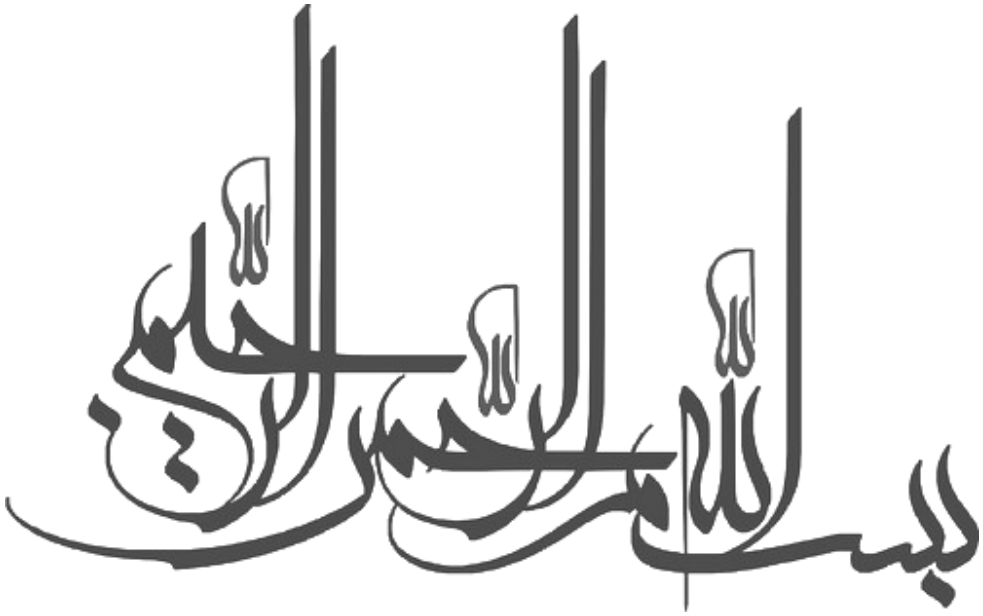

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی نساجی
دانشگاه صنعتی اصفهان

به کارگیری ذرات نانورس به روشهای تکمیل نساجی بر روی کالای نایلون٦ و بررسی امکان بهبود خصوصیات آنتی استاتیکی و مقاومت در برابر آتش

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی نساجی - شیمی نساجی و علوم الیاف

مسعود حسن‌زاده

استاد راهنما

سید مجید مرتضوی

بهار ۱۳۸۸

دانشکده مهندسی نساجی
دانشگاه صنعتی اصفهان

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی نساجی- شیمی نساجی و علوم الیاف آقای مسعود حسن‌زاده

تحت عنوان

به کارگیری ذرات نانورس به روشهای تکمیل نساجی بر روی کالای نایلون٦ و بررسی امکان بهبود خصوصیات آنتی استاتیکی و مقاومت در برابر آتش

در تاریخ ۱۳۸۸/۲/۲۲ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر سید مجید مرتضوی
۲- استاد داور پایان نامه	دکتر حسین توانایی
۳- استاد داور پایان نامه	دکتر محمد مرشد
سرپرست تحصیلات تکمیلی	دکتر سعید آجلی

تشکر و قدردانی

در ابتدا خداوند بزرگ را که همیشه حضورش را در قلبم احساس نموده‌ام، شاکرم که هم او بوده که با عنایت خود مرا به آنچه که خود شایسته آن می‌دانسته، رهنمون نموده است. پس ازآن زحمات بیکران پدر و مادرم را سپاس می‌گویم که هرگز از زیر دینشان خارج نخواهم شد و هیچ ندارم که جایگزین این زحمات کنم، همچنین از برادران خوبم صمیمانه‌ترین تشکرها را دارم.

بر خود لازم می‌دانم از کمکهای بی‌دریغ استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر سید مجید مرتضوی تشکر نموده و آرزوی توفیق روزافزون برایشان داشته باشم. در ضمن از زحمات سایر اساتید گرانقدر در دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی اصفهان که در طول دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد، دانشجوی ایشان بوده‌ام، سپاسگزارم.

در پایان نیز جای آنست که از دوستان و هم‌دانشکده‌ایهای خوب و مهربانم، که باعث رقم خوردن خاطراتی خوب و شیرین برایم شده‌اند و همچنین از کمکهای جناب آقای مهندس آرش عطائیان، جناب آقای مهندس محمد اکرم جنگی‌زهی و دیگر عزیزانی که بدون همراهی آنها، انجام این تحقیق ممکن نبود، تشکر و قدردانی نمایم.

مسعود حسن‌زاده

بهار ۱۳۸۸

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان می‌باشد.

تقدیم به آخرین پیامبر الهی و خاندان پاکش

پدر و مادر عزیزم، برادران خوبم

و تقدیم به تمام کسانی که دوستشان دارم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت
چکیده ۱

فصل اول - مطالعات و تحقیقات مقدماتی
۱-۱- مقدمه و هدف ۲
۱-۲- خاک رس و کانیهای آن ۵
۱-۲-۱- تعریف رسها ۵
۱-۲-۲- هوازدگی و شرایط تشکیل رسها ۵
۱-۲-۳- کانیهای رس و تقسیم‌بندی آنها ۶
۱-۲-۴- ساختمان کانیهای رسی ۸
۱-۲-۴- الف) ساختمان کائولینیت‌ها ۸
۱-۲-۴- ب) ساختمان مونت موریونیت‌ها ۱۳
۱-۲-۴- ج) ساختمان میکا ۱۶
۱-۲-۴- د) ساختمان ایلیت ها یا میکاهای آبدار ۱۷
۱-۳- درآمدی بر نانوذرات ۱۸
۱-۳-۱- تعریف نانوذرات ۱۸
۱-۳-۲- تغییر رفتار با گذر از میکروذرات به نانوذرات ۱۸
۱-۳-۳- نانوذرات سرامیکی ۱۹
۱-۴- نانورس تهیه شده از کانی مونت موریونیت (Montmorillonite) و نانوکامپوزیتهای آن ۱۹
۱-۴-۱- تعریف نانوکامپوزیت‌های خاک‌رس/ پلیمر ۱۹
۱-۴-۲- ویژگیهای نانوکامپوزیتهای تهیه شده از نایلون ۶- خاک رس ۲۰
۱-۵- مروری بر نایلونها و خصوصیات فیزیکی - شیمیایی آنها ۲۱
۱-۵-۱- مقدمه‌ای بر نایلونها ۲۱
۱-۵-۲- پلیمریزاسیون و ریسندگی الیاف نایلون و تأثیر آن بر فرآیندهای رنگرزی و تکمیل نساجی ۲۱
۱-۵-۳- خصوصیات کلی الیاف نایلون ۲۲

