بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشکده مهندسی معدن و نفت

فعالسازی بنتونیت کلسیتی با استفاده از کربنات سدیم

به روش نیمه خشک

وحید راهی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته‌ی مهندسی معدن گرایش فرآوری

اساتید راهنما:

دکتر عزت ا... مظفری

دکتر علی فضلوی

استاد مشاور:

دکتر محمد رضاخانمحمدی

بهمن ماه ۱۳۹۰

تقدیم به

تمام کسانی که در راه پیشرفت علم،

به منظور خدمت به بشریت گام برمیدارند

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می دانم از تمامی کسانی که در انجام این پایان نامه

بنده را یاری نمودند، تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده

بنتونیت نوعی سنگ می باشد که به طور عمده از کانی رسی مونتموریلونیت تشکیل شده است و اغلب ویژگی های آن در نتیجه حضور این کانی می باشد. از دیدگاه صنعتی بنتونیت به دو نوع کلسیتی و سدیک تقسیم بندی می شود که نوع سدیک بدلیل خواص بهتری که نسبت به نوع کلسیتی از خود نشان می دهد، بیشتر مورد توجه صنایع مختلف قرار دارد.

با توجه به فراوانی بیشتر نوع کلسیتی نسبت به سدیک، امروزه فعالسازی و تبدیل بنتونیت کلسیتی به سدیک روشی متداول برای بهبود خواص بنتونیت می باشد و در آن از خاصیت تبادل کاتیونی بنتونیت استفاده می شود. طی فعالسازی یون های قابل تبادل کلسیم موجود در بنتونیت کلسیتی با یون های سدیم موجود در دوغاب جایگزین شده و در نتیجه این تبادل کاتیونی، خواص آن (خصوصاً خواص تورمی و ویسکوزیته) بهبود می یابد.

در این پایان نامه نحوه انجام فعالسازی، پارامترهای مؤثر بر آن و تأثیر فعالسازی بر میزان تورم و ویسکوزیته مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به نتایج بدست آمده می توان گفت که در نتیجه فعالسازی اندیس تورم از ۲ به ۱۶ (۲ گرم) و ویسکوزیته از ۷/۲ به ۳۲/۴ (Cp) افزایش یافته است .

در پایان نیز استفاده از بنتونیت در فرمولاسیون پودر شوینده دستی و ماشینی مورد بررسی قرار گرفته که نتایج حاکی از رضایت بخش بودن آن در پودر شوینده ماشینی است؛ ولی در پودر شوینده دستی به مطالعات و انجام آزمایش های بیشتر، نیاز است.

