الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية طب الأسنان
قسم تعويضات الأسنان الثابتة

أثر اختلاف الثخانة الافتراضية للاسمنت على دقة الانطباق الحافي لقوالب الزيركونيا المصنعة وفق نظام CAD/CAM

(دراسة مخبرية)

Influence of Different Virtual Cement Spaces on Marginal Fit of CAD/CAM-Fabricated Zirconia Copings

(In-Vitro Study)

أطروحة قدمت إلى جامعة دمشق لنيل درجة الماجستير في علوم طب الأسنان في اختصاص تعويضات الأسنان الثابتة

إعداد
الباحثة: نور الهدى الرفاعي
إشراف
الأستاذ المساعد الدكتور: نبيل الحوري

2012-1433

بسمِ اللهِ الرَّحمنِ الرَّحيمِ

"وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ"

سورة التوبة

الآية **105**

وإذا النساءُ نشأنَ في أُمّيَّةٍ رضعَ الرجالُ جهالةً وخمولا

أحمد شوقي

تصريح

لا يوجد أي جزء من هذه الأطروحة تمَّ أخذه بالكامل من عمل آخر، أو أُنجز للحصول على شهادة أخرى في هذه الجامعة، أو في أية جامعة أخرى، أو أي معهد تعليميّ.

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة
المقدمة.	12
الهدف من البحث.	14
1. المراجعة النظرية.	16
1.1 الانطباق الحفافي.	17
1.1.1 تعاريف حول الانطباق الحفافي.	17
2.1.1 أهمية الانطباق الحفافي.	20
3.1.1 طرائق قياس الانطباق الحفافي.	20
4.1.1 العوامل المؤثرة على الانطباق الحفافي.	23
2.1 المسافة الداخلية للاسمنت.	28
1.2.1 تعريف المسافة الداخلية وأهميتها.	28
2.2.1 التقنيات المستخدمة لتأمين مسافة للاسمنت.	28
3.2.1 مزايا تطبيق المادة الفاصلة.	30
4.2.1 مقدار الثخانة التي تم الحصول عليها باستخدام المادة الفاصلة.	32
5.2.1 العوامل التي تؤثر على اختلاف ثخانة المادة الفاصلة.	33
3.1 الزيركونيا.	36
1.3.1 مقدمة وتصنيف الخزف الكامل.	36
2.3.1 قلب الزيركونيا.	37
3.3.1 أنواع الزيركونيا المستخدمة في التطبيقات السنية.	41
4.3.1 أنواع تصنيع مادة الزيركونيا.	45
4.1 نظام CAD/CAM.	48
1.4.1 نظرة عامة عن CAD/CAM السني.	48
2.4.1 التصنيع وفق نظام CAD/CAM.	50
3.4.1 مزايا استخدام CAD/CAM.	52
5.1 الدراسات السابقة.	54
1.5.1 الدراسات التي تناولت أثر تطبيق المادة الفاصلة على الانطباق الحفافي.	54
2.5.1 الدراسات التي تناولت أثر اختلاف عدد طبقات المادة الفاصلة على الانطباق الحفافي.	57
3.5.1 الدراسات التي تناولت مقدار الثخانة الحاصلة أثناء تطبيق المادة الفاصلة.	59
4.5.1 الدراسات التي تناولت اختلاف ترتيب الطبقات على ثخانة المادة الفاصلة.	62

5.5.1 الدراسات التي تناولت أثر تقنية تطبيق المادة الفاصلة على الانطباق الحفافي.	63
6.5.1 الدراسات التي تناولت أثر الإلصاق على الانطباق الحفافي.	64
7.5.1 الدراسات التي تناولت أثر مسافة الاسمنت الافتراضيَّة على الانطباق الحفافي باستخدام نظام CAD/CAM.	66
2. مواد وطرائق البحث.	69
1.2 المواد المستخدمة في البحث.	70
2.2 الأدوات والأجهزة المستخدمة في البحث.	72
3.2 طريقة العمل.	76
1.3.2 تحضير التوائم الجبسية.	76
2.3.2 تصميم وتصنيع القوالب الزيركونية.	78
3.3.2 فحص المسافة الداخلية.	81
4.3.2 فحص الانطباق الحفافي.	84
1.4.3.2 قياس الفرجة الحفافية قبل الإلصاق.	84
2.3.4.2 قياس الفرجة الحفافية بعد الإلصاق.	87
3. النتائج.	92
1.3 وصف العينة.	93
2.3 الدراسة الإحصائية التحليلية.	94
1.2.3 دراسة مقدار المسافة الداخلية.	94
1.1.2.3 دراسة مقدار المسافة الجدارية المحورية.	94
1.1.1.2.3 دراسة تأثير المجموعة المدروسة في مقدار المسافة الجدارية المحورية في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس.	94
2.1.1.2.3 دراسة تأثير المقطع المدروس في مقدار المسافة الجدارية المحورية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.	97
2.1.2.3 دراسة مقدار المسافة الإطباقية.	99
1.2.1.2.3 دراسة تأثير المجموعة المدروسة في مقدار المسافة الإطباقية في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس.	99
2.2.1.2.3 دراسة تأثير المقطع المدروس في مقدار المسافة الإطباقية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.	102
2.2.3 دراسة مقدار الفرجة الحفافية.	104
1.2.2.3 دراسة مقدار الفرجة الحفافية في جميع السطوح.	105

1.1.2.2.3 دراسة تأثير المجموعة المدروسة على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للمرحلة المدروسة.	105
2.1.2.2.3 دراسة تأثير عملية الإلصاق على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للمجموعة المدروسة.	108
3.1.2.2.3 دراسة تأثير المجموعة المدروسة على مقدار التغير في الفرجة الحفافية.	109
2.2.2.3 دراسة مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للسطح المدروس.	111
1.2.2.2.3 دراسة تأثير المجموعة المدروسة على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للسطح المدروس والمرحلة المدروسة.	111
2.2.2.2.3 دراسة تأثير السطح المدروس على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للمجموعة المدروسة والمرحلة المدروسة.	116
3.2.2.2.3 دراسة تأثير عملية الإلصاق على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للمجموعة المدروسة والسطح المدروس.	119
4.2.2.2.3 دراسة تأثير المجموعة المدروسة على مقدار التغير في الفرجة الحفافية وفقاً للسطح المدروس.	121
5.2.2.2.3 دراسة تأثير السطح المدروس على مقدار التغير في الفرجة الحفافية وفقاً للمجموعة المدروسة.	124
4. المناقشة.	127
1.4 مناقشة مواد وطرائق البحث.	128
2.4 مناقشة نتائج البحث.	132
1.2.4 قيم المسافة الداخلية.	132
2.2.4 قيم الفرجة الحفافية قبل الإلصاق.	137
3.2.4 قيم الفرجة الحفافية بعد الإلصاق.	139
5. الاستنتاجات.	144
6. المقترحات والتوصيات.	146
7. المراجع.	149
الملخص.	
Abstract.	
الملاحق.	

قائمة الجداول

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
1.1	يبين خصائص مادة الزيركونيا رباعية البللورات المستقرة بالألومينا.	42
1.3	يبين توزع عينة البحث للمجموعة المدروسة.	93
2.3	يبين الإحصاءات الوصفية ونتائج اختبار تحليل التباين ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس.	95
3.3	يبين نتائج المقارنة الثنائية وفقاً لطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس.	96
4.3	يبين الإحصاءات الوصفية ونتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية بين مجموعة القياسات المجراة في المقطع الدهليزي اللساني ومجموعة القياسات المجراة في المقطع الأنسي الوحشي في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.	98
5.3	يبين الإحصاءات الوصفية ونتائج اختبار تحليل التباين ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار المسافة الإطباقية بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس.	100
6.3	يبين نتائج المقارنة الثنائية وفقاً لطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار المسافة الإطباقية بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس	101
7.3	يبين الإحصاءات الوصفية ونتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار المسافة الإطباقية بين مجموعة القياسات المجراة في المقطع الدهليزي اللساني ومجموعة القياسات المجراة في المقطع الأنسي الوحشي في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.	103
8.3	المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والمرحلة المدروسة.	105
9.3	نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة.	106
10.3	نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق وبعدها بين المجموعات المدروسة في عينة البحث.	107

11.3	المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة والمجموعة المدروسة.	108
12.3	نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفجوة الحفافية بين المرحلتين المدروستين (قبل الإلصاق، بعد الإلصاق) في عينة البحث، وذلك وفقاً للمجموعة المدروسة.	108
13.3	المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار التغير في الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.	109
14.3	نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المجموعات المدروسة في عينة البحث	110
15.3	نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة في عينة البحث.	110
16.3	المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والسطح المدروس والمرحلة المدروسة.	112
17.3	نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المجموعات المدروسة في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة	113
18.3	نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة في مجموعة السطح اللساني قبل الإلصاق وفي كل من مجموعة السطح الدهليزي ومجموعة السطح الإنسي ومجموعة السطح الوحشي بعد الإلصاق في عينة البحث.	115
19.3	المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً للسطح المدروس والمجموعة المدروسة والمرحلة المدروسة.	116
20.3	نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين مجموعات السطح المدروس في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.	117
21.3	نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين مجموعات السطح المدروس في مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة.	118
22.3	المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة والمجموعة المدروسة والسطح المدروس.	120

