

# بررسی تأثیر پدیده تبادل یونی (Ion Exchange) بر روی استحکام خمشی پرسلن سرامکو II و پرسلن Colorlogic Veneer

\* دکتر نیره رشیدان

\*\* دکتر حسینعلی ماهگلی

## چکیده

ضعف عمده سرامیک‌های دندان، ماهیت شکننده آنها می‌باشد. لذا تمرکز عمده سازندگان این مواد در ارتباط با مسئله استحکام (Strength) است. یکی از روش‌های افزایش استحکام، پدیده تبادل یونی است که با جابجایی یون‌ها در سطح پرسلن، یک پوسته Compressive ایجاد می‌گردد. در نتیجه نیروهای وارده به سطح پرسلن، قبل از آنکه بتوانند باعث ایجاد ترک شوند می‌بایست بر این پوسته سطحی غلبه نمایند. در این مطالعه، پدیده تبادل یونی در مورد دو نوع پرسلن Ceramco II که جهت رستوریشن‌های P.F.M بکار می‌رود و پرسلن Colorlogic Veneer که جهت تهیه لامینیت، اینله و انله پرسلن، کاربرد دارد مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در مورد پرسلن لامینیت، تأثیر اچینگ بر استحکام آن و اثر متقابل اسید اچ و پدیده تبادل یونی بر یکدیگر مورد مطالعه قرار گرفت.

## لغات کلیدی

تبادل یونی (Ion Exchange)، استحکام خمشی (Flexural Strength)، ضریب از هم گسیختگی (Modulus of Rupture)، لایه Compressive، Tuf-Coat slurry.

## مقدمه

بین استحکام فرضی سرامیک و استحکام آن در عمل، اختلاف زیادی وجود دارد. گسترش یافتن درزهای موجود در سطح و ایجاد ترک، عامل رفتار ضعیف مکانیکی سرامیک‌ها در حالت Tension می‌باشد.<sup>[۱]</sup>

وقوع این نقائص اجتناب‌ناپذیر بوده، روش عملی افزایش Tensile Strength سرامیک‌ها ایجاد یک لایه Compressive در سطح آنها می‌باشد. این لایه می‌باید تا ورای نوک درز گسترش داشته باشد تا بتواند مؤثر واقع شود.<sup>[۲]</sup> یکی از روش‌های ایجاد این لایه، پدیده تبادل یونی (Ion Exchange)<sup>۱</sup> می‌باشد. این تکنیک یکی از روش‌های مؤثر، و ظریف جهت ایجاد استرس‌های Compressive در

سطح سرامیک می‌باشد.<sup>[۳]</sup> این لایه Compressive در اثر جانشینی یون‌های بزرگ به جای یون‌های کوچک و ایجاد Distorsion یا Crowding در سطح شبکه سیلیکات ایجاد می‌شود.<sup>[۴]</sup> شکل (۱)

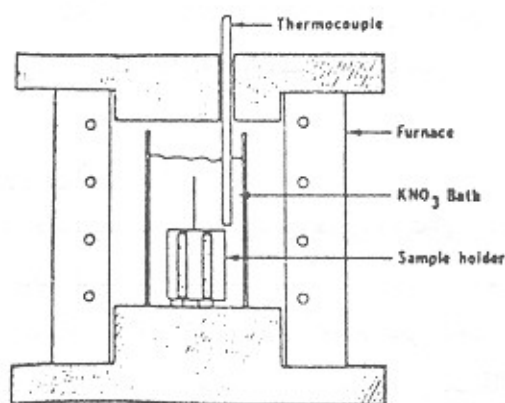
یون‌هایی که معمولاً در این تبادل دخیل هستند سدیم و پتاسیم می‌باشند. سدیم یکی از اجزاء ساختمانی رایج در اکثر شیشه‌ها بوده و دارای اندازه یونی نسبتاً کوچکی می‌باشد. یون پتاسیم حدود ۲۵٪ بزرگتر از یون سدیم می‌باشد. فشردن یون‌های پتاسیم بداخل فضایی که قبلاً توسط سدیم اشغال شده است، استرس Compressive عمده‌ای را در سطح شیشه ایجاد می‌نماید (عمدتاً ۷۰۰ مگاپاسکال معادل ۱۰۰/۰۰۰ Psi) و بنابراین اثر تقویت‌کنندگی خیلی مشخصی را باعث می‌شود.<sup>[۵]</sup>

\* دانشیار و سرپرست تخصصی بخش پروتز ثابت واکلوزن دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران

\*\* متخصص پروتزهای دندان و عضو هیئت علمی دانشگاه

۱ - این پدیده تحت عناوین Toughening Chemical Tempering، Chemical Strengthening، Chemical نیز خوانده می‌شود.

پتاسیم و سدیم موجود در نمک و در سطح پرسلن، افزایش استحکام را مشاهده نمود. او با قرار دادن نمونه‌های پرسلن معمولی پخت در خلاء نوع Vita در نیترات پتاسیم مذاب بمدت ۱۷ ساعت در درجه حرارت ۴۷۵ درجه سانتیگراد، افزایش استحکام (M.O.R) از ۶۸ درصد تا ۱۲۲ درصد رامشاهده نمود.<sup>[۲]</sup> (شکل ۲)

