیه می‌شود. طیف پراش نمونه C1 مشابه طیف B2 است و تنها شدت طیف بیش‌تر شده است. با افزایش اصلاح کننده TNPA به ۳ گرم زوایای پراش اشعه ایکس در نمونه C2 نسبت به نمونه C1 کمی افزایش یافته است (شکل ۱ ب).

شکل ۲ طیف فرو سرخ تبدیل فوریه (FTIR) نمونه‌های مختلف موت موریلونیت (A)، موت موریلونیت با درصدی

موریلونیت، اکسید سیلیسیم و فاز هیدروکسید آهن مگنتیت با همپوشانی کامل دارند. فاز اصلی (موت موریلونیت) در الگوی پراش اشعه ایکس نمونه C2، در زوایای ۱۲/۴۶ و ۲۵/۱۱ با کارت JCPD شماره ۱۴۸۸-۲۹-۰۰ همخوانی داشته است.



شکل ۱- الف) الگوی پراش اشعه ایکس نمونه‌های مختلف.

نمونه موت موریلونیت (A)، موت موریلونیت با ۲/۸ (B1)، ۵/۶ (B2) و ۷ (B3) گرم TNBAC و نمونه‌های موت موریلونیت به همراه TNBAC ۱/۵ (C1) و ۳ (C2) گرم TMPA الگوی پراش اشعه ایکس با بزرگنمایی بالا

در زاویه‌ی ۷۰/۴۱ فاز هیدروکسید آهن مگنتیت با کارت JCPD شماره ۷۲۶۲-۰۰۱-۹۸ و اکسید سیلیسیم (SiO₂) در زوایای ۲۶/۹۱ و ۵۰/۲۶ با کارت شماره ۰۸۹۴-۰۷۶-۰۱ همخوانی دارد. همچنین در زوایای ۲۱/۰۱، ۳۶/۸۱، ۳۸/۶۷، ۴۵/۹۵، ۵۵/۴۳، ۶۰/۱۹، ۶۲/۵۲ و ۶۸/۳۵ فاز موت

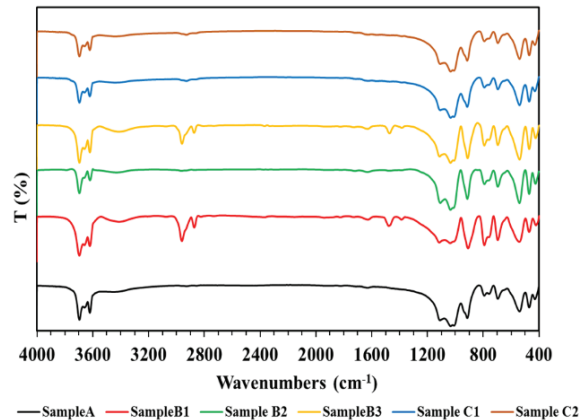


$1386/70$ ، $1477/51$ ، $2961/53$ cm^{-1} مربوط به ارتعاشات خمشی H-C-H و در $2872/43$ cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی CH_2 می باشد [37-39]. پیکهای موجود در اعداد موج 2900 و 3000 cm^{-1} به گروههای آلیفاتیک در مواد آلی اختصاص داده شده است که در تمام نمونهها مشاهده شده است ولی در نمونههای B1، B3، B1 بارزتر می باشند [31-33]. همچنین پیکهای موجود در عددهای موج $695/79$ cm^{-1} ، $908/99$ مربوط به ارتعاشات خمشی Al-Al-OH می باشد [37]. در هر سه نمونههای B1، B2، B3 پیوندهای Si-O، Al-Si-O، Al-Al-OH، C-H-C و (O-H) وجود دارد که خود نشان از صحت و درستی تستهای XRD دارد. همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود طیف فروسرخ تبدیل فوریه نمونههای سری C حاوی پیک در $577/71$ cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی باند Fe-O می باشد [38-39] که نشان از تطبیق ماده اصلاح کننده بر نانو ذرات مونت موریلونیت است که خود گواهی بر ادعای اصلاح سطح نمونه است.

