Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Vol.8, No.2, Autumn 1379/2000

# Zonous Kaolinite bearing clay, an Investigation on its physical-Chemical properties and Industrial applications.

**Ebrahimi, K.**

*Geology Department, Ferdowsi university of Mashhad.*

**Keywords:** *Hydrothermal Alteration. Moudle of Rupture (MOR), Methylene Blue Index (MBI), Cation Exchange Capacity (CEC)*

**Abstract:** Zonous Kaolinite bearing clay deposit is made by hydrothermal alteration of volcanic rocks mainaly of andesite and dacite. Kaolinite, quartz and calcite are the main mineral compositions. As quartz in the volcanic rocks is cryptocrystalline, it is too dificult to seperate it from kaolinite. The physical properties and chemical composition of Zonous ceramic grade kaolinite bearing clay are directly related to its nature and geological formation.

The percentage of $SiO_2$ in Zonous clay is higher but the amount of $Al_2O_3$ is lower than Diamond kaolinte. For this reason the ceramic products of zonous clays have lower resistance to thermal shocks and module of rupture. High roughness, low plsticity and possible greater deformation during firing (Production of Ceramics) are other reasons for limiting the use of Zonous ceramic grade clays. The percentage of calcium oxide (CaO) in Zonous clay is higer in comparison with Diamond Kaolin but potasium oxide ($K_2O$) which plays as a flux in ceramic products is lower in zonous. The high pereentage of CaO which has a high melting point can raise the viscosity as a result lead to Crack in ceramic products. Finally with these colour properties, the Zonous ceramic grade kaolinite bearing clays, can be used as a filler in paper, paint and rubber industries.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04 ]

مجلهٔ بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال هشتم، شمارهٔ دو، پائیز و زمستان ۱۳۷۹ از صفحهٔ ۱۳۷ تا ۱۵۰

کاربردی

# رس کائولینیتی زنوز، نگرشی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و کاربردهای صنعتی

**خسرو ابراهیمی**

*گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد*

**چکیده:** کانسار رس کائولینیتی زنوز در اثر دگرسانی گرمابی سنگهای آتشفشانی عمدتاً با ترکیب آندزیتی و داسیتی به وجود آمده است. کائولینیت، کوارتز و کلسیت مهمترین ترکیب کانی‌شناسی مادهٔ معدنی است. کوارتز با توجه به سنگ منشاء مادهٔ معدنی آتشفشانی، به‌صورت نهان بلورین است، و از این جهت فراوری و جداسازی آن از کائولن به سادگی امکان‌پذیر نیست. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مادهٔ معدنی زنوز ارتباط مستقیمی به سرشت و نحوه پیدایش آن دارد. ترکیب شیمیایی کائولن فراوری شدهٔ زنوز در مقایسه با کائولن دیاموند انگلستان، که از کیفیت بسیار مطلوبی برای تولید انواع محصولات سرامیکی برخوردار است، دارای درصد اکسید سیلیسیم بیشتر و اکسید آلومینیم کمتری است. از این جهت فراورده‌های سرامیکی تولید شده از مادهٔ معدنی زنوز دارای مقاومت کمتری در مقابل شوکهای گرمایی و تحمّل خمیدگی است. زبری بالا، مومسانی کم و امکان تغییر شکل بیشتر به هنگام پخت از دیگر محدودیت‌های فراورده‌های رسی کائولن‌دار زنوز است. درصد اکسید کلسیم مادهٔ معدنی زنوز در مقایسه با کائولن دیاموند، بیشتر و اکسید پتاسیم، که نقش گدازآوری را در محصولات سرامیکی ایفا می‌نماید، پائین‌تر است. بالا بودن اکسید کلسیم که دارای نقطهٔ ذوب بالایی است سبب افزایش چسبندگی و در نتیجه باعث ترک خوردگی محصولات سرامیکی می‌شود. کمبود اکسید پتاسیم فراورده‌های رسی کائولینیتی زنوز در مقایسه با کائولن دیاموند، افزایش تغییر شکل محصولات سرامیکی تولید شده از آن را در پی خواهد داشت. بالاخره با توجه به ویژگیهای رنگی خاک رس کائولینیتی زنوز، در صنعت از این مادهٔ معدنی به عنوان پرکننده (Filler) در صنایع کاغذ، رنگ، پلاستیک و لاستیک امکان استفاده می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** دگرسانی گرمابی، مقاومت از هم گسیختگی (MOR)، شاخص متیلن آبی (MBI) قابلیت تعادل کاتیونی (CEC).

