

تأثير تكرار الخبز على قوة ارتباط الخزف مع خليطة نيكل- كروم (دراسة مخبرية)

*إعداد الباحثة الدكتورة: هبة الحلو

الملخص

نظراً لضرورة إجراء دورات خبز متعددة لتحسين الشكل واللون والنواحي الجمالية، فقد كان الهدف من هذه الدراسة هو تحديد تأثير دورات الخبز المتعددة على قوة ارتباط خليطة نيكل - كروم إلى الخزف في الترميمات الخزفية المعدنية. تم صنع ستة وثلاثين قرصاً معدنياً (5×3ملم) من خليطة النيكل - الكروم في وسط كل قرص تم صهر قرص (4×2ملم) من الخزف، قُسمت العينات إلى ثلاث مجموعات وفقاً لعدد دورات الخبز (1،3،5)، تم تثبيت العينات في جهاز الاختبارات الميكانيكية العام وأخضعت لقوة القص (1مم/دقيقة) حتى كسرت، ثم تم حساب قوة الارتباط (MPa). كان متوسط قوة الارتباط (MPa) بعد 1 و3 و5 دورات خبز 3.57 ± 27.03 ، 3.81 ± 26.26 ، و 4.09 ± 18.89 ، على التوالي، أظهر اختبار ANOVA أن عدد دورات خبز الخزف له تأثير على مقاومة القص SBS لارتباط الخزف مع خليطة نيكل - كروم ($P < 0.05$).

وبالتالي انخفضت قوة الارتباط بين المعدن والخزف بزيادة دورات خبز الخزف.

الكلمات المفتاحية: تكرار الخبز، الخزف، قوة الارتباط، خليطة نيكل - كروم.

*مدرس في كلية طب الأسنان - قسم تعويضات الأسنان الثابتة- كلية طب الأسنان- الجامعة السورية الخاصة

The Effect of Repeated Firings on the Bond Strength of Porcelain to Nickel-Chromium Alloy

(In Vitro Study)

Dr. Hiba Al-Helou *

Abstract

Given the necessity of performing multiple firing cycles to achieve improved contour, color, and esthetics, the purpose of this study was to determine the effect of multiple firing cycles on the shear bond strength (SBS) of Ni-Cr alloy to the porcelain in Metal - ceramic restorations.

Thirty-six discs (5×3 mm) were made of a Ni-Cr alloy through casting technique .In the center of each disc, a (4×2 mm) disc of porcelain was fused. These specimens were divided into 3 groups based on the number of firing cycles (1, 3, 5), the specimens were fixed in the universal testing machine and underwent a shear force test (1mm/min) until fractured. Then the SBS values (MPa) were calculated.

The mean SBS (MPa) after 1, 3, and 5 firing cycles were 27.03 ± 3.57 , 26.26 ± 3.81 , and 18.89 ± 4.09 respectively. Two-way ANOVA statistical test revealed that the number of porcelain firings had significant effect on the SBS ($P < 0.05$). Thus, the shear bond strength decreased when firing cycles increased more than 3 cycles.

Keywords: multiple firing, porcelain, bond strength, Nickel-Chromium Alloy

* Assistant professor, Department of Fixed Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Syrian Private University

المقدمة:

تستخدم الترميمات الخزفية المعدنية على نطاق واسع في التعويضات السنية[1]، هذه الترميمات تجمع بين النواحي التجميلية التي تحققها المادة الخزفية وبين المتانة والقوة التي يحققها المعدن، لذلك فهي تؤمن مظهراً مشابهاً للأسنان الطبيعية من جهة وخواصاً ميكانيكية جيدة من جهة أخرى [2، 3] .

تعتبر خليطة نيكول كروم هي الخليطة الأكثر شيوعاً في صنع التعويضات الخزفية المعدنية وذلك لرخص ثمنها ولأنها توفر متانة ارتباط (خزف-معدن) [4]، حيث أن متانة الارتباط المعدني الخزفي هي العامل الأكثر أهمية في نجاح الترميمات الخزفية المعدنية، لأن أغلب حالات فشل هذه الترميمات تتميز بانفصال الخزف عن المعدن [5]. يعتمد الارتباط المعدني الخزفي على ثلاث عوامل:

1. الارتباط الكيميائي

2. التثبيت الميكانيكي.

