



دانشکده شیمی
گروه شیمی کاربردی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته شیمی کاربردی

عنوان

تهیه و بررسی خواص کامپوزیتهای بر پایه رزین اپوکسی

تقویت شده با نانوخاکهای رس آلی

استاد راهنما

دکتر علی اولاد قره گوز

استاد مشاور

دکتر علی اکبر بابالو

پژوهشگر

رقیه حیدری آذر

بهمن ۸۸

نام خانوادگی دانشجو: حیدری آذر	نام: رقیه
عنوان: تهیه و بررسی خواص کامپوزیتهای بر پایه رزین اپوکسی تقویت شده با نانوخاکهای رس آلی	
استاد راهنما: دکتر علی اولاد قره گوز	استاد مشاور: دکتر علی اکبر بابالو
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: شیمی
گرایش: کاربردی	دانشگاه: دانشگاه تبریز
دانشکده: شیمی	تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۸۸/۱۱/۲۰
	تعداد صفحه: ۱۰۰
واژه های کلیدی: رزین اپوکسی، نانوخاکهای رس آلی، نانو کامپوزیت، خواص مکانیکی	
<p>چکیده:</p> <p>نانو کامپوزیتهای دسته ای از مواد کامپوزیتی هستند که در آنها برای تقویت ماتریکس پلیمری از پرکننده های معدنی که حداقل یکی از ابعاد آنها در مقیاس نانو باشد استفاده می شود. رزینهای اپوکسی از پرکاربردترین پلیمرهای صنعتی هستند و افزودن نانوخاکهای رس به زمینه پلیمری موجب بهبود خواص مکانیکی و حرارتی این پلیمرها می شود.</p> <p>در این کار پژوهشی، نانو کامپوزیتهای اپوکسی / مونت موریلونیت با استفاده از نانوخاک رسهای مختلف تهیه و برای بررسی نحوه توزیع خاک رس در زمینه رزین اپوکسی از طیفهای FTIR و XRD استفاده شد. رزینهای اپوکسی مورد استفاده، رزینهای بر پایه DGEBA با وزن هم ارز مختلف بودند و از سخت کننده آمینی صنعتی جهت پخت رزین اپوکسی استفاده شد. تاثیر انواع مختلف خاکهای رس طبیعی و اصلاح شده و رزینهای اپوکسی و همچنین درصدهای مختلف از خاک رس و سخت کننده در ساختار نانو کامپوزیتهای با استفاده از آنالیز پراش اشعه X مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین از آزمونهای چسبندگی، حرارتی و مکانیکی نیز برای مطالعه نانو کامپوزیتهای اپوکسی / خاک رس استفاده شد. نتایج منحنیهای DSC و TGA مشخص کرد خواص حرارتی نانو کامپوزیتهای اپوکسی / خاک رس نسبت به رزین اپوکسی خالص بهبود می یابد. نتایج آزمونهای کششی نانو کامپوزیتهای با درصد مختلف از خاک رس نیز نشان داد استحکام کششی و ازدیاد طول تا نقطه شکست نانو کامپوزیتهای با افزایش درصد خاک رس کاهش می یابد اما مدول الاستیکی افزایش می</p>	

یابد. همچنین سطح شکست اپوکسی خالص و نانوکامپوزیت اپوکسی / خاک رس با استفاده از تصاویر (SEM) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از بهبود رفتار شکست نانوکامپوزیت، در مقایسه با سیستم اپوکسی خالص بود. در بخش دیگری از این کار پژوهشی نانوخاکهای رس با استفاده از دو عامل اصلاح کننده نمک تترااتیل آمونیوم کلراید و سخت کننده آمینی اصلاح و تاثیر این عوامل اصلاح کننده بر فاصله بین لایه ای مونت موریلونیت با استفاده از اسپکتروسکوپی FTIR و آنالیز اشعه X مورد بررسی قرار گرفت.

فهرست مطالب

فصل اول : بررسی منابع

صفحه	عنوان
۱	۱-۱- خاک های رس
۲	۱-۱-۱- خواص خاک های رس
۳	۲-۱- ساختار لایه ای سیلیکات
۳	۱-۲-۱- سیلیکا تترا هدرال
۴	۲-۲-۱- آلومینا اکتا هدرال
۵	۳-۲-۱- اتصال ورقه های کریستالی
۵	۳-۱- انواع سیلیکات های لایه ای بر اساس ساختار
۵	۱-۳-۱- ساختار ۱:۱
۵	۲-۳-۱- ساختار ۲:۱
۵	۳-۳-۱- ساختار ۲:۲
۶	۴-۳-۱- ساختار های پیچیده و شبه زنجیر
۶	۴-۱- ساختار کریستالی و خواص بعضی از کانی های رسی مهم
۶	۱-۴-۱- کائولینیت
۷	۲-۴-۱- مونت موریلونیت
۹	۳-۴-۱- ایلیت
۱۰	۵-۱- خاک های رس آلی
۱۱	۱-۵-۱- سنتز خاک های رس آلی
۱۱	۲-۵-۱- ترکیبات آلی مورد استفاده برای تهیه خاک های رس آلی
۱۳	۶-۱- مثال هائی موردی از اصلاح خاک رس

