وزارت علوم تحقیقات و فناوری

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی معدن

مطالعه روش های بهبود مکانیسم جذب در نانو رس ها

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی معدن گرایش فرآوری مواد معدنی

شیما برکان

استاد راهنما:

دکتر غلامرضا کریمی

استاد مشاور:

دکتر علی فضلوی

بهمن ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

در آغاز ایستاده ایم و به آغاز می نگریم

کلمه نزد خدا بود که بر زبان ما جاری شد

و

پاک ترین آفریدنی انسان همین کلمه شد...

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم که همواره باحمایت های دلگرم-

کننده ی خود مشوق من بوده اند.

سپاس و قدردانی

در اینجا لازم می دانم از زحمات و یاری

استاد راهنمای گرامی جناب آقای دکتر غلامرضا کریمی که همواره مرا مورد لطف و راهنمایی خویش قراردا ده اند ؛

استاد مشاور گرامی جناب آقای دکتر علی فضلوی به دلیل حمایت های پر لطفشان

و جناب آقای دکتر محمد حسین احمدی ازغندی به جهت راهنمایی ها و کمک های بی دریغشان

کمال سپاسگزاری را داشته باشم.

و در ادامه از تمام کسانی که مرا در گردآوری این پایان نامه یاری نموده اند تشکر می نمایم.

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

معاونت آموزشی – مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم تاییدیه‌ی هیأت داوران جلسه‌ی دفاع از پایان‌نامه/رساله (فرم شماره ۳۰)

بدین وسیله گواهی میشود جلسه دفاعیه از پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری.....

..... دانشجوی رشته ..... گرایش .....

تحت عنوان ..... در

تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۹ در دانشگاه برگزار گردید و این پایان نامه/رساله با نمره به عدد ۱۹/۰۰ و به حروف نوزده با

درجه ..... مورد تایید هیئت داوران قرار گرفت.

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبه‌ی دانشگاهی	دانشگاه یا مؤسسه	امضا
۱	استاد راهنما	دکتر علیرضا کریمی			
۲					
۳	داور داخلی	دکتر عزت‌الله منصوری			
۴					
۵	نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمدمهدی شهرآبی			

* در صورت وجود استاد راهنمای دوم برای پایان نامه/ رساله، یک ردیف با عنوان استاد راهنمای دوم، ذیل ردیف استاد راهنما اضافه شود.

تذکر: این برگه پس از تکمیل توسط هیات داوران، در پایان نامه/رساله درج می گردد.

*** با احتساب ۱ نمره مربوط به امتیاز مقاله ها، نمره این پایان نامه بیست گردید.**

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب شیما کیان دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد در رشته مکانیک جامدات گرایش مواد مرکب که در تاریخ ۹۲/۱۱/۲۹ از پایان نامه ی خود تحت عنوان بررسی رفتار خمشی تیرهای ساندویچی با هسته پلیمری و رویه های کامپوزیتی با کسب درجه ی عالی دفاع کرده ام، شرعا و قانونا متعهد می شوم:

۱. مطالب مندرج در این پایان نامه، حاصل تحقیق و مطالعه اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و غیره استفاده کرده ام، با رعایت کامل امانت ، مطابق مقررات، اقدام به ارجاع در متن و ذکر آن در فهرست منابع و مآخذ نموده ام.

۲. تمامی یا بخشی ازاین پایان نامه قبلا برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی به سایر دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است.

۳. مقالات مستخرج ازاین پایان نامه کاملا حاصل کار اینجانب بوده و از هرگونه جعل داده و یا تغییر اطلاعات پرهیز کرده ام.

۴. از ارسال همزمان و یا تکراری مقالات مستخرج ازاین پایان نامه (با بیش از ۳ درصد همپوشانی) به مجلات و یا همایش های گوناگون خودداری نموده و می نمایم.

