



## بررسی کاربرد صنعتی کائولن معادن آهویی و رخ سفید گناباد و مقایسه آنها با ذخایر کائولن آمریکا

عطیه غریب نواز<sup>۱</sup>، خسرو ابراهیمی<sup>۱</sup>، سید احمد مظاهری<sup>۱</sup>، عباس یوسفی<sup>۲</sup>  
(۱) گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد  
(۲) موسسه تحقیقاتی پر طاووس و شرکت لعاب مشهد

### چکیده:

کانسارهای آهویی و رخ سفید در اثر نفوذ دایکها و دگرسانی سنگهای آذرآوری منطقه به وجود آمده است. نمونه های کائولن گناباد رطوبت پایینی بین ۰/۱ تا ۱/۳۹ درصد را دارا می باشند، که برای استفاده در صنعت کاشی مناسب می باشند. این نمونه ها با داشتن درجه سفیدی بالا در صنعت کاغذ استفاده می شوند. نمونه هایی که دارای درصد بالای ناخالصی های آهن و تیتان می باشند پس از انجام عملیات فراوری چند مرحله ای به سفیدی مطلوب خواهند رسید. نمونه هایی که میزان درصد اکسیدهای آهن آنها کمتر از ۰/۵ درصد می باشد رنگ پخت خوبی نشان می دهند و قابل استفاده در صنعت سرامیک می باشند. اما میزان درصد جذب آب این نمونه ها از ۱۳/۷۵ تا ۳۳/۶۳ درصد تغییر می کند که نسبت به نمونه های کائولن آمریکا مقادیر بالاتری را نشان میدهد و در نتیجه برای استفاده در صنعت سرامیک بایستی میزان تخلخل آنها کاهش یابد. نمونه های EMA1 و EMB5 با داشتن درصد بسیار بالاتر MOR خام نسبت به نمونه های آمریکا از جایگاه ممتازی در صنایع سرامیک برخوردار می باشند. این نمونه ها همچنین MOR پخت بسیار بالاتری به دلیل جوش خوردن ذرات به یکدیگر نشان می دهند. به طور کلی با افزایش میزان سیلیس نمونه های کائولن گناباد، پلاستیسیته کاهش یافته و نمونه ها MOR پایینتری را نشان می دهند.

### A Study on the Industrial Application of Gonabad's Kaolinite "Ahoee" and "Rokh-sefid" mines and their Comparison to the American Kaolinite Resources

#### Abstract

"Ahoee" and "Rokh-sefid" resources are occurred due to the infiltration of the dikes and alteration of pyroclastic rocks of the area. The samples of Gonabad's kaolinite have the low humidity between 0.1 % to 1.39 %, which are suitable for the tile industry. These samples can be used in paper industry because of their high brightness degree. The samples which have high percentage of Fe's and Ti's impurities can reach the desirable brightness after the multi-level production process. The samples with less than 0.5 % Fe-oxides show a good fired color, and can be used in ceramic industry. But the water absorption percentage of these samples range from 13.75 % to 33.63 %, which show higher amounts in comparison with American kaolinite, and consequently, in order to use them in ceramic industry, their amount of porosity should be decreased. The EMA1 and EMB5 samples, with much higher percentage of raw MOR in proportion to the American samples, have a higher position in ceramic industry. These samples show much higher fired MOR, because the particles weld together. Overall, with the increase in the amount of silica in the samples of Gonabad's kaolinite, the plasticity decreases, and the samples show lower MOR.