3. الترتيب (زاوية تماس أقل ما يمكن وقوى فاندرفالس).

إن التثبيت الميكانيكي يعتمد على خشونة السطح والتي تعطي تشابكاً ميكانيكياً كما تزيد من مساحة السطح للربط الكيميائي. على الرغم من هذا، فإن الارتباط الكيميائي يمثل العامل الرئيسي للارتباط في الترميمات الخزفية المعدنية [6] ويعتمد الارتباط بين طبقة الأكاسيد للخليطة مع أكسيد السيلسيوم للخزف [7، 8]. إلا أن تركيب وثنانة هذه الطبقة قد يكون محدداً لنجاح الترميمات الخزفية المعدنية [9، 10]. في خليطة النيكل - كروم يكون الكروم مسؤول عن تشكيل طبقة الأوكسيد السطحية الملتصقة بشكل جيد على الطبقة المعدنية.

من ناحية أخرى، وتلبيةً للمتطلبات الجمالية والسريرية، يجب أن تخضع التيجان الخزفية المعدنية لمجموعة لا بد منها من خبز الخزف [11]. ومن المرجح أن تؤثر دورات الخبز هذه على طبقة الأوكسيد، وبالتالي قوة الارتباط الخزفية المعدنية.

تم إجراء دراسات مكثفة على قوة الارتباط الخزفي المعدني بدراسة بعض التأثيرات كمدة دورة الخبز ودرجة الحرارة [12، 13]، معدل التبريد وثخانة طبقة الأوباك، استخدام مكيفات معدنية ومواد لاصقة [14، 15]. إلا أنه مازال هناك نقصاً في المعلومات حول تأثير ارتباط الخزف بالمعدن نتيجة لزيادة عدد مرات الخبز الخزفي ومن هنا برزت فكرة هذا البحث.

هدف البحث: دراسة تأثير عدد دورات خبز الخزف على متانة الارتباط الخزفي المعدني حيث اعتمدت خلائط نيكول-كروم باعتبارها الأشيع استخداماً في الترميمات الخزفية المعدنية في القطر العربي السوري.

المواد والطرائق:

تم استخدام خليطة نيكول كروم لأنها الأكثر استخداماً في التعويضات الثابتة واستخدم الخزف المرتبط بالمعدن (IPS d.sign Evoclar) وتم إجراء الاختبارات في مركز الأبحاث والاختبارات الصناعية باستخدام جهاز TESTOMETRIC. تألفت عينة البحث من 36 قرصاً معدنياً خزفياً قُسمت إلى ثلاث مجموعات رئيسة متساوية وفقاً لعدد دورات الخبز (دورة خبز واحدة، ثلاث دورات خبز، خمس دورات خبز)

طريقة العمل:

تحضير العينات المعدنية الخزفية:

تم تصنيع الأقراص المعدنية بعمل قرص من معدن النيكل-كروم بأبعاد 5×3 ملم ومن ثم تم نسخه بمادة السيليكون إلى 36 قرص شمعي وصبت القطع المنسوخة عبر استخدام تقنية الشمع الضائع حيث صُنعت 36 قرص شمعي بقطر 5ملم وبثخانة 3 ملم وبعد الكسي باستخدام المسحوق الكاسي (Maruvest) ذي الرابطة الفوسفاتية تم إجماء العينات ومن ثم صبها باستخدام الخليطة المعدنية نيكول كروم (Phase-N, France)، تركت العينات لتبرد تدريجياً في حرارة الغرفة، بعد التبريد نظفت العينات من آثار المسحوق الكاسي ومن ثم تم تعميمها وجعل سطحها مستوياً عبر استخدام السنابل الماسية والأقماع المناسبة وتم ترميل سطوحها بوساطة حبيبات أكسيد الألمنيوم AL2O3 ذات الحجم 250 ميكرون باستخدام جهاز الترميل وبضغط 4 بار، ووضعت العينات جانباً استعداداً لعملية خبز الخزف.