۵. کلیه حقوق مادی و معنوی حاصل از این پایان نامه متعلق به دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) بوده و متعهد می شوم هرگونه بهره مندی ویا نشر دستاوردهای حاصل از این تحقیق اعم از چاپ کتاب، مقاله، ثبت اختراع و غیره (چه در زمان دانشجویی و یا بعد از فراغت از تحصیل) با کسب اجازه از استاد (استادان) راهنما باشد.

۶. درصورت اثبات تخلف و نقض موارد پنجگانه فوق (درهر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره) از درجه اعتبار ساقط و اینجانب هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام ونام خانوادگی دانشجو شیما کیان

امضاء

سوگندنامه دانش آموختگان کارشناسی ارشد دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

به نام خدا

سپاس ایزد منان را که مرا مشمول الطاف خویش نمود که با طی مراحل تحصیل موفق به اخذ درجه کارشناسی ارشد شوم. به شکرانه این نعمت بزرگ الهی که با امکانات این مرز و بوم، فراهم و نزد اینجانب به امانت گذاشته شده است، در پیشگاه ملت ایران به کتاب آسمانی خود، قرآن کریم، سوگند یاد می کنم که :

- در سراسر زندگی حرفه ای، در راه اعتلای کشور ایران و جامعه بشری به نحو احسن قدم برداشته و دراین راه از هیچ تلاشی دریغ ننمایم.
- در تمام فعالیت های تخصصی، رضای خدا را همراه با صداقت علمی و اجتماعی در نظر داشته و از موقعیت های به دست آمده در جهت رفع مشکلات جامعه استفاده کنم و در همه ی امور، منافع کشور را بر منافع فردی مقدم بدارم.
- همواره علم و دانش خود را به روز نگاه داشته و در ایفای مسئولیت و تعهدات حرفه ای در حد توان سعی و تلاش خود را به کار گیرم.
- و اینک از خداوند علیم توفیق بندگی و پای بندی به مفاد این سوگندنامه را خواستارم و از او می خواهم که مرا در ایفای رسالت علمی و انسانی خویش موفق بدارد.

نام ونام خانوادگی دانشجو

شیما برکان

امضاء

عنوان پایان نامه / رساله

نام و نام خانوادگی دانشجو

مجوز بهره برداری از پایان نامه/ رساله

کلیه حقوق اعم از چاپ، تکثیر، نسخه برداری، ترجمه، اقتباس و ... از نتایج این پایان نامه برای دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره) قزوین محفوظ است. بهره برداری از این پایان نامه/ رساله در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می شود، بلامانع است:

☐ بهره برداری از این پایان نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.

☑ بهره برداری از این پایان نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلا مانع است.

☑ بهره برداری از این پایان نامه/ رساله تا تاریخ .....ممنوع است.

استاد راهنما می تواند یکی از گزینه های بالا را انتخاب کند و مسئولین کتابخانه موظف به رعایت موارد تعیین شده می باشد.

نام استاد و یا اساتید راهنما:

تاریخ:

امضاء:

چکیده

با توجه به وجود منابع رسی در ایران و سهولت دستیابی به این منابع و خصوصیات مطلوب نانو رس ها در زمینه ی جذب انواع ترکیبات، در صنایع مختلف از جمله تصفیه آّب و پساب به کار گرفته می‌شوند.

نانو رس ها ترکیبات رسی در ابعاد یک تا حدود صد نانومتر هستند و در مقایسه با سایر جاذب ها دارای هزینه های به مراتب کمتری هستند و به دلیل اینکه این کانی ها خواص فیزیکی و شیمی فیزیکی مطلوب و قابل اعتمادی مانند واکنش پذیری سطحی مناسب، جذب سطحی بالا، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، خواص رئولوژیکی مناسب، پایداری و سازگاری بالایی را دارند، امروزه به طور گسترده مورد توجه قرار گرفته اند.

