مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال نوزدهم، شماره‌ی ۱، بهار ۹۰، از صفحه‌ی ۱۰۳ تا ۱۱۲

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

بررسی‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی نهشته‌ی کانی خاک رس کائولینیتی شده‌ی شیخ آباد (جنوب غربی بیرجند) با نگرشی بر کاربردهای صنعتی آن

رقیه ذبیحی[1*]، خسرو ابراهیمی[1]، محمدحسین زرین کوب[2]

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند

(دریافت مقاله: ۸۹/۲/۲ نهایی: ۸۹/۵/۱۲)

چکیده: گستره‌ی مورد بررسی در استان خراسان جنوبی، حدود ۹۰ کیلومتری جنوب غربی بیرجند قرار گرفته است. این منطقه در طول شرقی"۵۰ ' ۰۰ °۵۹ تا '' ۲۰ ' ۰۶ °۵۹ و عرض شمالی" ۲۰' ۲۶ °۳۲ تا " ۳۲ ' ۲۹ °۳۲ قرار گرفته است. از نظر زمین ساخت در پهنه‌ی بلوک لوت قرار دارد. واحدهای آتشفشانی کم عمق ائوسن منطقه، به وسیله‌ی محلول های گرمابی شدیداً دگرسان شده‌اند و ذخیره‌ی معدنی خاک رس کائولینیتی شده را در گستره‌ی شیخ آباد تشکیل داده است. کانی‌های اصلی نهشته‌ی معدنی از کوارتز، کائولینیت و مونت موریونیت و کانی‌های فرعی مسکویت، آلبیت، اورتوکلاز و ژیپس تشکیل یافته‌اند. بررسی‌های شیمیایی نشان می‌دهد که ماده‌ی معدنی دارای اکسید سیلیسیم با میانگین ۶۳٫۱۸ درصد و اکسید آلومینیوم با میانگین ۲۲٫۰۶ درصد، که نسبت به ترکیب شیمیایی ایده‌آل کائولین (SiO_2:46/5%، Al_2O_3: 39/5 %)، فاصله دارند. کائولین این منطقه دارای میانگین ۰٫۵۳ درصد اکسید سدیم، ۳٫۹۰ درصد اکسید پتاسیم و ۰٫۸۸ درصد اکسیدآهن است. با توجه به ویژگی‌های صنعتی خاک رس کائولینیتی شده‌ی شیخ آباد که عبارتند از MOR خام با مقادیر ۴۹ تا ۵۶٫۱ کیلوگرم نیرو بر سانتی‌متر مربع، پرت گرمایی (LOI) پایین با میانگین ۴٫۶۹ درصد، رنگ پخت سفید تا زرد روشن و صفر بودن میزان درصد جذب آب، حتی بدون فرآوری، برای صنایع کاشی سازی کاربرد دارد.

واژه‌های کلیدی: *دگرسانی آرژیلیک؛ کانی‌شناسی؛ کائولینیت؛ مونت موریونیت؛ ویژگی‌های صنعتی.*

مقدمه

منطقه‌ی مورد بررسی شیخ آباد در استان خراسان جنوبی و حدود ۹۰ کیلومتری جنوب غربی بیرجند قرار گرفته است. موقعیت جغرافیایی این گستره محدوده "۵۰ ' ۰۰ °۵۹ تا '' ۲۰ ' ۰۶ °۵۹ طول شرقی و " ۲۰' ۲۶ °۳۲ تا " ۳۲ ' ۲۹ °۳۲ عرض شمالی است. این منطقه از لحاظ تقسیمات زمین-ساخت ایران در حاشیه‌ی شرقی بلوک لوت قرار می‌گیرد. گستره‌ی مورد بررسی بخشی از ارتفاعات کوه شاه است (شکل ۱).

در منطقه‌ی شیخ آباد کانی‌سازی غیر فلزی، از نوع خاک رس کائولینیتی، تشکیل شده که در این مقاله به ویژگی‌های کانی‌شناسی، ژئوشیمیایی و کاربردهای صنعتی آن می‌پردازیم. کائولینیت در شرایط PH اسیدی و در دمای کمتر از ۲۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و در اثر دگرسانی سنگ‌های غنی از Al_2O_3 به وجود می‌آید. در چنین محیطی قلیایی‌های حاصل از تجزیه-ی شیمیایی سنگ مادر و به خصوص اکسیدهای سدیم و پتاسیم آن بر اثر جریان‌های آب خارج می‌شود. اگر مواد قلیایی به طور کامل از محیط خارج شوند، کائولینیت و چنانچه

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۸۰۴۱۹۹۳، نمابر: ۸۷۹۷۲۷۵ (۰۵۱۱)،پست الکترونیکی: Mansoreh152@gmail.com

درصدی از آن خارج شود، مونت موریونیت و ایلیت تشکیل می‌شود [۱].

