

## Investigating the Effect of Adding ZrO<sub>2</sub> Nanoparticles on Physical and Mechanical Properties of Glass Ionomer Cements

M. Khaghani<sup>1</sup>, Z. Golniya<sup>2</sup>, A. Doostmohammadi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Msc in Materials Engineering, Materials Engineering Department, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Isfahan, Iran, pari.khaghani@yahoo.com

<sup>2</sup> Msc in Materials Engineering, Materials Department, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, z.golniya@gmail.com

<sup>3</sup> Assistant Professor, Engineering Faculty, Materials Department, Shahrekord, Iran, Alidstm@gmail.com

---

### Abstract

The aim of this work was evaluating of zirconia nanoparticles' effect on physical and mechanical properties of dental glass ionomer cements (GICs). Ceramic part of GIC was prepared using melting method and zirconia nanoparticles were added to GIC in 1, 3 and 5 weight percent. Characterization tests and compressive strength evaluation of nanocomposite samples were carried out. The XRD results showed that the prepared ceramic part of GIC was completely amorphous and can be used as the matrix of composite. The result of XRF showed that the chemical composition of ceramic part of GIC was similar to expected composition. Also the results of mechanical properties determination analysis showed that the addition of zirconia nanoparticles to GIC could improve the compressive strength. The maximum of this strength obtained using 1% wt of GIC in zirconia composite. Increasing the nanoparticles content resulted in decrease of compressive strength but the strength of composite with any composition was more than the strength of control sample. According to the results of this study, the most proper composite was the one containing 1%wt zirconia nanoparticles.

**Key words:** Compressive strength, Glass ionomer cement, Zirconia nanoparticles.

---

\* Corresponding author  
Address: Materials Department, Engineering Faculty, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.  
Tel: +98 3814424438  
Fax: +98 3814424438  
E-mail: Alidstm@gmail.com

## بررسی تأثیر نانوذرات زیرکونیا بر خواص فیزیکی و مکانیکی سیمان‌های گلاس آینومر

معصومه خاقانی<sup>۱</sup>، زهرا گل‌نیا<sup>۲</sup>، علی دوست‌محمدی<sup>۳\*</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مهندسی مواد، دانشکده مواد، دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد، اصفهان، ایران pari.khaghani@yahoo.com

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد مهندسی مواد، دانشکده مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران z.golnija@gmail.com

<sup>۳</sup> استادیار، گروه مهندسی مواد، دانشکده فنی-مهندسی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

### چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر نانو ذرات زیرکونیا بر خواص فیزیکی و مکانیکی سیمان گلاس آینومر دندانی انجام شد. جزء سرامیکی سیمان گلاس به روش ذوبی ساخته شد و نانوذرات زیرکونیا در مقادیر ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی به آن افزوده شد. آزمون‌های مشخصه‌یابی و اندازه‌گیری استحکام فشاری کامپوزیت گلاس آینومر/زیرکونیا انجام شد. نتایج آزمون پراش پرتو ایکس نشان داد که جزء سرامیکی سیمان گلاس آینومر تولید شده ساختاری کاملاً آمورف دارد کهمی تواند به‌عنوان ماده زمینه کامپوزیت، بدون هیچگونه ناخالصی استفاده شود. نتیجه تحلیل عنصری نیز مشخص کرد که ترکیب شیمیایی جزء سرامیکی سیمان گلاس آینومر، با تقریب بسیار خوبی مشابه درصد‌های وزنی مورد انتظار بود. نتایج آزمون سنجش استحکام فشاری نشان داد افزودن نانوذرات زیرکونیا به سیمان گلاس آینومر باعث افزایش استحکام فشاری می‌شود و پیشینه این استحکام در حضور ۱ درصد وزنی نانوذرات زیرکونیا مشاهده شد. با افزایش مقدار زیرکونیا، میزان استحکام کاهش یافت؛ هرچند این مقدار همچنان از استحکام نمونه سیمان بدون نانوذرات زیرکونیا (نمونه کنترل) بیشتر بود. برپایه نتایج این پژوهش به نظر می‌رسد مناسب‌ترین کامپوزیت از لحاظ استحکام فشاری، کامپوزیت سیمان گلاس آینومر با ۱ درصد وزنی نانوذرات زیرکونیا است. نتیجه نهایی این پژوهش، دستیابی به کامپوزیت گلاس آینومر/زیرکونیا است، به طوری که ضمن حفظ خواص فیزیکی، استحکام فشاری آن نیز افزایش یافته است.