نانورس‌ها درگروه رس های اسمکتیت قرار دارند که جز سیلیکات های ورقه ای محسوب می شوند که یکی از معروف ترین کانی های این گروه مونتموریلونیت و بنتونیت هستند. ظرفیت جذب بالاتر گروه های اسمکتیت در مقاسیه با کائولینیت ها و سایر ترکیبات رسی باعث شده که از این گروه برای مطالعه روش های بهبود مکانیسم جذب استفاده نماییم.

در این پژوهش جهت بهبود مکانیسم جذب درساختار نانوبنتونیت مدلی مبتنی بر ۳ فاکتور بهبود دهنده شامل ۱- فاکتور ابعادی و بررسی اثر فاصله بنیادی۲- فاکتور نوع کاتیون های بین لایه ای با بررسی اثر اندیس تورم و۳- فاکتور اثر شرایط محیطی مثل pH، غلظت یون فلزی، غلظت جاذب و سرعت همزدن معرفی شد. همچنین از نرم افزار Experimental Design و مدل طراحی CCD به منظور بررسی شرایط محیطی استفاده گردید. در نهایت این فاکتورها مورد ارزیابی و آزمایش قرار گرفته اند و در نتیجه عوامل و شرایط مؤثر به منظور بهبود مکانیسم جذب تعیین شد و تأثیر آنها بر میزان جذب یک نمونه پساب سنتزی شامل یون فلزی روی به عنوان جذب شونده و نانوبنتونیت به عنوان جاذب مورد بررسی قرار گرفت و نتایج ارائه شد.

کلیدواژه: نانوبنتونیت، مکانیسم جذب، فاصله بنیادی، اندیس تورم، شرایط محیطی و تصفیه پساب