فهرست مطالب

فهرست صفحه

مقدمه ۱

۲-۱. رس ها به عنوان کانی ۷

۲-۲. ساختمان های رسی ۷

۲-۲-۱. واحدهای بنیادی ۷

۲-۲-۱-۱. چهاروجهی (تتراهدرا) ۷

۲-۲-۱-۲. هشت وجهی (اکتاهدرا) ۸

۲-۲-۱-۳. تنظیم صفحات تترا و اکتاهدرال ۹

۲-۲-۲. سطوح سازمانی کانی های رسی ۱۱

۲-۲-۲-۱. دو نوع لایه: لایه ۱:۱ و لایه ۲:۱ ..... ۱۳

۲-۲-۲-۲. لایه های ۲:۱ با یک صفحه بین لایه ای ۱۴

۲-۳. معرفی انواع فعالسازی های بنتونیت ۱۶

۲-۳-۱. تعریف ۱۶

مروری بر کارهای گذشته ۱۷

۲-۳-۲. فعال سازی اسیدی ۱۷

۲-۳-۲-۱. تغییر در مورفولوژی بنتونیت طی فعال سازی ۲۰

۲-۳-۲-۲. مقایسه کارآیی اسید سولفوریک با اسید هیدروکلریدریک ۲۱

۲-۳-۲-۳. مدل حل شدن و جدایش ذرات کانی های رسی قابل تورم ۲۲

۲-۳-۳. فعال سازی سدیک با استفاده از کربنات سدیم ۲۳

۲-۳-۴. فعال سازی لیتیمی ۲۵

۲-۴. کاربرد بنتونیت در پودرهای شوینده ۲۶

۲-۴-۱. منافع استفاده از بنتونیت در سیستم شوینده پودری ۲۷

۳. مواد و روش ها ۳۰

۳-۱. مواد و دستگاه های مورد استفاده..... **۳۰**

۳-۱-۱. بنتونیت ۳۰

۳-۱-۱-۱. محل و موقعیت جغرافیایی معدن نیاق ۳۰

۳-۱-۱-۲. وضعیت زمین شناسی ۳۱

۳-۱-۲. کربنات سدیم ۳۱

۳-۱-۳. هیتر استیرر ۳۱

۳-۱-۴. دستگاه ویسکومتر ۳۲

۳-۲. آماده سازی نمونه ها ۳۳

۳-۳. فرآیند فعالسازی ۳۵

۳-۳-۱. شرح آزمایش ۳۴

۳-۳-۲. دسته بندی آزمایش های انجام شده ۳۶

۳-۴. اندازه گیری اندیس تورم ۳۷

۳-۵. اندازه گیری ویسکوزیته ۳۸

۳-۶. کاربرد بنتونیت فعال شده در پودر شوینده ۳۹

۳-۶-۱. فاکتورهای مؤثر در حین شستشو ۴۱

۳-۶-۲. مشخصه های لکه دار کردن ۴۱

۳-۶-۲-۱. لکه های طبیعی..... ۴۱

۳-۶-۲-۲. لکه های مصنوعی (استانداردها) ۴۳

۳-۶-۳. فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی شستشو..... ۴۳

۳-۶-۳-۱. اثرات شستن..... ۴۳

۳-۶-۳-۲. رسوب مجدد..... ۴۴

۳-۶-۳-۳. اثرات سفیدکنندگی ۴۴

۳-۶-۳-۴. عمل آنزیم ۴۴

۳-۶-۳-۵. فازهای حذف لکه ۴۴

۳-۶-۴. پارچه های تست امپا ۴۵

۳-۶-۴-۱. طبقه بندی ۴۵
۳-۶-۴-۲. نحوه ساخت ۴۵
۳-۶-۵. تست های شستشو با پارچه های لکه دار مصنوعی ۴۶
۳-۶-۵-۱. اصل ۴۶
۳-۶-۵-۲. فرآیند شستشو ۴۶
۳-۶-۵-۳. آب ۴۷
۳-۶-۶. اندازه گیری میزان بهبودی (تمیزشدگی) ۴۷
۳-۶-۷. برآورد آماری ۴۷
۴. نتیجه گیری و بحث ۴۹
۴-۱. نتایج آنالیز XRF ۴۹
۴-۲. نتایج اندازه گیری اندیس تورم ۵۰
۴-۳. بررسی تفاوت رفتاری بنتونیت سدیک و کلسیتی هنگام تورم ۵۲
۴-۳-۱. سطح مخصوص ۵۳
۴-۳-۲. بافت رس ۵۴
۴-۳. نتایج اندازه گیری ویسکوزیته ۵۶
۴-۴. نتایج کاربرد بنتونیت در پودر شوینده ۵۸
۴-۴-۱. نتایج تست کارآیی کاربرد بنتونیت در فرمولاسیون پودر شوینده ماشینی (شوما) ۵۸
۴-۴-۲. نتایج تست کارآیی کاربرد بنتونیت در فرمولاسیون پودر شوینده دستی (دریا) ۶۰
۴-۴-۳. مکانیزم های مربوط به نرم کنندگی در حین شستشو هنگام استفاده از بنتونیت ۶۳
۴-۴-۵. رسوب بنتونیت بر روی پارچه ۶۳
۵. جمع بندی و ارائه پیشنهادات ۶۵
۵-۱. فعالسازی بنتونیت و تأثیر آن در بهبود برخی خواص ۶۵
۵-۲. استفاده از بنتونیت در پودرهای شوینده و فواید آن ۶۶
۵-۳. پیشنهادها ۶۷
منابع ۶۸