23.3	نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفجوة الحفافية بين المرحلتين المدروستين (قبل الإلصاق، بعد الإلصاق) في عينة البحث، وذلك وفقاً للمجموعة المدروسة.	121
24.3	المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار التغير في الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والسطح المدروس.	122
25.3	نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة في عينة البحث وفقاً للسطح المدروس.	122
26.3	نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة في مجموعة السطح الدهليزي ومجموعة السطح الإنسي في عينة البحث.	123
27.3	المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار التغير في الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للسطح المدروس والمجموعة المدروسة.	125
28.3	نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين مجموعات السطوح المدروسة في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.	125
29.3	نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين مجموعات السطح المدروس في مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة.	126
1.4	يبين مقدار الفرجة المسافة الجدارية المحورية في الدراسة الحالية وفي دراسة Iwai *et al.* و Nakamura *et al.*.	137
2.4	يبين مقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق في الدراسة الحالية وفي دراسة Iwai *et al.* و Nakamura *et al.*.	139

قائمة الأشكال

الرقم	عنوان الشكل	الصفحة
1.1	مصطلحات سوء الانطباق الحفافي.	18
2.1	أشكال سوء الانطباق الحفافي.	19
3.1	الشكل الصحيح الذي يؤمن استمرارية المنطقة غير المحضرة من السن دون زيادة أو نقص ودون تعرج أو تقطع.	19
4.1	مقطع عرضي لقياس الفرجة الحفافية في الحواف المدورة.	21
5.1	يبين الأشكال البللورية المختلفة للزيركونيا، a: البنية المكعبة، b: البنية الرباعية، c: البنية الأحادية.	38
6.1	الحد من التصدعات لMg-PSZ بواسطة متانة التحول.	39
7.1	صورة تبين ظاهرة ageing للزيركونيا، a: عدم وجود الطور الأحادي b: نفس الساحة المجهرية بعد 7 ساعات من التسخين لدرجة حرارة 134 بوجود الرطوبة، حدوث التحول للطور الأحادي بنسبة 20%.	39
8.1	حدوث LTD نتيجة الرطوبة، a: بدء التحول من الطور الرباعي إلى الأحادي في سطح الزيركونيا واستمرار التحول من جزيء إلى آخر، b: بدء التحول في داخل كتلة الزيركونيا، c: استمرار التحول وبدء تشكل التصدعات، d: التحول الكامل إلى الطور الأحادي.	40
9.1	صورة بالمجهر الالكتروني 3Y-TZP المستخدمة في التطبيقات السنية والملبدة تبعاً لتعليمات الشركة المصنعة (Cercon , dentsply ceramco).	41
10.1	صورة بالمجهر الالكتروني تبين حدوث ظاهرة ageing لـ Y-TZP عند التلبيد الحراري لدرجة حرارة مرتفعة 1600 درجة، a: قبل التلبيد، b: عند التلبيد لدرجة 1600 حيث يبدأ تشكل ثقوب على السطح، c: انتشار الطور الأحادي.	43
11.1	صورة بالمجهر الالكتروني لقلب الزيركونيا المقواة بالألومينا.	45
12.1	صورة بالمجهر الضوئي لمسحوق 3Y-TZP.	47
13.1	مراحل تصنيع التيجان والجسور وفق نظام CAD/CAM.	51
14.1	a: مسبار التماس، b: مقياس الإزاحة بأشعة الليزر، c: شعاع الليزر الخطي.	52
1.2	مطاط السيلكون الإضافي العجيني ومنخفض اللزوجة Coltene.	72
2.2	مطاط السيلكون الإضافي منخفض اللزوجة Zhermack.	72
3.2	قوالب الزيركونيا Zirkodenta.	73
4.2	الاسمنت الزجاجي الشاردي Meron.	73
5.2	جبس مقوى بالراتنج نمط resin rock IV .	73

6.2	مادة فاصلة Pico-Fit.	74
7.2	طوابع لأخذ الطبعات.	74
8.2	مدفع لحقن المطاط.	75
9.2	a: الماسح الخاص بنظام ZirkoDenta. b: الحاسوب الخاص بنظام ZirkoDenta.	75
10.2	آلة النحت الخاصة بنظام ZirkoDenta.	76
11.2	فرن التلبيد.	76
12.2	المجهر الضوئي.	77
13.2	المجهر الالكتروني الماسح.	77
14.2	تحضير السن الشمعي وفق زاوية تحضير 12°.	78
15.2	يمثل التوأم الرئيسي المعدني.	79
16.2	صنع الطيعات.	79
17.2	a: التوائم الجبسية بعد فصلها عن الطبعات، b: تطبيق المادة الفاصلة للمجموعة الرابعة.	80
18.2	تصميم القالب الزيركوني وفق نظام ZirkoDenta، a: التوأم الجبسي بعد عملية المسح، والتأكد من عدم وجود نقاط تثبيت، b: تحديد الحواف من قبل البرنامج، c: إعطاء الأمر بثخانة افتراضية بمقدار 50 ميكرون للمجموعة الثانية، d: وضع الثخانة الافتراضية 0 ميكرون لمجموعة التطبيق اليدوي للمادة الفاصلة، e,f: تصميم القالب الزيركوني.	81
19.2	نحت القالب الزيركوني.	82
20.2	القالب الزيركوني قبل التلبيد.	82
21.2	القوالب الزيركونية بعد التلبيد.	83
22.2	تحضير النسخة المطابقة، a: القالب الزيركوني وبداخله المطاط السيلكوني الرخو البنفسجي اللون، b: تثبيت طبقة المطاط ذو اللون البنفسجي بحقن مطاط سيلكوني رخو آخر وبلون أخضر.	84
23.2	تقطيع النسخة المطابقة إلى مقطع دهليزي لساني، ومقطع أنسي وحشي.	85
24.2	إجراء القياس للمقطع الدهليزي اللساني للسن رقم 13 من مجموعة ثخانة 70 ميكرون.	85
25.2	إجراء القياس للمقطع الدهليزي اللساني للسن رقم 16 من مجموعة ثخانة 50 ميكرون.	85
26.2	إجراء القياس للمقطع الأنسي الوحشي للسن رقم 35 من مجموعة ثخانة 30 ميكرون.	86
27.2	إجراء القياس للمقطع الإنسي الوحشي للسن رقم 48 من مجموعة التطبيق اليدوي للمادة الفاصلة.	86
28.2	جهاز تثبيت العينات.	87

29.2	وضع العينة المراد قياسها ضمن المجهر الالكتروني الماسح.	88
30.2	الفرجة الحفافية قبل الالصاق لمنتصف السطح الوحشي للقالب رقم 9 ضمن المجموعة الأولى.	88
31.2	الفرجة الحفافية قبل الإلصاق لمنتصف السطح الدهليزي للسن رقم 24 ضمن المجموعة الثانية.	88
32.2	الفرجة الحفافية قبل الإلصاق لمنتصف السطح اللساني للسن رقم 37 ضمن المجموعة الثالثة.	88
33.2	الفرجة الحفافية قبل الإلصاق لمنتصف السطح الأنسي للسن رقم 49 ضمن المجموعة الرابعة.	89
34.2	مراحل الإلصاق، a: إضافة المسحوق والسائل بمعدل 1:1، b: وضع المزيج الاسمنتي داخل القالب الزيركوني، c: طلي السطوح الداخلية للقالب الزيركوني بالاسمنت بواسطة السباتول البلاستيكي، d: تطبيق ثقل بمقدار 5 كيلوغرام بعد إعادة القالب الزيركوني إلى التوأم الخاص به، e: إزالة الزوائد الاسمنتية بعد تصلب الاسمنت الزجاجي الشاردي بواسطة المسبر السني.	90
35.2	الفرجة الحفافية بعد الإلصاق لمنتصف السطح اللساني للسن رقم 3 ضمن المجموعة الأولى.	91
36.2	الفرجة الحفافية بعد الإلصاق لمنتصف السطح الدهليزي للسن رقم 19 ضمن المجموعة الثانية.	91
37.2	الفرجة الحفافية بعد الإلصاق لمنتصف السطح الإنسي للسن رقم 40 ضمن المجموعة الثالثة.	91
38.2	الفرجة الحفافية بعد الإلصاق لمنتصف السطح الوحشي للسن رقم 46 ضمن المجموعة الرابعة.	92

