

## ساخت و ارزیابی اینوستمنت جدید برای کاربردهای دندان پزشکی

تهمینه احمدی\*، دکتر محمد حسین فتحی<sup>۱</sup>، دکتر احمد منشی<sup>۱</sup>

### چکیده

**مقدمه:** اینوستمنت‌ها موادی برای ایجاد قالب به منظور ریخته‌گری دقیق برای ساخت اینلی، اتلی، کرون و بریج‌ها هستند. در پژوهش حاضر، ابتدا گچ‌ها و اینوستمنت‌های مصرفی در ایران ارزیابی و مشخصه یابی گردید، سپس گچ با ترکیب سولفات کلسیم نیمه هیدرات آلفا و اینوستمنت دندان‌ی جدید با پیوند گچ- میکروسیلیس ساخته شد. هدف از انجام این پژوهش، ساخت و ارزیابی اینوستمنت جدید در ایران بود تا کشور از ورود مواد خارجی بی نیاز گردد.

**مواد و روش‌ها:** گچ‌های زرد، ول میکس، ارتودنسی و اینوستمنت‌های ریخته‌گری مصرفی در کشور، به وسیله تکنیک‌های آنالیز عنصری میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، بررسی مورفولوژی توسط این میکروسکوپ و آنالیز فازی توزیع انرژی پرتو ایکس، ارزیابی و شناسایی شدند. گچ معدنی  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  در اتوکلاوی با حداکثر فشار سه اتمسفر حرارت داده شد و استون دندان‌ی به دست آمد و به وسیله روش‌های مذکور ارزیابی شد. اینوستمنت جدید پیوند گچ- میکروسیلیس با ترکیب پودرهای سیلیس ریز، آلومین، کاربید سیلیسیم، استون، میکروسیلیس و پلی پروپیلن ساخته شد. آزمایش‌های استحکام فشاری سرد و انبساط گیرش بر روی نمونه‌ها انجام شد. ریخته‌گری در قالب‌های ساخته شده صورت گرفت. سپس رفتار اینوستمنت‌ها در دماهای بالا به وسیله آنالیز فازی پراش پرتو ایکس بررسی شد و تعدادی از نمونه‌ها پس از پخت استحکام سنجی شدند.

**یافته‌ها:** تکنیک‌های ارزیابی فوق نشان داد که گچ‌های زرد و ول میکس، استون دندان‌ی هستند و گچ ارتودنسی، استون با استحکام زیاد است. اینوستمنت‌های مصرفی، همه از نوع باندهای فسفات هستند. اینوستمنت جدید ساخته شده، دماهای بالاتر از ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد را تحمل می‌کند. در این دماها، اثری از تجزیه گچ دیده نمی‌شود. کاربید سیلیسیم و پلی پروپیلن، استحکام فشاری اینوستمنت را افزایش می‌دهند. استحکام فشاری این مواد پس از پخت تا ۷ برابر نسبت به حالت تر افزایش می‌یابد.

**نتیجه‌گیری:** میکروسیلیس به عنوان پیوند دهنده و نسوز کاربرد دارد. میکروسیلیس ریز است و سطح ویژه زیادی دارد، بنابراین چسب خوبی است و باعث صافی سطح قطعات ریخته‌گری می‌شود. استفاده از موادی مثل کاربید سیلیسیم، استحکام اینوستمنت‌ها را بالا می‌برد و مقاومت حرارتی آنها را زیاد می‌کند. الیاف پلی پروپیلن، نفوذ پذیری گاز قالب‌های اینوستمنت را افزایش می‌دهد. اینوستمنت‌های جدید، دماهای بالاتر از  $1000^\circ C$  را می‌توانند تحمل کنند. مواد دیگری برای بالا بردن تحمل دمایی پیشنهاد شده است که گران تر از محصولات پایه میکروسیلیس هستند.

**کلید واژه‌ها:** گچ دندان پزشکی، اینوستمنت، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، میکروسیلیس، آنالیز فازی توزیع انرژی پرتو ایکس.

\* کارشناس ارشد مهندسی متالورژی،  
دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی  
اصفهان  
tahmadi56@yahoo.com

۱: دانشیار، دانشکده مهندسی مواد،  
دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

این مقاله در تاریخ ۸۵/۸/۲۳ به دفتر مجله  
رسیده، در تاریخ ۸۵/۹/۲۰ اصلاح شده و  
در تاریخ ۸۵/۱۰/۱۲ تأیید گردیده است.