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04 ]

## مقدمه

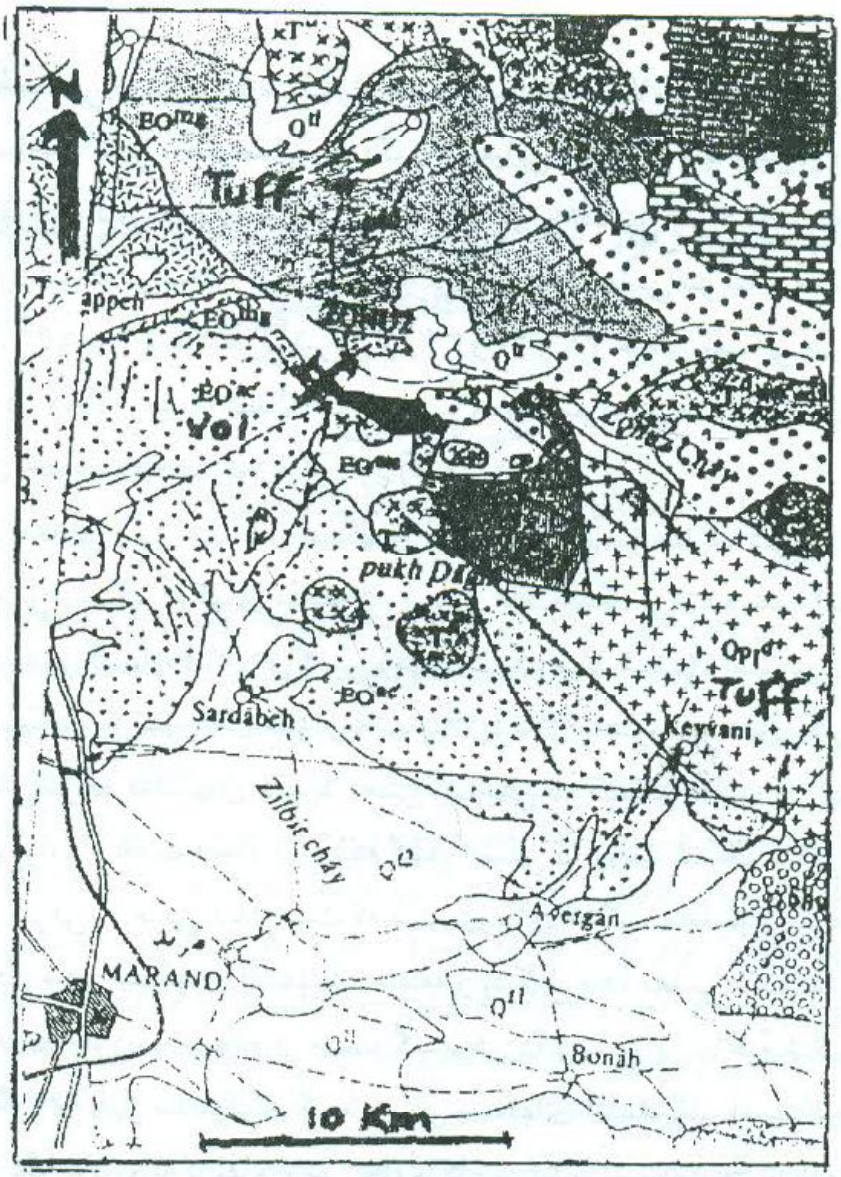
مواد اولیهٔ معدنی مهمترین عامل کنترل کننده کیفیت محصولات صنعتی است که مطالعه دقیق و شناخت کامل خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و صنعتی آنها پیش از ورود به خط تولید مرغوبیت فراورده‌های سرامیکی و متالورژی را تضمین خواهد کرد. معدن رس کائولن‌دار زنوز که در مجاورت آن کارخانهٔ فراوری مادهٔ معدنی نیز ساخته شده است، با مختصات "۱۵، ۴۸ و °۴۵ طول شرقی و "۳۴ و۳۳ و °۳۸ عرض شمالی در آذربایجان شرقی و در ۸۸ کیلومتری شمال غرب تبریز، ۱۸ کیلومتری شمال شرق مرند و ۴ کیلومتری جنوب دهکدهٔ زنوز قرار دارد (شکل ۱).

منطقهٔ معدنی زنوز عمدتاً از سنگهای آتشفشانی هم‌سن سازند کرج و تشکیلات رسوبی از نوع سنگ آهکهای متخلخل، شیل و ماسه‌سنگ پوشیده شده است. در این منطقه بیشتر گدازه‌های تراکیتی (بشدت دگرسان شده)، آندزیتی و آذرآوری (پیروکلاستیک) با بلورهای خودریخت پلاژیوکلاز و هورنبلندهای دگرسان شده مشاهده می‌شوند. فعالیتهای شدید زمین ساختی در منطقه علاوه بر ایجاد درز و شکافهای فراوان، باعث ایجاد دو رشته گسل اصلی با روند شمال غربی - جنوب شرقی، و شرقی - غربی شده است که مسیری برای حرکت محلولهای گرمابی و تأثیر بیشتر بر دگرسانی سنگهای آتشفشانی منطقه و تشکیل مادهٔ معدنی شده‌اند [۱].

شواهد موجود در منطقه از جمله گسترش دگرسانی در ناحیهٔ شکستگی‌ها و گسل‌ها، گویای تأثیر محلولهای گرمابی بر سنگهای آتشفشانی است که در نتیجهٔ فلدسپاتها دگرسان، و به کانیهای رسی حاوی کائولن تبدیل شده‌اند. در اثر این دگرسانی، کانیهای آهن‌دار نیز به هماتیت و لیمونیت تغییر یافته‌اند.

