

بررسی جذب سولفات از محلول سولفات مس به کمک نانوساختار لایه‌ای دو هیدروکسیدی

کاوه خلعت بری^۱، سعید بازگیر^{۲*}، اسماعیل جرجانی^۲

۱- کارشناس ارشد مهندسی فرآوری مواد معدنی، دانشگاه علوم و تحقیقات، kavehkhlatbari@gmail.com

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده فنی و مهندسی

(دریافت ۲۱ فروردین ۱۳۹۰، پذیرش ۲۰ بهمن ۱۳۹۱)

چکیده

در این تحقیق با استفاده از فرآیند هم ترسیبی نمک‌های نیترات منیزیم، نیترات آلومینیوم در محیط بافر کربنات سدیم و هیدروکسید سدیم نانوساختار لایه‌ای دو هیدروکسیدی با نسبت نمک نیترات منیزیم به نیترات آلومینیوم ۲:۱ و ۳:۱ سنتز شد. ویژگی‌های ساختاری و مورفولوژیکی LDH با استفاده از تکنیکهای XRD، SEM و FTIR بررسی شد. با توجه به قابلیت‌های موجود در نانوساختار LDH نظیر ساختار لایه لایه، مساحت سطح ویژه بالای لایه‌ها و بارگیری یون‌های مورد نظر (فقط آنیون) و استعداد تبادل یونی آن، از این ماده برای جذب یون سولفات استفاده شد. به منظور بررسی قابلیت جذب سولفات توسط LDH از محلول سولفات مس استفاده شد. سینتیک جذب و همچنین رفتار تعادلی جذب سولفات مورد مطالعه قرار داده شد. نتایج نشان داد که طی این فرآیند، زمان تعادلی ۹۰ دقیقه (میزان جذب ۳۰/۲۲ میلی گرم بر گرم جاذب)، pH بهینه اسیدی و میزان بهینه جاذب ۰/۵ گرم به دست آمد که پس از تحلیل نتایج و مطابقت با مدل‌های سینتیکی و ایزوترمی، مدل سینتیکی شبه مرتبه اول و مدل ایزوترمی لانگمویر انتخاب شد.

کلمات کلیدی

نانوساختار لایه‌ای دو هیدروکسیدی، سولفات مس، جذب سطحی، سینتیک و ایزوترم، LDH

۱- مقدمه

امروزه در کنار روش‌های شیمیایی و بیولوژیکی مورد استفاده برای تصفیه پساب، تحقیقات وسیعی در خصوص روش‌های تصفیه فیزیکی از جمله روش‌های مبتنی بر جذب سطحی و غشائی در حال انجام است، از طرفی اخیراً فرآیند جذب توسط کربن فعال مطرح شده که در مقیاس وسیعی از آن به عنوان جاذب در زمینه تصفیه آب و پساب استفاده می‌شود. آنالیز پساب حاصل از صنایع معدنی نشان می‌دهد که این گونه پساب‌ها به علت دارا بودن مقدار زیاد و متنوع از مواد معدنی، آنیون‌ها و عناصر سمی جزو خطرناک‌ترین پساب‌های صنعتی به حساب می‌آیند [۱] و سالانه هزینه زیادی برای کاهش این آلودگی‌ها و در نتیجه خطرات ناشی از آن پرداخت می‌شود. با این حال تاکنون روشی با بازدهی بالا و ارزان که به تنهایی بتواند جوابگوی نیاز باشد، شناسایی نشده است. در سال‌های اخیر از بین روش‌های متداول تکنیک‌های جذبی استفاده شده‌اند. در این راستا LDH به عنوان جاذبی که قابلیت جذب آنیون‌ها را از پساب دارد نیز برای جذب آنیون سولفات استفاده شده است [۲].