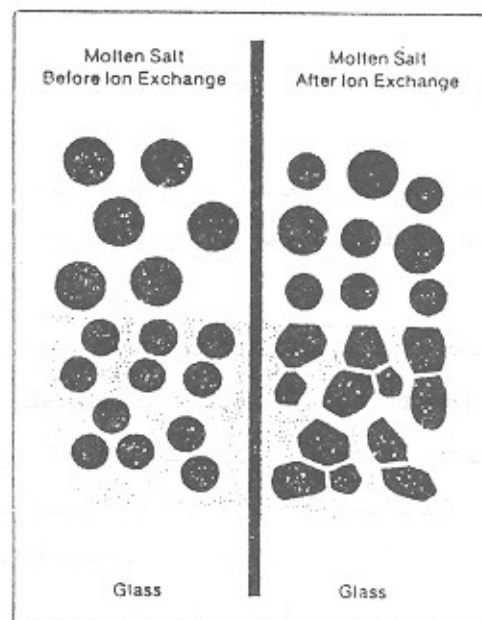


شکل ۲ - نمونه حمام نمک مذاب نیترات پتاسیم

محققین مختلف، افزایش استحکام را بوسیله تبادیل یون‌ها، به میزان متفاوتی ذکر کرده‌اند.<sup>[۵]</sup> Bradshaw و Pendry (۱۹۷۱) در مورد پرسلن‌های مختلف دندانی از ۳۰ درصد تا ۹۰ درصد. Von Breustedt و همکارانش (۱۹۷۵)، ۱۴۰ درصد. Jones (۱۹۷۷) در مورد یک‌نوع پرسلن فلدسپاتیک، بیشتر از ۴۵ درصد.

Levy و Dunn (۱۹۷۷) متوسط استحکام بدست آمده را دو برابر نمونه‌های شاهد ذکر نمودند.<sup>[۳]</sup>

هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر این پدیده در مورد دو نوع پرسلن ساخت کارخانه سرامکو بود، و نیز اینکه آیا انجام این عمل، دارای ارزش کلینیکی می‌باشد یا خیر؟ همچنین در صورتیکه میزان افزایش استحکام، قابل ملاحظه باشد آیا می‌توان از این پدیده علاوه بر سطح خارجی پرسلن، در سطح داخل آن نیز استفاده کرد؟ (در مورد لامنیت، اینله و انله



شکل ۱ - جایگزین شدن یونهای پتاسیم، به جای یونهای سدیم موجب تراکم اتمی و سطح گردیده و یک لایه سطحی Pre-Stressed ایجاد می‌شود

در پدیده تبادیل یونی، با داشتن یک درجه حرارت پائین (زیر درجه حرارت Transition glass پرسلن)، Compression سطحی حاصل می‌گردد. در این طیف از درجه حرارت، شیشه هنوز rigid می‌باشد ولی در هر حال، این مقدار گرما، برای حرکت نسبتاً سریع یونی کافی بوده و یون‌های قلبیاتی آنقدر دارای تحرک هستند که بتوانند فاصله قابل قبول مورد لزوم را طی نمایند. در درجه حرارت‌های بالاتر، اگر چه انتشار پتاسیم سریعتر می‌باشد ولی به دلیل پائین آمدن ویسکوزیتی ماده، استرسها، آزاد شده و مقداری rearrangement صورت می‌گیرد و بنابراین یون بزرگتر، راحت‌تر جایگزین شده و میزان Compression کاهش می‌یابد.<sup>[۳]</sup>

Southan در ۱۹۶۸ نشان داد که می‌توان پرسلن‌های دندانی را که دارای مقادیر کافی  $Na_2O$  هستند با روش‌های شیمیایی بهبود بخشید. وی با قرار دادن پرسلن‌های مزبور در حمام نمک مذاب نیترات پتاسیم و در نتیجه تبادیل یونهای

پرسلن). در صورتیکه پاسخ مثبت باشد رابطه این پدیده با مسئله اچینگ سطح داخل لامینیت چگونه خواهد بود؟ آیا این دو، یکدیگر را خنثی می نمایند یا خیر؟ کدامیک اول انجام شود بهتر خواهد بود. در صورت عملی بودن این امر، آیا بر قدرت باند کامپوزیت با پرسلن تأثیر خواهد گذاشت یا خیر؟ به عبارت دیگر آیا Ion Exchange می تواند وضعیت ساختمانی سطح اچ شده را بر هم زند یا خیر و بالعکس، آیا اسیداج می تواند تأثیر Ion Ex. را خنثی نماید یا خیر؟