کلیدواژگان: استحکام فشاری، سیمان گلاس آینومر، نانو ذرات زیرکونیا.

\*عهده‌دار مکاتبات

نشانی: شهرکرد، کیلومتر ۲ جاده سامان، دانشگاه شهرکرد، دانشکده فنی- مهندسی، گروه مهندسی مواد.

تلفن: ۰۳۸۱۴۴۲۴۴۳۸، دورنگار: ۰۳۸۱۴۴۲۴۴۳۸، پیام نگار: Alidstm@gmail.com

## ۱- مقدمه

اتصالات عرضی حین مرحله سخت شدن باشد [۷،۶]. در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی در جهت بهبود خواص و عملکرد سیمان‌های گلاس‌آینومر انجام شده است. پژوهشگران متعددی در این زمینه و با ایده‌های مختلف مطالعاتی انجام داده‌اند. نتایج این تحقیقات در بسیاری از موارد از انتشار مقالات فراتر نرفته است. سیمان‌های گلاس‌آینومر به دلیل این خواص بی‌نظیر، مواد ترمیمی پرکاربردی برای دندان به‌شمار می‌روند و همواره محققان بسیاری سعی در بهینه‌سازی و بهبود خواص این سیمان‌ها داشته‌اند. شاید تنها محدودیت این مواد، خواص مکانیکی نه چندان مطلوب آن‌ها باشد [۹،۸]. زیرکونیا از جمله شناخته شده‌ترین بیوسرامیک‌های زیست سازگار به‌شمار می‌رود که در مقایسه با بیوسرامیک‌های دیگر نظیر آلومینا، از چقرمگی شکست بیشتر، استحکام فشاری زیادتر و مدول یانگ کمتری برخوردار است [۱۰]. هدف این پژوهش، ساخت سیمان گلاس‌آینومر به روش ذوبی و بررسی تأثیر نانو ذرات زیرکونیا بر خواص مکانیکی سیمان گلاس‌آینومر بود. جزء سرامیکی سیمان گلاس‌آینومر به روش ذوبی تهیه و مشخصه یابی شد. نانوذرات زیرکونیای استفاده شده در این پژوهش به صورت آماده تهیه شد بعلاوه خواص فیزیکی و مکانیکی (استحکام فشاری) کامپوزیت سیمان با نانوذرات زیرکونیا بررسی و ارزیابی شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

## ۲-۱- آماده‌سازی جزء سرامیکی پودر سیمان گلاس‌آینومر

مواد اولیه استفاده شده در این پژوهش برای ساخت جزء سرامیکی گلاس‌آینومر شامل اکسید آلومینیم ( $Al_2O_3$ )، اکسید سیلیسیم ( $SiO_2$ )، فلوراید استرانسیم (SrF)، فسفات آلومینیم ( $AlPO_4$ ) و فلوراید کلسیم ( $CaF_2$ ) با میزان خلوص ۹۹/۸ درصد بود. تمام مواد اولیه، تولید شرکت مرک<sup>۶</sup> کشور آلمان بود. جزء سرامیکی سیمان گلاس‌آینومر به روش ذوبی ساخته شد. در ابتدا درصدهای وزنی تعیین شده‌ای از اکسیدهای مذکور تهیه و سپس برای یکنواخت شدن پودرها در یک آسیاب گلوله‌ای با گلوله‌های آلومینایی با یکدیگر مخلوط شدند. پس از