مجله دانشکده دندان پزشکی اصفهان  
۱۳۸۶، ۳(۱): ۹ تا ۱۰

## مقدمه

گچ در طبیعت به صورت ترکیب  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  است که سنگ گچ نام دارد. رنگ آن سفید و تا اندازه‌ای شیری است و به صورت فشرده در طبیعت یافت می‌شود [۱]. این ماده در اثر گرم شدن آب خود را از دست می‌دهد. بر حسب دما، زمان و شیوه خارج کردن آب از گچ، ترکیبات مختلفی به دست می‌آید [۲]. اگر گچ در دمای  $130^\circ\text{C}$  -  $110^\circ\text{C}$  تحت فشار محیط حرارت داده شود، ترکیب نیمه هیدرات بتا تولید می‌شود. این ماده دارای تخلخل و سطح خارجی زیادی است (پلاستر). اگر سنگ گچ در دمای  $140^\circ\text{C}$  -  $120^\circ\text{C}$  در اتوکلاو حرارت داده شود، نیمه هیدرات آلفا (استون) که دارای تخلخل و سطح خارجی کم است، تولید می‌شود [۳]. گچ نیمه هیدرات کاربردهای زیادی دارد و حدود سه قرن از استفاده آن در دندان پزشکی می‌گذرد. لاوز در سال ۱۷۶۵ برای اولین بار در مورد این گچ‌ها پژوهش کرد [۴]. گچ‌های نیمه هیدرات به تنهایی و به عنوان پیوند دهنده در مواد اینوستمنت در دندان پزشکی کاربرد دارند. از مواد اینوستمنت جهت تهیه قالب ریخته‌گری دقیق برای تهیه اجزا پروتز دندانی استفاده می‌شود. این مواد شامل پایه نسوز و یک پیوند دهنده هستند. مطابق دستورالعمل شماره ۲۵ انجمن دندان پزشکان آمریکا، گچ‌ها و ترکیبات حاوی گچ در دندان پزشکی به انواع زیر طبقه‌بندی می‌شوند: پلاستر قالب‌گیری، پلاستر مدل، استون دندانی، استون با استحکام زیاد، استون با استحکام و انبساط زیاد، استون دندانی مصنوعی، اینوستمنت‌های باند گچی [۲]. در دندان پزشکی، سه نوع اینوستمنت با باندهای گچی، فسفات و سیلیکاتی استفاده می‌شوند. اینوستمنت‌های باند گچی ارزان هستند و تهیه آنها راحت است ولی در حالت عادی تحمل دماهای بالاتر از  $700^\circ\text{C}$  را ندارند [۲]. برای رفع این مشکل تلاش‌های زیادی انجام شده است. اگر رزین پلی تترا فلرواتیلن به مقدار کم‌تر از ۰/۰۱ قسمت وزنی در اینوستمنت‌های باند گچی استفاده شود، مقاومت حرارتی این مواد زیاد خواهد شد [۵]. در دماهای بالاتر از  $700^\circ\text{C}$ ، در اینوستمنت‌های باند گچی علاوه بر آب، گازهای SO و  $\text{SO}_2$  ایجاد می‌شود. هر ماده‌ای که به خروج گازها کمک کند، پایداری قالب‌های اینوستمننتی باند گچی را بهبود می‌دهد. نمک‌های غیر آلی مثل کلرید سدیم و پودرهای نسوز دیگر غیر از کوارتز و کریستوبالیت، عبور گاز را بهبود می‌بخشد [۶]. استفاده از

ترسازها شامل اسیدهای چرب هیدروفوبیک و امثال آن، باعث تولید اینوستمنت‌های با گرد و غبار کم می‌شود [۷،۸]. مطابق پژوهش‌های انجام شده، ارتباط زیادی بین استحکام فشاری تر و خشک اینوستمنت‌ها و مقاومت شکست آنها هنگام قرار گرفتن در معرض ریختن فلز وجود ندارد [۹،۱۰]. تحقیقات نشان می‌دهد که خشک کردن اینوستمنت‌ها در مایکروویو نسبت به خشک کردن در آن، باعث افزایش استحکام کششی مواد اینوستمنت می‌شود [۱۱]. هدف از این پژوهش، که در سه مرحله انجام شد، ابتدا شناسایی و مشخصه یابی گچ‌ها و اینوستمنت‌های مصرفی در دندان پزشکی کشور و سپس تهیه و ارزیابی استون دندانی و ساخت و مشخصه یابی اینوستمنت باند گچی همراه با میکروسلیس بود؛ که با توجه به وارداتی بودن اینوستمنت‌ها، لزوم ساخت و تولید نوع داخلی آن کاملاً احساس می‌شود.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش از نوع تجربی - آزمایشگاهی و بدون جهت است. جمعیت مورد مطالعه، نمونه‌های تهیه شده گچ و اینوستمنت هستند. محصولات گچی و اینوستمنت مصرفی در دندان پزشکی کشور مانند گچ‌های زرد (ساخت دنتال پارس کرج، ایران)، ول میکس (کر ساخت کشور آلمان) و ارتودنسی (رایپدر ساخت کارخانه دنتا رم آلمان) و سه نوع اینوستمنت (دگوست آلمان) ریخته‌گری انتخاب شده، به کمک روش‌های آزمایشگاهی ارزیابی شدند. به این منظور روش‌های آنالیز عنصری میکروسکوپ الکترونی روبشی و تکنیک آنالیز فازی پراش پرتوی ایکس به کار برده شد. در شناسایی این مواد از تکنیک بررسی مورفولوژی توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی نیز استفاده شد.

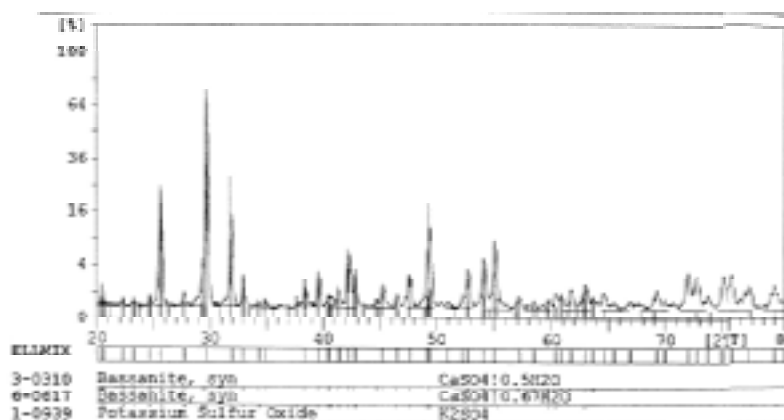
در مرحله ساخت، ابتدا گچ استون ساخته شد. سنگ گچ مصرفی ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) از معدن دورک واقع در سلسله جبال زاگرس تأمین گردید و تا اندازه کم‌تر از ۲۰۰ مش خرد شد. این ماده در اتوکلاوی با فشار سه اتمسفر حرارت داده شد و استون با ترکیب  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$  تولید شد. دو نمونه از استون تولیدی به وسیله تکنیک فازی پراش پرتو ایکس ارزیابی شد و مورفولوژی آنها به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی بررسی شد. اینوستمنت‌های جدید باند گچی با ترکیباتی از پایه مواد نسوز و پیوند دهنده گچ - میکروسلیس ساخته شد. سیلیس ریز

