

# ساخت و بررسی صیقل دهنده مناسب جهت پولیش شیشه با استفاده از ترکیبات سیلیس و اکسید سریم و کاربید سیلیسیم

فاطمه صفاری<sup>۱\*</sup>، احمد منشی<sup>۲</sup>، امیر عباس نوربخش<sup>۳</sup> و مجتبی سلطانیپور<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، اصفهان، ایران

۲- استاد، دانشکده مواد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، اصفهان، ایران

۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرضا، گروه مواد، شهرضا، ایران

۴- کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرضا، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، شهرضا، ایران

\*Saffari1556@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۱۴، تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۴/۰۳)

## چکیده

در این پروژه پولیش پایه سریم برای صیقل کاری روی سطح شیشه‌های معدنی مورد توجه قرار گرفت. از مواد اولیه اکسید سریم، نانو سیلیس، میکروسیلیس، متاسیلیکات سدیم استفاده گردید که به صورت پودر خشک جهت تولید نمونه مورد استفاده قرار گرفتند. دمای پخت ۹۵۰ و ۷۵۰ درجه سانتی گراد برای سه نمونه در نظر گرفته شد. با استفاده از آنالیز پراش پرتو ایکس فازهایی چون  $Ce_2Si_2O_7$ ،  $SiC$ ،  $Na_6Si_8O_{19}$  در ترکیب مشخص شده حاصل واکنش  $SiO_2$  و  $CeO_2$  بود و مورفولوژی آن‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی و نرم افزار آنالیز تصویری مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین مقاومت به سایش، استحکام، وزن مخصوص، درصد وزنی و درصد حجمی جذب آب اندازه گیری شد و نتایج به دست آمده از هر نمونه مقایسه گردید. به طور کلی نمونه شامل نانو سیلیس، متاسیلیکات سدیم، اکسید سریم و کاربید سیلیسیم که در دمای ۹۵۰ درجه سانتی گراد پخت شده است، دارای خواص مطلوب تری بوده است.

## واژه‌های کلیدی:

پولیش شیشه، نانو سیلیس، اکسید سریم، میکروسیلیس، کاربید سیلیسیم

## ۱- مقدمه

تاریخ دقیق دست یابی بشر به این راز کاملاً مشخص نیست. غالباً به زمان‌هایی مانند ۷۰۰۰-۵۰۰۰ سال و گاه حتی ۱۲۰۰۰ سال پیش اشاره می‌شود. به نظر می‌رسد که مهره‌های رنگین شیشه‌ای نخستین محصولات شیشه‌ای بوده‌اند که به دست بشر ساخته شده

استفاده بشر از شیشه برای ساخت ابزار و آلات مختلف از هزاران سال پیش آغاز شده است. ابتدا شیشه‌های طبیعی چون ابسیدین و موادی نظیر آن برای ساخت ابزار مورد استفاده قرار می‌گرفت اما پس از چندی بشر به راز ساخت شیشه پی برد.

محاسبات آن‌ها) توسعه داد [۵]. سریم، عنصر شیمیایی است که در جدول تناوبی دارای نشان Ce و عدد اتمی ۵۸ می‌باشد. سریم، عنصر فلزی خاکستری رنگی است که به گروه لانتانیدها تعلق دارد. این عنصر در برخی از آلیاژهای غیر متداول در طبیعت بکار می‌رود و شکل اکسید شده آن در صنعت شیشه مورد استفاده قرار می‌گیرد. از نظر رنگ و درخشش شبیه آهن است، اما هم نرم بوده و هم چکش‌خوار و انعطاف پذیر است. به علت نزدیکی نسبی  $4f$  و اوربیتال‌های مدار بیرونی در سریم، این عنصر خواص شیمیایی جالب توجهی از خود نشان می‌دهد، مثلاً فشردن این عنصر وقتی که در حال سرد شدن است، حالت اکسیداسیون آن را از تقریباً سه به چهار تغییر می‌دهد. سریم در حالت اکسیداسیون +۳، سروس (Cerous) و در حالت اکسیداسیون +۴، سریک (Ceric) نامیده می‌شود. نمک‌های سریم (IV) نارنجی، قرمز یا زردفام هستند، در حالی که نمک‌های سریم (III) معمولاً سفید می‌باشند. اکسید سریم معمولاً به صورت پودر زرد رنگ ظاهر می‌شود. اکسید سریم در آب قابل حل شدن نیست و در اسیدهای معدنی قوی حل می‌شود. از نظر فیزیکی این اکسید می‌تواند به صورت پودر، ذرات درشت، ذرات شکری، قرص و حتی پودر نانو باشد [۶].

