



تهیه رنگدانه جاذب امواج الکترومغناطیس با استفاده از فرآیندهای تبادل یون و اکسیداسیون آلومینیم در لایه‌های رس

مازیار پروین‌زاده گشتی^{۱*}، آرش الماسیان^۲، شیما اسلامی^۳

۱- استادیار، گروه مهندسی نساجی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۴۴-۱۸۱۵۵

۲- دانشجوی دکترا، گروه پژوهشی رنگ و محیط زیست، مؤسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

۳- کارشناس، باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۴۴-۱۸۱۵۵

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۲۸ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۱/۱۲/۲۰

چکیده

ذرات آلومینیم با استفاده از دو روش تبادل یونی و اکسیداسیون بر روی صفحات رس سنتز شدند. خصوصیات رنگدانه حاصله توسط طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه، پراش پرتو X، دستگاه تجزیه حرارتی، میکروسکوپ پویشی الکترونی، اسپکترومتر الکترونی تفرق پرتو X، اسپکتروفوتومتر انعکاسی و دستگاه تولید امواج الکترومغناطیس بررسی شد. روش طیف‌سنجی زیر قرمز فوریه تشکیل کمپلکس بین آلومینیم و صفحات رس را در لایه‌های درونی رس نشان داد. آزمون حرارتی بهبود در مقاومت حرارتی رنگدانه رس-آلومینیم را در مقایسه با ذرات عمل نشده رس تایید کرد. نتایج آزمون‌های میکروسکوپی و اسپکترومتر الکترونی تفرق پرتو X نشان داد که ذرات آلومینیم بر روی سطح رس قرار گرفته‌اند. همچنین ذرات آلومینیم بر روی خصوصیات الکترومغناطیس لایه‌های رس اثر داشتند. واژه‌های کلیدی: رس، اکسیداسیون حرارتی، رنگدانه، جاذب الکترومغناطیس.

Preparation of Electromagnetic Radiation Absorbent Pigment Using Aluminium Ion Exchanged and Oxidation Processing in Clay Layers

M. Parvinzadeh Gashti^{1*}, A. Almasian², Sh. Eslami³

¹ Department of Textile, Islamic Azad University, Shahre rey Branch, P.O.Box: 18155-144, Tehran, Iran

² Department of Environmental Researches, Institute for Color Science and Technology, P.O. Box: 16765-654, Tehran, Iran

³ Young Researchers Club, Islamic Azad University, Shahre rey Branch, P.O.Box: 18155-144, Tehran, Iran

Received: 31-08-2011

Accepted: 18-01-2012

Available online: 08-02-2013

Abstract

Aluminium particles were synthesized on clay using two methods of ion exchanged and oxidation. The characteristics of the pigments were investigated by fourier-transform infrared spectra (FTIR), X-ray diffraction (XRD), thermal gravimetric analysis (TGA), scanning electron microscope (SEM), electron dispersive X-ray spectrometer (EDS), reflectance spectrophotometer (RS) and electromagnetic transition instrument (ETI). FTIR spectra showed generation of Aluminium and clay complexes into the clay interlayer. TGA result demonstrated an improvement in thermal stability of clay-Al pigments compared with untreated particles. SEM and EDX results showed that the aluminium aggregates are presented on the surface of clay. Aluminium particles also affected the electromagnetic properties of clay particles. *J. Color Sci. Tech.* 6(2013), 291-302 © Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Clay, Thermal oxidation, Pigment, Electromagnetic absorbent.

۱- مقدمه

کانی‌های رس با ساختار سیلیکات آلومینیم بلوری در محصولات مختلف از جمله نانوکامپوزیت‌ها، مواد ساختمانی، سرامیک‌ها، پوشش‌های کاغذ، مواد دارویی، مواد جاذب سطحی، مبدل‌های یونی، جداکننده‌ها و کاتالیزورها به طور گسترده استفاده می‌شوند [۱۰-۱].

بنتونیت تجاری‌ترین نوع رس است که دارای ساختار ۲:۱ فیلوسیلیکات است. لایه درونی‌اش از یک سطح هشت وجهی بین دو سطح چهار وجهی تشکیل شده است. جایگزینی یون‌های Al^{3+} با Si^{4+} در لایه چهاروجهی و یون‌های Mg^{2+} یا Zn^{2+} با Al^{3+} در لایه‌های هشت وجهی، یک سطح باردار منفی را در آب ایجاد می‌کند که نیروی دافعه با مواد آنیونیکی را موجب می‌شود [۱۴-۱۱].

لایه‌های رس می‌توانند توسط کمپلکس‌های کاتیونی فلزات، درون لایه داخلی متورم شده و با عمل حرارت‌دهی تحت فرآیند اکسیداسیون قرار بگیرند. این فرآیند، لایه‌های متخلخل میکرومتری با ثبات حرارتی زیاد^۱ تولید می‌کند [۲۱-۱۵]. اکسیدهای فلزات مختلف شامل کرم، گالیم، زیرکونیم، تیتانیم، آهن و آلومینیم برای این هدف استفاده می‌شود [۲۶-۲۲]. واضح است که لایه‌های رس اصلاح شده، یک شبکه متخلخل دائمی با سطح مخصوص افزایش یافته دارند. در گذشته بعضی محققان بهبود قابل توجهی را در خصوصیات کاتالیزوری و جذب سطحی این ساختارها تأیید کردند [۲۸، ۲۷].

اخیرا لایه‌های رس اکسید شده حاوی آلومینیم در فرآیندهای متنوعی، شامل تخریب کاتالیزوری ترکیبات آلی و رنگزها، جذب سطحی منوکسید کربن، دفع نیتروژن و اکسیژن مولکول‌های گازی، سنتزهای آلی، اکسیداسیون انتخابی و حذف آلاینده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳۳-۲۹].

امواج الکترومغناطیس تنها شکل انرژی هستند که شامل پرتوهای گاما، فرابنفش، مرئی، ایکس، زیر قرمز، مایکروویو و رادیویی می‌باشند. این امواج دارای میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم هستند و در جهت مستقیم منتشر می‌شوند. این شکل از انرژی در ابزارهای ارتباطی بی‌سیم و شبکه‌های محلی استفاده می‌شود. مشکل اصلی ناشی از انتقال انرژی امواج الکترومغناطیس پدیده تداخل بوده که ممکن است عملکرد بسیاری از دستگاه‌های الکترونیکی را تحت تأثیر قرار دهد. محققان بسیاری اظهار داشتند که امواج الکترومغناطیس ممکن است تأثیرات منفی بر سلامت انسان بگذارد. تلاش‌های قابل توجهی برای تهیه برخی مواد جاذب امواج الکترومغناطیس جدید برای محافظت انسان از میدان‌های امواج الکترومغناطیس صورت گرفته است. بدین منظور عناصر غیرآلی نظیر مس، آلومینیم و آهن به دلیل رسانایی بالا و ثابت دی‌الکتریشان به کار گرفته شدند. این ویژگی‌ها در جذب مؤثر امواج الکترومغناطیس مفید می‌باشند [۴۰-۳۴]. محققان

نشان دادند که پودر اکسید آلومینیم به عنوان پرکننده مزایای بیشتری در مقایسه با اکسیدهای فلزی دیگر دارد. اکسید آلومینیم علاوه بر افزایش استحکام کششی و مدول در پلیمرها سبب کاهش چگالی، افزایش هدایت الکتریکی و افزایش مقاومت در برابر خوردگی می‌شود. به علاوه ثابت شده است که رنگدانه رس-آلومینیم در مقایسه با رنگدانه‌های رس-مس، رس-آهن و رس-نقره جهت قطعات الکترونیکی و تجهیزات فضایی مناسب‌تر می‌باشد. این رنگدانه مقاومت استاتیکی، دینامیکی و سختی زیادی داشته و استفاده از آن در قطعات پیشرفته پلیمری توصیه شده است [۴۲-۴۰].

با این حال تاکنون، هیچ مطالعه و پژوهش جدیدی روی جذب و انتقال امواج الکترومغناطیس از لایه‌های رس اصلاح شده با آلومینیم و نحوه تداخل آن با امواج الکترومغناطیس انجام نشده است. با توجه به اینکه رس و نمک‌های مختلف آلومینیم با خواص گوناگون ارزان و در دسترس می‌باشد و تاکنون تحقیقی در انواع ترکیبات آنها به عنوان ترکیبات جاذب امواج الکترومغناطیس انجام نگرفته است لذا انجام این تحقیق ضروری به نظر می‌رسید.

در مطالعه حاضر، خصوصیات نوری و الکترومغناطیسی رنگدانه‌های رس اکسید شده و تعویض یون شده با آلومینیم بررسی شده است.