فهرست مطالب

فصل اول (کلیّات) ۱۸

۱. مقدمه ۱۹

۱-۱. رس به عنوان کانی ۲۰

۱-۲. ساختمان رس ها ۲۰

۱-۲-۱. ورقه های هشت وجهی (اکتاهدرال) ۲۱

۱-۲-۲. ورقه های چهاروجهی (تتراهدرال) ۲۲

۱-۳. شیمی سطح و سطح مشترک کانی های رسی ۲۴

۱-۳-۱. سطوح خنثی ۲۵

۱-۳-۲. سطوح هیدروکسیلی ۲۵

۱-۳-۳. مکان هایی با بار ثابت ۲۵

۱-۴. نانو رس ها ۲۶

۱-۴-۱. خواص نانورس ها ۲۷

۱-۴-۱-۱. مقاوم در برابر شعله ۲۷

۱-۴-۱-۲. ممانعت از عبور گازها ۲۷

۱-۴-۱-۳. استحکام مکانیکی ۲۸

۱-۴-۱-۴. خاصیت جذب ۲۸

۱-۴-۱-۵. مکان های جذبی ۲۸

۱-۵. نانو بنتونیت ۲۹

۱-۶. جذب فلزات سنگین ۳۱

۱-۶-۱. جذب روی ۳۱

فصل دوم (مروری بر کارهای گذشته) ۳۳

۲. اصلاح رس ها ۳۴

۲-۱. فعال سازی اسیدی ۳۴

۲-۱-۱. مکانیسم فعالسازی اسیدی ۳۵

۲-۲. فعال سازی گرمایی ۳۵

۲-۳. استفاده از سطح ساز ها ۳۶

فهرست مطالب

۲-۴. استفاده از رس آلی ۳۶

۲-۵. استفاده از نانوکامپوزیت های پلیمری-رسی ۳۸

۲-۵-۱. انواع مورفولوژی نانوکامپوزیتهای خاک رس ۳۹

۲-۵-۲. تهیه نانوکامپوزیت ها ۴۱

۲-۵-۳. روش پلیمریزاسیون سطحی ۴۳

۲-۶. تعویض کاتیون های بین لایه ای ۴۳

۲-۶-۱. فعال سازی سدیکی ۴۴

۲-۶-۲. فعال سازی لیتیمی ۴۴

فصل سوم (مواد و روش ها) ۴۵

۳. دسته بندی آزمایش ها انجام شده ۴۶

۳-۱. مواد و دستگاه های مورد استفاده ۴۷

۳-۱-۱. بنتونیت ۴۷

۳-۱-۱-۱. محل و موقعیت جغرافیایی معدن نیاق ۴۷

۳-۱-۱-۲. وضعیت زمین شناسی ۴۷

۳-۱-۲. سنگ شکن فکی ۴۸

۳-۱-۳. آسیای میله ای ۴۸

۳-۱-۴. آب مقطر یک بار تقطیر ۴۸

۳-۱-۵. کلراید سدیم($NaCl$) ۴۸

۳-۱-۶. زینک کلراید ($ZnCl_2$) ۴۸

۳-۱-۷. هیدرو کلریدریک اسید ۴۹

۳-۱-۸. هیدروکسید سدیم ۴۹

۳-۱-۹. pH متر ۴۹

۳-۱-۱۰. سانتریفیوژ ۴۹

۳-۱-۱۱. هیتر استیرر ۴۹

۳-۱-۱۲. همزن مکانیکی ۵۰

۳-۱-۱۳. آون ۵۰

فهرست مطالب

۳-۱-۱۴. استوانه مدرج ۵۰

۳-۱-۱۵. هاون چینی ۵۰

۳-۱-۱۶. شیکر ۵۰

۳-۱-۱۷. دستگاه های خصوصیت سنجی و آنالیز ۵۱

۳-۱-۱۷-۱. طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) ۵۱

۳-۱-۱۷-۲. پراش اشعه ایکس (XRD) ۵۱

۳-۱-۱۷-۳. اشعه ی ایکس فلوئورسانس(XRF) ۵۱

۳-۱-۱۷-۴. میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ۵۲

۳-۱-۱۷-۵. دستگاه جذب اتمی (AAS) ۵۲

۳-۲. آزمایش های مرحله اول ۵۳

۳-۲-۱. آماده سازی نمونه ها ۵۳

۳-۲-۲. فرآیند فعال سازی ۵۳

۳-۳. آزمایش مرحله دوم ۵۵

۳-۳-۱. طراحی آزمایش با استفاده از نرم افزار Experimental Design ۵۵

۳-۳-۲. بررسی فاکتورهای مؤثر بر مکانیسم جذب یون فلزی روی توسط نانو بنتونیت و تعیین مقادیر بهینه ۵۸

۳-۴. مرحله سوم ۶۰

فصل چهارم (نتایج و بحث) ۶۱

۴. نتایج آنالیز XRF ۶۲

۴-۱. نتایج آنالیز XRD ۶۲

۴-۲. بررسی نتایج حاصل از آزمایش اندیس تورم و تفاوت رفتاری بنتونیت سدیکی و کلسیتی هنگام تورم ۶۶