فشاری، این دوغاب درون قالب‌های استوانه‌ای فلزی به قطر داخلی ۶۰، ارتفاع ۵۰ و ضخامت ۴ میلی‌متر ریخته شد. پس از گیرش اولیه و خشک شدن، استحکام فشاری ۳۰ ترکیب اینوستمنت که با درصد‌های مختلف مواد فوق ساخته شده بودند اندازه‌گیری شد. مطابق استاندارد ۲۵۷۰، تعداد ۵ نمونه از هر ترکیب جهت تعیین میانگین استحکام فشاری به کار برده شد. دوغاب ۵ نمونه از ۱۶ ترکیب اینوستمنت در قالب‌های به شکل مخروط ناقص ریخته شد تا قالب‌های اینوستمنتی با قطر بزرگ و کوچک ۵۰ و ۳۰ میلی‌متر و ارتفاع ۴۰ میلی‌متر تولید شود. این قالب‌ها پس از گیرش اولیه، در دمای  $50.0^{\circ}\text{C}$  -  $40.0^{\circ}\text{C}$  به مدت سه ساعت پیش‌گرم شدند. مس و برنج در این قالب‌ها با استفاده از روش تولید ریختنی‌ها ریخته‌گری شد. رفتار قالب‌ها در برابر مذاب بررسی شد. چسبیدن قالب به نمونه، سطح قطعه تولیدی، تغییرات فازی و تغییرات استحکام این نمونه‌ها بررسی شد. دوغاب ۵ ترکیب مختلف (از هر کدام ۵ نمونه) روی دستگاه انبساط گیرش ریخته شد و مقدار انبساط گیرش مطابق استاندارد ۲۵۷۰ ایران محاسبه شد. مخلوط کردن به صورت دستی و قوام مطابق استاندارد ۲۵۷۰ ایران بود. تعداد ۵ نمونه از ۷ ترکیب مختلف اینوستمنت در دمای  $110.0^{\circ}\text{C}$  -  $100.0^{\circ}\text{C}$  حرارت داده شد و تغییرات فازی و استحکام فشاری آنها پس از حرارت دیدن بررسی شد.

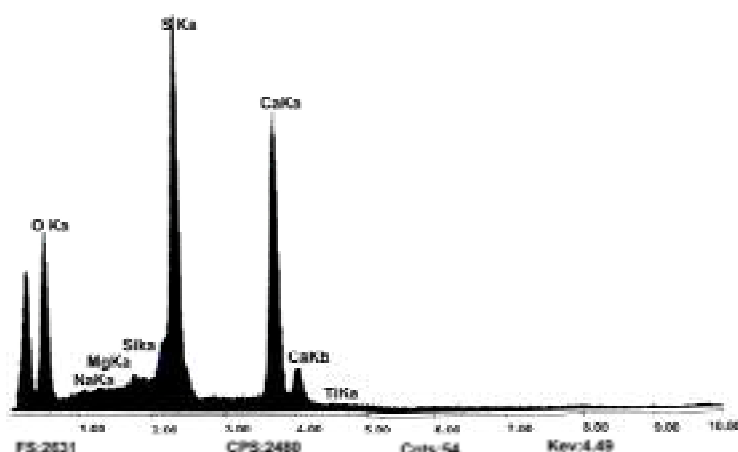
### یافته‌ها

گچ ول میکس مطابق الگوی پراش پرتو ایکس (شکل ۱)، سولفات کلسیم نیمه هیدرات است. در این آنالیز فازی، سولفات پتاسیم نیز وجود دارد که تسریع کننده واکنش گیرش گچ است.

استفاده شده در این پژوهش، کوارتز با فرمول  $\text{SiO}_2$  با خلوص ۹۷٪ و اندازه دانه ۰/۱ میلی‌متر از نوع ایرانی بود. کاربید سیلیسیم مصرفی با فرمول  $\text{SiC}$  و خلوص ۹۷٪ و اندازه دانه زیر ۵۰ مش ساخت کشور آلمان بود. آلومین ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) مصرفی دارای خلوص ۹۹/۴٪ و دارای اندازه دانه زیر ۴۸ مش و از نوع تبولار و ساخت کشور فرانسه بود. الیاف پلی پروپیلین  $(\text{C}_2\text{H}_3\text{CH}_3)_n$  ساخت کشور آلمان نیز استفاده شد. استون تولیدی نیز به عنوان پیوند دهنده استفاده شد. میکروسیلیس مصرفی، محصول جانبی تولید فروسیلیسیم و دارای اندازه دانه ۰/۱۵ - ۰/۰۵ میکرون و سطح ویژه  $200000 \text{ Cm}^2/\text{gr}$  و ساخت ایران بود. میکروسیلیس به عنوان پیوند دهنده و نسوز برای اولین بار به کار برده شد. پودر این مواد به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد. نمونه‌های مختلفی با درصد‌های مختلف مواد فوق ساخته شد. در نمونه‌های مختلف، گچ و سیلیس ریز به عنوان پایه به کار رفت و درصد‌های مختلف میکروسیلیس، کاربید سیلیسیم، آلومین و پلی پروپیلین به آنها اضافه شد. پودرهای فوق مخلوط شد و با مقدار مشخصی آب ترکیب و دوغاب اینوستمنت تولید شد. مطابق استاندارد ۲۵۷۰ ایران، برای تهیه دوغاب باید پودر تهیه شده با مقدار مناسبی آب مقطر  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  طوری مخلوط شود که قوام دوغاب آماده شده بر حسب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اقطار، ۷۰ - ۵۷ میلی‌متر باشد. آزمایش‌های مختلف استحکام فشاری تر، خشک، ریخته‌گری و انبساط گیرش، مطابق استاندارد ۲۵۷۰ ایران صورت گرفت و بررسی تغییرات فازی در دماهای  $1100^{\circ}\text{C}$  -  $1000^{\circ}\text{C}$  به قرار زیر انجام شد. جهت اندازه‌گیری استحکام