وتمت عملية خبز الخزف في منتصف سطح كل عينة بشكل قرص قطره 4 ملم وبسماكة 2 ملم وفق المراحل التالية :

✓ تطبيق الخزف الظليل (الأوباك):

- الطبقة الأولى: بعد مزج المسحوق الظليل مع الماء المقطر طُبِق الخليط الرقيق الناتج على المعدن بفرشاة بحيث تكون هذه الطبقة رقيقة جداً (WASH) ثم تم تجفيف العينات وخبزها في الفرن وفقاً لتعليمات المصنع.

-الطبقة الثانية : يتم تطبيق هذه الطبقة لتغطية كامل لون المعدن حيث تم مزج المسحوق والسائل حتى التماسك الكامل ثم طبقت القطعة بفرشاة بحركة اهتزازية وكثف الخزف الظليل برج العينات على ملقط مسنن وجفف الماء الزائد بورق تشيف قماشي ومن ثم تم خبز الطبقة الظليلة الثانية وفقاً لتعليمات المصنع.

✓ تطبيق الخزف العاجي: تم تشكيل طبقة البناء الأولى، ومن ثم أضيفت الطبقة التصحيحية الثانية للعينات باستخدام تقنية الفرشاة بعد التجفيف وتم الخبز حسب دورة الخبز المنصوح بها من قبل المصنع المنتج، وبحرارة مختلفة عن مرحلة الخزف الظليل

✓ تطبيق الخزف المينائي (القاطع) ، وتم الإنهاء بالترجيح.

وقد ضُبِطت أبعاد القطع الخزفية بالطريقة نفسها التي ضُبِطت فيها أبعاد القطع المعدنية وشُدبِت الزوائد الخزفية بالسنابل الخاصة لضمان توحيد أبعاد القطع الخزفية الناتجة. بعدها تم تقسيم العينات إلى ثلاث مجموعات (ن = 12) ليتم تعريضها لمجموعات مختلفة من دورات الخبز (دورة واحدة- ثلاث دورات- خمس دورات) ومن ثم وُضِعَت في قواعد إكربيلية لسهولة العمل.

صنع القواعد الإكربيلية:

تم مزج الإكربيل ذاتي التصلب وُصِب ضمن القوالب الجاهزة، ثم تم غمر القطع المعدنية الخزفية ضمن القالب الإكربيلي ليصبح سطح المعدن والإكربيل بمستوى واحد وبعد اكتمال تفاعل البلمرة أزيلت القوالب الجاهزة وُضِعَت العينات تحت ماء جارٍ للتخلص من المونومير الحر، ثم رُقمت من 1 إلى 36 لإجراء اختبار القص.

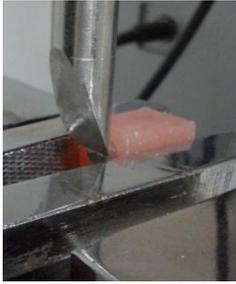
اختبارات القص :

تُثبت العينات على جهاز الاختبارات الميكانيكية الموجود في مركز الأبحاث والاختبارات الصناعية، ثم تم قياس قوى القص اللازمة لحدوث الانفصال حيث كانت سرعة الرأس 1 ملم في الدقيقة .

وُضعت القطع المختبرة بشكل أفقي ضمن ملزمة موافقة لأبعاد القطع وطبقت القوى من خلال أداة فولاذية (سكين معدنية) ذات رأس حاد بشكل عمودي تماماً على السطح الفاصل بين الخزف والمعدن حتى حدوث الكسر أو الانفصال.

تم تسجيل القوة (Force) بالنيوتن ومن ثم قسمت على مساحة السطح للحصول على قوى القص ب Mpa من خلال المعادلة التالية: $S=F/S.A$

S إجهاد القص بالميجاباسكال، F: إجهاد القص بالنيوتن، S.A: هي مساحة السطح



صورة(1) العينة المعدنية الخزفية صورة(2) العينة أثناء اختبار القص صورة(3) العينة بعد انفصال الخزف