۲- بخش تجربی

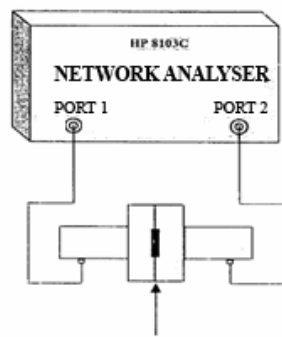
۲-۱- مواد

ذرات رس بنتونیت با نام تجاری Kunipia-F تهیه شده از شرکت Kunimine Industries ژاپن در این تحقیق استفاده شد که حاوی ۹۸٫۹۹٪ بنتونیت با ساختار شیمیایی $(Na_{0.4}Ca_{0.03}K_{0.01})Si_4O_{10}(OH)_2(Al_{1.6}Mg_{0.3}Fe_{0.1})$ ، با وزن مولکولی و ظرفیت تبادل کاتیونی به ترتیب ۳۷۲ و ۱۱۵ meq در هر ۱۰۰ گرم از ترکیب شیمیایی بود. هیدروکسید سدیم و نیترات آلومینیم از شرکت مرک تهیه شد.

۲-۲- روش کار

دو نوع مختلف رنگدانه رس-آلومینیم توسط روش‌های تعویض یون و اکسیداسیون گزارش شده در منابع معتبر علمی آماده شد [۲۹-۳۱]. جهت تهیه رنگدانه رس-آلومینیم از روش تعویض شده یونی، ۲ گرم از سوسپانسیون رس به مدت ۲۴ ساعت در ۴۰ میلی‌لیتر از محلول نیترات آلومینیم ۰٫۱ مولار، مبادله یون شد. سپس سوسپانسیون حاصل برای چهار مرتبه در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه شسته و توسط سانتریفوژ جدا شد (با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه). جهت تهیه رنگدانه رس-آلومینیم با روش اکسیداسیون، کاتیون‌های لیگومری هیدروکسید آلومینیم در لایه‌های رس توسط روش حرارت‌دهی سنتز شدند. محلول هیدروکسید سدیم، ۰٫۴ مولار به محلول نیترات آلومینیم، ۰٫۴ مولار اضافه شد و محلول حاصل به

1- Pillared clay (PILC)



شکل ۱: دستگاه ایجاد امواج الکترومغناطیس بر روی رنگدانه.

بسامد استفاده شده برای ایجاد امواج از ۵۰۰۰ تا ۸۰۰۰ مگاهرتز بود. تمام پارامترها برحسب دسیبل (dB) اندازه‌گیری شدند.

۲- نتایج و بحث

۲-۱- خصوصیات شیمیایی

طیف زیر قرمز ذرات مختلف رس تهیه شده در شکل ۲ نشان داده شده است. حضور Si-O-Si (گروه‌های سیلوکسان)، Al_2OH و هیدروکسید منیزیم/آلومینیم ($MgAlOH$) در ذرات رس به ترتیب توسط باندهای خمشی قوی و ارتعاشات کششی در ناحیه‌های $847, 915$ و 1040 cm^{-1} منعکس شده است. بدیهی است که ارتعاشات خمشی و کششی مولکول‌های آب جذب شده در لایه داخلی ماده معدنی رس در 3466 و 1640 cm^{-1} ظاهر شده است. علاوه بر این، پیک‌های شدید در محدوده‌های $3650-3600$ و 626 cm^{-1} بترتیب به گروه‌های هیدروکسید کششی و پیوندهای شبکه‌ای آلومینیم - اکسیژن نسبت داده می‌شود [۴۳-۳۹].

همان‌طور که در شکل ۲b می‌توان مشاهده کرد بعد از آماده‌سازی رنگدانه رس - آلومینیم به روش تعویض یون، شدت پیک در ناحیه 3629 cm^{-1} تغییر کرده است که به دلیل افزایش در غلظت بارهای سطحی اکسیژن در پیوندهای Si-O-Si می‌باشد. افزایش شدت پیک در ناحیه 1040 cm^{-1} به تغییر در تقارن ارتعاشات سطحی Si-O-Si پس از تغییرات در میدان الکترونی عنصر سیلیکون نسبت به بارهای مثبت عناصر آلومینیم می‌باشد [۴۴]. برخی تغییرات در شدت ارتعاشات خمشی پیوند Si-O در ناحیه 529 cm^{-1} به دلیل ارتعاشات گروه‌های Si-O-Al می‌باشد. به علاوه تغییرات پیک 468 cm^{-1} به دلیل ارتعاشات گروه Si-O-Si برای رس - آلومینیم به روش تعویض یون می‌باشد. افزایش شدت پیک در ناحیه 626 cm^{-1} می‌تواند به پیوند Al-O کاتیون‌های آلومینیم چهاروجهی قرار گرفته در لایه‌های رس نسبت داده شود [۴۵].

نتایج به دست آمده از طیف زیر قرمز رنگدانه رس - آلومینیم تهیه

مدت ۲۴ ساعت تحت هم‌زدن با دور بالا قرار گرفت. برای سرعت بخشیدن به تشکیل الیگومرهای هیدروکسید آلومینیم، محلول به مدت ۷ روز در دمای اتاق نگه داشته شد. محلول اکسید شده آلومینیم به آرامی و در مدت زمان ۲۴ ساعت به سوسپانسیون ۱٪ رس اضافه شد. سپس این سوسپانسیون در دمای اتاق به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد تا واکنش انجام گیرد. پودر حاصل توسط سانتریفوژ و رسوب‌دهی بارها شسته شد، تا عاری از نیترات شود. سپس محصول در دمای اتاق خشک شده و در کوره تحت حرارت 500 درجه سانتی‌گراد برای ۴ ساعت جهت فرآیند اکسیداسیون قرار گرفت. پودر به دست آمده رنگدانه رس حاوی ذرات آلومینیم اکسید شده در لایه رس بود.

خصوصیات سطحی ذرات رس تهیه شده با استفاده از طیف‌سنج (Nicolet Instrument Corp., USA) ThermoNicolet NEXUS 870 متصل به یک رایانه تعیین شد. رنگدانه‌های تهیه شده با استفاده از دستگاه پراش پرتو X (SEIFERT/PTS 3003) در 40 کیلوولت و 30 میلی‌آمپر تحت بررسی قرار گرفتند. اندازه‌گیری از زاویه 4 تا 90 درجه و با سرعت اسکن یک درجه در دقیقه انجام شد.

بررسی حرارتی با استفاده از دستگاه Pyris diamond SII ساخت شرکت Perkin Elmer انجام شد. بررسی ریخت‌شناسی سطح رنگدانه توسط میکروسکوپ الکترونی (SEM, Philips, XL30, Netherlands) انجام شد. طیف انعکاسی پودرها با استفاده از اسپکتروفوتومتر انعکاسی Gretagmacbeth COLOREYE 7000A مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت بررسی خصوصیات حرارتی، 5 میلی‌گرم از نمونه تحت گاز نیتروژن با نرخ حرارتی پنج درجه در دقیقه از دمای اتاق تا 600 درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت.

جهت عکس‌برداری میکروسکوپی، نمونه‌ها با لایه طلا تحت شرایط خلاء پوشش داده شدند. حضور آلومینیم و آهن روی سطح رس با روش تفرق پرتو X (EDX) متصل به میکروسکوپ تعیین شدند. مختصات رنگی رنگدانه‌ها (L^*, a^*, b^*, C^*, h^*) در فضای رنگ CIELAB تحت مشاهده کننده 10^0 و منبع نور D_{65} محاسبه شد. انتقال (EMT) و انعکاس (EMR) امواج الکترومغناطیس برای پودرهای تهیه شده با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ بر اساس استاندارد ASTM D 4935-99 محاسبه شدند [۳۸-۳۶].