قائمة المخططات

الرقم	عنوان المخطط	الصفحة
1.3	يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.	93
2.3	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار المسافة الجدارية المحورية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والمقطع المدروس.	97
3.3	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار المسافة الجدارية المحورية في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس والمجموعة المدروسة	99
4.3	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار المسافة الإطباقية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والمقطع المدروس.	102
5.3	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار المسافة الإطباقية في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس والمجموعة المدروسة.	103
6.3	المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة والمجموعة المدروسة.	109

قائمة الاختصارات المستخدمة في الدراسة

الاختصار	مضمونه باللغة الأجنبية	مضمونه باللغة العربية
CAD/CAM	Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacture	التصميم بوساطة الحاسوب/ التصنيع بوساطة الحاسوب
MAD/CAM	Manual Aided Design/ Computer Aided Manufacture	التصميم اليدوي/ التصنيع بوساطة الحاسوب
µm	Micron	ميكرون=0.001 ملم
m	Monoclinc	أحادي
t	Tetragonol	رباعي
c	Cubic	مكعبي
PSZ	Partially Stabilized Zirconia	الزيركونيا المستقرة جزئياً
LTD	Low Temperature Degradation	التحلل في درجات الحرارة المنخفضة
Y-TZP	Yttrium-Tetragonal Zirconia Polycrystals	بللورات الزيركونيا الرباعية مع الايتيريوم
ZTA	Zirconia-Toughened Alumina	الزيركونيا المقواة بالألومينا
Mg-PSZ	Magnesia-Partially Stabilized Zirconia	الزيركونيا المستقرة جزئياً مع المغنزيا
MPa	MegaPascals (MPa = N/mm^2)	ميغاباسكال = نيوتن/$مم^2$
K^{-1}	$Kalfen^{-1}$	(كالفن$^{-1}$) وحدة معامل التمدد الحراري
WmK^{-1}	$Watt.meter.Kalfen^{-1}$	(واط.متر.كالفن$^{-1}$) وحدة معامل التوصيل الحراري
HV 0.1	Micro-Hardness Vickers	(فيكرز) وحدة قياس القساوة
Ib	Pound	باوند= 0.454 كغ = 4.45 نيوتن
N	Newton	نيوتن= 0.102 كغ
SEM	Scanning Electronic microscope	المجهر الالكتروني الماسح

المقدمة

Introduction

ترتبط ديمومة أي تعويض سني بدقّة انطباق حوافه، حيث تزيد الفرجة الحفافية من تراكم اللويحة السنية وحدوث المرض حول السني. ولذلك فقد اتجه الباحثون لدراسة العوامل التي تُحسِّن من الانطباق الحفافي، وإحدى هذه العوامل تأمين مسافة داخلية بين السن المحضَّر والتعويض من أجل ترك فراغ مناسب لاسمنت الإلصاق، والطريقة الأكثر شيوعاً هي التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة die spacer، وقد أُجريت دراسات عديدة حول عدد الطبقات الكافية من المادة الفاصلة لإحداث أفضل انطباق حفافي بدون التأثير على الثبات، لكن كان من الصعب التقييم الدقيق للثخانة الافتراضيَّة للاسمنت، وبذلك لم يتم الوصول إلى الثخانة الضرورية لتأمين أفضل انطباق حفافي.

اتسع استخدام قوالب الزيركونيا في التعويضات الخزفية الكاملة للتيجان الخلفية، ويعود ذلك إلى خصائصها الميكانيكية المرتفعة بالإضافة إلى تطور تقنيات عديدة لتصنيع هذه المادة، ما يُحقِّق متانة وناحية جمالية عالية.

يمتاز نظام CAD/CAM بإمكانية التحكُّم بمقدار الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بشكل دقيق، ما يُمكِّن من معرفة فيما إذا كان هناك أثر لاختلاف ثخانة الاسمنت الافتراضيَّة على دقة انطباق قوالب الزيركونيا المُصنَّعة وفق هذا النظام، وهذا ما حفَّز الباحثة على هذه الدراسة، وذلك بُغية الوصول إلى الحيِّز الافتراضي المناسب لتأمين أفضل انطباق حفافي.

الهدف من البحث

Aim of Study

يهدف هذا البحث إلى ما يلي:

أولاً: تقييم الانطباق الداخلي لقوالب الزيركونيا المصنَّعة بنظام CAD/CAM عند اختلاف الثَّخانات الافتراضيَّة للاسمنت.

ثانياً: تقييم الانطباق الحفافي لقوالب الزيركونيا المصنَّعة بنظام CAD/CAM عند اختلاف الثَّخانات الافتراضيَّة للاسمنت قبل وبعد الإلصاق بالاسمنت الزجاجي الشاردي.

الفصل الأول: المراجعة النظرية

Chapter 1: Literature Review

1.1 الانطباق الحفافي:

1.1.1 تعاريف حول الانطباق الحفافي:

لم يوضع تعريف دقيق لمصطلح الانطباق الحفافي Marginal Fit في الدراسات القديمة، فقد استُخدم نفس المصطلح لقياسات مختلفة، كما استُخدمت مصطلحات مختلفة للتعبير عن نفس القياس، مما أدى إلى حدوث إرباك فيما بين الدراسات التي تناولت الانطباق الحفافي، ولذلك أعطى Holmes (1989) عدد من المصطلحات المقترحة لتحديد الانطباق الحفافي:

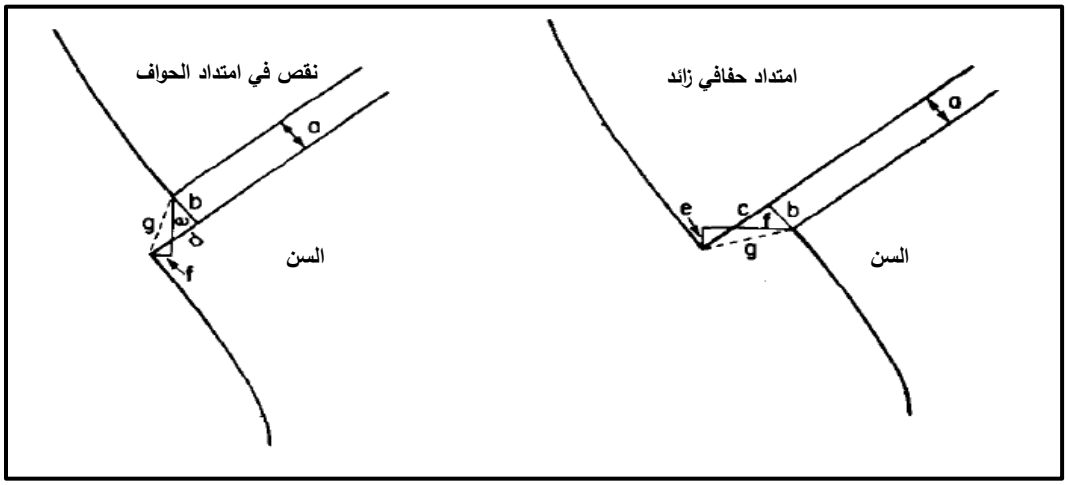
الفرجة الحفافية Marginal Gap: وهي المسافة العمودية من السطح الداخلي للتعويض إلى الجدار المحوري للسن المحضرة عند الحواف الخارجية.

التباين الحفافي العمودي Vertical Marginal Discrepancy: وهو سوء الانطباق المقاس من الحافة الخارجية للتعويض حتى المسقط الأفقي لأبعد نقطة خارجية من السن المحضرة في حال وجود امتداد حفافي زائد أو ناقص.

التباين الحفافي الأفقي Horizontal Marginal Discrepancy: وهو سوء الانطباق المقاس من حافة السن المحضرة حتى المسقط العمودي لأبعد نقطة من الحافة الخارجية للتعويض في حال وجود امتداد حفافي زائد أو ناقص.