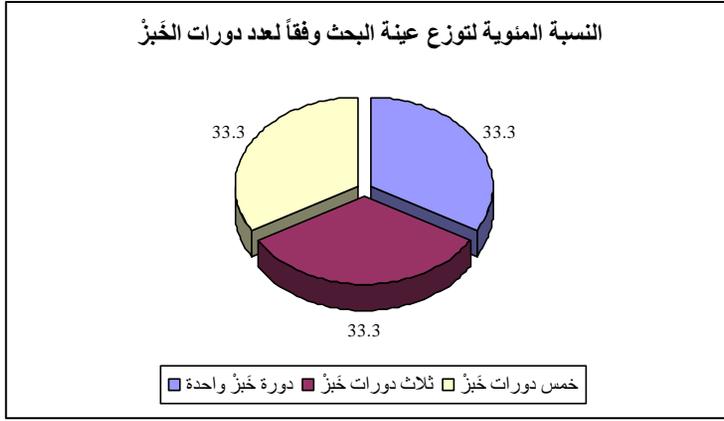
النتائج والمناقشة :

أولاً - وصف العينة:

تألفت عينة البحث من 36 قرصاً معدنياً خزفياً كانوا مقسمين إلى ثلاث مجموعات رئيسية متساوية وفقاً لعدد دورات الحَبْر (دورة حَبْر واحدة، ثلاث دورات حَبْر، خمس دورات حَبْر)، وقد كان توزيع العينة وفقاً لعدد دورات الحَبْر كما يلي:

جدول (1) يبين توزيع عينة البحث وفقاً لعدد دورات الخَبز.

عدد دورات الخَبز	عدد الأقراص	النسبة المئوية
دورة خَبز واحدة	12	33.3
ثلاث دورات خَبز	12	33.3
خمس دورات خَبز	12	33.3
المجموع	36	100



مخطط (1) يمثل النسبة المئوية لتوزيع عينة البحث وفقاً لعدد دورات الخَبز.

ثانياً - الدراسة الإحصائية التحليلية:

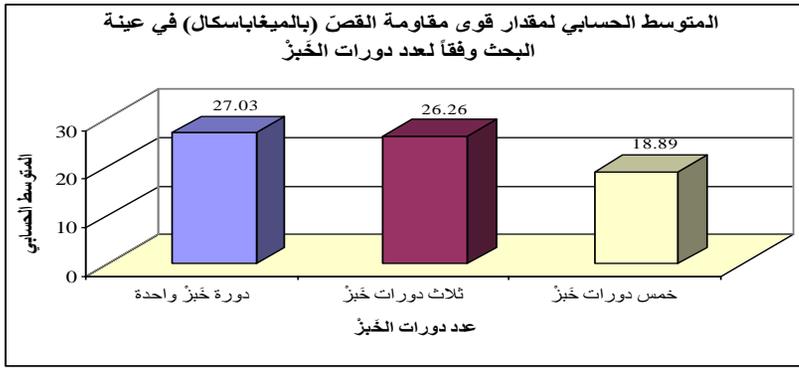
◀ دراسة تأثير عدد دورات الخَبز على مقاومة القص في عينة البحث:

تم إجراء اختبار التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط قوى مقاومة القص (بالميغاباسكال) بين المجموعات الثلاث المدروسة (دورة خَبز واحدة،

ثلاث دورات خَبز، خمس دورات خَبز) في عينة البحث كما يلي:

جدول (2) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقاومة القص.

المتغير المدروس = مقدار مقاومة القص (بالميغاباسكال)						
عدد دورات الخَبز	عدد الأقراص	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
دورة خَبز واحدة	12	27.03	3.57	1.03	20.66	32.81
ثلاث دورات خَبز	12	26.26	3.81	1.10	19.45	31.71
خمس دورات خَبز	12	18.89	4.09	1.18	11.09	26.54



مخطط (2) يمثل المتوسط الحسابي لمقاومة القصّ في عينة البحث وفقاً لعدد دورات الخبز

نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA:

جدول (3) يبين نتائج اختبار تحليل التباين ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقاومة القصّ

المتغير المدروس	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
قوى مقاومة القصّ	16.519	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في قيم قوى مقاومة القصّ بين اثنتين على الأقل من المجموعات الثلاث المدروسة (دورة خبز واحدة، ثلاث دورات خبز، خمس دورات خبز). ولمعرفة أي من مجموعات عدد دورات الخبز تختلف اختلافاً جوهرياً عن الأخرى في قيم مقاومة القصّ تم إجراء المقارنة الثنائية وفق طريقة Bonferroni كما يلي:

جدول (4) يبين نتائج المقارنة الثنائية وفقاً لطريقة Bonferroni لمتوسط مقاومة القصّ