$$EMT = |E_0/E_1|^2 \quad (1)$$

$$EMR = |E_2/E_1|^2 \quad (2)$$

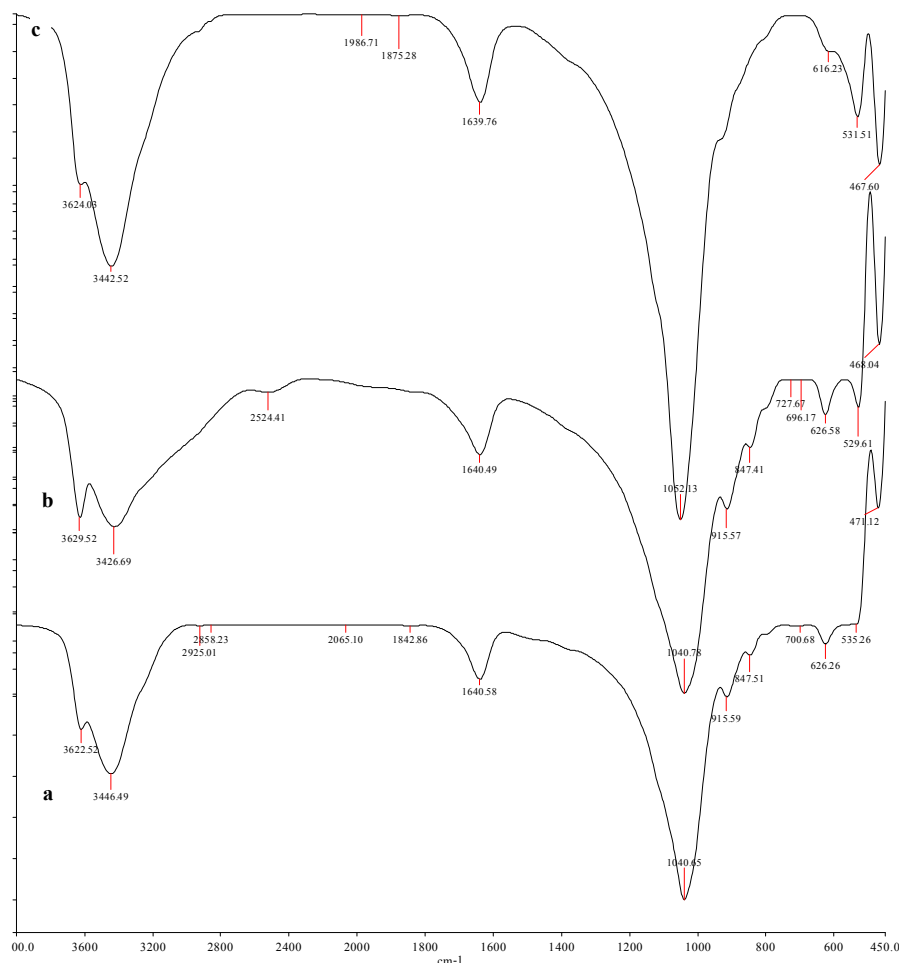
که در آن E_0 ، E_1 و E_2 به ترتیب شدت میدان الکتریکی منتقل شده از ذرات، شدت میدان الکتریکی منبع و شدت میدان الکتریکی انعکاسی از ذرات است. امواج الکترومغناطیس با استفاده از یک دستگاه ایجاد امواج HP 8103C متصل به تحلیل‌گر شبکه تولید شدند (شکل ۱).

۳-۲- خواص بلوری

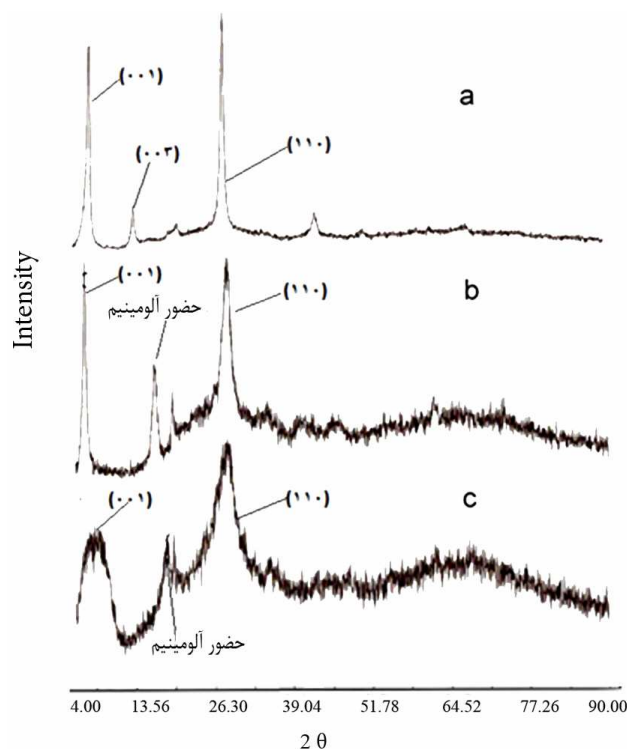
روش پراش پرتو X برای مطالعه فاصله لایه‌های $d(001)$ رس پس از روش تبادل یون و اکسیداسیون حرارتی آلومینیم استفاده شده است. شکل ۳ پراش‌های پرتو X برای رس عمل نشده و رنگدانه‌های رس-آلومینیم تهیه شده با روش تعویض یون و اکسیداسیون حرارتی را نشان می‌دهد.

رس عمل نشده برخی پیک‌های شدید را در 2θ ۸,۵، ۱۵,۱ و $29,2$ درجه نشان می‌دهد که به ترتیب به $d(001)$ ، $d(003)$ و $d(110)$ مربوط است. تبادل یون‌های سدیم در بنتونیت با نمک آلومینیم سبب قرارگیری لایه‌های رس در 2θ ۱۹ درجه می‌شود. همچنین روش پراش پرتو X یک تغییر مختصر در ناحیه $d(001)$ در حدود ۶ درجه را نشان می‌دهد که تهیه موفقیت‌آمیز رنگدانه رس-آلومینیم با روش تبادل یون را نشان می‌دهد. این تغییرات در مقالات دیگر در رنگدانه‌های رس-آلومینیم تهیه شده با روش تبادل یون تأیید شده است [۴۴].

شده به روش اکسیداسیون حرارتی یک افزایش در شدت دو پیک 3442 و 3624 cm^{-1} در ناحیه کششی گروه‌های هیدروکسیل را نشان می‌دهد. این الگوها به دلیل جذب آب در لایه‌های رس می‌باشد. تغییرات دیگر در این ناحیه می‌تواند بدلیل برهم‌کنش‌های هیدروژنی گروه‌های هیدروکسیل مولکول‌های آب با یکدیگر و ارتعاشات کششی گروه‌های هیدروکسیل الیگومرهای Al_2OH قرار گرفته در لایه‌های رس باشد [۲۵]. پیک‌های ظاهر شده شدید دیگر در ناحیه 1052 cm^{-1} به دلیل برهم‌کنش گروه‌های Si-O-Si با اکسیدهای آلومینیم پس از فرآیند اکسیداسیون در لایه‌ها می‌باشد. پیک در 467 cm^{-1} می‌تواند به دلیل ارتعاشات خمشی پیوند Si-O باشد. پیک جذبی در 1637 cm^{-1} به ارتعاشات پیوند (H-O-H) مولکول‌های آب جذب شده بر روی رس اختصاص داده می‌شود. شدت این پیک تغییر کرده است که می‌تواند به تغییرات میزان H_2O و برهم‌کنش آنها با پلی‌کاتیون‌های آلومینیم نسبت داده شود [۳۲].



شکل ۲: طیف زیر قرمز برای (a) رس عمل نشده (b) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش تعویض یون (c) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش اکسیداسیون حرارتی.



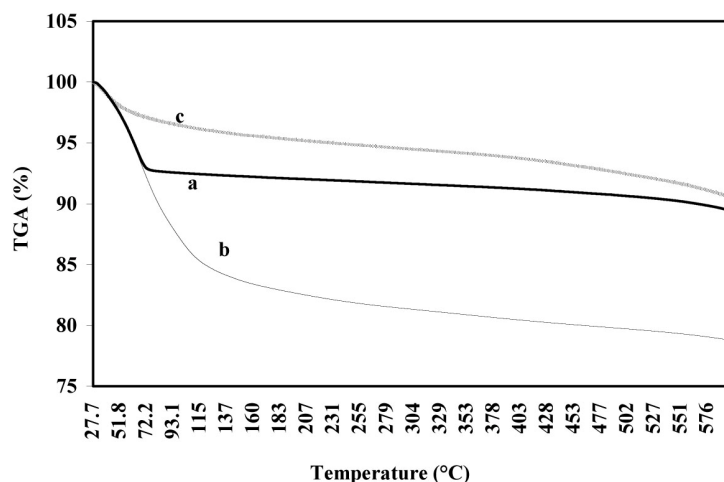
شکل ۳: پراش پرتو ایکس برای (a) رس عمل نشده (b) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش تعویض یون (c) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش اکسیداسیون حرارتی.