سیلیس یا اکسید سیلیسیم با فرمول شیمیایی  $SiO_2$  فراوان‌ترین ترکیب اکسیدی موجود در پوسته زمین است. سیلیس در طبیعت به صورت آزاد و یا به صورت ترکیب با سایر اکسیدها وجود دارد. سیلیس به صورت کریستوبالیت، تری‌دی‌میت و کوارتز می‌تواند ظاهر شود. با توجه به اینکه انتقالات ساختمانی برای سیلیس مشکل و زمان‌بر است، وجود کانی‌ساز اکسید سدیم با پیوندشکنی اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن در سیلیس انتقال را تسریع می‌بخشد. رایج‌ترین ساختار سیلیس کوارتز می‌باشد. شن، عقیق، یاقوت ارغوانی و سنگ چخماق سیلیس با رگه‌هایی از ناخالصی هستند. سیلیکا قابل حل شدن در آب نیست اما به مقدار جزئی در قلیاها و کاملاً در اسید هیدروفلوریک حل می‌شود. سیلیکا خالص به رنگ سفید است. سیلیکا کاربردهای فراوانی دارد. به عنوان پرکننده برای رنگ و لاستیک قابل استفاده است،

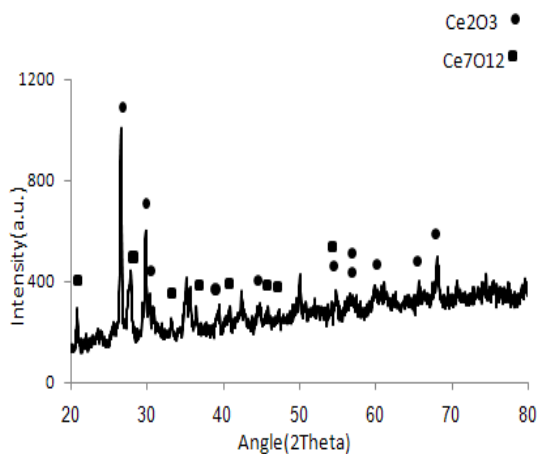
است. این مهره‌ها به عنوان وسایلی زینتی مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند و گاه برای آن‌ها خواص جادویی نیز قائل بوده‌اند. این مهره‌ها در حدود ۷۰۰۰ سال پیش در مصر مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند. به تدریج ساخت سایر وسایل و ابزار شیشه‌ای در مصر، خاورمیانه و دیگر کشورها رواج یافت. به طور مثال شام (سوریه فعلی) در حدود ۳۰۰۰ سال پیش یکی از مراکز مهم تجارت آلات شیشه‌ای بوده است [۱]. ساخت کامپوزیت‌ها سال‌هاست که مورد توجه قرار گرفته است و برای بهبود خواصی نظیر تنش برشی، استحکام، میزان کرنش تا شکست، نوع شکست و چقرمگی بکار می‌روند. ساخت کامپوزیت‌های سرمایی گوناگون جهت بهبود خواص، اهمیت ویژه‌ای دارد. بسته به کاربرد کامپوزیت، انتخاب ساختار سرمایی و فاز جانبی مناسب آن اهمیت فراوانی یافته است. در دهه اخیر کامپوزیت‌های اکسیدی - غیراکسیدی توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است، اما برای انتخاب یک سرمایی اکسیدی مناسب بعنوان فاز اصلی باید به خواصی نظیر نسوزندگی و ضریب انبساط حرارتی توجه کرد [۲]. واژه فناوری نانو اولین بار توسط نوریو تانیکوچی (Norio Taniguchi) استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بر زبان‌ها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد (وسایل) دقیقی که تلورانس ابعادی آن‌ها در حد نانومتر می‌باشد، بکار برد [۳]. بینگو ره‌رر (Bining and Rehner) نظریات در کسلر (Derkessler) را به طریقه عملی توسعه دادند. در سال ۱۹۸۱ آن‌ها اولین افرادی بودند که توانستند اتم‌ها را ببینند و از اینجا بود که نانو تکنولوژی ممکن شد. دانشمندان خیلی زود توانستند اتم‌ها را به طور منظم بر روی یکدیگر سوار کنند تا ساختارهای در مقیاس نانو را بسازند [۴]. در سال ۱۹۸۶ واژه فناوری نانو توسط کی اریک در کسلر، در کتابی تحت عنوان (موتور آفرینش آغاز دوران فناوری نانو) باز آفرینی و تعریف مجدد شد. وی این واژه را به شکل عمیق‌تری در رساله دکترای خود مورد بررسی قرار داده و بعدها آنرا در کتابی تحت عنوان (نانوسیستم‌ها، ماشین‌های مولکولی، چگونگی ساخت و