ذخیره معدنی زنوز به شکل یک عدسی ناقص در امتداد شرقی- غربی و به طول نزدیک به ۷۰۰ متر است. کیفیت مادهٔ معدنی در جهات مختلف کانسار و نیز از سطح به عمق متغیر است مخصوصاً در نواحی گسل سهولت بیشتر جریان محلولهای گرمابی و دگرسانی شدیدتر به کیفیت مادهٔ معدنی در این نواحی افزوده است. از طرفی وجود اکسیدهای آهن در نواحی سطحی و پیریت در ژرفا باعث کاهش کیفیت مادهٔ معدنی شده و سیلیس آزاد و نهان بلورین موجود در زمینهٔ مادهٔ معدنی نیز به سختی آن افزوده است که باعث کاهش مومسانی و مقاومت خاک رس کائولینیتی زنوز شده است.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04 ]




**شکل ۱** موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی کانسار زنوز.

کانیهایی مانند کلسیت و به مقدار خیلی کم دولومیت نیز به همراه مادهٔ معدنی زنوز دیده شده‌اند.

کانی‌شناسی، ژئوشیمی و حتی توناژ (ذخیره قطعی کانسار با اختلاف فاحش ۱/۶ میلیون تن، ۲۳ میلیون تن و حتی ۵۰ میلیون تن گزارش شده است) مادهٔ معدنی زنوز را محققین مختلف مورد توجه قرار داده‌اند، اما نتایج انتشار یافته کاملاً متفاوت است. در گزارشی به نقل از پروانه (۱۳۷۳) [۱]، تجزیه کانی‌شناسی (XRD) سه نمونه از

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04 ]

**جدول ۱** نتایج کانی‌شناسی ماده معدنی زنوز (اقتباس از [۱]).

| کانی‌شناسی | نمونه الف(٪ وزنی) | نمونه ب(٪ وزنی) | نمونه ج(٪ وزنی) |
|---|---|---|---|
| کائولینیت | ۳۵ | ۳۷ | ۳۳ |
| کوارتز | ۳۹ | ۴۳ | ۴۳ |
| آلونیت | ۵ | ۴ | ۱ |

مادهٔ معدنی زنوز ارائه شده است (جدول ۱).

در حالیکه در ترکیب کانی‌شناسی ارائه شده توسط ارزانی (۱۳۷۳) به نقل از [۱] ، درصد وزنی کائولینیت ۳۷/۸۹ درصد، کوارتز ۵۳/۲۲ درصد، ایلیت ۵/۳ درصد و مونت موریونیت ۳/۵ درصد گزارش شده است که اختلاف فاحشی با گزارش عباسعلی پروانه به ویژه در مورد درصد کوارتز نشان می‌دهد. اما به‌طور کلی ترکیب کانی‌شناسی اصلی مادهٔ معدنی زنوز، کوارتز، کانی‌های رسی (کائولینیت) و بیوتیت و سازنده‌های فرعی آن، هالویزیت، اسمکتیت، ایلیت، کلسیت، لیمیونیت و پسیلوملان نیز گزارش شده است [۱]. در گزارش دیگر میانگین تجزیه شیمیایی ۵۴ نمونهٔ سنگ معدن برداشت شده از ذخیرهٔ معدنی زنوز به شرح زیر انتشار یافته است (اقتباس از ذخایر شناخته شدهٔ کائولن در ایران ترجمه عباسعلی پروانه به نقل از [۱].

$SiO_2$=۶۹/۴۵٪ ، $(Al_2O_3 + TiO_2)$=۱۷/۶۴٪ ، $Fe_2O_3$=۰/۷۸٪ ،

$MgO$=۰/۵۳٪ ، $CaO$=۲/۵۷٪ ، $SO_3$=۰/۶۲ ، LOI=۷/۲۷

لازم به یادآوری است که گزارش مجموع $(Al_2O_3+TiO_2)$ با توجه به تأثیر کاملاً متفاوت این اکسیدها در فراورده‌های سرامیکی صحیح نیست.

## روش کار

نتایج مطالعات قبلی کانی‌شناسی، ژئوشیمی، آزمونهای صنعتی و حتی براورد توناژ ذخیرهٔ معدنی زنوز تصویری روشن و دقیق از کیفیت و کمّیت مادهٔ معدنی در اختیار صنایع سرامیک استفاده کننده قرار نمی‌دهد تا بتوانند با توجه به خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و صنعتی مادهٔ معدنی، ترکیب، و فرمولبندی بدنه و لعاب خود را طراحی و فراورده‌های سرامیکی را تولید کنند، از طرف دیگر ضرورت جایگزینی مادهٔ معدنی

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04 ]