بر پایه تقسیمات کانی شناسی [۳]، گروهی از کانی‌های اکسیدی و هیدروکسیدی غیر سیلیکاته به ترکیبات شبیه به هیدروآلکیت (HTLC) معروف می‌باشد که مهم‌ترین ویژگی این تیپ مواد، دو هیدروکسیدی بودن، مساحت بالای سطح لایه‌ها و لایه‌ای بودن ترکیب می‌باشد هم چنین دستیابی به فرم لایه‌ای ماده با کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی مشخص شد و هر لایه نیز مجموعه‌ای از چند ده لایه بوده که ضخامت هر لایه در حدود ۱ نانومتر است [۴]. علاوه بر این شکل طبیعی ماده بالا در طبیعت بسیار اندک بوده و فقط در دو کشور وجود دارد که با توجه به کاربردهای فراوان آن در بخش‌های زیست محیطی (تصفیه پساب صنعتی و معدنی و ...)، پزشکی، صنعت (نفت و گاز و غیره)، پلیمر، کاربردهای آتی و غیره در مقیاس آزمایشگاهی تولید می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که در ترکیب ماده مذکور علاوه بر دو هیدوکسید، کاتیون‌های دو و سه ظرفیتی و هم چنین یک و یا دو آنیون موجود است که با توجه به نوع ماده تولیدی ترکیب کاتیون‌ها تغییر می‌کند. از برخی مشخصات اختصاصی آن می‌توان به سیستم تبلور رومبودرال، رنگ سفید و سختی ۲ اشاره نمود و با انجام آنالیز پراش اشعه فرمول عمومی ترکیب به صورت $[M_{1-x}^{2+}M_x^{3+}(OH)_2][X_{x/q}^{q-}.nH_2O]$ بوده که در آن

$([M^{2+} - M^{3+}])$ معرف لایه‌ها و $[X_{x/q}^{q-}.nH_2O]$ معرف ترکیب درون لایه‌ها است.

گزارشات ارائه شده نشان می‌دهد که پارامترهایی نظیر ترکیب، نسبت، میزان و نوع مواد مصرفی، درجه حرارت عمل-آوری حرارتی، کلسیناسیون و درجه حرارت آن، pH محیط آبی می‌تواند در حین تولید بر مورفولوژی این ماده بسیار تاثیر گذار باشند [۵-۹]. همچنین مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که این ماده مستعد تبادل آنیون است و این موضوع باعث شده تا به عنوان یکی از گزینه‌های مهم برای بکارگیری در تصفیه پساب به‌شمار آید [۱۰].

در فرآیند تبادل یونی عناصر هدف بارگیری می‌شوند، هم چنین با توجه به شعاع یونی و رقابت آنیونی، یون قوی‌تر وارد ترکیب شده و آنیون‌های موجود از ترکیب خارج می‌شوند. متغیرهایی همچون، درجه حرارت، غلظت ماده جذب شونده، میزان جاذب مصرفی و زمان در آزمایشات جذب بررسی می‌شوند. پارامترهای فرآیند جذب با توجه به مدل‌های سینتیکی و ایزوترمی قابل بررسی و تحلیل است.

با توجه به ضرورت حفظ محیط زیست و آسیب شناسی‌های زیست محیطی و به تبع آن عدم رعایت از جانب صنایع مختلف، محققین در پی یافتن روش‌هایی برای از بین بردن عوامل مخرب محیط زیست بوده که به سبب آن بتوانند پساب‌ها را نیز تصفیه کنند. روش‌های مرسوم تصفیه پساب‌ها عبارتند از: تبادل یونی، فیلتراسیون، اکسیداسیون و اسمز معکوس. به سبب پتانسیل‌های موجود در این نانوساختار و به جنبه نو بودن ترکیب و قابلیت‌های استفاده آن در تصفیه پساب صنایع به خصوص پساب‌های معدنی، در تحقیق حاضر از LDH به عنوان جاذب برای جذب آنیون سولفات در پساب‌های معدنی به کار گرفته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

برای سنتز LDH از نمک‌های $Mg(NO_3)_2.6H_2O$ و $Al(NO_3)_3.9H_2O$ و همچنین $NaOH$ و Na_2CO_3 جهت ساخت بافر استفاده شد. مواد فوق همگی از مرتبه‌های آزمایشگاهی بوده و ساخت شرکت مرک می‌باشند. برای بررسی واکنش تبادل یونی LDH سنتزی سولفات مس دو آب نیز استفاده شد. لازم به ذکر است که حلال مورد استفاده در انجام واکنش تبادل یونی مربوط به سولفات، آب دیونایز است. به منظور بررسی ویژگی‌های کانی شناسی و مورفولوژیکی از آنالیزهای پراش اشعه ایکس،

که در آن N ، عدد آووگادرو : 6.22×10^{23} ، پارامتر سلول بر حسب نانومتر و M وزن مولکولی واحد فرمول است.

