جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

پژوهشگاه مواد و انرژی

گزارش مرحله نهایی طرح پژوهشی:

" شناسایی و تعیین کاربرد یک نمونه معدن واوند ارجمند فیروزکوه "

مجری پژوهش:

حسین نورانیان

سال اجرا ۱۳۹۸

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

چکیده	۱
فصل اول: مقدمه	۳
مقدمه	۴
فصل دوم: مروری بر منابع مطالعاتی	۶
۲-۱- میکا	۷
۲-۲- مونت‌موریلونیت	۹
۲-۳- آلماندین	۱۶
۲-۴- سیلیس	۱۶
۲-۵- کربنات کلسیم	۱۷
۲-۶- پلاستی سیته خاک (اثر رطوبت روی نقطهٔ تسلیم)	۱۸
فصل سوم: روش انجام آزمونها	۲۰
۳-۱- آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD)	۲۱
۳-۲- آنالیز شیمی تر	۲۲
۳-۳- آنالیز توزع اندازه ذرات (PSA)	۲۲
۳-۴- آنالیز حرارتی (STA)	۲۲

۳-۵- درصد مانده روی الک ۲۳

۳-۶- تعیین موم‌سانی (پلاستی‌سیته) ۲۴

فصل چهارم: نتایج و فعالیتهای تجربی ۲۶

۴-۱- آنالیز فازی میکروسکوپی ۲۷

۴-۲- آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) ۲۹

۴-۳- آنالیز شیمیایی ۳۱

۴-۴- آنالیز حرارتی ۳۲

۴-۵- پلاستی‌سیته ۳۳

۴-۶- تعیین دمای پخت و رنگ پخت ۳۴

۴-۷- توزیع اندازه ذرات ۳۶

۴-۸- تعیین درصد فازها ۳۷

فصل پنجم: نتایج و فعالیتهای تجربی ۴۲

۵-۱- کاربرد به عنوان فیلر ۴۴

۵-۱-۱- کاربرد به عنوان فیلر در صنایع پلیمری ۴۴

۵-۱-۲- کاربرد به عنوان فیلر در صنایع سیمان ۵۰

۵-۲- کاربرد به عنوان نگهدارنده آب ۵۴

۵-۳- کاربرد در صنایع سرامیک ۵۵

۵-۴- خاصیت تصفیه و رنگبری ۵۸

نتیجه‌گیری ۵۹

مراجع ۶۲

چکیده:

در مرحله اول این پژوهش هدف شناسایی کامل یک نمونه خاک بنام معدن واوند ارجمند فیروزکوه می-باشد. برای این منظور نمونه ابتدا تحت آنالیز فلورسانس پرتو ایکس، پراش پرتو ایکس، آنالیز حرارتی، آنالیز شیمی تر، تعیین پلاستی‌سیته و توزیع اندازه ذرات قرار گرفت.

جهت آنالیز کمی از روش محاسباتی در ترکیب با آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) و آنالیز حرارتی (STA) استفاده شد. در صورت تجزیه این فازها میزان کاهش وزن با توجه به فرمول ماده که از روی آنالیز پراش پرتو ایکس بدست آمده می‌توان درصد آن ماده را با دقت خوبی تعیین کرد. با انجام این روش و محاسبات لازم آنالیز مینرالی نمونه بدست آمد.

با توجه به نتایج آزمونهای خاک معدن واوند حاوی حدودد ۴۰ درصد کانی‌های رسی (شامل مونت موری لونیت و بیوتیت) و حدود ۶۰٪ کانی‌های غیر رسی (شامل سنگ آهن، کوارتز و گارنت) است.

با توجه به دو خاصیت شاخص ریزدانگی ($D_{50}= 5\mu$) و خاصیت آب نگهداری خوب پتانسیل کاربردهایی شامل فیلر در پلیمر، پلاستیک و لاستیک و فیلر در محصولات پایه سیمانی مثل چسب کاشی سیمانی، ملات بنایی، ملات بند کشی و گچ و خاک، به عنوان آب نگهداری به همراه دیگر مواد مغزی، خاک برگ و کود در خاک کشاورزی، به همراه ماسه فلدسپاری برای سرامیک سنگ نما، سنگ مصنوعی و کفپوش پیاده‌روها می‌تواند داشته باشد.

فصل اول

مقدمه

مقدمه:

برای شناسایی خاک و نمونه‌های معدنی مجهول نخست باید درصد عناصر موجود در نمونه را بصورت کمی بدست آورد برای این کار باید ابتدا از آنالیز فلوئورسانس پرتو ایکس (XRF) استفاده کرد. این آزمون معمولاً برای نمونه‌های کاملاً مجهول کاربرد دارد زیرا حضور یا عدم حضور عناصر مختلف را به قطعیت نشان می‌دهد ولی درصد ارائه شده با خطا همراه است. این آزمون با این هدف انجام می‌شود که اگر خاک دارای عناصر فلزی یا کمیاب قابل استحصال است به عنوان کانی آن فلز مورد شناسایی و نامگذاری قرار گیرد و همچنین آزمون XRF کمک می‌کند که بدانیم چه عناصری باید مورد آنالیز شیمیایی دقیق‌تر قرار گیرند. ویژگی مهم دیگر یک خاک مجهول علاوه بر آنالیز شیمیایی بصورت اکسیدی، آنالیز مینرالی است که این ویژگی با آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) انجام می‌شود این آزمون صرفاً وجود فازهای بلوری و احیاناً غیر بلوری را نشان می‌دهد و بطور خام قادر به ارائه درصد کمی این فازها نیست.

گام بعدی استفاده از آنالیز حرارتی همزمان (STA) که ترکیب اختلاف وزن سنجی حرارتی (TG) و اختلاف دماسنج حرارتی (DTA) است که می‌توان به درصد نسبتاً دقیق فازهای معلومی که از XRD شناسایی شده‌اند و دارای پرت حرارتی هستند مثل کربنات‌ها، رس‌ها و مواد آلی پی برد. همچنین با توجه به منحنی STA اگر نمونه حاوی مواد آلی باشد در منحنی DTA به صورت پیک گرمازا و در TG بصورت درصد کاهش وزن خود را نشان می‌دهد.

جهت آنالیز کمی از روش محاسباتی در ترکیب با آنالیز XRD و آنالیز حرارتی (STA) استفاده شد. در صورت تجزیه این فازها میزان کاهش وزن با توجه به فرمول ماده که از روی XRD بدست آمده می‌توان درصد آن ماده را با دقت خوبی تعیین کرد. با انجام این روش و محاسبات لازم آنالیز مینرالی نمونه بدست می‌آید.

فصل دوم

مروری بر منابع مطالعاتی

۲-۱- میکا

میکا گروهی از سیلیکاتهای لایه‌ای (Phyllosilicate) است که شامل چند کانی با رخ کاملاً لایه‌ای با فرمول کلی زیر است:

$$X_2Y_{4-6}Z_8O_{20}(OH, F)_4$$

که X میتواند یکی از عناصر Na, K یا Ca و به ندرت Rb, Ba و Cs باشد

Y میتواند یکی از عناصر Mg, Al یا Fe و به ندرت Ti, Mn , Cr و Li باشد.

و Z میتواند یکی از عناصرSi یا Al و به ندرت Fe^{3+} یا Ti باشد.

از نظر ساختاری میکاها به دو دسته dioctahedral (Y=4) و trioctahedral (Y=6) طبقه‌بندی می‌شوند. اگر یون X یکی از عناصر K یا Na باشد میکا، یک میکای معمولی است و اگر عنصر Ca باشد میکا را میکای ترد می‌نامند.

اگر در ساختمان شبکه‌ای چهار وجهی‌ها به جای یک چهارم یونهای سیلیسیم، یون آلومینیم قرار گیرد فرمول اشباع شده پیروو فیلیت بصورت $Al_2[Si_3AlO_{10}(OH)_2]^{-1}$ درمی‌آید و دارای یک بار منفی است. این بار منفی با ورود یون پتاسیم در بین دو زوج لایه‌ی متوالی اشباع می‌شود و از آنجا فرمول به صورت $Al_2K[Si_3AlO_{10}(OH)_2]$ درمی‌آید. فرمول مزبور متعلق به مسکوویت است. تفاوت فرمول بیوتیت با

مسکوویت در این است که در بیوتیت کانی‌های منیزیم و آهن در موضع کاتیون آلومینیم قرار می‌گیرند و علاوه بر آن در محل یونهای (OH) مقداری فلوئور نیز وارد می‌شود، بنابراین فرمول بیوتیت به این صورت است:

$$(Mg, Fe, Ti, Al)_3\, K[(Si, Al)_4\, O_{10}(OH, F)_2]$$

میکاهای معمولی شامل Biotite، Lepidolite، Muscovite، Phlogopite و Zinnvaldite می‌باشد و میکای ترد شامل Clintonite است.

اختصاصات نوری میکاها: موسکوویتها در مطالعه میکروسکوپی با نور طبیعی غالباً بیرنگ و روشن به نظر می‌رسند ولی بیوتیتها به رنگ قهوه‌ای سیرخرمایی تا قرمز دیده می‌شوند. و علاوه بر آن پلئوکروئیسم شدید دارند (مقاطع موازی [010] یعنی لایه های رخ، فاقد این خاصیت‌اند).

موسکوویتها در مطالعه با نور پلاریزه بی‌رفرنژانس قوی نشان می‌دهند و رنگ پلاریزاسیون آنها بسیار زنده است و در سری دوم رنگهای انترفرانس قرار دارند و ضعیف‌تر از بیوتیتها هستند، نسبت به اثر رخ خاموشی مستقیم دارند. بیوتیتها بی‌رفرنژانس قوی دارند ولی رنگهای پلاریزاسیون آنها تحت تأثیر رنگ طبیعی کانی قرار می‌گیرد و بطور زنده ظاهر نمی‌شود. بیوتیتها نسبت به اثر [001] خاموشی مستقیم دارند.

۲-۲- مونت موری لونیت

واژه مونت موریلونیت (Montmorillonite) از نام منطقه montmorillon فرانسه گرفته شده است. در این منطقه برای اولین بار کانی مونت موریلونیت مشاهده و دسته بندی شد. اسمکتیت نام دیگر کانی مونت موریلونیت است. می‌توان فرمول این کانی را به شکل زیر در نظر گرفت:

$$(Al_{1.67}Mg_{0.33})\ [(OH)_2Si_4O_{10}]Na_{0.33}(H_2O)_4$$

ترکیب شیمیایی مونت‌موریلونیت ثابت نبوده و به مقدار زیاد به میزان آب موجود در شبکه بلوری آن که متغییر می‌باشد بستگی دارد. گاهی مقداری K_2O و Na_2O نیز در مونت‌موریلونیت یافت می‌شود. مونت موریلونیت به علت قابلیت زیاد جانشینی یون‌ها در شبکه بلوری آن هرگز یک فرمول ایده‌آل ندارد. در لایه های چهار وجهی جایگزینی Al^{3+} به جای Si^{4+} تا حداکثر ۱۵ درصد و در لایه های هشت وجهی این جانشینی از مقادیر کم تا ۱۰۰ درصد می‌تواند انجام پذیرد. یون‌هایی مانند Mg^{2+} و Fe^{2+} و به ندرت Zn^{2+}، Ni^{2+}، Li^{+} و Cr^{3+} می‌توانند در ساختمان بلوری مونت‌موریلونیت جایگزین شوند، لذا ترکیب شیمیایی نزدیک به واقعیت برای این کانی را می‌توان به صورت زیر تصور کرد.

$$(Al, Mg, Fe^{3+})_4(Si, Al)_8O_{20}(OH)_2.nH_2O$$

به دلیل تشابه ساختاری کانی‌های ایلیت و مونت موریلونیت، ترکیب ساختمانی این دو به صورت بین لایه‌ای نیز موجود بوده و بسیار معمول است. فرمول شیمیایی کلی مونت‌موریلونیت به صورت $X_2Y_4O_{10}(OH)_2$ بوده و در آن X و Y به صورت زیر تعریف می‌شوند:

X کاتیون‌های سه ظرفیتی آلومینیم و همچنین منیزیم‌های دو ظرفیتی جانشین شده (در لایه‌های هشت وجهی) بعلاوه کاتیون‌های یک یا دو ظرفیتی که جهت کمبود بار حاصل از جابه‌جایی اضافه شده‌اند می‌باشد.