سیمان‌های گلاس‌آینومر از مهمترین بیوسرامیک‌های ترمیمی مورد استفاده در دندانپزشکی هستند. تناسب رنگ با دندان و سازگاری زیستی بسیار مناسب با بافت سخت بدن از بارزترین ویژگی‌های این ماده است. از زمان ابداع سیمان‌های گلاس‌آینومر در سال ۱۹۷۰ توسط ویلسون و کنت در انگلستان، استفاده از آنها به دلیل ویژگی‌های مطلوبی نظیر اتصال فیزیکی- شیمیایی به نسوج آبدوست مینا و عاج، کاهش ریز نشت، آزادسازی طولانی مدت فلوراید، توانایی جذب فلوراید و ذخیره سازی آن، ضریب انبساط حرارتی پایین و زیست سازگاری با بافت پالپ و لثه، رو به افزایش است [۲،۱]. با وجود محاسن ذکر شده، این دسته از مواد معایبی دارند که استفاده از آن‌ها را در بعضی نواحی محدود می‌کند. از معایب عمده آنها شکست ترد است که در نتیجه آن، ماده نمی‌تواند در برابر نیروهای جویدن مقاومت کند. از جمله معایب دیگر این مواد می‌توان سخت شدن طولانی مدت، حساسیت به رطوبت- که حفظ توازن آب در حین کار با این ماده را لازم می‌سازد- خشونت سطحی، نداشتن استحکام کافی، سایش زیاد، ماتی و زمان کار کوتاه را نام برد. این معایب از زمان ابداع تاکنون اصلاح شده، به طوری که امروزه در گلاس‌آینومرهای جدید اغلب این معایب رفع شده‌اند [۴-۱]. در سیمان‌های گلاس‌آینومر، واکنش سخت شدن و تشکیل سیمان بر مبنای واکنش اسید- باز است [۵]. بخش اصلی سیمان ذرات شیشه قابل حل در اسید و مایع سیمان محلول آبی اسیدهای پلیمریک است. واکنش سخت شدن سیمان ناشی از خنثی شدن آهسته پلیمر اسیدی توسط ذرات شیشه است که در نهایت منجر به تشکیل ماتریکس حاوی نمک‌های پلیمری<sup>۱</sup> می‌شود. این واکنش<sup>۲</sup> طی سه مرحله رخ می‌دهد که با یکدیگر همپوشانی دارند. این مراحل شامل انحلال<sup>۳</sup>، ژل شدن<sup>۴</sup> و سخت شدن<sup>۵</sup> است. واکنش سخت شدن توأم با افزایش استحکام ماده به مرور زمان است و معمولاً استحکام این سیمان طی ۲۴ ساعت پس از اختلاط به قله خود می‌رسد. این پدیده حاکی از آن است که دو مرحله اول واکنش سفت شدن قبلاً رخ داده است و هرگونه افزایش در خصوصیات فیزیکی می‌تواند ناشی از افزایش

<sup>1</sup> Poly salts  
<sup>5</sup> Hardening

<sup>2</sup> Setting  
<sup>6</sup> Merck

<sup>3</sup> Dissolution

<sup>4</sup> Gelation



شکل (۱) - نحوه اندازه‌گیری پودر گلاس آینومر.



شکل (۲) - اختلاط پودر گلاس آینومر با مایع (پلی‌اکریلیک اسید).

مورد نظر استفاده شد. همچنین برای مطالعه و بررسی اندازه، مورفولوژی، شکل و ریزساختار جزء سرامیکی و کامپوزیت سیمان گلاس آینومر از میکروسکوپ الکترونی روبشی<sup>۷</sup> (Seron Technology, AIS2100) استفاده شد. در نهایت از آزمون استحکام فشاری، به‌منظور سنجش و تعیین استحکام فشاری نمونه‌های کامپوزیتی بهره گرفته شد.

## ۲-۲- نانو ذرات زیرکونیا

نانوذرات زیرکونیا با اندازه ذرات ۲۰ نانومتر به‌صورت آماده تهیه شد.