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱: تصویر ریزنگار الکترونی پویشی مونتموریلونیت سدیک ۳

شکل ۲- ۱: ساختار صفحه تتراهدرال. ابعاد a و b بترتیب ۵/۳۶ و ۹/۲۷ انگستروم می باشند. سلول واحد براوایز بر روی حفره هگزاگونال می باشد ۸

شکل ۲- ۲: چرخش تتراهدرا ۹

شکل ۲- ۳: تغییر شکل اکتاهدرا ۱۰

شکل ۲- ۴: اتصال بین صفحه تترا و اکتاهدرال مستلزم تغییر شکل می باشد. هندسه هگزاگونال به دی تری گونال تبدیل می شود ۱۱

شکل ۲- ۵: نمایش شماتیک چهار نوع لایه موجود در انواع مختلف رس ها بر اساس تقسیم بندی مک ایوان: ۲/۱/۱،۲/۱،۱/۱ [۷]. ۱۲

شکل ۲- ۶: شکل هندسی ساختار اسمکتیت ها ۱۴

شکل ۲- ۷: ساختار کریستالی لایه های ۲:۱، حضور یک صفحه بین لایه ای (میکاها، ورمیکولیت ها، اسمکتیت ها).. ۱۶

۲- ۸: تصویر ESEM a: بنتونیت خام b: فعال شده با اسید سولفوریک ($5M\ H_2SO_4$ در دمای ۸۰درجه سیلسیوس و به مدت ۹۶ ساعت) ۲۰

شکل ۲- ۹: مدل انحلال و لایه لایه شدن کانی رسی قابل تورم (اسمکتیت، ورمیکولیت) ۲۳

شکل ۲- ۱۰: شماتیک نحوه تبادل یون های سدیم و کلسیم در فعال سازی سدیک ۲۴

شکل ۲- ۱۱: تفاوت وزن مخصوص بنتونیت و سولفات سدیم و تأثیر آن بر حجم پودر شوینده ۲۸

شکل ۲- ۱۲: بررسی اثر میزان بنتونیت در جلوگیری از خمیری شدن پودر شوینده ۲۹

شکل ۳- **۱**: نمایش نحوه حرارت دادن و همزدن دوغاب ۳۲

شکل ۳- **۲**: ویسکومتر مدل Brookfield ۳۲

شکل ۳- ۳: آنالیز XRD نمونه خام بنتونیت نیاق ۳۳

شکل ۳- ۴: هیدروسیکلون به همراه پمپ و مخزن آن ۳۴

شکل ۳- ۵: خمیر بنتونیت پس از فعالسازی ۳۵

شکل ۳- ۶: دستگاه های مورد استفاده در تست کارآیی پودر شوینده الف) Terg.O-Tometer ب) Datacolor ۴۰

شکل ۴- ۱: تأثیر درصد کربنات سدیم بر اندیس تورم ۵۰

شکل ۴- ۲: تأثیر دمای فعالسازی بر اندیس تورم ۵۰

شکل ۴- ۳: تأثیر مدت زمان فعالسازی بر اندیس تورم ۵۱

شکل ۴- ۴: نتایج اندازه گیری های اندیس تورم بنتونیت خام و بنتونیت های فعال شده در شرایط مختلف ۵۱