۳-۳- خواص حرارتی

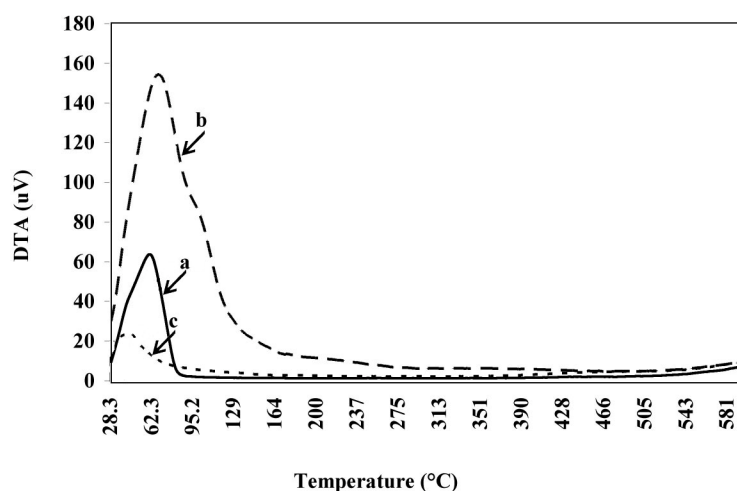
بررسی چگونگی تجزیه حرارتی نمونه‌های رس تحت گاز نیتروژن در محدوده دمایی ۶۰۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد انجام شده است و نتایج در شکل ۴ نشان داده شده است. نمونه‌های رس کاهش وزن زیادی را در ۱۵۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد به دلیل حذف فیزیکی مولکول‌های آب جذب شده نشان می‌دهند. با این حال در دمای بالاتر، کاهش وزن با سرعت کمتری می‌باشد. این کاهش در دماهای بالاتر می‌تواند به دلیل حذف مولکول‌های آب قرارگرفته در بین لایه‌ها و دفع گروه‌های هیدروکسید لایه‌های رس باشد [۳۸]. همان‌طور که می‌توان در شکل ۴ مشاهده کرد، فرآیند تعویض یون آلومینیم در لایه‌های رس تأثیر منفی روی ثبات حرارتی لایه‌های رس با کاهش وزن بالاتر در مقایسه با رس عمل نشده دارد. این می‌تواند به دلیل آزادسازی مولکول‌های آب جذب شده به شکل فیزیکی باشد که میزان آنها به دلیل تعویض یون آلومینیم در لایه‌ها در مقایسه با رس اصلاح نشده بیشتر است. نتایج نشان می‌دهد که روش اکسیداسیون حرارتی مقاومت در برابر حرارت را در رس بهبود می‌دهد. عملیات حرارتی نمونه‌ها بعد از فرآیند اکسید شدن، ساختار رس را در حد معینی تثبیت می‌کند [۴۴-۴۶].

بعد از آماده‌سازی رنگدانه‌های رس-آلومینیم تهیه شده با روش اکسیداسیون حرارتی، پیک در ۸٫۵ درجه (۰۰۱) در مقایسه با رس‌های عمل نشده و رنگدانه‌های رس-آلومینیم تهیه شده با روش تعویض یون ضعیف‌تر و پهن‌تر است. حضور این پیک پهن می‌تواند در نتیجه فرآیند حرارت‌دهی در ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و اکسیداسیون باشد که سبب ناهمگونی لایه‌های رس به دلیل قرارگیری و تشکیل پلی‌هیدروکسیدهای آلومینیم باشد. به علاوه پیک مربوط به این ساختار از یک ترکیب آلومینیم چهار وجهی تشکیل شده است که توسط ۱۲ آلومینیم ۸ وجهی با ساختار $[Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{12}]^{7+}$ احاطه شده است [۴۵].

مطالعات بیشتر توسط نویسندگان دیگر نشان می‌دهد که پلی‌هیدروکسیدهای آلومینیم ممکن است بعد از آبکافت کاتیون‌های آلومینیم روی سطح خارجی صفحات رس به شکل ساختاری بلوری متراکم شوند، در نتیجه هیدروکسیدهای آلومینیم ممکن است به طور ناهمگون تشکیل شوند [۱۹]. فرآیند حرارتی می‌تواند دایمر Al_{13} با ثبات زیاد را به دلیل ابعاد بزرگ پلی‌هیدروکسیدهای آلومینیم تشکیل دهد.



شکل ۴: منحنی‌های TGA برای (a) رس عمل نشده (b) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش تعویض یون (c) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش اکسیداسیون حرارتی.



شکل ۵: منحنی‌های DTA برای (a) رس عمل نشده (b) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش تعویض یون (c) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش اکسیداسیون حرارتی.

حرارتی تشکیل ساختار رنگدانه‌های رس-آلومینیم تهیه شده با روش تعویض یون و اکسیداسیون حرارتی تأیید می‌شود [۳۱، ۳۲].

۳-۴- خصوصیات میکروسکوپی

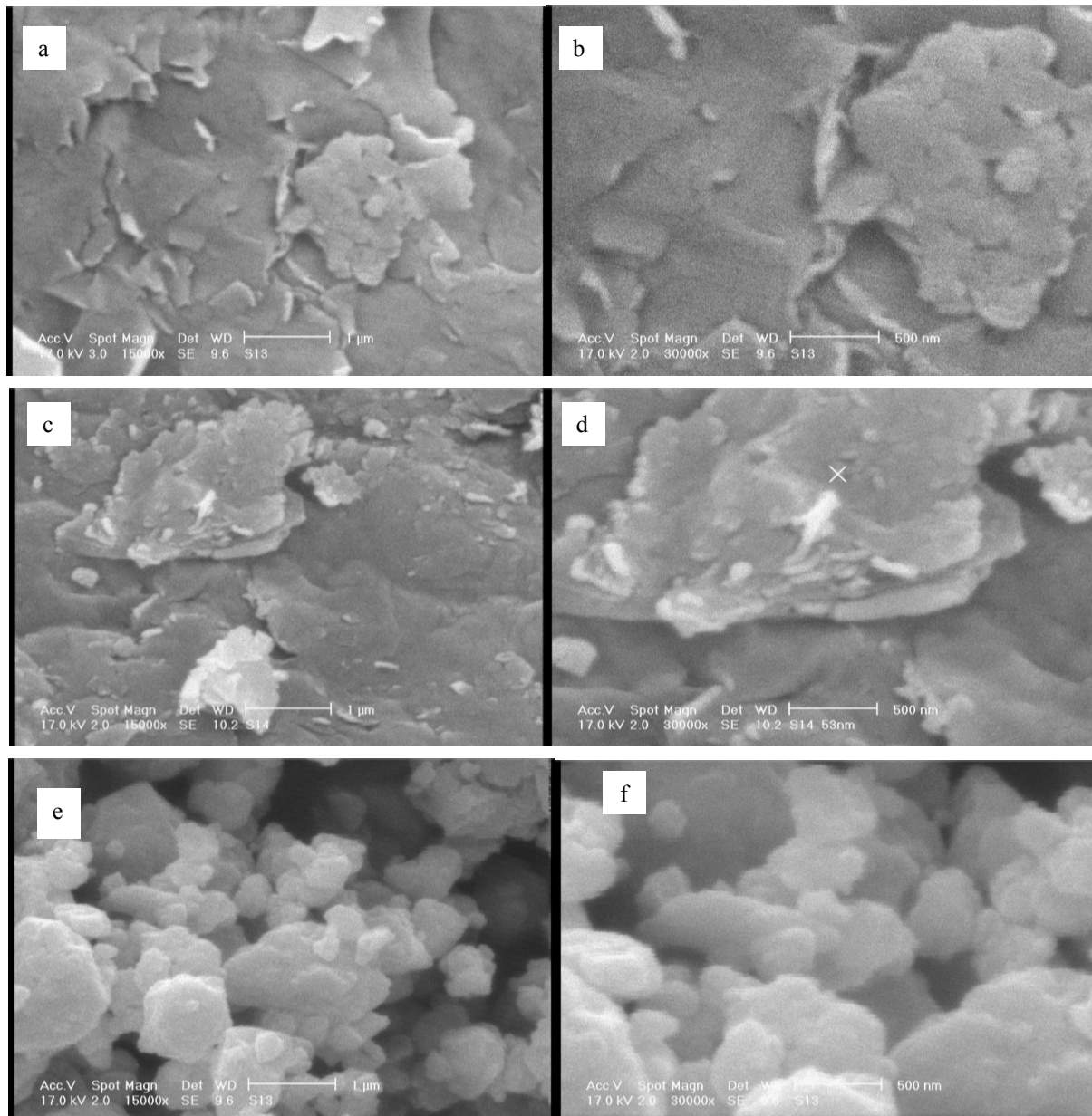
میکروسکوپ الکترونی یکی از بهترین روش‌های مطالعه ریخت‌شناسی مواد معدنی رس است. شکل ۶ تصاویر میکروسکوپی رنگدانه‌های رس-آلومینیم و رس عمل نشده را با ابعاد مختلف نشان می‌دهد. ذرات رس دارای لایه‌های نازک هستند، که نسبت ابعاد زیاد را در قطر کم نشان می‌دهند. این لایه‌ها از صفحات بزرگ تشکیل شده‌اند.