یکی از کاربردهای نانو تکنولوژی در صنعت سرامیک مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲- مواد و روش تحقیق

### ۲-۱- آماده سازی نمونه‌ها

در این مرحله مطابق جدول (۱) پودرهای مختلف را پس از وزن کردن به مقدار معین با هم مخلوط کرده (عمل مخلوط کردن هریک از این پودرها به مدت پنج دقیقه طول کشید) و سپس به این پودرها به اندازه کافی آب اضافه شد. پس از ۲۴ ساعت قرار گرفتن در محیط، این نمونه‌ها در خشک‌کن در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت خشک شدند. سپس نمونه‌ها در کوره به مدت دو ساعت پخت داده شد. مشخصات اکسید سریم مورد استفاده در جدول (۲) و الگوی پراش آن در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱): الگوی پراش پرتو X پودر اکسید سریم

در ساخت شیشه‌های معمولی، در سرامیک، در ساخت و ساز و در تهیه مواد دیگر، به عنوان مثال، کاربرد سیلیکون ساخته می‌شود. کوارتز ذوب شده خالص سیلیس آمورف است، که در مواد شیمیایی خاص و دستگاه‌های نوری استفاده می‌شود. به خاطر ضریب انبساط حرارتی پایین آن، می‌تواند سریعاً با تغییر درجه حرارت تغییر کند و در یک محدوده وسیعی از دما کاربرد دارد. برخلاف شیشه‌های معمولی، مادون قرمز و نور ماوراء بنفش را جذب نمی‌کند. در سال ۱۹۹۱، جی لاک (J.Luc) در یک پتنت آمریکایی مقاله را منتشر کرد که در آن از ترکیب برن جهت صیقل کاری شیشه استفاده کرد [۷]. در سال ۱۹۹۸، ملارد و روچله (L.Rochelle) اثر عناصر کمیاب حاکی را بر صیقل کاری شیشه مورد بررسی قرار دادند [۸]. هولکومب و گورین (E.Holcombe and H.Gorin) در سال ۱۹۹۸ به بررسی ساخت ساینده‌هایی که در آن‌ها از اکسید روی استفاده شده بود پرداختند [۹]. ترکیب پولیش پایه سریم برای پولیش کردن با بازدهی بالا و سریع روی سطح شیشه‌های معدنی، لنزهای اپتیکی پلاستیکی و صفحات پلاستیکی سازگاری خوبی دارد. پولیش شیشه‌های آلی کاملاً حساس و متفاوت است. توجه روی این حقیقت است که آن‌ها نرم و شکننده و در برابر خراش خیلی حساس هستند. صیقل دادن ناکافی منجر به خراش‌های ریز و صیقل بسیار ساینده موجب خراش درشت و کدر شدن شیشه می‌شود. در این تحقیق هدف ساخت یک صیقل دهنده‌ی مناسب جهت پولیش کردن شیشه می‌باشد. اگر بتوان ذرات ریز نانو سیلیس را در کنار اکسید سریم و پیوند دهنده‌های مناسب که از بافت سیمان‌های سرامیکی باشند، قرار داد و یک صیقل دهنده ظریفی ساخت که بتواند شیشه‌ها را صیقلی کند، آنگاه

جدول (۱): ترکیب شیمیایی نمونه‌های مورد بررسی

| ترکیب شیمیایی | کاربرد سیلیسیم (گرم) | منا سیلیکات سدیم (گرم) | اکسید سریم (گرم) | نانو سیلیس (گرم) | میکرو سیلیس (گرم) | آب (میلی لیتر) | دمای پخت (°C) |
|---------------|----------------------|------------------------|------------------|------------------|-------------------|----------------|---------------|
| نمونه ۱       | ۸/۵                  | ۱                      | ۸/۵              | —                | ۲                 | ۹              | ۹۵۰           |
| نمونه ۲       | ۸/۵                  | ۱                      | ۸/۵              | —                | ۲                 | ۹              | ۷۵۰           |
| نمونه ۳       | ۱۷                   | ۲                      | ۱۷               | ۴                | —                 | ۳۰             | ۹۵۰           |

جدول (۲): ترکیب شیمیایی اکسید سریم مورد استفاده در تحقیق (درصد وزنی)

| Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | CaO | PbO | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | NiO | CuO | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-----|-----|--------------------------------|-----|-----|-------------------------------|
| ۹۰/۸                           | ۰/۵                            | ۴                | ۲   | ۰/۵ | ۱                              | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۲                           |