شکل ۱: الگوی پراش پرتو ایکس گچ ول میکس



Standard less, Elements

PEI Default Set : 1

Elements	K Ratio	Weight %	Atomic %
O K	0.2446	24.461	41.897
NaK	0.0061	0.614	0.731
MgK	0.0056	0.557	0.628
SiK	0.0126	1.256	1.225
S K	0.3236	32.359	27.655
CaK	0.4075	40.753	27.863
TiK	0.0000	0.000	0.000
Total		100.000	100.000

شکل ۲: آنالیز عنصری گچ ول میکس

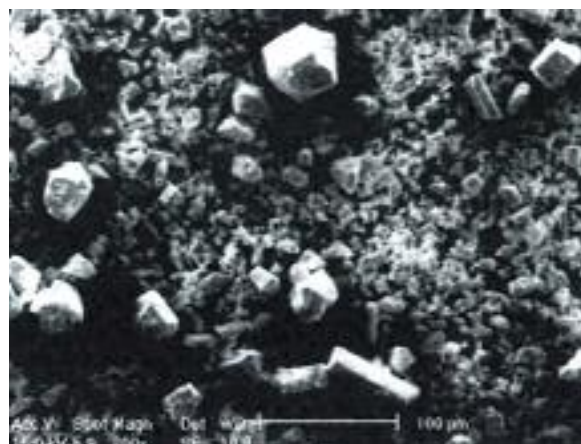
آنالیزهای توضیح داده شده در مورد گچ ول میکس، استون دندان است. در بررسی بر روی گچ‌های مصرفی در دندان پزشکی کشور، به موادی به نام اینوستمنت برخورد شد. سه نوع از این مواد بررسی شد که به دلیل مشابهت یافته‌ها، یک نوع آن آورده می‌شود. آنالیز فازی اینوستمنت بررسی شده در شکل ۴ نشان دهنده وجود فازهای اکسید منیزیم، کوارتز، کریستوبالیت و فسفات مونوآمونیم در این ماده است.

با توجه به این شکل و بررسی آنالیز عنصری این ماده (شکل ۵)، درصد ترکیبات موجود در این اینوستمنت به دست آمده است. این مواد، اینوستمنت ریخته‌گری با پیوند فسفات هستند و اثری از گچ در آنها دیده نمی‌شود. به طور کلی، هر سه این مواد شامل سیلیس به صورت کوارتز و کریستوبالیت (۸۵-۷۵٪)، اکسید منیزیم (۵٪)، فسفات مونوآمونیم ۱۰-۵٪، مقداری اکسید سدیم (۲٪) و حدود ۲٪ آلومین می‌باشند. در بعضی نمونه‌ها اکسید زیرکونیوم نیز وجود دارد. سیلیس، پایه نسوز اینوستمنت‌های ریخته‌گری را تشکیل می‌دهد. اکسید منیزیم و فسفات مونوآمونیم، پیوند دهنده این ذرات نسوز هستند.

اکسید سدیم برای تبدیل کوارتز به کریستوبالیت در پخت اولیه اضافه شده است. اکسید آلومینیوم و اکسید زیرکونیوم، نسوز هستند و به سیلیس اضافه شده‌اند. این مواد با سیلیس تفاوت انبساط حرارتی دارند، بنابر این انبساط گرمایی را پراکنده می‌کنند و عبور گاز را بهبود می‌دهند. هر چه عبور گاز قالب‌های اینوستمنت بیش‌تر باشد، مقاومت حرارتی آنها بیشتر می‌شود.

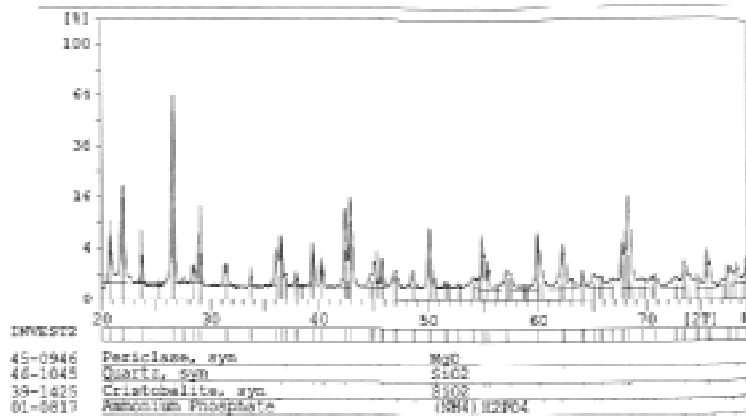
مطابق آنالیز عنصری این گچ، که توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی به دست آمده است، گچ ول میکس دارای خلوص ۹۷/۶۲٪ است (شکل ۲).