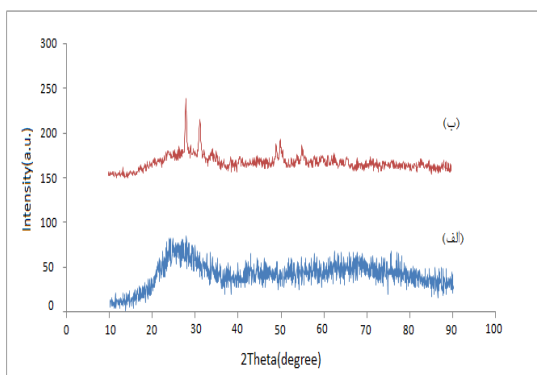
آن مقدار تعیین شده از مواد اولیه وارد کوره ذوب الکتریکی (Atash 1500) شد و برای رسیدن به محدوده دمایی ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد به مدت سه ساعت با آهنگ پنج درجه سانتیگراد بر دقیقه حرارت داده شد. در این پژوهش، برای ذوب مواد اولیه از بوتله آلومینایی استفاده شد. از ذوب مواد کریستالی مذکور در دمای ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد، شیشه مذاب حاصل شد. شیشه به دست آمده در دمای محیط خنک شد و به مدت پنج ساعت در یک آسیاب گلوله‌ای-سیاره‌ای (Fretch, Pulverisette-5) با محفظه‌های زیرکونیایی مقاوم به سایش و با رعایت عواملی نظیر نسبت گلوله به پودر، تعداد گلوله و سرعت چرخش، تحت عملیات خردایش قرار گرفت. پودر به دست آمده از این مرحله، از یک الک با توری ۲۰۰ مش (معادل ۷۶ میکرون) عبور داده شد تا طبق استاندارد ASTM<sup>۸</sup>، پودری شیشه‌ای محسوب شود [۱۱، ۱۲]. پودر حاصل، جزء سرامیکی سیمان گلاس آینومر است. در مرحله بعد پودر سرامیکی ساخته شده با مایع پلیمری (پلی‌اکریلیک اسید) مخلوط شد و نمونه‌های گلاس آینومر جهت انجام آزمون‌های بعدی، آماده شدند. برای آماده‌سازی نمونه‌ها ابتدا پودر گلاس آینومر روی اسلب سرد توزیع شد. سپس نیمی از پودر توزیع شده، به آرامی به مایع پلیمری (پلی‌اکریلیک اسید) اضافه شد و به طور سریع در مدت ۲۰ ثانیه مخلوط شد. پس از آن قسمت دوم پودر گلاس، به طور کامل به مخلوط اضافه و این اختلاط نیز در مدت ۲۰ ثانیه انجام شد. ماده مخلوط شده نهایی دارای سطحی براق و خیس بود و زمان انجام کار بر آن در این مرحله به ۳۰ تا ۴۵ ثانیه می‌رسید. مراحل اختلاط در تصاویر (۱) و (۲) نشان داده شده است. مخلوط نهایی درون قالب‌هایی از جنس آلومینیوم با ارتفاع ۶ میلی‌متر و قطر ۴ میلی‌متر ریخته شد و در نهایت نمونه‌ها پس از خشک شدن کامل از قالب‌ها خارج و برای انجام آزمون‌های بعدی آماده شدند.

ساختار فازی و شیشه‌ای جزء سرامیکی سیمان گلاس آینومر به کمک آزمون پراش پرتو ایکس (XRD, Philips Xpert) بررسی شد. از تحلیل عنصری فلورسانس پرتو ایکس (XRF, Bruker, S4PIONEER, Germany) به‌منظور تأیید حضور اکسیدها در ترکیب نهایی پودر گلاس آینومر مطابق درصد وزنی

<sup>7</sup> American Standards for Testings and Materials

<sup>8</sup> Scanning Electron Microscope (SEM)

### ۳-۲- ساخت نمونه‌های کامپوزیتی



شکل (۳) - طیف‌های تحلیل پراش پرتو ایکس: الف) پودر گلاس آینومر، ب) پودر گلاس آینومر با ۵ درصد وزنی زیرکونیا.

این نتیجه حاکی از تشکیل ساختار شیشه‌ای مورد نظر در گلاس آینومر است. ذرات زیرکونیا ساختاری کریستالی و متبلور دارند؛ به همین دلیل وجود این ذرات در ساختمان گلاس آینومر، باعث حضور پیک‌های مربوط به ساختار کریستالی در الگوی پراش می‌شود.

### ۳-۲-۲- تحلیل عنصری به روش فلورسانس پرتو ایکس

(XRF)

تحلیل عنصری به روش فلورسانس پرتو ایکس بر روی پودر گلاس آینومر و به منظور تأیید حضور اکسیدها در ترکیب مطابق درصد وزنی مورد نظر، انجام شد. نتایج به دست آمده با تقریب قابل قبولی مشابه درصدهای وزنی محاسبه شده در نمونه بود.

جدول (۱) - درصد وزنی ترکیبات پودر گلاس آینومر.