### ۲-۲- آنالیز پراش پرتو ایکس

به منظور تعیین فازهای کریستالی مواد اولیه و محصولات واکنش از روش پراش پرتو ایکس (XRD) استفاده گردید. آزمایش‌های پراش پرتو ایکس با استفاده از یک دستگاه پراش پرتو ایکس، ساخت شرکت فیلیپس هلند مدل اکس پرت (XPERT) انجام شد. ولتاژ مورد استفاده در دستگاه ۴۰Kv و جریان اعمالی ۳۰mA بود. در کلیه آزمایش‌ها از اشعه تک طول موج CuKa با طول موج ۱/۵۴۰۵ آنگسترم استفاده گردید. اندازه گام روبش ۰/۰۵ درجه و محدوده روبش ۲۰ تا ۱۰۰ درجه انتخاب گردید.

### ۲-۳- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی، برای بررسی مورفولوژی نمونه‌های گوناگون، تعدادی از نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت تا شکل و اندازه ذرات و میزان تخلخل‌ها و توزیع تخلخل‌ها در هر کدام از نمونه‌ها بررسی شود. شایان ذکر است که با توجه به این که نمونه‌های تولید شده سرامیکی هستند و هادی الکتریکی می‌باشند، برای بررسی آن‌ها با میکروسکوپ الکترونی روبشی، بر روی نمونه‌ها ابتدا توسط دستگاه پوشش دهی، یک لایه نازک طلا پوشش داده شد تا هادی الکتریکی شوند. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی توسط دستگاه میکروسکوپ روبشی مدل AIS 2100 ساخت شرکت سرون تکنولوژی به دست آمد.

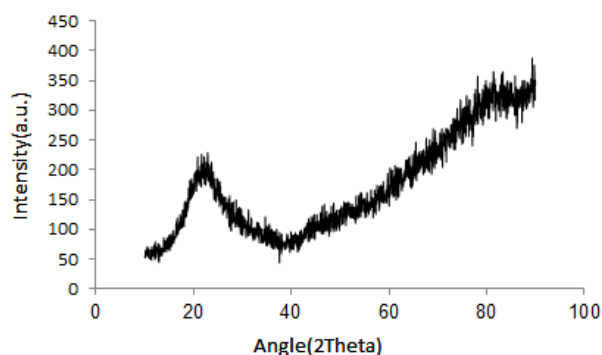
### ۲-۴- استفاده از نرم افزار آنالیز تصویری

به منظور تعیین میزان تخلخل نمونه‌ها، اندازه دانه‌ها و تعیین فازها از نرم افزار آنالیز تصویری استفاده شد.

### ۲-۵- آزمایش اندازه گیری استحکام

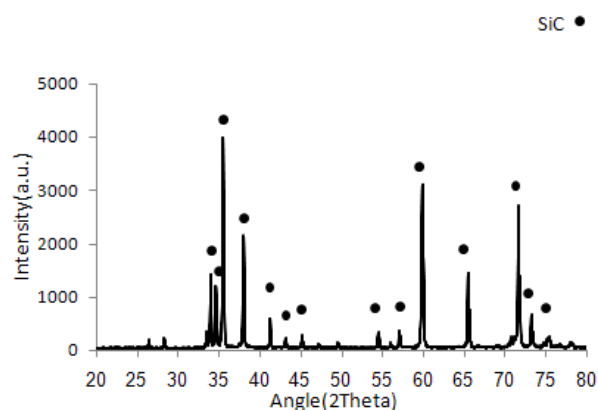
جهت تعیین استحکام نمونه‌های سرامیکی تولید شده از دستگاه تعیین استحکام استفاده شد. با توجه به اینکه استفاده از این

با توجه به آنالیز پراش اشعه ایکس در شکل (۲) نانوسیلیس مورد استفاده در این تحقیق فاقد پیک کریستالی و به صورت آمورف است.



شکل (۲): الگوی پراش پرتو X پودر نانوسیلیس

کاربرد سیلیسیم با اندازه دانه تقریباً ۱۰ میکرون ساخت کشور چین خلوص بالای ۹۵ درصد استفاده گردید. الگوی پراش پرتو X پودر کاربرد سیلیسیم در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل (۳): الگوی پراش پرتو X پودر کاربرد سیلیسیم

### ۳- نتایج

#### ۳-۱- بررسی نمونه‌ها از نظر شکل ظاهری

نمونه ۲ که از تلفیق سدیم متاسیلیکات و میکروسیلیس همراه با اکسید سریم و کاربید سیلیسیم ساخته شده است و در دمای ۷۵۰ درجه سانتی گراد پخت داده شده است نمونه خوبی به دست نمی‌دهد و شکننده است. اما نمونه ۱ در دمای ۹۵۰ درجه سانتی گراد پخت داده شده است از استحکام کافی برخوردار است.