۲-۲-۳- آزمایش‌های جذب

به منظور بررسی اثر جذب سولفات بر جاذب LDH ، پارامترهای میزان جاذب ، زمان جذب ، غلظت سولفات بررسی شد.

در آزمایشات بررسی اثر زمان جذب ، محلول‌هایی حاوی ۰/۰۸ گرم بر لیتر سولفات مس در ۱۰۰ سی سی آب ، ۰/۵ گرم جاذب ، در pH اسیدی و با زمانهای اختلاط ۱۵ ، ۴۵ ، ۷۰ ، ۹۰ و ۱۵۰ دقیقه تهیه کرده سپس محلول‌ها توسط شیکر با ۶۰۰ دور بر دقیقه هم زده می‌شود .

به منظور بررسی اثر غلظت یون سولفات در فرآیند جذب ، غلظت‌های ۰/۱۲ ، ۰/۲ ، ۰/۲۸ ، ۰/۳۶ و ۰/۴۴ گرم بر لیتر سولفات مس استفاده شد. بدین ترتیب ۵ محلول به حجم ۱۰۰ سی سی حاوی غلظت‌های فوق به همراه ۰/۵ گرم جاذب در pH اسیدی تهیه شد و سایر شرایط مشابه آزمایشات بالا اعمال می‌شود.

لازم به ذکر است در تمامی مراحل فوق پس از اتمام آزمایش‌ها ، محلول با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ فیلتر شده و در نهایت به منظور تعیین میزان سولفات موجود قبل و بعد از فرآیند جذب ، از دستگاه اسپکتروفوتومتری جذبی مربوط به شرکت VARIAN ، مدل CARY 100 ، ساخت کشور آمریکا استفاده شد.

پس از اینکه طول موج با بیشترین جذب (λ_{max}) توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر تعیین شد ، خطی بودن معادله بیر-لامبرت توسط رابطه ای بین غلظت و جذب محلول‌های حاوی سولفات رقیق شده نیز تأیید شده است . پس از قرائت عدد موج توسط دستگاه ، با توجه به نمودار کالیبراسیون ، مشخص شدن طول موج ماکزیمم ، میزان جذب سولفات توسط جاذب (LDH) بر حسب میلی گرم بر گرم جاذب با توجه به رابطه ۳ به دست می‌آید [۱۳] :

$$q = \frac{(C_0 - C)V}{m} \quad (3)$$

که در این رابطه C_0 و C به ترتیب غلظت اولیه و نهایی یون سولفات بر حسب میلی گرم بر لیتر ، V حجم محلول مورد نظر بر حسب لیتر ، m وزن جاذب بر حسب گرم است.

در تجزیه و تحلیل فرآیندهای جذب سطحی، معادله ای برای بیان رابطه تعادل بین مقادیر جذب شده و غلظت فاز سیال

میکروسکوپ الکترونی روبشی و طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز استفاده شد و نتایج آن‌ها مورد مطالعه و تحلیل قرار گرفت.

۲-۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تولید LDH

برای سنتز LDH ابتدا محلول نمک‌های نیترات منیزیم و نیترات آلومینیوم ساخته و تحت pH ثابت و کنترل شده توسط بافر، فرآیند هم ترسیبی انجام شد . در این فرآیند پس از این که اولین قطره از محلول B (ترکیب نمک کربنات سدیم و هیدروکسید سدیم) به محلول A (ترکیب محلول نمک نیترات منیزیم و نیترات آلومینیوم) اضافه می‌شود سریعاً واکنش انجام شده و ذرات ریز کلونیدی تشکیل می‌شود که در اصطلاح به آن جوانه زدن گویند و در واقع نطفه اصلی نانو ساختار LDH در این مرحله شکل می‌گیرد، سپس محلول ترکیبی فیلتر ، در دمای محیط خشک شده و در نهایت محلول صاف شده را درون کوره با دمای بالا قرار داده و آب پیوندی آن از بین می‌رود.