شکل 6c-6d رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش تعویض یون

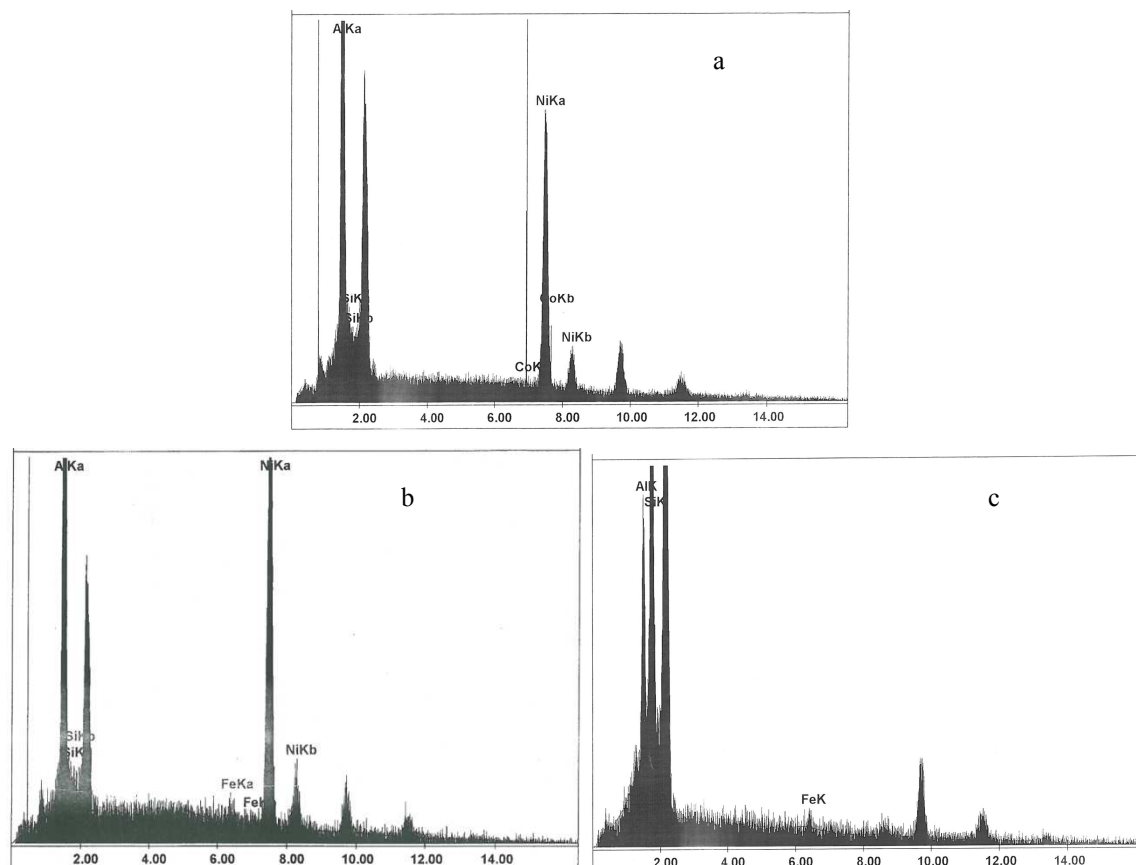
شکل ۵ منحنی‌های حرارتی DTA را برای ذرات رس تهیه شده در این مطالعه نشان می‌دهد. یک پیک گرماگیر در ذرات رس اصلاح نشده در ۶۵ درجه سانتی‌گراد دیده می‌شود که به دلیل کاهش میزان مولکول‌های آب جذب سطحی شده بروی لایه‌های رس می‌باشد. مولکول‌های آب لایه‌های درونی بتدریج با افزایش دما از ۹۰ تا ۳۳۰ درجه سانتی‌گراد حذف شده‌اند. کاهش وزن در دماهای بالاتر از ۵۱۲ درجه سانتی‌گراد برای نانوکامپوزیت آلومینیم رس حاوی ذرات آلومینیم اکسید شده در لایه‌های رس می‌تواند به دلیل آبکافت پلی‌هیدروکسیدهای آلومینیم در رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش اکسیداسیون حرارتی نسبت داده شود. با توجه به نتایج آزمون

مشاهده کرد که رس عمل نشده شامل عناصر نیکل، آلومینیم، کبالت، سیلیسیم و آهن به عنوان عناصر اصلی می‌باشد. فرآیند مبادله یونی موجب افزایش در حجم آلومینیم، آهن و نیکل در ترکیب می‌شود. میزان این عناصر درون ساختار رس ثابت نیست و تحت تاثیر فرآیند اکسید شدن است. افزایش میزان آلومینیم و سیلیسیم در رنگدانه اکسید شده نشان دهنده حضور پلی کاتیون‌های آلومینیم در رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش اکسیداسیون حرارتی می‌باشد [۴۵]. [۴۴].

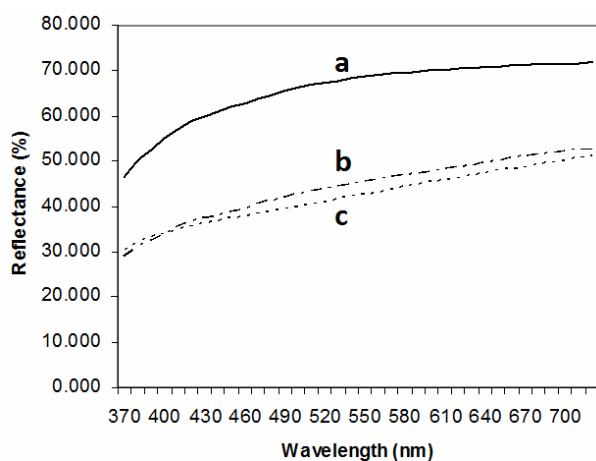
با بافت‌های مختلف سطوح رس را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل 6E-6F نشان داده شده است، سطح رس توسط Al_2O_3 (در حالت اکسید) اشباع شده است. این واضح است که اندازه متوسط آلومینیم اکسید شده حدود ۲۰۰ نانومتر است و ساختار رس به طور قابل توجهی تحت تاثیر عملیات حرارتی است. اسپکترومتر الکترونی تفرق پرتو یک ابزار قوی برای مطالعه عناصر مواد معدنی لایه‌های رس و ذرات آلومینیم اکسید شده در لایه‌های رس می‌باشد و نتایج در شکل ۷ نشان داده شده است. می‌توان



شکل ۶: تصاویر میکروسکوپ الکترونی از (a) رس عمل نشده (scale=1μm)، (b) رس عمل نشده (scale=500 nm)، (c) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش تعویض یون (scale=1μm)، (d) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش تعویض یون (scale=500nm)، (e) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش اکسیداسیون حرارتی (scale=1μm)، (f) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش اکسیداسیون حرارتی (scale=500 nm).



شکل ۷: تصاویر اسپکترومتر الکترونی تفرق پرتو X برای (a) رس عمل نشده (b) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش تعویض یون (c) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش اکسیداسیون حرارتی.



شکل ۸: منحنی‌های انعکاس برای (a) رس عمل نشده (b) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش تعویض یون (c) رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش اکسیداسیون حرارتی.

۵-۳- خصوصیات نوری و رنگی

شکل ۸ طیف انعکاس اندازه‌گیری شده برای رس عمل نشده و همچنین رنگدانه‌های رس-آلومینیم تهیه شده با روش‌های تعویض یون و اکسیداسیون حرارتی را نشان می‌دهد.

همان‌طور که از منحنی‌ها مشاهده می‌شود، انعکاس رس عمل نشده بیشتر از رنگدانه‌های رس-آلومینیم تهیه شده بوده است و از ۷۰-۳۰٪ در ناحیه طیفی در حال تغییر است. افزایش میزان انعکاس رس عمل نشده در مقایسه با ذرات رس اصلاح شده می‌تواند به دلیل ابعاد بزرگ‌تر ذرات رس عمل نشده و افزایش پراکنش تشعشع در محدوده مرئی باشد.