التباين الحفافي المطلق Absolute Marginal Discrepancy: وهو وتر المثلث القائم المتشكل من الزاوية المشتركة بين الفرجة الحفافية مع الامتداد الحفافي الزائد أو الناقص، أو المتشكل من الزاوية المشتركة بين التباين الحفافي العمودي والأفقي، ويُقاس من حافة المرممة الخارجية إلى حافة زاوية التحضير الخارجية للسن، وهو القياس الأكثر تعبيراً عن الأخطاء في المنطقة الحفافية ويعكس سوء

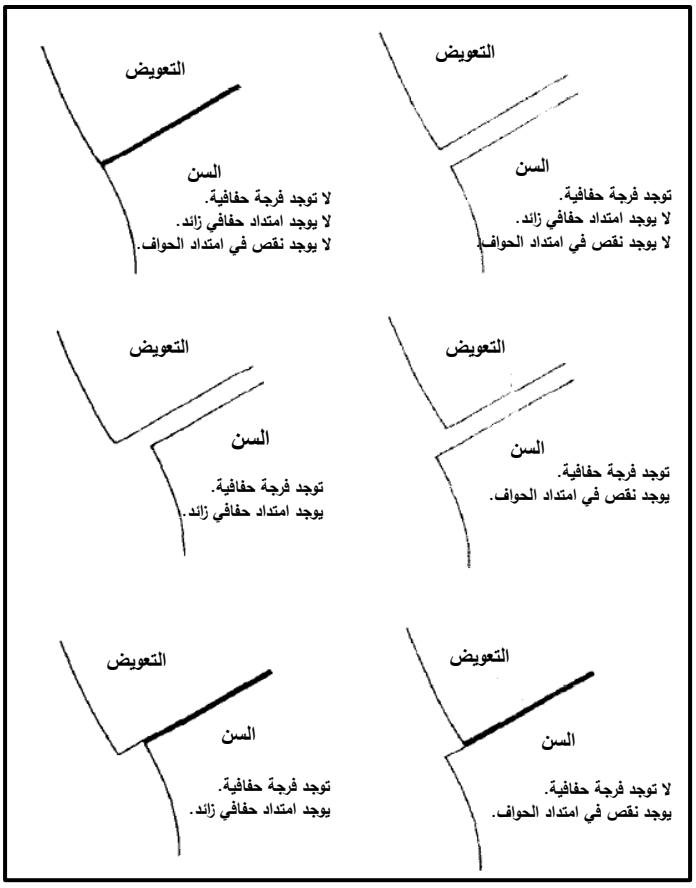
الانطباق الكلي، وأي قياس آخر قد يُخفي ولو بشكل جزئي التباين الحفافي المطلق الموجود فعلياً، ويوضح الشكل (1.1) هذه المصطلحات بشكل ترسيمي حسب Holmes *et al*.



شكل (1.1): مصطلحات سوء الانطباق الحفافي، a: الفرجة الداخلية، b: الفرجة الحفافية، c: امتداد حفافي زائد، d: نقص في امتداد الحواف، e: التباين الحفافي العمودي، f: التباين الحفافي الأفقي، g: التباين الحفافي المطلق (Holmes *et al.*, 1989).

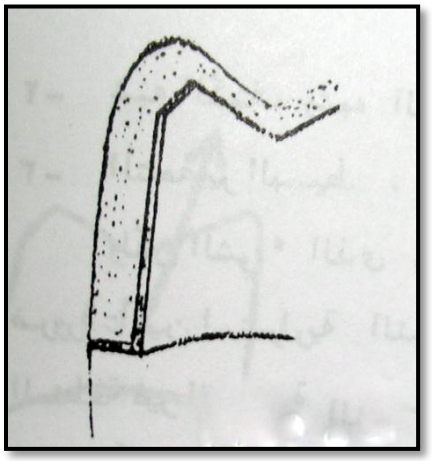
تتطابق حافة التعويض مع حافة زاوية التحضير الخارجية للسن وذلك في الحالات النموذجية لانطباق التعويض، بينما تظهر أشكال متعددة من سوء الانطباق الحفافي (شكل 2.1)، وذلك في حال وجود عيوب حفافية بالإضافة لعيوب في امتداد حواف التعويض (نقص أو زيادة في امتداد الحواف). وكل شكل من هذه الأشكال له مساوئه، فوجود الفرجة الحفافية يسبب حتماً انحلال الاسمنت نتيجة تعرض الاسمنت للسوائل الفموية، ويزداد التباين الحفافي المطلق في حال وجود زيادة أو نقص في امتداد الحواف، ما يسبب زيادة تراكم اللويحة في هذه المنطقة.

أما في حال وجود زيادة أو نقص في امتداد الحواف، مع عدم وجود فرجة حفافية، فهذا يشير إلى انطباق سيء ينعكس سلباً على التعويض، ما يؤدِّي إلى تجمع اللويحة السنِّية في منطقة الامتداد الحفافي الزائد، مما يؤثر على النسج حول السنِّية، بينما يسبب نقص امتداد الحواف تجمع أقل للويحة السنِّية، وبذلك يكون تخرُّب النسج حول السنِّية أقل (Holmes *et al.*, 1989).



شكل (2.1): أشكال سوء الانطباق الحفافي (Holemes *et al.*, 1989).

وقد عبَّر (الشعراني، 2012) عن الانطباق الحفافي بالارتاج وعرَّفه بالمسافة التي تفصل السطح الداخلي للتاج عن السطح الخارجي للتحضير شريطة تأمين الاستمرارية بين الجزء أو السطح غير المحضر من السن والتاج أو الترميم (شكل 3.1).



شكل (3.1): الشكل الصحيح الذي يؤمن استمرارية المنطقة غير المحضرة من السن دون زيادة أو نقص ودون تعرج أو تقطع (الشعراني، 2012).

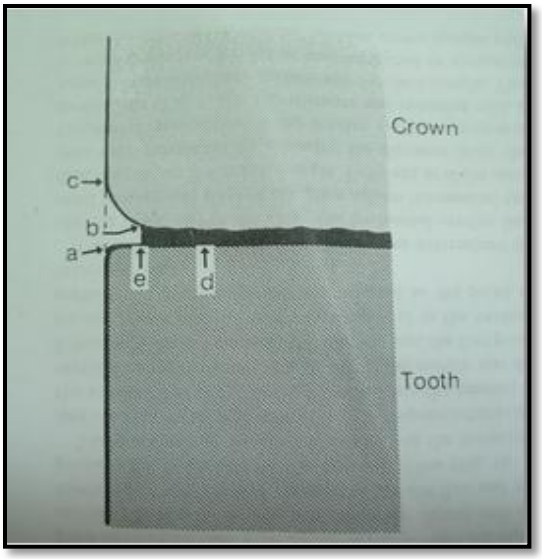
2.1.1 أهمية الانطباق الحفافي:

يُعد الانطباق الحفافي عاملاً مؤثراً جداً على ديمومة التعويض، حيث اعتبر Hung *et al.* (1990) أن الانطباق الحفافي هو أهم معيار لقبول التعويض سريرياً، كما إن العيوب الحفافية مسؤولة عن نسبة 11% من فشل التعويضات الثابتة (Schwartz, 1986)، ومن المسلَّم به أن سوء الانطباق الحفافي له دور واضح في زيادة تراكم اللويحة السنِّية، ما قد يسبب نخراً في الأسنان في حال كانت حواف التحضير فوق اللثة (Sorensen *et al.*, 1989)، أو ما قد يسبب تغيراً في توزع الزمرة الجرثومية الفموية وبدء المرض حول السني بالإضافة إلى النخور في حال كانت حواف التحضير تحت اللثة (Ramfjord, 1974).

3.1.1 طرائق قياس الانطباق الحفافي:

ذكر Sorensen (1990) أنه لا توجد طريقة موحَّدة لقياس حواف التعويض، وينبغي لطريقة القياس المستخدمة أن تكون قابلة للتكرار، وأن تحقق التناسق والتناغم لإمكانية إجراء المقارنة الموضوعية لأنظمة مختلفة من التيجان.

وكمثال على ذلك في حال كانت الحواف مدورة كما في الشكل (4.1)، فإنه عند القياس بطريقة المعاينة المباشرة أو بطريقة النسخة المطابقة وفحصها عبر المجهر الالكتروني الماسح، فسيكون القياس بشكل عمودي من النقطة a إلى النقطة b وهي نقطة حافة الاسمنت، بدلاً من القياس من النقطة a إلى النقطة c وهي الفرجة الحفافية المتشكلة نتيجة الحواف المدورة، وبهذه الحالة يُفضَّل إجراء مقطع طولي ليتم قياس الفرجة الحفافية الحقيقية والتي تُمثِّل مكان استيطان اللويحة الجرثومية.



شكل (4.1): مقطع عرضي لقياس الفرجة الحفافية في الحواف المدوّرة (Sorensen, 1990).

من أهم طرائق القياس المذكورة في الأدب السني لتحديد الفرجة الحفافية:

1. المعاينة المباشرة Direct View:

يتم قياس الفرجة الحفافية باستخدام المجهر الضوئي أو المجهر الالكتروني الماسح، تمتاز هذه الطريقة بأنها لا تُخرِّب العينات أثناء إجراء القياس، لكنها قد تسبب سحلاً للحواف بسبب تكرار استعمال التوأم الرئيس (die) (الشعراني، 2011) مع كل تيجان العينة وبذلك تُقلِّل من الدقة المطلوبة، وأيضاً فإنه من الصعب تحديد درجة التباين الأفقي (Sorensen, 1990).

2. المقاطع العرضية Cross-Sectional:

تُعتبر هذه الطريقة هي الأكثر دقة في القياس، كما تمكِّن من تحديد درجة التباين الأفقي، حيث يتم قص التيجان المثبتة على التوأم الخاص بها للحصول على مقاطع طولية يُمكن من خلالها دراسة الانطباق الحفافي أو الداخلي، لكن تتطلب هذه الطريقة وقتاً أكثر، كما أنها تُسبِّب خسارة التاج نتيجة

قصه، وبذلك فمن غير الممكن مثلاً قياس مقدار التغير في الفرجة الحفافية لدى المراحل المختلفة لخبز الخزف لنفس العينات (Sorensen, 1990).