## مقدمه :

کائولن به دلیل داشتن ویژگی هایی چون رنگ سفید، قدرت پوششی مناسب، نرمی، عایق بودن و... دارای کاربرد فراوان در صنایع مختلف می باشد. مهمترین کاربرد کائولن استفاده از آن صنعت کاغذ به عنوان پرکننده و پوشش دهنده می باشد، به طوری که از ۳۹ میلیون تن کائولنی که در سال ۲۰۰۰ میلادی تولید شده است ۴۵ درصد آن در صنعت کاغذ به مصرف رسیده است. سایر صنایعی که از کائولن استفاده می کنند به ترتیب میزان مصرف عبارتند از: صنعت دیرگداز ۱۶ درصد، سرامیک ۱۵ درصد، فایبر گلاس ۶ درصد، سیمان ۶ درصد، پلاستیک و لاستیک ۵ درصد، صنایع رنگ ۳ درصد و مصرف آن در سایر صنایع ۴ درصد می باشد.

به دلیل کاربرد فراوان کائولن در صنایع مختلف، آزمایشات صنعتی زیادی برای این ماده معدنی تعیین شده است که اندازه گیری سفیدی رنگ، اندازه ذرات، اندازه گیری استحکام خمشی (MOR)، درجه دیرگدازی، انقباض، جذب آب، مواد باقی مانده در الک مش ۳۲۵ از این قبیل می باشند. اهمیت و اولویت هر یک از این آزمایش ها در صنایع مختلفی که از این مواد استفاده می کنند متفاوت است. به عنوان مثال در صنعت کاغذ کیفیت سفیدی رنگ، اندازه ذرات، غلظت و مواد باقی مانده در الک مش ۳۲۵ اهمیت بیشتری دارد و در صنعت سرامیک آزمایش های MOR، رنگ پخت، درجه دیرگدازی و انقباض بیشتر مورد توجه می باشد.

## زمین شناسی :

ذخایر معدنی آهویی و رخ سفید، با مختصات جغرافیایی  $34^{\circ} 58'$  شرقی و  $25^{\circ} 34'$  شمالی، در ۲۶۵ کیلومتری جنوب مشهد و در ۱۴ کیلومتری شمال غرب گناباد قرار گرفته است (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه در کنار رشته کوه ناگهانی با سنگهای آتشفشانی به سن سنوزوئیک و توپوگرافی ملایم واقع است. محدوده معدن در زون برشی و توفهای اسیدی تا حد واسط و در کنتاکت با سنگهای ریولیتی قرار می گیرد و در بخش شرقی با رسوبات عهد حاضر مجاور می گردد. کائولن این محدوده در اثر نفوذ دایکها و دگرسانی سنگهای آذرآواری منطقه بوجود آمده است. دایکها با ترکیب میکروگرانودیوریت و میکروگرانیت دارای سن ائوسن می باشند. محدوده معدن به شدت تکتونیزه و گسلی است. مجموعه گسلهای منطقه راست لغز می باشند.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی محدوده معادن شمال غرب گناباد (google 2006)

## آزمایشات صنعتی :

به منظور بررسی ویژگی های کاربردی کائولن گناباد آزمایش های صنعتی زیر بر روی تعدادی از نمونه های کائولن این منطقه انجام شده است.

۱. رطوبت: نمونه آزمایشی ابتدا وزن شده و در دستگاه خشک کن در  $110^{\circ}\text{C}$  قرار گرفته تا رطوبت داخل مواد به صورت کامل تبخیر شود. سپس نمونه از داخل خشک کن خارج و مجدداً وزن می شود (جدول ۱).

شماره نمونه	وزن ماده در محیط	وزن بعد از خشک کن	درصد رطوبت
EMA3	51.8708	51.7597	0.21
R33	38.6538	38.5999	1.39
KHA1	45.3212	45.1795	0.31
BAM1	44.8570	44.8106	0.10

جدول ۱. نتایج تست رطوبت نمونه های کائولن گناباد

۲. آزمایش رنگ در حالت خشک: مهمترین ویژگی کائولن که در صنعت کاغذ مورد توجه می باشد سفیدی آن است. میزان سفیدی کائولن عمدتاً تحت تاثیر حضور اکسیدهای آهن و تیتانیوم می باشد.