Y کاتیون‌های چهارظرفیتی سیلیس و همچنین کاتیون‌های سه ظرفیتی آلومینیم جانشین شده (در لایه چهاروجهی) به علاوه کاتیون‌های یک یا دو ظرفیتی که جهت جبران کمبود با حاصل از جابجایی اضافه شده اند می‌باشد.

در حالت کلی، ترکیب نظری مونت‌موریلونیت به صورت زیر است:

جدول (۲-۱): درصد ترکیب نظری مونت‌موریلونیت

SiO_2	%۶۶/۷
Al_2O_3	%۲۸/۳
H_2O	%۵

بنتونیت یکی از کانی‌های اصلی گروه مونت‌موریلونیت بوده و مشخصه آن تورم قابل ملاحظه در هنگام تماس با آب است. این خاک رسی، عمدتاً متشکل از مونت‌موریلونیت (بیش از ۷۰ درصد) بوده و کانی‌های دیگر مانند کوارتز، فلدسپات، ژیپس ($CaSO_4.2H_2O$)، کلسیت ($CaCo_3$) و سایر ناخالصی‌ها حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد محتوای بنتونیت را تشکیل می‌دهند.

ساختار مونت موریلونیت

ساختار کانی‌های گروه مونت‌موریلونیت به صورت سه هشت وجهی و متشکل از دو لایه چهار وجهی سیلیس و یک لایه هشت وجهی مرکزی آلومینا است. ساختار فوق متعلق به پیروفیلیت بوده و سایر اعضای گروه مونت‌موریلونیت با جایگزینی آلومینیم به جای سیلیس (در لایه های چهار وجهی) و آلومینیم با منیزیم و آهن دو ظرفیتی (در لایه هشت وجهی) حاصل می‌شوند. به علت تفاوت ساختار لایه هشت وجهی و چهار وجهی، این دو لایه قابلیت انطباق بر یکدیگر را نداشته و بر خلاف کائولینیت که بین لایه‌هایش پیوند هیدروژنی برقرار است، در ساختار کریستالی مونت‌موریلونیت‌ها لایه هشت وجهی بین دو لایه چهار وجهی محبوس بوده و تنها نیروی موجود، نیرو های ضعیف واندوالس است. به این خاطر در هنگام تماس با آب، ساختار کریستالی مونت‌موریلونیت‌ها به راحتی مولکول‌های آب را جذب کرده و تا شش برابر حجم اولیه خود متورم می‌شوند. از نقطه نظر فعالیت شیمیایی نیز گروه

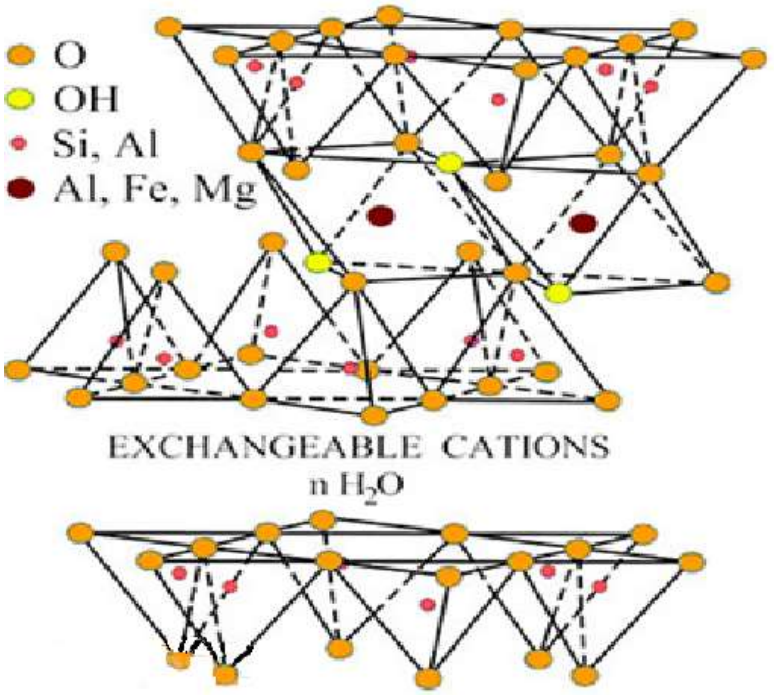
مونت‌موریلونیت به دلیل وجود لایه‌های درون ساختمانی خود و سهولت تفکیک‌پذیری این لایه‌ها، در مقایسه با گروه کائولینیت فعال‌تر هستند. از طرف دیگر وجود خاصیت جانشینی ایزومرفی در مونت-موریلونیت‌ها باعث می‌شود که در این گروه به راحتی یک کاتیون با کاتیونی دیگر و با باری متفاوت جایگزین گردد. به عنوان مثال اگر یک کاتیون سه ظرفیتی مانند یون آلومینیم جایگزین یون چهار ظرفیتی سیلیسیم در شبکه چهار وجهی شود کمبود بار مثبت ایجاد شده تنها با اضافه نمودن یک کاتیون خارجی یک یا دو ظرفیتی جبران و موازنه می‌شود. البته در حالتی که کاتیون خارجی دو ظرفیتی باشد تعداد کاتیون‌های جذب شده برابر با نصف تعداد بارهای منفی آزاد شده توسط جانشینی ایزومرفی خواهد شد.

یکی از مشخصه‌های بارز و مهم مونت‌موریلونیت‌ها کوچکی فوق‌العاده اندازه ذرات آن می‌باشد و این امر سبب ایجاد خواص زیادی در مونت‌موریلونیت‌ها می‌شود. علاوه بر آن بین مونت‌موریلونیت‌های سدیمی و کلسیمی نیز تفاوت زیادی وجود دارد. نوع سدیمی این کانی دارای خاصیت شکل‌پذیری بسیار بیشتر و همچنین توانایی بیشتر جهت تبادل یون، نسبت به مونت‌موریلونیت کلسیمی می‌باشد.

ورقه‌های کانی مونت‌موریلونیت آسانتر از ورقه‌های کائولینیت از هم جدا می‌شوند، زیرا در کائولینیت یون O^{2-} یک ورقه، روبروی $(OH)^-$ در ورقه مجاور قرار گرفته است، در حالیکه در مونت‌موریلونیت

یون O^{2-} یک ورقه مجاور O^{2-} ورقه دیگر واقع شده است. این اختلاف ناشی از جاذبه بیشتر بین یون-های O^{2-} با $(OH)^-$ در مقایسه با O^{2-} با O^{2-} است، لذا کائولینیت دارای اسکلت نامتقارن و مونت-موریلونیت حاوی اسکلت متقارن است. ساختارهای متقارن آسان‌تر از ساختارهای نامتقارن از هم جدا می‌شوند، لذا پلاستیسیته در کانی‌های گروه مونت‌موریلونیت قوی‌تر از پلاستیسته در کانی‌های گروه کائولینیت است.

از آنجا که در کانی‌های رسی سه لایه‌ای بین اتم‌های اکسیژن لایه سیلیکا در یک ورقه با اتم‌های اکسیژن ورقه زیرین، پیوند ضعیف واندروالس وجود دارد، لذا آب می‌تواند به راحتی بین ورقه‌های این گونه رس‌ها نفوذ نماید. تمایل شدید به جذب آب و تورم در رس‌های سه لایه‌ای، از مشخصات اصلی این گونه رس‌ها است. باید توجه داشت که در کانی‌های گروه مونت‌موریلونیت به دلیل همین تمایل زیاد به جذب آب، میزان آب خارج شده پس از شکل‌دهی و به هنگام خشک شدن، زیاد خواهد بود. خروج آب زیاد از بدنه سرامیکی سبب ایجاد ضعف، نظیر انقباض شدید و ترک خوردگی در بدنه می‌شود.



شکل (۲-۱) : ارتباط بین آب بدنه و نقطهٔ تسلیم آن برای بدنه‌هایی با مقدار مواد غیر موم‌سان متفاوت

خواص فیزیکی مونت‌موریلونیت

مونت‌موریلونیت به رنگ سفید، خاکستری، گاهی آبی، صورتی، قرمز صورتی، سبز و در حالت خشک مات است. سختی هر یک از پولک‌ها دقیقا معلوم نیست، ولی بسیار نرم بوده و دارای جلای چرب است، چگالی این کانی ثابت نیست و بین ۱/۷ تا ۲/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب تغییر می‌کند.

وجود مونت‌موریلونیت در خاک رس را می‌توان به دلیل تورم آن در اثر رطوبت و به این ترتیب حالت چربی که به دنبال آن احساس می‌شود حدس زد، تشخیص دقیق این کانی بدون آنالیز شیمیایی و یا پرتو ایکس غیر ممکن است. باید توجه داشت که بنتونیت‌های غنی از مونت‌موریلونیت و بایدلیت $Al_2[AlSi_3O_9(OH)](OH)_2.nH_2O$ را می‌توان از روی برخی از خصوصیات ظاهری آنها تشخیص داد:

– این خاک‌ها بعد از بارش باران به توده لغزنده و چسبناک تبدیل شده و پس از خشک شدن در آنها درز و شکاف پدید می‌آید و همزمان تحت تأثیر تورم بخش‌های زیرین حالت گنبد مانند (برآمدگی) در آن‌ها ایجاد می‌گردد، در اثر ادامه خشکی هوا این خاک رس در بخش سطحی خرد و پودر می‌شود.

– قابلیت جذب آب توسط بنتونیت و تورم آن که بر روی خواص چسبندگی اثر می‌گذارد خود به خصوصیت دیگر این خاک رس بستگی دارد که به ظرفیت تبادل کاتیونی موسوم است. ویژگی ساختار کانی‌های رسی به گونه‌ای است که غالباً بارهای منفی موازنه نشده‌ای در آن‌ها وجود دارد که بایستی توسط یون‌های مثبت مناسب خنثی شوند. این یون‌ها که دارای قابلیت تعویض هستند، به کاتیون‌های قابل تعویض موسوم هستند و میزان آن‌ها از یک خاک رس تا خاک رسی دیگر تفاوت دارد و توسط ظرفیت تبادل کاتیونی اندازه‌گیری می‌شود.

۲-۳- آلماندین

آلماندین یک کانی از گروه گارنت است که فرمول آن محلول جامدی بین دو سر $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$ تا $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$ است و در واقع یک گروه سنگ ساز مناسب از سیلیکات‌ها است.

۲-۴- سیلیس

کوارتز در سیستم تریگونال یا هگزاگونال متبلور می‌شود. در حالتی که کوارتز کانی تشکیل دهنده یک سنگ باشد و با کانیهای دیگر همراه باشد، غالباً شکل ظاهری هندسی و منظم خود را ندارد و در واقع فضاهای خالی بین آنها را پر کرده است. این حالت را گزنومرف می‌نامند، یعنی حالتی که شکل هندسی بلور مشخص نیست. در برخی از گدازه‌های آتشفشانی و رگه‌های معدنی، کوارتز به شکل هندسی خود ظاهر می‌شود. کوارتز دارای ضریب انکسار کم و برجستگی ضعیف است که در مطالعه با نور طبیعی، مقطع آن بیرنگ، روشن و صاف و عاری از اثر تجزیه است. در مطالعه با نور پلاریزه، رنگ پلاریزاسیون آن بین خاکستری روشن و سفید سری اول قرار می‌گیرد. این کانی دارای خاموشی مستقیم و در برخی بلورها خاموشی موجدار یا چرخشی است.