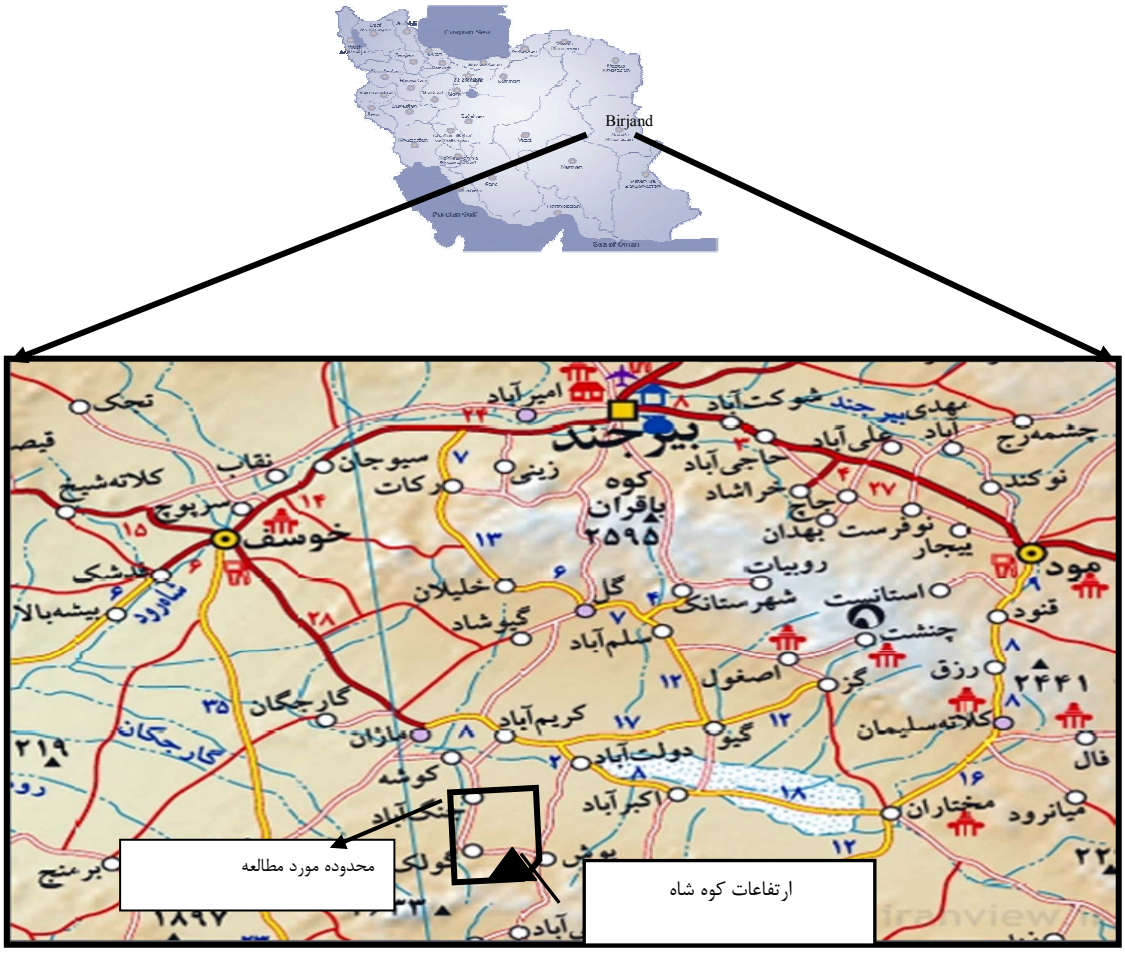
ویژگی‌های اصلی فیزیکو-شیمیایی رس‌ها به ترکیب کانی‌شناسی آن‌ها وابسته است. ویژگی‌هایی همچون مومسانی، شیمی سطح، سطح ویژه و بار سطحی مستقیماً با ترکیب کانی‌شناسی ارتباط دارند، بنابراین شناخت ترکیب کانی‌های رسی، در استفاده‌ی بهینه از آن‌ها امری است ضروری [۲].

زمین شناسی

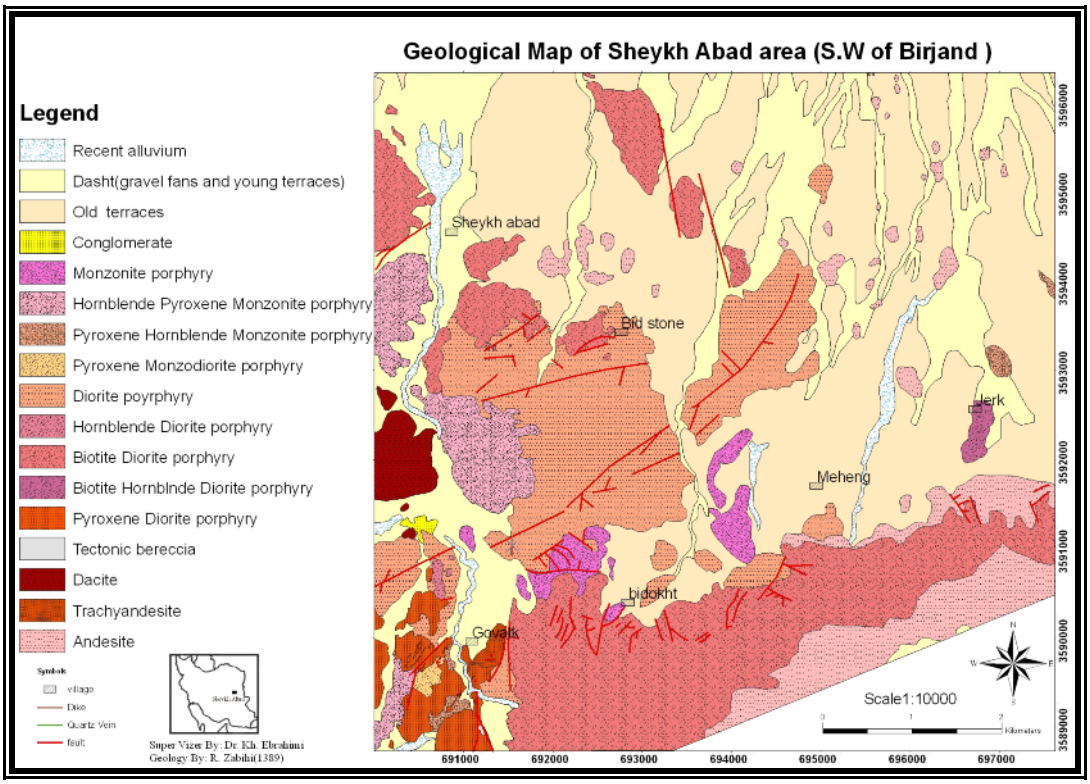
در ناحیه‌ی خوسف و منطقه‌ی مورد بررسی، با توجه به نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مختاران [۳]، تشکیلات زمین‌شناسی قدیمی‌تر از کرتاسه وجود ندارد. واحدهای سنگی آذرین منطقه، با سن ائوسن، بیشتر از نوع نیمه‌عمیق و به مقدار کمتری سنگ‌های آتشفشانی هستند که بیشتر در بخش شمالی گستره‌ی مورد نظر گسترش یافته‌اند.

پس از بررسی تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و بررسی‌های صحرایی، میکروسکوپی مقاطع نازک و صیقلی نقشه‌ی زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ تهیه شد که در شکل ۲ ارائه شده است. واحدهای سنگی آتشفشانی کم عمق منطقه، به صورت تپه ماهورهایی هستند که شامل انواع دیوریت پورفیری و مونزودیوریت پورفیری بوده و از تشکیلات آتشفشانی شامل واحدهای سنگی آندزیت، تراکی آندزیت و داسیت تشکیل یافته‌اند.

مشاهدات صحرائی و بررسی‌های کانی‌شناسی نشان می‌دهند که واحدهای آتشفشانی کم عمق همراه با سنگ‌های آتشفشانی با گرمابی‌ها دگرسان شده‌اند. بیشتر واحدهای آتشفشانی کم عمق منطقه‌ی شیخ آباد به شدت دگرسان شده‌اند ولی در مجموع بخش‌هایی که دگرسانی شدیدتری را نشان می‌دهند می‌توان به صورت نواری با درازای حدود ۶ کیلومتر و پهنای متوسط ۸۰۰ متر با روند شمال شرقی- جنوب غربی در نظر گرفت.