۱-۵-۴- استحکام و خصوصیات مکانیکی الیاف نایلون ۲۳
۱-۵-۵- خصوصیات حرارتی نایلون ۲۴
۱-۵-۵- الف) دمای ذوب (Melting Temperature) ۲۴
۱-۵-۵- ب) جمع شدگی برگشت ناپذیر (Irreversible Shrinkage) ۲۶
۱-۵-۵- ج) دمای انتقال شیشه‌ای (Glass Transition Tempetature) ۲۷
۱-۵-۶- جذب رطوبت ۲۹
۱-۵-۷- خواص نوری الیاف نایلون ۲۹
۱-۵-۸- خواص الکتریکی در الیاف نایلون ۳۰
۱-۵-۹- خصوصیات شیمیایی و تأثیر عوامل گوناگون بر نایلون ۳۲
۱-۵-۹- الف) تاثیر گرما و حرارت بر نایلون ۳۲
۱-۵-۹- ب) اکسیداسیون ۳۳
۱-۵-۹- ج) اشتعال پذیری نایلونها ۳۵
۱-۵-۹- د) تجزیه نوری ۳۶
۱-۵-۹- هـ) اثر اسیدها، مواد قلیایی و حلالها ۳۷
۱-۶- اشتعال‌پذیری منسوجات و روشهای تکمیلی مرسوم جهت کاهش اشتعال‌پذیری آنها ۳۸
۱-۶-۱- تاریخچه تکمیلهای دفع آتش ۳۸
۱-۶-۲- مفهوم تکمیل دفع آتش ۳۸
۱-۶-۳- معیارهایی برای مقایسه کالاها از لحاظ دفع آتش نسبی ۳۹
۱-۶-۴- مراحل احتراق مواد نساجی و روشهای مختلف برای جلوگیری از احتراق یا کُند کردن آن ۳۹
۱-۶-۵- عوامل مؤثر بر رفتار لیف در مقابل آتش ۴۰
۱-۶-۶- طبقه بندی الیاف بر حسب میزان اشتعال‌پذیری ۴۰
۱-۶-۷- مواد ضد آتش یا کُندکننده رایج از نظر کاربرد و دوام ۴۱
۱-۶-۸- مشکلات مواد دفع آتش رایج و هدف از بکارگیری نانوذرات رس در تکمیل دفع آتش منسوجات ۴۱
۱-۷- الکتریسیته ساکن و تکمیلهای ضد الکتریسیته ساکن (تکمیلهای آنتی‌استاتیک در نساجی) ۴۲
۱-۸- مروری بر مطالعات و پژوهشهای انجام شده قبلی ۴۲
۱-۸-۱- افزایش مقاومت منسوجات نایلونی در مقابل اشتعال ۴۲
۱-۸-۲- بهبود مقاومت پلیمر نایلون ۶ در مقابل اشتعال از طریق تهیه نانوکامپوزیتهای نایلون ۶ و نانوذرات خاک رس (کانی مونت موریونیت) ۴۲
۱-۸-۳- معیارهای مقایسه کالاها از نظر مقاومت نسبی در برابر آتش ۴۳
۱-۸-۴- افزایش خاصیت هدایت الکتریکی در منسوجات نایلونی با هدف کاهش مشکلات ناشی از الکتریسیته ساکن در آنها ۴۳
۱-۹- بررسی اهمیت موضوع از دیدگاه پزشکی ۴۳
۱-۱۰- منسوجات عامل بروز آتش سوزیهای بزرگ (اشاره اجمالی به چند حادثه تلخ و ضرورت تاکید بر تکمیلهای ضد آتش) ۴۴

۱-۱۱- استانداردهای تدوین شده پیرامون اشتعال‌پذیری منسوجات مختلف و ارزیابی رفتار آنها در برابر آتش و فرآیند احتراق ۴۵

فصل دوم - تجربیات و آزمایشات

۲-۱- مشخصات پارچه و مواد مصرفی ۴۷
۲-۱-۱- پارچه مورد استفاده ۴۷
۲-۱-۲- مواد مصرفی ۴۸
۲-۲- وسایل مورد استفاده ۴۸
۲-۳- آزمونها و روشهای انجام آزمایش ۵۰
۲-۳-۱- شستشوی اولیه پارچه ۵۰
۲-۳-۲- تهیه محلول (دیسپرسیون) نانورس ۵۰
۲-۳-۳- تهیه محلولهای محتوی نانورس و مواد معدنی ۵۱
۲-۳-۴- تهیه محلولهای محتوی نانورس و بیندر ۵۱
۲-۳-۵- تهیه محلولهای محتوی نانورس و نرم‌کن سیلیکونی ۵۱
۲-۳-۶- تهیه محلولهای محتوی نانورس و DMDHEU ۵۲
۲-۳-۷- تهیه محلولهای محتوی اسید فرمیک و نانورس ۵۲
۲-۳-۸- استفاده از محلول تجاری ضد آتش ۵۳
۲-۴- ارزیابی اشتعال پذیری و نحوه سوختن ۵۳
۲-۵- آزمون سیگار روشن ۵۵
۲-۶- ارزیابی ثبات در برابر شستشو ۵۶
۲-۷- ارزیابی ثبات در برابر سایش ۵۶
۲-۸- ارزیابی میزان هدایت الکتریکی و جذب رطوبت ۵۶
۲-۹- اندازه گیری سختی خمشی و طول خمشی (جهت ارزیابی زیردست منسوجات) ۵۸
۲-۱۰- اندازه گیری استحکام و سایر پارامترهای مکانیکی ۵۹
۲-۱۱- اندازه گیری مقدار واقعی نانورس بر روی کالا ۵۹
۲-۱۲- اندازه‌گیری اندیس زردشدگی ۶۱
۲-۱۳- تهیه طیف FT-IR ۶۱
۲-۱۴- عکسبرداری توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ۶۱
۲-۱۵- آنالیز حرارتی گراویمتری (Thermal Gravimetric Analysis) ۶۱
۲-۱۶- تست ضد میکروب ۶۲

فصل سوم - بحث و بررسی نتایج

۳-۱- آزمونها و تحلیلهای آماری ۶۴
۳-۲- بررسی طیف FT-IR و مقایسه آن با طیف کانی مونت موریونیت ۶۴