المتغير المدروس = مقاومة القصّ					
دلالة الفروق	قيمة مستوى الدلالة	الخطأ المعياري	الفرق بين المتوسطين (I-J)	عدد دورات الخبز (J)	عدد دورات الخبز (I)
لا توجد فروق دالة	1.000	1.56	0.77	ثلاث دورات خبز	دورة خبز واحدة
<u>توجد فروق دالة</u>	0.000	1.56	8.13	خمسة دورات خبز	دورة خبز واحدة
<u>توجد فروق دالة</u>	0.000	1.56	7.37	خمسة دورات خبز	ثلاث دورات خبز

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 عند المقارنة في مقاومة القصّ بين مجموعة الأقراس المعدنية الخزفية التي تعرّضت لخمس دورات خَبزٍ وكل من مجموعة الأقراس التي تعرّضت لدورة خَبزٍ واحدة ومجموعة الأقراس التي تعرّضت لثلاث دورات خَبزٍ، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقاومة القصّ بين مجموعات عدد دورات الخَبزِ المذكورة في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات سالبة نستنتج أن قيم مقاومة القصّ في المجموعة التي تعرّضت لخمس دورات خَبزٍ كانت أصغر منها في كل من مجموعة الأقراس التي تعرّضت لدورة خَبزٍ واحدة ومجموعة الأقراس التي تعرّضت لثلاث دورات خَبزٍ.

أما عند المقارنة في مقاومة القصّ بين مجموعة الأقراس المعدنية الخزفية التي تعرّضت لدورة خَبزٍ واحدة ومجموعة الأقراس التي تعرّضت لثلاث دورات خَبزٍ فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقاومة القصّ بين مجموعة الأقراس التي تعرّضت لدورة خَبزٍ واحدة ومجموعة الأقراس التي تعرّضت لثلاث دورات خَبزٍ في عينة البحث.

المناقشة :

أُستخدِمت الترميمات المعدنية الخزفية لسنوات عديدة بسبب خواصها الميكانيكية والجمالية الجيدة. إن النتائج الجيدة لهذه الترميمات لا تعتمد فقط على خصائص المعدن والخزف، ولكن أيضاً على قوة الرابطة بين الاثنتين [16]، وبما أن قوة الارتباط مطلب هام لديمومة هذه الترميمات لذلك يجب النظر في قوة الارتباط المعدني الخزفي بعد عمليات خبز متعددة ومن هنا جاءت فكرة هذا البحث.

تم تطبيق قوى القص على القطع المصنوعة لقياس مدى قوة الارتباط بين الخزف والمعدن حيث تعتبر اختبارات مقاومة إجهادات القص الطريقة الأكثر أماناً في تقييم متانة الربط لأنها تركز على السطح البيئي للمادة حتى تمام حدوث الانفصال في الارتباط [5، 17]

مناقشة النتائج:

تشير النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة إلى أن:

1. الخبز لثلاث دورات لا يؤثر على قوة الارتباط المعدني الخزفي
2. الخبز لخمس دورات يؤدي إلى انخفاض في قوة الارتباط .

يعزى هذا الانخفاض في متانة الارتباط بعد تكرار عملية الخبز إلى ازدياد ثخانة طبقة الأكاسيد المتشكلة في السطح البيني خزف-معدن وذلك ما أشارت إليه عدة دراسات [9، 18] فقد أظهرت الدراسات أنه كلما كانت طبقة الأكسيد في خلائط المعادن الأساسية أكثر سمكًا، كلما كانت قوة الرابطة المعدنية الخزفية أقل [10، 19]