شکل۱ موقعیت منطقه‌ی شیخ آباد[۷].



شکل۲ نقشه ۱۰۰۰۰:۱زمین‌شناسی منطقه‌ی شیخ آباد [۸].

روش بررسی

به منظور بررسی‌های ژئوشیمی و کانی‌شناسی، نمونه برداری از بخش‌های مختلف پتانسیل معدنی خاک صنعتی، با توجه به اختلافات فیزیکی (رنگ و لمس) صورت گرفت. موقعیت این نمونه‌ها بر روی تصویر ماهواره‌ای google Earth و نمایی از دگرسان رسی در شکل ۳ مشاهده می‌شود. نمونه‌برداری از کائولینیت به روش خرده‌سنگی و مخلوط صورت گرفت. در هر نمونه برداری حدود ۱۰ کیلوگرم ماده‌ی معدنی از ارتفاعات متفاوت برداشت شد. پیش از برداشتن نمونه، نخست محل مورد نظر به اندازه‌ی ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر حفر شد و پس از کنار زدن لایه‌های سطحی ژیپس، نمونه از عمق ۱۰۰ سانتی متر برداشت شد. نمونه‌ها پس از خردایش و همگن‌سازی برای آزمایش‌های زیر به سه بخش تقسیم شدند:

۱) بررسی‌های کانی‌شناسی با پراش سنج پرتو ایکس (XRD)

۲) بررسی‌های ژئوشیمیایی با دستگاه پرتو ایکس فلوئورسان (XRF)

۳) آزمایشات صنعتی.

مراحل آماده‌سازی نمونه‌های معدنی برای آنالیز XRD و XRF به این صورت انجام گرفت که نخست نمونه‌ها در هاون آگاتی و با مایع استون سائیده و پودر شدند، سپس با استفاده از مرکز گریز برای جدایش بخش رس و سیلت از یکدیگر تا بخش سیلتی که بیشتر شامل کانی‌های درشت دانه (کوارتز و فلدسپات) بوده‌اند جمع‌آوری شدند. در نمونه‌های کائولینیتی شده شیخ آباد درصد رس و سیلت تقریباً برابر بودند.

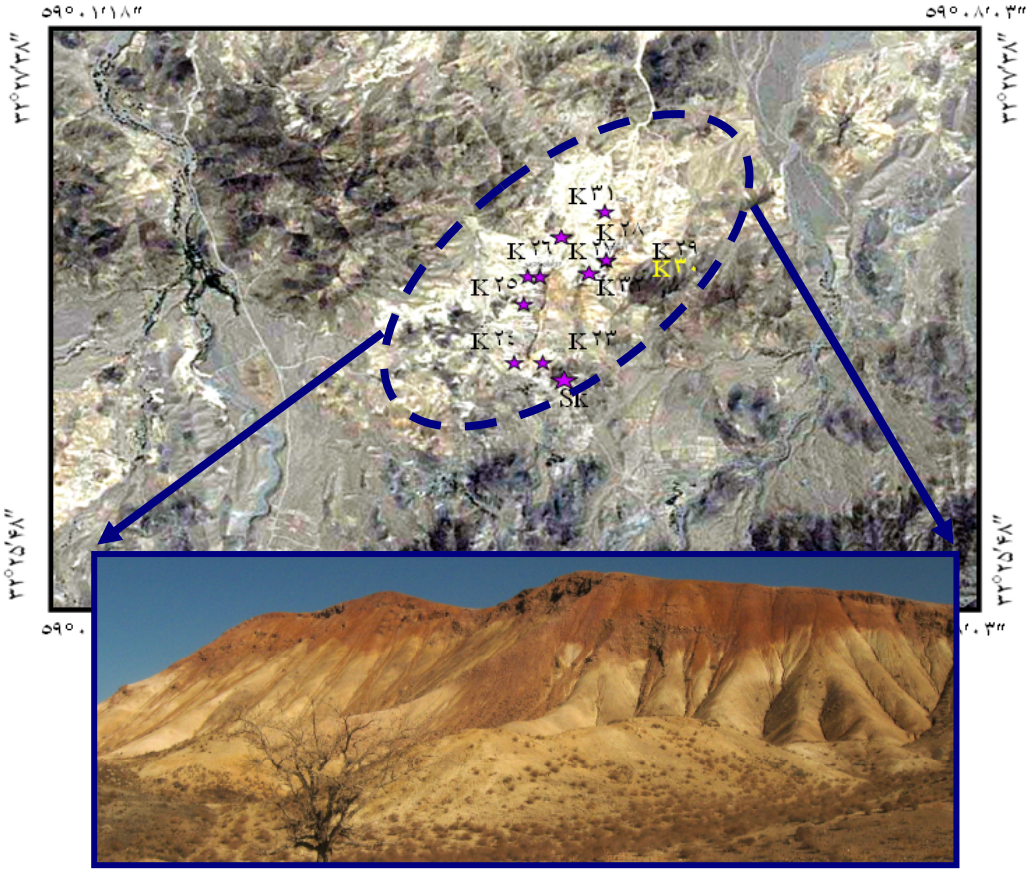
پس از عمل مرکز گریزی، بخش رسی جدا و روی تیغه‌ای قرار داده شد تا خشک شود. سپس نمونه‌ی رس تفکیک شده از سیلت برای آنالیز XRD در آزمایشگاه XRD دانشگاه علوم پایه دامغان، و نیز آنالیز XRF در آزمایشگاه XRF دانشکده‌ی علوم دانشگاه فردوسی مشهد بررسی شدند.

بحث و بررسی

بررسی‌های ماکروسکوپی کائولین شیخ آباد حاکی از وجود سیلیس بالا در نمونه‌های دستی است که گوشه‌های تیز و سطح خشنی دارند. اما در نمونه‌هایی که سیلیس پایین‌تر و آلومینای بیشتری دارند، گوشه‌ها گرد شده و سطح صابونی دارند. در مجموع میزان سیلیس کائولین‌های شیخ آباد بالاست به‌طوری که سطح خشنی را به وجود آورده‌اند.

حضور اکسیدهای رنگی آهن وتیتانیوم در نمونه‌های دستی باعث ایجاد رنگ‌های قهوه‌ای، صورتی و زرد روشن شده است. نمونه‌هایی که مقادیر کمتری از این اکسیدها را دارند، رنگ سفید تا زرد روشنی دارند.