در مطالعه میکروسکوپی ممکن است کوارتز را با کانیهای دیگر مانند فلدسپاتهای آلکالن یا کالکو الکالن اشتباه دید. برای رفع اشتباه وجه تمایز این دو کانی را باید در نظر داشت. فلدسپاتهای آلکالن

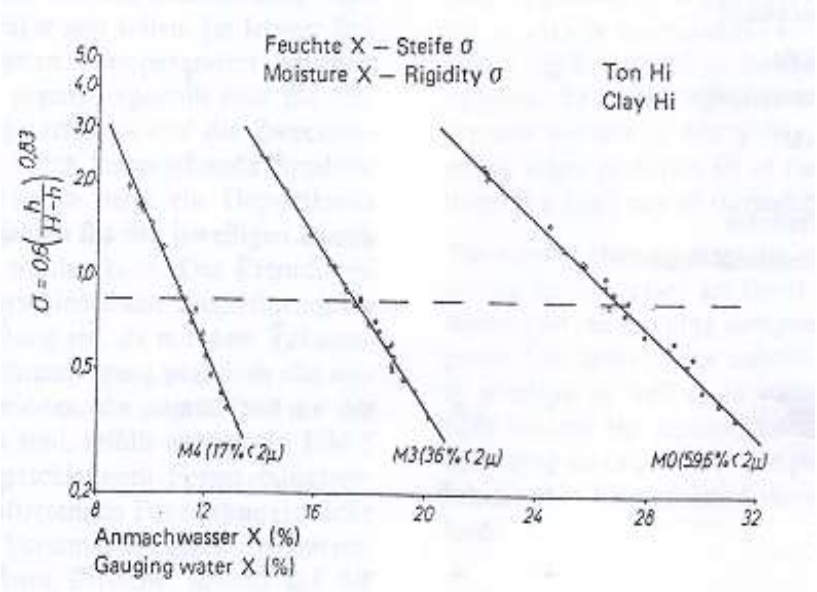
دارای رخ‌اند و اثر تجزیه نشان می‌دهند. فلدسپاتهای کالکو آلکالن واجد رخ، ماکل پلی سنتتیک و اثر تجزیه‌اند در حالی که کوارتز فاقد آنهاست.

۲-۵- کربنات کلسیم

کربنات‌ها، در بیشتر رس‌ها وجود دارند و در بعضی از خاک‌های رس حتی مقدارشان به ۳۵-۳۰ درصد هم می‌رسد. کربنات اصلی در رس‌ها کربنات کلسیم به شکل کلسیت است. اگر کلسیت ریزدانه باشد در حین پخت با کانی‌های رسی، کلریت‌ها، میکاها و کوارتز واکنش کرده و سیلیکات‌های کلسیم را ایجاد می‌کند. این واکنش‌ها معمولاً ایجاد استحکام در پخت در حوالی ۱۰۵۰°C-۱۰۰۰ را تضمین می‌کند ولی محدوده پخت، را خیلی باریک می‌کنند و با افزایش دما در بدنه، مذاب تشکیل می‌شود. استحکام بالای بدنه وقتی بدست می‌آید که مقادیر کافی از سیلیکات‌های کلسیم پایدار در بالای ۹۵۰°C در بدنه تشکیل شود. مقدار این سیلیکات‌های کلسیم همچنین به زمان ماندگاری در دمای پخت نیز بستگی دارد.

۲-۶- پلاستی سیته خاک (اثر رطوبت روی نقطهٔ تسلیم) :

پلاستی‌سیته یعنی تغییر شکل دائمی در اثر نیرو که هر چه نیروی کمتری برای تغییر شکل بکار رود یعنی خاک پلاستیک‌تر یا دارای پلاستی‌سیته بیشتری است. با توجه به شکل (۲-۲) نقطهٔ تسلیم (صلبیت) یک بدنهٔ سرامیکی شدیداً به مقدرا آب بدنه بستگی دارد طوری که ۲ تا ۵ درصد کاهش دادن درصد آب معمولاً برای دو برابر کردن نقطهٔ تسلیم و فشار لازم برای شکل‌دهی کافی است. همچنین بدنه‌های کم-شکل‌پذیر خیلی بیشتر به رطوبت حساسیت دارند تا بدنه‌های با شکل‌پذیری زیاد، بنابراین کنترل کیفی بدنه‌های کم‌شکل‌پذیر در حین آماده‌سازی از اهمیت و حساسیت بیشتری برخوردار است.



شکل (۲-۲) : ارتباط بین آب بدنه و نقطهٔ تسلیم آن برای بدنه‌هایی با مقدار مواد غیر موم‌سان متفاوت

برای تعیین میزان پلاستی‌سیته یک خاک در سرامیکها از روش ففرکورن استفاده می‌شود.

در جدول (۲-۲) محدوده عدد پلاستیسیته و درصد آبکارپذیری چند خاک مختلف نشان داده شده است.

جدول (۲-۲): محدوده عدد پلاستیسیته و درصد آبکارپذیری

نوع خاک	عدد پلاستیسیته	درصد آبکارپذیری
کائولن (شسته شده)	**۴۷- ۲۵**	**۴۸- ۴۳**
بالکلی	**۷۲- ۳۲**	**۵۲- ۳۰**
کائولن	**۲۲- ۱۴**	**۳۲- ۲۲**

فصل سوم

روش انجام آزمونها

۳-۱- آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD)

نمونه‌ها هموژن شده و از الک ۳۲۰ مش عبور داده شد. الگوی پراش توسط دستگاه پراش پرتو ایکس (XRD) زیمنس مدل D500 با ولتاژ ۳۰ kV و جریان ۲۵ mA و لامپ مس با طول موج ۱/۵۴۰۵۱ Å گرفته شد. در شکل (۳-۱) دستگاه پراش پرتو ایکس به کار رفته نشان داده شده است.

شکل (۳-۱): دستگاه پراش پرتو ایکس

۳-۲- آنالیز شیمی تر

برای تعیین آنالیز شیمیایی و در واقع تعیین مقدار عناصر موجود در نمونه‌ها از روش شیمی‌تر استفاده شد. روش کار بدین صورت است که ماده مورد نظر در اسیدهای لازم حل و سپس محلول حاصل به حجم معینی رسانده می‌شود. برای تعیین مقدار هر عنصر در محلول، حجم مشخصی از محلول را کشیده و با توجه به نوع عنصر، محلول را با واکنش‌گرهای استاندارد مربوطه واکنش می‌دهند و غلظت هر عنصر را از روی روابط شیمیایی موجود بین واکنش‌گر و واکنش‌دهنده بدست می‌آورند. این روش تجزیه شیمیایی را در اصطلاح تیتراسیون می‌نامند.

۳-۳- آنالیز توزیع اندازه ذرات (PSA)

برای تعیین توزیع اندازه ذرات از دستگاه Fritsch particle sizer analysette 22 استفاده شد.

۳-۴- آنالیز حرارتی (STA)

برای بررسی رفتار حرارتی از نمونه اولیه آنالیز حرارتی هم‌زمان به‌وسیله دستگاه آنالیز حرارتی مدل PL-STA 1640 ساخت کشور انگلستان در محدوده دمایی ۲۵–۱۲۰۰°C در اتمسفر هوا استفاده شد.

۳-۵- درصد مانده روی الک

درصد مانده روی الک از رابطه (۳-۱) محاسبه می‌شود.

$$\text{درصد مانده روی الک} = \frac{W_{sieve}}{W_{total}} \times 100 \qquad \text{رابطه (۳-۱)}$$

که در این رابطه W_{sieve} وزن باقی‌مانده روی الک و W_{total} وزن کل می‌باشد. برای انجام بهتر این آزمون ابتدا مخلوطی حاوی ۱۰۰ گرم (W_{total}) نمونه را با ۲۰۰ گرم آب در زیر دستگاه همزن به مدت ۴ ساعت مخلوط و دوغاب گردید. مخلوط حاصل از الک عبور داده و جهت عبور بهتر از فشار آب روی الک استفاده گردید. مانده روی الک را جدا کرده و پس از خشک کردن وزن آن ثبت (W_{sieve}) شد.

۱-۲-۲- تعیین موم‌سانی (پلاستی سیته):

در این آزمایش ابتدا نمونه به حالت دوغاب هموژن درآمده و سپس به کمک لوح گچی به گل تبدیل می‌شود توسط نمونه‌ساز دستگاه نمونه‌ای ساخته و زیر دستگاه ففرکورن گذاشته، سپس وزنه دستگاه رها می‌گردد. ارتفاع ثانویه نمونه ثبت و سپس درصد رطوبت بر مبنای خشک (رابطه ۳-۲) نمونه محاسبه می‌شود. حداقل دو نمونه با ارتفاع ثانویه زیر ۱۲ میلیمتر، دو نمونه بین ۱۲ تا ۱۶ میلی‌متر و دو نمونه بالای ۱۶ میلیمتر باید ساخته شود.

$$M_d = \frac{W_1 - W_2}{W_2} * 100$$

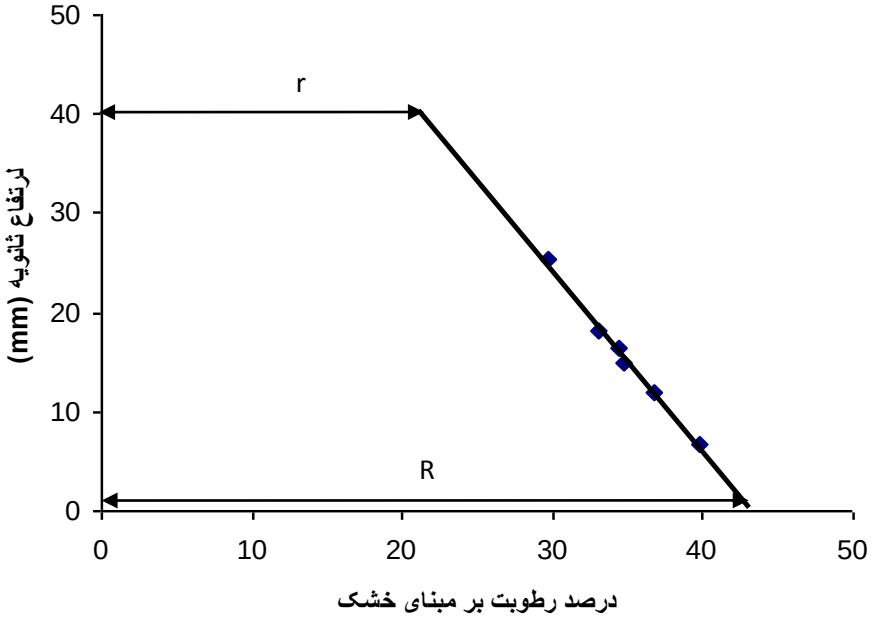
رابطه (۳- ۲)

Md= درصد رطوبت بر مبنای خشک

W_1= وزن نمونه تر به گرم

W_2= وزن نمونه خشک به گرم

سپس نمودار تغییرات ارتفاع ثانویه- درصد رطوبت رسم و از آن نمودار عامل مومسانی و درصد آب کارپذیری محاسبه می‌شود.