۲-۲-۲- تشخیص ویژگی‌های LDH

با استفاده از XRD مدل SEIFERT 3003 PTS ساخت کشور آلمان قابلیت شناسایی فرمول شیمیایی و ساختار بلورین وجود دارد ، به کمک SEM مدل LEO 440i ساخت کشور انگلیس نیز حالت لایه ای ماده شناسایی گردید و گروه-های عاملی و پیوندهای تشکیل شده و محدوده آن‌ها با FTIR مدل NEXUS 870 ساخت کشور آمریکا مورد بررسی قرار گرفت. قابلیت تبادل آنیون (AEC) نانو ساختار LDH مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به رابطه ۱ میزان تبادل آنیونی بدست می‌آید [۱۱]:

$$AEC = \frac{x10^5}{FW} (cmol/kg) \text{ یا } meq/100g \quad (1)$$

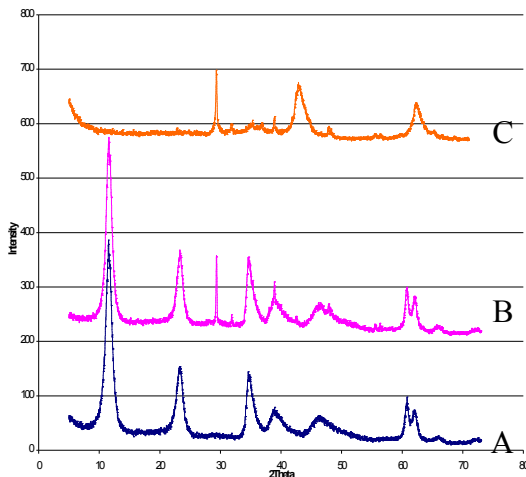
که در آن FW ، وزن فرمولی می باشد که برابر با $(M_{M^{2+}} + 46) + x(M_{M^{3+}} + M_X - M_{M^{2+}})$ بوده و x وزن نسبی کاتیون سه ظرفیتی به مجموع وزن تمام کاتیون‌ها است.

مساحت سطح مخصوص لایه ها که یکی دیگر از ویژگی‌های اختصاصی LDH است از رابطه ۲ به صورت زیر محاسبه می‌شود [۱۲]:

$$S = a^2 \sqrt{3} 10^{18} N/M \left(\frac{m^2}{g}\right) \quad (2)$$

گردید. همانطور که اشاره شد با اعمال فرآیند کلسیناسیون و حذف آب میان لایه ای از ترکیب، وزن نمونه به نصف کاهش می یابد [۱۶].

همانطور که مطرح شد میزان تبادل آنیونی و مساحت سطح ویژه لایه ها که دو ویژگی مهم LDH می باشد که با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه شد و به ترتیب ۳۴۷ سانتی مول بر کیلوگرم (یا میلی اکی والان بر ۱۰۰ گرم) و ۲۸۳/۲ متر مربع بر گرم به دست آمد که منابع مختلف نیز مؤید این مطلب می باشند [۱۱، ۱۲].



شکل ۱: نمودار های XRD، A مربوط به نمونه عمل آوری نشده، B مربوط به نمونه عمل آوری شده و C مربوط به نمونه عمل آوری و کلسینه شده

۲.۳. اثر میزان جاذب بر روی جذب سولفات

همانطور که در بالا به آن اشاره شد برای بررسی تأثیر مقدار LDH بر جذب، یکسری آزمایش جذب آنیون بر روی نمونه کلسینه شده انجام داده شد. در این آزمایشات بجز مقدار ماده جاذب تمامی عوامل ثابت نگه داشته شدند. نتایج حاصل از این آزمایشات نشان داد که بیشترین میزان جذب سولفات حدوداً ۲۰ میلی گرم به ازای گرم جاذب بوده که آن هم زمانی اتفاق افتاد که مقدار جاذب ۰/۵ گرم بوده است. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود با افزایش مقدار جاذب تا ۰/۵ گرم میزان جذب افزایش می یابد و بیشتر از آن تغییر چندانی در میزان جذب مشاهده نمی شود. این موضوع را می توان ناشی از ساختار لایه ای LDH، همانطور که از تصاویر SEM مشاهده می شود و همچنین فرآیند تبادل یونی و تورم لایه ها دانست. لازم به ذکر است که تبادل یونی از سطح یک تجمع LDH شروع شده و پس از اشباع لایه

مورد نیاز است که ایزوترم جذب نامیده می شود. ایزوترم های جذب در مدل های ریاضی مختلف نمایش داده می شوند [۱۴]. بعضی بر پایه تصویر فیزیکی (تئوری) از عمل جذب سطحی بنا شده اند در حالیکه بعضی پایه تجربی دارند.