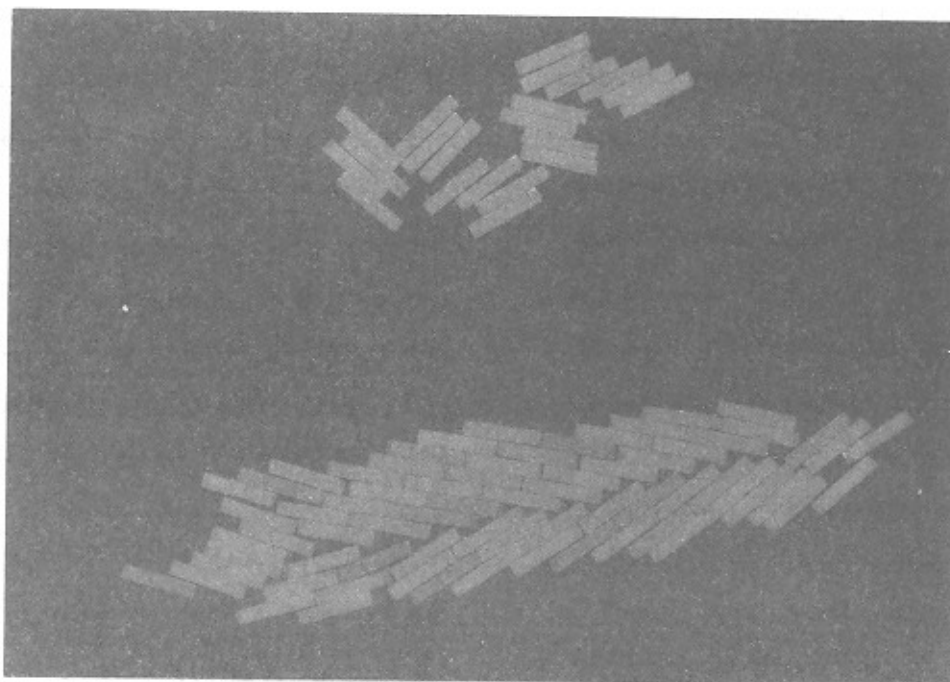
### مواد و روش ها

تعداد یکصد و ده عدد نمونه پرسلن بصورت میله ایی شکل (Bar) تهیه شد که بیست عدد مربوط به پرسلن فلدسپاتیکسرامکو II و نود عدد از نوع پرسلن لامینیت کالرلوژیک بود (تصویر ۱). جهت ساخت نمونه ها از یک قالب چهار قسمتی شیشه ای - فلزی استیل استفاده شد. مخلوط پرسلن نوع Body بطریقه معمول، تهیه و در داخل قالب قرار

داده می شد.

مقدار وزنی یودر پرسلن در هر نوبت که نمونه ها در داخل قالب تهیه می شدند مشخص و یکسان بود. نمونه ها پس از خارج شدن از قالب، بر روی تری سرامیکی مخصوص حمل روکش، قرار داده شده و بداخل کوره پخت پرسلن Vita 200 منقل می گردید.

عمل پخت، طبق برنامه زمان بندی کارخانه سازنده انجام شد. سپس سطح نمونه ها با استفاده از مولت Diamond Stone قبل از انجام گلیز، سنگ زده شد وضخامت آنها به ۱/۵ میلی متر کاهش یافت. آنگاه، در ۹۲۰ درجه سانتیگراد عمل Self Glazing انجام شد. چون فقط در یک طرف از نمونه ها نیاز به گلیز بود لذا سمت مورد نظر با یک نقطه Stain، علامت گذاری شد و بعداز پخت، طرف دیگر نمونه ها مجدداً با مولت Diamond Stone سنگ زده شد تا گلیز آن حذف شود.



تصویر (۱)

جمعاً یازده گروه ۱۰ عددی به شرح ذیل تهیه شد. (تصویر ۲) لامینیت می باشد.

- |                  |  |
|------------------|--|
| (سطح دارای گلیز) | ۱- گروه پرسنل سرامکو II (کنترل)              |
| (سطح دارای گلیز) | ۲- گروه پرسنل سرامکو II + Ion Exchange       |
| (کنترل)          | ۳- گروه پرسنل Colorlogic - سطح دارای گلیز    |
| (کنترل)          | ۴- گروه پرسنل Colorlogic - سطح بدون گلیز     |
| (سطح دارای گلیز) | ۵- گروه پرسنل Colorlogic + Heat treatment    |
| (سطح بدون گلیز)  | ۶- گروه پرسنل Colorlogic + Heat treatment    |
| (سطح گلیز)       | ۷- گروه پرسنل Colorlogic + Ion Exchange      |
| (سطح بدون گلیز)  | ۸- گروه پرسنل Colorlogic + Ion Exchange      |
| (سطح بدون گلیز)  | ۹- گروه پرسنل Colorlogic + اسیداج            |
| (سطح بدون گلیز)  | ۱۰- گروه پرسنل Colorlogic + اسیداج + Ion Ex. |
| (سطح بدون گلیز)  | ۱۱- گروه پرسنل Colorlogic + Ion Ex. + اسیداج |

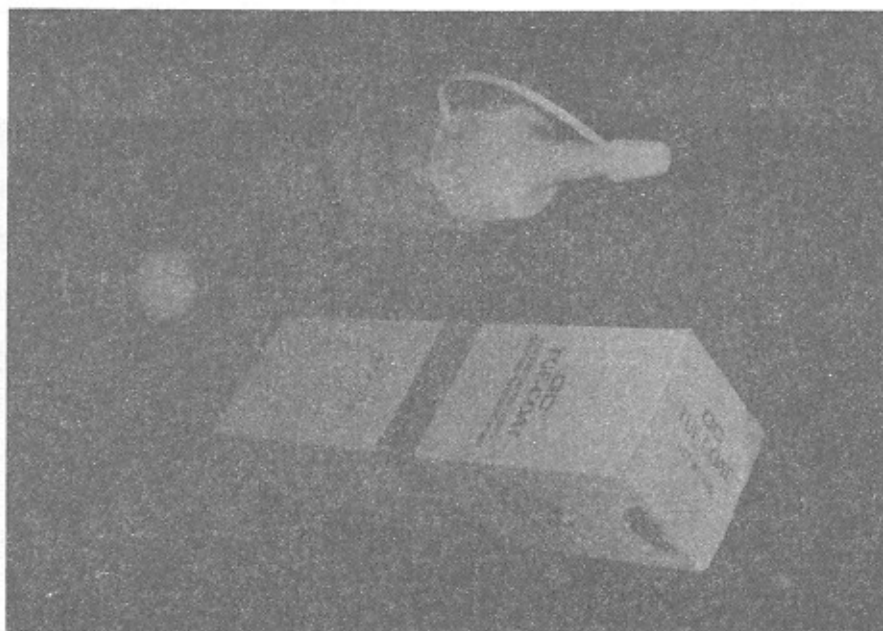


تصویر (۲)

مخصوص Colorlogic انجام شد. PH آن ۲/۸ بوده و زمان انجام آن ۴-۶ دقیقه می باشد (تصویر ۴). نمونه های اچ شده در محلول خنثی کننده اسید بمدت ۲۰-۱۰ ثانیه قرار داده شده و سپس با آب شستشو می گردید.

دو گروه از نمونه ها به عنوان Heat tretment در نظر گرفته شد. این ها نمونه هایی بودند که فقط تحت دوره عملیات حرارتی Tuf-Coat قرار گرفتند بدون اینکه از این ماده بر روی آنها قرار داده شود. هدف از این عمل، ارزیابی تاثیر عملیات حرارتی بر روی استحکام پرسلن بود.