تصویر ذرات پودر گچ ول میکس که به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی تهیه شده است در شکل ۳ ملاحظه می‌شود و یافته‌های حاصل، حاکی از استون بودن این گچ است.

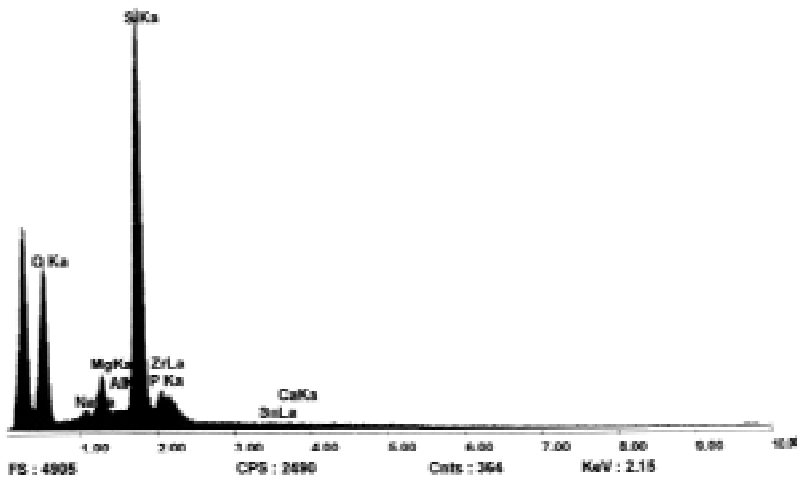


شکل ۳: مورفولوژی ذرات گچ ول میکس

گچ‌های ارتودنسی و زرد نیز مطابق روش‌های توضیح داده شده در مورد گچ ول میکس ارزیابی و شناسایی شدند. گچ ارتودنسی دارای اندازه دانه کوچک است، خلوص آن ۹۹/۶۳٪ است. ذرات آن دارای اشکال کاملاً منظم مکعبی و منشوری هستند. پخت این گچ یکنواخت است، زیرا در الگوی پراش پرتو ایکس این ماده، تنها سولفات کلسیم نیمه هیدرات دیده شد. گچ زرد مصرفی نیز مطابق



شکل ۴: الگوی پراش پرتو ایکس (XRD) و آنالیز فازی اینوستمنت



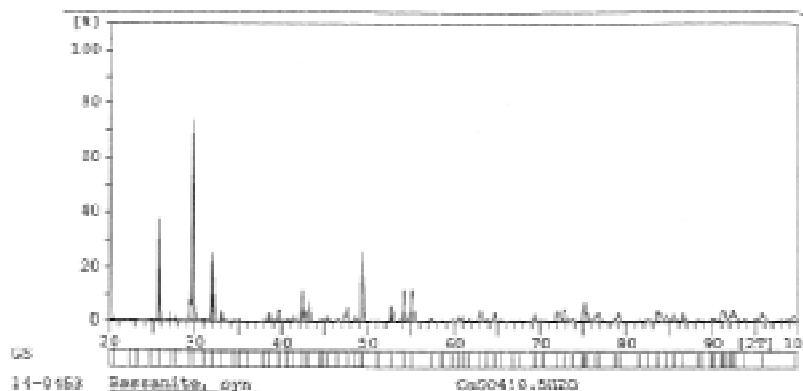
Standardless, Elements

PEI Default Set: 1

Element	K Ratio	Weight %	Atomic %
O K	0.4251	42.514	57.934
NaK	0.0087	0.873	0.828
MgK	0.0499	4.994	4.478
AlK	0.0037	0.368	0.297
SiK	0.4378	43.778	33.983
P K	0.0149	1.490	1.049
ZrL	0.0598	5.984	1.430
SnL	0.0000	0.000	0.000
CaK	0.0000	0.000	0.000
Total		100.000	100.000

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	MgO	ZrO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	ترکیبات موجود در اینوستمنت
۱/۱۶	۱/۹۷	۴/۶۳	۶/۹۷	۶/۷۶	۷۸/۵۱	درصد ترکیبات موجود در اینوستمنت