نمونه های BAM1 و AL1 و EMA3 و AE5 با داشتن درصد بالای اکسید آهن و اکسید تیتانیوم رنگ خوبی ندارند.  
۳. آزمایش رنگ در  $1200^{\circ}\text{C}$  (رنگ پخت): در این تست سفیدی نمونه ها پس از گذراندن یک ساعت در دمای  $1200^{\circ}\text{C}$  کوره سنجیده می شود (جدول ۲).

SAMPLE	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	رنگ پخت
BAM1	0.52	3.01	صورتی
BA1	0.05	0.23	سفید
KHA1	0.95	0.20	سفید
AL1	1.20	4.84	قهوه ای
R33	0.16	0.32	صورتی
GAW5	0.84	0.18	سفید
MR2	0.43	1.09	صورتی
R22	0.09	1.45	گلبهی
EMA3	0.30	3.10	قهوه ای
BAM5	0.45	0.72	صورتی
TRM3	0.07	0.13	سفید
GAW7	0.66	0.56	کرم
AE5	1.24	3.70	قهوه ای
AW2	0.08	0.32	سفید
EGA3	0.68	0.32	سفید
EMB5	0.72	0.42	سفید
EMA1	3.10	0.30	کرم

جدول ۲. تاثیر میزان درصد اکسید آهن و تیتان بر رنگ پخت نمونه های کانولن گناباد

۴. درصد جذب آب: منظور از جذب آب، اندازه گیری مقدار آبی است که توسط تخلخل جذب می شود. در این آزمایش ابتدا یک قطعه خشک پخته شده (در حرارت  $1200^{\circ}\text{C}$ ) سرامیکی را انتخاب کرده و سپس بدقت آنرا وزن می کنیم. سپس نمونه را در آب فرو کرده و آب را به مدت یک ساعت می جوشانیم. در مرحله بعد نمونه را از آب خارج نموده و آبهای اطراف آنرا خشک کرده و سپس آنرا وزن می کنیم. تفاوت دو وزن میزان جذب آب را نشان می دهد (جدول ۳).

شماره نمونه	R33	AW2	EMA1	EMB5
-------------	-----	-----	------	------



درصد جذب آب	33.63	22.43	21.25	13.75
-------------	-------	-------	-------	-------

جدول ۳. نتایج تست جذب آب نمونه های کائولن گناباد

۵. دانسیته بالک (Bulk Density): دانسیته بالک عبارت است از نسبت وزن یک ماده به قسمت عمده حجم آن. روش اندازه گیری دانسیته بالک بدین صورت است که بخشی از نمونه اصلی را کاملاً خشک و جدا کرده و بعد آنرا در یک مایع فرو می برند به طوری که تمام منافذ و سوراخهای آن از مایع پر می شود. سپس آنرا در یک مایع دیگر فرو برده و حجم آنرا اندازه گرفته و سپس یکبار هم آنرا در فضا آویزان کرده و پس از خشک شدن کامل آنرا در مایع فرو برده و سپس حجم اندازه گیری می شود (جدول ۴).

شماره نمونه	R33	AW2	EMA1	EMB5
دانسیته بالک ( $\text{gr/cm}^3$ )	1.61	1.66	1.67	1.86

جدول ۴. مقادیر دانسیته بالک نمونه های کائولن گناباد

۶. سنجش حد گسیختگی خام (MOR): سنجش حد گسیختگی (استحکام خمشی) یکی دیگر از آزمایش هایی است که بر روی نمونه های کائولن گناباد انجام گردیده است (جدول ۵). در این آزمایش نمونه آزمایشی را در ابعادی مشخص (معمولاً به شکل یک استوانه) در دستگاه استحکام سنج قرار داده و مقادیر معینی فشار بر آن وارد می آورند، تا زمانی که نمونه به دو قسمت تقسیم شود. این دستگاه از صفر نیوتن نیرو وارد می کند تا حداکثر نیرو که جابجایی و در نهایت شکست انجام می شود.