۳-۳- بررسی اشتعال پذیری و تغییر رفتار سوختن ۶۸
۳-۳-۱- معیارها و اهداف مورد نظر در بررسی اشتعال پذیری و ارزیابی رفتار سوختن ۶۸
۳-۳-۲- تهیه نمونه‌های اولیه (استفاده از نانورس با غلظتهای کمتر از ۰/۵ درصد وزنی) و بررسی رفتار سوختن در آنها ۶۸
۳-۳-۳- تغییر نگرش و افزایش غلظت نانورس به بیش از ۲٪ ۷۰
۳-۳-۴- بررسی اشتعال پذیری و رفتار سوختن در نمونه‌های محتوی نانورس (غلظتهای بیشتر از ۲٪) ۷۰
۳-۳-۵- بررسی اشتعال پذیری و رفتار سوختن در نمونه‌های محتوی نانورس و نرم‌کن سیلیکونی ۷۴
۳-۳-۶- بررسی اشتعال پذیری و رفتار سوختن در نمونه‌های محتوی نانورس و بیندر ۷۷
۳-۳-۷- بررسی اشتعال پذیری و رفتار سوختن در نمونه‌های محتوی نانورس و DMDHEU ۸۱
۳-۳-۸- مقایسه و بررسی رفتار سوختن پس از کاربرد مواد معدنی بر روی پارچه نایلونی ۸۳
۳-۳-۹- بررسی اشتعال پذیری و رفتار سوختن در نمونه‌های محتوی نانورس و مواد معدنی ۸۷
۳-۳-۱۰- بررسی اشتعال پذیری و رفتار سوختن در نمونه‌های محتوی نانورس و دی آمونیوم هیدروژن فسفات ۸۸
۳-۳-۱۱- مقایسه و بررسی رفتار سوختن با کمک یک ترکیب ضد آتش تجاری (محلول محتوی نمکهای بُرُم) ۸۹
۳-۳-۱۲- بررسی اشتعال پذیری و رفتار سوختن در نمونه‌های عمل شده با اسید فرمیک و نانورس ۹۰
۳-۴- نتایج آزمون سیگار روشن (آتش‌زاهای بدون شعله) ۹۰
۳-۵- بررسی ثبات نمونه‌ها در برابر شستشو ۹۱
۳-۶- بررسی ثبات نمونه‌ها در برابر سایش ۹۵
۳-۷- اندازه‌گیری مقدار واقعی نانورس جذب شده بر روی کالا ۹۵
۳-۸- اندازه‌گیری توانایی جذب رطوبت نمونه‌ها ۹۶
۳-۹- بررسی اندیس زردشدگی ۹۹
۳-۱۰- بررسی زیردست و سختی خمشی نمونه‌ها ۱۰۰
۳-۱۱- بررسی تاثیر تکمیلهای انجام شده بر روی استحکام و سایر پارامترهای مکانیکی منسوج ۱۰۰
۳-۱۲- بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و برآورد اندازه ذرات نانورس بر روی کالا ... ۱۰۴
۳-۱۳- بررسی نمودارهای آنالیز حرارتی گراویمتری (Thermal Gravimetric Analysis) ۱۰۴
۳-۱۴- بررسی نتایج تست ضد میکروب ۱۰۵

فصل چهارم - نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

۴-۱- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۱۱۲
۴-۲- پیشنهادات ۱۲۲

پیوست - تحلیلهای آماری انجام شده بر روی نتایج تحقیق بوسیله نرم افزار SPSS 13.0
منابع و مراجع

چکیده

سوختگی ناشی از مایعات داغ یا مذاب و سوختگی ناشی از شعله، به ترتیب اولین و دومین عامل مهم در بروز سوانح سوختگی محسوب می‌شوند. این معایب در منسوجات نایلونی نیز کاملا مشهود هستند به گونه‌ای که در صورت اشتعال یک منسوج نایلونی، قطرات مذاب فوق‌العاده داغ (با حرارت $530^{\circ}C$ – ۲۲۰ و حتی بالاتر) همراه با شعله تشکیل شده و در صورت تماس با پوست یا چکیدن بر روی پوست، سریعا به آن چسبیده و جدا نمودن آن نیز به راحتی مقدور نمی‌باشد. این موضوع نیز به نوبه خود، موجب افزایش مدت زمان تماس عامل سوختگی با پوست بدن و تشدید صدمات و آسیبهای وارده بر شخص می‌گردد. لذا در این پروژه نیز در رابطه با افزایش مقاومت منسوجات نایلونی در برابر آتش، دو هدف اصلی پیگیری می‌شود؛ ۱- جلوگیری از ذوب شدن و از بین بردن قطرات مذاب (کمک به تشکیل باقیمانده ذغالی در حین سوختن) - ۲- کاهش سرعت اشتعال و انتشار شعله.

از طرف دیگر، مدتی است که نانوکامپوزیتهای پلیمر- خاک رُس به عنوان موادی با خواص مناسب نظیر تأخیر در شعله وری و یا افزایش مقاومت در برابر آتش، توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است و تاکنون نیز گزارشاتی در این زمینه به چاپ رسیده است. در این پروژه نیز با توجه به تاثیر مثبت ذرات نانورُس در نانوکامپوزیتها و افزایش مقاومت آنها در برابر آتش، به دنبال بهره گیری از نانوذرات رُس با استفاده از روشهای تکمیلی بر روی منسوجات تهیه شده از نایلون۶ (پلی‌آمید۶) هستیم. قابل ذکر است که تاکنون استفاده از نانوذرات رُس، مختص به تولید نانوکامپوزیتهایی با خواص متفاوت بوده است. لذا باید توجه داشت که کاربرد نانوذرات رُس با استفاده از روشهای تکمیلی بر روی منسوجات، موضوعی کاملا جدید می باشد.

ذرات نانورس مورد استفاده در این پروژه، از نوع اصلاح نشده ($Cloisite\ Na^{+}$) بوده که در حقیقت کانی مونت موریونیت نسبتا خالص می‌باشد. به منظور جداسازی صفحات سیلیکاتی در ساختار این ذرات و کوچکتر نمودن اندازه ذرات آنها، ضروریست تا پیش از کاربرد آنها بر روی کالا، در محیط آبی تحت نیروهای برشی شدید واقع شوند.

همچنین در این تحقیق، علاوه بر افزایش مقاومت کالای نایلونی در برابر آتش، به حفظ خواص مطلوب پارچه و پایداری تکمیلهای انجام شده نیز توجه شده است و در این رابطه، سعی گردیده تا از روشهای گوناگون و سایر مواد کمکی استفاده شود و در هر مورد پس از بررسی ثبات شستشویی، ثبات سایشی، سفتی یا سختی خمشی، مقاومت مکانیکی، ایجاد زردشدگی در اثر حرارت و ... ، بهترین حالتها معرفی گردند.