شکل ۵: آنالیز عنصری و درصد فازهای موجود در پودر اینوستمنت آزمایش شده



شکل ۶: الگوی پراش پرتو ایکس (XRD) آنالیز فازی استون تولیدی

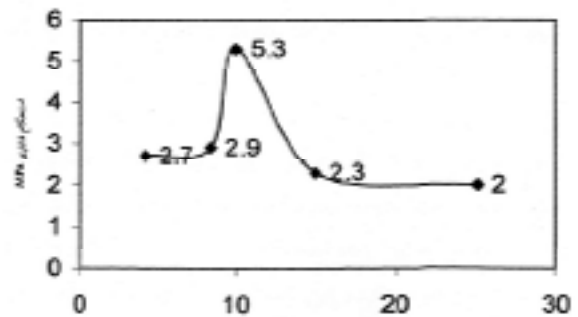
پژوهش و پژوهش‌های قبلی، استحکام فشاری در حالت سرد با مقاومت قالب‌ها هنگام ریخته‌گری ربط زیادی ندارد [۹، ۱۰]. هر چه مقدار گچ در اینوستمنت‌ها بیشتر شود، استحکام آنها بیشتر خواهد شد؛ اما حد بهینه آن ۴۰-۳۰٪ است [۲]. بیش‌ترین استحکام فشاری هنگامی ظاهر می‌شود که نمونه‌ای با ۴۰٪ گچ، ۴۳٪ سیلیس ریز و ۱۷٪ میکروسیلیس موجود باشد که این عدد به ۸/۳ مگاپاسکال می‌رسد. آلومین باعث کاهش استحکام فشاری اینوستمنت‌ها می‌شود ولی به دلیل کارکرد خوب آن در ریخته‌گری و حرارت‌های زیاد، از آن در ساخت اینوستمنت‌ها استفاده می‌شود. چند نمونه ریخته‌گری از اینوستمنت‌های ساخته شده، تهیه شد و در آنها برنج و برنز ریخته‌گری شد. مشکلاتی مثل شکستن قالب، شکست فلز ریخته‌گری، حفره‌های فلز ریخته شده، چسبیدن قالب به سطح فلز ریخته‌گری شده و کیفیت سطحی فلز ریخته شده، بررسی شد. نمونه‌های حاوی میکروسیلیس بهترین کیفیت را داشتند، به عنوان مثال نمونه‌های حاوی میکروسیلیس نشکست و به فلز ریخته شده نچسبید و سطح فلز ریخته شده عالی بود. نمونه حاوی ۳۰٪ گچ، ۲۰٪ میکروسیلیس، ۴۰٪ سیلیس ریز و ۱۰٪ کاربید سیلیسیم نیز در ریخته‌گری خوب عمل کرد. بهترین نتیجه را نمونه حاوی ۳۰٪ گچ، ۶۹/۹٪ میکرو سیلیس و ۰/۱٪ پلی پروپیلن از خود نشان داد. پلی پروپیلن هنگام ریخته‌گری می‌سوزد و نفوذ پذیری گاز از قالب را افزایش می‌دهد. میکروسیلیس و پلی پروپیلن برای اولین بار در این تحقیق استفاده شد. میکروسیلیس هم به عنوان نسوز و هم به عنوان پیوند دهنده است. میکروسیلیس به عنوان یک مانع برسر راه ترک‌های قالب عمل می‌کند و مقاومت حرارتی گچ را بالا می‌برد. این ماده کیفیت سطح ماده ریخته شده را نیز افزایش می‌دهد. از تعدادی از نمونه‌ها که در مراحل قبل از آزمایشات نتایج خوبی داشتند، آزمایش انبساط گیرش به عمل آمد. بیش‌ترین انبساط گیرش را نمونه حاوی ۵۰ گرم سیلیس ریز، ۲۰ گرم میکرو سیلیس، ۴۰٪ گچ و ۰/۲ گرم پلی پروپیلن از خود نشان داد، که میانگین آن حدود ۰/۲۹ میلی‌متر می‌باشد (جدول ۱).

نتایج آنالیز فازی پراش پرتو ایکس استون تولیدی (شکل ۶) و بررسی مورفولوژی این گچ (شکل ۷)، حاکی از موفقیت‌آمیز بودن ساخت آن است.



شکل ۷: مورفولوژی استون تولیدی

سپس اینوستمنت جدید با ترکیبات مختلف ساخته شد و آزمایش‌های گوناگون بر روی آنها انجام شد. شکل ۸، میانگین استحکام فشاری اینوستمنت حاصل را برحسب درصد کاربید سیلیسیم نشان می‌دهد.



درصد کلریدکلسیم در پایه از ۳۰ گرم گچ، ۴۰ گرم سیلیس دانه ریز و ۲۰ گرم میکروسیلیس

شکل ۸: میانگین استحکام فشاری اینوستمنت باند گچی برحسب درصد کاربید سیلیسیم

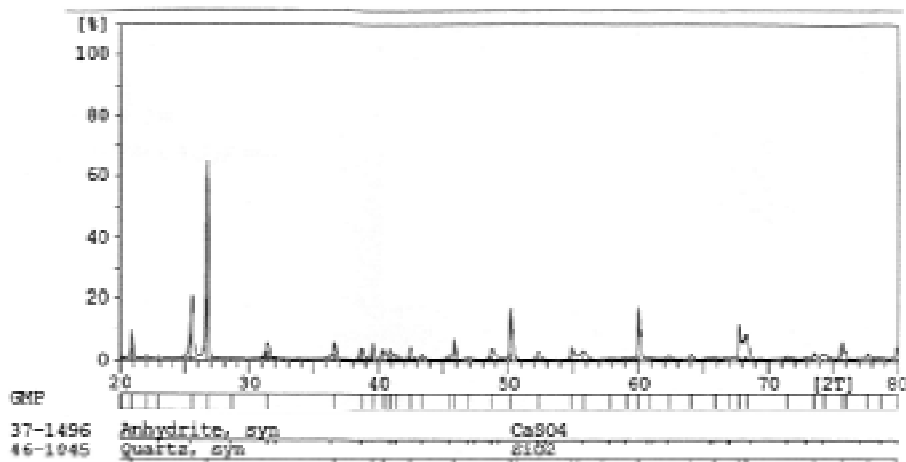
مطابق نمودار، حداکثر استحکام در ۱۰٪ SiC اتفاق می‌افتد. یاف پلی‌پروپیلن باعث افزایش استحکام فشاری اینوستمنت جدید می‌شود. میکروسیلیس تا حدی استحکام فشاری اینوستمنت را کاهش می‌دهد. البته مطابق یافته‌های این