شکل (۴): تصویر میکروسکوپ نوری از نمونه ۱

#### ۳-۲- بررسی نتایج آنالیز XRD

پس از بررسی نمونه‌ها از نظر شکل ظاهری نمونه شماره ۲ نا مطلوب بوده به همین دلیل آزمایش XRD تنها برای نمونه‌هایی که بهترین نتیجه را از نظر شکل ظاهری داشته‌اند (نمونه ۱ و ۳)، انجام شد. نمونه ۱ در دمای ۹۵۰ درجه سانتی گراد پخت داده شده است و دارای ترکیب تری پلی فسفات سدیم، اکسید سریم، متاسیلیکات سدیم، کاربید سیلیسیم و میکروسیلیس می‌باشد. با توجه به شکل (۵)، نتایج XRD نشان می‌دهد که فاز SiC و اکسید سریم از قبل اضافه شده است و میکروسیلیس آمورف به صورت کریستالی در آمده و  $\text{Na}_6\text{Si}_8\text{O}_{19}$  از ریشه متاسیلیکات سدیم با فرمول  $\text{SiO}_{2x}\text{Na}_2\text{O}_y$  همراه با قدری واکنش با میکروسیلیس و SiC ایجاد شده است. در مجموع پیوند خوبی شکل یافته و قدرت سایندگی به قطعه داده است.

دستگاه مستلزم ساخت نمونه‌های استاندارد است، لذا قبل از انجام آزمایش، نمونه‌هایی به صورت مکعب با ابعاد پنج سانتی متر تهیه گردید.

#### ۲-۶- تعیین درصد وزنی جذب آب

به منظور تعیین درصد وزنی جذب آب ابتدا نمونه‌ها در حالت خشک توزین گردیده و پس از قرار گرفتن به مدت ۲۴ ساعت در آب، مجدداً وزن آن‌ها اندازه گیری شد. هم‌چنین با معلق نگه داشتن نمونه در آب، وزن غوطه‌وری نیز اندازه گیری شد و در نهایت درصد وزنی جذب آب، درصد حجمی تخلخل باز و وزن مخصوص به دست آمد.

$$W_1: \text{وزن خشک}$$

$$W_2: \text{وزن مرطوب (تر)}$$

$$W_3: \text{وزن معلق در آب (غوطه‌وری)}$$

$$(۱) \text{ درصد وزنی جذب آب} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

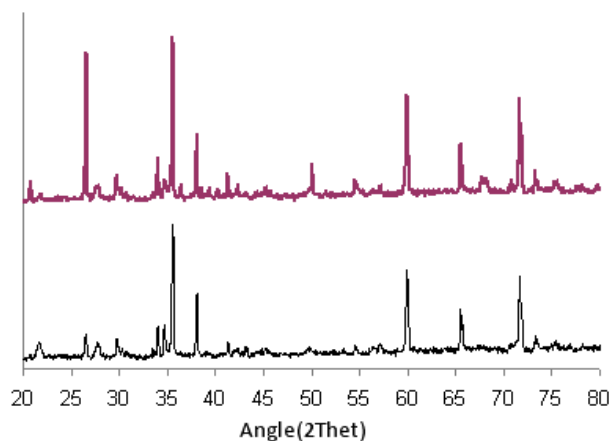
$$(۲) \text{ درصد حجمی جذب آب} = \frac{W_2 - W_1}{W_3} \times 100$$

$$(۳) \text{ وزن مخصوص} = \frac{W_1}{W_3}$$

#### ۲-۷- انجام آزمایش سایش

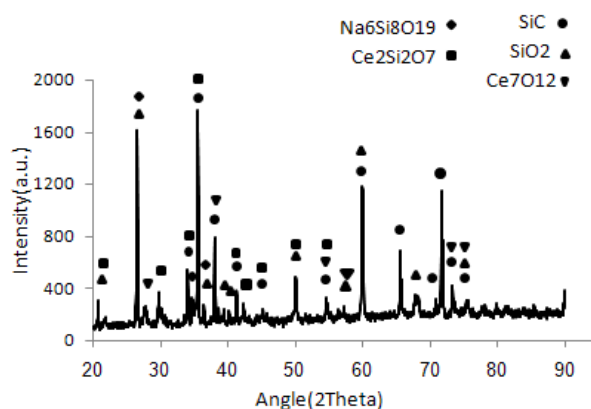
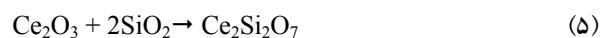
به منظور تعیین مقاومت به سایش تعدادی از نمونه‌ها بر روی آن‌ها آزمایش سایش انجام شد. نحوه انجام کار به این صورت بود که تعدادی از نمونه‌ها به صورت مکعب و با اندازه سطح  $1\text{cm}^2$  ساخته شد و به مدت پنج دقیقه توسط سمباده با مش ۱۰۰ و با سرعت ۱۱۵ دور در دقیقه تحت سایش قرار گرفت. شایان ذکر است که در تمام مدت انجام آزمایش از آب به عنوان روان کننده استفاده شد. وزن نمونه‌ها قبل و بعد از انجام آزمایش توسط ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری شد و اختلاف وزن بدست آمده برای هر کدام از نمونه‌ها به عنوان شاخص مقاومت به سایش در نظر گرفته شد.