عمل تبادل یونی (Ion Exchange) یا استفاده از Tuf-Coat Slurry (کارخانه G-C توکیو، ژاپن) بر روی سطح مورد نظر نمونه ها انجام شد (تصویر ۳). این Slurry توسط قلممو بر روی سطح نمونه منتقل گردید. و سپس در حرارت ۱۵۰ درجه سانتیگراد بمدت ۲۰ دقیقه عمل خشک شدن انجام و سپس در ۴۵۰ درجه سانتیگراد بمدت ۳۰ دقیقه، حرارت دهی انجام می شد. سپس، نمونه ها از کوره خارج و در هوای اتاق، سرد گردیده و آنگاه بقایای ماده Tuf-Coat که بصورت خاکستری در می آید با آب شستشو می شد. عمل اچینگ نمونه های مورد نظر، با استفاده از اسیداج

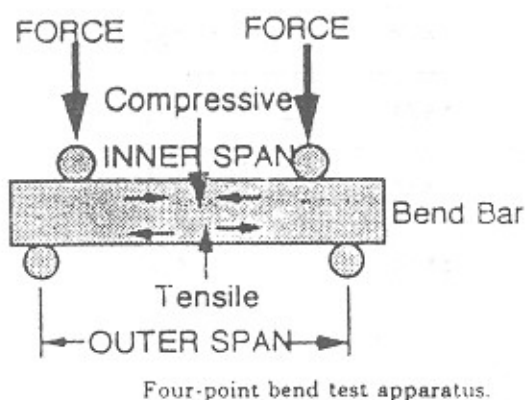


تصویر (۳)



تصویر (۴)

رو به پائین قرار داده می‌شود. فاصله بین مرکز پایه‌های ساپورت کننده نمونه از یکدیگر (Outer span)، ۲۰ میلیمتر و فاصله نقاط وارد کننده نیرو (inner span) ۱۰ میلیمتر انتخاب شد.



شکل ۳

بعد از انجام این مراحل، ابعاد هر یک از نمونه‌ها (ضخامت و عرض) توسط کولیس دیجیتال با دقت  $0.01$  میلیمتر اندازه‌گیری شد. طول مفید نمونه‌ها که در واقع ناشی از فاصله بین دو پایه ساپورت کننده نمونه در دستگاه اینسترون می‌باشد، ۲۰ میلیمتر در نظر گرفته شد.

نمونه‌ها به روش Four Point Bending در دستگاه اینسترون مدل ۱۱۹۵ در محیط هوا مورد آزمایش قرار گرفتند (شکل ۳). میزان اعمال نیرو، ۱ نیوتن بر میلیمتر مربع (حدود ۹۸ گرم بر میلیمتر مربع)، و سرعت حرکت فک دستگاه  $0.5$  میلیمتر در دقیقه، و سرعت حرکت کاغذ رسام  $50$  میلیمتر در دقیقه بود.

سطحی از نمونه‌ها که جهت انجام آزمایش مورد نظر بود،

مقدار M.O.R یا Flexural Str هر یک از نمونه‌ها از فرمول

می‌باشد.<sup>[5]</sup>

زیر محاسبه شد:

نتایج

P: نیروی اعمال شده

پس از محاسبه M.O.R تک تک نمونه‌های هر گروه،

I: طول نمونه یا Outer span

مقدار حداکثر، حداقل و میانگین M.O.R هر یک از گروهها

$$M.O.R = \frac{3 P.I}{4wh^2}$$

مشخص شد. جدول (۱)

W: عرض نمونه

آنالیز واریانس و مقایسه گروهها بصورت t-test انجام شد

h: ضخامت نمونه

که تفاوت معنی دار بین گروهها با  $P_{value} = 0.03$  و

دراین نوع آزمایش (در مقایسه با روش Three Point

$F_{ratio} = 2/28$  و  $F_{prob} = 0.03$  وجود داشت. جدول (۲)

(Bending) استرس‌های Shear به حداقل رسیده و دقیق‌تر

جدول ۱- مقدار حداکثر، حداقل و میانگین MOR مربوط به هر یک از گروههای موری مطالعه

گروه	حداکثر/MPa	حداقل/MPa	میانگین نمره /Mpa	S.D
۱	۵۹/۹۳	۳۷/۰۷	۴۸/۴۵ ±	۸/۱۵
۲	۱۰۴/۲۷	۷۰/۵۵	۸۳/۸۹ ±	۹/۶۴
۳	۹۸/۳۶	۴۲/۰۷	۶۲/۶۰ ±	۱۸/۸۸
۴	۷۳/۲۴	۵۳/۴۶	۵۹/۱۰ ±	۶/۱۶
۵	۷۲/۰۶	۵۳/۲۷	۶۲/۶۵ ±	۶/۱۱
۶	۵۷/۲۰	۴۷/۷۸	۵۵/۴۷ ±	۶/۳۵
۷	۸۴/۵۴	۵۸/۱۰	۶۹/۹۰ ±	۹/۸۶
۸	۷۷/۳۷	۵۶/۰۲	۶۸/۹۴ ±	۹/۰۱
۹	۷۸/۰۷	۵۱/۹۳	۵۹/۵۰ ±	۹/۳۶
۱۰	۸۲/۴۷	۵۹/۱۱	۶۹/۰۲ ±	۸/۴۸
۱۱	۷۲/۴۶	۴۱/۳۳	۶۰/۵۳ ±	۱۰/۸۹

جدول ۲- درصد اختلاف بین گروههایی که در تفسیر نتایج از آنها استفاده شده است  
 علامت (\*) نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد

میانگین MOR	گروه	۱	۶	۴	۹	۱۱	۵	۳	۸	۱۰	۷	۲
۴۸/۴۵	۱											
۵۵/۴۷	۶											
۵۹/۱۰	۴		۶/۵۳									
۵۹/۵۰	۹			۰/۶۷		۱/۷۳						
۶۰/۵۳	۱۱			۲/۴۱								
۶۲/۵۵	۵											
۶۲/۶۰	۳	۲۹/۱۸°		۵/۹۱			۰/۰۷					
۶۸/۹۴	۸			۱۶/۶۵°		۱۳/۹						
۶۹/۰۲	۱۰			۱۶/۷۷°	۱۶/۰۰°	۱۴/۰۳			۰/۳۷			
۶۹/۹۰	۷							۱۱/۶۵	۱/۳۷			
۸۳/۸۹	۲	۷۳/۱۳°						۳۴/۰۲°			۲۰/۰۲°	

با مطالعه Anusavice<sup>[۱]</sup> اندکی بیشتر می باشد جدول (۳).  
 در این مطالعه، مقدار Flexural Str. بدست آمده بعد از I.E ۸۳/۸۹ مگاپاسکال بود که نزدیک به مقادیر بدست آمده توسط Denry و Anusavice بوده و نسبت به مطالعه Seghi حدود ۱۱ مگاپاسکال بیشتر می باشد. با وجود اینکه M.O.R حاصله در مطالعه Denry (۸۵/۳ مگاپاسکال) در مقایسه با دیگران، بالاترین رقم می باشد اما درصد افزایش استحکام را ۴۱ درصد ذکر کرده است. در حالیکه در مطالعه Anusavice و مطالعه حاضر، میزان افزایش، ۶۹/۵ و ۷۳/۱۳ درصد ذکر شده است. علت این امر، مربوط به مقدار M.O.R نمونه های گروه کنترل می باشد.

در این مطالعه، مقدار M.O.R پرسنل سرامکو، قبل از انجام I.E برابر با ۸/۱۵ ± ۴۸/۴۵ مگاپاسکال بدست آمده که مشابه با مقدار بدست آمده توسط Anusavice<sup>[۱]</sup> و کمتر از مقادیر گزارش شده توسط Denry<sup>[۱]</sup> و Seghi<sup>[۴]</sup> می باشد.  
 هنگامیکه پرسنل سرامکو II با پرسنل لامینیت مقایسه گردید میزان Flexural str. آن ۲۹/۱۸ درصد کمتر از ونیر پرسنل Colorlogic بود. (نمودار ۱)  
 پس از اینکه پرسنل سرامکو II تحت تبادلی یونی قرار گرفت، میزان افزایش استحکام در مقایسه با گروه کنترل، ۷۳/۱۳ درصد بود که در مقایسه با مطالعه Seghi<sup>[۴]</sup> و Denry<sup>[۲]</sup> حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد افزایش، نشان می دهد و در مقایسه

جدول ۳ - مقدار M.O.R پرسن Ceramco II (Body) قبل و بعد از عمل I.E و میزان افزایش Flwx.Str.

محقق	درصد افزایش	M.O.R (گروه I.E) IMPa	IMPa (گروه کنترل)
	Str.		M.O.R
Seghi (۳۴)	% ۲۳	۷۴/۹۶ ± ۷/۲۲	۶۰/۷۶ ± ۵/۱۸
Denry (۱۱)	% ۴۱	۸۵/۳ ± ۱۳/۴	۶۰/۳ ± ۸/۶
Denry (۱۱)	% ۵۰	۹۰/۸ ± ۱۷/۸ (۴۷۵ در)	۶۰/۳ ± ۸/۶
Anusavice (۴)	% ۶۹/۵	۸۱/۹ ± ۳/۵	۴۸/۳ ± ۳/۹
Rashidan-Mahgoly	% ۷۳/۱۳	۸۳/۸۹ ± ۹/۶۴	۴۸/۴۵ ± ۸/۱۵

می‌دهد که اچ نمودن پرسن لامینیت تاثیری در کاهش و یا افزایش استحکام آن ندارد. از مقایسه گروههای ۴ و ۱۰ مشخص شد در صورتیکه I.E بعد از اچ انجام شود، میزان افزایش استحکام، همان روند طبیعی خویش را خواهد داشت ولی اگر، ابتدا I.E انجام و سپس اچ صورت گیرد، استحکام ناشی از I.E شدیداً کاهش می‌یابد. بنابراین اچ می‌تواند لایه Compressive ناشی از I.E را به مقدار زیادی تضعیف نموده و تأثیر آن را خنثی نماید (مقایسه گروههای ۴ و ۱۱). نتیجه حاصله از مقایسه گروههای ۱۱ و ۸، ۱۰ و ۱۱، ۱۱ و ۹ نیز با این مطلب مطابقت دارد.

### بحث Discussion

نتایج بدست آمده در این مطالعه، نشان داد که استفاده از ماده Tuf-Coat به میزان مهمی، Flexural Strength پرسن های فلدسپاتیک مذکور را افزایش می‌دهد و هر چند که این افزایش، بستگی به ترکیب خود پرسن نیز دارد. مقادیر افزایش استحکام بدست آمده، در حد گزارشات محققین دیگر و با کمی بیشتر بود. ساده بودن نسبی و مدت زمان کوتاه انجام این روش، می‌تواند آن را جهت تقویت رستوریشن‌های سرامیکی، بصورت عملی رایج درآورد.

در مقایسه این دو نوع پرسن در طی این مطالعه پس از انجام تبادل یونی، Flexural Str. سرامکو II ۲۰ درصد بالاتر از نوع دیگر می‌باشد که می‌تواند ناشی از مقادیر بیشتر سدیم در پرسن فوق‌الذکر باشد. (نمودار ۱ و ۲).