حيث أنّ جودة قوة الرابطة المعدنية الخزفية يتم تحديدها بشكل كبير من خلال مكونات طبقة أكسيد السطح. إن أكسيد السطح من خليطة النيكل- كروم تحت درجة حرارة عالية يتم تشكيله بشكل رئيسي من أكسيد النيكل NiO وأكسيد الكروم Cr₂O₃ [20]. ولوحظ وجود علاقة بين كمية Cr₂O₃ في طبقة الأكسيد ونسبة الوزن للكروم (% بالوزن) في الخليطة. وأن زيادة Cr₂O₃ يمكن أن يغير معامل التمدد الحراري للطبقة الخزفية ، وبالتالي، يحفز الإجهاد الداخلي، والذي بدوره يقلل من قوة الترابط بين المعدن والخزف [21]. ومن ناحية أخرى فإن وجود عنصر الألومنيوم (Al) في تكوين الخليطة يحسن درجة الأكسدة من خلال تشكيل Al₂O₃، مما يقلل بالتالي من سمك طبقة الأكسيد [20]. احتوى تكوين الخليطة المستخدمة في هذه الدراسة على 26% من Cr وهي لا تحتوي على Al، مما جعلها عرضة لفشل الارتباط المعدني الخزفي من خلال طبقة الأكسيد.

إلى جانب عناصر Cr و Al ، يعتبر الموليبيدين (Mo) ثالث أهم عنصر في هذه الخلائط، حيث أن الموليبيدين هو معدن حر ولا يتأكسد بسهولة ، ولكن منتج أكسيد الموليبيدين (على سبيل المثال ، MoO₃) يتبخر في درجات حرارة تزيد عن 700 درجة مئوية، وقد وجد أن الخلائط التي تحتوي على أكثر من 5% بالوزن من Mo لديها كمية أكبر نسبياً من MoO₃ المتطايرة أثناء المعالجة الحرارية وبهذا تترك طبقة أكسيد على السطح مع المزيد من الفراغات والعيوب كل هذا يؤدي إلى قوة ارتباط معدني خزفي أقل

[20]. في دراستنا فإن الخليطة المستخدمة تحوي 11% من الموليبيدين (والتي يمكن اعتبارها سبباً لقوة رابطة المعدن الخزفي المنخفضة لهذه الخلائط).

لا تتأثر قوة الربط المعدني الخزفي بطبقة أكسيد السطح فحسب، بل ترتبط أيضاً مع تطابق معامل التمدد الحراري CTE بين المعدن والخزف [20]. ومع ذلك، عندما يكون الفرق بين CTE بين المادتين أعلى من 1×10^{-6} (درجة مئوية)، يحدث تقلصها بمعدلات مختلفة تماماً، مما يؤدي بالتالي إلى زيادة الإجهادات القص عبر السطح البيني وهذا بدوره يؤثر إلى ضعف قوة الارتباط [20،22].

حيث أشار Ucar إلى أن زيادة عدد دورات الاحماء يؤدي إلى الانقاص من معدل التوافق الحراري بين الخزف والمعدن [7] ويؤدي ذلك بالنتيجة إلى انخفاض قوة ارتباط خزف- معدن [2]

وقد يكون السبب هو اختلاف البنية المجهرية والخواص الميكانيكية لخليطة النيكل كروم حيث يؤدي خبز الخزف إلى تغيير البنية المجهرية للخليطة والتركيب السطحي [22]، وكذلك أشار Anwar أنّ خلائط النيكل كروم تصبح أضعف بعد كل دورة خبز (انخفاض القوة والقساوة وزيادة الليونة) [23] وهذا بدوره قد يؤثر على قوة الارتباط المعدني الخزفي.

اتفقت نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة Zeighamil عام 2013 [24] ومع دراسة Jalali عام 2016 [25] ومع Wu عام 2014 [26] حيث وجدوا أن تكرار خبز الخزف يؤثر سلباً على توافق الخزف مع المعدن و قوة الارتباط.

في حين تختلف نتائج هذه الدراسة مع دراسة Ren عام 2016 [11] حيث لم يجد فرق احصائي في قوة الارتباط عند اعادة الخبز لـ 3 و 5 و 7 مرات و يمكن أن يكون السبب هو اختلاف الخليطة المستعملة حيث تتأثر متانة الارتباط المعدني الخزفي بالتركيب الكيميائي للخليطة المعدنية.

ووجد Trindade في دراسته أن خبز الخزف لأكثر من ثلاث دورات خبز توفر قوة ارتباط أعلى [27] وهذا يخالف نتائج دراستنا ويمكن أن يكون سبب الاختلاف هو اختلاف نوع المادة المرمة القاعدية حيث كان الزيركون في دراستهم بينما كانت خليطة

نيكل كروم في دراستنا وكذلك اختلاف الاختبار حيث اعتمدوا على اختبار الشد. وكذلك اختلفت نتائج هذه الدراسة مع نتائج Farzin [28] حيث أظهرت دراسته أن زيادة عدد دورات خبز الخزف ليس له تأثير كبير على قوة القص (SBS)، يمكن أن يعزى هذا الاختلاف إلى اختلاف الخليطة المعدنية والمواد الخزفية التي أستخدمت في كل دراسة وكذلك اختلاف عدد دورات الخبز.