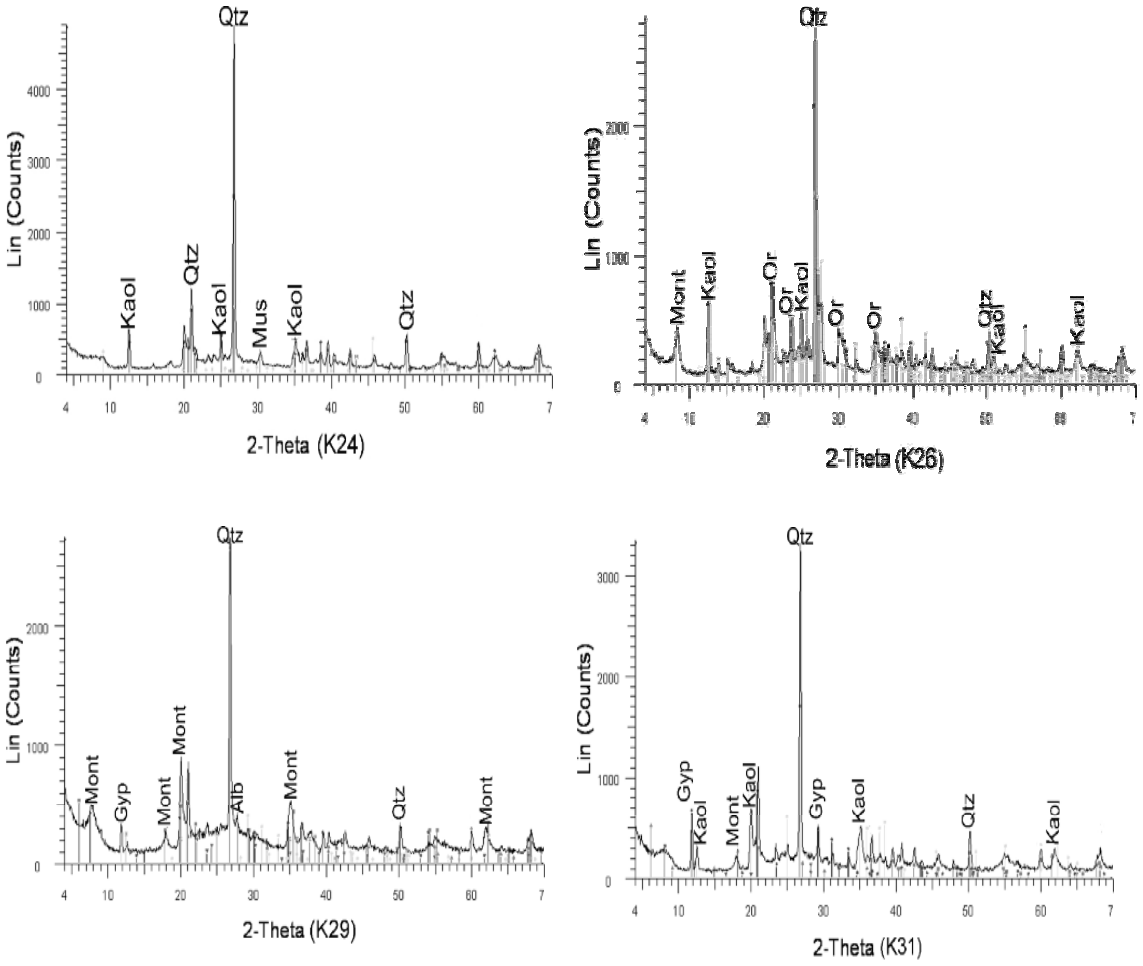
در مجموع از ۱۱ نمونه‌ی برداشت شده از پتانسیل معدنی شیخ آباد ۹ نمونه با استفاده از پرتو ایکس فلوئورسان (XRF) و ۱۰ نمونه‌ی با پراش پرتو ایکس (XRD) تجزیه شدند. جدول ۱ ترکیب کانی‌شناسی و شکل۴ چند نمودار حاصل از پرتو ایکس نمونه‌های رسی تفکیک شده از سیلت این ناحیه را نشان می-دهد که کوارتز، کائولینیت و مونت موریونیت مهمترین ترکیب کانی‌شناسی منطقه را تشکیل می‌دهند. از کانی‌های فرعی نیز می‌توان به مسکویت، آلبیت، اورتوکلاز و ژیپس اشاره کرد.



شکل ۳ تصویر ماهواره‌ای از آرژیلیک دگرسان منطقه‌ی شیخ آباد و موقعیت نمونه‌های کائولینیتی برداشت شده

جدول ۱ ترکیب کانی‌شناسی نمونه‌های برداشت شده

شماره نمونه	کانی‌های اصلی (I>۵۰۰)	کانی‌های فرعی(I<۵۰۰)
K23	کوارتز- کائولینیت- مونت موریونیت	ژیپس
K24	کوارتز-کائولینیت	مسکویت
K25	کوارتز- مونت موریونیت	-
K26	کوارتز- کائولینیت- اورتوکلاز	مونت موریونیت
K28	کوارتز- کائولینیت- مونت موریونیت	مسکویت- ژیپس
K29	کوارتز- مونت موریونیت	آلبیت- ژیپس
K30	کوارتز- مونت موریونیت	-
K31	کوارتز- کائولینیت	مونت موریونیت- ژیپس
K32	کوارتز- کائولینیت	اورتوکلاز- ژیپس، ناتروآلونیت



Qtz: کوارتز Mont: مونتموریونیت Kaol: کائولینیت Mus: مسکویت Gyp : ژیپس Alb: آلبیت Or: اورتوکلاز

شکل۴ تصاویر ۴ نمونه از قله‌های XRD کائولینیت‌های شیخ آباد.

ژئوشیمی

ترکیب شیمیایی ایداه‌آل کائولین SiO_2:46/5%، Al_2O_3: 39/5% ,H_2O:14% است، ولی همیشه ناخالصی‌هایی مانند اکسیدهای تیتانیوم، آهن، کلسیم، منیزیم و کانی‌های فلدسپات، مونت موریونیت و میکا حضور دارند[۴].

به منظور بررسی ژئوشیمی ماده‌ی معدنی از تمام بخش‌های کائولینیتی شده و از بخش‌هایی که تغییری در ترکیب آن مشاهده می‌شود، به روش خرده سنگی نمونه‌برداری شد و با روشXRF مورد بررسی شیمیایی اکسیدهای اصلی عناصر قرار گرفتند که در جدول۲ نتایج ترکیب شیمیایی کائولین‌های برداشت شده از این ناحیه نشان داده شده‌اند.