علاوه بر موارد فوق، بررسیهای دیگری که در این پروژه انجام شده، نشان می‌دهند که ذرات نانورس از قابلیت جذب رطوبت بیشتری نسبت به کالای نایلون۶ برخوردار هستند. ضمنا کاربرد ذرات نانورس بر روی پارچه نایلون۶ در افزایش مقاومت حرارتی آن موثر بوده است و همچنین با انجام تست ضدمیکروب مشخص شد که کاربرد ۳/۵٪ (وزنی) نانورس بر روی سطح پارچه نایلونی، توانسته است تا ۷۵٪ از رشد باکتری‌ها جلوگیری نماید.

واژگان کلیدی: آتش، اشتعال‌پذیری، قطرات مذاب، نایلون۶ ، نانورس، کانی مونت موریونیت.

فصل اول

مطالعات و تحقیقات مقدماتی

۱-۱- مقدمه و هدف

استفاده از نانوتکنولوژی در علوم مختلف، موضوعی نسبتا جدید بوده و در عین حال، سبب ایجاد تحول در بسیاری از حوزه‌ها شده است. در این میان، استفاده از ذرات نانو، یکی از جنبه‌های کاربرد نانوتکنولوژی در علوم می‌باشد. بطور کلی، نانوذرات به موادی گفته می‌شود که یکی از ابعاد آنها، کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد. در این میان، بیشترین ذرات نانوی کاربردی عبارتند از: رُس، فلزات (نظیر نقره و ...)، اکسیدهای فلزی و کربن سیاه. همچنین، لازم به یادآوریست که در حوزه نساجی، میتوان کاربردهای نانوتکنولوژی را به دو دسته زیر تقسیم کرد؛ الف- تولید الیاف و رشته هایی با قطر بسیار کم. ب- استفاده از ذرات بسیار ریز (نانوذرات).

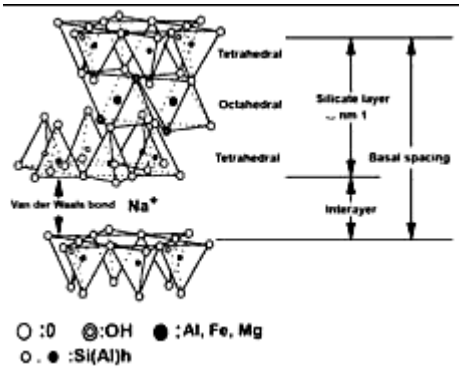
خاک رُس و نانوذرات رس:

ذرات خاک رُس (Clay) در طبیعت با ابعاد متوسط حدود ۲ میکرون یافت شده و دارای کانیهای مختلفی هستند که هر کدام ساختار ویژه‌ای دارند. از نظر ساختار شیمیایی، ذرات رس از انواع گوناگونی از آلومینوسیلیکاتهای آبکی تشکیل شده‌اند که هر یک از این مواد، از لحاظ ساختار شیمیایی و کریستالی و خواص فیزیکی متفاوتند. نانوذرات رس قادر به ایجاد مقاومتهای الکتریکی، گرمایی، شیمیایی و مقاومت در برابر تابش پرتوهای فرابنفش هستند و بر این اساس، ساختارها و کالاهایی که حاوی نانوذرات رس هستند نیز مقاومت بیشتری در برابر آتش، پرتوهای فرابنفش و خوردگی نشان می‌دهند.

در دسترس بودن و داشتن نسبت سطحی (aspect ratio) زیاد و قیمت مناسب کانی‌های رسی، باعث شده تا این نانوذرات بسیار مورد توجه قرار گیرند. همچنین، استفاده از نانورسها به میزان زیادی برای تولید نانوکامپوزیت‌ها

رایج است که در این مواد باعث بهبود خواص مکانیکی، افزایش دمای تخریب، بهبود خواص سطحی، افزایش مقاومت در برابر آتش و ... می‌شوند. با استفاده از نانورس، خاکستر باقی مانده از شعله، سخت‌تر بوده و همچنین باعث ایجاد خاصیت Anti dropping (جلوگیری از ایجاد قطره مذاب) می‌شود.

یکی از کانیهای مهم رُس، مونت موریونیت (Montmorillonite) بوده که دارای ساختاری ورقه‌ای شکل می باشد و نیروهای بین مولکولی در میان ورقه‌ها از نوع نیروهای ضعیف وان‌درووالس می‌باشد. این ماده به صورت کریستالهای میکروسکوپی بوده و در ساختار کانی آن، وجود گروههای آبدوست OH و همچنین کاتیونهای هیدراته Na^+، موجب ایجاد خاصیت هیدروفیل بودن (آبدوستی) در این کانی شده است. [۱] لذا، این ماده دارای قدرت جذب آب بالایی بوده و این احتمال می‌رود که جذب رطوبت کالای تکمیل شده، افزایش یافته و به این ترتیب، بتوان میزان هدایت الکتریکی و پخش بارهای ساکن را افزایش داده و خصوصیات آنتی استاتیکی کالای نایلونی را باز هم بهبود بخشید. قابل ذکر است که جذب رطوبت نایلون ۶، در شرایط استاندارد نساجی (دمای $20^{\circ}C$ و رطوبت نسبی ۶۵٪) حدود ۴٪ است که در مقایسه با الیاف طبیعی، جذب رطوبت پایینی دارد.



شکل ۱-۱- ساختار لایه‌ای مونت موریونیت (Montmorillonite) [۱]

در مورد آتش گیری و نحوه سوختن (پارچه) نایلون ۶، نیز باید گفت که اگر یک باریکه از پارچه مذکور به آتش نزدیک شود، ابتدا جمع گردیده و پس از گداخته شدن، شروع به تشکیل قطرات مذاب و چکه کردن (dropping) می نماید و سپس با شعله آبی رنگ شروع به سوختن کرده و معمولا این سوختن، تا انتهای نمونه ادامه می یابد.

بنابراین همانطور که ملاحظه می شود، افزایش مقاومت کالای نایلون ۶ در برابر آتش، از دو جنبه قابل بررسی است:

I) جلوگیری از تشکیل قطرات مذاب (Anti dropping) و یا تغییر مکانیزم چکه شدن به گونه‌ای که میزان قطرات مذاب کاهش یافته و آسیب دیدگی کالا کمتر گردد. اهمیت این موضوع در این است که تشکیل قطرات مذاب داغ می‌تواند موجب بروز سوختگیهای شدید بر روی پوست انسان گردد.