اکسید	درصد وزنی
SiO <sub>2</sub>	٪۳۹
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	٪۲۵/۵
AlPO <sub>4</sub>	٪۱۶/۵
CaF <sub>2</sub>	٪۱۲
SrF	٪۷

به منظور آماده‌سازی کامپوزیت (پودر گلاس آینومر حاوی نانوذرات زیرکونیا)، ابتدا مقدار مشخصی از پودر گلاس آینومر سنتز شده به روش ذوبی (نسبت وزنی پودر به نانوذرات زیرکونیا ۲۰ به ۱) به دقت وزن شد. سپس نانوذرات زیرکونیا با درصدهای وزنی ۱، ۳ و ۵ به پودر گلاس آینومر اضافه شدند [۵، ۱۳]. برای مخلوط کردن نانوذرات زیرکونیا و پودر گلاس آینومر از آمالگاماتور به مدت ۳۰ ثانیه استفاده شد. برای نمونه‌سازی بمنظور تعیین استحکام فشاری، ترکیب حاصل با مایع پلیمری با نسبت ۱/۵ به ۱ (پودر به مایع) در دمای اتاق مخلوط و سپس درون قالب‌هایی استوانه‌ای به قطر ۴ میلی‌متر و ارتفاع ۶ میلی‌متر ریخته شد. نمونه‌ها بعد از ۳۰ دقیقه از قالب جدا شدند و در آب مقطر با دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. تعداد ۵ نمونه بدین طریق برای انجام آزمون فشاری آماده شد.

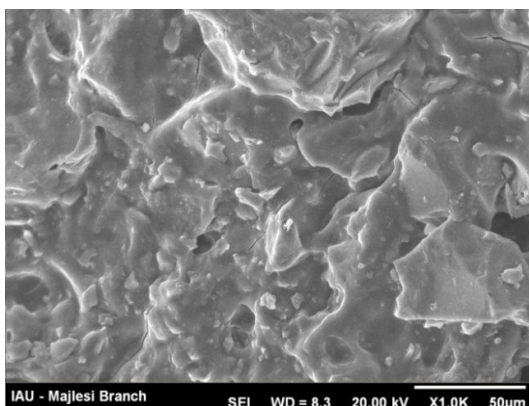
### ۳- نتایج

#### ۳-۱- مطالعات فازی (XRD)

در شکل (۳) الگوی پراش پرتو ایکس از دو نمونه پودر گلاس آینومر و پودر گلاس آینومر حاوی ۵ درصد وزنی نانوذرات زیرکونیا پس از ترکیب شدن با مایع پلیمری (پلی اکریلیک اسید)، نشان داده شده است. همانطور که از بخش (الف) شکل (۳) پیداست در الگوی پراش نمونه پودر گلاس آینومر هیچ پیک آشکاری مشاهده نمی‌شود. این واقعیت، نشان‌دهنده ساختار تقریباً آمورف (بی‌شکل) پودر گلاس آینومر است. این در حالی است که در الگوی پراش پرتو ایکس بدست آمده از نمونه سیمان گلاس آینومر حاوی ۵ درصد وزنی نانو ذرات زیرکونیا (شکل (۳-ب)) پیک‌های فاز زیرکونیا در محدوده  $2\theta = 25-55^\circ$  قابل مشاهده است.

نتایج آزمون XRD به خوبی نشان می‌دهد که پودر گلاس آینومر ساخته شده به روش ذوبی، ساختاری آمورف و بی‌شکل دارد.

تصاویر برداشت شده به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی از ساختار شیشه‌ای یکپارچه گلاس آینومر (مخلوط پودر گلاس آینومر با مایع پلیمری (پلی اکریلیک اسید)) در شکل (۵) نشان داده شده است. جزء سرامیکی ساخته شده، به خوبی با مایع پلیمری مخلوط شد و شیشه گلاس آینومر استحکامی مناسب پیدا کرد. سطح نسبتاً یکنواخت و یکپارچه گلاس آینومر، به خوبی در تصاویر برداشت شده با میکروسکوپ الکترونی روبشی مشاهده می‌شود. این نتایج با گزارش‌های ارائه شده<sup>۹</sup> لوکاس<sup>۹</sup> و همکاران [۱۴،۱۵] و فوروتس<sup>۱۰</sup> و همکاران او [۱۴،۱۶] تطابق داشت.