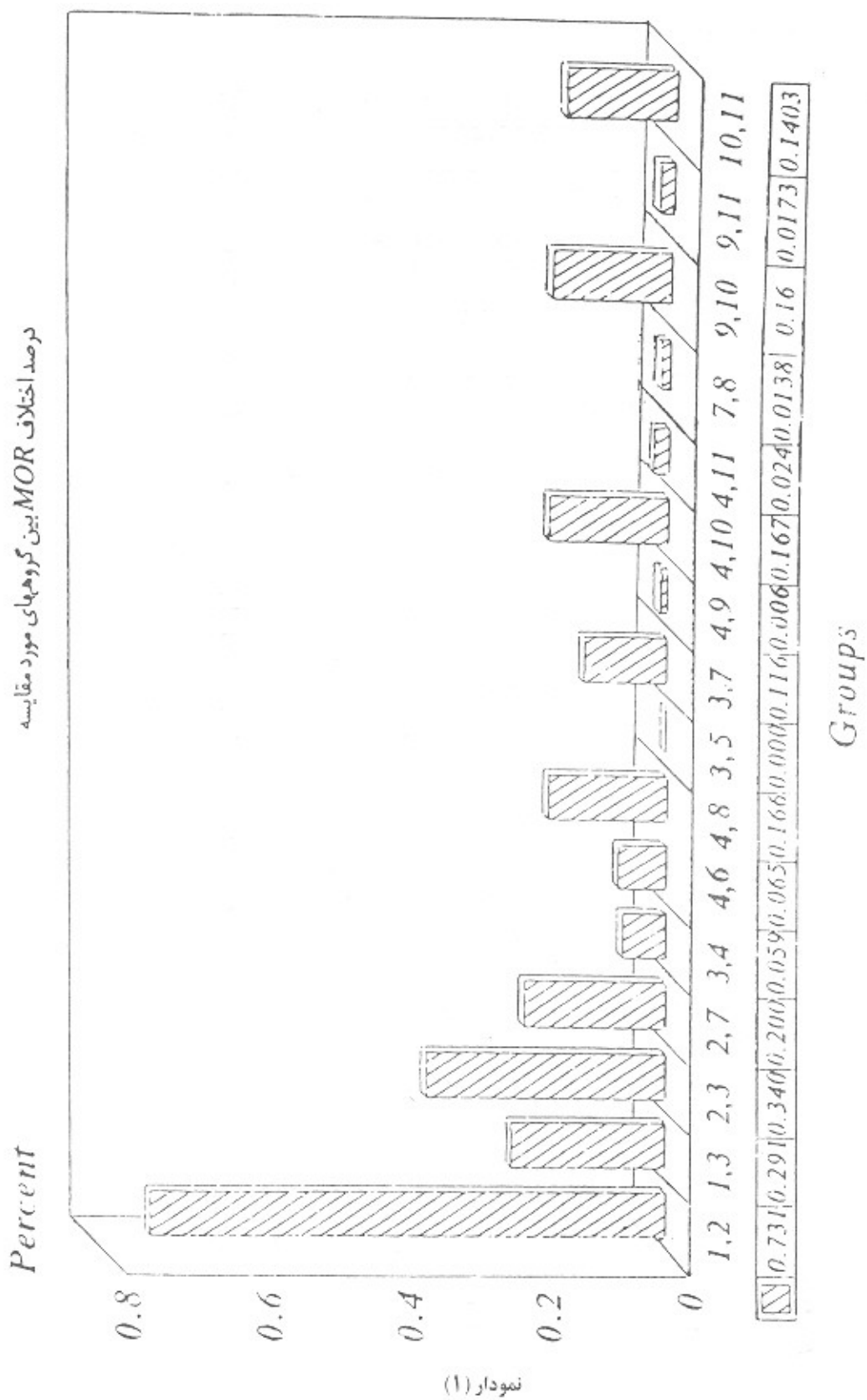
مقایسه نمونه‌های پرسن از سمت گلیز و بدون گلیز، از نظر آماری معنی‌دار نبوده و ۵/۹ درصد اختلاف نشان داد که می‌تواند بدلیل پولیش سطح نمونه‌ها در مرحله قبل از گلیز و نزدیکی نقش پولیش به گلیز باشد.

بین‌گروه کنترل پرسن لامینیت و گروه Heat treatment نیز از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود نداشت و بنابراین، در طول پدیده تبادل یونی، Annealing در افزایش استحکام تأثیری ندارد.

از مقایسه گروههای ۷ و ۸ با گروههای کنترل ۳ و ۴ مشخص شد که سطح پرسن خواه گلیز شده باشد یا اینکه بدون گلیز باشد، Flexural Strength، تا یک حد معینی افزایش می‌یابد.

نظر به اینکه استفاده از I.E در سطح داخلی لامینیت نیز مورد نظر بود، تأثیر اچ و نقش آن در استحکام نیز مطرح می‌شد. از مقایسه گروه نهم با گروه کنترل چهار، اختلاف اندک ۰/۶۷ درصد بدست آمد که از نظر آماری بی‌معنی بوده و نشان

درصد اختلاف MOR بین گروههای مورد مقایسه



نمودار (۱)



به ۰/۵ میلیمتر کاهش می‌یابد به آسانی به حد Critical Strain (حدود ۰/۱٪) میرسند و با توجه به اینکه هرچه بتوان Stiffness آنها را بیشتر کرد، Strength آنها بالاتر می‌رود<sup>[۵۶]</sup> لذا استفاده از Ion.E در موارد ونیر پرسن، معقول بنظر می‌رسد.