نتایج XRD برای تمامی نمونه‌ها، کانی کوارتز جزء اصلی کانی‌ها بوده که مورد تایید نتایج شیمیایی است. سیلیس حاصل از دگرسانی و انحلال کانی‌های سیلیکاتی سنگ‌های حدواسط و اسیدی، همراه با سیلیس گرمابی کوارتز فراوانی را به‌وجود آورده است که این سیلیس در تشکیل کائولینیت و مونت موریونیت شرکت داشته است.

اکسیدهای اصلی موجود در ماده‌ی معدنی بر کیفیت ماده‌ی خام و فراورده‌های سرامیکی تولید شده از آن، نقش دارد. با توجه به داده‌های آنالیز XRF نمونه‌های شیخ آباد، SiO_2 نمونه‌ها با میانگین ۶۳/۱۸ درصد نسبت به حد ایدآل (۴۶/۵ درصد) بیشتر است. افزایش اکسید سیلیسیم از حد ایدآل، موجب افزایش خشنی، دیرگدازی، مقاومت خشک و تغییر شکل هنگام پخت، کاهش مومسانی، MOR و انقباض پخت محصول می‌شود[۵].

جدول۲ ترکیب شیمیایی نمونه‌های رس پس از مرکز گری کائولینیتی شیخ آباد

Wt%	K23	K24	K25	K26
SiO2	۶۶٫۱۲	۶۴٫۹۸	۶۴٫۰۵	۶۱٫۲۵
TiO2	۰٫۹۳	۰٫۸۲	۰٫۶۶	۰٫۷۷
Al2O3	۱۹٫۰۳	۲۳٫۳	۲۱٫۶۶	۲۳٫۵۲
TFeO	۲٫۲۴	۰٫۶۹	۰٫۸۱	۰٫۴۸
MgO	۰٫۹۸	۰٫۵۶	۰٫۹۸	۰٫۶۹
CaO	۱٫۲۲	۰٫۷۱	۰٫۷۹	۲٫۲۱
Na2O	۱٫۰۵	۰٫۵۶	۰٫۳۰	۱٫۰۴
K2O	۴٫۱۹	۲٫۱۱	۴٫۵۹	۴٫۱۸
P2O5	۰٫۰۸	۰٫۲۹	۰٫۱۹	۰٫۶۰
L.O.I	۳٫۶۵	۳٫۳۸۸	۴٫۸۹	۵٫۱۱۸

ادامه جدول ۲

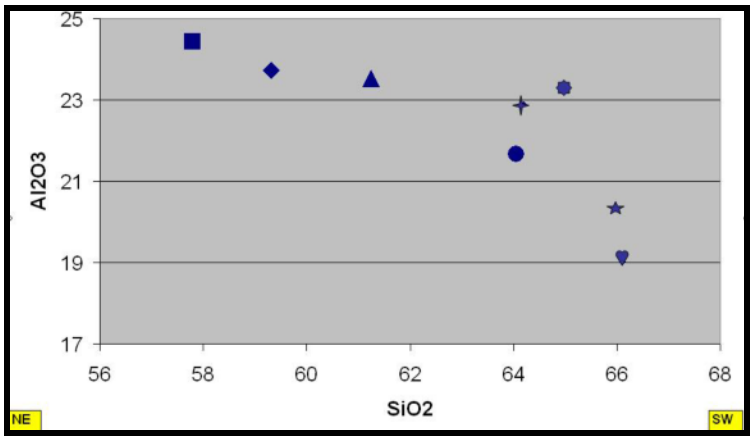
Wt%	K28	K29	K30	K31
SiO_2	۵۷٫۷۹	۶۵٫۹۹	۶۴٫۱۹	۵۹٫۳۱
TiO_2	۰٫۸۱	۰٫۹۰	۰٫۵۲	۰٫۴۳
Al_2O_3	۲۴٫۴۳	۲۰٫۳۱	۲۲٫۸۹	۲۳٫۹۲
TFeO	۰٫۵۲	۰٫۷۵	۰٫۹۷	۰٫۵۸
MgO	۱٫۱۴	۱٫۶۷	۱٫۱۰	۱٫۴۲
CaO	۵٫۹۶	۱٫۱۵	۰٫۹۲	۳٫۷۰
Na_2O	۰٫۳۳	۰٫۲۲	۰٫۶۲	۰٫۲۶
K_2O	۳٫۸۱	۴٫۱۷	۴٫۱۶	۴٫۰۶
P_2O_5	۰٫۳۱	۰٫۱۸	۰٫۲۷	۰٫۱۲
L.O.I	۷٫۹	۲٫۵۱	۳٫۸۳	۶٫۳۰

میانگین Al_2O_3 در نمونه‌ها ۲۲/۰۶ درصد است. با افزایش اکسید آلومینیوم میزان MOR، مقاومت فیزیکی و شیمیایی محصول سرامیکی در برابر ضربه‌ی گرمایی، فشاری و کششی افزایش می‌یابد [۶].

کلاهک سیلیسی در بخش فوقانی کانسار وجود دارد و این به خاطر آنست که چرخه‌های گرمابی از درون درز و شکاف‌های موجود در توده‌ی اسیدی منطقه بالا آمده و عناصر قلیایی و قلیایی خاکی را از سنگ‌ها می‌شوید. سیلیس نیز به میزان قابل توجهی از درون سنگ شسته شده و علاوه بر این خود گرماب حاوی درصد بالایی سیلیس است که نزدیک به سطح زمین با کاهش فشار و دما نهشته می‌شود و کلاهک سیلیسی را تشکیل می‌دهد. آلومینا به‌خاطر نامحلول بودن در جای خود باقی می‌ماند و کائولینیت و مونت موریونیت را ایجاد می‌کند. بنابراین با شسته شدن سیلیس، مقدار آلومینا در عمق افزایش می‌یابد. همچنین زمانی‌که از عمق به سطح می‌آییم بر درصد سیلیس افزوده می‌شود [۹].

با کامل‌تر شدن دگرسانی سنگ مادر، سیلیس بیشتری خارج شده و میزان آلومینا افزایش می‌یابد. وجود گسل‌های بسیار زیاد در منطقه گویای فعالیت‌های زمین ساختی و در نتیجه حرکت گرمابی‌هاست که در برخی قسمت‌ها همراه با اکسید آهن بوده و موجب رنگی شدن کائولینیت شده است.