شکل ۴- ۵: بافت آیده ال شده رس که همبستگی ها را نشان می دهد (سطح- سطح، سطح- گوشه، گوشه- گوشه و همپوشانی سطح- سطح). همبستگی سطح- سطح نوع غالب در بنتونیت کلسیتی و همبستگی به صورت همپوشانی سطح- سطح نوع غالب در بافت بنتونیت سدیک می باشد. ۵۵
شکل ۴- ۶: تأثیر میزان کربنات سدیم بر ویسکوزیته ۵۷
شکل ۴- ۷: تأثیر دمای فعالسازی بر ویسکوزیته ۵۷
شکل ۴- ۸: تأثیر مدت زمان فعالسازی بر ویسکوزیته ۵۷
شکل ۴-۹: نتایج تست کارآیی استفاده از بنتونیت کلسیتی اولیه و بنتونیت فعال شده A4 به صورت ۷ درصد وزنی در فرمولاسیون پودر ماشینی شوما ۵۹
شکل ۴- ۱۰: نتایج کارآیی کل بدست آمده تست های کارآیی انجام شده با پارچه های تست مختلف ۶۰
شکل ۴- ۱۱: نتایج تست کارآیی استفاده از بنتونیت کلسیتی اولیه و بنتونیت فعال شده A4 به صورت ۷ درصد وزنی در فرمولاسیون پودر ماشینی شوم ۶۱
شکل ۴- ۱۲: نتایج کارآیی کل بدست آمده از تست های کارآیی انجام شده با پارچه های تست مختلف ۶۲
شکل ۴-۱۳: نمایش شماتیک اثر افزایش دما بر میزان تفرق بنتونیت ۶۳

فهرست جدول ها

جدول۱-۱. کانی های رسی گروه اسمکتیت ۳
جدول ۲- ۱: مقادیر باقیمانده اکسیدها در نوعی بنتونیت پس از ۹۶ ساعت اسیدشویی در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد۲۲
جدول۳- ۱: نتایج آنالیز XRF نمونه خام بنتونیت نیاق..... ۳۴
جدول۳- ۲: پارامترهای تأثیرگذار در نتیجه شستشو ۴۲
جدول ۳-۳: دسته بندی لکه ها ۴۲
جدول ۳- ۴: لکه های تست امپا..... ۴۵
جدول ۳- ۵: نوارهای تست شستشوی امپا (ماده ۱۰۳) ۴۶

فصل اول

مقدمه

مقدمه

کانی های رسی متعلق به گروه فیلوسیلیکاتها هستند که نام آنها از کلمه یونانی فیلون[1] یعنی ورقه و کلمه لاتین سیلیس[2] یعنی نوعی سیلیس مات[3] گرفته شده است. رس ها و کانی های رسی، کانی های صنعتی مهمی هستند. بیش از ۱۰۰ کاربرد صنعتی ثبت شده برای کانی های رسی وجود دارد. رس امروزه در صنایع فرآوری، مصارف کشاورزی، مهندسی سازه، بازسازی زیست محیطی، زمین شناسی و در بسیاری از کاربردهای مشابه مورد استفاده قرار می گیرد. رس یک ماده خام فراوان است که خواص و کاربردهای شگفت انگیزی را دارا بوده و این خواص و کاربردها تا حد زیادی به ساختار و ترکیب شیمیایی کانی بستگی دارد [۱].

گروه های رسی شامل کائولن، اسمکتیت و پالی گورسکیت- سپیولیت، کلریت و رس های با لایه ترکیبی[4] می باشند.

خواص این رس ها به توجه به ترکیب و ساختارشان بسیار متفاوت می باشد. ترکیب کانی رسی به فراوانی نسبی و شناسایی کانی های رسی موجود در ماده رسی بر می گردد. در برخی موارد، مقادیر بسیار اندکی از کانی های رسی معین، تأثیر زیادی بر خواص فیزیکی دارند [۴].

ترکیب کانی های غیر رسی موجود در ماده رسی نیز مهم است، زیرا در بسیاری از موارد کانی های غیررسی می توانند خواص مواد رسی را به میزان زیادی تحت تأثیر قرار دهند. در این مورد می توان حضور کوارتز دانه ریز در کائولن را نام برد که به شدت ساییدگی کائولن را تغییر می دهد.

علاوه بر ساختار و ترکیب شیمیایی، چندین فاکتور دیگر وجود دارد که در تعیین خواص و کاربردهای رس اهمیت دارند. از جمله این فاکتورها می توان به ترکیب کانی های غیررسی موجود در رس، حضور مواد آلی، نوع و میزان یون های قابل تبادل و نمک های قابل حل و بافت رس اشاره نمود [۱].