II) کاهش میزان تمایل نسبت به آتش از طریق کاهش سرعت انتشار شعله، تاخیر در اشتعال پذیری و یا کاهش میزان سطح سوخته شده.

در اینجا با توجه به تاثیر مثبت ذرات نانورس در نانوکامپوزیتهای نایلون ۶ / نانورُس (polyamide 6 / clay nanocomposites) و افزایش مقاومت آنها در برابر آتش، به دنبال بهره گیری از این ذرات به منظور بهبود مقاومت کالای نساجی نایلون ۶ در برابر آتش هستیم. [۲، ۳، ۴ و۵] زیرا احتمال می رود ذرات نانو رس به علت داشتن نسبت سطحی زیاد (aspect ratio)، همچون یک مانع، سطح کالا را در بر گرفته و آن را در برابر آتش گیری حفظ نماید و به عبارت دیگر، از اشتعال آنها ممانعت کرده و یا آن را محدود نماید و به این ترتیب اشتعال کالا دچار اختلال خواهد شد. علاوه بر این، استفاده از این ذرات سبب جلوگیری از تشکیل قطرات مذاب، به هنگام سوختن پلیمر می شود.

یکی دیگر از اثرات مثبت بکارگیری ذرات نانو رس در نانوکامپوزیت های نایلون- خاک رس، افزایش مقاومت کامپوزیت در برابر تابش نور خورشید و پرتوهای فرابنفش افزایش می یابد. این در حالیست که یکی از معایب کالای نایلونی، مقاومت اندک آن در برابر پرتوهای فرابنفش میباشد، به گونه‌ای که این پرتوها موجب اکسیده شدن گروههای آمین انتهایی، کاهش تمایل به رنگهای اسیدی و مواد آنیونی، تغییر رنگ، زرد شدگی، تخریب و نهایتا کاهش استحکام کالای نایلونی میشوند. همچنین، این پرتوها بر حسب ثبات نوری رنگینه‌های بکار برده شده، می توانند آنها را نیز تخریب نمایند. [۶]

در اینجا نیز امید می رود که ذرات نانورس، به عنوان یک پایدار کننده[1] در برابر اشعه فرابنفش عمل نموده و به این ترتیب، ثبات نوری رنگینه‌های بکار برده شده و همچنین استحکام و مقاومت مکانیکی کالا در برابر این پرتوها افزایش یابد.

البته، لازم به یادآوریست که تا کنون استفاده از نانوذرات رُس، مختص به تولید نانوکامپوزیتهایی با خواص متفاوت بوده است. نانوکامپوزیتهای نایلون ۶ / نانورُس (polyamide 6 / clay nanocomposites) نسبت به پلیمر نایلون ۶ ، دارای برتریهایی می‌باشند که از آن جمله، می‌توان به افزایش مقاومت در برابر اشتعال، پایداری بیشتر در مقابل پرتوهای فرابنفش، بهبود استحکام و مشخصات مکانیکی و ... اشاره کرد. [۵ و۷]

لذا، با توجه به خواصی که ذرات نانورس و مخصوصا مونت موریونیت در نانوکامپوزیتها ایجاد می‌کنند، امید است که بتوان از این ذرات، با کاربرد روشهای تکمیلی مناسب بر روی منسوجات تهیه شده از نایلون ۶ استفاده نمود. در همین رابطه و به منظور ارزیابی نتایج پروژه، خصوصیات آنتی استاتیک (به دلیل جذب بالای رطوبت ذرات) و نیز مقاومت در برابر آتش (به دلیل داشتن نسبت سطحی بالا و ایجاد یک سطح محافظ در برابر آتش‌گیری و آسیب دیدگی کالا) را بررسی و اندازه گیری خواهیم نمود.

اما، باید توجه داشت که کاربرد نانوذرات رُس با استفاده از روشهای تکمیلی بر روی منسوجات، موضوعی کاملا جدید می باشد.

[1] stabilizer

۱-۲- خاک رس و کانیهای آن

۱-۲-۱- تعریف رسها

هنوز تعریف جامعی برای واژه رُس ارائه نشده است ولی معمولاً واژه رس با سه مفهوم متفاوت به کار می رود:

۱- در کانی شناسی، رس به دسته‌ای از سیلیکاتهای ورقه‌ای[1] آلومینیوم آبدار گفته می‌شود.

۲- در سنگ شناسی، به سنگهایی گفته می شود که دانه های تشکیل دهنده در محیط آواری از رس باشد. در این محدوده می توان از سنگ رس، شیل (shale)، آرژیل (argillite) و سلیت (slate) نام برد.

۳- رس به گونه‌ای دانه بندی خاص گفته می شود. در این تعریف، معمولاً دانه های زیر ۲ میکرون را رس می گویند. بعضی از محققان ذرات زیر ۴ میکرون را رس تلقی می‌کنند. [۸]

قابل ذکر است که رسها دارای خاصیت پلاستیسیته هستند، به این معنی که در حالت تر، تغییر فرم پیدا می کنند و این خاصیت، رسها را از بقیه سنگها و صخره ها متمایز می کند. [۹]

۱-۲-۲- هوازدگی و شرایط تشکیل رسها

به همه فرآیندهایی که منجر به تغییر شکل سنگ از حالت اولیه پیدایش خود به حالت جدید می گردد، هوازدگی گفته می شود. هوازدگی ممکن است نتیجه اثرات ناشی از سنگها، آب و موجودات بر سنگها باشد. تکه تکه شدن سنگ، تولید کانیهای پایدار و توسعه پروفیل خاک از نتایج مهم هوازدگی است. هوازدگی سطح ناپایدار زمین را به سطح پایدار تبدیل می کند. برای روشن تر شدن موضوع، بهتر است اندکی در این باره صحبت گردد. زمین در آغاز تشکیل خود (کوهزایی) دارای ارتفاعات بلند و تندی بوده است. پوشش سنگی و ناهمواری شدید، غالباً مانع تشکیل پوشش گیاهی می گردد. این دوره فعالیت زمین جوان را رگزیستازی[2] گویند. تغییرات در این دوره معمولاً با هوازدگی از نوع فیزیکی همراه است و محصول آن تکه ها، قطعات و دانه های سنگی است که یا تغییری در ترکیب کانی شناسی و شیمیایی آن داده نشده است و یا تغییرات آن بسیار ناچیز است. مثلاً کوه آتشفشانی بزرگی همچون دماوند، در اثر تغییرات فیزیکی، تکه ها و دانه های ریزتری از سنگ مادر خود را به سمت دامنه ها سرازیر می کند. بنابراین پس از مدتی به تدریج ارتفاعات می شکنند و دره های عمیق پر می شوند و اختلاف بین قله ها و دره ها کم می گردد. همچنین فرسایش فیزیکی، از شیب دامنه ها می کاهد و در نهایت زمین را به شکل پایدارتر نزدیک می کند. در این دوره گیاهان رشد می کنند و سطح زمین را سبز می نمایند.