می شود که در نمونه شامل نانوسیلیس، فاز کوارتز به مقدار زیادی تشکیل شده و کلیه پیک‌های آن دیده می شود. اما در مورد نمونه ۱ میکروسیلیس وارد واکنش برای احتمالاً تولید  $Ce_2Si_2O_7$  گردیده و مقدار زیادی کوارتز وجود ندارد. در نتیجه زمینه از پیک‌های کوچک کوارتز ایجاد شده و این پیک‌ها قابل تشخیص نیستند.



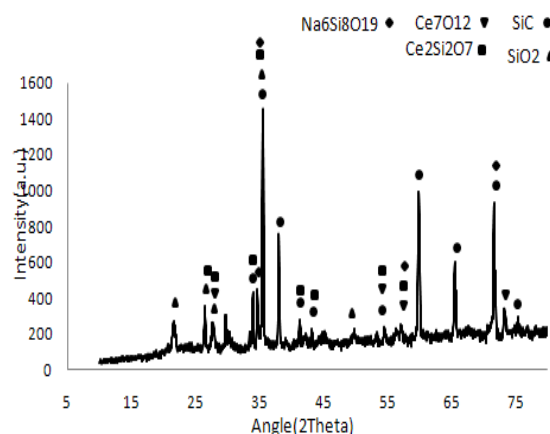
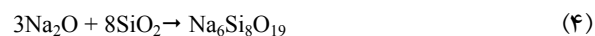
شکل (۷): مقایسه تصویر پراش پرتو X: بالا نمونه ۳ و پایین نمونه ۱

با توجه به شکل (۸) در این نمونه فاز شیشه‌ای بوجود نیامده است و یا اینکه مقدار آن ناچیز است. زیرا چنانچه فاز شیشه‌ای به مقدار قابل توجهی وجود داشت تخلخل‌ها پر می شد و زمینه پیوستگی بیشتری از خود نشان می داد. فاز کریستالی کوارتز در کنار فاز  $Na_6Si_8O_{19}$  که به عنوان چسباننده ذرات است، همراه با مقداری تخلخل و ذرات SiC و اکسیدسیریم دیده می شود. به علت عدم ایجاد فاز شیشه‌ای تخلخل‌ها پر نشده‌اند و شکل گل کلمی به نظر می رسد که متعلق به  $Ce_2Si_2O_7$  باشد و تحت واکنش زیر تشکیل می شود. هم چنین  $SiO_2$  وارد واکنش نشده و در زمینه حضور دارد به همین خاطر مقاومت به سایش خیلی خوبی دارد.



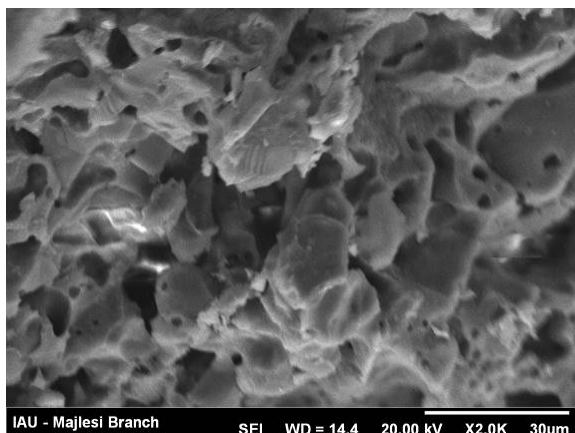
شکل (۵): تصویر پراش پرتو X نمونه ۱

نمونه ۳ در دمای ۹۵۰ درجه سانتی گراد پخت داده شده است و دارای ترکیب ترکیب تری پلی فسفات سدیم، اکسید سیریم، متاسیلیکات سدیم، کاربید سیلیسیم و نانوسیلیس می باشد. با توجه به شکل (۶)، نتایج XRD نشان می دهد که ذرات SiC و ذرات  $SiO_2$  حاصل از نانوسیلیس باعث افزایش مقاومت به سایش در این نمونه شده و پیونددهنده  $Na_6Si_8O_{19}$  تحت واکنش زیر به وجود آمده است.