خصوصیات فنی مواد رسی تا حد زیادی به تعدادی از فاکتورها وابسته اند. خواص فیزیکی و شیمیایی یک رس به ساختار و ترکیب شیمیایی اش و به نوع عملیات فرآوری که برای عمل آوری محصول رسی بکار می رود، بستگی دارد. ساختار و ترکیب کائولن ها، اسمکتیت ها و پالی گورسکیت- سپیولیت بسیار متفاوت است. کوچکترین بخش های اصلی تشکیل دهنده[5] آنها یعنی صفحات

---

[1]-Phyllon
[2]- Silic
[3]- Flint
[4] - Mixed-layer clay
[5] - Building blocks

تتراهدرال و اکتاهدرال مشابه هستند، ولی نحوه آرایش و ترکیب صفحات تتراهدرال و اکتاهدرال باعث بوجود آمدن تفاوت در خواص فیزیکی و شیمیایی می شود، که همین امر کاربردهای یک کانی رسی را تعیین می نماید[۴].

یون های قابل تبادل و نمک های قابل حل بر خواص فیزیکی مواد رسی تأثیر گذارند. بعنوان مثال مونتموریلونیت کلسیتی رفتار ژله ای و ویسکوزیته بسیار متفاوتی نسبت به مونتموریلونیت سدیک از خود نشان می دهد[۶].

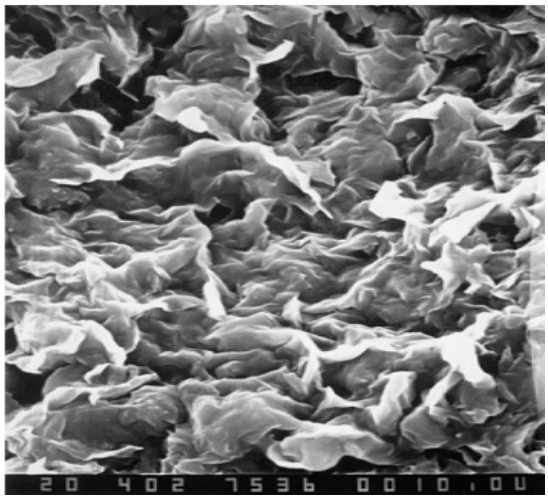
پس از معرفی انواع رس ها و عوامل مؤثر بر خواص آنها در این قسمت به بررسی کانی مونتموریلونیت که عمده ترین کانی گروه اسمکتیت ها می باشد، می پردازیم. این کانی فراوان ترین کانی موجود در بنتونیت می باشد که با معرفی ویژگی های مونتموریلونیت تا حد زیادی به معرفی بنتونیت نیز پرداخته ایم.

جدول(۱-۱) کانی های گروه اسمکتیت را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود کانی مونتموریلونیت بر دو نوع کلسیتی و سدیک می باشد و این تقسیم بندی نیز بر اساس کاتیون غالب موجود در فضای بین لایه ای می باشد که در نوع کلسیتی، کلسیم و در نوع سدیک، سدیم می باشد. مونتموریلونیت های کلسیتی عمده ترین کانی گروه اسمکتیت می باشند و در بسیاری از مناطق جهان یافت می شوند. مونتموریلونیت های سدیک در مقایسه با مونتموریلونیت های کلسیتی نسبتاً کمیاب تر می باشند. بزرگترین و مشهورترین مونتموریلونیت سدیک در ایالت های وایومینگ و مونتانا در ایالات متحده بوجود آمده اند. ساپونیت در مناطق اندکی از جهان بوجود می آید و هکتوریت، بیدلیت و نانترونیت کمیاب اند.[۱].