شکل۵ تغییرات Al_2O_3 نسبت به SiO_2 را نشان می‌دهد. چنانکه در شکل دیده می‌شود، با افزایش درصد SiO_2 از مقدار Al_2O_3 کاسته و برعکس با افزایش Al_2O_3 از میزان SiO_2 کاسته می‌شود. علت آن این است که چرخه‌های گرمابی از درون درز و شکاف‌های موجود در توده‌ی سنگی حدواسط و اسیدی منطقه بالا آمده و عناصر قلیایی و قلیایی خاکی را از سنگ می‌شوید. سیلیس نیز به مقدار قابل توجهی از سنگ‌ها شسته شده و علاوه بر این گرمابی‌ها دارای مقادیر بالایی سیلیس‌اند که نزدیک به سطح زمین با کاهش فشار، دم و pH محلول، سیلیس نهشته می‌شود در نتیجه میزان سیلیکا افزایش و آلومینا کاهش می‌یابد.



شکل۵ تغییرات میزان آلومینا نسبت به میزان سیلیس.

افـزایش اکـسید سـدیم باعـث کـاهش چـسبندگی، افـزایش گرانروی و تغییر شکل در فراورده‌های سـرامیکی شـد، بنـابراین وجود بیش از حد آن جزء فاکتورهای مضر به شمار مـی‌رود[۴]. میانگین میزان اکسید سدیم نمونه‌هـا ۰٫۵۳ درصـد اسـت. ایـن میـزان Na_2O از تجزیـه‌ی سـدیم فلدسـپات‌هـای سـنگ‌هـای حدواسـط و اسـیدی ماننـد دیوریـت پـورفیری، مونزودیوریـت پورفیری، تراکی آندزیت و داسیت حاصل شده است. بـه دنبـال واکنش

[9] $NaAlSi_3O_8 + H_2O \rightarrow Na_{0.3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_4 + SiO_2$

اکسید سدیم از دگرسانی فلدسپات‌های سدیم آزاد شده و تشکیل مونت موریونیت را می‌دهد. مونت موریونیت تقریباً در تمامی نمونه‌های کائولن شیخ آباد شناسایی شده است. حضور و شناسایی کانی آلبیت تائیدی بر حضور اکسید سدیم در ترکیب شیمیایی این پتانسیل معدنی است.

میانگین اکسید پتاسیم نمونه‌ها ۳٫۹۰ درصد است. اکسید پتاسیم گداز آور بوده و ماده‌ای مفید در بدنه‌های سرامیکی است. میزان اکسید پتاسیم نسبت به اکسید سدیم نمونه‌های شیخ آباد بالاتر است. که این به خاطر بالا بودن میزان اکسید پتاسیم در سنگ مادر کائولینت است. مسکویت و اورتوکلاز از کانی‌های پتاسیم‌دارند که آنالیز XRD آنها را به عنوان کانی فرعی در ماده‌ی معدنی نشان داده است.

در مجموع به سمت عمق، بر مقدار اکسید پتاسیم افزوده می شود که علت آن شستشوی ثانویه با آب‌های فرورو و جوی و ته‌نشینی در عمق است. افزایش اکسیدهای قلیایی سدیم و پتاسیم به سمت عمق، فاکتور مثبتی برای استفاده آن در صنایع سرامیک است زیرا این دو اکسید، به ویژه اکسید پتاسیم که میزان آن در ماده معدنی شیخ آباد به ۵٪ نیز می‌رسد، موجب می‌شود تا عمل کلوخه شدن به خوبی صورت گیرد و جذب آب محصول تولید شده به حداقل برسد.

از نظر اکسید آهن مقـادیر میـانگین آن در نمونـه‌هـا ۰٫۸۸ درصد است. اکسیدهای آهن باعـث ایجـاد رنـگ زرد تـا قرمـز، استحکام خمشی پایین و کاهش نقطه ذوب شده و اکـسیدهای تیتـان باعـث تغییـر رنـگ، تغییـر حجـم و ایجـاد تـرک در فراورده‌های سرامیکی می‌شود[۱۰].

بر اساس بررسی‌ها سنگ‌شناسی که در این منطقه انجام گرفت، معلوم شد که اکسید آهن و اکسید تیتانیوم از دگرسانی و تجزیه کانی‌های آمفیبول، بیوتیت و مگنتیت موجود در سنگ‌های حدواسط و اسیدی تامین شده است. نتایج آنالیز XRD نمونه‌ها، هیچ کانی حاوی تیتانیوم شناسایی نکرد، ولی کانی ثانویه ژاروسیت که حاوی اکسید آهن است، وجود دارد.

حین برداشت نمونه‌های بخش جنوب غربی منطقه‌ی کائولینیتی شده، مانند نمونه‌های K23 و K24، میزان اکسیدهای آهن و تیتانیوم بالابوده است به‌طوری که نمونه‌های معدنی به رنگ‌های زرد روشن، صورتی و قهوه‌ای در آمده‌اند. با حرکت به سمت شمال و شمال شرقی منطقه، روی کائولینیت‌ها، میزان این اکسیدها بسیار کم می‌شود مثلاً نمونه-های K31 وK30 به رنگ سفید تا کمی صورتی، هم در صحرا به خوبی دیده می‌شود و هم آنالیزهای XRD این ادعا را تایید می‌کند.

کانی ژیپس در بخش‌های سطحی کائولنیت شیخ آباد به فراوانی مشاهده می‌شود. با توجه به شواهد صحرایی و آنالیز

کانی‌شناسی (XRD) درصد وجود ژیپس در نواحی شمال شرقی، پتانسیل معدنی افزایش یافته است. در این منطقه شرایط برای تشکیل ژیپس فراهم بوده، به این صورت که گرماب غنی از سولفات، واحدهای سنگی سنگ‌های آتشفشانی کم عمق را تحت تاثیر قرار داده و کلسیم از سنگ مادر کائولنیت آزاد شده و با سولفات موجود در گرمابی‌ها ترکیب و تشکیل کانی ژیپس را داده است.

کاربرد صنعتی کائولین شیخ آباد

چگونگی تعیین کاربرد مواد معدنی غیر فلزی در صنایع نیازمند یک رشته آزمایش‌هاست. این آزمایش‌ها روی کائولنیت منطقه‌ی مورد نظر انجام شد، و نتایج و ویژگی‌های شیمیایی و کانی‌شناسی نمونه‌های شیخ آباد در جدول ۳ ارائه شده‌اند. در این جدول علاوه بر نمونه‌های معدنی منطقه‌ی مورد بررسی، ویژگی‌های وابسته به یک نمونه‌ی خاک چینی کمپانی Goonvean and Rostowrack انگلستان که به منظور تهیه-ی چینی استفاده می‌شود، مقایسه شدند. از نظر اکسیدهای اصلی موجود در ترکیب شیمیایی، نمونه‌های شیخ آباد نسبت به نمونه‌ی انگلستان دارای مقادیر بسیار بالایی SiO_2 و مقادیر کمی Al_2O_3 است.