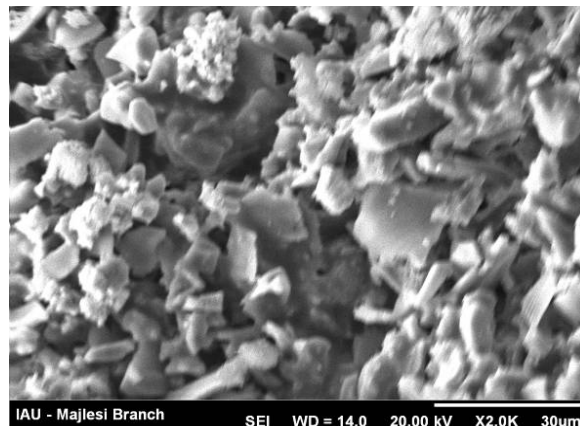


شکل (۶): تصویر پراش پرتو X نمونه ۳

از مقایسه دو نمودار فوق و با توجه به شکل (۷) چنین نتیجه

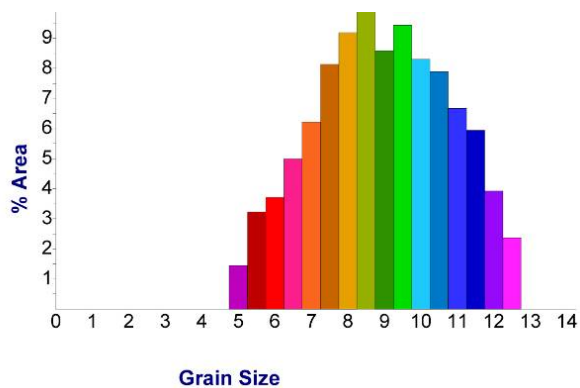


شکل (۱۰): تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه ۱



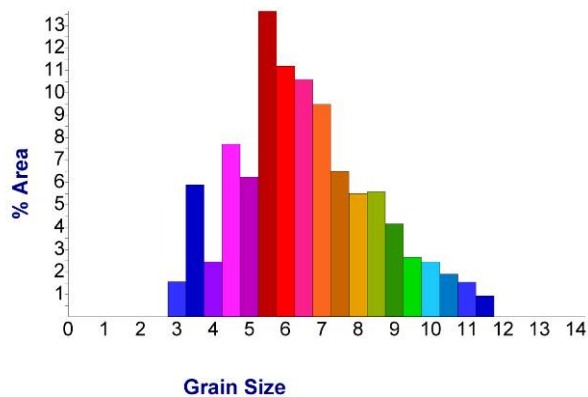
شکل (۸): تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه ۳

آنالیز تصویر با توجه به شکل (۱۱) نمایانگر توزیع اندازه دانه در محدوده ۷ تا ۱۰ میکرون و عدد متوسط ۸/۴ میکرون می باشد.



شکل (۱۱): توزیع اندازه دانه در نمونه ۱

آنالیز تصویر با توجه به شکل (۹) نمایانگر توزیع اندازه دانه در محدوده ۵ تا ۸ میکرون و عدد متوسط ۷/۴ میکرون می باشد.



شکل (۹): توزیع اندازه دانه در نمونه ۳

### ۳-۴- نتایج آزمایش استحکام

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول (۳) مشاهده می شود که نمونه ۳ به دلیل استفاده از نانوسیلیس در آن، دارای استحکام بیشتری نسبت به نمونه ۱ (میکروسیلیس دار) می باشد.

با توجه به شکل (۱۰) در این نمونه ذرات اسیدی SiC همراه با سدیم که ذرات اسیدی میکروسیلیس در یک فضای شیشه ای حاصل از متاسلیکات سدیم غوطه ور شده اند و مجموعاً ذرات اکسید سریم را در بر گرفته اند.

### ۳-۶- تعیین وزن مخصوص، درصد حجمی و درصد وزنی جذب آب

در نمونه‌هایی که آزمایش سایش و استحکام انجام شده بود، وزن مخصوص، درصد وزنی و حجمی جذب آب نیز به منظور تعیین تخلخل نمونه‌ها اندازه گیری شد که نتایج آن در جدول (۵) نشان داده شده است.