- ۱۳ ۱-۶-۱- اصلاح مونت موریلونیت با استفاده از پلی آکرلیک اسید
- ۱۴ ۲-۶-۱- اصلاح خاک رس با استفاده از ترکیب آلکوکسی سیلانی
- ۱۴ ۷-۱- رزین های اپوکسی
- ۱۴ ۱-۷-۱- ساختار رزین های اپوکسی
- ۱۶ ۲-۷-۱- وزن مولکولی رزین های اپوکسی
- ۱۸ ۳-۷-۱- وزن هم ارز اپوکسی
- ۱۸ ۸-۱- پخت رزین های اپوکسی
- ۱۹ ۱-۸-۱- پخت رزین های اپوکسی با استفاده از آمین های آلیفاتیک
- ۲۰ ۹-۱- خواص رزین های اپوکسی
- ۲۱ ۱۰-۱- کاربرد رزین های اپوکسی
- ۲۳ ۱۱-۱- نانو کامپوزیت های پلیمری
- ۲۵ ۱۲-۱- روش های تهیه نانو کامپوزیت های پلیمری
- ۲۶ ۱-۱۲-۱- روش پلیمریزاسیون همزمان
- ۲۶ ۲-۱۲-۱- روش پلیمریزاسیون در محلول
- ۲۶ ۳-۱۲-۱- روش اختلاط مذاب
- ۲۷ ۱۳-۱- ساختار های مختلف نانو کامپوزیت ها
- ۲۷ ۱-۱۳-۱- نانو کامپوزیت های بین لایه ای
- ۲۷ ۲-۱۳-۱- نانو کامپوزیت های ورقه ورقه شده
- ۲۸ ۳-۱۳-۱- کامپوزیت های معمول
- ۲۸ ۱۴-۱- نانو کامپوزیت های اپوکسی / خاک رس

۳۰	۱۵-۱- خواص نانو کامپوزیت های اپوکسی / خاک رس
۳۰	۱-۱۵-۱- خواص مکانیکی
۳۱	۲-۱۵-۱- خواص حرارتی
۳۲	۳-۱۵-۱- مقاومت در برابر خوردگی
۳۳	۱۶-۱- اهداف پروژه حاضر

فصل دوم: بخش تجربی

۳۴	۱-۲- مواد مورد استفاده
۳۷	۲-۲- دستگاه ها و تجهیزات
۳۸	۳-۲- فرایند های اصلاح خاک رس
۳۸	۱-۳-۲- فرایند اصلاح خاک رس K10 با استفاده از نمک آمونیومی
۳۸	۲-۳-۲- فرایند اصلاح خاک رس K10 با استفاده از سخت کننده آمینی
۳۹	۴-۲- تهیه نانو کامپوزیت های اپوکسی / خاک رس به روش پلیمریزاسیون همزمان
۴۰	۵-۲- تکنیک های شناسایی
۴۰	۱-۵-۲- طیف FTIR
۴۱	۲-۵-۲- طیف XRD
۴۲	۶-۲- آنالیز حرارتی
۴۲	۱-۶-۲- کالریمتری پویشی تفاضلی (DSC)
۴۲	۲-۶-۲- آنالیز ترموگراویمتری (TGA)
۴۳	۷-۲- آزمون سختی
۴۴	۸-۲- آزمون چسبندگی

۴۵	۹-۲- اندازه گیری خواص مکانیکی
۴۵	۱-۹-۲- تعیین استحکام کششی سیستم اپوکسی
۴۷	۲-۹-۲- تعیین استحکام فشاری سیستم اپوکسی
۴۸	۱۰-۲- بررسی مورفولوژی توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

فصل سوم: نتایج و بحث

۵۱	۱-۳- بررسی نتایج اصلاح سطحی خاک رس
۵۱	۱-۱-۳- بررسی نتایج حاصل از اصلاح خاک رس K10 با استفاده از نمک آمونیومی
۵۵	۲-۱-۳- بررسی نتایج حاصل از اصلاح خاک رس K10 با استفاده از سخت کننده آمینی
۵۸	۲-۳- بررسی طیف FTIR نانو کامپوزیت اپوکسی / خاک رس
۶۰	۳-۳- بررسی طیف XRD نانو کامپوزیتهای اپوکسی / خاک رس
۶۰	۱-۳-۳- بررسی طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی / 05 Cloisite Na ⁺ 3%
۶۲	۲-۳-۳- بررسی طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی / 05 Cloisite 30B 3%
۶۴	۳-۳-۳- بررسی طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی / 05 Cloisite 15A 3%
۶۵	۴-۳-۳- بررسی طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی / 05 K10 3%
۶۶	۵-۳-۳- بررسی طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی / 05 3% K10 اصلاح شده با نمک آمونیومی
۶۶	۶-۳-۳- بررسی طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی / 05 3% K10 اصلاح شده با سخت کننده آمینی
۶۸	۷-۳-۳- بررسی تاثیر نوع خاک رس در ساختار نانو کامپوزیتهای
۶۸	۸-۳-۳- بررسی طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی / 05S Cloisite 30B 3%
۶۹	۹-۳-۳- بررسی طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی آلمانی / 05 Cloisite 30B 3%
۶۹	۱۰-۳-۳- بررسی تاثیر نوع رزین اپوکسی در ساختار نانو کامپوزیتهای
۷۱	۱۱-۳-۳- بررسی تاثیر درصد خاک رس در ساختار نانو کامپوزیتهای