۳-۲- بررسی نتایج میکروسکوپ الکترونیکی روبشی نشر میدانی (FESEM)

شکل ۳ تصویر FESEM از سطح نمونه A را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می گردد ساختار لایه ای مونت موریلونیت در تصویر مشاهده می گردد و بافت کاملاً بصورت درهم تنیده است که دلیل آن آگلومراسیون ذرات رس است. تصاویر FESEM از سطح نمونههای B1، B2، B3 در شکل ۴ نشان داده شده است. در این تصویر ساختار کاملاً لایه ای شکل ذرات مونت موریلونیت به وضوح قابل مشاهده می باشد. اندازه دانه ها به مقدار سورفکتانت بستگی دارد، ذرات رس نمونههای B1 دارای ابعاد بین $24-37$ نانومتر می باشند و با

مختلف سورفکتانت (B1، B2، B3) TNBAC و مونت موریلونیت به همراه سورفکتانت TNBAC و درصدهای مختلف اصلاح کننده TMPA (C1، C2) را نشان می دهد.



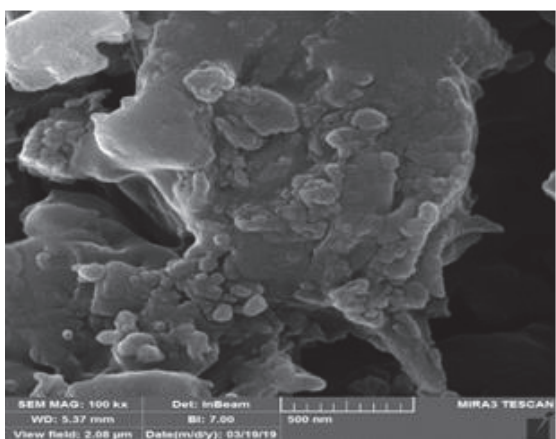
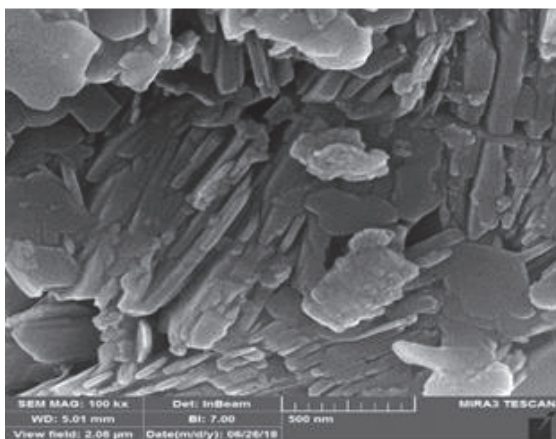
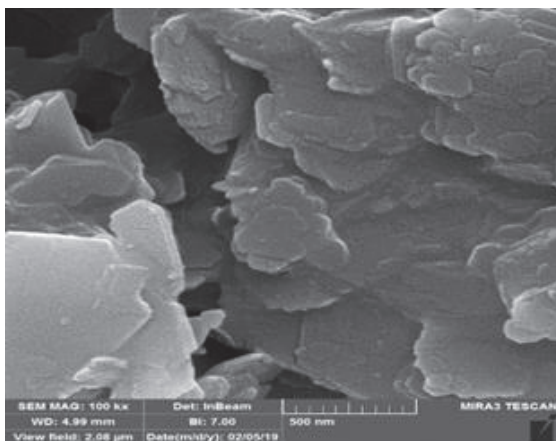
شکل ۲- طیف FTIR یکس نمونه های مختلف. نمونه مونت

موریلونیت (A)، مونت موریلونیت با ۲/۸ (B1)، ۵/۶ (B2) و ۷ (B3) گرم TNBAC و نمونه های مونت موریلونیت به همراه TNBAC و ۱/۵ (C1) و ۳ (C2) گرم TMPA

پیکهای موجود در عددهای موج $3696/26$ cm^{-1} و $3659/31$ مربوط به ارتعاشات کششی گروه هیدروکسیل (O-H) [31] و پیک موجود در عدد موج $3621/55$ cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی Al-Al-O-H می باشد [32]. در عدد موج $1629/39$ cm^{-1} ارتعاشات خمشی مربوط به گروه هیدروکسیل (O-H) [32] و پیکهای موجود در اعداد موج $1092/99$ ، $1070/99$ ، $1110/28$ ، $1034/28$ و $1009/14$ cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی Si-O می باشد [31، 32]. ارتعاشات خمشی گروه Al-OH [32] در عدد موج $695/49$ cm^{-1} مشاهده می گردد. پیک موجود در $539/633$ cm^{-1} متعلق به عدد موج مربوط به ارتعاشات خمشی Al-O-Si می باشد [36]. پیکهای موجود در اعداد موج

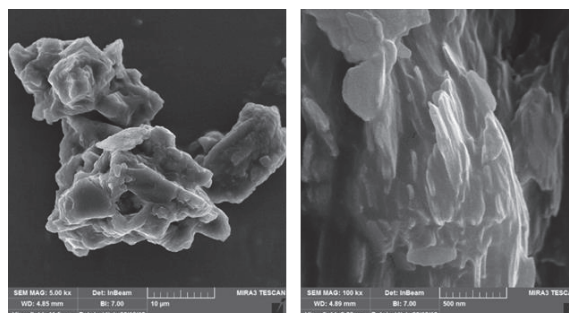


لایه‌های رسی قرار گرفته و در اثر این فرایند فاصله لایه‌ها افزایش می‌یابد [۴۰].