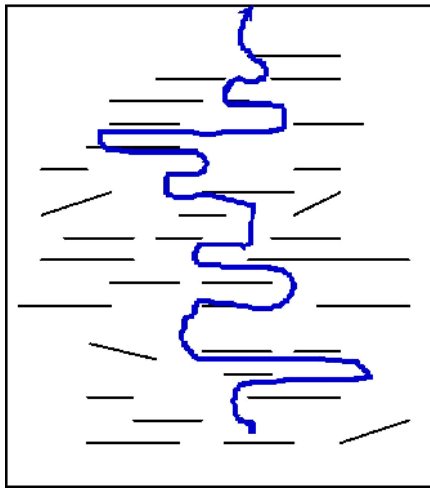
۳. نتایج و بحث

۳.۱. تعیین ویژگی های کانی شناسی و مورفولوژیکی LDH در شکل ۱ طیف های پراش اشعه ایکس (XRD) مربوط به نمونه های عمل آوری نشده (A) و عمل آوری شده (B) نشان داده شده اند. همان طور که مشاهده می شود این طیف ها تا حدود زیادی شبیه به هم بوده و اغلب پیک های به دست آمده و زوایای مربوط منطبق بر هم می باشند و با مراجعه به آرشیو دستگاه و مطابقت پیک ها به نظر می رسد فرمول شیمیایی $Mg_6Al_2CO_3(OH)_{16} \cdot 4H_2O$ مناسب ترین گزینه باشد. با استفاده از رابطه شرر (رابطه ۴)، می توان ابعاد کریستال ها را بر حسب نانومتر به دست آورد. در این رابطه λ طول موج اشعه ایکس که برابر با ۰/۱۵۴ نانومتر بوده، θ زاویه انکسار، $\beta_{1/2}$ عرض کلی در نصف شدت ماکزیمم و K ثابت و برابر با ۰/۹ (پرتو افکنی $CuK \alpha$) می باشد [۱۵].

$$D_{hkl} = \lambda k / \beta_{1/2} \cos \theta \quad (4)$$

پس از محاسبه ابعاد بلور نمونه عمل آوری نشده و عمل آوری شده به ترتیب ابعاد ۲۸/۶۵ و ۵۰ نانومتر حاصل گردید که این اختلاف فاحش را می توان به فرآیند عمل آوری حرارتی نمونه ها نسبت داد و به تبع آن فاصله لایه به میزان اندکی نیز افزایش می یابد که این میزان در مورد نمونه عمل آوری نشده ۰/۷۶ نانومتر و در مورد نمونه عمل آوری شده ۰/۷۸ نانومتر می باشد. با توجه به افزایش ابعاد بلورها که منجر به افزایش مساحت سطح لایه ها می گردد شرایط مناسبی برای فرآیند جذب مهیا می شود.

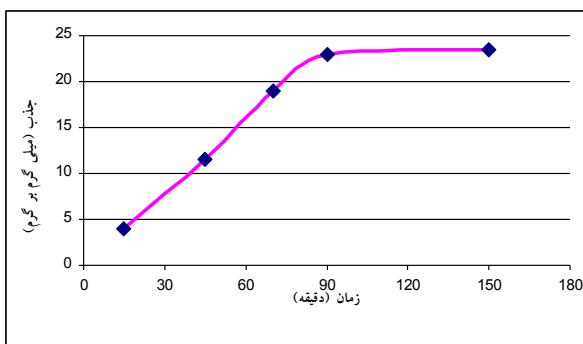
پس از کلسینه کردن نمونه شکل ۲-C، ساختار بلورین ترکیب به هم ریخته و پیک های مشخصه LDH مشاهده نمی شوند. همانطور که از طیف مربوطه مشاهده می شود فاصله لایه ها به شدت کاهش یافته و از مقدار ۰/۷۶ به ۰/۳ نانومتر تقلیل یافته است که این موضوع ناشی از خروج آب بین لایه ای می باشد. با مراجعه به آرشیو دستگاه، مشابه حالت عمل آوری نشده فرمول واحدی برای ترکیب که بیانگر مشخصات کلی LDH باشد نیز یافت نشد، ولی با مطابقت پیک های حاصله و با توجه به مقالات متعدد در زاویه $2\theta = 42.9^\circ$ عناصر MgO و $MgAl_2O_4$ شناسایی



شکل ۳: نحوه نفوذ آنیونها به درون تجمع

برای بررسی بیشتر رفتار تابع زمان جذب سولفات بر روی LDH نمودار تغییرات جذب با مدل های جذب سینتیکی شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم مطابقت داده شد. با توجه به مقادیر R^2 در جدول ۱ می توان دریافت که مدل شبه مرتبه اول برای بررسی سینتیک جذب، مدل موفق تری است. پس از محاسبه مدل مذکور این نتیجه حاصل می شود که مقادیر Q_e واقعی (۲۳ میلی گرم بر گرم جاذب) به مقادیر Q_e محاسبه شده توسط مدل فوق نزدیکتر بوده که این مقدار به مقدار Q_e به دست آمده برای مدل شبه مرتبه اول نزدیک تر (۳۰/۲۲ میلی گرم بر گرم جاذب) است.