جدول(۱-۱): کانی های رسی گروه اسمکتیت [۱]

نام کانی
مونتموریلونیت سدیک
مونتموریلونیت کلسیتی
ساپونیت (Mg)
بیدلیت (Fe)
نانترونیت (Al)
هکتوریت (Li)

کانی های اسمکتیت به صورت ذرات فوق العاده ریز به اندازه ۰/۵ میکرون یا کوچکتر تشکیل می شوند (شکل۱-۱). کاتیون های قابل تبادل مانند سدیم، کلسیم و منیزیم به همراه مولکول های آب ، بین لایه های سیلیکاته حضور دارند [۱].



شکل ۱-۱: تصویر ریزنگار الکترونی پویشی مونتموریلونیت سدیک [۱]

برای مونتموریلونیت های سدیک خواص مهم مرتبط با کاربردشان شامل ویسکوزیته، ظرفیت تورم، تیکسوتروپی، فیلتر کیک نفوذناپذیر و قابلیت تفرق[1] می باشد. در مورد مونتموریلونیت های کلسیتی می توان از جمله خواص مرتبط با کاربردشان به، ظرفیت درون جذبی بالا، مقاومت چسبندگی بالا و قابلیت رنگبری اشاره کرد [۲].

اصطلاح بنتونیت برای اولین بار در سال ۱۸۹۸ توسط نایت[2] به خاک رسی که از شیل بنتون در آن زمان استخراج گردید، اطلاق شد. نام شیل بنتون نیز از کوه فورت بنتون که در ۴۰۰ مایلی شمال رودخانه راک[3] قرار دارد، گرفته شده است [۲].

[1] - Dispersability
[2] - Knight
[3] - Rock

انواع بنتونیت از دیدگاه صنعتی شامل: بنتونیت سدیک طبیعی، بنتونیت سدیک تبادل کاتیونی شده، بنتونیت کلسیتی طبیعی، بنتونیت فعال شده با اسید، بنتونیت آلی[۱]، متا بنتونیت[۲] (بنتونیت پتاسیک) می باشد [۳].

انواع ذخایر بنتونیت به دو صورت رسوبی و هیدروترمال می باشد؛ نوع رسوبی، که از متداولترین نوع ذخایر بنتونیت می باشد، طی آلتراسیون برجای توف یا خاکستر آتشفشانی نهشته شده در محیطهای رسوبی، حاصل می شود؛ ولی نوع هیدروترمال، در نتیجه آلتراسیون هیدروترمال برجا (عموماً سنگ های آذرین با ترکیب اسیدی) بوجود می آید و معمولاً ذخایر کوچکی می باشند و در شرایط خاص ترکیب محلول گرمابی تشکیل می شوند [۴].

کاربردهای عمده بنتونیت در صنایع حفاری، صنایع ریخته گری، گندله سازی کنستانتره آهن و صنایع تصفیه می باشد که البته با توجه به صنایع مختلف مصرف کننده بنتونیت موجود در یک کشور، ممکن است تغییر کند، مثلاً در اروپا بزرگترین بازار مصرف بنتونیت در حال حاضر استفاده از آن به عنوان جاذب رطوبت در لانه های نگهداری حیوانات اهلی و خانگی می باشد. از دیگر کاربردهای بنتونیت که بسیار گسترده نیز می باشد می توان به کاربرد آن در صنایع دارویی، مواد بهداشتی و آرایشی، صنایع تولید کاغذ، صنایع شوینده، صنایع خوراک دام و ... اشاره نمود [۱].