شکل (۳-۲) : منحنی تغییرات ارتفاع ثانویه بر حسب درصد رطوبت جهت تعیین عامل مومسانی

درصد آب‌کارپذیری = درصد رطوبت در ارتفاع ۱۶ میلیمتر

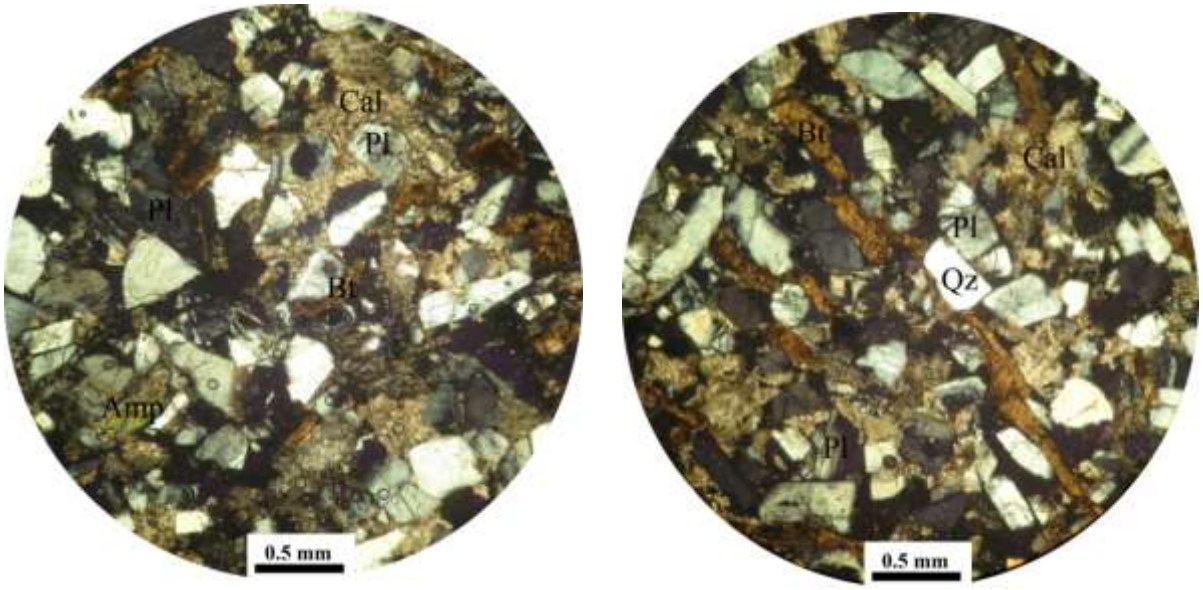
عامل مومسانی **P = R * (R-r)**

فصل چهارم

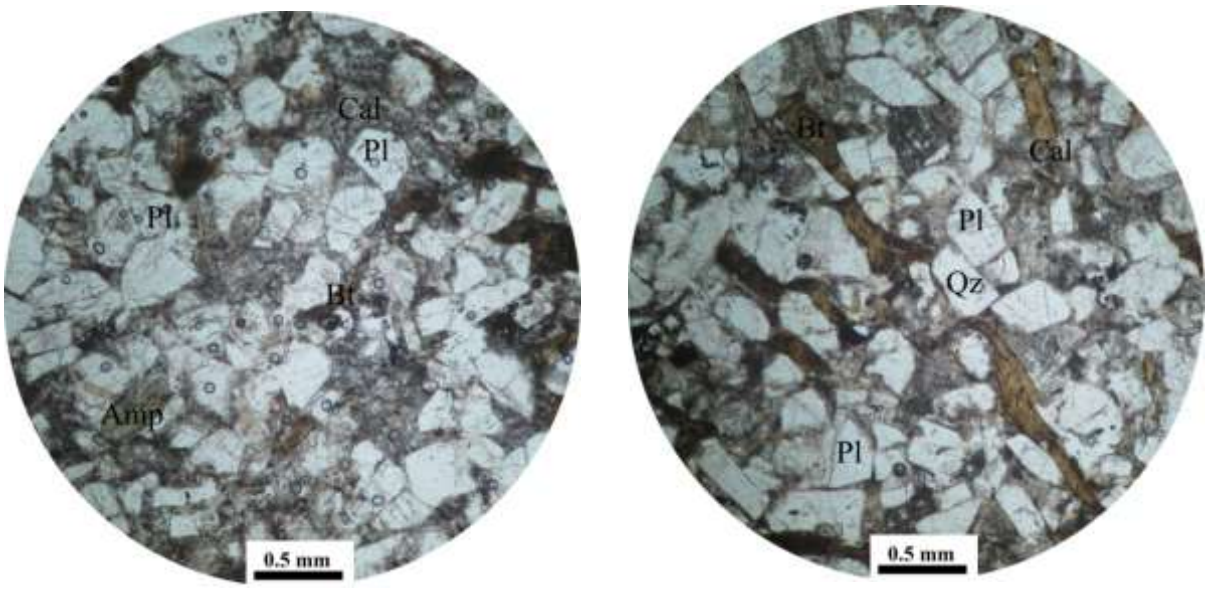
نتایج و فعالیت‌های تجربی

۴-۱ آنالیز فازی میکروسکوپی

از آنجا که هدف اصلی این پروژه شناسایی نمونه هوازده می‌باشد لذا جهت شناسایی بهتر از سنگ اولیه مادر آنالیز فازی میکروسکوپی پلاریزان گرفته شد که تصاویر آن در شکل (۴-۱) و (۴-۲) آورده شده است.



شکل (۴-۱): ماسه سنگ آرکوز در نور پلاریزه

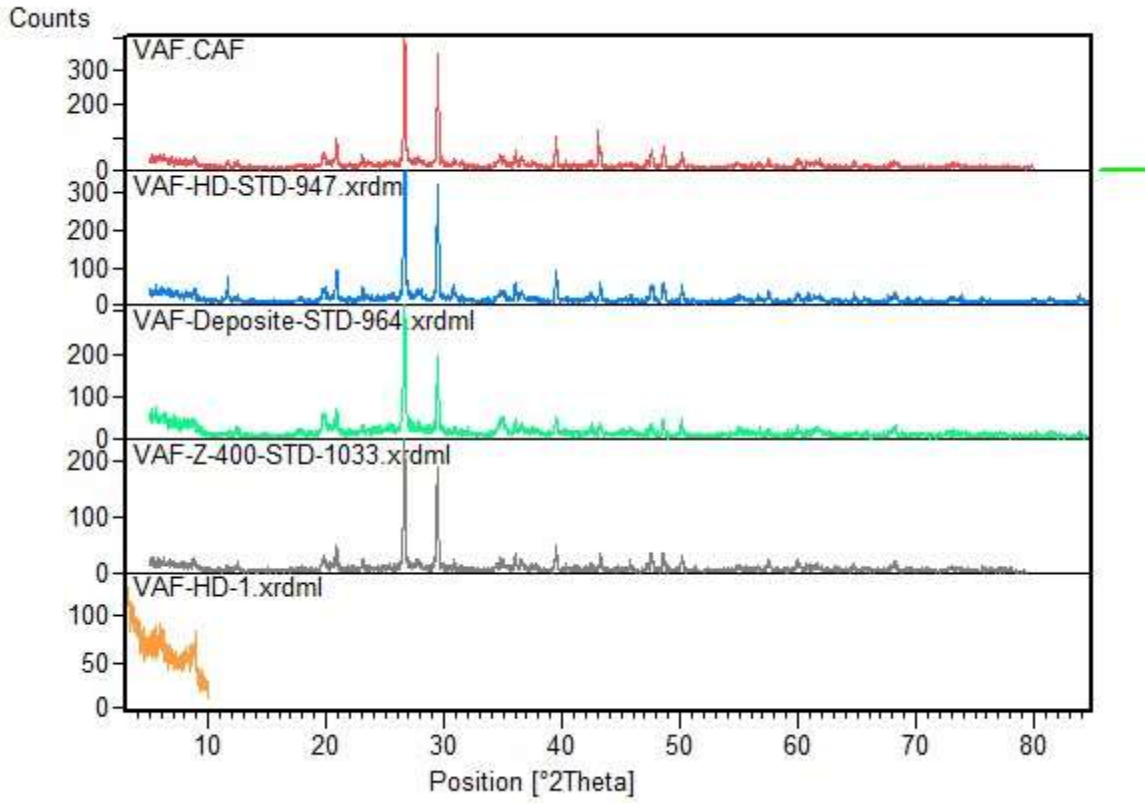


شکل (۴-۲): ماسه سنگ آرکوز در نور طبیعی

در شکلهای ۴-۱ و ۴-۲ بلورهای پلاژیوکلاز با Pl، بلورهای آمفیبول با Amp، بلورهای بیوتیت با Bt و بلورهای کوارتز با Qz و کربنات با Cal نشان داده شده است.

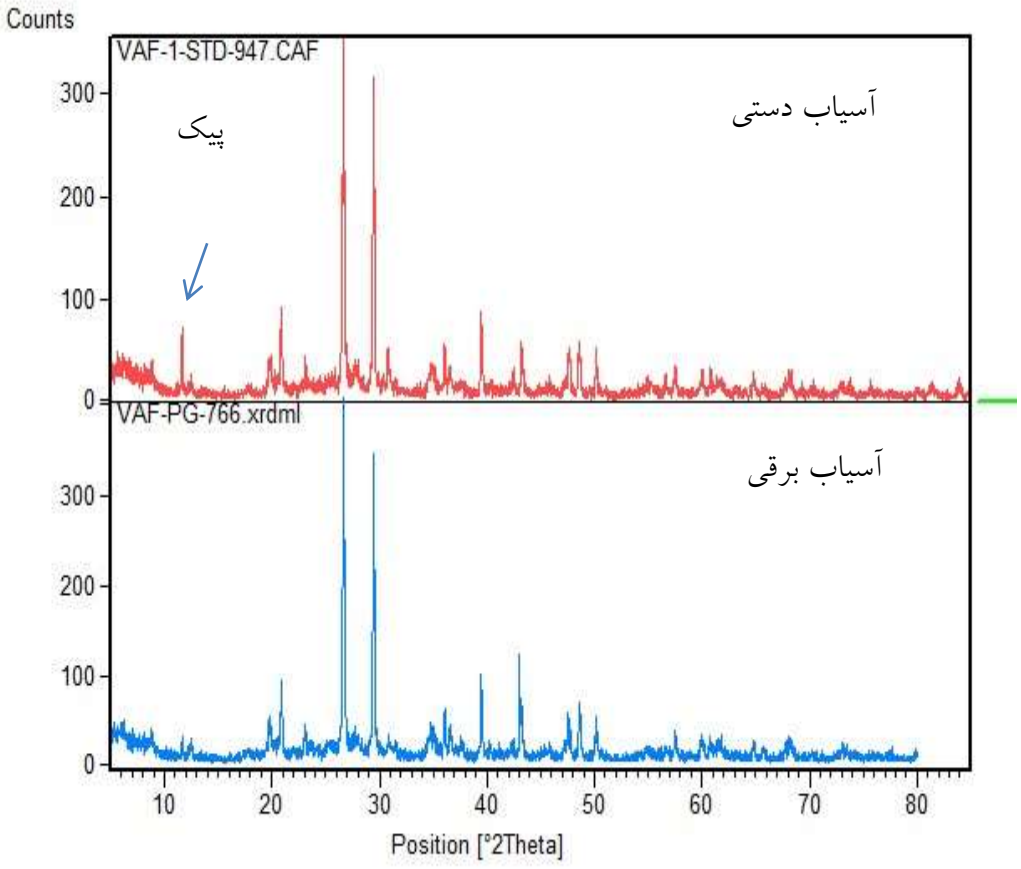
۴-۲ آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD)

نتیجه آزمون پراش پرتو ایکس (XRD) از نمونه خاک واوند در شکل (۴-۳) آورده شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود از نمونه در ۴ حالت مختلف طیف پراش پرتو ایکس گرفته شده است.



شکل (۴-۳): الگوی پراش پرتو ایکس نمونه خاک واوند

در شکل (۴-۳) نمونه با کد VAF نمونه اولیه آسیاب شده با هاون برقی عقیق به مدت ۱۰ دقیقه، نمونه با کد VAF- HD نمونه اولیه آسیاب شده با هاون عقیق دستی، نمونه با کد VAF- Deposite لایه رویی نمونه رسوب داده شده و نمونه با کد VAF- Z400 نمونه عبور کرده از الک مش ۴۰۰ (۳۸ میکرون) می-باشد. در شکل (۴-۴) مقایسه‌ای بین پراش پرتو ایکس در دو حالت آسیاب دستی و برقی آورده شده است.