با توجه به داده های فوق مدل سینتیکی شبه مرتبه اول انتخاب شد. مدل سینتیکی شبه مرتبه اول به صورت رابطه ۵ تعریف می شود [۱۳]:

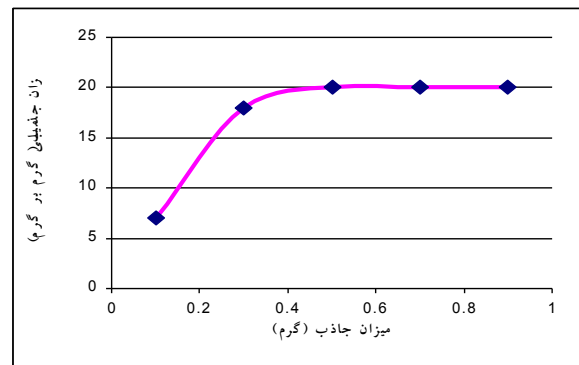


شکل ۴: تغییرات زمان در مقابل میزان جذب

$$\frac{dQ_t}{dt} = k(Q_e - Q_t) \quad (5)$$

که در آن Q_e و Q_t به ترتیب میزان ماده جذب شده به ازای واحد وزن جاذب در حالت تعادلی و میزان ماده جذب شده در

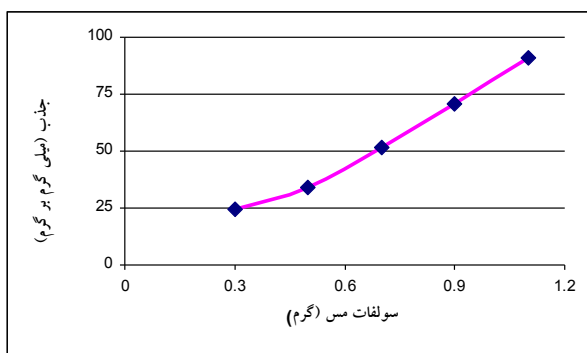
های نزدیک به سطح آنیونها به لایه های درونی نفوذ می نمایند. با افزایش مقدار LDH تجمع آنها بیشتر شده و نفوذ آنیونها به درون ساختار ، و همانطور که در طرح شماتیک شکل ۳ مشاهده می شود، به دلیل طولانی تر شدن مسیر انتقال جرم به کندی صورت می پذیرد و این موضوع باعث می گردد که LDH موجود در لایه های داخلی از تبادل آنیونی محروم گردند و یا تبادل آنها مستلزم زمان بسیار زیادی باشد. از طرفی با تبادل لایه های رویی ، یک اجتماع و اشباع ایجاد شده و آن نیروی محرکه برای این تبادل که وابسته به گرادیان غلظت نیز می باشد کم تر شده و این امر نیز به کاهش تبادل با افزایش مقدار ماده جاذب کمک می کند.



شکل ۲: تغییرات مقدار جاذب در فرآیند جذب

۳.۳. تأثیر زمان بر جذب سولفات به کمک LDH

شکل ۴ تغییر میزان جذب رنگزا بر روی LDH را با گذشت زمان نشان می دهد. در این شکل مشاهده می شود که زمان تعادلی برای واکنش جذب ۹۰ دقیقه می باشد که در این حالت میزان جذب ۲۳ میلی گرم بر گرم جاذب است.



شکل ۵: تغییرات میزان سولفات در برابر میزان جذب

ایزوترم لانگمویر جذب تک لایه ای داشته و فرآیند جذب در سایت های هموزن (یکسان) مخصوص در داخل ساختار جاذب انجام می شود. نکته جالب در ایزوترم فوق اینک، به محض ورود یک مولکول دیگر در سایت، هیچ گونه تغییری در جذب (در همان سایت) رخ نمی دهد. یکی از فرضیات این روش این است که ماده جاذب از لحاظ ساختاری هموزن بوده و سطح همگن باشد، یعنی انرژی جذب سطحی در همه سایت ها ثابت و یکسان باشد.