همان طور که اشاره شد خواص فیزیکو- شیمیایی بنتونیت نقش مهمی در کاربردهای صنعتی اش دارد. از جمله این خواص که نقش عمده ای در کاربرد آن در صنایع عمده مصرف کننده بنتونیت دارد، می توان به خواص تورمی، ویسکوزیته، نفوذناپذیری، ظرفیت تبادل کاتیونی، قابلیت تفرق اشاره نمود. به اثبات رسیده که حضور یون Na^+ به عنوان کاتیون قابل تبادل خواص سودمندی از قبیل جذب آب، تفرق و آب بندی را برای بنتونیت به ارمغان می آورد[۵]. بنابراین با توجه به این حقیقت که بنتونیت های سدیک در خواص ذکر شده، کیفیت بهتری را از خود نشان می دهند، و از سوی دیگر اکثر ذخایر بنتونیت موجود در دنیا و کشور ایران از نوع کلسیتی می باشد، لذا باید به نحوی این بنتونیت های کلسیتی را به نوع سدیک تبدیل نمود تا قابل استفاده در صنایع عمده مصرف کننده باشند. برای این کار از مواد شیمیایی مختلفی مانند کربنات سدیم، محلول آب نمک، هیدروکسید سدیم و ... استفاده می شود [۳] تا بوسیله آنها بتوان یون های قابل تبادل کلسیم موجود در بنتونیت نوع کلسیتی را با یون سدیم موجود در مواد شیمیایی ذکر شده جایگزین نمود و طی این عمل که به

---

[۱] - به بنتونیتی گفته می شود که از واکنش بنتونیت (معمولاً نوع سدیک) با اکتا دسیل آمین حاصل می شود و نام تجاری آن ایوژل است.

[۲] - پیشوند متا در متا بنتونیت از متامورفیسم می آید چرا که عقیده بر این است که این نوع بنتونیت بوسیله عمل دگرگونی با درجه پایین یا دیاژنز پدید آمده است.

فعالسازی سدیک معروف است، خواص بنتونیت کلسیتی را جهت استفاده در صنایع مختلف بهبود بخشید. متداولترین و کم هزینه ترین روش برای این گونه فعالسازی، استفاده از کربنات سدیم می باشد که امروزه در کشورهای مختلف، مورد استفاده قرار می گیرد.

در این روش فرض بر این است که با افزودن کربنات سدیم به دوغاب حاوی بنتونیت کلسیتی و همزدن دوغاب در درجه حرارت معین، بدلیل افزایش غلظت یون های سدیم موجود در دوغاب نسبت به یون های کلسیم موجود در بنتونیت کلسیتی، عمل تبادل کاتیون های کلسیم موجود در بنتونیت با سدیم موجود در دوغاب صورت می گیرد و طی آن خواص تورمی، ویسکوزیته و ظرفیت تبادل کاتیونی بنتونیت افزایش می یابد.

در این پایان نامه نیز ابتدا روش فعالسازی بنتونیت کلسیتی بوسیله کربنات سدیم تحت شرایط مختلف مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت، شرایط بهینه به منظور دستیابی به بهترین اندیس تورم و ویسکوزیته بدست آمده است. پس از آن بمنظور مقایسه بنتونیت خام اولیه و بنتونیت فعال شده و مقایسه کارآیی آنها در شوینده ها، از هر دو نوع بنتونیت به عنوان بخشی از فرمولاسیون پودر شوینده استفاده شده و نتایج بدست آمده از تست های کارآیی پودر شوینده مورد مقایسه قرار گرفته است تا بدین ترتیب نقش فعالسازی در بهبود کیفیت بنتونیت و ضرورت انجام آن برای بنتونیت های با کیفیت پایین، نشان داده شود.

روش مورد استفاده در این پژوهش آزمایشگاهی بوده و نتایج بدست آمده طی آزمایش های انجام شده در آزمایشگاه، که در فصل چهارم ذکر گردیده، قابل تعمیم به مقیاس صنعتی نیز می باشد.

مراحل پژوهش شامل:

- جمع آوری اطلاعات و مروری بر پژوهش های قبلی انجام شده، که طی این مرحله پارامترهای مؤثر در فرآیند فعال سازی مشخص گردید.
- شناسایی پارامترهای مؤثر در آزمایش ها
- تدوین برنامه آزمایشگاهی جهت بررسی میزان تأثیر پارامترها و تولید داده های مد نظر
- تجزیه و تحلیل نتایج
- نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات می باشد.