۷۲	۳-۳-۱۲- بررسی تاثیر درصد عامل پخت در ساختار نانو کامپوزیتها
۷۴	۳-۴-۴- بررسی نتایج حاصل از تست های مکانیکی نانو کامپوزیتها
۷۴	۳-۴-۱- بررسی نتایج حاصل از تست کششی
۷۵	۳-۴-۱-۱- بررسی تاثیر درصد خاک رس در مقدار استحکام کششی
۷۶	۳-۴-۱-۲- بررسی تاثیر درصد خاک رس در میزان ازدیاد طول تا نقطه شکست
۷۷	۳-۴-۱-۳- بررسی تاثیر درصد خاک رس در مدول کششی
۷۷	۳-۴-۲- بررسی نتایج حاصل از تست فشاری
۷۸	۳-۴-۲-۱- بررسی تاثیر درصد خاک رس در مقدار استحکام فشاری
۷۹	۳-۴-۲-۲- بررسی تاثیر درصد خاک رس در میزان فشردگی نقطه تسلیم
۷۹	۳-۴-۲-۳- بررسی تاثیر درصد خاک رس در مدول فشاری
۸۰	۳-۴-۳- بررسی تاثیر خاک رس اصلاح شده در میزان سختی نانو کامپوزیتها
۸۱	۳-۵-۵- بررسی میزان چسبندگی نانو کامپوزیتها
۸۲	۳-۶-۶- بررسی ویژگیهای حرارتی نانو کامپوزیت ها
۸۲	۳-۶-۱- آنالیز DSC
۸۴	۳-۶-۲- آنالیز TGA
۸۶	۳-۷-۷- بررسی مورفولوژی
۸۹	۳-۸-۸- نتیجه گیری
۹۱	۳-۹-۹- پیشنهادات برای کارهای بعدی
۹۲	منابع و مراجع مورد استفاده

فهرست شکل ها

۲	شکل ۱-۱- طرح شماتیک از ساختار خاک های رس
۳	شکل ۲-۱- طرح ساده ای از سیلیکا تتراهدرال و ورقه سیلیکا

- شکل ۱-۳- طرح ساده ای از آلومینا اکتاهدرال و ورقه آلومینا ۴
- شکل ۱-۴- ساختار کائولینیت ۷
- شکل ۱-۵- ساختار مونت موریلونیت ۸
- شکل ۱-۶- ساختار های کائولینیت، ایلیت و مونت موریلونیت ۹
- شکل ۱-۷- انواع نانو کامپوزیت های پلیمر/خاک رس ۲۸
- شکل ۱-۸- ساختار شیمیایی رزین اپوکسی و عوامل پخت ۲۹
-
- شکل ۲-۱- نمونه های سیستم اپوکسی پخت شده برای تست سختی ۴۴
- شکل ۲-۲- نمونه های سیستم اپوکسی پخت شده مربوط به تست کششی ۴۶
- شکل ۲-۳- نمونه های سیستم اپوکسی پخت شده مربوط به تست تراکمی ۴۷
-
- شکل ۳-۱- طیف FTIR نمک تترا اتیل آمونیوم کلراید تک آبه ۵۲
- شکل ۳-۲- طیف FTIR خاک رس مونت موریلونیت K10 ۵۲
- شکل ۳-۳- طیف FTIR خاک رس مونت موریلونیت K10 اصلاح شده با نمک تترا اتیل آمونیوم کلراید ۵۳
- شکل ۳-۴- طیف XRD خاک رس مونت موریلونیت K10 ۵۴
- شکل ۳-۵- طیف XRD ، خاک رس مونت موریلونیت K10 اصلاح شده با نمک تترا اتیل آمونیوم کلراید ۵۴
- شکل ۳-۶- طیف FTIR سخت کننده آمینی ۵۶
- شکل ۳-۷- طیف FTIR خاک رس مونت موریلونیت K10 اصلاح شده با سخت کننده آمینی ۵۷
- شکل ۳-۸- طیف XRD، خاک رس مونت موریلونیت K10 اصلاح شده با سخت کننده آمینی ۵۷
- شکل ۳-۹- طیف FTIR خاک رس Cloisite 30B ۵۹
- شکل ۳-۱۰- طیف FTIR نانو کامپوزیت اپوکسی Cloisite 30B /05 ۵۹
- شکل ۳-۱۱- طیف XRD خاک رس Cloisite Na⁺ ۶۱
- شکل ۳-۱۲- طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی Cloisite Na⁺ /05 3wt% ۶۱
- شکل ۳-۱۳- طیف XRD خاک رس Cloisite 30B ۶۲