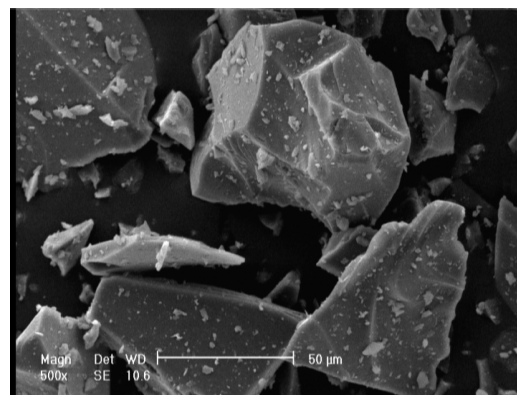
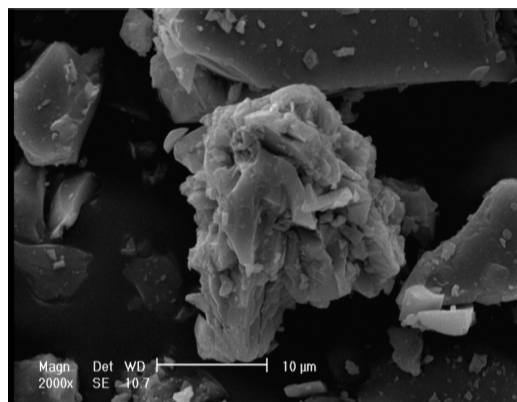
شکل (۵) - تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سیمان گلاس آینومر (جزء سرامیکی مخلوط شده با مایع پلی اکریلیک اسید) در بزرگنمایی‌های مختلف.

تصاویر برداشت شده از پودر سیمان گلاس آینومر با ۵ درصد وزنی ذرات زیرکونیا با میکروسکوپ الکترونی روبشی در شکل (۶) مشاهده می‌شود. در این تصاویر، ذرات زیرکونیا به صورت پراکنده و در بزرگنمایی‌های مختلف بر روی زمینه شیشه‌ای گلاس آینومر قابل مشاهده است.

نتیجه آزمون XRF نشان داد که ترکیب شیمیایی جزء سرامیکی سیمان گلاس آینومر ساخته شده به روش ذوبی، با تقریب بسیار خوبی مشابه درصد‌های وزنی مورد انتظار است.

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

تصاویر برداشت شده با میکروسکوپ الکترونی روبشی از ذرات جزء سرامیکی سیمان گلاس آینومر ساخته شده، در شکل (۴) و در بزرگنمایی‌های مختلف نشان داده شده است. آنچه از این تصاویر به خوبی مشخص است، شکل‌های نامنظم و اندازه کمتر از ۱۰۰ میکرومتری ذرات شیشه است. اندازه کمتر از ۱۰۰ میکرومتر برای ذرات شیشه تولید شده به روش ذوبی را سایر پژوهشگران نیز گزارش کرده‌اند [۵]. اندازه ذرات شیشه، در عملکرد آنها پس از مخلوط شدن با مایع پلیمری (پلی اکریلیک اسید) اهمیت بسزایی دارد.

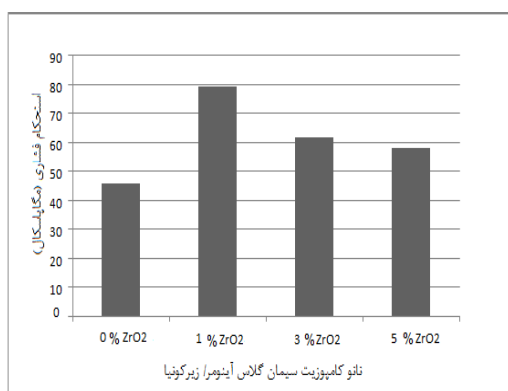


شکل (۴) - تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از جزء سرامیکی سیمان گلاس آینومر در بزرگنمایی‌های مختلف.