زنوز به عنوان تنها کانسار خاک رس کائولینیتی ایران که امکانات فراوری آن در مجاورت معدن پیش‌بینی شده است، به‌جای کائولن‌های گران قیمت وارداتی، مثل کائولن دیاموند انگلستان، کاملاً مشهود است. ازاین‌رو به منظور شناخت قطعی کانی‌شناسی، ژئوشیمی و خصوصیات صنعتی مادهٔ معدنی زنوز به همت بزرگترین واحد تولیدی سرامیک ایران (چینی مقصود)، از هر یک از فراورده‌های معدنی زنوز یک تن به عنوان نمونه برداشت شد. نمونه‌ها به ترتیب با علائم ZK (سنگ معدن فراوری نشدهٔ زنوز معروف به زنوز کلوخه‌ای)، ZM (مادهٔ معدنی زنوز پس از فراوری به روش خشک معروف به زنوز میکرونیزه)، و ZR (مادهٔ معدنی زنوز پس از انجام فراوری به روش تر معروف به زنوز رشته‌ای) مشخص شدند. آنالیزهای کانی‌شناسی، ژئوشیمی و آزمونهای صنعتی نمونه‌ها با همکاری گروه پژوهشی در کارخانه‌های سازندهٔ ماشین‌آلات سرامیک Dorst آلمان و شرکتهای تهیه و تولید مواد اولیه سرامیک ECC (English China clay) و GR (Goonvean & Rostowrack) انگلستان انجام و با نتایج آنالیزهای کائولن دیاموند انگلستان مقایسه کردیم که بر اساس آن فورمولبندی بدنه و لعاب چینی مقصود طراحی شد. برای این منظور نمونه‌ها پس از انجام مراحل خردایش با آسیاب گلوله‌ای به مدت ۱۰ ساعت، تبدیل به دوغاب شد و سپس به منظور اختلاط بیشتر و افزایش چسبنده‌های لازم (Binder) وارد هم زن با چرخش پروانه ۱۵۰ تا ۳۰۰ دور در دقیقه شد. مادهٔ معدنی که دراین مرحله کاملاً همگن و یکنواخت شده بود، با استفاده از صافی تحت فشار آب گیری شد. سپس برای دانه بندی شدن آن را در یک خشک کنندهٔ افشانه‌ای قرار داده شد. محصول دانه‌بندی شده در یک دستگاه پرس ایزواستاتیک به صورت ظروف چینی در آمدند و در آخر پخته شدند.

## بحث و برداشت

### الف) کانی‌شناسی و ژئوشیمی

ترکیب کانی‌شناسی و شیمی انواع نمونه‌های همگن شدهٔ مادهٔ معدنی زنوز که با روش‌های XRD و XRF مورد بررسی قرار گرفتند و مقایسه آنها با نتایج آنالیز انواع کائولن دیاموند انگلستان در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده‌اند.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04 ]

جدول ۲ مقایسهٔ نتایج کانی‌شناسی مواد معدنی حاوی کائولن زنوز و کائولن دیاموند انگلستان

| | Minerlogy | Zonous Kaoline | Diamond Clay |
|---|---|---|---|
| | Kaolinite | 35.2 | 84 |
| | Mica | - | 10 |
| Mineralogical | Feldspar | - | 4 |
| Composition | Quartz | 59.5 | - |
| % | Calcite | 3 | - |
| | *other phyllosilicates* | 2 | 2 |
| | impurities | 0.3 | - |

جدول ۳ مقایسهٔ نتایج ترکیب شیمیایی مواد معدنی حاوی کائولن زنوز و کائولن دیاموند انگلستان

| Oxides | ZK | ZM | ZR | DR | DP | DTW |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 74.81 | 70.05 | 61.41 | 48.9 | 48.7 | 48.6 |
| $Al_2O_3$ | 16.02 | 18.44 | 26.77 | 35.4 | 35.6 | 35.7 |
| $Fe_2O_3$ | 0.28 | 0.32 | 0.30 | 0.55 | 0.65 | 0.75 |
| $TiO_2$ | <0.05 | <0.05 | <0.05 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| CaO | 0.51 | 1.45 | 0.56 | 0.16 | 0.14 | 0.12 |
| MgO | 0.31 | 0.15 | 0.08 | 0.37 | 0.36 | 0.32 |
| $K_2O$ | 0.12 | 0.14 | 0.09 | 3.1 | 2.9 | 2.8 |
| $Na_2O$ | 0.14 | <0.05 | <0.05 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| LOI | 6.25 | 8.17 | 10.29 | 11.30 | 11.40 | 11.50 |

(DR= Diamound Royale, Dp= Diamound porcelain, DTW= Diamound Tableware)

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04 ]

ترکیب شیمیایی نظری کائولن $Al_4 [Si_4O_{10}] (OH)_8$ مشتمل بر ۳۹/۵ درصد اکسید آلومینیم، ۴۶/۵ درصد اکسید سیلسیم و ۱۴ درصد آب است. اما همیشه مقادیری ناخالصی که عمدتاً از اکسیدهای پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم، آهن و تیتانیوم هستند در ترکیب شیمیایی کائولن وجود دارند.