- شکل ۳-۱۴- طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی /05 Cloisite 30B 3wt% ۶۳
- شکل ۳-۱۵- طیف XRD خاک رس Cloisite 15A ۶۳
- شکل ۳-۱۶- طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی /05 Cloisite 15A 3wt% ۶۴
- شکل ۳-۱۷- طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی /05 K10 3wt% ۶۵
- شکل ۳-۱۸- طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی /05 3wt% K10 اصلاح شده با نمک آمونیومی ۶۷
- شکل ۳-۱۹- طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی /05 3wt% K10 اصلاح شده با سخت کننده آمینی ۶۷
- شکل ۳-۲۰- طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی /05S Cloisite 30B 3wt% ۷۰
- شکل ۳-۲۱- طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی آلمانی / Cloisite 30B 3wt% ۷۰
- شکل ۳-۲۲- طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی /05 Cloisite 30B 1wt% ۷۱
- شکل ۳-۲۳- طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی /05 Cloisite 30B 5wt% ۷۲
- شکل ۳-۲۴- طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی /05 Cloisite 30B 3wt% با ۴۰ درصد وزنی از عامل پخت ۷۳
- شکل ۳-۲۵- طیف XRD نانو کامپوزیت اپوکسی /05 Cloisite 30B 3wt% با ۶۰ درصد وزنی از عامل پخت ۷۳
- شکل ۳-۲۶- تغییرات استحکام کششی در نقطه شکست نانو کامپوزیتهای اپوکسی /05 Cloisite 30B بر حسب مقدار خاک رس ۷۵
- شکل ۳-۲۷- تغییرات ازدیاد طول نسبی در نقطه شکست نانو کامپوزیتهای اپوکسی /05 Cloisite 30B بر حسب مقدار خاک رس ۷۶
- شکل ۳-۲۸- تغییرات مدول کششی نانو کامپوزیتهای اپوکسی /05 Cloisite 30B بر حسب مقدار خاک رس ۷۷
- شکل ۳-۲۹- تغییرات استحکام فشاری در نقطه تسلیم نانو کامپوزیتهای اپوکسی /05 Cloisite 30B بر حسب مقدار خاک رس ۷۸
- شکل ۳-۳۰- تغییرات میزان فشردگی در نقطه تسلیم نانو کامپوزیتهای اپوکسی /05 Cloisite 30B بر حسب مقدار خاک رس ۷۹
- شکل ۳-۳۱- تغییرات مدول فشاری نانو کامپوزیتهای اپوکسی /05 Cloisite 30B بر حسب مقدار خاک رس ۸۰
- شکل ۳-۳۲- تغییرات سختی نانو کامپوزیتهای اپوکسی /05 Cloisite 30B بر حسب ۸۱

مقدار خاک رس

- ۸۳ شکل ۳-۳۳- منحنی DSC نمونه اپوکسی 05 خالص
- ۸۳ شکل ۳-۳۴- منحنی DSC نانو کامپوزیت اپوکسی 5wt % Cloisite 30B / 05
- ۸۵ شکل ۳-۳۵- منحنی TGA نمونه اپوکسی 05 خالص
- ۸۶ شکل ۳-۳۶- منحنی TGA نانو کامپوزیت اپوکسی 3wt % Cloisite 30B / 05
- ۸۶ شکل ۳-۳۷- منحنی TGA نانو کامپوزیت اپوکسی 5wt % Cloisite 30B / 05
- ۸۷ شکل ۳-۳۸- تصویر میکروسکوپ الکترون پویشی از سطح شکست اپوکسی 05 خالص با بزرگنمایی های الف) ۵۰۰۰ (ب) ۳۰۰۰
- ۸۸ شکل ۳-۳۹- تصویر میکروسکوپ الکترون پویشی از سطح شکست نانو کامپوزیت اپوکسی 5wt % Cloisite30B/ 05 با بزرگنمایی های الف) ۵۰۰۰ (ب) ۳۰۰۰
- ۸۸ شکل ۳-۴۰- تصویر میکروسکوپ الکترون پویشی نانو کامپوزیت اپوکسی 5wt % Cloisite30B/ 05 با بزرگنمایی های ۵۰۰۰۰