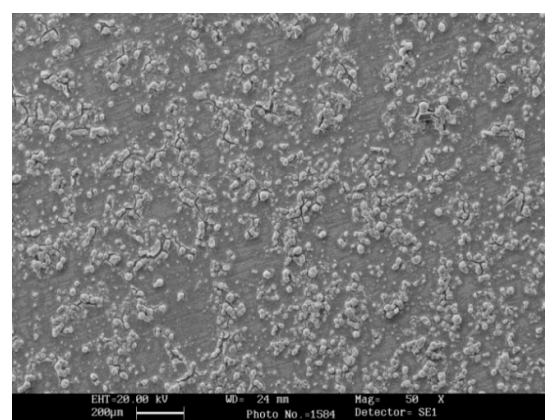
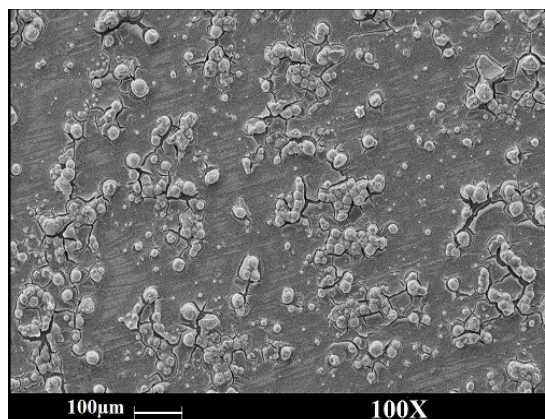
<sup>۹</sup> Lucas

<sup>۱۰</sup> Fruits





شکل (۷) - نمودار ستونی مقادیر استحکام فشاری برای درصدهای وزنی مختلف زیرکونیا در سیمان گلاس آینومر.



شکل (۶) - تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از پودر گلاس آینومر با ۵ درصد وزنی نانو ذرات زیرکونیا.

### ۳-۴- آزمون اندازه‌گیری استحکام فشاری (Cs)

نتایج ارزیابی استحکام فشاری سیمان گلاس آینومر ساخته شده با درصدهای وزنی مختلف نانوذرات زیرکونیا (کامپوزیت گلاس آینومر/زیرکونیا)، در جدول (۲) و همچنین در شکل (۷) ارائه شده است.

نتایج آزمون سنجش استحکام فشاری نشان داد که افزودن نانوذرات زیرکونیا به سیمان گلاس آینومر باعث افزایش استحکام فشاری می‌شود و بیشینه این استحکام نیز با حضور ۱ درصد وزنی نانوذرات زیرکونیا مشاهده شد. با افزایش مقدار زیرکونیا، میزان استحکام روندی کاهشی داشت؛ هرچند این مقدار همچنان از استحکام نمونه سیمان بدون نانوذرات زیرکونیا (نمونه کنترل) بیشتر بود. کاهش استحکام فشاری در مقادیر بالاتر از ۱ درصد وزنی ذرات زیرکونیا به دلیل کاهش نیروهای پیوندی و اتصال‌دهنده میان جزء سرامیکی و پلیمری سیمان گلاس آینومر است. در واقع ذرات خارجی زیرکونیا همانند مانعی عمل کرده؛ از اتصال کامل اجزای سیمان گلاس آینومر ممانعت می‌کنند. از این رو، کاهش استحکام فشاری در سیمان گلاس آینومر دارای درصدهای وزنی بیشتر از ۱ درصد زیرکونیا قابل توجیه است. با توجه به نتایج به دست آمده، افزودن نانوذرات زیرکونیا به سیمان گلاس آینومر در مقادیر کمتر از ۳ درصد وزنی ارتقای خواص مکانیکی (استحکام فشاری) را به دنبال دارد.

جدول (۲) - مقادیر میانگین استحکام فشاری (انحراف از معیار) سیمان گلاس آینومر دارای درصدهای مختلف وزنی نانوذرات زیرکونیا.

GIC (درصد وزنی)	ZrO <sub>2</sub> (درصد وزنی)	استحکام فشاری (MPa)
۱۰۰	صفر	۶۱/۱۰ (۲/۶۱)
۹۹	۱	۷۹/۸۳ (۲/۹۴)
۹۷	۳	۶۲/۱۰ (۱/۴۳)
۹۵	۵	۵۸/۴ (۲/۴۱)

Hydroxyapatite particle characteristics influence the enhancement of the mechanical and chemical properties of conventional restorative glass ionomer cement; *Dental Materials*, 2011; 30(5): 627-683.