شکل ۴- تصویر FESEM نمونه‌های B1, B2, B3

افزایش درصد سورفکتانت اندازه ذرات کوچک‌تر می‌شود به طوری که نمونه‌های B2 دارای ابعاد بین ۳۰ - ۱۷ نانومتر می‌باشند که به علت افزایش نیروی دافعه بین ذرات می‌باشد. با افزایش مجدد درصد سورفکتانت اندازه ذرات افزایش می‌یابد و نمونه B3 دارای ابعاد بین ۴۵-۴۸ نانومتر می‌باشد که به علت آگلومره شدن ذرات می‌باشد.



شکل ۳- تصویر FESEM نمونه A

شکل ۵ تصاویر FESEM از سطح نمونه‌های C1 و C2 که حاوی مقادیر ۱/۵ و ۳ گرم ماده اصلاح‌کننده است را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این تصویر مشاهده می‌شود مونت موریلونیت دارای ساختار کاملاً لایه‌ای می‌باشد که در آن لایه‌های رسی با ضخامت کم‌تر از ۱ نانومتر بر روی هم قرار گرفته‌اند.

در مورد ساختار مونت موریلونیت چنین بر می‌آید که لایه‌های مشاهده شده در تصویر دسته‌ای از لایه‌های بلور بوده که بر روی هم قرار گرفته‌اند. جانشینی منیزیم بجای آلومینیوم در ساختار مونت موری لونیت بار منفی را در بلور القا می‌کند که در طبیعت با یون‌های سدیم خنثی می‌گردد. تعداد یون‌های مثبت موجود در ساختار این کانی خصوصیات آن را به ویژه میزان تبادل یونی را در فرایند اصلاح و سازگاری آن با پلیمرها تحت تأثیر قرار می‌دهد. در فرایند اصلاح ترکیبات آلی بین



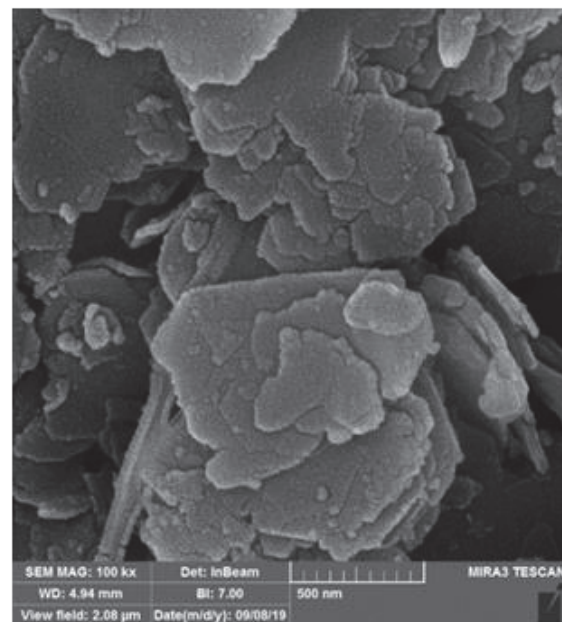
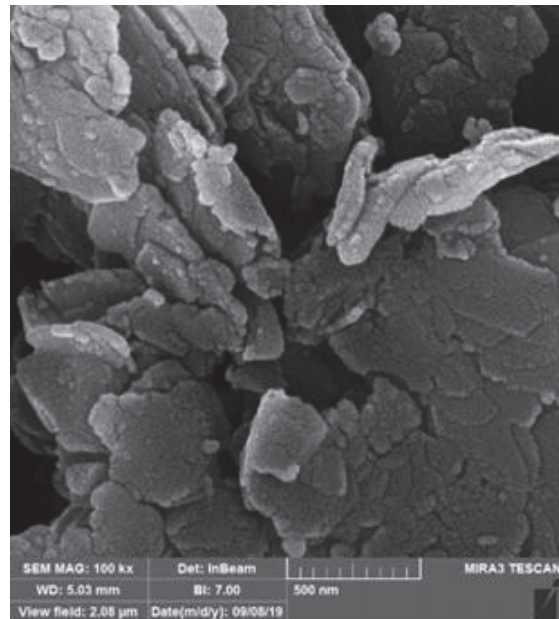
XRD که در اثر افزایش ماده اصلاح کننده زوایای دو تتای فاز اصلی مونت موری لونیت به سمت دو تتای کمتر حرکت می کند همخوانی کامل را دارد. در این نمونه اندازه ذرات بین ۲۳-۱۱ نانومتر می باشد.