فهرست جداول

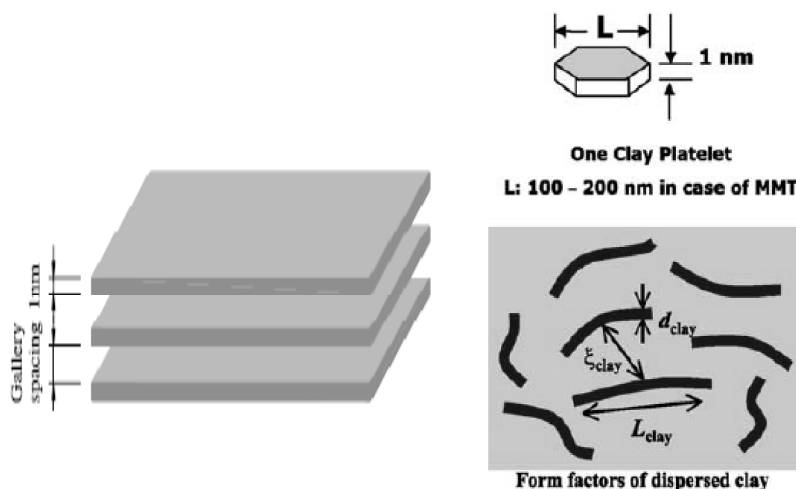
- ۶ جدول ۱-۱- طبقه بندی کریستال های سیلیکات لایه ای
- ۱۰ جدول ۱-۲- ویژگی های سه کانی: کائولینیت، ایلیت و مونت موریلونیت
- ۱۳ جدول ۱-۳- سورفاکتانت های کاتیونی و بدون بار استفاده شده توسط Shen
- ۱۷ جدول ۱-۴- تاثیر تغییر نسبت واکنش دهنده ها در وزن مولکولی رزینهای اپوکسی
- ۳۶ جدول ۱-۲- مشخصات رزین اپوکسی Epiran 05
- ۳۶ جدول ۲-۲- مشخصات رزین اپوکسی Epiran 05S
- ۴۰ جدول ۲-۳- نوع و مقدار واکنش دهنده ها جهت تهیه نانو کامپوزیت های اپوکسی/خاک رس
- ۸۱ جدول ۱-۳- مقادیر سختی نانو کامپوزیتهای اپوکسی 05 / ۳ درصد وزنی خاک رس اصلاح شده با انواع مختلف از خاک رس

فصل اول : بررسی منابع

۱-۱ - خاک های رس

کانی های خاک رس در طی دوره های طولانی زمین شناسی از طریق فرسایش شیمیایی تدریجی سنگها (عموما بر پایه سیلیکات) با مقادیر کمی اسید کربنیک و حلال های آبی تشکیل شده اند. این حلال ها عموما اسیدی بوده و بعد از فرسایش سنگها شسته شده و خارج می شوند. موارد استفاده زیادی از این کانی ها وجود دارد که از آن جمله می توان به کاربرد آنها در ساخت وساز، تهیه کاغذ و موارد دیگر اشاره کرد [۱]. اصطلاح خاک رس یا Clay اشاره به کانی های طبیعی متشکل از ذرات ریز دانه دارد که در حضور مقدار مناسب از آب، خاصیت پلاستیکی نشان می دهند و در اثر حرارت یا خشک شدن، سخت می شوند. در واقع خاکهای رس، آلومینوسیلیکات هایی می باشند که حالت ورقه ای دارند و ساختار آنها حاصل از اتصال ورقه های سیلیکا تتراهدرال و آلومینا اکتاهدرال به صورت های مختلف می باشد. ضخامت این لایه ها در حدود ۱ nm می باشد و نسبت منظر^۱ بسیار بالایی دارند که عمدتاً در محدوده ۱۰۰ تا ۱۵۰۰ می باشد [۲]. چنانچه نسبت ورقه های سیلیکا تتراهدرال به آلومینا اکتاهدرال به صورت ۲ به ۱ باشد، رس های اسمکتیت^۲ حاصل می شود که رایج ترین نوع رس بوده و مونت موریلونیت^۳ نامیده می شوند. فلزات دیگری مانند منیزیم نیز می تواند جایگزین آلومینیوم در لایه ها شوند. شکل ۱-۱ طرح شماتیکی از ساختار خاک های رس را نشان می دهد. در دهه گذشته خاک های رس طبیعی از قبیل مونت موریلونیت و پالیگروسکیت به طور عمده ای در سنتز کاتالیست ها، به عنوان جاذب، به عنوان مواد آنتی باکتریال در الکتروودها، سنسورها و نانوکامپوزیت ها مورد استفاده قرار گرفته اند.

1. Aspect ratio
2. Smectite
3. Montmorillonite



شکل ۱-۱- طرح شماتیک از ساختار خاک های رس

۱-۱-۱- خواص خاک های رس

تعدادی از ویژگی های فیزیکی خاک های رس به شرح زیر می باشند:

- خاکهای رس می توانند کریستالهای میکروسکوپی تا زیر میکروسکوپی را تشکیل دهند.
- خاک های رس در اثر تغییرات رطوبت محیط می توانند آب جذب کرده و یا از دست بدهند.
- در اثر جذب آب، خاک رس منبسط می شود چون آب فضاهای بین لایه های سیلیکات را پر می کند.
- با جذب آب چگالی ویژه خاک رس در محدوده وسیعی تغییر کرده و با افزایش مقدار آب چگالی ویژه کمتر می شود.
- خاکهای رس به ندرت به صورت مجزا یافت می شوند و نه تنها با دیگر خاکهای رس بلکه با کریستالهای میکروسکوپی کربنات ها، فلدسپات ها، میکا و کوارتز نیز یافت می شوند [۳].