- [9] Vu ThiKieu Diem., Martin J., Tyas., Hien C., Ngo, Lam Hoai Phuong, Ngo Dong Khanh, The effect of a nano-filled resin coating on the 3-year clinical performance of a conventional high-viscosity glass-ionomer cement; *Clinical Oral Investigations*, 2013.
- [10] Gu Y.W., Yap A.U.J., Cheang P., Khor K.A., Effects of incorporation of HA/ZrO<sub>2</sub> into glass ionomer cement (GIC); *Journal of Biomaterials*, 2005; 26: 713-720.
- [11] Todo, A., Hirasawa, M. and Kato, Sh., Glass powder for dental glassionomer cement; United states patent , Number. 6:136,737.
- [12] Doostmohammadi A., Monshi A., Salehi R., Fathi MH., Karbasi S., UwePieles AU Daniels. Preparation, chemistry and physical properties of bone-derived hydroxyapatite particles having a negative zeta potential; *Materials Chemistry and Physics*, 2012; 132: 445-446.
- [13] R.M. Silva., P.H.N. Santos., L.B. Souza., V.C. Dumont, J.A., Soares, M.H., Santos., Effects of cellulose fibers on the physical and chemical properties of glass ionomer dental restorative materials; *Materials Research Bulletin*, 2012:1-9.
- [14] Mount G., Glass ionomers: A review of their current status; *Operative Dentistry*, 1990; 115-124.
- [15] Lucas ME., Arita K., Nishino M., Toughness, Bonding and fluoride release properties of hydroxyapatite-added glass ionomer cement; *Biomaterials*, 2003; 24:3787-3794.
- [16] Fruits TJ., Duncanson MG., Miller RC., Bond strengths of fluorid releasing restorative materials; 1996; 9: 219-222.

#### ۴- نتیجه گیری

در این پژوهش کامپوزیت سیمان گلاس آینومر/زیرکونیا ساخته؛ خواص فیزیکی و مکانیکی آن ارزیابی شد. نتایج آزمون پراش پرتو ایکس نشان داد جزء سرامیکی پودر گلاس آینومر تولید شده به روش ذوبی، ساختاری کاملاً آمورف دارد که می‌تواند به‌عنوان ماده زمینه کامپوزیت، بدون هیچگونه ناخالصی استفاده شود. نتایج حاصل از آزمون‌های سنجش استحکام فشاری نشان داد که افزودن بیوسرامیک زیرکونیا در مقادیر کمتر از ۳ درصد وزنی باعث کاهش و از دست رفتن استحکام فشاری سیمان گلاس آینومر نخواهد شد. بنابراین مناسب‌ترین کامپوزیت از لحاظ آزمون مکانیکی برای کاربرد در دندانپزشکی، کامپوزیتی با مشخصات ۹۹ wt% پودر گلاس آینومر با ۱ wt% نانوذرات زیرکونیا است. نتایج این پژوهش می‌تواند گام مهمی در توسعه و ارتقای خواص سیمان‌های گلاس آینومر و معرفی ترکیبات جدید این مواد باشد.

#### ۵- مراجع

- [1] Hench LL., Polak JM., *Third-Generation Biomedical Materials*; Science, 2002; 295(5557): 1014-1017.
- [2] Mount G., Hume W., *Preservation and restoration of tooth structure*; Mosby 1998.
- [3] Mccaghren RR., Retief DH., Bradley EL, Denys FR., Shear bond strength of light cure glass honomer to enamel dentin; *Dent Res*, 2000; 69(1): 40-45.
- [4] Philips R, Alph W., *The glass ionomer cement*; JADA, 1999; 120:19-20.
- [5] Moshaverinia A., Ansari S., Moshaverinia M., Roohpour N., A.Darr J., and Rehman I., Effects of incorporation of hydroxyapatite and fluoroapatitenanobioceramics into conventional glass ionomer cements; *Biomaterialia*, 2008; 4: 432-440.
- [6] Crisp S., Wilson AD., Reaction in glass ionomer cements; Decomposition of the powder. *J Dent Res*, 1974; 53(6): 1408- 1413.
- [7] Pearson GJ, Atkinson AS., Long- Term flexural strength of glass ionomer cements; *Bio Mat*, 1991; 12(7): 658-660.
- [8] Kenji, A., Aimi, Y., Yukari, SH., Keiko, H., Yoko, A., Keizo, N. and Shigeru, S.,