جدول ۲: پارامترهای مربوط به مدل های لانگمویر، فروندلیچ و

تمکین

| مقدار | مدل جذب | |
|-------------------|----------|----------|
| ۰/۸۳۵۸ | R^2 | لانگمویر |
| $۲۰۴ (mg/g)$ | Q | |
| $۰/۰۰۵۷ (dm^3/g)$ | b | |
| ۰/۸۱۱۷ | R^2 | فروندلیچ |
| $۱/۱۲ (dm^3/g)$ | K_f | |
| ۱/۰۶۴ | n | |
| ۰/۷۰۵۹ | R^2 | تمکین |
| ۰/۰۶۳ | K_{TC} | |
| $۵۶/۴۳ (dm^3/g)$ | b | |

۴. نتیجه گیری

نتایج مربوط به آنالیز های تشخیص و شناسایی نانوساختار LDH نشان داد که با توجه به ویژگی های مهمی که در آن وجود دارد، می توان در فرآیندهای تبادل آنیونی از آن استفاده کرد. با استفاده از روش پراش اشعه ایکس، میکروسکوپ الکترونی روبشی و طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز به ترتیب ویژگی هایی نظیر فرمول شیمیایی کلی

زمان t بر حسب میلی گرم بر گرم، k ثابت سینتیک جذب بر حسب بر دقیقه و t زمان بر حسب دقیقه است. تغییرات غلظت یون سولفات نسبت به زمان متناسب با غلظت سولفات است و این بدان معنی است که هرچه غلظت اولیه سولفات بیشتر باشد در نتیجه نرخ تغییر غلظت یون سولفات نسبت به زمان افزایش می یابد. همانطور که در شکل ۵ مشاهده می شود هرچه غلظت سولفات جذب شده بیشتر باشد، سرعت جذب بالاتر است که این مطلب تا حدی صادق است چرا که پس از طی زمانی، میزان جذب ثابت می شود.

جدول ۱: پارامترهای مربوط به مدل های سینتیک جذب مرتبه اول

و دوم

| مقادیر بر حسب | مدل سینتیک جذب | |
|-----------------------|----------------|-----------|
| ۰/۹۴ | R^2 | مرتبه اول |
| $۳۰/۲۲ (mg/g)$ | Q_e | |
| $۰/۰۲۷۳ (1/min)$ | K_1 | |
| ۰/۷۱۲ | R^2 | مرتبه دوم |
| $۵۲/۳۶ (mg/g)$ | Q_e | |
| $۰/۰۰۰۱۲ (mg/mg.min)$ | K_2 | |

۳-۴- اثر غلظت سولفات بر فرآیند جذب

با انجام آزمایش های مربوط به تغییر غلظت سولفات که در شرایط تعریف شده در بالا مطرح شد، رفتار جذبی سولفات با توجه به تغییر غلظت ها نیز مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که در شکل ۶ مشاهده می شود نمودار میزان جذب صعودی است. در بررسی مدل های متناسب با داده های مربوط به غلظت سولفات، مدل های لانگمویر، فروندلیچ و تمکین بیشترین ضریب همبستگی را با توجه به داده های موجود داشته هم چنین با توجه به مقادیر R^2 که در جدول ۲ آورده شده می توان دریافت که مدل لانگمویر با داشتن بیشترین R^2 برای بررسی ایزوترم جذب، موفق ترین مدل است.