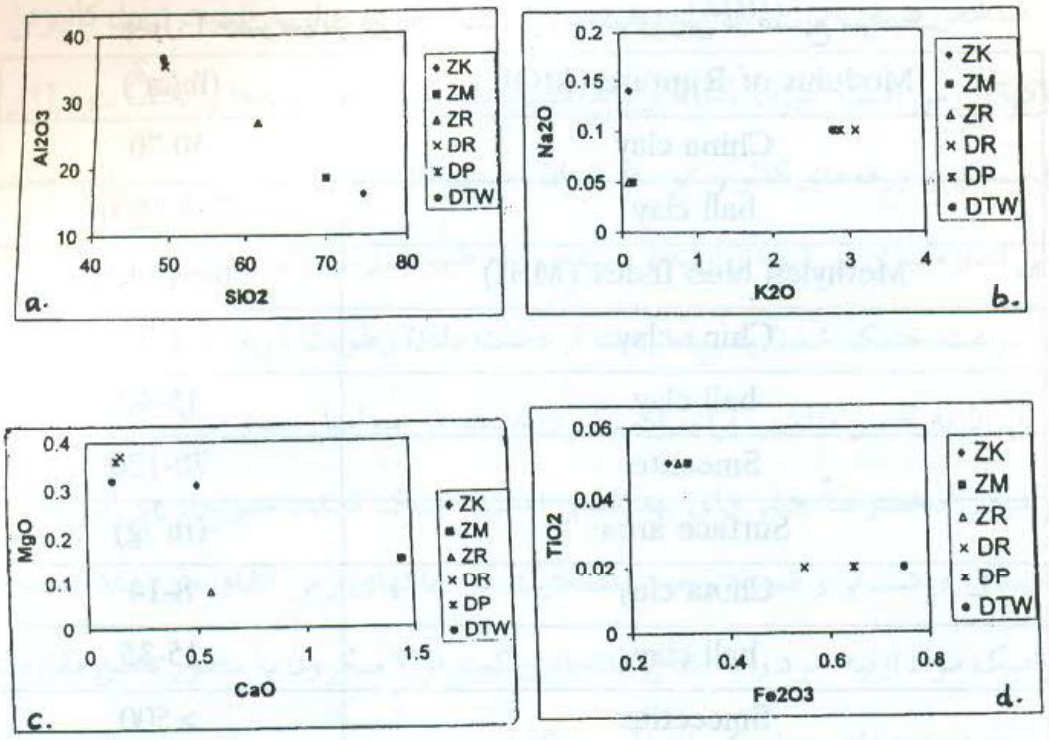
نقش اکسید آلومینیم در ترکیب شیمیایی کائولن موجب افزایش مقاومت سرامیک‌های تولید شده از آن در مقابل شوکهای گرمایی، فشاری، کششی و..... می‌شود. اکسید سیلسیم پیوند مستحکمی بین ذرات کائولینیت در بدنه‌های سرامیکی ایجاد می‌کند و نیز درخشندگی و شفافیت آن را افزایش می‌دهد. کائولن فراوری شدهٔ زنوز ایران در مقایسه با کائولن دیاموند حاوی مقادیر کمتری $Al_2O_3$ است که این کاهش ارتباط مستقیمی با افزایش درصد سیلیس ($SiO_2$) موجود در مادهٔ معدنی زنوز دارد (جدول ۳ و شکل ۲a)

میزان اکسید پتاسیم ($K_2O$) به عنوان ماده‌ای مفید و گدازآر (Flux) در ترکیب شیمیایی رس کائولینیتی زنوز در مقایسه با کائولن دیاموند انگلستان کمتر است، ولی درصد اکسید سدیم ($Na_2O$) که باعث افزایش روانی یا گرانروی و درنتیجه تغییر شکل محصولات سرامیکی می‌شود. در نمونه‌های فراوری نشدهٔ زنوز ایران بیشتر و در نمونه‌های فراوری شدهٔ زنوز کمتر از اکسید سدیم موجود در کائولن دیاموند انگلستان است. (جدول ۳ و شکل ۲b).

وجود عناصر آلکالن خاکی (MgO,CaO) در کائولن باعث ترکیدن فراورده‌های سرامیکی تولید شده از آن می‌شود. درصد اکسید کلسیم در مادهٔ معدنی زنوز که از دگرسانی عمدتاً پلاژیوکلازهای سنگ مادر منشاء گرفته است در مقایسه با کائولن دیاموند بیشتر و اکسید منیزیم در نمونه‌های زنوز کلوخه‌ای و دیاموند تقریباً برابر است که مقدار آن در نمونه‌های فراوری شده زنوز کاهش می‌یابد (جدول ۳ و شکل ۲c).

اکسیدهای آهن و تیتانیوم، ترکیباتی رنگین و مزاحم در تولید فراورده‌های سرامیکی هستند. مواد معدنی زنوز ایران در مقایسه با کائولن دیاموند انگلستان به ترتیب دارای درصد اکسید تیتانیم بیشتر و اکسید آهن کمتری است ولی به هرحال این تغییرات گستره بسیار نزدیکی را نشان می‌دهد (جدول ۳ و شکل ۲d).