۴-۳. نتایج آنالیز FTIR ۶۷

۴-۴. نتایج آنالیز SEM ۶۸

۴-۵. بررسی شرایط محیطی و پارامترهای مؤثر بر میزان جذب یون فلزی روی ۷۱

۴-۶. تعیین پارامترهای مؤثر ۷۲

۴-۷. بررسی عوامل مؤثر بر میزان بازیابی جذب یون فلزی روی توسط نانوجاذب بنتونیت ۷۲

۴-۸. تعیین مقادیر پیش بینی شده ی بازیابی جذب یون فلزی روی ۷۵

۴-۹. کارایی مدل ۷۶

فهرست مطالب

۴-۹-۱. منحنی احتمال نرمال بودن خطاها ۷۷

۴-۹-۲.منحنی خطاهای تحقیقی خارجی برحسب مقدار پیش بینی شده ۷۸

۴-۹-۳. منحنی باکس ـ کاکس ۷۹

۴-۹-۴. منحنی پراکندگی ۷۹

۴-۱۰. بررسی عوامل مؤثر بر میزان بازیابی جذب یون فلزی روی توسط نانوبنتونیت ۸۰

۴-۱۰-۱. تأثیر pH بر میزان بازیابی یون فلزی روی ۸۰

۴-۱۰-۱-۱. تأثیر pH محیط بر مکانیسم جذب در نانورس ها ۸۰

۴-۱۰-۲. تأثیر غلظت یون فلزی روی بر میزان بازیابی جذب روی ۸۳

۴-۱۰-۳. تأثیر مقدار جاذب بر میزان بازیابی یون فلزی روی ۸۴

۴-۱۰-۴. تأثیر سرعت همزدن ۸۴

۴-۱۱. بررسی اثرات متقابل مؤثر بر میزان بازیابی جذب یون فلزی روی ۸۴

۴-۱۲. بهینه سازی عوامل مؤثر بر بازیابی جذب یون فلزی روی ۸۷

فصل پنجم (نتیجه گیری و پیشنهاد) ۸۹

۵-۱. نتیجه گیری کلی ۹۰

۵-۲. پیشنهاد ها ۹۱

فهرست جداول

جدول (۱-۱) انواع رس‌ها بر اساس نوع لایه‌بندی و بار الکتریکی به همراه نمونه‌های تیپیک آنها ۲۳
جدول (۳-۱) مشخصات سطوح بالا و پایین هر عامل ۵۶
جدول (۳-۲) آزمایش های طراحی شده توسط نرم افزار Experimental Design و مدل طراحی CCD ۵۷
جدول (۴-۱) نتایج آنالیز XRF ۶۲
جدول (۴-۲) نتایج حاصل از آماده سازی نمونه ۶۶
جدول (۴-۳) میزان بازیابی جذب یون فلزی روی توسط نانوبنتونیت ۷۱
جدول (۴-۴) تحلیل واریانس ۷۳
جدول (۴-۵) تخمین ضرایب رگرسیون ۷۴
جدول (۴-۶) مقایسه مقادیر پیش بینی شده توسط نرم افزار و مقادیر تجربی ۷۵
جدول (۴-۷) مقادیر بهینه پیش بینی شده توسط نرم افزار برای هر یک از پارامتر ها ۸۷
جدول (۴-۸) درصد بازیابی جذب یون فلزی روی ۸۸

فهرست شکل ها

شکل (۱-۱) ورقه های هشت وجهی (اکتاهدرال)..... ۲۱

شکل (۱-۲) ورقه های چهار وجهی (تتراهدرال)..... ۲۲

شکل (۱-۳) سطح هیدروکسیلی و خنثی در کائولینیت..... ۲۶

شکل (۱-۴) سطح باردار با بار ثابت منفی در مونتموریلونیت..... ۲۶

شکل (۱-۵) ساختمان بنتونیت..... ۳۰

شکل (۲-۱) قرارگیری زنجیر آلکیل آمونیم دربین صفحات لایه های سیلیکاته (a) تک لایه ای به صورت خوابیده، (b) دولایه ای به صورت خوابیده، (c) تک لایه ای به صورت ایستاده، (d) دولایه ای به صورت ایستاده..... ۳۷

شکل (۲-۲) انواع مورفولوژی در نانوکامپوزیت‌های خاک رس a: مورفولوژی لایه ای متناوب، b :مورفولوژی لایه ای پراکنده، c:مورفولوژی مجتمع..... ۴۱