وبناء على معايير الجمعية الأمريكية لطب الأسنان 38 (2000) ومعايير منظمة المقاييس العالمية 2012: ISO 9693 لتقييم الرابطة المعدنية الخزفية، تم تعيين الحد الأدنى لقوة الارتباط المقبولة وهي عند 25 ميغاباسكال [29، 30]. في الدراسة الحالية، تجاوزت متوسط قيم الرابطة لعينات الدورة الأولى خبز وثلاث دورات خبز الحد الأدنى من القيمة، ولكن عند خمس دورات خبز كانت قيم الارتباط أقل من الحد الأدنى المقبول.

الاستنتاجات والتوصيات:

ضمن حدود هذه الدراسة ، يمكن أن نستنتج مايلي :

- خبز الخزف لثلاث دورات يعطي قوى ارتباط مقبولة ضمن معايير ISO 2012: 9693).
- أن خبز الخزف لخمس دورات له تأثير على قوة ارتباط الخزف إلى خليطة نيكل -كروم ويعطي قيم ارتباط أقل من الحد الأدنى لمعايير 2012: ISO 9693. لذلك نوصي بالابتعاد عن تكرار خبز الخزف لخمس دورات لأن ذلك يؤثر على متانة الارتباط المعدني الخزفي.

المراجع:

1. De Backer, H., et al. 2008 *Long-term results of short-span versus long-span fixed dental prostheses: an up to 20-year retrospective study*, **Int J Prosthodont**, Vol. **21**(1): p. 75-85.
2. Fischer, J., et al. 2009 *The effect of thermal cycling on metal-ceramic bond strength*, **J Dent**, Vol. **37**(7): p. 549-53.
3. Pretti, M., et al. 2004 *Evaluation of the shear bond strength of the union between two CoCr-alloys and a dental ceramic*, **J Appl Oral Sci**, Vol. **12**(4): p. 280-4.
4. Roach, M. 2007 *Base metal alloys used for dental restorations and implants*, **Dent Clin North Am**, Vol. **51**(3): p. 603-27, vi.
5. Joias, R.M., et al. 2008 *Shear bond strength of a ceramic to Co-Cr alloys*, **J Prosthet Dent**, Vol. **99**(1): p. 54-9.
6. Hegedus, C., et al. 2002 *Comparative microstructural study of the diffusion zone between NiCr alloy and different dental ceramics*, **J Dent Res**, Vol. **81**(5): p. 334-7.
7. Ucar, Y., Z. Aksahin, and C. Kurtoglu 2009 *Metal ceramic bond after multiple castings of base metal alloy*, **J Prosthet Dent**, Vol. **102**(3): p. 165-71.
8. Wang, H., et al. 2016 *Evaluation of metal-ceramic bond characteristics of three dental Co-Cr alloys prepared with different fabrication techniques*, **J Prosthet Dent**, Vol. **116**(6): p. 916-923.
9. Stawarczyk, B., et al. 2014 *A novel CAD/CAM base metal compared to conventional CoCrMo alloys: an in-vitro study of the long-term metal-ceramic bond strengt*, **Oral Health Dent Manag**, Vol. **13**(2): p. 446-52.
10. Nikellis, I., A. Levi, and S. Zinelis 2005 *Effect of soldering on the metal-ceramic bond strength of an Ni-Cr base alloy*, **J Prosthet Dent**, Vol. **94**(5): p. 435-9.
11. Ren, X.W., et al. 2016 *Effects of multiple firings on metal-ceramic bond strength of Co-Cr alloy fabricated by selective laser melting*, **J Prosthet Dent**, Vol. **115**(1): p. 109-14.
12. de Vasconcellos, L.G., et al. 2010 *Opaque layer firing temperature and aging effect on the flexural strength of ceramic fused to cobalt-chromium alloy*, **J Prosthodont**, Vol. **19**(6): p. 471-7.
13. Troia, M.G., Jr., et al. 2003 *The effect of thermal cycling on the bond strength of low-fusing porcelain to commercially pure titanium and titanium-aluminium-vanadium alloy*, **Dent Mater**, Vol. **19**(8): p. 790-6.
14. Goharian, R., et al. 2002 *Effect of adhesives on bond strength of porcelain veneer to base metal alloy*, **Quintessence Int**, Vol. **33**(8): p. 595-9.