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04 ]




شکل ۲ تغییرات ترکیبهای شیمیایی موجود در نمونه‌های رس کائولینیتی زنوز ایران و کائولن دیاموندانگلستان.

## ب) آزمونهای فیزیکی و صنعتی

خواص فیزیکی و صنعتی کائولن از مهمترین عوامل مورد توجه تولید کنندگان سرامیک است. این خصوصیات شامل مومسانی، مقاومت، توزیع اندازهٔ ذرات، قابلیت تبادل کاتیونی، گستردگی سطح، و سرعت خشک شدن است. تمامی این خصوصیات ارتباط نزدیکی به کانی‌شناسی و ترکیب شیمیایی مادهٔ معدنی دارد. رنگ پس از پخت مواد اولیهٔ سرامیکی از اهمیت بالایی برخوردار است. این خاصیت عمدتاً توسط میزان اکسیدهای آهن و تیتانیوم موجود درخاکهای رس کنترل می‌شوند. کائولن به همراه مواد معدنی دیگری چون پتاسیم فلدسپات و کوارتز آسیاب و مخلوط می‌شود تا به‌عنوان مادهٔ اولیه صنایع سرامیک مورد استفاده قرار گیرد. در صنایع سرامیک (چینی - کاشی) اصولاً کائولن بایستی دارای خاصیت مومسانی بالا و رنگ پخت مناسبی باشد. کاهش میزان اکسیدهای آهن و تیتانیوم در مواد اولیهٔ معدنی، سفیدی و شفافیت رنگ فراورده‌های سرامیکی را تضمین می‌کند. جدول شماره ۴ گسترهٔ استاندارد و ایده‌آل

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04 ]

جدول ۴ خصوصیات فیزیکی استاندارد خاکهای رس در صنایع سرامیک

| Modulus of Rupture (MOR) | ($lb/in^2$) |
|---|---|
| China clay | 50-70 |
| ball clay | 700-1500 |
| Methylen blue Index (MBI) | (meq/100g) |
| China clay | 2-9 |
| ball clay | 15-40 |
| Smectite | 70-120 |
| Surface area | ($m^2/g$) |
| China clay | 8-14 |
| ball clay | 15-35 |
| Smecetite | >500 |
| Particle size distribution | (%<2u) |
| china clay | 30-70 |
| ball clay | 70-95 |

(Pool and Kelk, 1971; Ryan and Radford 1987; Inglethrope et al 1993)

خصوصیات فیزیکی خاکهای رس را در صنایع سرامیک نشان می‌دهد [۳ و ۵ و ۶].

مقاومت خاکهای رس در مقابل از هم گسیختگی که به روش MOR محاسبه می‌شود ارتباط مستقیمی با مومسانی و اندازهٔ دانه‌بندی دارد که کاهش آن موجب کاهش مقاومت بدنه‌های سرامیکی می‌شود. مقدار MOR مادهٔ معدنی زنوز در مقایسه با دیاموند از کاهش قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. این کاهش به دلیل ازدیاد سیلیس در مادهٔ معدنی و کاهش مومسانی است. افزایش MOR در ZK به دلیل وجود مواد آلی در مادهٔ معدنی است و ارتباطی با ماهیت آن ندارد.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04 ]

شاخص متیلن آبی (MBI) روش سریع و مطمئنی در برآورد قابلیت تبادل کاتیونی خاکهای رس است. میزان MBI ارتباط مستقیمی به مساحت دانه‌ها و CEC دارد [۲ و ۷]. مساحت ورقه‌های کائولن توسط میزان جذب گاز ازت از طریق سطح ذرات جامد کانی اندازه‌گیری می‌شود و ارتباط مستقیمی به طبیعت رس و توزیع دانه‌بندی آن دارد.

سرعت خشک شدن یعنی سرعت از دست دادن رطوبت دوغابهای سرامیکی و تبدیل آن به خمیر مناسب برای قالب‌گیری است. از عوامل مهم در تولید بدنه‌های سرامیکی مخصوصاً چینی‌های بهداشتی است. خشک شدن سریع‌تر در اثر توزیع دانه‌بندی درشت‌تر و کمبود وجود اسمکتیت در خاکهای رس اتفاق می‌افتد. صنایع سرامیک مواد اولیه خود را به اندازهٔ دانه‌بندی کمتر از ۲ میکرون به منظور تأمین مقاومت لازم جهت بدنه‌های سرامیکی انتخاب می‌کنند.

سرعت خشک شدن دوغاب‌های سرامیکی مواد معدنی زنوز به طور قابل ملاحظه‌ای از نمونهٔ دیاموند انگلستان و نمونه‌های مشابه دیگر بیشتر است که این در اثر توزیع دانه‌بندی درشت‌تر و زبری مادهٔ معدنی زنوز است. این افزایش در اثر وجود کوارتز نهان بلورین به صورت آزاد ودر زمینه مادهٔ معدنی است که باعث کاهش MOR، افزایش سرعت خشک شدن، کاهش چسبندگی، و کاهش MBI مادهٔ معدنی زنوز در مقایسه با دیاموند انگلستان می‌شود. اندازهٔ دانه‌بندی بیشتر از ۲ میکرون باعث کاهش مقاومت بدنه سرامیکی خواهد شد. در جدول ۵ خصوصیات فیزیکی انواع فراورده‌های کائولینی زنوز ایران با انواع کائولن دیاموند انگلستان مقایسه می‌شوند.