دو معیار برای اندازه گیری تخلخل سطحی قطعه وجود دارد که مبنایی بر نفوذ آب به درون قطعه است. یکی درصد وزنی جذب آب و دیگری درصد حجمی جذب آب که هر چه این دو معیار کوچک تر باشد مقدار تخلخل کمتر است. با توجه به نتایج به دست آمده نمونه ۳ از نظر مقدار تخلخل در وضعیت خوبی است. وزن مخصوص نمونه هر چه بیشتر باشد مقدار تخلخل کمتر و مطلوب تر است، که در این مورد نیز نمونه ۳ دارای وزن مخصوص بیشتری است.

جدول (۳): نتایج آزمایش استحکام (KN)

| نمونه ۱ | نمونه ۳ | ترکیب شیمیایی |
|---------|---------|---------------|
| ۰/۳۴    | ۰/۴۹    | استحکام (KN)  |

### ۳-۵- نتایج آزمایش سایش

نمونه‌هایی که روی آن‌ها آزمایش تعیین استحکام انجام شده است تحت آزمایش سایش نیز قرار گرفتند. نمونه‌ها قبل و بعد از سایش توزین گردیدند که نتایج آن مطابق جدول (۴) آمده است. مشاهده می‌شود که نمونه ۳ بهترین مقاومت به سایش را از خود نشان داده است.

جدول (۴): نتایج به دست آمده از آزمایش سایش

| نمونه ۳ | نمونه ۱ | ترکیب شیمیایی    |
|---------|---------|------------------|
| ۱/۲۸    | ۱/۹۷    | وزن اولیه (گرم)  |
| ۱/۱۳    | ۰/۸۹    | وزن ثانویه (گرم) |
| ۰/۱۵    | ۱/۰۸    | اختلاف وزن (گرم) |

جدول (۵): مقادیر وزن مخصوص، درصد وزنی و حجمی جذب آب

| ترکیب شیمیایی | وزن خشک<br>گرم | وزن مرطوب<br>گرم | وزن معلق<br>گرم | وزن مخصوص<br>gr/cm <sup>3</sup> | درصد حجمی<br>جذب آب | درصد وزنی<br>جذب آب |
|---------------|----------------|------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|
| ۱             | ۲/۴۵           | ۳/۱۱             | ۱/۶۵            | ۱/۲۰                            | ۴۹                  | ۴۶/۹۳               |
| ۳             | ۰/۸۴           | ۱/۱۶             | ۰/۶۹            | ۱/۲۱                            | ۴۶/۳۷               | ۳۹/۰۹               |

### ۴- نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده دمای پخت بهینه، دمای ۹۵۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. از نظر شکل ظاهری نمونه‌های ۱ و ۳ مطلوب تر از نمونه ۲ شناخته شدند. پس از بررسی نتایج میکروسکوپ الکترونی، آزمایش استحکام، آزمایش سایش و اندازه گیری درصد حجمی و وزنی و وزن مخصوص نمونه‌ها، چنین نتیجه شد که به طور کلی نمونه شامل نانوسیلیس، متاسیلیکات سدیم، اکسید سریم و کاربید سیلیسیم نتیجه بهتری را ارائه داد. لذا می‌توان حتی این نمونه را برای تولید صیقل دهنده‌های صنعتی پیشنهاد کرد.

### ۵- مراجع

- [۱] مارفوسیان، واهاک، شیشه، دانشگاه علم و صنعت ایران، مرکز انتشارات ۱۳۸۱.
- [۲] جعفری نژاد، شهریار، عناصر پایه در فناوری نانو و نانوکامپوزیت‌های پلیمری. چاپ اول. تهران: سیمای دانش ۱۳۸۸.
- [3] K. Eric, Engines of Creation. Fourth Estate, London, p. 296, 1990.
- [4] M. Wilson, Nanotechnology: " Basic Science and Emerging Technologies", 2002.
- [۵] حدادی اصل، وحید، مقدمه ای بر کاربرد نانوفناوری در پلیمرها. چاپ اول. تهران: روابط عمومی شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی ۱۳۸۶.
- [6] M. Wilson, Nanotechnology: " Basic Science and Emerging Technologies", 2002.
- [7] M.Cook, "Chemical Processes in Glass Polishing", Journal of Non-Crystalline Solid, 152-171, 1990.



- [10] E.Holcombe, H. Gorin," Ceramic-Banded Abrasive Grinding Tools", United States Patent, 5-366-524, 1994.
- [8] J. Luc, Nieul, "Polishing Compositions Based on Cerium and Process for the Preparation Thereof", United States Patent, 5-026-421, 1991.
- [9] P.Melard, L. Rochelle," Cerium/Rare Earth Polishing Composition", United State Patent,4-786-325,1998.