بنابراین با ریزتر کردن اندازه ذرات سطح ویژه (نسبت سطح به حجم) افزایش می یابد. در نتیجه واکنش های شیمیایی افزایش می یابد و منجر به کاهش تخلخل ها و حفره ها در ساختارها می شود. پس هدف صرفا کاهش اندازه دانه ذرات نیست. زیرا کاهش بیش تر آن ها موجب ایجاد نیروی جاذبه شده و در نتیجه عیوب ساختاری افزایش می یابد. به طور کلی برای ایجاد پایداری در نانوذرات، یکی از روش ها، اصلاح سطح ذرات توسط مواد فعال سطحی است. اندازه ذرات کوچک تر موجب پایداری بیش تر می شود. ممکن است ساختار لایه ای موجب افزایش پایداری شوند در نتیجه افزایش فاصله بین صفحات می تواند روی پایداری آن ها تاثیر داشته باشد.

۳-۳- بررسی پتانسیل زتا

نیروی الکترواستاتیکی یک نیروی محرک اصلی برای هیدراتاسیون مونت موریلونیت است. به عبارت دیگر، بارهای منفی بر روی سطح لایه مونت موریلونیت موجب جذب یون های مثبت مولکول های آب می شود. برای کنترل این مورد و جلوگیری از جذب آب از مواد اصلاح کننده استفاده می شود تا بار الکتریکی سطح مونت موریلونیت را کاهش یابد. نحوه پراکندگی نانوذرات توسط جذب سطحی مواد فعال مشخص می شود. در نتیجه تغییر درصد مواد فعال سطحی می تواند روی اندازه ذرات و در نتیجه روی پایداری و پراکندگی تاثیر داشته باشد.

با استفاده از مواد اصلاح کننده با توجه به تغییرات آلی، سطح



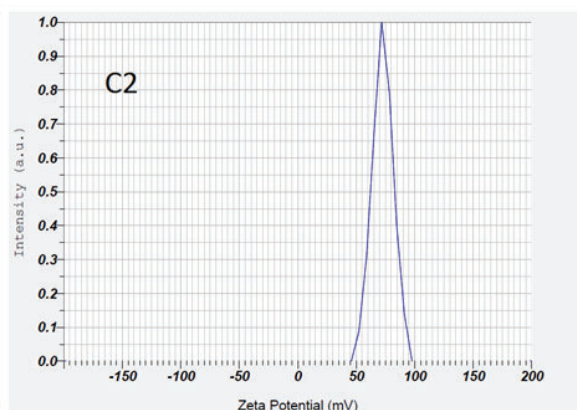
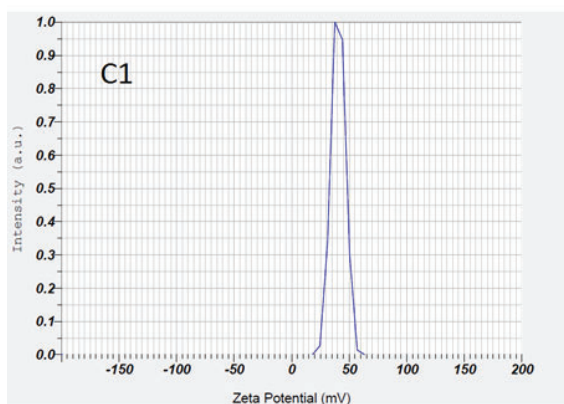
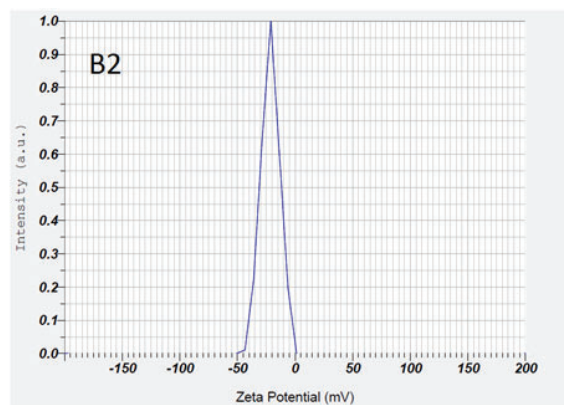
شکل ۵- تصویر FESEM نمونه های C1, C2