خصوصیات فیزیکی، ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی فراورده‌های کائولینیتی مورد استفاده در صنایع سرامیک ارتباطهای مستقیمی را با یکدیگر نشان می‌دهند. به عنوان مثال مقاومت بدنه‌های سرامیکی (MOR) با افزایش قابلیت جانشین کاتیونی در کائولن

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04 ]

جدول –۵ مقایسهٔ خصوصیات فیزیکی انواع رس‌های کائولن‌دار زنوز و انواع کائولن دیاموند

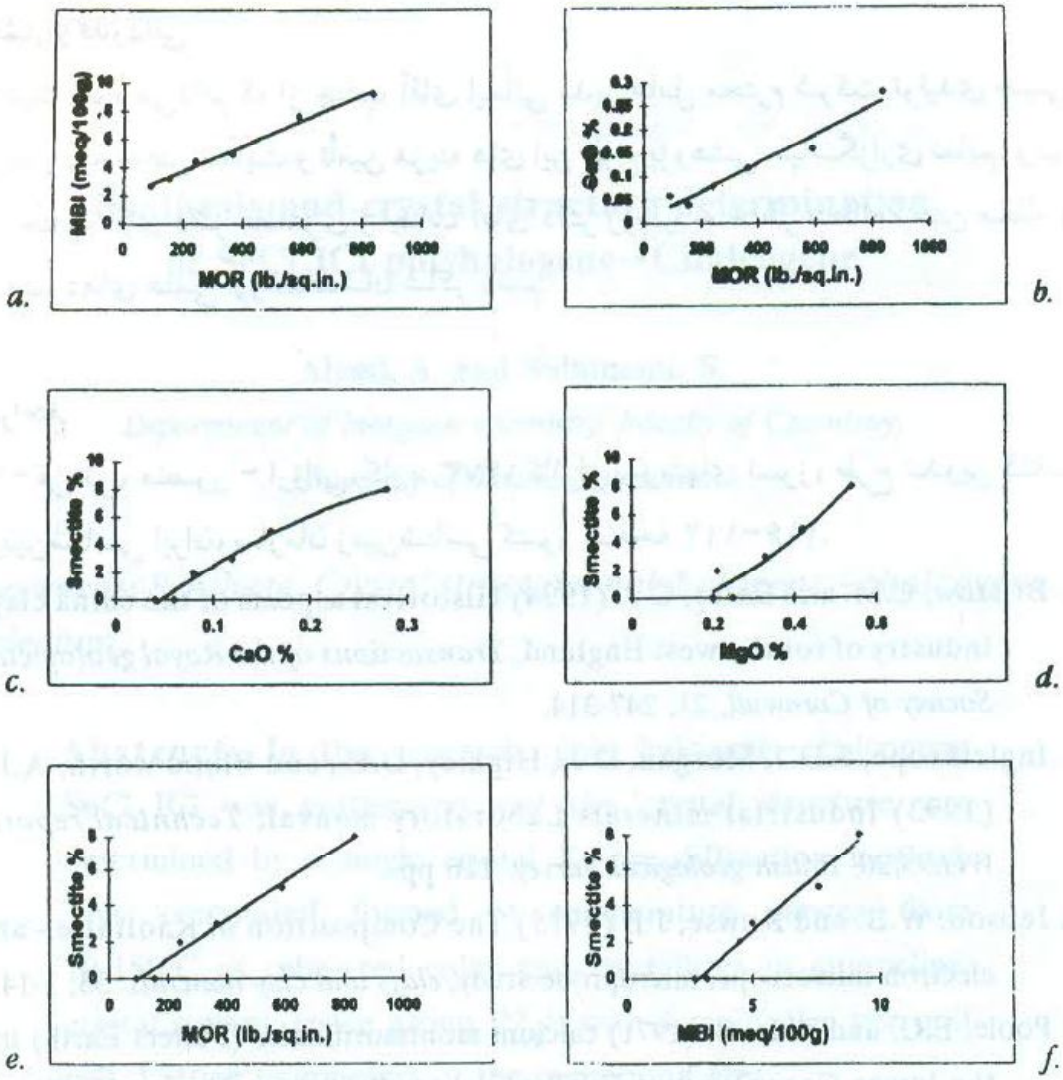
| *Physical Properties* | units | ZK | ZM | ZR | DR | DP | DTW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *MOR* | $lb/in^2$ | 655 | 54 | 96 | 500 | 450 | 350 |
| *Casting rate* | $mm^2/min$ | -- | 44 | 7.4 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| *viscosity* | Cps | 70 | 130 | 170 | 2000 | 1850 | 1000 |
| *Fired properties* | $1350^{\circ}C$ | 94.2 | 94.3 | 97.6 | 82 | 80 | 75 |
| *MBI* | mgequiv/100gm | 8.1 | 2.1 | 2.1 | 6.25 | 6.0 | 5.5 |
| *Soluble salts* | ppm | 441 | 567 | 518 | 250 | 250 | 250 |
| *Particle Size* | +53μm% | -- | -- | -- | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| | +20μm% | 18 | 1.1 | 1 | -- | -- | -- |
| | +10μm% | 40 | 13.3 | 1.7 | 4 | 4 | 5 |
| | -2μm% | 20 | 18 | 45.5 | 60 | 53 | 50 |