شکل (۳-۱) سیستم توزیع گونه های مختلف یون فلزی روی در محلول*..... ۵۶

شکل (۳-۲) محلول های آماده سازی شده حاوی یون فلزی با pH مشخص..... ۵۹

شکل (۴-۱) XRD مربوط به نمونه۱ (بنتونیت کلسیتی)..... ۶۳

شکل (۴-۲) XRD مربوط به نمونه۲ (بنتونیت سدیکی)..... ۶۳

شکل (۴-۳) XRD مربوط به نمونه۳ (بنتونیت کلسیتی)..... ۶۴

شکل (۴-۴) XRD مربوط به نمونه۴ (بنتونیت سدیکی)..... ۶۴

شکل (۴-۵) XRD مربوط به نمونه۵ (بنتونیت کلسیتی)..... ۶۵

شکل (۴-۶) XRD مربوط به نمونه۶ (بنتونیت سدیکی)..... ۶۵

شکل (۴-۷) FTIR بنتونیت کلسیتی..... ۶۷

شکل (۴-۸) FTIR بنتونیت سدیکی..... ۶۸

شکل (۴-۹) بنتونیت خالص کلسیتی(a) بزرگنمایی 500X, (b) بزرگنمایی 5.00KX و (C) بزرگنمایی 7.00KX..... ۶۹

شکل (۴-۱۰) نانو بنتونیت سدیکی (a) بزرگنمایی 500X, (b) بزرگنمایی 2.50KX و (C) بزرگنمایی 7.00KX..... ۷۰

شکل (۴-۱۱) منحنی نرمال احتمال برای مقادیر تجربی بازیابی یون فلزی روی بر حسب مقادیر باقیمانده..... ۷۷

شکل (۴-۱۲) منحنی توزیع تصادفی خطاهای تحقیقی خارجی..... ۷۸

شکل (۴-۱۳) منحنی باکس-کاکس..... ۷۹

شکل (۴-۱۴) نمودار پراکندگی مقادیر بازیابی پیش بینی شده نسبت به نتایج تجربی..... ۸۰

شکل (۴-۱۵) واکنش در سطح تتراهدرال در pH اسیدی..... ۸۱

شکل (۴-۱۶) قابلیت جابه جایی آنیونی..... ۸۱

شکل (۴-۱۷) واکنش در سطح تتراهدرال در pH بازی..... ۸۲

فهرست شکل ها

شکل (۴-۱۸) قابلیت جا به جایی کاتیونی..... ۸۲
شکل (۴-۱۹) عدم قابلیت جا به جایی یونی..... ۸۳
شکل (۴-۲۰) منحنی پربندی اثر متقابل pH و غلظت یون فلزی روی..... ۸۵
شکل (۴-۲۱) منحنی صفحه ای اثر متقابل pH و غلظت یون فلزی روی..... ۸۵
شکل (۴-۲۲) اثر چهار پارامتر pH، غلظت یون فلزی، غلظت جاذب و سرعت همزدن بر میزان جذب..... ۸۶

فصل اول (کلیّات)

۱. مقدمه

جذب فرآیند جمع آوری ترکیباتی است که ما می خواهیم تغلیظ نموده و یا از یک محیط حذف شوند. در مقایسه با جذب روش های مختلفی مثل ترسیب، جابه‌جایی یونی، استخراج حلالی، تکنولوژی غشایی و فیلتراسیون وجود دارد (Chakravarty et al 2010)، که در زمینه‌ی تصفیه آب و پساب (Xiong, 2011; Hoda et al, 2009) جذب ترکیبات رنگی (Auta and Hameed, 2012; Xiong, 2011; Liu and Zhang. L, 2007; O¨ zcan et al, 2006) و بسیاری از صنایع دیگر با همین هدف به کار برده می‌شوند (Bergaya et al, 2006; Konta, 1995)؛ اما هریک محدودیت هایی نسبت به روش جذب دارا هستند. روشهای مرسوم ذکر شده بسیار پر هزینه بوده و دارای معایب قابل توجهی مثل حذف ناقص و تولید باطله بسیار خواهند بود. به همین جهت رویکرد جهان به سمت توسعه ی روش های اقتصادی است. جذب به عنوان یک فرآیند کاملاً اقتصادی و مؤثر و در عین حال ساده و کم هزینه می‌باشد که در بسیاری از فرآیندها و صنایع به کار گرفته می‌شود (Ahmaruzzaman and Gupta, 2011; SenGupta and Bhattacharyya, 2006; Tanabe, 1981).