شکل (۴-۴): الگوی پراش پرتو ایکس نمونه با دو روش آسیاب دستی و برقی

۴-۳ آنالیز شیمیایی

از نمونه دو مورد آنالیز شیمی تر در آزمایشگاههای مختلف و همچنین آنالیز فلورسانس پرتو ایکس (XRF) گرفته شد که نتایج در جدول (۴-۱) آورده شده است. در جدول (۴-۲) نتیجه تکمیلی آنالیز فلورسانس پرتو ایکس (XRF) نشان داده شده است.

جدول (۴-۱): نتیجه آزمون شیمی تر معدن واوند ارجمند فیروزکوه

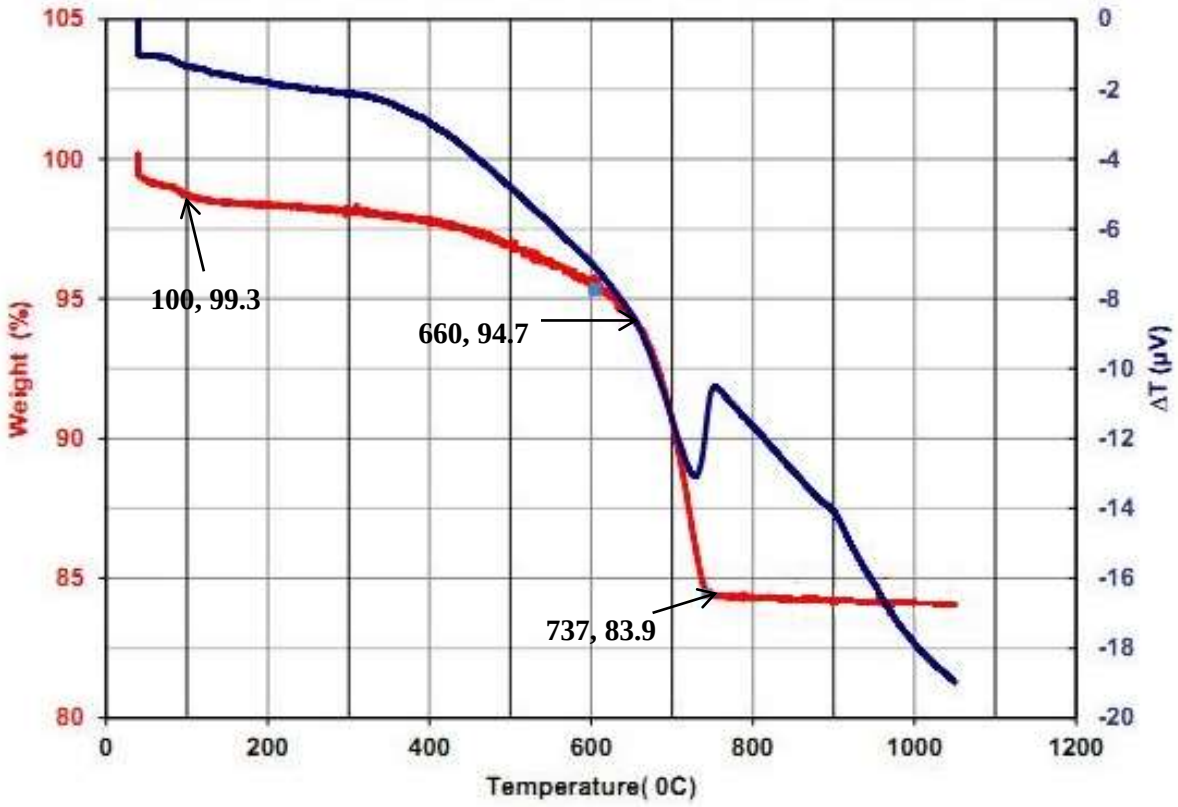
نوع آنالیز	SiO_2	Al_2O_3	K2O	Na_2O	CaO	Fe_2O_3	MgO	P_2O_5	TiO_2	MnO	S	LOI
شیمی تر	۴۴/۵	۱۱/۱	۲/۸	۰/۷	۱۵/۶	۴/۱	۲/۸	۰/۲	۰/۵	۰/۰۷	۰/۲۸	۱۷/۶
xrf	۲۸/۳۵	۲۹/۶۶	۲/۹۱	۰/۴۲	۱۴/۶۳	۳/۵۰	۲/۹۵	۰/۱۲	۰/۴۷	۰/۰۷	--	۱۶/۵
شیمی تر	۴۵/۹۲	۱۱/۱۳	۲/۰۳	۰/۲۵	۱۶/۱۶	۴/۶۴	۲/۳۹				۰/۵۳	۱۶/۸

جدول (۴-۲): نتیجه آزمون عنصری فلورسانس پرتو ایکس (XRF) نمونه معدن واوند ارجمند فیروزکوه برای عناصر جزئی (ppm)

Cl	S	As	Ba	Ce	Co	Cr	Cu	Nb	Ni	Pb	Rb	Sr	V	Y	Zr	Zn
۵۵	۱۳۷۲	۵۰	۳۲۷	۷۱	۹	۵۸	N	N	۶۴	۲۹۰	۹۹	۵۸۰	۷۱	۴۳	۱۸۱	۱۳۳

۴-۴ آنالیز حرارتی

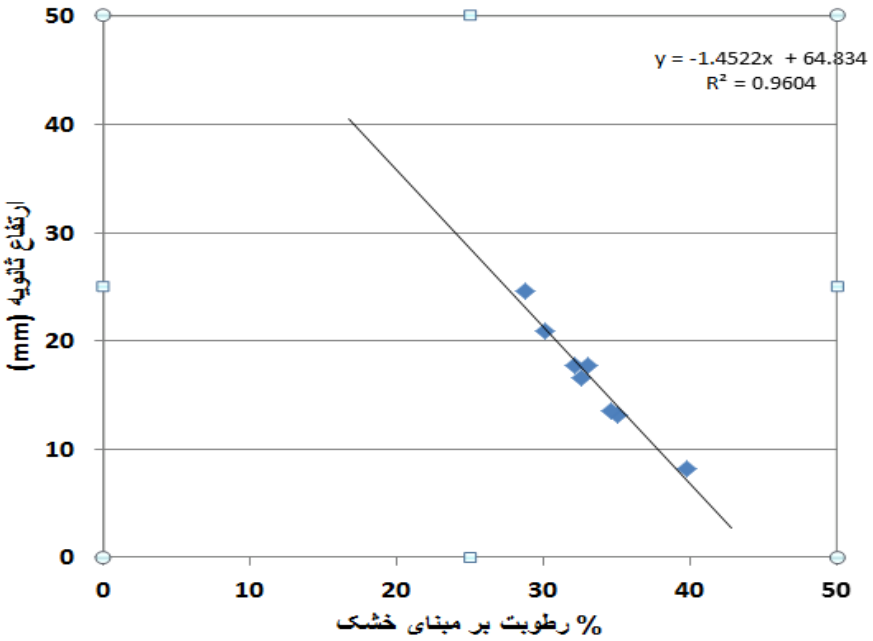
نتیجه آزمون آنالیز حرارتی همزمان از نمونه خاک واوند در شکل (۴-۵) نشان داده شده است.



شکل (۴-۵): الگوی آنالیز حرارتی STA نمونه معدن واوند ارجمند فیروزکوه

۴-۵ مومسانی (پلاستی‌سیته)

نتیجه آزمون تعیین پلاستی‌سیته در شکل (۴-۶) آورده شده است.



شکل (۴-۶): نمودار تعیین پلاستی سیته

از نمودار فوق نتایج زیر حاصل گردید:

جدول (۴-۳): نتیجه آزمون ففرکورن

عدد پلا ستی سیته	درصد آبکارپذیری	فاکتور پلاستی سیته
۳۶	۳۳/۵	۱۲۲۹

۴-۶ تعیین دمای پخت و رنگ پخت

نمونه در دماهای مختلف حرارت داده شد تا رنگ بعد از پخت، دمای سینترینگ و دمای ذوب آن بررسی گردد که در ادامه تصاویر آنها آورده شده است.

شکل (۴-۷): تصاویر نمونه در دمای ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد

شکل (۴-۸): تصاویر نمونه در دمای ۱۱۲۰ تا ۱۱۵۰ درجه سانتیگراد

۴-۷ توزیع اندازه ذرات

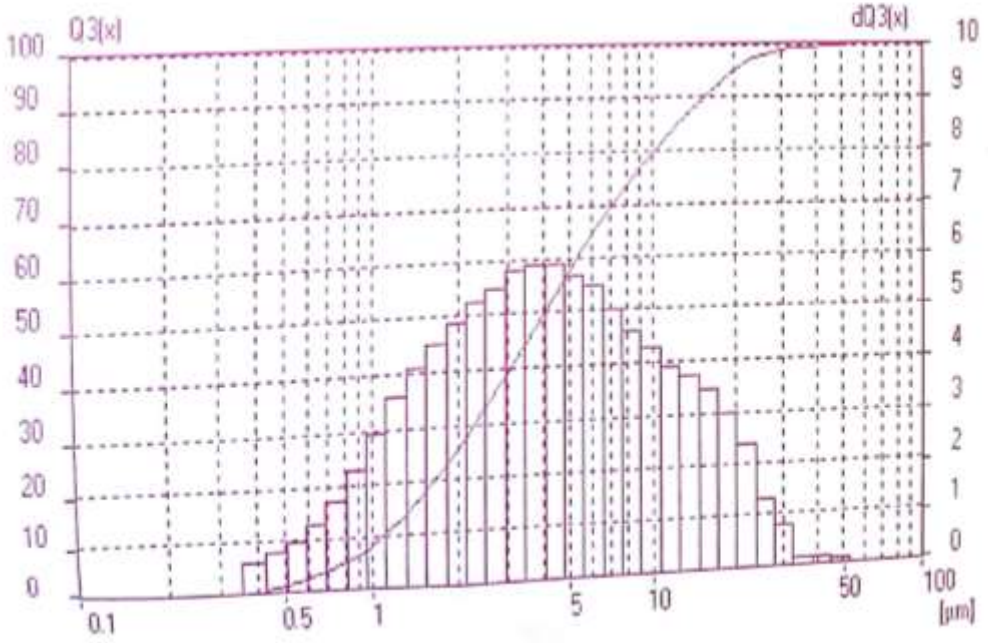
نتیجه آزمون توزیع اندازه ذرات در شکل (۴-۹) آورده شده است.