3. الفحص بالمسبر Explorer Examination:

يتم تمرير المسبر السني بين حافة التاج وحافة السن لتحرِّي الفرجة الحفافية، وهي الطريقة السريرية الأكثر شيوعاً لدى أطباء الأسنان، وتعتمد هذه الطريقة على حدة رأس المسبر ومهارة الطبيب (Sorensen, 1990). تختلف حدة رأس المسبر من نوع لآخر، كما أن الاستخدام المتكرر للمسبر يُقلِّل من حدة رأسه، ما قد يُؤثِّر سلباً على دقة هذه الطريقة (Morris, 1992).

4. الفحص بالأشعة Radiographic Examination:

يتم تقييم سوء الانطباق الحفافي في المناطق الملاصقة (Assif *et al.*, 1985)، لكنها طريقة غير دقيقة، كما أنه من الصعوبة تحرِّي الفرجة الحفافية الأقل من 80 ميكرون (Schwartz, 1986).

5. طريقة النسخة المطابقة Replica Technique:

يتم حقن المطاط السيلكوني الرخو على السطح الداخلي للترميم، ويُعاد التعويض إلى التوأم المطابق له. وبعد تصلب المطاط السيلكوني الرخو، يُزال التعويض مع المطاط من التوأم، وتُثبَّت الطبقة الرقيقة من السيلكون الرخو بحقن مطاط سيلكوني رخو آخر وبلون مغاير، يتم بعدها إزالة كتلة المطاط من التعويض ومن الممكن غمرها بالراتنج، وتُقص بعدها للحصول على مقاطع طولية، يمكن من خلالها دراسة الانطباق الحفافي أو الداخلي باستخدام المجهر الضوئي أو الالكتروني (Grenade *et al*., 2011; Iwai *et al*., 2008; Coli & Karlsson, 2004). تُعتبر هذه التقنية غير دقيقة بسبب احتمالية تشوه المطاط عند إزالة التاج (Boening *et al*., 2000).

4.1.1 العوامل المؤثرة على الانطباق الحفافي:

1. عوامل تتعلق بالسن:

a. زاوية التحضير:

تؤدي زيادة زاوية التحضير إلى تحسين الانطباق الحفافي (Fusayama *et al*., 1964)، فقد ذكر Jorgensen (1960) أن زاوية التحضير الأقل من 10 درجات تُقلِّل من انصباب الاسمنت في الزوايا الخطية المحورية الإطباقية، كما بيّن Beuer *et al*., (2008) أن استخدام زاوية تحضير 12° من أجل قوالب الزيركونيا يؤمِّن حصول فرجة حفافية أقل من 50 ميكرون.

b. شكل الحدود العنقية:

أظهرت دراسة Fusayama *et al*. (1964) أن أقل فرجة حفافية حصل عليها كانت مع تحضير الإنهاء البسيط يليه تحضير شبه الكتف وأخيراً الكتف، وبينت دراسة Gavelis *et al*. (1981) أن تحضير الكتف وشبه الكتف بدون شطب، يؤمن انطباق حفافي أفضل من تحضير كتف أو شبه كتف مشطوب بمقدار 30° أو 45°، بينما ذكرت دراسة Wang *et al*. (1992) أن الكتف المشطوب يؤمن انطباق حفافي أفضل من تحضير الكتف بدون شطب، وذكر Quintas *et al*. (2004) أن تحضير الكتف بالنسبة للترميمات الخزفية الكاملة أمّن انطباق حفافي أفضل من تحضير شبه الكتف، كما أظهرت دراسة Ayad (2008) أن أفضل انطباق حفافي كان لشبه الكتف الخفيف يليه شبه الكتف العميق وأخيراً الكتف المدور مع عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين أشكال التحضير المختلفة.

c. طول السن المحضر:

تزداد الفرجة الحفافية بزيادة طول السن المحضر (Fusayama *et al*., 1964).

d. مكان التحضير العنقي:

تقل الفرجة الحفافية في حال كانت حواف التحضير فوق اللثة، بسبب مقدرة طبيب الأسنان على تمييز الحواف السنِّية، حيث تراوحت قيم الفرجة الحفافية في دراسة Christensen (1966) ما بين 2-51 µm في حال كانت الحواف فوق اللثة، وما بين 34-119 µm في حال كانت الحواف تحت اللثة.

e. نعومة سطح السن المحضر:

لوحظ بأن خشونة سطح السن المحضر تُقلِّل من دقة الانطباق الحفافي (Ayad, 2008).

2. عوامل تتعلق بالمادَّة المرممة:

a. نوع المادَّة المستخدمة:

إن نوع المادَّة المستخدمة في صنع التعويض تؤثر حتماً على الانطباق الحفافي، لذلك ينبغي على طبيب الأسنان معرفة خصائص المادَّة المراد استخدامها لصنع التعويض، وقد قارن Morris (1992) الفرجة الحفافية لثلاث مواد مختلفة، وكانت أقل فرجة حفافية حاصلة في تيجان Dicor يليها حواف التاج المعدني الخزفي ذو الكتف الخزفي وأخيراً حواف تيجان Cerestore، كما ذكر Sato *et al*. (1986) أن بعض قوالب الخزف المساميّة يمكن أن تُعدِّل من ديناميكية ارتشاح الاسمنت، وتمتص جزء من اسمنت الإلصاق، ما يُقلِّل من ثخانة الاسمنت ويسمح بزيادة الانطباق الحفافي للتاج على السن المحضرة.

كما لاختلاف أنواع مادة الزيركونيا المستخدمة أثر على عملية النحت وفق نظام CAD/CAM أو MAD/CAM، فكلَّما زادت قساوة مادة الزيركونيا كلَّما ازدادت صعوبة الحصول على انطباق حفافي جيد (KarataŞlio *et al*., 2011).

b. النِّظام المستخدم لصنع التعويض:

تؤثر تقنية صنع الخزف على الانطباق الحفافي، فقد وجد Gonzalo *et al*. (2009) اختلافاً في مقدار الفرجة الحفافية لمادة الزيركونيا عند تطبيق أنظمة تصنيع مختلفة، وكانت أقل فرجة حفافية عند تطبيق نظام Procera يليه نظام Inceram YZ وأخيراً نظام Lava، كما وجد Pelekanos *et al*. (2009) اختلاف في مقدار الفرجة الحفافية لمادة الألومينا عند تطبيق أنظمة تصنيع مختلفة، وذكر أن أقل فرجة حفافية حصل عليها عند استخدام تقنية الألومينا المنزلق المصبوب Inceram Slip Cast يليها تقنية Wol-Ceram يليها نظام Cerec inLab وأخيراً نظام Celay.

c. التلبيد الحراري:

يسبب التلبيد الحراري بدرجات مرتفعة تقلص لمادة الزيركونيا المستخدمة قد يصل إلى نسبة 25%، وهذا قد يؤثر سلباً على الانطباق الحفافي، لذا ينبغي التقيُّد بدرجات الحرارة من قبل الشركة المصنِّعة (Kunii *et al*., 2007).

3. عوامل تتعلق بالاسمنت:

يعد اسمنت الإلصاق عاملاً أساسياً في التأثير على التباين الحفافي العمودي (Sorensen, 1990). وإن الدِّراسات التي تقيس الفرجة الحفافية بدون الإلصاق لا تعكس الفرجة الحفافية الحقيقية الحاصلة، كما أنها قد لا تلاحظ حدوث تصدع أو كسر للحواف الخزفية نتيجة تطبيق قوة معينة أثناء الإلصاق

(Sato *et al*., 1986)، وقد ذكر Pilo *et al.* (1988) أنه كلما كان التلاؤم جيد بين التعويض المصبوب والسن المحضر قبل الإلصاق كلما زادت صعوبة هروب الاسمنت الزائد من السطح الداخلي للتعويض وحواف السن المحضر، وبالتالي فإن أي دراسة تهدف إلى تحديد الانطباق الحفافي للتاج تتطلب إلصاق التاج (Sorensen, 1990).

a. نوع الاسمنت:

ذكرت العديد من الدراسات أن استخدام الاسمنت الزجاجي الشاردي عند الإلصاق حقق انطباقاً حفافياً أفضل بالنسبة للترميمات المصبوبة بالمقارنة مع التعويضات الملصقة بواسطة اسمنت فوسفات الزنك أو الاسمنت الراتنجي (Ayad, 2008; Farrell *et al*., 2008; Quintas *et al*., 2004)، وذكرت دراسة Rossetti *et al.* (2008) بأن التعويضات الملصقة بالاسمنت الراتنجي والاسمنت الزجاجي الشاردي حققت انطباقاً حفافياً أفضل بالمقارنة مع التعويضات الملصقة باسمنت فوسفات الزنك، بينما خَلُصت دراسة عجيب (1999) إلى أن التعويضات الملصقة بالاسمنت الراتنجي أظهرت أفضل انطباق حفافي، وحقق اسمنت البولي كربوكسيلات والزجاجي الشاردي وفوسفات الزنك انطباقاً حفافياً أفضل من اسمنت سيلكوفوسفات.