جدول ۱: نتایج آزمون انبساط گیرش اینوستمنت باند گچی تولید شده

شماره نمونه	ترکیب	میانگین انبساط گیرش (mm)
۱	۲۰ گرم میکرو سیلیس، ۵۰ گرم سیلیس ریز دانه، ۴۰ درصد گچ	۰/۲۶
۲	۲۰ گرم میکرو سیلیس، ۵۰ گرم سیلیس ریز دانه، ۴۰ درصد گچ، ۰/۶ گرم سولفات پتاسیم	۰/۱۵
۳	۳۰ گرم گچ، ۴۰ گرم سیلیس ریز دانه، ۲۰ گرم میکرو سیلیس، ۱۵٪ آلومینا	۰/۰۷
۴	۳۰ گرم گچ، ۴۰ گرم سیلیس ریز دانه، ۲۰ گرم میکروسیلیس، ۴/۹ گرم آلومینا، ۴/۹ گرم کاربید سیلیسیم، ۰/۲ گرم کلرید سدیم، ۰/۱۲۵ گرم پلی پروپیلن	۰/۱۲
۵	۵۰ گرم سیلیس ریز دانه، ۲۰ گرم میکرو سیلیس، ۴۰٪ گچ، ۰/۲ گرم پلی پروپیلن	۰/۲۹

گچ، ۴۰ گرم سیلیس ریز، ۲۰ گرم میکروسیلیس و ۵٪ آلومین، در  $1074^{\circ}\text{C}$  حرارت داده شد. ترک نخورد و بسیار سخت شد. نمونه‌ای با ۳۰ گرم گچ و ۷۰ گرم میکروسیلیس نیز پس از حرارت دیدن بسیار سخت شد و میانگین استحکام فشاری آن از ۱/۷ مگاپاسکال در حالت تر، به ۷/۸ مگا پاسکال رسید. نمونه حاوی ۳۰ گرم گچ، ۶۹/۹ گرم میکرو سیلیس و ۰/۱ گرم پلی پروپیلن که در ریخته‌گری عالی عمل کرده بود، در بیشتر از  $1000^{\circ}\text{C}$  مقاومت حرارتی داشت و هیچ اثری از تجزیه سولفات کلسیم (گچ) در آن دیده نشد. الگوی پراش پرتو ایکس، دقیقاً مشابه شکل ۹ است.

به طور کلی، گچ و پلی پروپیلن انبساط گیرش را افزایش می‌دهند و سولفات پتاسیم، آن را کم می‌کند. تعدادی از نمونه‌ها، در دماهای بیشتر از  $1000^{\circ}\text{C}$  به منظور بررسی مقاومت حرارتی آزمایش شدند. به طور مثال ماده‌ای حاوی ۵۰ گرم سیلیس ریز، ۲۰ گرم میکرو سیلیس و ۴۰٪ گچ، به مدت ۲ ساعت در  $1000^{\circ}\text{C}$  حرارت دید. در این دما اثری از تجزیه گچ دیده نمی‌شود. فقط سولفات کلسیم نیمه هیدرات آب خود را از دست داده است و تمام سیلیس به صورت کریستالی به فرم کوارتز دیده می‌شود. شکل ۹، الگوی پراش پرتو ایکس و آنالیز فازی این ماده را نشان می‌دهد. نمونه حاوی ۳۰ گرم



شکل ۹: الگوی پراش پرتو ایکس (XRD) آنالیز فازی ماده حاوی ۵۰ گرم سیلیس دانه ریز، ۲۰ گرم میکرو سیلیس و ۴۰ درصد گچ، حرارت دیده در  $1000^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲ ساعت

صرفی در دندان پزشکی کشور، سولفات کلسیم نیمه هیدرات آلفا می‌باشند. اینوستمنت‌های ریخته‌گری مصرفی در کشور دارای باندهای فسفات هستند. در این پژوهش، اینوستمنت جدید گچی به کمک میکروسیلیس ساخته شد. میکرو سیلیس هنگامی

## بحث

با حرارت دادن سنگ گچ، سولفات کلسیم نیمه هیدرات آلفا و بتا تولید می‌شود. امروزه سولفات کلسیم نیمه هیدرات آلفا در دندان پزشکی کاربرد زیادی دارد. به نظر می‌رسد هر چهار نوع گچ

ماده‌ای برای افزایش مقاومت حرارتی گچ‌ها استفاده شده است [۵]، ارزان تر است و نیاز به مواد تر ساز آبیونی مثل الکیل بنزن سولفات‌ها ندارد. اینوستمنت ساخته شده برای تهیه دوغاب، تنها به آب نیاز دارد که باعث برتر بودن این ماده نسبت به اینوستمنت‌های باند فسفات‌ه یا سیلیکاتی است [۱]. استحکام فشاری نمونه حاوی ۷۰ گرم میکروسیلیس و ۳۰ گرم گچ از ۱/۷ مگاپاسکال در حالت تر، به ۷/۸ مگاپاسکال پس از حرارت دیدن در  $1074^{\circ}\text{C}$  رسید، که نشان دهنده عدم ارتباط استحکام فشاری پس از پخت با استحکام فشاری تر است [۹-۱۰]. درصد انبساط گیرش اینوستمنت باند گچی تولید شده با ترکیبات مختلف، مطابق با استاندارد ۲۵۷۰ ایران است.