ترکیبات مختلفی مثل کربن فعال (Yue et al, 2009)، نانو لوله های کربنی (Xiong, 2011; Arias and Sen, 2009; Mumford et al, 2008) زئولیت ، اکسید فلزی (Zhao, 2011) و رس (Jiang et al, 2010; Babel and Kurniawan, 2004; Jasinski, 2002; Virta, 2002; Babel and Kurniawan, 2003; Virta, 2001; Sharma and Forster 1993; Ouki and Kavanagh, 1997). امروزه به طور گسترده به عنوان جاذب در زمینه حذف فلزات و بسیاری از ترکیبات آلی و غیرآلی از محلول های آبی و فاضلاب ها و سایر صنایع به کار برده می‌شوند (Srinivasan, 2011).

در میان این ترکیبات، نانو رس ها به دلیل خواص مطلوب مثل قابلیت جابه‌جایی کاتیونی، سطح مخصوص بالا، پایداری مکانیکی/ شیمیایی و ارزانی، بسیار مورد توجه بوده اند و از انواع رس ها مثل کائولینیت و بنتونیت (مونتموریلونیت) به عنوان جاذب استفاده می‌شود، بنابراین با توجه به وجود منابع رسی در ایران و سهولت دستیابی به این منابع و خصوصیات مطلوب آنها، با بررسی، شناسایی و مطالعه روش های بهبود مکانیسم و سازوکار جذب در این ترکیبات، می توان به بازدهی قابل توجهی بر میزان جذب دست یافت (Wang et al, 2010; Zhao et al, 2010; Wang et al, 2009; Zhu and Zhu, 2007; Bergaya et al, 2006; Zhang et al, 2006; Bors et al, 2000; Bailey et al, 1999).

با توجه به کاربرد گسترده نانورس ها به عنوان جاذب در صنایع مختلف و جذب ترکیبات متفاوت، روش های مختلفی به منظور بهبود این مکانیسم وجود خواهد داشت، از این رو با توجه به پیشرفت صنعتی و توسعه جوامع و رویکرد گسترده به وجود آمده در زمینه ی حفاظت محیط زیست، کاهش آلودگی ها و حذف عناصر آلاینده، در این پژوهش، مطالعه بر روی مکانیسم جذب فلزات سنگین به عنوان یکی از مهمترین و گسترده ترین آلاینده ها صورت می گیرد.

بنابراین از نانو بنتونیت به عنوان جاذب در جذب یون فلزی روی به عنوان فلزی سنگین، استفاده شد و روش‌هایی به منظور بهبود سازوکار جذب در این ترکیب به کار گرفته شد.

۱-۱. رس به عنوان کانی

رس‌ها شامل مواد و کانی‌های ریز اندازه، طبیعی و با منشأ زمین و در واقع شامل فرآورده‌های حاصل از هوادهی، تغییرات حرارتی و رسوبی می‌باشند. از نظر کانی‌شناسی، رس‌ها در میان ترکیبات معدنی، دارای کوچکترین اندازه هستند. دانشمندان علوم مهندسی و خاک، اندازه ذرات رس را کمتر از ۴ میکرومتر تعریف کرده‌اند، در حالی که دانشمندان رس‌شناس اندازه ۲ میکرومتر را به عنوان حد بالایی اندازه رس‌ها قائل هستند (Carrado, 2004; Pinnavaia, 1983; Greenland and Hayes, 1978).