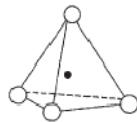
• ضخامت لایه های خاک رس 1nm است و ابعاد لایه ها بسته به ویژگیهای آن از 30 nm تا

چندین میکرومتر و یا بیشتر متغیر است [۴].

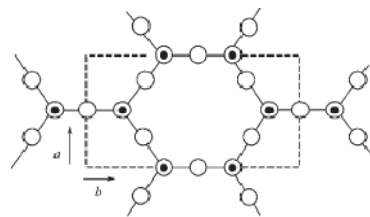
۲-۱- ساختار لایه ای سیلیکات

۱-۲-۱- سیلیکا تتراهدرال

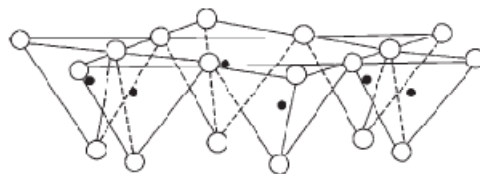
در ساختار سیلیکا تتراهدرال چهار اتم اکسیژن در گوشه به وسیله پیوند کووالانسی به یک اتم Si در مرکز متصل می شوند. اتم Si فاصله یکسانی با چهار اتم اکسیژن دارد. در بیشتر کانیهای سیلیکاتی سیلیکا تتراهدرال یک ساختار شش وجهی را در حالت صفحه ای نشان می دهد که در آن اتمهای اکسیژن در سه گوشه مشترک هستند. شکل ۱-۲-۱ ساختار فضایی یک ورقه سیلیکا را نشان می دهد.



الف) سیلیکا تتراهدرال



ب) ورقه سیلیکا (صفحه ای)

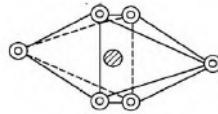


ج) ورقه سیلیکا (فضایی)

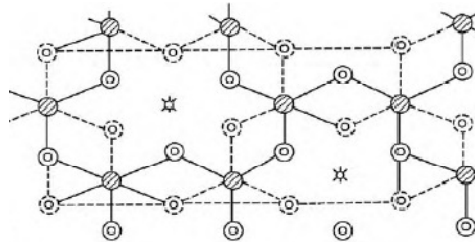
شکل ۱-۲- طرح ساده ای از سیلیکا تتراهدرال و ورقه سیلیکا

۱-۲-۲- آلومینا اکتاهدرال

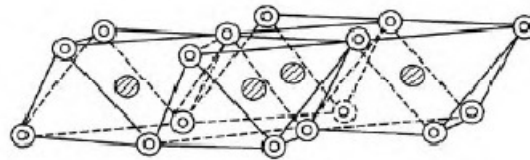
در کریستال آلومینا اکتاهدرال شش یون هیدروکسید در گوشه های هشت وجهی قرار می گیرند و یون های Al , Fe , Mg در مرکز این هشت وجهی قرار می گیرند (شکل ۱-۳). اگر یون های فلزی نظیر آهن (III) و آلومنیوم موقعیت های مرکزی را در ورقه های اکتاهدرال اشغال کنند و یک سوم مراکز خالی باشد، این نوع ورقه کریستالی به عنوان ورقه کریستالی دی اکتاهدرال نامیده می شود و وقتی تمام مراکز اکتاهدرال به وسیله فلزاتی نظیر آهن (II) و منیزیم اشغال شود ورقه کریستالی تری اکتاهدرال تشکیل می شود.



الف) آلومینا اکتاهدرال



ب) ورقه آلومینا (صفحه ای)



ج) ورقه آلومینا (فضایی)

شکل ۱-۳- طرح ساده ای از آلومینا اکتاهدرال و ورقه آلومینا

۱-۲-۳- اتصال ورقه های کریستالی

ورقه های تتراهدرال و اکتاهدرال از طریق اکسیژن های مشترک به هم متصل می شوند و یک ساختار لایه ای تشکیل می دهند. این لایه های کریستالی روی هم چیده می شوند تا یک ساختار کریستالی حاصل شود.

۱-۳- انواع سیلیکاتهای لایه ای بر اساس ساختار

سیلیکاتهای لایه ای بر اساس نوع و تعداد ورقه های کریستالی به چهار بخش عمده طبقه بندی می شوند (جدول ۱-۱).

۱-۳-۱- ساختار ۱:۱

واحد کریستالی این نوع متشکل از یک ورقه سیلیکا تتراهدرال ترکیب شده با یک ورقه آلومینا اکتاهدرال می باشد. کائولینیت و ایلیت جزء این گروه طبقه بندی می شوند.