پوشش گیاهی مانع از فرسایش فیزیکی می گردد و به این ترتیب، پوسته تازه تشکیل شده زمین، در مکان خود پایدار میشود و در این دوره است که آب و موجودات، فعالیت خود را آغاز می کنند و هوازدگی شیمیایی مؤثر واقع می شود. بنابراین می توان گفت که سه عامل آب و هوا، جنس سنگها و پستی و بلندی، هوازدگی را کنترل می نمایند. از این سه عامل، آب و هوا و پستی و بلندی در انتخاب نوع هوازدگی (فیزیکی و شیمیایی) نقش مهمتری دارند.

---

[1] phylosilicates
[2] regsistasis

دامنه ها و صخره های ساحلی، کوهستانها و بیابانها، دارای تغییرات تند آب و هـوایی و نوسـانات شـدید درجـه حرارت می باشند. به همین دلیل، هوازدگی فیزیکی در این مناطق بیشتر اتفاق می افتـد. افـزایش حجـم ناشـی از یـخ زدن آب در شکاف سنگها و یا سایر نقطه ضعفهای سنگ، منجر به خرد شدن سنگ می گردد. تخلخـل، شکـستگی، ناهمگونی جنس سنگ و نمک های محلول، عوامل مساعدی در رشد هوازدگی هستند. هوازدگی شیمیایی نسبت بـه هوازدگی فیزیکی، فرآیند پر دامنه تری است. آبهای طبیعی، مهمترین عامل هوازدگی شیمیایی هـستند. تغییـر سـنگ مادر به خاک، دارای مراحل تدریجی است و با زمان جلو می رود. شکل نهایی و پایدار هوازدگی شـیمیایی، تـشکیل خاک است که روندی تدریجی بین سـنگ مـادر و هـوا دارد. آبهـای طبیعـی همـراه بـا یونهـای محلـول در آب، بـر کانیهای اولیه اثر کرده، کانیهای ثانویه و محلول های شسته شده جدید را به وجود می آورند:

سنگ مادر + یونهای محلول در آب ⟵ محصول هوازدگی + آب غنی از یونهای محلول

کانی اولیه + محلول حمله ور ⟵ کانی ثانویه + محلول شستشو

بسته به نوع محلول حمله ور به سنگ مادر، نوع هوازدگی شیمیایی نیز متغیـر اسـت و بـه طـور کلـی هـوازدگی شیمیایی را می توان به چهار دسته تقسیم بندی کرد:

اسیدزدگی[1]: که در محیط آلی و اسیدی، مجموعه کانیها و مواد آلی را تولید می نماید.

نمک زدگی[2]: که شرایط PH طبیعی، محیطهای نمکی تبخیری (K و Na و غیره) را به وجود می آورد.

قلیازدگی[3]: در این شرایط کانیهای دارای Mg^{+2} یون و Ca^{+2} فراهم گردد.

آب‌زدگی[4]: آب‌زدگی در اثر واکنش شیمیایی بین یک نمک و آب حاصل می شود و منجـر بـه تـشکیل یـک اسید و یک قلیا می گردد. سیلیکاتهای آلومینیوم دارای نمک اسیدهای ضعیف هستند. این نمک با آب وارد واکنش می شود و اسید سیلیسیک نامحلول و قلیاهای مختلف را به وجـود مـی آورد و در مجـاروت ایـن واکنـشها، کانیهـای ثانویه مانند رسها تشکیل می شوند.

بنابراین آب‌زدگی در مجاورت آب، سنگ مادر را تخریب می نماید کـه در خـلال تخریـب ، ابتـدا عناصـر بـا تحرک زیاد مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و استرنسیم از محیط خارج می شوند و به تدریج عناصـر بـا تحـرک کمتر مانند منگنز، نیکل، مس، کبالت و آهن خارج می گردند و به مناطق بین لایه ای می روند. در نهایت نیز عناصـر کم تحرک مانند آلومینیوم و سیلیسیم باقی می مانند. [۸]

۱-۲-۳- کانیهای رس و تقسیم‌بندی آنها

دسته بندی انواع کانیهای رسی و به عبارت دقیق‌تر معیارهای دسته بندی، در طول سالیان مورد بحث متخصصین بوده و اگر چه در سالهای اخیر توافقهایی کسب گردیده ولی هنوز اختلافاتی در این مورد وجود دارد. جدول (۱-۱) یکی از رایج ترین تقسیم‌بندی‌های کانیهای رسی (به خصوص در ایران) را نشان می دهد. [۱۰]

---

[1] acidolysis
[2] salinolysis
[3] alcalinolysis
[4] hydrolysis

همچنان که مشاهده می شود، طبق این تقسیم بندی، ابتدا کانیهای رسی به دو دسته بی شکل (آمورف[1]) و متبلور تقسیم بندی شده و در مرحله دوم، گروه کانیهای رسی متبلور، با توجه به ساختمان آنها (لایه ای و یا زنجیری[2]) و نیز تعداد لایه ها، به چهار دسته دیگر تقسیم گردیده‌اند . در مرحله سوم، کانیهای هر گروه با توجه به رفتارشان هنگام اختلاط با آب، به دو گروه منبسط شونده[3] و غیر قابل انبساط[4]، تقسیم شده و نهایتاً نیز نحوه انبساط گروههای قابل انبساط، به عنوان معیار تقسیم بندی مورد توجه قرار گرفته و کانیهایی که در جهات مختلف دارای انبساط یکسان[5] می باشند، در یک گروه، و کانیهایی که در نتیجه انبساط، طولشان افزایش[6] می یابند، در گروه دیگر قرار گرفته اند. [۱۰]

جدول ۱-۱- تقسیم بندی کانیهای رسی [۱]