15. Ozcan, M. and L. Valandro 2011 *Effect of silane coupling agents and alloy primers on adhesion to titanium*, **Minerva Stomatol**, Vol. **60**(9): p. 427-34.
16. de Melo, R.M., A.C. Travassos, and M.P. Neisser 2005 *Shear bond strengths of a ceramic system to alternative metal alloys*, **J Prosthet Dent**, Vol. **93**(1): p. 64-9.
17. Akova, T., et al. 2008 *Comparison of the bond strength of laser-sintered and cast base metal dental alloys to porcelain*, **Dent Mater**, Vol. **24**(10): p. 1400-4.
18. Yilmaz, H. and C. Dincer 1999 *Comparison of the bond compatibility of titanium and an NiCr alloy to dental porcelain*, **J Dent**, Vol. **27**(3): p. 215-22.
19. Lee, D.H., et al. 2015 *Shear bond strength of porcelain to a new millable alloy and a conventional castable alloy*, **J Prosthet Dent**, Vol. **113**(4): p. 329-35.
20. Huang HH, L.M., Lee TH, Yang HW, Chen FL, Wu SC, et al. 2005 *Effect of chemical composition of Ni-Cr dental casting alloys on the bonding characterization between porcelain and metal*. **J Oral Rehabil**, 2005. **32**: p. 206-212.
21. Bezzon, O.L., et al. 2001 *Castability and resistance of ceramometal bonding in Ni-Cr and Ni-Cr-Be alloys*. **J Prosthet Dent**, Vol. **85**(3): p. 299-304.
22. Qiu, J., et al. 2011 *Corrosion behaviour and surface analysis of a Co-Cr and two Ni-Cr dental alloys before and after simulated porcelain firing*, **Eur J Oral Sci**, Vol. **119**(1): p. 93-101.
23. Anwar, M., et al. 2015 *Effect of PFM Firing Cycles on the Mechanical Properties, Phase Composition, and Microstructure of Nickel-Chromium Alloy*, **J Prosthodont**, Vol. **24**(8): p. 634-41.
24. Zeighami, S., et al. 2013 *The effect of multiple firings on microtensile bond strength of core-veneer zirconia-based all-ceramic restorations*, **J Prosthodont**, Vol. **22**(1): p. 49-53.
25. Jalali, H., Z. Bahrani, and S. Zeighami 2016 *Effect of Repeated Firings on Microtensile Bond Strength of Bi-layered Lithium Disilicate Ceramics (e.max CAD and e.max Press)*, **J Contemp Dent Pract**, Vol. **17**(7): p. 530-5.
26. Wu, L., et al. 2014 *Evaluation of the mechanical properties and porcelain bond strength of cobalt-chromium dental alloy fabricated by selective laser melting*, **J Prosthet Dent**, Vol. **111**(1): p. 51-5.
27. Trindade, F.Z., et al. 2013 *Zirconia-porcelain bonding: effect of multiple firings on microtensile bond strength*, **J Adhes Dent**, Vol. **15**(5): p. 467-72.

28. Farzin, M., R. Giti, and A. Asalforush-Rezaiye 2018 *The Effect of Multiple Firings on the Shear Bond Strength of Porcelain to a New Millable Alloy and a Conventional Casting Alloy*, **Materials (Basel)**, Vol. **11**(4).
29. Lombardo, G.H., et al. 2010 *Influence of surface treatment on the shear bond strength of ceramics fused to cobalt-chromium*, **J Prosthodont**, Vol. **19**(2): p. 103-11.
30. Pagnano, V.O., et al. 2009 *Effect of casting atmosphere on the shear bond strength of a ceramic to Ni-Cr and Ni-Cr-Be alloys*, **Braz Dent J**, Vol. **20**(2): p. 138-42.