b. إجراءات تحضير الاسمنت:

تزداد ثخانة اسمنت فوسفات الزنك كلما ازداد زمن المزج، وكلما انخفضت درجة حرارة لوحة المزج (Fakiha *et al.*,1992)، ويؤدي طلي السطح الداخلي للتاج بالاسمنت انطباقاً حفافياً أفضل من ملئه بشكل كامل (Cardoso *et al*., 2008; Ishikiriama, 1981).

c. ثخانة الاسمنت:

تزداد االفرجة الحفافية بزيادة ثخانة الاسمنت المستخدم (Schwartz, 1986).

d. مقدار الضغط المطبق أثناء الإلصاق:

تُعزِّز القوى الديناميكية أثناء الإلصاق من انطباق التعويض المصبوب (Grajower *et al*., 1985). فقد وجد Wang *et al*. (1992) في دراسته أن تطبيق قوى بمقدار 30 Ib يُحسِّن من انطباق التاج بشكل أفضل من تطبيق قوى بمقدار 5 Ib، كما يزيد تطبيق اهتزاز ميكانيكي أثناء الإلصاق من الانطباق الحفافي (Ishikiriama, 1981)، بينما لم يجد Fusayama (1964) فروق في الفرجة الحفافية عند تطبيق قوة 50 N أو 15 N، وكذلك فقد ذكر Jorgensen (1961) أن زيادة مقدار القوى المطبقة أثناء إلصاق التعويض عن 5 كغ لها أثر ضئيل في الإقلال من ثخانة الاسمنت، واعتبر Oliva (1987) أن اختلاف القوى لا يؤثر على ثخانة الاسمنت لذلك استخدم قوى بمقدار 2.5 كغ.

e. تأمين وسيلة لتحرير الضغط الهيدروليكي الناجم عن وجود الاسمنت:

يحدث عند الإلصاق ضغط هيدروليكي يمنع من الانطباق الكامل للتاج (Jorgensen, 1961)، لذلك فإن تثقيب التاج، أو تأمين مسافة داخلية، أو تطبيق كلاهما يحسن من الانطباق الحفافي للتاج أثناء الإلصاق (Wang *et al*., 1992; Ishikiriama, 1981; Fusayama *et al*., 1964).

2.1 المسافة الداخلية للاسمنت.

1.2.1 تعريف المسافة الداخلية وأهميتها:

ذكر Hollenback (1928) أنه ينبغي ترك مسافة بين السطح الداخلي للتعويض وسطح السن المحضر أثناء صنع التعويض الثابت، وفي كل مكان عدا المنطقة القريبة من الحواف، حيث يُمثّل هذا الفراغ مكاناً مناسباً لاسمنت الإلصاق، وكان بذلك هو أول من تحدث عن ضرورة تأمين مسافة داخلية، كما أكد بأن هذه التقنية تُقلِّل من قوى الضغط المطلوبة أثناء الإلصاق، وتُخفِّف من تماس السطح الداخلي للتعويض مع سطح السن فتُقلِّل بذلك من الإجهاد الحاصل أثناء الإلصاق. كما تُحسِّن المسافة الداخلية من انطباق التعويضات المصبوبة، وتزيد من قابلية انسياب الاسمنت أثناء الإلصاق، وتزيد من قيم الثبات (Fusayama *et al*., 1964).

2.2.1 التقنيات المستخدمة لتأمين مسافة للاسمنت:

من الممكن أن تتدرج وفق تصنيفين رئيسين وهما:

1. التثقيب Venting:

حيث يتم إحداث ثقوب في التعويض للتقليل من ثخانة الاسمنت ما بين التعويض وسطح السن المحضر، فتسمح هذه التقنية بخروج الاسمنت الزائد، وقد ذكر Selberg (1957) بأن التثقيب هي الطريقة المُثلى للحصول على انطباق كامل للتعويض، وقد قلَّ استخدام هذه الطريقة بسبب مساوئها، منها الحاجة إلى زيارة إضافية لوضع حشوة مناسبة لملء هذه الثقوب، كما قد تسبب الحشوة المستخدمة تسرب حفافي، بالإضافة إلى أن تثقيب التاج الخزفي المعدني يسبب إضعاف الخزف (Grajower *et al*., 1985; Jorgensen & Esbensen, 1968).

2. تأمين مسافة داخلية Internal Relief:

يتم التغلب بهذه التقنية على مساوئ التثقيب، حيث يتم تأمين مسافة بين التعويض وسطح السن المحضر بعدة طرائق تُمكِّن من هروب الاسمنت الزائد من الحواف (Grajower *et al*., 1985). وتتدرج تقنيات تأمين المسافة الداخلية ضمن طريقتين، تتضمن الطريقة الأولى إزالة من السطح الداخلي من التعويض المصبوب بعدة تقنيات منها:

a. تقنية التخريش بالماء الملكي: قُدّمت من قبل Hollenback (1928) في العشرينات، لكن لم يتم بهذه الطريقة قياس الثَّخانة الحاصلة نتيجة التخريش لتحديد ما إذا كانت تؤمن ثخانة نموذجية. لا ينبغي تطبيق هذه الطريقة من أجل التيجان الخزفية المعدنية، حيث أنها لا تؤمن التخريش المناسب لها، إذ أننا بحاجة لمادَّة ذات قدرة عالية لإحداث التآكل (Campangi *et al*., 1982).

b. نحت السطح الداخلي للنموذج الشمعي: لكنها تقنية غير دقيقة، فمن غير الممكن تحقيق مسافة نموذجية متماثلة للاسمنت (Hollenback, 1928).

c. النحت الميكانيكي الكهربائي للسطح الداخلي للتعويض: شاع تطبيقه لدى العديد من الممارسين، ولكن حدَّت خطورة المادَّة المستخدمة (سيانيد البوتاسيوم) من استخدامه من أجل التعويضات الخزفية المعدنية (Basset, 1966)، وأيضاً فإنه من غير الممكن تحقيق ثخانة متماثلة وبذلك فهي طريقة غير دقيقة (Pilo *et al*., 1988).

d. السحل الميكانيكي للسطح الداخلي للتعويض: ويتم باستخدام سنابل سنية لتأمين المسافة الداخلية، من مساوئ هذه التقنية أنها تُنقص من كتلة التعويض بصورة غير متجانسة، الأمر الذي قد يؤدي إلى نتائج سلبية (Campbell, 1990).

أما الطريقة الثانية، فتتضمن إضافة مادة لتكبير حجم التوأم، ويتم ذلك بتطبيق المادَّة الفاصلة، وهي عبارة عن محلول يتم طلاؤه على التوأم قبل صنع النموذج الشمعي مع الابتعاد عن حواف التحضير بمقدار 0.5-1 مم (Fusayama *et al*., 1964).

تتألف المادَّة الفاصلة من بودرة أكسيد المعدن، ولواصق مثل الكيتون والتي تنتشر في السائل العضوي، كما ينبغي أن تكون كافة المكونات متناثرة ضمن زجاجة المادَّة الفاصلة من أجل فعالية سريرية مثالية (Psillakis *et al*., 2001).

3.2.1 مزايا المادَّة الفاصلة:

- يزودنا تطبيق المادَّة الفاصلة بأمان أكثر، فاستخدامها لا يسبب أية أذية للسطح الداخلي للمعدن (Psillakis *et al*., 2001).
- التعويض عن التشوه الحاصل أثناء صنع الطبعة، وصب الخليطة المعدنية.
- تُسهِّل ارتشاح الاسمنت وتوزيعه على طول الجدران المحورية (Wang *et al*., 1992).
- تُحسِّن من خروج الاسمنت الزائد (Grajower *et al*., 1985).
- تُقلِّل من القوى المطلوبة أثناء إلصاق التعويض.
- تُقلِّل من الإجهادات الداخلية (Cherkasski &Wilson, 2003).
- تُقلِّل من ابتعاد التعويض عن حواف السن المحضر (Olivera *et al*., 2006).
- تُقلِّل من الزمن اللازم للانطباق (Carter & Wilson, 1997).

- النتائج متعارضة حول أثر تطبيق المادَّة الفاصلة على الثبات:

حيث اعتُقد سابقاً أنه يتم الحصول على الثبات نتيجة الاحتكاك الحاصل بين السطح الداخلي للتعويض وبين سطح السن المحضر، فقد وضح Vermilyea *et al.* (1983) في دراسته حدوث انخفاض في ثبات التعويض بنسبة 32% عند تطبيق طبقتين من المادَّة الفاصلة وبثخانة 20-25 µm بالمقارنة مع القوالب بدون تطبيق المادَّة الفاصلة، وكذلك أظهرت دراسة Gegauff & Rosenstiel (1989) أن استخدام المادَّة الفاصلة يُقلِّل من قيم الثبات.