همان طور که در شکل به خوبی مشاهده می شود فاصله بین لایه های رس نسبت به حالت قبل کمی افزایش یافته است. با افزایش ماده اصلاح کننده به میزان ۳ گرم، فاصله بین صفحات افزایش یافته است که این نتایج با نتایج حاصل از



پایداری مونت موریلونیت استفاده می‌شود. نتایج حاصل از پتانسیل زتا برای سه نمونه B2, C1, C2 در شکل ۶ نشان داده شده است. در نمونه B2 با افزودن ۵/۶ گرم TNPAC به مونت موریلونیت پتانسیل زتا $21/4$ mv- را نشان می‌دهد. با اضافه نمودن مواد اصلاح‌کننده TMPA پتانسیل زتا از منفی به مثبت تبدیل می‌شود. در نمونه C1 و C2 با غلظت‌های مختلف ۱,۵ و ۳ گرم ماده اصلاح‌کننده TMPA پتانسیل زتا به ترتیب برابر $40/5$ mv+ و $72/7$ mv+ به دست می‌آید. این پدیده نشان می‌دهد که با افزایش اصلاح‌کننده به مونت موریلونیت به دلیل برهمکنش الکتروستاتیکی بین سطح اصلاح‌کننده و مونت موریلونیت موجب افزایش جذب مونومرها در سطوح خارجی مونت موریلونیت می‌شود.

آب‌دوست ذرات مونت موری لونیت در اصل آبگریز می‌شود و بنابراین امکان توزیع کامل پلاکت‌های فیلوسیلیکات منفرد در حلال‌های آلی دفع آب را فراهم می‌کند. این امر در هنگام استفاده از نانو کلی‌های آب‌گریز بسیار مهم است. و همین امر از چسبیدن و آگلومره شدن ذرات بهم جلوگیری می‌کند و باعث کاهش اندازه ذرات می‌شود. پتانسیل زتا روشی برای تعیین میزان بار الکتریکی ذرات است. میزان بارذرات در کاربردهای گسترده‌ای از اهمیت بالایی برخوردار است. بار بالای ذرات چه منفی و چه مثبت منجر به پایداری ذرات در مایعات و عدم رسوب دادن آن‌ها می‌شود. این امر در حوزه نانوذرات و جلوگیری از آگلومره شدن آن‌ها بسیار مورد توجه قرار گرفته است. پتانسیل زتا برای تعیین نوع بار سطح و



شکل ۶- نتایج تست پتانسیل زتا نمونه‌های B2, C1, C2



مراجع

- [1]. Kaur, N., & Kishore, D. (2012). Montmorillonite: An efficient, heterogeneous and green catalyst for organic synthesis. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 4(2), 991-1015.
- [2]. صمدی، مسعود، مقدم، نوید، و مختاری حسینی، زهرا. (۱۳۹۱). نانو مونت موریلونیت: خواص و کاربردها. چهاردهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، تهران، دانشگاه شریف.
- [3]. Bee, S. L., Abdullah, M. A. A., Bee, S. T., Sin, L. T., & Rahmat, A. R. (2018). Polymer nanocomposites based on silylated-montmorillonite: A review. *Progress in Polymer Science*, 85, 57-82.
- [4]. Yang, S., Huang, Z., Wu, P., Li, Y., Dong, X., Li, C., & Dionysiou D. D. (2020). Rapid removal of tetrabromobisphenol A by α -Fe₂O_{3-x}@ Graphene@ Montmorillonite catalyst with oxygen vacancies through peroxymonosulfate activation: role of halogen and α -hydroxyalkyl radicals. *Applied Catalysis B: Environmental*, 260, 118129.
- [5]. Jia, Z. R., Gao, Z. G., Lan, D., Cheng, Y. H., Wu, G. L., Wu, H. J. (2018). Effects of filler loading and surface modification on electrical and thermal properties of epoxy/montmorillonite composite. *Chinese Physics B*, 27(11), 117806.
- [6]. Choi, A. E. S., Futralan, C. M., & Yee, J. J. (2019). Fuzzy Optimization on the Synthesis of Chitosan-Graft-Polyacrylic Acid with Montmorillonite as Filler Material: A Case Study. *Polymers*, 11(4), 738.
- [7]. Borić, A., Kalendová, A., Urbanek, M., & Pepelnjak, T. (2019). Characterisation of polyamide (PA) 12 nanocomposites with montmorillonite (MMT) filler clay used for the incremental forming of sheets. *Polymers*, 11(8), 1248.
- [8]. Kang, S., Zhao, Y., Wang, W., Zhang, T., Chen, T., Yi, H., & Song, S. (2018). Removal of methylene blue from water with montmorillonite nanosheets/chitosan hydrogels as adsorbent. *Applied surface science*, 448, 203-211.
- [9]. Wang, H., Wang, S., Jiang, J. Q., Shu, J. (2019). Removal of sulfadiazine by ferrate (VI) oxidation and montmorillonite adsorption—Synergistic effect and degradation pathways. *Journal of*