(MBI) ارتباط مستقیمی دارند، به نحوی که با افزایش MBI کائولن، MOR کاشی یا چینی (سرامیک) تولیدی افزایش خواهد یافت ( شکل c-f ). تأثیر وجود اسمکتیت در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کائولن مورد استفاده در صنایع سرامیک در شکل ۳a-f ارائه شده است [۷].

## نتیجه

خواص فیزیکی و شیمیایی مادهٔ معدنی زنوز ارتباط مستقیم و نزدیکی به کانی‌شناسی و نحوه پیدایش آن دارد. علاوه بر کائولن (٪۳۵/۲)، مقدار قابل ملاحظه‌ای کوارتز نهان بلورین (٪۵۹/۵)، کلسیت (٪۳) و سیلیکاتهای ورقه‌ای دیگر (٪۲) در ترکیب کانی‌شناسی مادهٔ معدنی وجود دارند. افزایش قابل توجه درصد $SiO_2$ در ترکیب شیمیایی که طبیعتاً با کاهش فراوان درصد $Al_2O_3$ همراه است، باعث کاهش چسبندگی دوغاب در زمان قالب‌پذیری می‌شود. اصولاً کاهش $Al_2O_3$ موجود در رسهای کائولینیتی زنوز ایران در مقایسه با کائولن دیاموند انگلستان، باعث کم شدن مقاومت فراورده‌های سرامیکی آن در مقابل شوکهای گرمایی و تحمل خمیدگی، و از طرف دیگر

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04 ]




**شکل ۳** ارتباط بین خصوصیات فیزیکی، ترکیب شیمیایی، و کانی‌شناسی کائولن مورد استفاده در صنایع سرامیک.

افزایش $SiO_2$ باعث زیاد شدن زبری و کاهش مومسانی مواد اولیهٔ سرامیکی زنوز شده است. کاهش قابل توجه دانه‌بندی کمتر از ۲ میکرون رس‌های کائولینیتی زنوز که به درصد بالای کوارتز نهان بلورین آزاد در ترکیب مادهٔ معدنی ارتباط دارد نیز باعث کاهش مومسانی و مقاومت می‌شود و زبری آن را افزایش می‌دهد. خواص رنگی مادهٔ معدنی زنوز ایده‌آل است که علاوه بر فراورده‌های سرامیکی، استفاده از آن را به عنوان پر کننده در صنایع رنگ، کاغذ، لاستیک، و پلاستیک امکان‌پذیر می‌سازد.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04 ]

**تشکر و قدردانی**

وظیفه خود می‌دانم که از جناب آقای ایمانی مدیر عامل محترم شرکت تولیدی چینی مقصود به خاطر حمایت و تأمین هزینه های این طرح پژوهشی سپاسگزاری نمایم، و نیز از جناب آقای دکتر مظاهری و جناب آقای دکتر رزم‌آرا به خاطر مطالعهٔ متن مقاله و رهنمودهای علمی ارزشمندشان شاکر باشم.

**مراجع**

۱- قربانی، منصور - ارزانی، کاوه. ۱۳۷۳ کائولن و رسهای نسوز، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور. صفحه ۱۱۲-۱۱۶.

2. Bristow, C.M. and Exley, C.S. (1994) Historical aspects of the china clay industry of south - west England. *Transactions of the Royal geological Society of Cornwall*, 21, 247-314.

3. Inglethrope, S.D.J, Morgan, D.J., Highley, D.E., and Blood worth, A.J. (1993) Industrial minerals Laboratory manval; *Technical report WG/93/20, British geological Survey,* 116 pp.

4. Jepson, W.B. and Rowse, J.B (1975) The Composition of Kaolinite - an electron microscope, microprobe study, *clays and clay minerals.* 33, 1-14.

5. Poole, E.G. and Kele, B. (1971) calcium montmorillonite (Fullers Earth) in the lower Greensand of Baulking area, *Berkshire. Report No 71/4. Institute of geological sciences, 56p*.

6. Ryan, W. and Radford, C. (1987) *Whitewares productions, testing and qvality control,* pergamon press on behalf of Institute of ceramics. 333pp.

7. Scott, P.W., Hart, F.W. and smith, D. (1996) The quantitative mineralogy of Ceramic grade kaolin from the st. Austell, Granite and its relationship to chemistry and physical properties, *procedings of the Ussber society,* 9, 091-096.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04 ]