أما Hembree & Cooper (1979) والذي تقصَّى أثر المادَّة الفاصلة على ثبات التيجان والحشوات المصبوبة ضمن التاجية بعد الإلصاق، فإنه لم يجد اختلافاً في قيم الثبات عند تطبيق أربع طبقات من المادَّة الفاصلة Tru-fit أو بدون تطبيق المادَّة الفاصلة.

وقد تبين لاحقاً أنه لا توجد علاقة بين الثبات قبل الإلصاق والثبات بعد الإلصاق، بل إن عدم تطبيق مادة فاصلة يُقلِّل من ثخانة الاسمنت في مناطق عديدة من سطح السن المحضر، ما قد يُقلِّل من قيمة الثبات بعد الإلصاق (Marker *et al.*, 1987)، كما أن وجود بروزات على السطح الداخلي للتعويض يمكن أن يقود لزيادة في مقدار الفرجة الحفافية (Grajower *et al.*, 1985).

ذكر Kaufman *et al.* (1961) أن وجود المادَّة الفاصلة يزيد من انطباق التعويض، والذي يؤدِّي إلى زيادة في الثبات بنسبة 19-32%، وكذلك فقد لاحظ Eames *et al.* (1978) تحسن في انطباق وثبات التيجان عند استخدام 4-5 طبقات من المادَّة الفاصلة، وقد ازدادت نسبة الثبات عند تطبيق أربع طبقات من المادَّة الفاصلة إلى 12% في دراسة Passon *et al.*, (1992)، وإلى 55% في دراسة Marker *et al.*, (1987)، وكذلك ذكر Carter & Wilson (1996) حدوث زيادة في قيم الثبات بعد

الإلصاق من 250 N (بدون تطبيق مادَّة فاصلة) إلى 375 N (مع تطبيق 8 طبقات من المادَّة الفاصلة). لكن زيادة المسافة لأكثر من 150 ميكرون تُقلِّل من الثبات، بالمقارنة مع مسافة 50-100 ميكرون (Juntavee & Millstein, 1992).

4.2.1 مقدار الثَّخانة التي تمَّ الحصول عليها باستخدام المادَّة الفاصلة:

اختلفت الثَّخانة الحاصلة باستخدام المادَّة الفاصلة من دراسة لأخرى، وتراوحت ثخانة الطبقة الواحدة في الأدب السني من 6-19.8 µm (Psillakis *et al*., 2001).

وجد Fusayama *et al*. (1963) ثخانة أكثر من 90 µm في المسافة الإطباقية، وذكر Fusayam *et al*. (1964) أنه باستخدام رقاقة من القصدير ترتبط مع التوأم بوضع الفازلين ستكون الثَّخانة بمقدار 40 µm، كما استخدم طلاء الأظافر لكنه لم يقس الثَّخانة الحاصلة في دراسته، بينما تراوحت الثَّخانة الحاصلة في دراسة Eames (1978) ما بين 33-45 µm، وذكر أن استخدام أربع طبقات من المادَّة الفاصلة Tru-fit أمَّنت ثخانة بمقدار 24 µm، وكانت الثَّخانة الحاصلة عند تطبيق طبقتين من المادَّة الفاصلة Tru-fit بمقدار 20-25 µm في دراسة Vermilyea *et al*. (1983) وبمقدار 13.3 µm في دراسة Campbell (1990) وبمقدار 23.2 µm في دراسة Tuntiprawon (1993).

5.2.1 العوامل التي تؤثر على اختلاف ثخانة المادَّة الفاصلة:

1. اختلاف المادَّة المستخدمة:

تختلف الثَّخانة الحاصلة باختلاف المادَّة الفاصلة، حيث قارن Campangi *et al*. (1982) بين ثلاثة أنواع من المادَّة الفاصلة (Aerogloss, Silvaire-Aluminum) P و(Belle de St. Claire) B و T (Tru-fit)، وأظهرت نتائج دراسته أن تطبيق ست طبقات من المادَّة P أو طبقتين من المادَّة B وT يُقدِّم الثَّخانة المثالية المذكورة في الأدب الطبِّي والتي تتراوح من 20-40 µm.

2. مدة تخزين المادَّة الفاصلة:

تزداد ثخانة المادَّة الفاصلة بزيادة مدة التخزين حيث تميل الجزيئات لأن تستقر أسفل الزجاجة مع مرور الزمن (Grajower *et al*., 1989).

3. طريقة رج الزجاجة:

إن رج الزجاجة قبل التطبيق يؤثر في ثخانة المادَّة الفاصلة (Oliva & Lowe, 1987)، كما أن الرَّج الآلي يزود ثخانة أقل للمادة الفاصلة بالمقارنة مع الرَّج اليدوي (Psillakis *et al*., 2001).

4. بقاء الزجاجة مفتوحة أثناء التطبيق:

إن ترك الزجاجة مفتوحة أثناء التطبيق يسبب تبخُّر مكونات القالب العضوي (المذيب) وبذلك يتغير تركيب المادَّة الفاصلة (Psillakis *et al*., 2001; Oliva & Lowe, 1987).

5. مكان التطبيق على سطح السن:

تقل ثخانة المادَّة الفاصلة في المناطق الحادة من التحضير، فقد لوحظ وجود ثخانة أقل في منطقة الزوايا الخطية الإطباقية المحورية وذُرى الحدبات بالمقارنة مع بقية السطوح، ما يُعيق من انسياب

الاسمنت أثناء الإلصاق (Campbell, 1990; Oliva, 1988)، ويزيد من توتر السطح وينتج عن ذلك زيادة الفرجة الحفافية بسبب الضغط الهيدروليكي (Campangi *et al.*, 1982)، لذلك يُنصح بتطبيق طبقة أو طبقتين إضافيتين في هذه المناطق لتأمين ثخانة نموذجية (Oliva, 1988). وكذلك ذكر Oliva & Lowe (1987) وجود اختلاف في قيم الثَّخانة في مناطق مختلفة من التحضير بسبب تداخل ضربات الفرشاة على التوأم في مناطق معينة.

6. تقنية التطبيق للمخبري:

إن استخدام نفس المادَّة الفاصلة ونفس تقنية التطبيق من قبل المخبري ذاته لعدد من التوائم لا يؤدي إلى ثخانة متماثلة، بالإضافة لحدوث تباين واسع في مقدار الثَّخانة في مناطق القياس المختلفة (Oliva, 1988).

7. نوع التوأم الذي تطبق عليه المادَّة الفاصلة:

يسبب تطبيق المادَّة الفاصلة على التوأم الجبسي اندخال سائل المادَّة الفاصلة ضمن المسامات الجبسية، وهذا يؤثر على ثخانة المادَّة الفاصلة (Oliva & Lowe, 1987).

8. تطبيق مادة من أجل تقسية المادَّة الفاصلة:

إن تطبيق مادة من أجل تقسية المادَّة الفاصلة die-hardner على التوأم الجبسي قبل تطبيق الطبقة الأولى من المادَّة الفاصلة يمنع امتصاصها من قبل التوأم، ويؤمن الثَّخانة المقدَّرة من قبل الشركة المصنِّعة (Oliva & Lowe, 1987).

9. نوع الفرشاة المستخدمة:

يؤثر نوع الفرشاة المستخدمة على الثَّخانة، حيث يُنصح باستخدام الفرشاة المُقدَّمة من قبل الشركة المصنِّعة للمادة الفاصلة، بل إن استخدام فرشاة أكثر رقة يسبب زيادة في الثَّخانة، ولذلك لا يُنصح باستخدامها (Oliva, 1988).

10. اختلاف ترتيب الطبقات:

تتألف المادَّة الفاصلة عادةً من زجاجتين أحدهما ذهبية والأخرى فضية، وتختلف ثخانة الطبقة الفضية عن ثخانة الطبقة الذهبية، وبالتالي يعتمد اختلاف ترتيب الطبقات على حدوث اختلاف في الثَّخانة (Rieger, 1987).

11. اختلاف عدد الطبقات:

تختلف ثخانة المادَّة الفاصلة باختلاف عدد الطبقات، حيث بيَّن Campagni *et al.* (1982) أن تطبيق طبقتين من المادَّة الفاصلة أعطى ثخانة بمقدار 26.55 µm، بينما أعطى تطبيق أربع طبقات من المادَّة الفاصلة ثخانة بمقدار 58 µm، وعند تطبيق ست طبقات من نفس المادَّة الفاصلة حصل على ثخانة بمقدار 77 µm، بينما ذكر Tuntiprawon (1993) أن الثَّخانة كانت بمقدار 23.2 µm عند تطبيق طبقتين من المادَّة الفاصلة Tru-fit، وبمقدار 47.7 µm عند تطبيق أربع طبقات من نفس المادَّة.

3.1 الزيركونيا.