۱-۳-۲- ساختار ۲:۱

از ۲ ورقه سیلیکا تتراهدرال ترکیب شده با یک ورقه اکتاهدرال در وسط، تشکیل شده است. مونت موریلونیت به این دسته از خاک های رس تعلق دارد.

۱-۳-۳- ساختار ۲:۲

از ۴ ورقه کریستالی تشکیل شده که در آن ورقه های سیلیکا تتراهدرال و آلومینا یا منیزیم اکتاهدرال به ترتیب قرار می گیرند.

۱-۳-۴- ساختارهای پیچیده و شبه زنجیر

در این ساختارها حلقه‌های هگزاگونال از ورقه‌های سیلیکا تتراهدرال در مقابل یکی از انواع

ذکر شده در بالا قرار می‌گیرند [۵].

جدول ۱-۱- طبقه بندی کریستال‌های سیلیکات لایه ای

نوع واحد کریستالی	نوع خاک رس	مثال
۱:۱	گروه کائولینیت گروه ایلیت	کائولینیت، پرلیت و غیره ایلیت و غیره
۲:۱	گروه ساپونیت گروه هیدرومیکا	مونت موریلونیت، ساپونیت، ور میکولیت ایلیت، گلاکونیت
۲:۲	گروه کلریت و بقیه گروهها	کلریت
ساختارهای پیچیده و شبه زنجیر	گروه ساپونیت	سپولیت، پالیگروسکیت

۱-۴-۴- ساختار کریستالی و خواص بعضی از کانی‌های رسی مهم

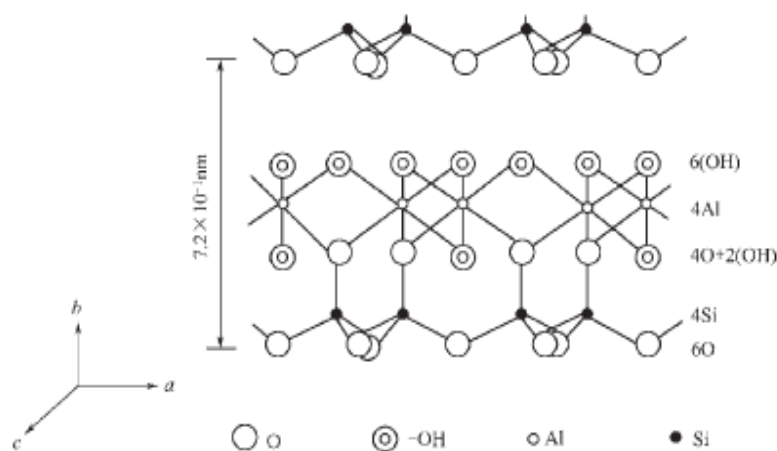
۱-۴-۱- کائولینیت^۱

کائولن با نام کانی شناسی کائولینیت با فرمول شیمیایی $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ در سیستم تری کلینیک و دارای ۳۹.۵ درصد Al_2O_3 ، ۴۶.۵ درصد SiO_2 و ۱۴ درصد آب بوده و وزن مخصوص $2.1-2.6 g/cm^3$ دارد. رنگ این کانی سفید مایل به زرد و گاهی هم کمی سبز یا آبی رنگ بوده و طعم خاک دارد و به صورت مرطوب بوی شدید خاک می‌دهد. این کانی اغلب دارای پلاستیسیته بوده و عملاً در آب، اسیدهای سرد و رقیق، اسید کلریدریک و اسید سولفوریک گرم و غلیظ و هیدروکسیدهای قلیایی حل می‌شود.

1. kaolinite

کائولینیت از یک ورقه سیلیکا تتراهدرال و یک ورقه آلومینا اکتاهدرال تشکیل شده است (شکل ۱-۴). اتمهای اکسیژن پایه در ورقه تتراهدرال یک الگوی هگزاگونال را تشکیل می دهند و اتمهای اکسیژن بالایی عمود بر ورقه ها هستند.

ورقه های تتراهدرال و اکتاهدرال به وسیله اتمهای اکسیژن مشترک به همدیگر متصل می شوند. لایه های کائولینیت متوالی بوسیله پیوند هیدروژنی به همدیگر محکم می شوند که این پیوند هیدروژنی در جفت OH-O یعنی بین یون های هیدروکسیل اکتاهدرال در بالای لایه و اتم های اکسیژن تتراهدرال در پایین لایه تشکیل می شود. فاصله بین لایه های مجاور 0.72 nm به دست آمده است. آرایش نزدیک به هم کائولینیت باعث پایداری مطلوب آن می شود.