Interpolation Values... C:\Program Files\a22___32\fritsch\HIMNT_1.FPS

8.4 %	<=	1.000 µm	57.7 %	<=	5.000 µm	79.5 %	<=	10.000 µm
99.2 %	<=	30.000 µm	100.0 %	<=	50.000 µm	****** %	<=	100.000 µm
****** %	<=	150.000 µm	****** %	<=	200.000 µm	****** %	<=	250.000 µm
****** %	<=	300.000 µm	****** %	<=	350.000 µm	****** %	<=	400.000 µm
****** %	<=	450.000 µm	****** %	<=	500.000 µm	****** %	<=	600.000 µm
****** %	<=	700.000 µm	****** %	<=	800.000 µm	****** %	<=	900.000 µm

Interpolation Values... C:\Program Files\a22___32\fritsch\10_90.FPV

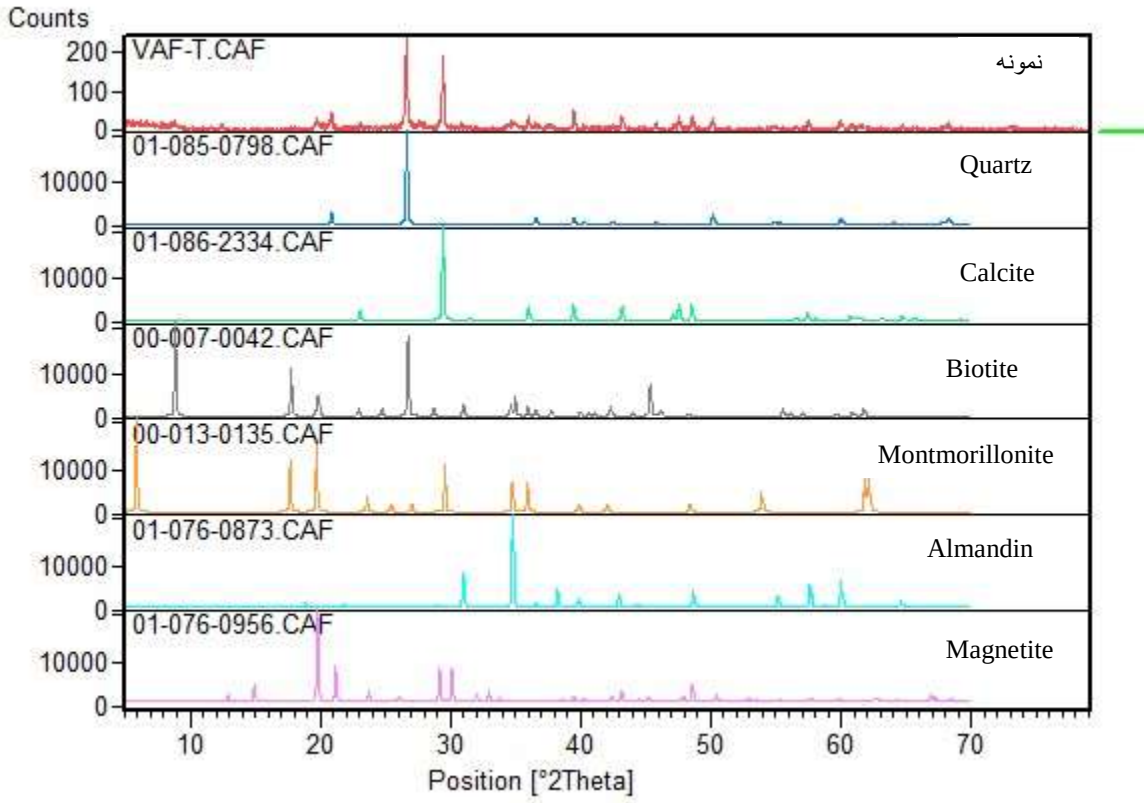
10.0 %	<=	1.091 µm	20.0 %	<=	1.653 µm	30.0 %	<=	2.299 µm
40.0 %	<=	3.080 µm	50.0 %	<=	4.039 µm	65.0 %	<=	6.163 µm
70.0 %	<=	7.188 µm	80.0 %	<=	10.192 µm	90.0 %	<=	15.548 µm
100.0 %	<=	52.758 µm						



شکل(۴-۹): نمودار توزیع اندازه ذرات

۴-۸ تعیین درصد فازها

با توجه به بندهای ۴-۱ تا ۴-۷ میتوان نتیجه گرفت که نمونه دارای فازهای کوارتز، کلسیت، بیوتیت، مونت موری لونیت و آلماندین می‌باشد.



شکل (۴-۱۰): الگوی پراش پرتو ایکس نمونه اولیه و کارتهای XRD مربوطه

از شکل (۴-۲) میتوان میزان درصد مواد فرار را در محدوده‌های دمایی مختلف تعیین کرد که در جدول (۴-۴) آورده شده است.

جدول (۴-۴): نتیجه درصد مواد فرار در محدوده دمایی مختلف

محدوده دمایی	۰ -۱۰۰	۱۰۰ -۶۶۰	۶۶۰ -۷۵۰
درصد میزان افت حرارتی	۰/۷	۴/۶	۱۰/۸

۴-۸-۱- تعیین درصد کربنات کلسیم

$$\underset{100}{CaCO_3} \longrightarrow \underset{56}{CaO} + \underset{44}{CO_2}$$

$$\underset{X=24.54}{CaCO_3} \longrightarrow \underset{X=13.74}{CaO} + \underset{10.8}{CO_2}$$

۴-۸-۲- تعیین درصد بیوتیت

$$(K, Na)(Al, Mg, Fe)_2(Si_{3.1}Al_{0.9})O_{10}(OH)_2$$

$$\text{Biotite} \longrightarrow 0.72K_2O + 0.28Na_2O + 0.975MgO + 4SiO_2 + 0.925\,Al_2O_3 + H_2O$$

422.8	0.72*94.2	0.28*62	0.975*40.3	4*60	0.925* 102	18
X= 17.45	2.8	0.7	**X= 1.62**	**X=7.68**	**X= 3.89**	**X= 0.74**

۴-۸-۳- تعیین درصد مونت موری لونیت

$$Ca_{0.2}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O$$

$$\text{Montmorillonite} \longrightarrow 0.2CaO + 0.8\,Al_2O_3 + 0.4MgO + 4SiO_2 + 5\,H_2O$$

438.92	0.2*56	0.8*102	0.4*40.3	4*60	5*18
X= 22.42	**X=0.57**	**X= 4.17**	**X= 0.82**	**X= 12.26**	4.6

۴-۸-۴- تعیین درصد آلماندین

$$(Fe_{2.6}Mg_{0.4})Al_2Si_3O_{12}$$

$$\text{Almandine} \longrightarrow 2.6FeO + 0.4MgO + Al_2O_3 + 3SiO_2$$

484.9	2.6* 71.84	0.4*40.3	102	3*60
X= 11.4	**X=4.40**	0.38	**X= 2.40**	**X= 4.24**

با توجه به محاسبات انجام شده تخمین آنالیز مینرالی نیمه کمی نمونه به همراه آنالیز شیمیایی هر فاز و خاک اولیه در جدول (۴-۵) آورده شد است.

جدول (۴-۵): نتیجه نهایی تعیین درصد فازها

درصد مینرال	L.O.I	Na_2O	K_2O	MgO	Fe_2O_3	CaO	Al_2O_3	SiO_2	
25.0	**10.8**	**--**	**--**	**--**	**--**	**13.74**	**--**	**--**	**Calcite**
17.5	**0.74**	**0.7**	**2.8**	**1.62**	**--**	**--**	**3.89**	**7.68**	**Biotite**
22.5	**4. 6**	**--**	**--**	**0.82**	**--**	**0.57**	**4.17**	**12.26**	**Montmorillonite**
11.5	**--**	**--**	**--**	**0.38**	**4.4**	**--**	**2.4**	**4.24**	**Almandine**
20.5	**--**	**--**	**--**	**--**	**--**	**--**	**--**	**20.42**	**Quartz**
97	**16.14**	**0.7**	**2.8**	**2.82**	**4.4**	**14.31**	**10.46**	**44.6**	**total**
--	**16.5**	**0.7**	**2.8**	**2.8**	**4.1**	**15.6**	**11.1**	**44.5**	**sample**

لازم به ذکر است که تعیین درصد مینرال در یک نمونه معمولاً با دقت ۱± گزارش می‌شود که علت جمع مینرال که عدد ۹۷ شده نیز به همین علت می‌باشد.

فصل پنجم

تعیین کاربرد

تعیین پتانسیل کاربردها با توجه به بررسی خواص

با توجه به خواص شیمیایی، فیزیکی، گرانولومتری و دیگر خواص مهندسی انجام شده روی نمونه خاک معدن واوند ارجمند فیروزکوه در این بخش پتانسیل‌های کاربرد آن پیش‌بینی خواهد شد. پتانسیل کاربرد به این معنی است که یک خاک تحت شرایط آماده‌سازی و فرآوری خاص قابلیت کاربرد در موارد مشخص را پیدا کند که معمولاً کاربردهای بدون فرآوری ارزش افزوده کمتری دارند و هر چه فرآوری علمی‌تر و اصولی‌تر صورت پذیرد کیفیت محصول بالاتر می‌رود. از طرفی مقدار هزینه فرآوری نیز بسیار مورد توجه می‌باشد، حتی بعد از فرآوری مناسب باز پتانسیل کاربرد وجود دارد نه کاربرد قطعی، یعنی پتانسل کاربرد به معنی کاربرد اقتصادی در مقایسه با دیگر رقیب‌های خاک ما نیست. مسائل اقتصادی شامل قیمت تمام شده محصول و هزینه‌های بسته‌بندی، حمل و دیگر هزینه‌ها است.

پس از کاندید شدن یک خاک در یک کاربرد که با توجه به خواص آن و ویژگی مورد نظر در آن کاربرد برای آن ماده صورت می‌گیرد گاهی اقدام به ساخت یک نمونه آزمایشگاهی شده و قابلیت جایگزینی آن با مواد موجود در بازار از نظر خواص شکل‌دهی و ساخت تست می‌شود و خواص ظاهری آن و گاهی

یک خاصیت اصلی و عمده آن محصول با همان خاصیت برای محصول شاهد یا محصولی تولید شده با مواد فعلی رقیب موجود در بازار مقایسه می‌شود.

در واقع بعد از تعیین پتانسیل کاربردها، در پروژه‌ای دیگر و با انتخاب کاربرد توسط کارفرمای محترم مواد در مقیاس نیمه صنعتی باید فراوری گردد و برای کاربرد مورد نظر تمام ویژگی‌های استاندارد محصول تولیدی مورد بررسی قرار گرفته و قابلیت تولید و جایگزینی واقعی بررسی شود.

از ویژگی‌های شاخص خاک معدن واوند ارجمند فیروزکوه ریزدانه بودن طبیعی است که به سادگی کلوخه‌های کوچک آن باز شده و قابلیت کاربردهای متنوعی را ایجاد می‌کند. در خیلی از مواد برای ایجاد ریزدانگی نیاز به سنگ‌شکن، مراحل مختلف آسیاب است در صورتی که خاک معدن واوند ارجمند فیروزکوه به سادگی قابلیت آسیاب شدن را دارد و حتی در آب به سادگی باز شده و گل می-شود. با توجه به مطالب فوق و خواص خاک معدن مورد پژوهش، پتانسیل‌های زیر جهت کاربرد آن پیش‌بینی می‌شود.

۵-۱ کاربرد به عنوان فیلر

۵-۱-۱- کاربرد به عنوان فیلر در صنایع پلیمری

در صنایع پلیمری که شامل ترموست‌ها، ترموپلاست‌ها و الاستومرها است فیلر به دلائل زیر استفاده می-شود.

۱- کاهش قیمت پلیمر: که در این خصوص، درصد افزودن فیلر نباید به قیمت از دست دادن خواص محصول نهایی باشد.

۲- بهبود خواص پلیمر: فیلرهای معدنی به دلیل مقاومت سایشی بالا، نسوزندگی زیاد، خنثی بودن و هدایت الکتریکی کم می‌توانند خواص پلیمر ها را در این موارد بهبود بخشند. همچنین باعث کاهش تغییرات ابعادی پلیمرها می‌شوند. فیلرهای مرسوم در صنایع پلیمری کربن، کربنات کلسیم، رسها، تالک، سیلیس و غیره می‌باشند.

فیلرهای مصرفی در صنایع پلیمری بهتر است ریزدانه با اندازه‌هایی تقریباً برابر باشند از نظر ویژگی‌های سطحی مواد به دو دسته پلیمر دوست یا پلیمر گریز طبقه‌بندی می‌شوند. پلیمرهای معمولی موادی غیر قطبی هستند ولی مواد معدنی به دلیل وجود هیدروژن در سطح اکسیدها قطبی هستند بنابراین مواد معدنی معمولاً به سادگی در پلیمر باز و پخش نمی‌شوند. برای پخش کردن بهتر یا باید از روش‌های

مخلوط کردن مختلف و مناسب استفاده گردد و یا سطح مواد معدنی پلیمر دوست گردد. در این پژوهش برای پودر کردن از روش آسیاب خشک استفاده شد. چون آسیاب تر با اینکه راندمان بهتری دارد ولی نیاز به خشک کردن داشته و رفتار پلیمر دوستی خاک را نیز کاهش می‌دهد. همچنین برای پلیمر دوست کردن روش‌های مختلفی و گاهی پیچیده‌ای وجود دارد ولی در این پژوهش از آسیاب همزمان اسید استئاریک با خاک استفاده شد.