بنابراین تغییر بار از بار منفی به بار مثبت پس از اصلاح سطح، نشان از خنثی شدن بارهای منفی سطح رس دارد که با افزایش اصلاح کننده این بار نیز بیش تر شده است [۳۱-۳۳].

جدول ۲- نتایج تست پتانسیل زتا نمونه‌های C1, C2, B2

Peak no.	Zeta potential (mv)	Electrophoretic (cm ² /Vs) Mobility
1.(B ₂)	-۲۱/۴	-۰/۰۰۰۱۶۶
2.(C ₁)	+۴۰/۵	۰/۰۰۳۱۵
3.(C ₂)	+۷۲/۷	۰/۰۰۰۵۶۴

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه نانوذرات مونت موریلونیت با استفاده از روش مکانیکی تهیه و اثرات درصد‌های مختلف سورفکتانت ترا آن بوتیل آمونیوم کلراید و ماده اصلاح کننده تری متوکسیسیلیل پروپیل آمین تهیه گردید. ریزساختار و مورفولوژی نانو ذرات مونت موریلونیت تولیدی با استفاده از روش‌های نوین شناسایی مواد مانند پراش پرتو ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (FESEM)، تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) و پتانسیل زتا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج XRD در همه نمونه‌ها فازهای کائولینیت و کوآرتز را نشان داد. نتایج FESEM نشان داد که با افزایش ماده سورفکتانت از ۲/۸ گرم به ۵/۶ گرم اندازه ذرات در محدوده ۳۷-۲۴ نانومتر به ۳۰-۱۷ نانومتر کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد با افزایش ماده اصلاح کننده از ۱/۵ گرم به ۳ گرم میزان اندکی فاصله بین صفحات افزایش یافته است که با نتایج حاصل از XRD که در اثر افزایش ماده اصلاح کننده زوایای دو تتای فاز اصلی مونت موریلونیت به سمت دو تتای کم‌تر حرکت می‌کند همخوانی کامل را دارد در این نمونه اندازه ذرات بین ۲۳-۱۱ نانومتر می‌باشد.