ماده معدنی استفاده شده در این مطالعه به طور عمده حاوی عناصر سیلیسیم و آلومینیم بر پایه ذرات بنتونیت است. سیلیسیم یک عنصر نیمه‌هادی با خواص نوری و ضریب شکست نسبتاً بالا است و سطح آن مقداری از امواج تابیده شده را در سراسر محدوده طیف بین ۴۰۰ و ۷۰۰ نانومتر منعکس می‌کند [۱۲ و ۱۳].

۳-۶- خصوصیات الکترومغناطیس

شکل ۹ و ۱۰ منحنی‌های عبور و انعکاس امواج الکترومغناطیس برای رنگدانه‌های رس-آلومینیم و رس عمل نشده را در محدوده ۸۰۰-۵۰۰ مگا هرتز نشان می‌دهد. می‌توان مشاهده کرد که لایه‌های رس نوسان‌های کمی را در عبور امواج از ۱ تا ۳- دسیبل با تغییرات بسامد نشان می‌دهند. فرآیندهای مبادله یونی و اکسیداسیون حرارتی موجب کاهش انتقال امواج در لایه‌های رس به دلیل قرارگیری ذرات آلومینیم درون لایه‌ها می‌شوند. همان‌طور که در اشکال مشاهده می‌شود رفتار انعکاسی رنگدانه‌های تولید شده از رفتار عبوری آنها شدیدتر است. به این معنی که رنگدانه‌های حاوی آلومینیم با شدت بیشتری امواج الکترومغناطیس را منعکس می‌کنند. منحنی‌های انعکاس، دو پیک شدید در ۵۰۰ و ۷۰۰ دسیبل برای ذرات رس نشان می‌دهند که برای رنگدانه‌های اصلاح شده با آلومینیم ضعیف‌تر است. کاهش شدت منحنی‌ها می‌تواند به رزونانس الکترونی آلومینیم و شکل هندسی سطح رس مرتبط باشد. می‌توان اظهار داشت که مقاومت ظاهری (امپدانس) امواج منعکس شده از رنگدانه‌های رس-آلومینیم متفاوت از رس عمل نشده است. این پدیده مستقل از ضخامت ذرات بوده و در نتیجه خصوصیات الکترومغناطیس ذرات می‌باشد [۵۱]. این به دلیل پدیده یونیزاسیون آلومینیم در رنگدانه‌های سنتز شده بوده که میزان انعکاس امواج در مقایسه با عبور آنها با شدت بیشتری تغییر می‌کند. در این فرآیند در اثر تشعشع امواج الکترومغناطیس، الکترون از لایه داخلی اتم آلومینیم به خارج انتقال یافته و الکترون لایه دیگر جایگزین آن می‌شود که این فرآیند انتقال الکترونی سبب آزاد شدن میزان زیادی از انرژی به شکل فوتون شده و میزان انعکاس نهایی در رنگدانه حاوی آلومینیم در اثر امواج را افزایش می‌دهد. به علاوه در اثر برخورد امواج الکترومغناطیس به سطح رنگدانه‌های رس-آلومینیم تهیه شده به روش تعویض یون، مقداری از انرژی در همان جهت تابش بازگشت نخواهند داشت که منجر به اتلاف امواج و افزایش جذب آنها توسط رنگدانه‌ها می‌شوند [۴۹-۵۱]. برخی محققان ادعا می‌کنند که بخشی از انرژی جذب شده در شکل حرارت از دست می‌رود. به طور کلی، رنگدانه‌های رس-آلومینیم تهیه شده می‌توانند در دسته رنگدانه‌های با قابلیت بالای جذب امواج الکترومغناطیس قرار گیرند که انرژی الکترومغناطیس را به انرژی حرارتی تبدیل می‌کنند [۳۷-۳۵].

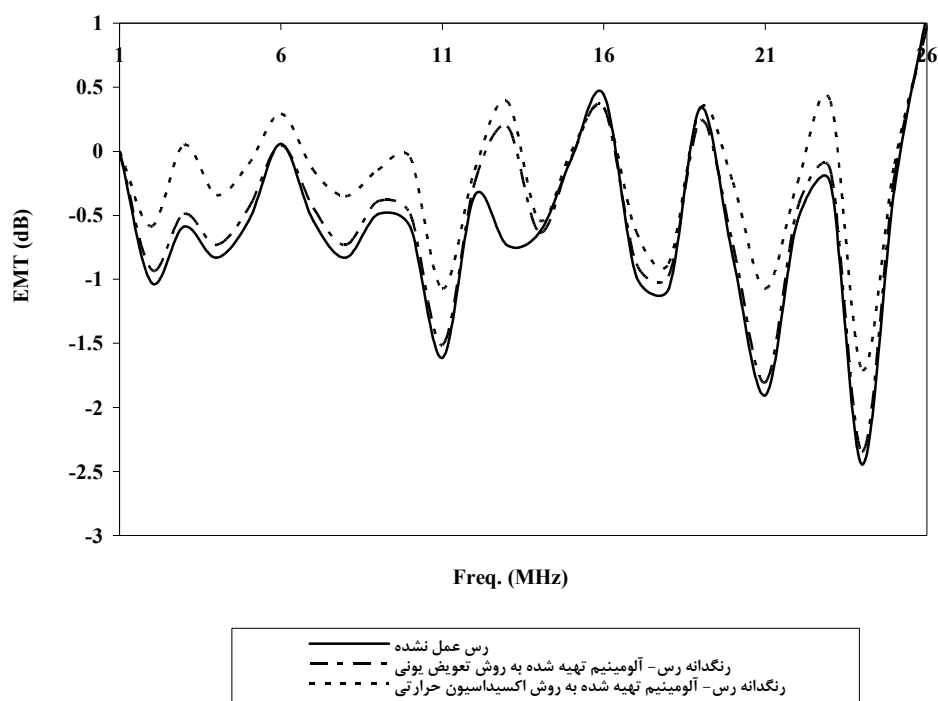
هنگامی که عنصر آلومینیم در لایه‌های رس قرار می‌گیرد، شدت انعکاس نور در ناحیه مرئی کاهش می‌یابد. با این حال، در طول موج‌های کوتاه‌تر از ۵۰۰ نانومتر، کاهش در انعکاس برجسته‌تر است. خصوصیت سطحی رنگدانه‌های رس-آلومینیم تهیه شده از عوامل موثر دیگر بر انعکاس رنگدانه‌های تهیه شده می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده، حضور ذرات آلومینیم در سطح و درون لایه‌های رس سبب کاهش زبری سطح رس به دلیل اندازه کوچک‌تر ذراتش می‌شود همچنین افزایش تجمع ذرات آلومینیم در سطح رس بر رفتار انعکاس آن اثر می‌گذارد [۱۳، ۱۲، ۱]. نتایج به دست آمده حضور ذرات کوچک‌تر آلومینیم در سطح رس را نشان می‌دهد که سبب کاهش پراکنش تشعشع مرئی در سطح رس می‌شود. این نتیجه مطابق با نتایج دیگر به دست آمده از روش طیف‌سنجی زیرقرمز و تصاویر میکروسکوپی می‌باشد.

مقادیر مولفه‌های رنگی L^* ، a^* ، b^* ، C^* و h° رس عمل نشده و رنگدانه‌های رس-آلومینیم تهیه شده در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر رنگی رنگدانه‌ها در فضای رنگی CIELAB مورد بررسی قرار گرفته است که دارای سه محور با مولفه‌های L^* ، a^* و b^* می‌باشند. مولفه L^* بیان‌کننده روشنایی رنگدانه است و می‌تواند مستقل از ته رنگ اندازه‌گیری شود. هرگونه کاهش در روشنایی رنگدانه‌ها می‌تواند به عنوان انعکاس کم ذرات نتیجه شود. مولفه a^* شامل محور قرمز-سبز و مولفه b^* بیانگر محور آبی-زرد است. C^* بیانگر خلوص رنگدانه‌ها است. هرگونه افزایش در C^* رنگدانه‌ها می‌تواند به خلوص بیشتر آن نسبت داده شود [۵۰-۴۷].