۱-۲. ساختمان رس ها

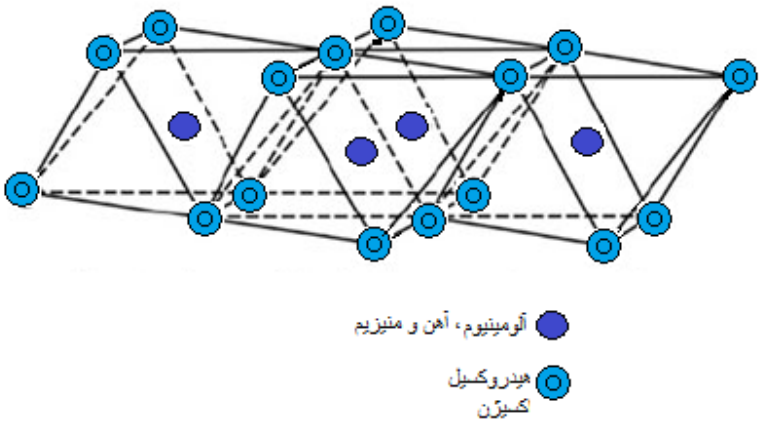
به طورکلی رس‌ها را می‌توان به عنوان «سیلیکات‌های آلومینیم آبدار» شناخت که در برخی از آنها آهن و منیزیم جایگزین آلومینیم شده و در برخی عناصر قلیایی و قلیایی خاکی جایگزین شده است. سیلیکاتها شامل تمامی ترکیباتی هستند که در آنها عنصر سیلیکون ارتباط‌های چهاروجهی با اکسیژن برقرار می‌کنند (Pauling, 1930; Hendricks and Fry, 1930)، همچنین به انواع مختلف مولکول‌های شیمیایی گفته می‌شود که از عنصر سیلیکون بوجود آمده و شامل ساختارهای متنوعی چون سیلیکات‌های منفرد، جفتی، خوشه‌ای (شامل حلقه‌ای، زنجیری، زنجیره‌ای دوگانه، ورقه‌ای و شبکه سه بعدی) است. رس‌ها از نظر شیمیایی یکی از زیر دسته‌های سیلیکات‌های ورقه‌ای (فیلوسیلیکات‌ها) محسوب می‌شوند (Korichia et al, 2009; Aguzzi et al, 2007; Alexandre and Dubois, 2000; Vaccari, 1999) کائولینیت و مونتموریلونیت (بنتونیت) از جمله رس های موجود در این دسته هستند. سیلیکات‌های داربستی یا سه بعدی

(تکتوسیلیکات‌ها) نیز دسته دیگری از سیلیکات‌های پیچیده‌اند که از میان آنها می‌توان به سنگهای معروف «کوارتز» و «فلدسپار» و افزودنی متداول و مشهور <زئولیت> اشاره کرد. مونتموریلونیت (بنتونیت) و زئولیت (کالینوپتیلولیت) به ترتیب از دو دسته ترکیبات معدنی فیلوسیلیکات و تکتوسیلیکات هستند که به عنوان جاذب استفاده می شوند (Pinnavaia, 1983).

ساختار اتمی کانی‌های رسی شامل دو نوع واحدهای ساختمانی است که ورقه‌های هشت وجهی و چهار وجهی نامیده می‌شوند (Olad, 2011; Korichia et al, 2009; Hussain and Hojjati, 2006; Meunier, 2005).

۱-۲-۱. ورقه های هشت وجهی (اکتاهدرال)

ورقه‌های هشت‌وجهی شکل (۱-۱) متشکل از گروه‌های اکسیژن و هیدروکسیل است که در میان آنها اتم‌های آلومینیم، آهن و منیزیم وجود داشته و نوعی آرایش هشت وجهی به آن می‌دهد. وقتی آلومینیم با سه ظرفیت مثبت در میان این هشت وجهی‌ها قرار می‌گیرد، تنها دو سوم جایگاه ها از نظر متعادل کردن بارهای الکتریکی پر می‌شوند. در این صورت ماده معدنی را دی‌اکتاهدرال می‌نامند. وقتی عنصر منیزیم که دارای دو بار مثبت است در مرکز هشت وجهی قرار می‌گیرد، هر سه جایگاه پر شده و ساختمان آن به تعادل می‌رسد. ماده معدنی را در این حالت تری‌اکتاهدرال می‌نامند (Abdul Azeez et al, 2012; Olad, 2011; Jan Voorn, 2006).



شکل (۱-۱) ورقه های هشت وجهی (اکتاهدرال)