از نظر کلینیکی، هنگامیکه نمونه‌ها، اچ شدند سطح آنها، کاملاً گچی شد، ولی بعد از اینکه I.E روی آنها صورت پذیرفت. نمای گچی، بصورت نمای تقریباً ابری درآمد و از حالت نمای گچی صرف، خارج گردید، که نشان دهنده تأثیر عمل I.E می‌باشد، ولی این سؤال پیش می‌آید که خاصیت اچ، چقدر پابرجاست؟ آیا مقدار اچ باقیمانده، جهت باندینگ کامپوزیت کافی است یا خیر؟ و ... که پاسخ به این سئوالات نیاز به مطالعات بیشتر دارد. همچنین در این مطالعه نشان داده شد که عمل اچینگ بخودی خود، تأثیر سوئی بر روی استحکام پرسن ونیر ندارد که این مسئله در واقع به‌خاطر ماهیت این پرسن می‌تواند باشد (درصد بیشتر آلمینا) و نیز اینکه، اچ می‌تواند باعث کاهش ترک‌های میکروسکوپی در سطح، شود.

اما هنگامیکه، پرسن I.E شده، تحت عمل اچ قرار گرفت، مقدار اثر I.E ۸۲/۸۸ درصد، کاهش یافت. بنابراین، اچ، بدلیل عملکرد آن در سطح پرسن و نیز اینکه پدیده تبادل یونی نیز در سطح ماده، عمل می‌نماید، در صورتیکه بعد از I.E انجام شود، استرس‌های Compressive موجود در سطح، به مقدار زیادی آزاد شده و تأثیر پدیده تبادل یونی، خنثی می‌شود.

البته در مورد روکش‌های تمام سرامیکی که نیاز به اچ و باندینگ ندارند، انجام Ion En. در سطح داخل روکش، کاملاً مفید خواهد بود. یکی از بزرگترین فایده‌های پدیده تبادل یونی، در ارتباط با نواحی مارژین پرسنی (سطوح داخلی و خارجی) و سطوح داخلی روکش‌های تمام سرامیکی است. اعتقاد بر این است که سطح داخلی خصوصاً در نواحی مارژین که توسط فلز، پشتیبانی نشده‌اند، مستعد شروع ترک می‌باشند.

همانند اکثر مطالعات دیگر انجام شده در این زمینه، اساس کار، بر جانشینی یون‌های کوچکتر سدیم موجود در پرسن با یون‌های درشت‌تر پیاسیم موجود در محلول I.E می‌باشد. نکته جالب توجه این است که پرسن Ceramco II قبل از I.E استحکام آن از پودر لامینیت ونیر حدود ۳۰ درصد کمتر بود (۴۸/۴۵ در مقابل ۶۲/۶) ولی بعد از انجام آن، ۳۴ درصد، استحکام آن از پودر مذکور، بیشتر شد (۸۲/۸۹ در مقابل ۶۲/۶). این مسئله می‌تواند بدلیل درصد بیشتر یون‌های سدیم در پودر سرامکو و درصد کمتر آن در پودر لامینیت باشد و یا اینکه بدلیل مقدار بیشتر آلمینای موجود در پودر Colorlogic باشد که در نتیجه میزان I.E پائین می‌آید. کمالیکه پرسن ونیر، حدکثر ۱۶/۷۷ درصد، افزایش Str. نشان داد (۶۹/۹ مگاپاسکال).

با توجه به مؤثر بودن پدیده تبادل یونی در مورد پودر سرامکو و اینکه حتی در مقایسه با پرسن ونیر I.E شده، ۲۰ درصد، استحکام آن بیشتر می‌باشد، ممکن است این سؤال پیش آید که آیا می‌توان از پودر سرامکو II جهت تهیه لامینیت ونیر، اینله وائله پرسن، استفاده کرد یا خیر؟ در جواب می‌توان گفت: در صورتیکه پرسن سرامکو، از نظر ضریب انبساط حرارتی، با هر کدام از گچ‌های Refractory، مطابقت داشته باشد، شاید بتوان از آن، به منظور فوق، استفاده کرد ولی به این شرط که در پایان کار، رستوریشن مربوطه، حتماً I.E شده و احتمال تأثیر عوامل مخرب موضعی مثل ایجاد سائیدگی‌ها بر روی آن، بطور ناچیز باشد.

در مورد تأثیر I.E بر روی پودر پرسن ونیر، مقایسه آن با Flex.Str. پرسن سرامکو II و تأثیر متقابل اچینگ و I.E بر روی همدیگر، تاکنون هیچ گزارشی انجام نشده و در این مطالعه برای اولین بار انجام شده است.

هرچند که میزان تأثیر I.E بر روی پرسن ونیر Colorlogic، حداکثر ۱۶/۷۷ درصد بوده و این رقم پائین می‌باشد ولی با توجه به اینکه هنگامیکه ضخامت سرامیک‌ها

تقویت، در سطح ماده می‌باشد. در طی گزارشات محققین مختلف، عمق نفوذ یون را تا ۳۰۰ میکرون گزارش کرده‌اند و نشان داده‌اند که اگر سطح سرامیک بطور ملایم سائیده شود، Breaking Str. زیاد متأثر نمی‌شود ولی اگر این سایش شدید باشد، تأثیر I.E. از بین می‌رود. بنابراین، I.E. می‌بایست آخرین مرحله، قبل از انجام سمان، در داخل دهان بیمار باشد.