جهت رسیدن به اندازه دانه‌های تقریباً یکسان در صنعت معمولاً از آسیاب‌های خاص استفاده می‌شود. مثلاً آسیاب گلوله‌ای (بالمیل) توزیع اندازه دانه‌ها را پهن می‌کند و این معمولاً برای کاربرد به عنوان فیلر در پلیمر مناسب نیست ولی آسیاب میله‌ای (رادمیل) رادمیل که بجای گلوله از میله‌های ساینده موازی هم استفاده می‌کند در این خصوص مناسب‌تر است و توزیع دانه‌بندی حاصل از آن باریک‌تر است، ولی هزینه اولیه ایجاد این آسیاب‌ها بیشتر است. همچنین بسته به میزان و تناژ تولید آسیاب‌ها می‌توانند بصورت بچ یا مداوم باشند که نوع مداوم مشکلات کمتری دارد ولی به دلیل هزینه اولیه زیاد و تناژ تولید زیاد باید مقرون به صرفه گردد.

در خصوص خاک معدن واوند ریزدانه‌گی طبیعی موجود توزیع اندازه دانه نسبتاً پهن را ایجاد کرده و تأثیر نوع آسیاب چندان مهم به نظر نمی‌رسد.

بنابراین خاک معدن واوند با توجه به ریز دانگی طبیعی که دارد با فرآوری مناسب که شامل بازکردن و ریزتر کردن آن و پلیمر دوست کردن آن است پتانسیل کاربرد به عنوان فیلر در صنایع پلیمر و لاستیک را دارد ولی به دلیل رنگ تیره آن این کاربرد محدود می‌شود و همچنین با توجه به اثری که در فرآیند شکل‌دهی و خواص نهای پلیمر می‌گذارد در مقیاس نیمه صنعتی باید برای پلیمرهای مختلف مورد بررسی قرار گیرد. در این پژوهش یک نمونه در لاستیک SBR توسط مصرف کننده بررسی شد و قابلیت آن از نظر میزان مصرف (لودینگ) و اثر روی خواص شکل‌دهی با کربنات کلسیم که بصورت روتین استفاده می‌شد مقایسه شد و پتانسیل کاربرد آن از نظر خواص شکل‌دهی تأیید شد.

در لاستیک‌سازی فوق حداکثر تا ۲۸٪ از کربنات کلسیم به عنوان پرکننده استفاده می‌شود. توزیع اندازه ذرات کربنات کلسیم رابطه مستقیم در میزان استفاده از کربنات را دارد. نمونه مورد آزمایش با دو درصد ۱۶/۵ و ۲۸/۵ درصد در لاستیک مورد آزمایش قرار گرفت که طبق مشاهدات نمونه مورد آزمایش ۲۸/۵ درصد نیز مناسب بود و مشاهدات نشادن داد که ذرات پرکننده در لاستیک تولید شده دیده نمی‌شود.

دانسیته نمونه به روش پیکنومتری و جذب گاز هلیم انجام شد که نتایج در جدول (۵-۱) آورده شده است.

جدول ۵-۱: دانسیته نمونه واوند بعد از ۲۴ ساعت آسیاب گلوله‌ای خشک

میانگین دانسیته (gr/cm^3)	میانگین حجم (cm^3)
۲/۶۵	۲/۵۴

الف **ب**

شکل(۵-۱): الف: نمونه معدن بعد از ۲۴ ساعت بالمیل خشک

ب: نمونه معدن با ۱٪ اسید استئاریک بعد از ۲۴ ساعت بالمیل خشک

شکل(۵-۲): نمونه لاستیک تزریق شده با ۱۶/۵ درصد خاک معدن واوند فرآوری شده

شکل(۵-۳): نمونه لاستیک تزریق شده با ۲۸/۵ درصد خاک معدن واوند فرآوری شده

۵-۱-۲- کاربرد به عنوان فیلر در صنایع سیمان

در صنایع سیمان دو نوع فیلر نیمه اکتیو و غیر اکتیو استفاده می‌شود. فیلرهای غیر اکتیو مثل کربنات کلسیم معمولاً برای تغییر خواص بتن یا ملات تازه مثل روانی و کارپذیری استفاده می‌شوند ولی فیلرهای نیمه اکتیو روی خواص بتن یا ملات سخت شده نیز اثر می‌گذارند، خاک معدن واوند با توجه به خاصیت شاخص ریزدانگی می‌تواند به عنوان فیلر غیر اکتیو در محصولات پایه سیمانی مثل چسب کاشی سیمانی، ملات بنایی و بندکشی برای بهبود خواص کارپذیری و چسبندگی استفاده شود ولی در درصدهای بالا باعث افزایش جمع‌شدگی و انقباض محصول پایه سیمانی می‌شود که اگر در محصول الیاف استفاده شود این مشکل انقباض کمتر می‌شود و می‌توان خاک بیشتری استفاده کرد ولی همچنین خواص بتن سخت شده را کاهش می‌دهد شکل (۵-۴).

شکل(۵-۴): نمونه واوند مخلوط شده با الیاف

در گچ نیز به عنوان گچ و خاک پتانسیل کاربرد را دارد که می‌بایست بررسی گردد. همچنین خاصیت آب نگهداری خاک واوند در محصولات پایه سیمانی به پروراندن و کیورینگ محصول کمک می‌کند و جلوی خشک شدن سریع آن را می‌گیرد.

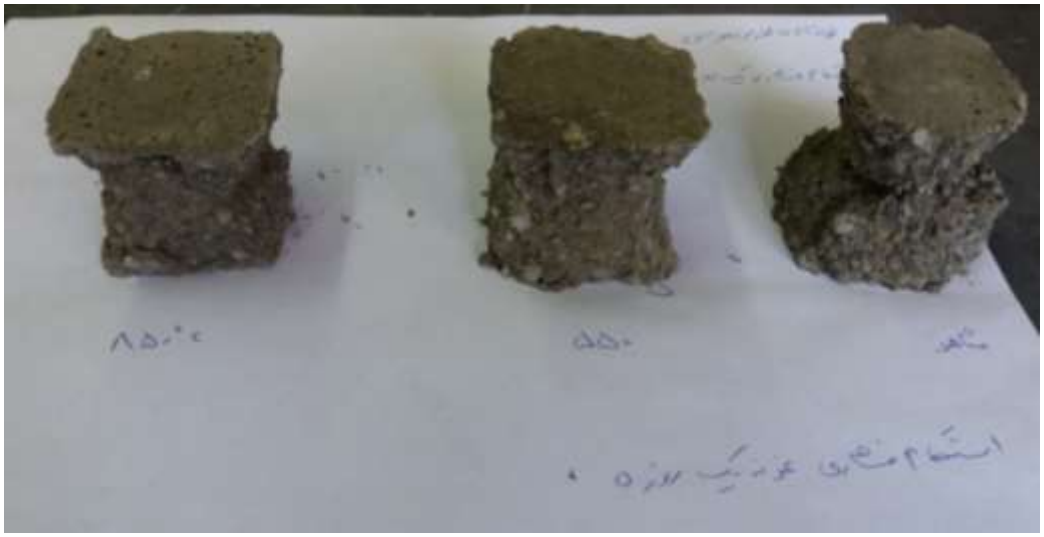
به عنوان فیلر اکتیو خاک معدن واوند می‌بایست در محدوده دمایی حدود ۸۵۰°C- ۵۵۰ بصورت سریع حرارت ببیند تا با ایجاد SiO_2 و Al_2O_3 آمورف خاصیت واکنش‌پذیری با $Ca(OH)_2$ موجود در سیمان را پیدا کرده و در واقع خاصیت پوزولانی پیدا کند.

در این پژوهش با توجه به نتایج جدول (۵-۲) مشخص شد تا ٪۱۵ پوزولان حاصل از خاک واوند بدون تغییر خواص شاخص مکانیکی قابلیت جایگزینی با سیمان خاکستری را دارد. پوزولانها معمولاً به دلیل واکنشهای تأخیری در دراز مدت کمی افت استحکام را جبران می‌کنند ولی دوام بتن را به دلیل حذف $Ca(OH)_2$ بالا می‌برند را دارد. در عمل می‌بایست در مقیاس نیمه صنعتی پوزولان یا فیلر مناسب تولید و محصول مورد نظر تولید و کلیه خواص استاندارد آن مورد بررسی قرار گیرد. در بعضی از مصالح ساختمانی حتی محصول نیاز به گرفتن استاندارد اجباری دارد که این کار نیز در مقیاس نیمه صنعتی و در صورت تمایل کارفرمای محترم در پروژه‌های بعدی قابل انجام است.

در این بخش ابتدا نمونه خاک واوند در دو دمای ۵۵۰°C و ۸۵۰°C حرارت داده شد و فعال شد و سریع در دمای محیط سرد گردید. نمونه حاصل به میزان ٪۱۵ به سیمان پرتلند تیپ ۲ اضافه گردید سپس مقاومت فشاری آن در روزهای یک، سه ، هفت و ۲۸ روزه با نمونه شاهد بدون خاک واوند مقایسه گردید که نتایج در جدول (۵-۲) آورده شده است. در عمل می‌بایست در مقیاس نیمه صنعتی برنامه پخت و اکتیو سازی خاک واوند بهینه گردد و درصد قابل قبول بیشینه جایگزینی آن با سیمان پرتلند با بررسی تمام خواص استاندارد و دوام دراز مدت معمولاً حداقل یکسال بدست آید.

جدول ۵-۲: مقایسه نتایج استحکام فشاری نمونه اکتیو شده واوند در دو دمای مختلف و نمونه شاهد

کد نمونه	شاهد	۵۵۰	۸۵۰
یک روز (MPa)	۴/۱	۴/۱	۴/۱
سه روز (MPa)	۱۴/۲۸	۱۵/۵	۱۵/۰
۷ روز (MPa)	۲۱/۸	۱۹/۴	۱۸/۳
۲۸ روز (MPa)	۳۰/۹	۲۵/۶	۲۵/۷



شکل(۵-۴): شمایی از نمونه اکتیو شده واوند در دو دما و شاهد پس از تست استحکام فشاری یک روزه

شکل(۵-۵): شمایی از نمونه اکتیو شده واوند در دو دما و شاهد پس از تست استحکام فشاری هفت روزه

شکل(۵-۶): شمایی از نمونه اکتیو شده واوند در دو دما و شاهد پس از تست استحکام فشاری ۲۸ روزه

۵-۲ کاربرد به عنوان نگهدارنده آب

خاصیت آب نگهداری به دلیل ریزدانگی و تنوع فازی در خاک معدن واوند به عنوان یک خاصیت شاخص دیگر وجود دارد. این خاصیت می‌تواند در خاک‌های کشاورزی به عنوان یکی از اجزاء خاک در کنار کود و خاک برگ، ریز مغزی‌ها و غیره برای تولید خاک‌های کشاورزی در مقیاس صنعتی مورد استفاده قرار گیرد. البته به دلیل عدم وجود املاح محلول مثل فسفر و نیتروژن و پتاسیم و غیره از نظر مواد مغزی برای گیاه خاک معدن واوند به تنهایی مناسب نیست و این املاح باید به خاک اضافه گردد همچنین به دلیل فشردگی زیاد گل خاک معدن واوند عدم نفس کشیدن خاک وجود دارد و همچنین

انقباض خشک شدن این خاک زیاد است و این نیز باعث پاره شدن ریشه گیاه می‌گردد، بنابراین خاک معدن واوند به تنهایی برای کشاورزی مناسب نیست ولی برای تولید خاک‌های کشاورزی مصنوعی این خاک به عنوان یک جزء نگهدارنده آب هم بصورت فرآوری شده (احتمالاً بصورت گرانول یا پودر) می‌تواند بکار گرفته شود. در پروژه‌های بعدی می‌بایست در مقیاس نیمه صنعتی برای گروه گیاهان خاص اقدام به ساخت خاک کشاورزی گردد و یکی از اجزاء آن خاک می‌تواند خاک معدن واوند باشد که در صورت درخواست کارفرمای محترم در پروژه‌های بعدی قابل انجام است.