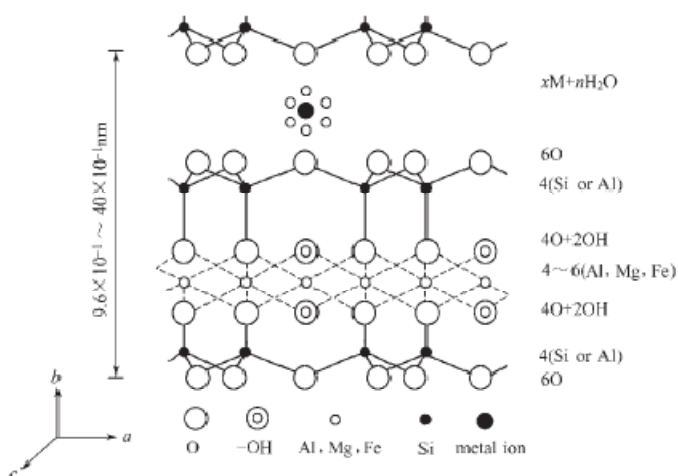


شکل ۱-۴- ساختار کائولینیت

۱-۴-۲- مونت موریلونیت

مونت موریلونیت، مشتقی از پیروفیلیت است. فرمول شیمیایی پیروفیلیت $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$ می باشد. پیروفیلیت یک ساختار ۲:۱ متشکل از ۲ ورقه سیلیکا تتراهدرال و یک ورقه آلومینا اکتاهدرال دارد. اختلاف بین ساختار کریستالی مونت موریلونیت و پیروفیلیت در این است که پیروفیلیت بدون

بار است در حالیکه مونت موریلونیت به واسطه جایگزینی کاتیونی بارهای لایه ای دارد. جایگزینی هنگامی اتفاق می افتد که بعضی از اتمها در ساختار کریستال با اتمهای دیگری که لایه والانس متفاوت دارند، جایگزین می شوند که البته این عمل هیچ گونه تغییری را در چیدمان کریستال ایجاد نمی کند. برای مثال وقتی یک جایگزینی ایزومورفیک یون های منیزیم به جای یون های آلومینیوم اتفاق می افتد، بار ۱- ایجاد می شود که این بار به وسیله کاتیونهای جذب شده از محلول خنثی می شود. شکل ۱-۵ ساختار مونت موریلونیت را نشان می دهد.

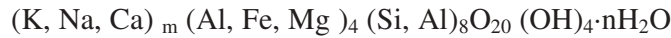


شکل ۱-۵- ساختار مونت موریلونیت

تمام موقعیتهای بالا و پایین شبکه لایه های مونت موریلونیت به وسیله اتمهای اکسیژن اشغال می شوند. این لایه ها به وسیله نیروی درون ملکولی نسبتا ضعیف به همدیگر محکم می شوند. در نتیجه ملکول های آب به راحتی به فضای بین لایه ها نفوذ می کنند و می توانند موجب انبساط شبکه شوند. به واسطه جایگزینی ایزومورفیک فلزات، مونت موریلونیت می تواند کاتیونهای با بار یکسان را جذب کند. کاتیونهای هیدراته وارد منطقه بین لایه ای می شوند که این امر منجر به افزایش فاصله بین لایه ای می شود. لذا مونت موریلونیت یک خاک رس قابل انبساط بوده و فعالیت کلوئیدی دارد.

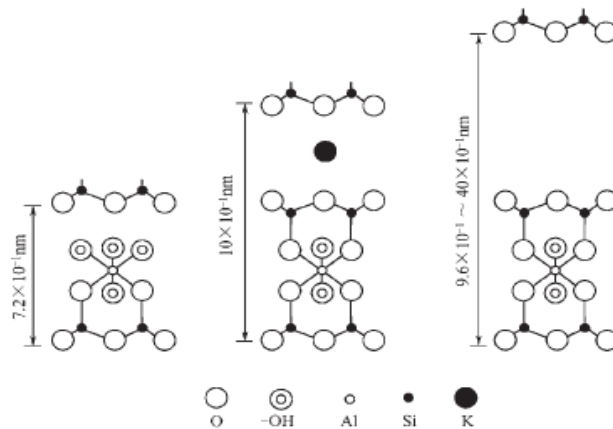
۱-۴-۳- ایلیت^۱

فرمول تئوری ایلیت به صورت زیر می باشد.



در ایلیت بار منفی متوسط بین ۰/۶ تا ۱ است که در مقایسه با مونت موریلونیت (۰/۲۵ تا ۰/۶) بیشتر است. در این کانی بار منفی تولید شده به وسیله اتم های پتاسیم خنثی می شود. شبکه ایلیت به سختی منبسط می شود چون ملکولهای آب به سختی می توانند به منطقه بین لایه ای نزدیک شوند و دلیل آن این است که بار منفی در ورقه تتراهدرال نزدیک سطح واقع شده و در نتیجه جاذبه الکترواستاتیک قوی بین یون های پتاسیم و بار منفی در لایه ها وجود دارد. به علاوه یون های پتاسیم در یک حفره فرورفته اند که این حفره به وسیله اتم های اکسیژن سطحی در لایه های مجاور ایجاد شده است.

مقایسه ای از خواص سه نوع سیلیکات لایه ای در شکل (۱-۶) و جدول (۱-۲) آمده است:



شکل ۱-۶- ساختارهای کائولینیت، ایلیت و مونت موریلونیت