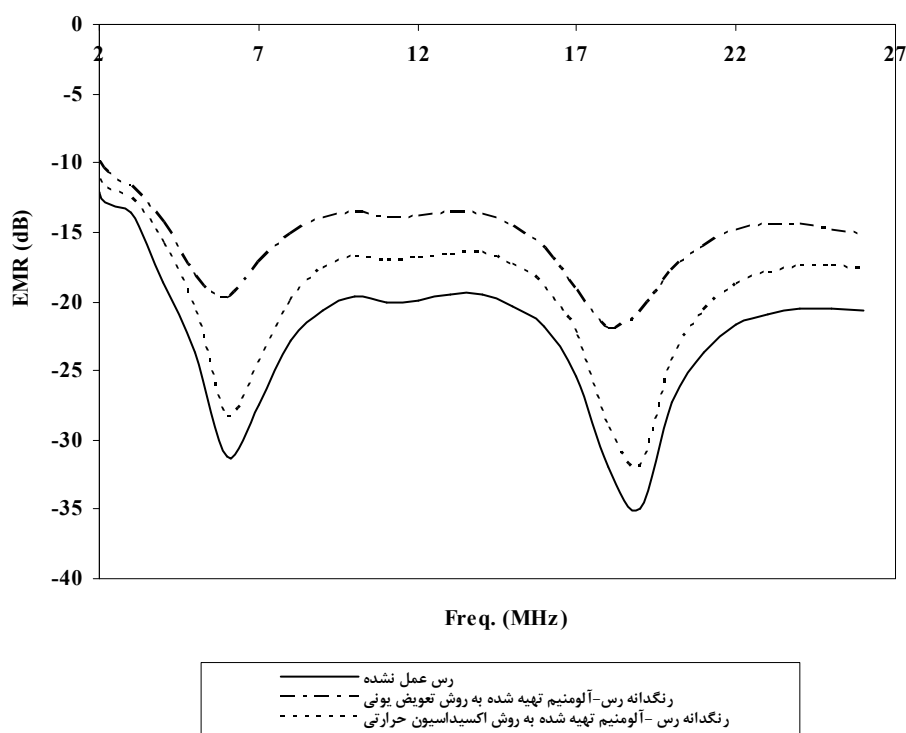
با توجه به نتایج، مقدار روشنایی (L^*) برای ذرات رس بعد از فرآیند اکسیداسیون کاهش یافته است. قرارگیری ذرات آلومینیم درون لایه‌های رس موجب افزایش مقدار خلوص (C^*) در مقایسه با رس عمل نشده می‌شود. کاهش در مقادیر L^* می‌تواند به دلیل خصوصیات نوری ذرات آلومینیم باشد که نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری انعکاس نیز این نتیجه را تأیید می‌کند. به عبارت دیگر، افزایش شفافیت برای رنگدانه‌های تهیه شده با آلومینیم یک مزیت برای کاربردهای مختلف آن می‌باشد. همچنین جدول ۱ نشان می‌دهد که مقادیر a^* و b^* رنگدانه‌های اصلاح شده در مقایسه با رس عمل نشده افزایش یافته است و رنگدانه‌ها به زردی متمایل شده‌اند.

جدول ۱: مختصات‌های رنگی رس عمل نشده و رنگدانه‌های تهیه شده.

نمونه	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
رس عمل نشده	۸۵,۳۹	-۰,۲۲	۷,۶۱	۷,۶۲	-۳۳,۸۸
رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش تعویض یون	۷۱,۹۱	۱,۰۷	۸,۸۶	۸,۹۳	۸۳,۶۰
رنگدانه رس-آلومینیم تهیه شده با روش اکسیداسیون حرارتی	۷۰,۲۴	۱,۸۴	۸,۹۶	۸,۲۰	۷۵,۱۴



شکل ۹: عبور امواج الکترومغناطیس برای رنگدانه‌های رس- آلومینیم و رس عمل نشده.



شکل ۱۰: انعکاس امواج الکترومغناطیس برای رنگدانه‌های رس- آلومینیم و رس عمل نشده.

آزمون اسپکتروفوتومتر انعکاسی نشان می‌دهد که سطح ذرات رنگدانه رس-آلومینیم حاوی ذرات آلومینیم اکسید شده بخشی از پرتو مرئی را منعکس می‌کنند. به علاوه منحنی‌های انعکاسی رنگدانه‌های حاوی آلومینیم کاهش در انعکاس را نشان دادند که این امر می‌تواند به پراکندگی نانوذرات Al_2O_3 و یا تجمع لایه‌های اصلاح شده رس نسبت داده شود. همچنین نتایج نشان می‌دهند که انعکاس لایه‌های رس توسط پلی‌کاتیون‌های آلومینیم کاهش یافته است. با توجه به این پژوهش پیشنهاد می‌شود که رنگدانه‌های رس-آلومینیم تهیه شده در کامپوزیت‌های پلیمری مختلف برای جذب امواج الکترومغناطیس استفاده شوند.

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه، رنگدانه‌های رس-آلومینیم توسط روش پراکنش به طور موفقیت‌آمیزی سنتز شده‌اند. آزمون‌های طیف‌سنجی زیر قرمز و پراش پرتو ایکس برهم‌کنش لایه‌های رس را با پلی‌کاتیون‌های آلومینیم نشان می‌دهند. ذرات رس عمل نشده کاهش وزن زیاد را در دمای پایین‌تر از ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به دلیل دفع مولکول‌های آب جذب شده در اثر حرارت نشان می‌دهند. رنگدانه‌های رس-آلومینیم حاوی ذرات آلومینیم اکسید شده در لایه رس ثبات حرارتی بالاتری را در مقایسه با رس عمل نشده نشان می‌دهند که موجب آبکافت پلی‌کاتیون‌های آلومینیم در رنگدانه می‌شوند. نتایج به دست آمده از

۵- مراجع

- J. Bujdák, Effect of the layer charge of clay minerals on optical properties of organic dyes. A review. *Appl. Clay Sci.* 34(2006), 58-73.
- S. Sinha Ray, M. Okamoto, Polymer/layered silicate nanocomposites: A review from preparation to processing. *Prog. Polym. Sci.* 28(2003), 1539-1641.
- A. Leszczyn'ska, J. Njuguna, K. Pielichowski, J. R. Banerjee, Polymer/montmorillonite nanocomposites with improved thermal properties, Part I: Factors influencing thermal stability and mechanisms of thermal stability improvement. *Thermochim. Acta.* 453(2007), 75-96.
- A. Leszczyn'ska, J. Njuguna, K. Pielichowski, J. R. Banerjee, Polymer/montmorillonite nanocomposites with improved thermal properties, Part II: Thermal stability of montmorillonite nanocomposites based on different polymeric matrixes. *Thermochim. Acta.* 454(2007), 1-22.
- S. S. Pesetskii, S. P. Bogdanovich, N. K. Myshkin, Tribological behavior of nanocomposites produced by the dispersion of nanofillers in polymer melts. *J. Fric. Wear.* 28(2007), 457-475.
- G. Bhat, R. R. Hegde, M. G. Kamath, B. Deshpande, Nanoclay reinforced fibers and nonwovens. *J. Eng. Fiber Fabric.* 3(2008), 22-34.
- J. Njuguna, K. Pielichowski, S. Desai, Nanofiller-reinforced polymer nanocomposites. *Polym. Advan. Technol.* 19(2008), 947-959.
- J. Ma, J. Xu, J. H. Ren, Z. Z. Yu, Y. W. Mai, A new approach to polymer/montmorillonite nanocomposites. *Polymer.* 44(2003), 4619-4624.
- D. Burgentzle', J. Duchet, J. F. Ge' rard, A. Jupin, B. Fillon, Solvent-based nanocomposite coatings: I. Dispersion of organophilic montmorillonite in organic solvents. *J. Coll. Interf. Sci.* 278(2004), 26-39.
- M. Modesti, S. Besco, A. Lorenzetti, V. Causin, C. Marega, J. W. Gilman, D. M. Fox, P. C. Trulove, H. C. De Long, M. Zammarano, ABS/clay nanocomposites obtained by a solution technique: Influence of clay organic modifiers. *Polym. Degrad. Stab.* 92(2007), 2206-2213.
- L. B. D. Paiva, A. R. Morales, F. R. V. Di' az, Optical and electromagnetic characteristics of clay-iron oxide nanocomposites. *Appl. Clay Sci.* 42(2008), 8-24.
- M. Parvinzadeh, S. Moradian, A. Rashidi, M. E. Yazdanshenas, Surface characterization of polyethylene terephthalate/silica nanocomposites. *Appl. Surf. Sci.* 256(2010), 2792-2802.
- M. Parvinzadeh, S. Moradian, A. Rashidi, M. E. Yazdanshenas, Effect of the addition of modified nanoclays on the surface properties of the resultant polyethylene terephthalate/clay nanocomposites. *Polym-Plast Technol.* 49(2010), 874-884.
- M. Xanthos, Interfacial agents for multiphase polymer systems: Recent advances functional fillers for plastics, Wiley: Weinheim, 28 (2005) 1392-1400.
- H. Changwen, L. Danfeng, G. Yihang, W. Enbo, Supermolecular layered double hydroxides. *Chinese Sci. Bull.* 46 (2001), 1061-1066.
- T. Yamaguchi, Y. Sakai, K. Kitajima, Effects of particle size on thermal durability and microporous characteristics for sintered bodies of alumina-pillared fluorine micas. *J. Mater. Sci.* 34 (1999) 5771-76.
- N. N. Binitha, S. Sugunan, Preparation, characterization and catalytic activity of titania pillared montmorillonite clays. *Micropor. Mesopor. Mat.* 93(2006), 82-89.
- Y. S. Shin, S. G. Oh, B. H. Ha, Pore structures and acidities of al-pillared montmorillonite. *Korean J. Chem. Eng.* 20(2003) 77-82.
- R. P. Marinkovic-Neducin, E. E. Kiss, T. Z. Cukic, D. Z. Obadovic, Thermal behavior of Al-, AlFe- and AlCu-pillared interlayered clays. *J. Therm. Anal. Calorim.* 78(2004), 307-321.
- D. T. Karamanis, X. A. Aslanoglou, P. A. Assimakopoulos, N. H. Gangas, An aluminum pillared montmorillonite with fast uptake of strontium and cesium from aqueous solutions. *J. Radioanal. Nucl. Ch.* 242(1999), 3-9.
- M. M. G. Ramos Vianna, J. Dweck, V. F. J. Kozievitch, F. R. Valenzuela-Diaz, P. M. Büchler, Characterization and study of sorptive properties of differently prepared organoclays from a Brazilian natural bentonite. *J. Therm. Anal. Calorim.* 82(2005), 595-602.
- N. R. Sanabria, R. Molina, S. Moreno, Pillared clays with Al-Fe and Al-Ce-Fe in concentrated medium: Synthesis and catalytic activity. *Catal. Lett.* 130 (2009), 664-671.
- L. Chmielarz, P. Kus'trowski, Z. Piwowarska, M. Michalik, B. Dudek, R. Dziembaj, Comparison study of titania pillared