- Clays and Clay Minerals, 52(3), 350-356.
- [20]. Jian, X., Xuebing, W., Bingyao, D., & Qingsheng, L. Modification of montmorillonite by different surfactants and its use for the preparation of polyphenylene sulfide nanocomposites. *High Performance Polymers*, 28(5), 618-629.
- [21]. Mahmoodi, N. M., Taghizadeh, A., Taghizadeh, M., & Baglou, M. A. S. (2019). Surface modified montmorillonite with cationic surfactants: Preparation, characterization, and dye adsorption from aqueous solution. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(4), 103243.
- [22]. Peng, S., Mao, T., Zheng, C., Wu, X., Wei, Y., Zeng, Z., & Sun, Y. (2019). Polyhydroxyl gemini surfactant-modified montmorillonite for efficient removal of methyl orange. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 578, 123602.
- [23]. Ma, Y., Lv, L., Guo, Y., Fu, Y., Shao, Q., Wu, T., Guo, Z. (2017). Porous lignin based poly (acrylic acid)/organo-montmorillonite nanocomposites: swelling behaviors and rapid removal of Pb (II) ions. *Polymer*, 128, 12-23.
- [24]. Chmielarz, L., Gil, B., Kuśtrowski, P., Piwowska, Z., Dudek, B., & Michalik, M. (2009). Montmorillonite-based porous clay heterostructures (PCHs) intercalated with silica-titania pillars—synthesis and characterization. *Journal of Solid State Chemistry*, 182(5), 1094-1104.
- [25]. Manocha, S., Patel, N., & Manocha, L. M. (2008). Development and characterisation of nanoclays from Indian clays. *Defence Science Journal*, 58(4), 517-524.
- [26]. حیدری، محمد ابراهیم، نازک دست، حسین، رشیدی، ابوسعید، و یزدانشناس، محمد اسماعیل. (۱۳۸۹). بررسی تاثیر ذرات نانورس بر مورفولوژی و جذب رنگ الیاف کامپوزیتی پلی پروپیلن/نانیلون ۶/پلی پروپیلن مالئیک انیدرید/ نانورس C30B. فناوری نساجی (علوم و تکنولوژی نساجی)، دوره ۵، شماره ۲، ۱۳-۲۵.
- [27]. سلامی کلجاهی، مهدی، بهبودی سعادت، فرید، رحیمی رزین، سعید، و حدادی اصل، وحید، (۱۳۸۹). اثر میزان ذرات نانو بر خواص مکانیکی و دمای انتقال شیشه‌ای نانو کامپوزیت‌های مونت موریلونیت/پلی متیل متاکریلات تهیه شده بر روش پلیمریزاسیون درجا. اولین کنفرانس ملی علوم و فناوری نانو، یزد، دانشگاه پیام نور یزد، سازمان علمی دانشجویی مهندسی برق.
- [28]. Zou, H., Xu, W., Zhang, Q., & Fu, Q. (2006). *Environmental Chemical Engineering*, 7(4), 103225.
- [10]. Hearon, S. E., Wang, M., & Phillips, T. D. (2020). Strong Adsorption of Dieldrin by Parent and Processed Montmorillonite Clays. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(3), 517-525.
- [11]. Cui, Z. K., Kim, S., Baljon, J. J., Wu, B. M., Aghaloo, T., & Lee M. (2019). Microporous methacrylated glycol chitosan-montmorillonite nanocomposite hydrogel for bone tissue engineering. *Nature communications*, 10(1), 1-10.
- [12]. Sharifzadeh, G., Hezaveh, H., Muhamad, I. I., Hashim Hashim, S., & Khairuddin, N. (2020). Montmorillonite-based polyacrylamide hydrogel rings for controlled vaginal drug delivery. *Materials Science and Engineering: C*, 110, 110609.
- [13]. Bekaroğlu, M. G., Nurili Nurili, F., & İşçi, S. (2018). Montmorillonite as imaging and drug delivery agent for cancer therapy. *Applied Clay Science*, 162, 469-477.
- [14]. Polubesova, T., Rytwo, G., Nir, Serban, S. C., & Margulies, L. (1997). (1997). Adsorption of benzyltrimethylammonium and benzyltriethylammonium on montmorillonite: experimental studies and model calculations. *Clays Clay Miner*, 45 (6), 834-841.
- [15]. Juang, R. S., Lin, S. H., & Tsao, K. H. (2002). Mechanism of sorption of phenols from aqueous solutions onto surfactant-modified montmorillonite. *Journal of colloid and interface science*, 254 (2), 234-241.
- [16]. Tsai, W. T., Chang, Y. M., Lai, C. W., & Lo, C. C. (2005). Adsorption of basic dyes in aqueous solution by clay adsorbent from regenerated bleaching earth. *Applied Clay Science*, 29(2), 149-154.
- [17]. Zhu, J., He, H., Guo, J., Yang, D., & Xie, X. (2003). Arrangement models of alkylammonium cations in the interlayer of HDTMA+ pillared montmorillonites. *Chinese Science Bulletin*, 48(4), 368-372.
- [18]. Zhu, J., He, H., Zhu, L., Wen, X., & Deng, F. (2005). Characterization of organic phases in the interlayer of montmorillonite using FTIR and ¹³C NMR. *Journal of Colloid and Interface Science*, 286(1), 239-244.
- [19]. He, H., Frost, R. L., Deng, F., Zhu, J., Wen, X., & Yuan, P. (2004). Conformation of surfactant molecules in the interlayer of montmorillonite studied by ¹³C MAS NMR.