این پایان در ۵ فصل تنظیم گردیده و پس از پایان فصل اول که شرح مختصری از موضوع پژوهش و اهمیت آن با اشاره‌ای کوتاه به روش و مراحل پژوهش است. در فصل دوم، بر اساس مطالعات کتابخانه ای و مشاهدات میدانی به بررسی پژوهش های انجام گرفته قبلی پرداخته شده و انواع فعالسازی های

بنتونیت مطرح گردیده است، همچنین مطالعات انجام شده در زمینه استفاده از بنتونیت در فرمولاسیون پودرهای شوینده، مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل سوم شامل شرح مختصری از معدن بنتونیت نیاق (که تأمین کننده بنتونیت کلسیتی اولیه مورد استفاده در آزمایش ها بوده)، نحوه نمونه برداری و پیش فرآوری های انجام شده بر روی بنتونیت اولیه و شرح آزمایش های فعالسازی انجام شده در آزمایشگاه و آزمایش های مربوط به کاربرد بنتونیت در پودر شوینده و تست کارآیی آن می باشد.

در فصل چهارم نتایج آزمایش ها و تجزیه و تحلیل آنها آورده شده و شامل نتایج بدست آمده از آزمایش های فعالسازی بر روی تورم و ویسکوزیته بنتونیت کلسیتی و بنتونیت فعال شده و نیز نتایج تست های کارآیی انجام شده بر روی پودرهای شوینده دستی و ماشینی با افزودن بنتونیت فعال شده به فرمولاسیون پودر، می باشد.

در فصل پنجم نیز جمع بندی نتایج و ارایه پیشنهادها در مورد فرآیند فعالسازی و کاربرد آن در پودرهای شوینده آورده شده است.

فصل دوم

مروری بر پیشینه تحقیق

۲-۱. رس ها به عنوان کانی

کانی شناسان رسی معمولاً از ساختمان های ساده کانی برای توضیح ترکیبات جانشینی و خواص کانی های رسی استفاده می کنند. الگوی ساختارهای انتخاب شده، اغلب ساختمان حقیقی کانی های رسی را در بر نمی گیرند، بلکه از آنها فقط برای نشان دادن خصوصیات اصلی شیمی رس و ارتباط ساختمانی استفاده می شود [۶].

۲-۲. ساختمان های رسی

۲-۲-۱. واحدهای بنیادی

قبل از توصیف ساختمان کامل رس لازم است شناختی از واحدهای مولکولی بنیادی ساختمان های رسی و آرایش این مولکول در سرتاسر الگوهای مشترک رس ها را داشته باشیم.

۲-۲-۱-۱. چهاروجهی (تتراهدرا)

هر اتم سیلیس با چهار اتم اکسیژن برای تشکیل چهاروجهی (تتراهدرون) احاطه می شود. این بنیادی ترین واحد ساختمان های رسی است. کاتیون های سیلسیم بوسیله پیوند کووالانس اکسیژن های مشترک، شبکه اتصال چهاروجهی ها به یکدیگر را بوجود می آورند [۷]. تتراهدرا SiO_4^{4-} یا AlO_4^{5-} با به اشتراک گذاشتن سه رأس از چهار رأس به همدیگر متصل می شوند (سه اکسیژن قاعده ای اند و چهارمی اکسیژن رأسی است). این بدان معنی است که یک آنیون O^{2-} با یک جفت کاتیون $Si^{4+}—Si^{4+}$ یا $Al^{3+}—Si^{4+}$ پیوند می دهد. این پیوندها یک شبکه دو بعدی تشکیل می دهند (صفحه تتراهدرال) بطوریکه یک فضای خالی هگزاگونال بین آنها بوجود می آید [۷]. این فضای خالی از جمله مکان هایی است که کاتیون های بین لایه ای در آن قرار می گیرند [۶]. تمامی اکسیژن های آزاد (اکسیژن های رأسی) در یک سمت صفحه ای قرار می گیرند که با اکسیژن های رأسی تشکیل پیوند داده با کاتیون های بین لایه ای، بوجود می آید[۷]. اکسیژن های رأسی همچنین باعث پیوند لایه های متوالی تتراهدرال می