- interlayered clays and porous clay heterostructures modified with copper and iron as catalysts of the DeNOx process. *Top. Catal* 52 (2009), 1017-1022.
24. G. Xianji, H. Wenhua, Y. Qijie, C. Yi, Synthesis of a novel super-microporous layered material and its catalytic application in the vapor-phase Beckmann rearrangement of cyclohexanone oxime. *Chinese Sci. Bull.* 48 (2003), 101-110.
 25. H. Guo, X. Jing, L. Zhang, J. Wang, Preparation of inorganic-organic pillared montmorillonite using ultrasonic treatment. *J. Mater. Sci.* 42 (2007) 6951-55.
 26. D. Tichit, C. Ge'ardin, R. Durand, B. Coq, Layered double hydroxides: precursors for multifunctional catalysts. *Top. Catal.* 39 (2006), 89-96.
 27. A. Takagaki, R. Sasaki, C. Tagusagawa, K. Domen, Nanosheets as highly active solid acid catalysts for green chemical syntheses. *Top. Catal.* 52(2009), 592-596.
 28. E. G. Garrido-Ramírez, B. K. G Theng, M. L. Mora, Clays and oxide minerals as catalysts and nanocatalysts in Fenton-like reactions-A review. *Appl. Clay Sci.* 47(2010), 182-192.
 29. J. T. Klopogge, R. Evans, L. Hickey, R. L. Frost, Characterisation and Al-pillaring of smectites from Miles, Queensland (Australia). *Appl. Clay Sci.* 20(2002), 157-163.
 30. J. Carriazo, E. Gue'lou, J. Barrault, J.M. Tatibouet, R. Molina, S. Moreno, The effect of Fe/Cu ratio in the synthesis of mixed Fe,Cu,Al-clays used as catalysts in phenol peroxide oxidation. *Catal. Today.* 107-108(2005), 126-132.
 31. B. Caglar, B. Afsin, A. Tabak, E. Eren, Determination of adsorptive properties of a Turkish Sepiolite for removal of Reactive Blue 15 anionic dye from aqueous solutions. *Chem. Eng. J.* 149(2009), 242-248.
 32. A. Gil, M. A. Vicente, S. A. Korili, Effect of the Si/Al ratio on the structure and surface properties of silica-alumina-pillared clays. *J. Catal.* 229(2005) 119-126.
 33. A. Itadani, M. Tanaka, T. Abe, H. Taguchi, M. Nagao, Al-pillared montmorillonite clay minerals: Low-pressure CO adsorption at room temperature. *J. Coll. Interf. Sci.* 313(2007), 747-750.
 34. J. D. Sudha, S. Sivakala, R. Prasanth, V. L. Reena, P. Radhakrishnan Nair, Development of electromagnetic shielding materials from the conductive blends of polyaniline and polyaniline-clay nanocomposite-EVA: Preparation and properties. *Compos. Sci. Technol.* 69(2009), 358-364.
 35. K. Lai, R. J. Sun, M. Y. Chen, H. Wu, A. X. Zha, Electromagnetic shielding effectiveness of fabrics with metallized polyester filaments. *Text. Res. J.* 77(2007). 242-246.
 36. D. Yuping, L. Shunhua, G. Hongtao, Investigation of electromagnetic characteristics of polyaniline composites. *J. Compos. Mater.* 40(2006), 1093-1104.
 37. W. S. Chin, D. G. Lee, Characterization of electromagnetic properties of polymeric composite materials with free space method. *J. Compos. Mater.* 41(2007), 403-417.
 38. M. C. Golt, S. Yarlagadda, J. W. Gillespie Jr., Magnetic and dielectric properties of composites consisting of oriented, iron flake filler within a thermoplastic host: Part I. Material fabrication and electromagnetic characterization. *J. Thermoplast. Compos. Mater.* 22(2009), 551-567.
 39. X. Wei, Y. Fu, L. Xu, F. Li, B. Bi, X. Liu, Measurement of the elastic properties and intrinsic strength of monolayer graphene. *J. Solid State Chem.* 321(2008), 385-388.
 40. J. Yu, Q. X. Yang, Magnetization improvement of Fe-pillared clay with application of polyetheramine. *Appl. Clay Sci.* 48 (2010), 185-190.
 41. V. L. Reena, C. Pavithran, V. Verma, J. D. Sudha, Nanostructured multifunctional electromagnetic materials from the guest-host inorganic-organic hybrid ternary system of a polyaniline-clay-polyhydroxy iron composite: Preparation and Properties. *J. Phys. Chem. B.* 114(2010), 2578-85.
 42. C. Bachir, Y. Lan, V. Mereacre, A. K. Powell, C. B. Koch, P. G. Weidler, Magnetic titanium-pillared clays (Ti-M-PILC): Magnetic studies and Mossbauer spectroscopy. *Clay. Clay. Miner.* 57(2009), 433-443.
 43. D. R. Brezinski, An infrared spectroscopy atlas for the coatings industry, Federation of Societies for Coating Technology, 1991.
 44. J. G. Carriazo, M. A. Centeno, J. A. Odriozola, S. Moreno, R. Molina, Effect of Fe and Ce on Al-pillared bentonite and their performance in catalytic oxidation reactions. *Appl. Catal. A: Gen.* 317(2007), 120-128.
 45. M. Cheng, W. Song, W. Ma, C. Chen, J. Zhao, J. Lin, H. Zhu, Catalytic activity of iron species in layered clays for photodegradation of organic dyes under visible irradiation. *Appl. Catal. B: Environ.* 77(2008), 355-363.
 46. J. Chen, L. Zhu, UV-Fenton discolouration and mineralization of Orange II over hydroxyl-Fe-pillared bentonite. *Photochem. Photobio. A: Chem.* 188(2007), 56-64.
 47. M. Parvinezadeh, The Effects of softeners on the properties of sulfur-dyed cotton fibers. *J. Surfact. Deterg.* 10(2007), 219-223.
 48. M. Parvinezadeh, H. Najafi, Textile softeners on cotton dyed with direct dyes: reflectance and fastness assessments. *Tenside Surfact. Deterg.* 45(2008), 13-16.
 49. M. Montazer, M. Parvinezadeh, A. Kiumarsi, Colorimetric properties of wool dyed with natural dyes after treatment with ammonia. *Color. Technol.* 120(2004), 161-166.
 50. M. Rostami, M. Mohseni, Z. Ranjbar, Surface treatment of nano silica with an amino silane: The effect of treating bath pH on the surface chemistry and performance of particle. *J. Color Sci. Tech.* 4 (1389), 71-82 (In Persian).
 51. V. Q. Trung, D. N. Tung, D. N. Huyen, Polypyrrole/Al₂O₃ nanocomposites: preparation, characterisation and electromagnetic shielding properties. *J. Exp. Nanosci.* 4(2009), 213-219.