- CTA⁺ ions in the interlayer of CTAB pillared montmorillonite. *Journal of Chemistry*.
- [38]. Farahmandjou, M., & Soflaee, F. (2014). Low temperature synthesis of α -Fe₂O₃ nano-rods using simple chemical route. *Journal of nanostructures*, 4(4), 413-418.
- [۳۹]. شگری، الهام، یگانی، رضا، و کاظمیان، نعیمه. (۱۳۹۵). ساخت و بررسی غشاهای ماتریس ترکیبی پل یسولفون-مونتموریلونیت اصلاح شده با اسید آمینه برای حذف آرسنیک از آب. *دوماهنامه علوم و تکنولوژی پلیمر*، دوره ۳۰ شماره ۱.
- [40]. MesutY₁, I, Büşra, T, [Pelin, D. JI](#) (2022). Synthesis and characterization of imidazolium based ionic liquid modified montmorillonite for the adsorption of Orange II dye: Effect of chain length. *Journal of Molecular Structure* , [1249](#), 131628-17.
- Effect of alkylammonium salt on the dispersion and properties of Poly (p-phenylene sulfide)/clay nanocomposites via melt intercalation. *Journal of applied polymer science*, 99(4), 1724-1731.
- [29]. Sugama, T. (2006). Polyphenylenesulfid/ montmorillonite clay nanocomposite coatings: their efficacy in protecting steel against corrosion. *Materials Letters*, 60(21-22), 2700-2706.
- [30]. [Israel G. A. F. Marcos E. P. Gisela R. P. Luciano C. M E. P.](#) (2020). Facile modification of montmorillonite by intercalation and grafting: The study of the binding mechanisms of a quaternary alkylammonium surfactant. *Applied Clay Science*, 195(15), 105738-105748.
- [31]. Marcela, James, S. B, Alejandra A. J, Mark E. W, Benny K. G. T, Cornelia R , María de la L. M(2011), Nanoclays from an Andisol: Extraction, properties and carbon stabilization. *Geoderma*, [161\(3-4\)](#), 159-167
- [32]. [Kwadwo A. B. Yaw A. T. Stephen A. Fred B.](#) (2022) Potential improvements in montmorillonite-nanoclay-modified Cold-Mix Asphalt. *Case Studies in Construction Materials*. [17](#), e01331-8.
- [۳۳]. امانی، مصطفی، و خویینی، مهدی. (۱۳۸۹). بررسی نانو ذرات پلیمری پلی استارین برای سنتز نانوذرات مزومتخلخل سیلیکاتی توخالی. *ششمین کنفرانس و نمایشگاه بین المللی مهندسی متالورژی و مواد*، تهران، انجمن مهندسی متالورژی و مواد ایران و انجمن علمی ریخته گری ایران.
- [34]. Krupskaya, V. V., Zakusin, S. V., Tyupina, E. A., Dorzhieva, O. V., Zhukhlistov, A. P., Belousov, P. E., & Timofeeva, M. N. (2017). Experimental study of montmorillonite structure and transformation of its properties under treatment with inorganic acid solutions. *Minerals*, 7(4), 49.
- [35]. Maina, E. W., Wanyika, H. J., & Gacanja, A. N. (2015). Instrumental Characterization of Montmorillonite Clay by FT-IR and XRD from JKUAT Farm, in the Republic of Kenya. *Chemistry and Materials Research*, 7(10), 43-49.
- [36]. Xue, W., He, H., Zhu, J., Yuan, P. (2007). FTIR investigation of CTAB-Al-montmorillonite complexes. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 67(3-4), 1030-1036.
- [37]. Karaca, S., Gürses, A., & Ejder Korucu, M. (2013). Investigation of the orientation of

Investigation of the Effect of Different Percentages of Surfactant and Modifier on the Microstructure and Morphology of Montmorillonite Nanoparticles

Mahsa Fakharpour, Fatemeh Mirjalili*, Amid Mollahasanpour

Department of Material Engineering, Maybod Branch, Islamic Azad University, Maybod, Iran

* Fm.mirjalili@gmail.com

Abstract: In this research, Montmorillonite clay nanoparticles were produced using mechanical methods and the effect of different percentages of tetra n-butyl ammonium chloride (TNBAC) as a surfactant and butyl ammonium chloride as a modifier (TNBAC) was performed. The microstructural and morphological properties of montmorillonite clay nanoparticles in the presence and absence of surfactant as well as surface modifier were investigated using modern identifying materials methods including XRD, FTIR, FESEM, ZETA POTENTIAL. XRD results show that, the montmorillonite and quartz phases in all samples, which was consistent with the FTIR results. The results of electron microscopy show that, with increasing surfactant the agglomeration was decreased and the range of particle size was about 10 to 30 nm. The results of zeta potential test and its comparison indicated a good modification of the surface of nano-montmorillonite and with increasing the modifier, the amount of charge increased and the zeta potential become more positive.

Keywords: Montmorillonite, Nano-clay, Surfactant, Surface modifier.