### خلاصه نتایج

- ۱- استفاده از GC Tuf-Copat، باعث افزایش M.O.R پرسلن‌های مورد مطالعه به میزان ۷۳/۱۳ درصد (سرامکو II) و ۱۶/۷۷ درصد (Colorlog) گردید.
- ۲- میزان تقویت شدن بستگی به ترکیب پرسلن مورد استفاده دارد.
- ۳- هرچند که پرسلن ونیر مورد استفاده در این مطالعه، حداکثر ۱۶/۷۷ درصد، افزایش استحکام، نشان داد، ممکن است در درجه حرارت بالاتر و یا مدت زمان بیشتر، بدلیل تحرک بیشتر یون‌ها، Strength بالاتری بدست آید، کما اینکه در پرسلن سرامکو II، این مسئله صادق است.
- ۴- I.E. را علاوه بر سطح خارجی پرسلن، در سطح داخلی رستوریشن‌های سرامیکی نیز می‌توان انجام داد و در صورتیکه این عمل، هم در سطح خارج و هم در سطح داخل بطور توأم انجام گیرد، می‌توان Flex.Str. بالاتر و طول عمر بیشتری را انتظار داشت.
- ۵- پرسلن سرامکو II قبل از آنکه تحت I.E. قرار گیرد، مقدار M.O.R آن حدود ۳۰ درصد کمتر از ونیر پرسلن Colorlog بود ولی بعد از انجام آن، خواه پرسلن I.E.، Colorlog شده باشد و یا نه، مقدار Flex. Str. سرامکو II به ترتیب حدود ۲۰ درصد و ۳۴ درصد بیشتر بود.
- ۶- ممکن است بتوان از پرسلن سرامکو II بشرط انجام I.E. بجای یودرونیتر پرسلن، استفاده کرد ولی می‌بایست احتمال خطر از دست رفتن تأثیر این پدیده را در دراز

همچنین بدلیل اینکه در روکش‌های تمام سرامیکی، خطر شروع Fracture از سطح داخلی آنها می‌تواند در مقایسه با سطح خارجی، از اهمیت بیشتری برخوردار باشد و احتمال ترک در نواحی که استرس‌های Tensile بوجود می‌آید بیشتر است، ایجاد یک لایه Compressive در سطح داخلی آنها توسط Ion Exchange، منطقی بنظر می‌رسد.

هرچندکه در این مطالعه و بسیاری از تحقیقات دیگر، بر روی مسئله Breaking Str. پرسلن بعد از انجام I.E. تکیه شده است. اما، تنها خاصیتی نیست که در اثر I.E. متأثر می‌گردد بلکه بهبود در پایداری شیمیایی (Chemical durability)، Hardness, Fracture Toughness و مقاومت در برابر سایش نیز گزارش شده است که از نظر کلینیکی، با ارزش می‌باشند.

همچنین احتمال داده می‌شود<sup>۸</sup> که این پدیده، بر روی چسبندگی پلاک باکتریال نیز مؤثر باشد که در دست بررسی است.

بدلیل اینکه آزمایش‌های مورد استفاده جهت بررسی Flexural Str. نمونه‌های پرسلن، قادر به اندازه‌گیری قدرت Tensile، در یک سطح از نمونه‌ها (سطح زیرین) می‌باشند و نتایج، مربوط به یک طرف نمونه است (حتی اگر هر دو سطح بالا و پائین نمونه، تحت I.E. قرار گیرد) عمل I.E. بر روی یک طرف از نمونه‌ها انجام شد ولی در مورد کلینیک، در صورتیکه هر دو سطح داخلی و خارجی روکش‌های سرامیکی، تحت I.E. قرار گیرند، می‌توان تأثیر زیادتر و طول عمر بیشتری را انتظار داشت.

با توجه به مقدار تأثیر پدیده I.E. بر روی یودر سرامکو II، استفاده از آن در مورد رستوریشن‌های P.F.M، ارزشمند بوده و می‌تواند مقاومت و طول عمر رستوریشن را افزایش دهد، هر چند که جهت تهیه شواهد کلینیکی نیاز به مطالعات بیشتری است.

یکی از محدودیت‌های این پدیده، محدود بودن مکانیزم

## Summary

one of the most properties of ceramics is Brittleness.

and many manufactur's try to increase strength of Dental ceramics. The most effective methods of strengthening glasses produce compressive stresses in their surfaces, this may be echeived either physically by thermally quenching the glass object from just below its softennng temperature or chemically by modyfying the atomic structure regions of glass by ion exchange.

In this study investigated the effectiveness of Ion exchange treatments on two kinds of porcelan(ceramcoII) which is used for P.F.M restorations and colorlogic porcelain veneer which is used to make laminate, inlay and onlay.

Also investigated the effectiveness of etching on porcelain strength (laminate) and How etching and Ion exchange effect on each other.

مدت، در اثر عوامل موضعی مؤثر بر سطح پرسلن نظیر

سایش، PH دهان، ژل فلوراید و ... در نظر داشت.

۷- مسئله طول عمر I.E در محیط دهان بطور کامل،

مشخص نبوده و نیاز به مطالعه بیشتری دارد.

۸- در طی این مطالعه، اسیداج، تأثیری بر روی استحکام

ذاتی پرسلن نداشت.

## REFERENCES

- 1- Anusavice, K.J.; Shen, C.(1992): Aned Lee R.B. Strengthening of Feldspathic Porcelain by Ion Exchange and Tempering.
- 2- Denry, L.; Rosenstiel, S.F. (1993): Holloway J,A and Niemiec M.S. Enhanced Chemical Strengthening of Feldspathic Dental Porcelain.
- 3- Dunn, B.; Levy, M.N. (1977): and Reisbick M.H. Improving the Fracture Resistance of Dental Ceramic.
- 4- Mclean, J.W. (1970): The science and art of Dental Ceramics, Vol 1. Quintessence Publishing co.
- 5- Mclean, J.W. (1983): Dental Ceramics Proceedings of the first International Symposium on Ceramics.
- 6- Mclean, J.W. (1989): Long-term esthetic dentistry
- 7- Phillips, R.W. (1991): Skinner's Science of Dentl Materials, 9th Ed.
- 8- Seghi, R.R.; Crispin, B.C.; Mito, W. (1990): The Effect of Ion Exchange on the Flexural Strength of Feldspathic Porcelains.