جدول۳ ترکیب شیمیایی، کانی شناسی و ویژگی‌های صنعتی کائولین شیخ آباد بیرجند وکائولین گوون وین انگلستان.

Properties	Physical & Chemical Propertion	A	B	GR
CHEMICAL ANALYSIS (%)	SiO_2	۶۲٫۲۷	۶۴٫۱	۴۸٫۷۰
	Al_2O_3	۲۲٫۲۱	۲۲٫۱۷	۳۵٫۶
	Fe_2O_3	۰٫۷۰	۱٫۰۵	۰٫۶۵
	TiO_2	۰٫۶۶	۰٫۷۹	۰٫۰۲
	CaO	۲٫۹۳	۱٫۲۳	۰٫۱۴
	MgO	۱٫۳۳	۰٫۸۰	۰٫۳۶
	K_2O	۴٫۰۵	۳٫۷۶	۲٫۹
	Na_2O	۰٫۳۵	۰٫۷۳	۰٫۱۰
	LOI	۵٫۱۰	۴٫۲۵	۱۱٫۴۰
MINERALOGICAL COMPOSITION (%)	Kaolinite	×	×	*
	Montmorillonite	×	×	n.d
	Feldespar	×	×	×
	Quartz	×	×	n.d
	Mica	×	×	×
	Gypsum	×	×	n.d
MOR (Kgf/cm^2)	Green (dried at 110°C)	۴۹٫۰۰	۵۶٫۱۰	۳۲٫۰۰
Contraction	Green (dried at 110°C)	۱۵٫۶۰	۱۱٫۶۰	n.d
	At 1200°C	Bloating	Bloating	۱۱٫۲۵
WATER ABSORBTION	At 1200°C	۰٫۰۰	۰٫۰۰	n.d
pH	At	۵٫۵۰	۵٫۸۰	n.d
COLOR TEST GREEN	Brightness	۸۱٫۴۰	۷۲٫۸۰	n.d
	Yellowness	۹٫۲۰	۱۵٫۶۰	n.d
COLOR TEST FIRED AT 1200°C	Brightness	۴۸٫۷۰	۲۶٫۲۰	۸۰٫۰۰
	Yellowness	۲۹٫۶۰	۴۴٫۸۰	n.d

× نشانگر وجود کانی مورد نظر در ماده معدنی

GR- Goonvean and Rostowrack chinaclay sample
A and B- Shaykh Abad Kaolin Sampls

مجموعه اکسیدهای آهن و تیتانیوم ماده‌ی معدنی مورد نظر بیشتر و اکسیدهای قلیایی به ویژه اکسید پتاسیم و اکسید سدیم نمونه‌های شیخ آباد بیشتر از نمونه‌ی انگلیسی بوده است. البته درصد بالای اکسید سدیم نمونه‌های شیخ آباد موجب تغییر شکل فراورده‌های سرامیکی می‌شود بنابراین کاربرد آن را در ظرف‌های چینی خانگی و چینی بهداشتی، محدود می‌کند.

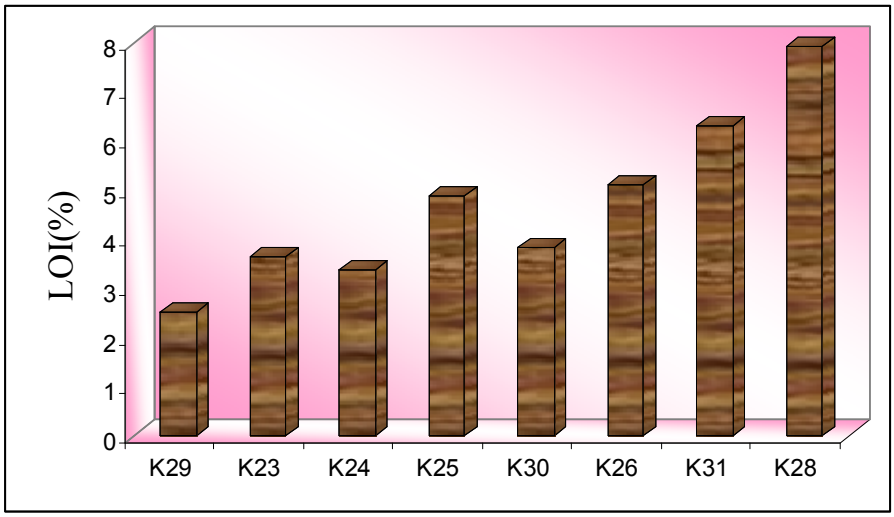
درصد مواد فرار (LOI) در نمونه‌های شیخ آباد پایین است. کمترین LOI مربوط به نمونه‌ی K29 و بیشترین آن مربوط به نمونه‌ی K28 وابسته و میانگین آن ۴٫۶۹ درصد است (شکل۶). جهت اندازه‌گیری پرت گرمایی (LOI)، مقداری از نمونه را وزن کرده و سپس آن را در بوته‌ی چینی ریخته و به مدت یک ساعت در کوره‌ی با دمای $1100^{o}C$ قرار دادیم. در این دما، کائولین آب ساختاری و گازهای دیگر خود را از دست می‌دهد. سپس نمونه‌ها دوباره وزن شدند تفاوت دو وزن، و درصد LOI محاسبه شد.

بالا بودن میزان LOI باعث ایجاد تخلخل در فراورده‌ی سرامیکی می‌شود[۶]. مقادیر LOI در نمونه‌ها، به دگرسانی سنگ مادر وابسته است. لازم به یادآوری است که در نمونه‌های شیخ آباد مقدار SO_3 (که بین ۱٫۵ تا ۲٫۵ درصد در تغییر است) بالا بوده است که در مقادیر LOI بی تاثیر نیست. با توجه به نمودار شکل ۶ و میزان LOI در کائولین مرغوب که برابر با ۱۱ تا ۱۲ درصد است، می‌توان گفت که درصد LOI کائولنیت منطقه‌ی شیخ آباد به سمت عمق زیاد شده و در نتیجه کیفیت ماده‌ی معدنی کائولن بهتر می‌شود.