۷. سنجش حد گسیختگی پخت (MOR): استحکام خمشی پخت این نمونه ها نیز پس از تحمل حرارت  $1200^{\circ}\text{C}$  به همان روش اندازه گیری شده و نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است.

شماره نمونه	R33	AW2	EMA1	EMB5
استحکام خمشی خام ( $\text{Kgf/cm}^2$ )	2.4	11.2	24.3	44.8
استحکام خمشی پخت ( $\text{Kgf/cm}^2$ )	46.3	32.2	123.4	136.6

جدول ۵. نتایج تست استحکام خمشی خام و پخت بر روی نمونه های کائولن گناباد



## نتیجه گیری :

تعیین میزان رطوبت مواد خام جهت مشخص نمودن وزن مواد معدنی اولیه و در زمان مصرف بایستی دقیقاً مورد بررسی قرار گیرد. همچنین کنترل دقیق رطوبت مواد که جهت پرسهای کاشی بکار می رود از اهمیت خاصی برخوردار است. نمونه های کائولن گناباد با داشتن رطوبت پایین برای صنعت کاشی مناسب می باشند. مهمترین ویژگی کائولن که در صنعت کاغذ مورد توجه می باشد سفیدی آن است، زیرا کائولنی که به عنوان پوشش دهنده در کاغذ مورد استفاده قرار می گیرد علاوه بر صافی باعث سفیدی و درخشندگی سطح کاغذ نیز می شود. میزان سفیدی کائولن عمده تحت تاثیر حضور اکسیدهای آهن و تیتانیوم می باشد. نمونه های AL1, BAM1, EMA3, AE5 با داشتن درصد بالای اکسید آهن و اکسید تیتانیوم رنگ خوبی ندارند و برای استفاده در صنعت کاغذ مناسب نیستند ولی با انجام عملیات فراوری چند مرحله ای که شامل جداسازی ناخالصی های رنگی و سلیس آزاد می باشد سفیدی مورد نیاز صنعت کاغذ بدست خواهد آمد.

از آنجا که کائولن در فرآیند ساخت سرامیک ها در معرض حرارت قرار می گیرد، لازم است تا در این صنعت علاوه بر آزمایش رنگ در حالت خشک، رنگ پخت نیز مورد بررسی قرار گیرد. رنگ پخت کائولن نیز مشابه رنگ کائولن خام تحت تاثیر حضور اکسیدهای آهن و تیتانیوم است علاوه بر آن فاکتورهای دیگری نیز روی رنگ پخت تاثیر می گذارند. معمولاً کائولن هایی که کمتر از ۰/۵ درصد اکسیدهای آهن در ترکیب خود دارند بعد از پخت دارای سفیدی قابل توجهی می باشند. در صورتی که میزان اکسید آهن بیشتر از این میزان باشد، رنگ کائولن پس از پخت به سمت رنگ کرم و سپس قرمز متمایل می شود. این امر به وضوح در جدول (۲) دیده می شود. نمونه های BA1, KHA1, GAW5, TRM3, AW2, EGA3 و EMB5 بیشترین میزان سفیدی را نشان می دهند. در مورد بقیه نمونه ها با انجام فراوری چند مرحله ای و کم شدن میزان اکسید آهن و تیتانیوم تا حد کمتر از ۰/۵ درصد، رنگ پخت کائولن این منطقه به بالاترین حد خواهد رسید.

با تعیین درصد جذب آب، میزان تخلخل نمونه سرامیکی مشخص می شود که این میزان مربوط به مقدار مواد فرار در خاک می باشد. آب غیر پیوندی تا دمای  $100^{\circ}\text{C}$  جدا می شود و تا دمای  $700^{\circ}\text{C}$  - ۶۰۰ ترکیبات سولفاتها و کربناتها خارج می شود که تخلخل ایجاد می کنند. این تخلخل در صنعت سرامیک، اهمیت زیادی دارد چرا که میزان جذب لعاب بر روی بدنه را مشخص می کند. جذب آب نمونه های کائولن گناباد از ۱۳/۷۵ تا ۳۳/۶۳ درصد تغییر می کند (جدول ۳).