۵-۳ کاربرد در صنایع سرامیک

بطور کلی به دلیل محدوده دمایی پخت کم خاک معدن واوند به عنوان تک خاک در تولید محصولات سرامیکی بعید است بتوان برای آن کاربردی پیدا کرد. ولی به همراه خاک‌های دیگر مثلاً برای تولید انواع کاشی و سرامیک غیر سفید پخت به عنوان افزایش دهنده استحکام خام می‌توان تا درصدی از این خاک به خاک‌های دیگر اضافه کرد ولی در صورت زیاد شدن درصد مصرف خواص پخت را دچار مشکل می‌کند.

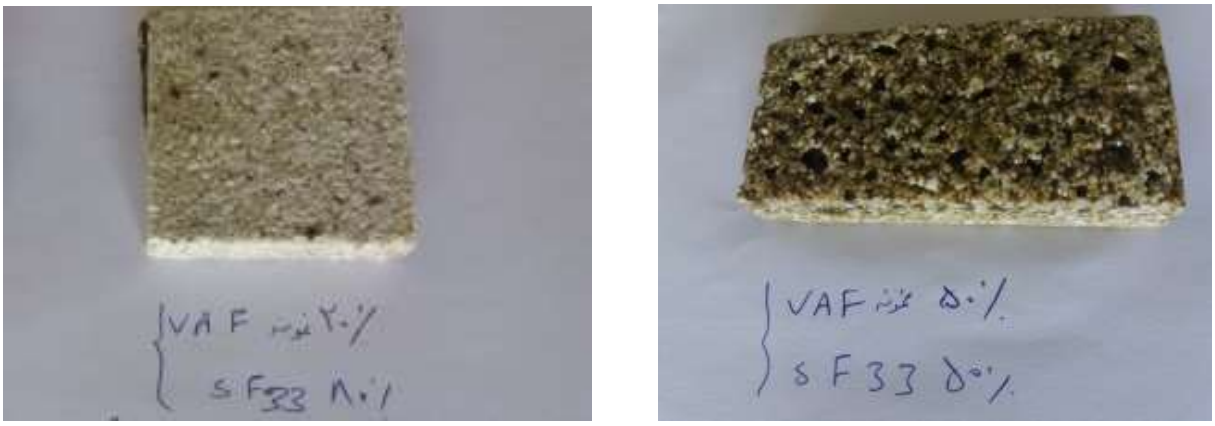
در این خصوص با بررسی‌های آزمایشگاهی نمونه‌های لیکا ساخته شده در این پژوهش قابلیت تولید به عنوان پوکه صنعتی ندارد چون حین پخت در کوره دوار پوکه‌ها به یکدیگر خواهند چسبید.

در خصوص کاشی شاید تا چند درصد بتوان به بدنه اضافه کرد که بهتر است چون دیگر مواد مصرفی در صنایع مختلف کاشی متفاوت است این کار توسط آزمایشگاه هر کارخانه کاشی یا با تهیه دیگر مواد آنها توسط پژوهشگاه در پروژه‌های پایلوت بعدی انجام شود تا حداکثر درصد قابل استفاده از خاک معدن واوند در صنعت کاشی خاص مشخص گردد بدون لطمه زدن به خواص کاشی و قابلیت انطباق لعاب با بدنه و تغییر ضریب انبساط بدنه.

در صنعت سیمان برای سیمان به عنوان ماده اولیه با توجه به بررسی خواص خاک معدن واوند و کم بودن محدوده دمایی پخت و وجود فسفر بیش از حد مجاز برای سیمان پرتلند و همچنین وجود اکسیدهای گدازآوری همچون پتاسیم و آهن به نظر مجری قابلیت جایگزینی وجود ندارد بویژه برای سیمان سفید که به دلیل تغییر رنگ پخت به دلیل اکسیدهای رنگی مثل اکسید آهن اصولاً این قابلیت کاربرد وجود ندارد.

یک نوع سرامیک خاص که در این پژوهش مورد تست نمونه آزمایشگاهی شد مخلوط خاک معدن واوند با ماسه فلدسپاری معدن ستبران بود که در درصدهای مختلف و با روش‌های مختلف نمونه‌هایی

ساخته شد که در شکل (۵-۷) نشان داده شده است. این محصول در ایران تولید نمی‌شود و حتی به نظر نمی‌رسد نمونه‌های خارجی آن موجود باشد، چون در واقع محصولات سرامیکی به دلیل استفاده از مواد بومی منحصر بفرد هستند. نمونه ساخته شده به دلیل ساختار متخلخل غیر یکنواخت که امکان چسباندن آن را فراهم می‌سازد ممکن است بتواند به عنوان سنگ نمای مصنوعی یا سنگ آنتیک کاربردی شود و در صورت تولید نیمه صنعتی به عنوان سنگ کفپوش بتواند ساخته شود شکل (۵-۷).



الف **ب**

شکل(۵-۷): الف: نمونه واوند همراه با دو درصد مختلف ماسه فلدسپاری

در خصوص این کاربردها می‌بایست در پروژه‌های بعدی خط تولید نیمه صنعتی طراحی و ساخته گردد. و محصول در حجم نیمه صنعتی تولید و آزمونهای استاندارد انجام شده و بازاریابی شود.

۴-۵ خاصیت تصفیه و رنگ‌بری

باز به دلیل ریزدانگی و احتمال خاصیت تبادل کاتیونی و سطح ویژه زیاد پتانسیل این کاربرد جهت رنگ‌بری از مثلاً روغن‌های خوراکی و صنعتی و یا تصفیه آب از فلزات سمی وجود دارد. برای تست یک نمونه خاصیت رنگبری روی روغن موتور سوخته بررسی شد و نتیجه مثبت نبود ولی احتمال اینکه با فرآوری بتوان خاصیت رنگبری به خاک واوند اضافه کرد وجود دارد که با توجه به پیچیدگی و تنوع روش‌های فرآوری در صورت تمایل کارفرمای محترم در پروژه‌های بعدی پایلوت فرآوری و استفاده به عنوان رنگبری و استاندارد سازی آن می‌تواند انجام شود.

نتیجه گیری:

منحنی توزیع اندازه ذرات نشان داد که خاک واوند ۱۰۰ درصد زیر ۵۰ میکرون و D_{50} آن کمتر از ۵ میکرون است یعنی این نمونه از اندازه ذرات ریزی برخوردار است.

با توجه به نتایج تعیین محدوده دمای پخت نمونه از محدوده پخت باریکی برخوردار است و رنگ بعد از پخت آن در اتمسفر هوا نخودی رنگ است.

جهت نامگذاری یک ماده معدنی مجهول در صورتی که آن ماده با توجه به آنالیزهای صورت گرفته شامل درصد بالایی کانی آهن باشد، به نام سنگ آهن نامگذاری می‌شود. ولی با توجه به آنالیز شیمیایی خاک واوند قابلیت نامگذاری به عنوان سنگ فلز را ندارد.

همچنین در صورت وجود خاک‌های صنعتی مهم با درصد بالا مثلاً رس، کربنات کلسیم، نفلین و غیره به نام کانی اصلی مثلاً خاک رس، سنگ آهک یا خاک صنعتی نفلین نامگذاری می‌شود ولی با توجه به اینکه نمونه خاک واوند حاوی تک کانی با خلوص بالا نیست این نامگذاری برای آن قابل استفاده نیست.

اگر کانی حاوی دو خاک اصلی باشد مثلاً رس و سنگ آهک، هر کدام بیشتر باشد اسم آن کانی اول می‌آید و خاک را مثلاً آهک رسی یا رس آهکی می‌نامند و در مورد این کانی باز این نامگذاری قابل استفاده نیست.

با توجه به اینکه خاک واوند فاقد مواد آلی است و املاح محلول کمی شامل نیترات‌ها و فسفات‌ها است برای نام‌گذاری خاک‌های کشاورزی نیز قابل نام‌گذاری نیست.

خاک واوند حاوی حداقل پنج کانی مختلف با درصدهای حدودی تقریباً یکسان است نام استاندارد خاصی نمی‌توان به آن اتلاق کرد، اما این به معنی غیر قابل کاربرد بودن این خاک نیست و به دلیل D_{50} زیر ۵ میکرون و دیگر ویژگی‌های شیمیایی، فازی، گرانولومتری، کارپذیری گل و حرارتی می‌توان پتانسیل کاربردهای مناسبی برای آن یافت.

نتایج این پژوهش پتانسیل کاربرد خاک واوند بعد از فرآوری به عنوان فیلر برای پلیمرها، پلاستیک و لاستیک را نشان می‌دهد. همچنین قابلیت فرآوری با آسیاب همراه با یک درصد اسید استئاریک بعنوان پلیمر دوست کننده مورد بررسی قرار گرفت. به عنوان فیلر در محصولات پایه سیمانی مثل چسب کاشی سیمانی، ملات بنایی، ملات بند کشی یا گچ و خاک قابلیت کاربرد دارد که خاصیت چسبندگی و آب نگهداری و کیورینگ آنها را بهبود می‌دهد.

بعد از کلسینه کردن نمونه معدن واوند در دمای ۸۵۰°C– ۵۵۰ می‌تواند به عنوان پوزولان جایگزین سیمان پرتلند گردد که درصد بهینه در مقیاس نیمه صنعتی باید مشخص گردد.

به همراه ماسه فلدسپاری قابلیت تولید مصالح ساختمانی سنگ مصنوعی و آنتیک یا کفپوش پیاده‌روها را دارد که فرآیند تولید در مقیاس نیمه صنعتی باید در پروژه‌های بعدی طراحی و ساخته شود.

به عنوان یک جزء آب نگهدار به دلیل خاصیت آب نگهداری در مدت زمان زیاد می‌تواند به همراه خاک برگ و کود و ریز مغزی‌های دیگر و غیره در تولید بعضی از خاکهای کشاورزی در مقیاس صنعتی بکار رود.

مراجع:

[1] Willi Bender, Frank Handle, "Brick and tile making",BAUVERLAG, (1982).

[2] Sonja S. Singer, "Industerial Ceramic",Chapman & Hall, (1960).

[3] Ceamic Monographs, Hand book Of Ceramic, Vol.1, (1982).

[4] M.J.Ribeiro, J.M.Ferreira, J.A.Labrincha, "Plastic behaviour of different ceramic pastes processed by extrusion", Ceramics International, 31, 515-519, (2005).

[5] M.N.Rahaman, Marcel Dekker, "Ceramic processing and sintering", Inc.(2003).

[6] F.Bergaya, B.K.Gtheng and G. lagaly, "Hand book of clay science", Elsevier, (2006).

[7] V.S. Ramachandran, R. Parali, James.J.Beaudoin, Ana Ho Delgodo, William Andrew Publishing, "Handbook Of Thermal Analysis Of Construction Materials", (2002).

[8] C.M.F.Vieira, R. Sanchez, S.N. Monteiro, "Characteristics of clays and properties of building ceramics in the state of Rio de Janeiro, Brazil", Construction and Building Materials, 781-787, (2008).

[9] M.Romero, A.Andres, R. Alonos, J. Viguri, J.Ma. Rincon, "Sintering behaviour of ceramic bodies from contaminated marine sediments", Ceramics International, (2007).

[10] Indasterial Ceramic.

[11] An Introduction to the Rock Forming Mineral.

[12] Mineral Engineering 19 (2006) 370-371.

[13] Journal of African Earth Sciencess 55 (2009) 147-157.

[14] Journal of MaterialsProcessing Technology 55 (2009) 1240-1246.

[15]Resources, Conservation and recycling 56 (2011) 66-70.

[16] Petrolium Exploration and Development V36, Issue, December 2009.

[17] Ceramics International 31 (2005) 233-240.