### نتیجه‌گیری

۱- گچ زرد و ول میکس مصرفی در دندان پزشکی کشور، از نوع استون دندانی هستند. گچ ارتودنسی، استون با استحکام زیاد است.  
 ۲- اینوستمنت‌های مصرفی در دندان پزشکی کشور، دارای باندهای فسفات‌ه با ترکیب ۸۵-۷۵٪ کوارتز و کریستوبالیت، ۵٪ اکسید منیزیم، ۱۰-۵٪ فسفات مونوآمونیم و حدود ۲٪ موادی مثل اکسید سدیم و اکسید آلومینیوم هستند.  
 ۳- برای اولین بار، اینوستمنت جدید دندان پزشکی با پیوند گچ- میکروسیلیس ساخته شد.  
 ۴- اینوستمنت جدید، عملکرد بسیار خوبی در ریخته‌گری داشت. استحکام فشاری پس از پخت آنها حدود ۸/۴ مگاپاسکال بود و مقاومت حرارتی در حدود  $1100^{\circ}\text{C}$  -  $1000^{\circ}\text{C}$  مشاهده گردید.  
 ۵- پیشنهاد می‌شود در ساخت اینوستمنت‌های جدید، ۴۰-۳۰٪ گچ آلفا (استون)، ۴۰-۳۰٪ سیلیس ریز، ۲۰٪ میکرو سیلیس و ۱۰٪ موادی مانند آلومین، اکسید زیرکونیم، کاربید سیلیسیم و حدود ۰/۲-۰/۱ درصد پلی پروپیلن به کار برده شود.

که با آب ترکیب می‌شود، خاصیت چسبندگی نشان می‌دهد و مثل یک چسب عمل می‌کند؛ در ضمن این ماده خاصیت نسوز بودن نیز دارد. اضافه کردن ۱۰٪ کاربید سیلیسیم، استحکام فشاری اینوستمنت جدید باند گچ- میکرو سیلیس را افزایش می‌دهد، زیرا کاربید سیلیسیم دارای باندهای کووالانسی غیراشباع در سطح است که با گچ، میکروسیلیس و سیلیس ریز پیوند برقرار می‌کنند. اضافه کردن پلی پروپیلن در حد دهم درصد، باعث افزایش استحکام فشاری تر و خشک اینوستمنت‌ها می‌شود، زیرا این ماده در زمینه اینوستمنت، نقش تقویت کننده را بازی می‌کند و باعث ایجاد یک کامپوزیت سرامیک- پلیمر می‌شود و باعث متوقف شدن ترک قالب می‌شود. آلومین به خاطر داشتن پیوندهای یونی، مثل کاربید سیلیسیم عمل نمی‌کند و استحکام را کاهش می‌دهد؛ ولی در ریخته‌گری بسیار خوب عمل می‌کند. هر چه مقدار گچ در اینوستمنت بیشتر باشد (تا ۴۰٪) و اندازه دانه آن کوچکتر باشد (تا زیر ۲۰۰ مش)، استحکام بیشتر می‌شود. نمونه‌های حاوی ۴۰٪ گچ، ۲۰٪ میکرو سیلیس و ۴۰٪ سیلیس ریز و یا ترکیبات حاوی ۳۰٪ گچ، ۴۰٪ سیلیس ریز، ۲۰٪ میکرو سیلیس و ۱۰٪ کاربید سیلیسیم، در ریخته‌گری بسیار خوب عمل می‌کنند. همان طور که قبلاً گفته شد، نمونه‌های حاوی میکروسیلیس، گچ و پلی پروپیلن از همه بهتر عمل می‌کنند. اما چون میکروسیلیس سطح ویژه بسیار زیادی دارد، آب زیادی جذب می‌کند و خشک شدن و گیرش آن به زمان طولانی‌تری نیاز دارد؛ بنابراین، مواد دیگری نیز اضافه می‌شوند تا این مشکل حل شود. وجود پلی پروپیلن در بالا بردن استحکام و بهبود نفوذپذیری گازها، کارساز است. میکروسیلیس و آلومین، مقاومت حرارتی قالب‌های اینوستمنت باند گچی را در بیشتر از  $1000^{\circ}\text{C}$  افزایش می‌دهند؛ در حالی که اینوستمنت‌های باند گچی مرسوم، تا  $700^{\circ}\text{C}$  تحمل دمایی دارند [۲]. میکروسیلیس نسبت به مواد دیگری مثل رزین پلی تترا فلرواتیلن که به عنوان

### References

1. Craig RG, Powers JM. Restorative Dental Materials. 11<sup>th</sup> ed. St. Louis: C.V. Mosby; 2001.
2. Anusavice KJ. Philips Science of Dental Material. 10<sup>th</sup> ed. St Louis: Saunders; 1996.
3. Kuntze RA. The Chemistry and Technology of Gypsum: Asymposium. West Conshohocken: Astm Intl; 1984.
4. Davari M. Study of physical characteristics of Iranian solid Gypsum. Thesis of DDS. School of Dentistry, Isfahan University of Medical Sciences. 1999. Oriuchi H, Liyana K, Manada K. Dental gypsum bonded investment composition. United States patent 1997; 5718749.



5. Kataharuh SA, Mitsui K. Investment material and mold for dental use and burnout thereof. United state patent 1994; 5373891.
6. Ohi N, Kamohara H, Futami Sh. Futamishunichi. Compositions in low - dusting powdery form. United States patent 1990; 4909847.
7. Bettman M, Vanderzel JM, Grinwis TJ. Low-dusting investment composition material. United States patent 2006; 20060086286.
8. Finger W, Jorgensen KD, Ono T. Strength properties of some gypsum-bonded casting investments. Scand J Dent Res 1980; 88(2):155-8.
9. Luk WK, Darvell BW. Effect of burnout temperature on strength of gypsum-bonded investments. Dent Mater 2003; 19(6):552-7.
10. Canay S, Hersek N, Ciftci Y, Akca K. Comparison of diametral tensile strength of microwave and oven-dried investment materials. J Prosthet Dent 1999; 82(3):286-90.