- Physics and Chemistry of Solids, 65, pp. 487-492.
- [7] Kentaro, O., Nobuo, I., Takayoshi, S., 2007, Factors affecting the crystal size of the MgAl-LDH (layered double hydroxide) prepared by using ammonia-releasing reagents. Applied Clay Science, 37, pp. 23-31.
- [8] Zubitur, M., Gomez, M.A., Cortzar, M., 2009, Structural characterization and thermal decomposition of layered double hydroxide/poly(p-dioxanone) nanocomposites. Journal of Polymer Degradation and Stability, 94, pp. 804-809.
- [9] Olf, H.W., Torres-Dorante, L.O., Eckelt, R., Kosslick, H., 2009, Comparison of different synthesis routes for Mg-Al layered double hydroxides (LDH): Characterization of the structural phases and anion exchange properties. Journal of Applied Clay Science, 43, pp. 459-464.
- [10] Kang, M., Hyung, M., Sangchun, Lee., Seung, Ho., Kwang, J., 2005, Layered Double Hydroxide and its Anion Exchange Capacity. Journal of Material, OARS, Volume 1,.
- [11] Miyata, S., Anion-exchange properties of hydrotalcite-like compounds. Clays and Clay Minerals, 1983, 31, pp. 305-311.
- [12] Delarco, M., Rives, V., Trujillano, R., 1994, Surface and textural properties of hydrotalcite like materials and their decomposition products. Studies in Surface Science and Catalysis, 87, pp. 507-515.
- [13] Boubberka, Z., Khenifi, A., Ait Mahamed, H., Haddou, B., Belkaid, N., Bettahar, N., Derriche, Z., 2009, Adsorption of Supranol Yellow 4 GL from aqueous solution by surfactant-treated aluminum/chromium-intercalated bentonite. Journal of Hazardous Materials, 162, pp. 378-385.
- [14] Islam, S., 2006, Investigation of oil Adsorption capacity of granular organo clay media and the kinetics of oil removal from oil - in - water Emulsion. Texas A&M University USA.
- و جزئی ترکیب، ابعاد بلورها و افزایش ابعاد آن‌ها در اثر فرآیند عمل آوری حرارتی، ساختار لایه ای ترکیب که هر لایه مجموعه ای از چند ده لایه بوده، مساحت سطح مخصوص لایه‌ها و پیوند های موجود در سیستم شناسایی شد. ویژگی های مورفولوژیکی و ساختاری این ماده باعث شده تا در جذب آنیون‌ها به شدت تمایل نشان دهد. براین اساس با توجه به لزوم حذف آنیون های خطرناک پساب هاب معدنی، با استفاده از نانوساختار LDH در جذب آنیون های مورد هدف به کار گرفته شد. متغیرهایی نظیر میزان جاذب، زمان جذب و غلظت رنگزا مورد بررسی قرار گرفتند که بیشترین میزان جذب در شرایط pH اسیدی، میزان جاذب ۰/۵ گرم و زمان تعادلی ۹۰ دقیقه حاصل شد.

منابع

- [1] Anthony, R. A., Philip C. A., Peter C. J., Leone, S., Daniel, N., Warwick, R., Nafty V., 2007, Adsorption and intercalation of Acid Blue 9 on Mg-Al layered double hydroxides of variable metal composition. Journal of Polyhedron, 26, pp. 3479-3490.
- [2] Legrouri, A., Badreddine, M., Barroug, A., de Roy, A., Besse, J.-P., 1999, Influence of pH on the synthesis of the Zn-Al-nitrate layered double hydroxide and the exchange of nitrate by phosphate ions. Journal of Materials Science Letters, 18, pp. 1077-1079.
- [3] Newman, A.C.D., 1987, Chemistry of Clays and Clay Minerals. Wiley-Interscience, New York.
- [4] Lopez-Salinas, E., Abasolo, J.A., Acosta, D.R., 1998, Electron microscopy studies of a gallium substituted synthetic hydrotalcite-like compound. Proceedings of the 14th International Congress on Electron Microscopy, Cancun, Mexico, vol. 3. Institute of Physics Publishing, Bristol, pp. 339-340.
- [5] Roy A, Forano C, 2001, Besse JP In: Rives V (ed) Layered Double Hydroxides: Present and Future. Nova Science Publishers Inc, New York, , p. 8.
- [6] Ma'rcio, J., Fabiano, S., Jairo, T., Joa, o., 2004, Effects of pH, temperature, and ionic strength on adsorption of sodium dodecylbenzenesulfonate into Mg-Al-CO₃ layered double hydroxides. Journal of

- [16] Antonio, V., Marianna, P., Vincenza, C., Jun, Z., Massimo, P., 2009 , Sorption / desorption of arsenate on/from Mg–Al layered double hydroxides: Influence of phosphate., Journal of Colloid and Interface Science, 333, pp.63-67.
- [15] Oriakhi, C.O., Faar, I.V., Lerner, M.M. 1997, Thermal characterization of poly (styrene sulfonate)/layered double hydroxide nanocomposites. Clays and Clay Minerals, 45, pp. 194-202.