تعیین میزان استحکام گل های خشک تحت یک فشار معین در صنایع سرامیک بسیار مفید است. بدنه اجسام سرامیکی قبل از آتشخواری بایستی از استحکام خوبی برخوردار باشد و گرنه در موقع تولید، جابجایی و حمل و نقل آنها بسیار مشکل می باشد. همچنین این مواد اولیه استحکام لازم را در محصول ایجاد نخواهند کرد. MOR رس ها ارتباط مستقیمی با پلاستیسیته آنها دارد و پلاستیسیته نیز خود متأثر از نوع و میزان کانی های رسی موجود در نمونه و نیز اندازه ذرات رسی می باشد. MOR خام کائولن گناباد از ۲/۴ در نمونه R33 تا ۴۴/۸ کیلوگرم نیرو بر سانتی متر مربع در نمونه EMB5 تغییر می



کند (جدول ۵)، در حالی که MOR کائولن های آمریکا (جدول ۶)، از ۱۹ تا ۲۸ کیلوگرم نیرو بر سانتی متر مربع تغییر می کند. MOR بسیار پایین نمونه R33 به دلیل حضور مقادیر زیادی از کانی غیر پلاستیک کوارتز در این کائولن می باشد که باعث کاهش پلاستیسیته کائولن مذکور و به دنبال آن کاهش MOR شده است. همچنین MOR بسیار بالای نمونه EMB5 نسبت به نمونه های آمریکا به علت میزان کائولن بالای آن، این نمونه را در جایگاه ممتازی در صنعت سرامیک قرار می دهد.

	کارولینای جنوبی	فلوریدا	جورجیا
جذب آب (%)	19	-	8.8
انقباض خشک (%)	4.5	6	5.7
انقباض پخت (%)	8.2	-	9
MOR (Kgf/cm <sup>2</sup> )	19.2	28	23

جدول ۶. نتایج تستهای صنعتی نمونه های کائولن آمریکا

همانطور که در جدول ۵ دیده می شود، استحکام خمشی پخت اعداد بالاتری را نسبت به استحکام خمشی خام نشان می دهد. این امر بخاطر جوش خوردن دانه ها در اثر پخت می باشد که در نتیجه نیروی بیشتری را تحمل می کند.

## منابع:

- [1] گرجستانی، سعید، ۱۳۷۰، صنعت سرامیک، انتشارات گوتمبرگ.
- [2] قربانی، منصور، ارزانی، کاوه، ۱۳۷۳، زمین شناسی ایران کائولن و رسهای نسوز، سازمان زمین شناسی کشور، ۱۷۱ صفحه.
- [3] بابائی نژاد، بیژن. جوادی دهخوارقانی، فرزانه. ۱۳۷۰، خواص بدنه های سرامیکی (۱) پلاستیسیته، مرکز آموزش و تحقیقات سرامیک شرکت مقره سازی ایران.
- [4] سراندی بی فردوس، عباس، ۱۳۸۳، مطالعه کانی شناسی و ژئوشیمیایی توده های نفوذی و زون های آلتراسیون و بررسی مصرف صنعتی آن ها در منطقه سرسفیدال، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۰۷ صفحه.



# یازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران

۱۳ الی ۱۵ شهریورماه ۱۳۸۶  
دانشگاه فردوسی مشهد



- [5]Patterson, S. H & Murray, H. H, 1983, Clays in "Industrial Minerals and Rocks", by Lefond. Published by American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc USA, pp. 585-651.
- [6] [www.ngdir.ir](http://www.ngdir.ir)