<table>
<tr><td rowspan="6">۱- متبلور</td><td rowspan="2">۱-۱- ساختمان دو لایه ای (هر یک از ورقه های این کانیها از یک لایه چهار وجهی سیلیس و یک لایه هشت وجهی آلومین تشکیل شده است)</td><td colspan="2">الف- کانیهایی که دارای انبساط یکسان در جهات مختلف می باشند. گروه کائولینیت: کائولینیت ، ناکریت و غیره</td></tr>
<tr><td colspan="2">ب- کانیهایی که در اثر انبساط، طول آنها افزایش می یابد. گروه هالوئیزیت</td></tr>
<tr><td rowspan="3">۱-۲- ساختمان سه لایه ای (هر یک از ورقه های این کانی ها از دو لایه چهار وجهی سیلیس و یک لایه هشت وجهی آلومین تشکیل شده است)</td><td rowspan="2">۱-۲-۱- دارای شبکه منبسط شونده</td><td>الف- کانیهایی که دارای انبساط یکسان در جهات مختلف می باشند. گروه مونت موریونیت: مونت موریونیت، ساکونیت و ورمیکولیت</td></tr>
<tr><td>ب- کانیهایی که در اثر انبساط، طول آنها افزایش می یابد. گروه مونت مویونیت: نونترونیت، ساپونیت، هکتوریت</td></tr>
<tr><td colspan="2">۱-۲-۲- دارای شبکه غیر قابل انبساط. گروه ایلیت</td></tr>
<tr><td colspan="3">۱-۳- کانیهایی با ساختمان متشکل از لایه های مختلط منظم (لایه هایی از انواع مختلف، به صورت متناوب و منظم روی یکدیگر قرار گرفته اند)
گروه کلریت</td></tr>
<tr><td colspan="3">۱-۴- ساختمان زنجیری: زنجیره هایی مشابه زنجیره های هورنبلند، متشکل از چهار وجهی های سیلیس، که به وسیله گروههای هشت وجهی اکسیژن و هیدروکسیل که دارای اتمهای Al و Mg می باشند، به یکدیگر متصل شده اند.
آتاپولژیت ، سپیولیت ، پالیگورسکیت</td></tr>
<tr><td colspan="4">۲- بی شکل (آمورف)</td></tr>
</table>

[1] amorphous
[2] Chain structure
[3] Expanding lattice
[4] Nonexpanding lattice
[5] equidimensional
[6] elongate

بنابراین با توجه به جدول (۱-۱)، کانیهای رسی به ۸ گروه تقسیم میگردند که عبارتند از؛

گروههای آلوفان (Allophane)، کائولینیت (Kaolinite)، هالوئیزیت (Halloysite)، مونت موریونیت (Montmorillonite) و یا اسمکتیت[1] (Smectite)، ورمیکولیت (Vermiculite)، ایلیت (Illite)، کلریت (Chlorite) و رسهای زنجیری (آتاپولژیت (Attapulgite)، سپیولیت (Sepiolite) و یا پالیگورسکیت (Palygorskite)).

۱-۲-٤- ساختمان کانیهای رسی

در این قسمت به بررسی سه گروه مهم از رسها، یعنی گروههای کائولینیت (Kaolinite)، مونت موریونیت (Montmorillonite) و ایلیت (Illite) می پردازیم. همچنین، به دلیل شباهت نسبتا زیاد ساختمان میکاها با گروههای مونت موریونیت و ایلیت، بحث مختصری نیز در این مورد انجام خواهد شد.

۱-۲-٤- الف) ساختمان کائولینیت‌ها

اختلاف بین گروههای مختلف کانیهای رسی، ناشی از ساختمان متفاوت ورقه های تشکیل دهنده بلورهای آنهاست. در کانیهای گروه کائولینیت، هر یک از ورقه ها از دو لایه تشکیل شده اند: لایه سیلیس و لایه ژیبسیت[2]. لایه سیلیس شامل اتمهای سیلیسیم و اکسیژن بوده و لایه ژیبسیت از اتمهای آلومینیوم و گروههای هیدروکسیل (OH) به وجود آمده است. [۱۰]

لایه سیلیس:

در این لایه، هر اتم سیلیسیم به وسیله چهار اتم اکسیژن احاطه شده است. این اتمهای اکسیژن در چهار رأس یک چهار وجهی منظم (Tetrahedron) قرار گرفته اند. اتم سیلیسیم نیز در مرکز چهار وجهی و در بین اتمهای اکسیژن قرار دارد.

در شکل (۱-۲) در سمت چپ(a)، تصویر چهار وجهی از بالا و در سمت راست (b)، از پهلو نمایش داده شده است. همچنان که مشاهده می شود، سه اتم اکسیژن، قاعده مثلثی شکل این چهار وجهی را تشکیل داده و در فراز آنها، اتم سیلیسیم قرار گرفته است. یک اتم اکسیژن دیگر نیز در بالای اتم سیلیسیم رأس چهارم این چهار وجهی را به وجود آورده است.

اتمهای سیلیسیم دارای چهار ظرفیت مثبت بوده و اتمهای اکسیژن هر یک دارای دو بار منفی می باشند. بنابراین در مجموع، این چهار وجهی ها از نظر بار الکتریکی خنثی نبوده، بلکه دارای چهار بار منفی خنثی نشده می باشند. پس فرمول این چهار وجهی ها به صورت $[SiO_4]^{4-}$ خواهد بود.

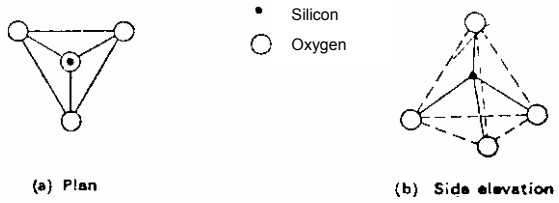
---

[1] نام دیگری که به خانواده مونت موریونیت‌ها اطلاق می گردد.