ژیپس درون واحدهای کائولینیتی شده و واحدهای سنگی پیرامون آن که به شدت دگرسان شده‌اند، به فراوان دیده می‌شوند. ضخامت لایه‌ی ژیپسی، در راستای این واحد، در بخش شمال شرقی نسبت به جنوب غربی بیشتر است. میانگین ضخامت ژیپس در جنوب غربی ۱۵ تا ۲۰ سانتی متر است و به سمت شمال شرقی ضخامت لایه‌ی ژیپس به کمتر از ۵ سانتی متر می‌رسد. در مجموع به سمت عمق از فراوانی و ضخامت این لایه کاسته می‌شود که این نشان می‌دهد ژیپس به صورت ثانویه در این واحد زمین‌شناسی شکل گرفته است.

حضور ژیپس در ماده‌ی معدنی شیخ آباد، باعث ایجاد چسبندگی بالا و ترکیدن محصولات سرامیکی می‌شوند. بنابراین یک کانی مزاحم درکاربرد صنعتی محسوب می‌شود و باید از ماده‌ی معدنی حذف شود.

نمونه‌های معدنی شیخ آباد از نظر ویژگی‌های صنعتی مانند استحکام خمشی خشک، مقادیر بالاتری را نسبت به نمونه انگلستان نشان می‌دهند. نمونه‌های مورد بررسی در $1100\ ^{o}C$، دارای انقباض پخت خوبی است، ولی در دماهای بالاتر موجب پف کردن آن‌ها می‌شود که علت آن حضور فراوان ژیپس است. ویژگی‌های صنعتی دیگر خاک رس کائولینیتی شده‌ی شیخ آباد عبارتند از MOR خام با مقادیر ۴۹ تا ۵۶٫۱ کیلوگرم نیرو بر سانتی متر مربع، پرت گرمایی پایین با میانگین ۴٫۶۹ درصد، رنگ پخت سفید تا زرد روشن و صفر بودن میزان درصد جذب آب که بدون فرآوری می‌تواند به منظور تولید کاشی کف مورد استفاده قرار گیرد، ولی چنانکه فرآوری‌های مناسبی روی کائولین شیخ آباد صورت گیرد، در صنعت کاشی بدنه و چینی بهداشتی نیز کاربرد خواهد داشت.



شکل۶ مقادیر LOI به نمونه‌های شیخ آباد.

برداشت

کانی‌سازی خاک صنعتی کائولینیتی شیخ آباد در اثر دگرسانی محلول های گرمابی بر سنگ‌های مادر اسیدی - قلیایی سینیت تشکیل شده است. کانی‌های کوارتز، کائولینیت، مونت موریونیت، مسکویت، آلبیت، اورتوکلاز و ژیپس ترکیب کانی‌شناسی ماده‌ی معدنی مورد بررسی را تشکیل می‌دهد. بررسی ترکیب شیمیایی ماده‌ی معدنی کائولینیتی شیخ آباد نشان می‌دهد که دارای اکسید سیلیسیم بالا با میانگین ۶۳٫۱۸ درصد و اکسید آلومینیوم پایین با میانگین ۲۲٫۰۶ درصد است. بنابراین فراورده‌های سرامیکی این ماده‌ی معدنی زبری بالایی دارند. MOR خام کائولینیت شیخ آباد ۴۹ تا ۵۶ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است. مقدار بالای MOR به‌علت حضور کائولین و مونت موریونیت فراوان بوده که وجود این کانی‌ها موجب افزایش مومسانی ماده‌ی معدنی شده است. مومسانی بالای نمونه‌های شیخ آباد باعث شده تا اندازه‌گیری MOR در حالت پخت را ناممکن سازد. این موضوع موجب ایجاد محدودیت بیشتری در کاربرد کائولینیت این ذخیره‌ی معدنی در بخش تولید ظروف چینی شد، ولی در صنعت کاشی مناسب و قابل استفاده است.

با توجه به‌وجود مقادیر قابل توجهی از اکسیدهای سدیم و پتاسیم در ماده‌ی معدنی و افزایش آن‌ها به سمت عمق، وجود اکسیدهای آهن و تیتان و ایجاد رنگ کرم تا قهوه‌ای پس از پخت فراورده‌های سرامیکی تولید شده، جذب آب بسیار کم (در حد صفر)، و بالاخره نبود کانی کلسیت در نمونه‌های کائولین شیخ آباد که موجب کاهش تخلخل فراورده‌های سرامیکی می‌شود. کائولین شیخ آباد به‌صورت خام برای تولید کاشی کف مناسب است، ولی برای استفاده به‌عنوان پر کننده در صنایع کاغذسازی و ماده‌ی اولیه در تولید ظروف چینی و بهداشتی نیاز به فرآوری دارد.

قدردانی

این پژوهش بدون مساعدت‌های جناب آقای مهندس زیارت نیا، آقای مهندس عبادی و سرکار خانم مهندس مرادی از شرکت کائولین خراسان مقدور نمی‌شد. صمیمانه از عنایات این عزیزان تشکر و قدردانی می‌گردد.

مراجع

[1] Longstafte F. J., *"Short couse in clays and resource geologist: Mine"*. Ass. Of Canada, 1981, pp: 199.

[2] Velde B., *"The origin of clay minerals in soils and weathered rocks, Springer – Verlag Heidelberg"*, 2008, pp:385.

[۳] *"نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مختاران"*، ۱۹۷۸، انتشارات سازمان زمین شناسی ایران

[4] Deer Howie, Zussman, *"An Introduction to rock forming minerals, Longman"*, 1983, pp: 528.

[5] Hughes J.C, Bester H.C., Calder I.M.S., *"Some mineralogical, physical properties and chemical characteriecs of some south African commercial ceramic clays"*, 2006, pp:606.

[۶] رحیمی ا.، متین م.، *"تکنولوژی سرامیک‌های ظریف"*، شرکت صنایع خاک چینی ایران، ۱۳۶۸، ۵۷۴ صفحه.

[۷] سایت اطلس راههای ایران: (http://www.iranview.com).

[۸] ذبیحی ر، *"کانی‌شناسی – مطالعه و بررسی زمین شناسی، کانی شناسی و ژئوشیمیایی کوه شاه (شیخ آباد)"*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۹.

[۹] کریم پور م.ح.، سعادت س.، *"زمین شناسی اقتصادی کابردی"*، چاپ دوم، انتشارات ارسلان، ۱۳۸۴، ۵۳۶ صفحه.

[10] Benea M., Gorea M., *"Mineralogy and Technological properties of some kaolin types used in ceramic industry"*, New York, 2004, pp:255.