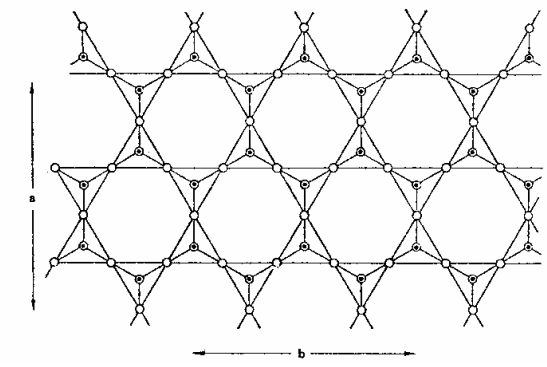
[2] gibbsite

این چهار وجهی ها می توانند به یکدیگر متصل شده و بدین ترتیب از نظر بار الکتریکی خنثی گردند. در چنین حالتی هر یک از اکسیژنها باعث اتصال دو چهار وجهی مجاور به یکدیگر می گردند. به عبارت دیگر هر یک از اکسیژنهای موجود در رأس چهار وجهی ها صرفاً به یک جهار وجهی تعلق نداشته، بلکه در حقیقت متعلق به دو چهار وجهی مجاور می باشد. در ساختمان کانیهای رسی، سه اکسیژن موجود در قاعده چهار وجهی باعث اتصال چهار وجهی ها به یکدیگر می گردند. بدیهی است که شکل حاصل به صورت صفحه ای خواهد بود و به این صفحه اصطلاحا "لایه سیلیس" و یا "لایه چهار وجهی" اطلاق می گردد. مطابق شکل (۱-۳)، این لایه در امتداد جهات a و b می تواند تا بی نهایت ادامه داشته باشد. در این شرایط ظرفیتهای سه اکسیژن از چهار اکسیژن هر چهار وجهی، خنثی میگردد. چرا که هر یک از اکسیژنهای مذکور به دو اتم سیلیسیم متصل است. از طرف دیگر، اتم چهارم هر چهار وجهی، صرفا به یک اتم سیلیسیوم متصل می باشد، پس بنابراین یک بار منفی خنثی نشده وجود خواهد داشت.

حال به طور خلاصه، هر چهار وجهی از یک اتم سیلیسیم، یک اکسیژن (که تماماً متعلق به چهار وجهی است ولی دارای بار منفی خنثی نشده می باشد) و از سه نیمه اتم اکسیژن (هر یک از این اتمهای اکسیژن، بین دو چهار وجهی مجاور مشترک هستند. پس بنابراین نصف هر اتم اکسیژن متعلق به یک چهار وجهی خواهد بود. بدیهی است که ظرفیت این اکسیژنها به طور کامل خنثی شده است) تشکیل شده است. پس مجموعاً یک چهار وجهی دارای یک اتم سیلیسیم و دوونیم (۲/۵) اتم اکسیژن به همراه یک بار منفی خواهد بود. به همین دلیل در این مرحله فرمول هر چهار وجهی به صورت $[SiO_{2.5}]^-$ و یا $[Si_2O_5]^{2-}$ نمایش داده می شود. ضمناً همچنان که در شکل (۱-۳) مشخص است، باید توجه داشت که از اتصال چهار وجهی های $[SiO_{2.5}]^-$ در لایه سیلیس، حلقه های شش ضلعی (هگزاگونال) به وجود می آیند. [۱۰]



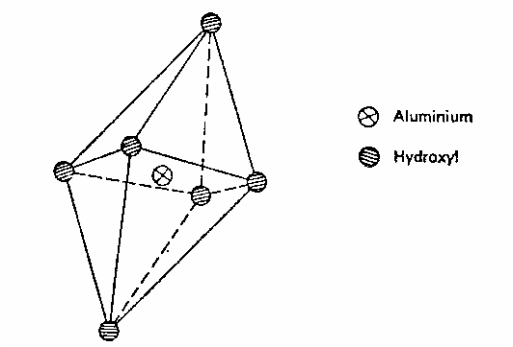
شکل ۱-۲- چهار وجهی‌های $[SiO_4]^{4-}$



شکل ۱-۳- چهار وجهی های $[Si_2O_5]_n^{2n-}$ لایه سیلیس

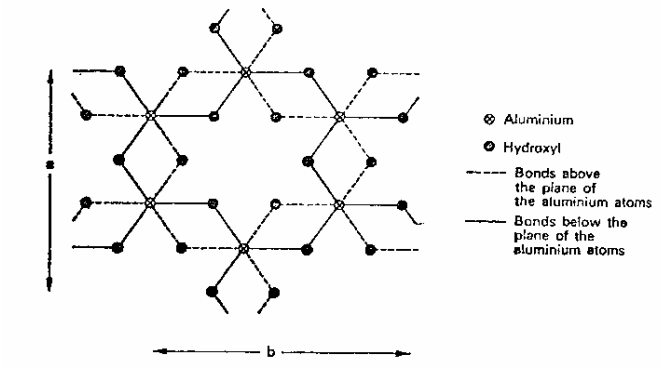
لایه ژیبسیت:

همچنانکه مشاهده شد واحدهای ساختمانی لایه سیلیس، چهار وجهی هایی به فرمول $[SiO_4]^{4-}$ بودند. واحدهای ساختمانی لایه ژیبسیت نیز هشت وجهی هایی (octahedron) به فرمول $[Al(OH)_6]^{3-}$ هستند. این هشت وجهی ها (همچنان که از فرمول آنها نیز مشخص است)، از یک اتم آلومینیوم و شش گروه هیدروکسیل به وجود آمده اند. هیدروکسیلها در شش رأس هشت وجهی و اتم آلومینیوم در مرکز آن قرار دارد (شکل ۱-۴). با توجه به اینکه هر گروه هیدروکسیل دارای یک بار منفی و هر اتم آلومینیوم دارای سه بار مثبت می باشد، بنابراین بدیهی است که این هشت وجهی ها دارای سه بار منفی خنثی نشده خواهند بود.



شکل ۱-۴- هشت وجهی های $[Al(OH)_6]^{3-}$

همانند چهار وجهی های $[SiO_4]^{4-}$، هشت وجهی های $[Al(OH)_6]^{3-}$ نیز می توانند به وسیله به اشتراک گذاشتن گروههای هیدروکسیل خود، به یکدیگر متصل گردند. در این حالت نیز هر گروه هیدروکسیل که دارای یک بار منفی است، به دو هشت وجهی مجاور و یا دو اتم آلومینیوم مجاور تعلق خواهد داشت. بنابراین هر اتم آلومینیوم دارای شش نیمه گروه هیدروکسیل بوده و فرمول هشت وجهی نیز به صورت $Al(OH)_{6/2}$ و یا $Al(OH)_3$ تغییر خواهد یافت. بدیهی است که در این مورد نیز اتصال هشت وجهی ها به یکدیگر، صفحه ای در امتداد جهات a و b ("لایه ژیبسیت" و یا "لایه هشت وجهی") تشکیل خواهد داد (شکل ۱-۵). در این صفحه (لایه) نیز مانند "لایه سیلیس" از اتصال هشت وجهی ها به یکدیگر، حلقه های شش ضلعی به وجود می آید.



شکل ۱-۵- هشت وجهی های $n[Al(OH)_3]$ لایه ژیبسیت