1.3.1 مقدمة وتصنيف الخزف الكامل:

تمنح أنظمة الخزف الكامل ناحية جماليَّة عالية، بحيث تُشابه السن الطبيعي من حيث اللون والشفافية، وقد استُخدم الخزف الكامل في طب الأسنان منذ أن طور Land تقنية رقاقة البلاتين عام 1877م وانخفضت شعبيته مع تطور الرَّاتنج الاكريلي، ومع ظهور مساوئ هذه المادَّة تمَّ تطوير مسحوق الخزف الحاوي على اللوسيت من قبل Weinstein &Weinstein من أجل استخدامه في التعويضات الخزفية المعدنية، ومن ثم تمَّ تطوير الخزف عالي المقاومة من أجل استخدامه في التعويضات الخزفية الكاملة.

يصنف الخزف الكامل حسب التَّركيب إلى:

- الخزف الفلدسباري
  - منحفض المحتوى من اللوسيت PJC.
  - عالي المحتوى من اللوسيت Optec.
- الخزف الزجاجي المصبوب
  - بللورات اللوسيت Empress I.
  - بللورات الليثيوم Empress II.
  - بللورات الميكا Dicor.
  - بللورات فوسفات الكالسيوم Cerapeal.
- القلب المقوَّى
  - الألومينا Hi-Ceram.
  - الألومينا المنزلق In-Ceram Slip Cast.
  - ألومينا المغنزيوم In-Ceram- Spinell.
  - ألومينا مغنزيا Cerstore.
  - المنغنزيا Magnesia core.
  - الزيركونيا (Denry, 2006; O'Brien, 2002).

2.3.1 قلب الزيركونيا Zirconia Core:

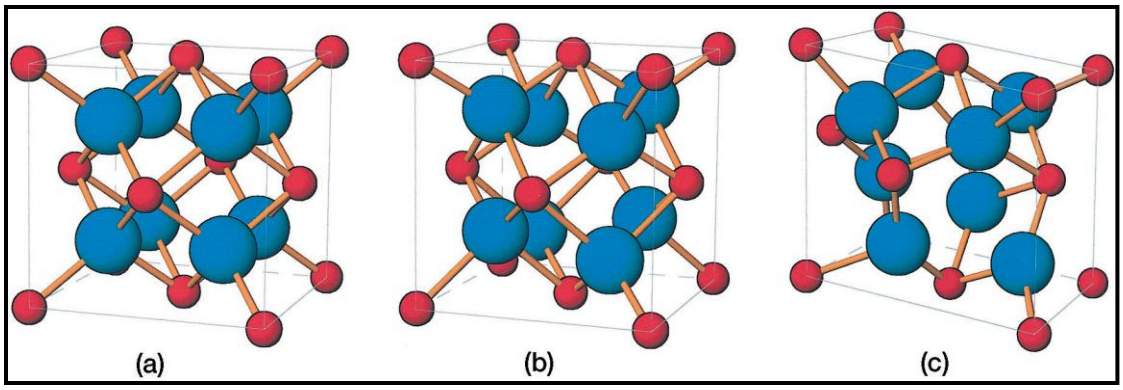
أُخذت كلمة الزيركونيوم Zerconium من أصل عربي (زرجون)، وهي مُشتقة من أصل فارسي āzargūn والتي تعني اللون الذهبي (الزبيدي، 1994). اكتُشفت أكسيد الزيركونيوم (الزيركونيا) من قِبَل الكيميائي Martin Klaproth عام 1789م، والذي كان يقوم بعمليات تتطلب تسخين المجوهرات. أُجريت في الستينات العديد من الأبحاث لتطوير الزيركونيا لاستخدامها كمادة حيوية، واستُخدمت مادة الزيركونيا في طب الأسنان في التسعينات، كأوتاد جذرية وحاصرات تقويمية وتعويضات ثابتة، ودعامة للزرعات السنِّية (Shiriharsha *et al*., 2007).

تمتلك الزيركونيا مكانة فريدة نتيجة لخواصها الميكانيكية الأعلى بالمقارنة مع أي خزف سني، بالإضافة لتقبُّلها الحيوي.

تتألف الزيركونيا من بنية متعددة البللورات يتم تلبيدها دون وجود قالب مالئ، فينتج عن ذلك بنية بللورية كثيفة خالية من الزجاج والهواء (MClaren & Cao, 2009).

من الممكن للزيركونيا الصَّرفة أن تتظاهر بثلاثة أشكال بللورية بالاعتماد على درجة الحرارة، كما في الشكل (5.1)، حيث تتماثل بشكل أحادي الميلان Monoclinic (m) في درجة حرارة الغرفة حتى درجة 1170°م، بينما تكون ذات بنية مربعة Tetragonal (t) في درجة حرارة ما بين 1170°- 2370°م، وتكون ذات بنية مكعبة Cubic (c) بدرجة حرارة أعلى من 2370°م.

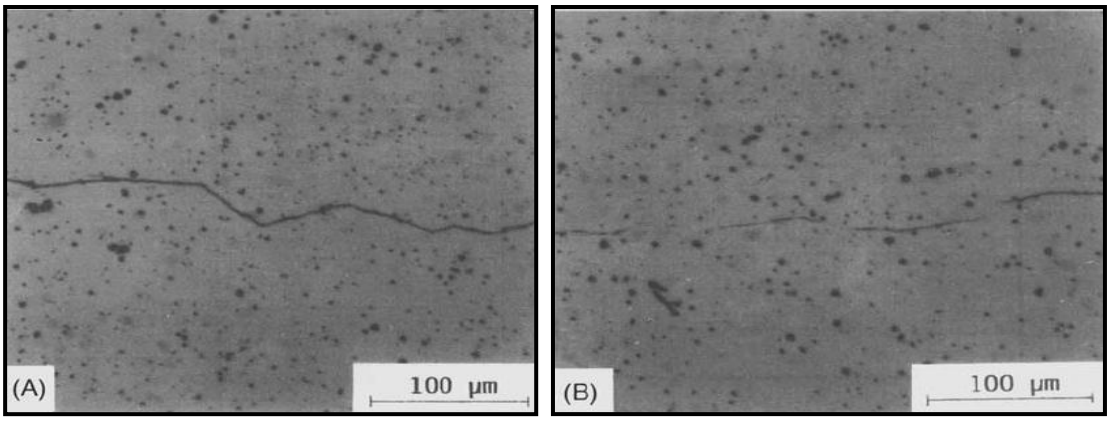
يحدث التحوُّل من الطور الرُّباعي (t) إلى الطور الأحادي (m) أثناء التبريد، ويترافق ذلك بزيادة واقعيَّة في الحجم بمقدار تقريبي 3-4 %. ويبدأ هذا التحوُّل العكوس عند درجة حرارة 950°م (Heuer et *al*., 1986).



شكل (5.1): يبين الأشكال البللورية المختلفة للزيركونيا a: البنية المكعبة، b: البنية الرُباعية، c: البنية الأحادية (Hannink *et al.*, 2000).

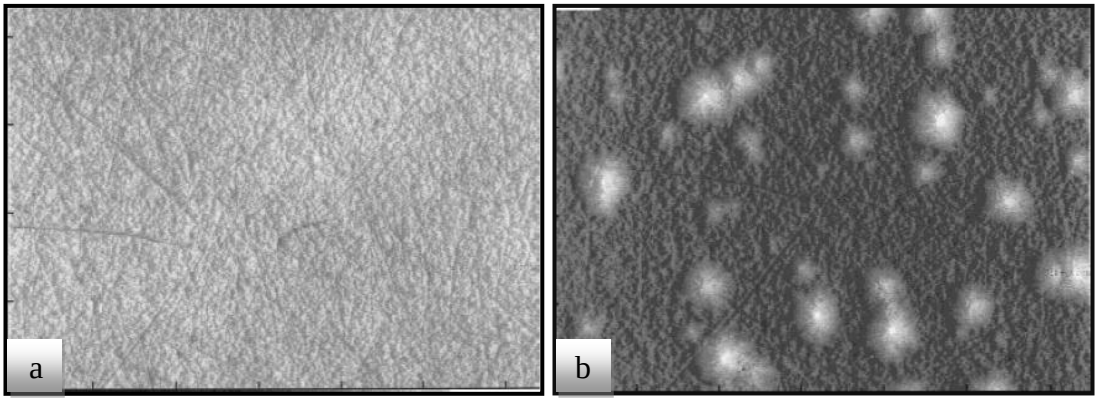
تسمح إضافة الأكاسيد إلى الزيركونيا مثل أكسيد الكالسيوم، أكسيد المغنزيوم، أكسيد الايتيريوم أو أكسيد السيليسيوم بثبات الشكل الرُباعي عند درجة حرارة الغرفة، والوصول لزيركونيا مستقرة جزئياً Partially Stabilized Zirconia (PSZ)، ومن الممكن الحث على التحوُّل من الطور الرُباعي إلى الطور الأحادي عبر عوامل خارجية مثل إجهادات الشد Tension أو الحرارة، فعند تطبيق إجهادات شد على الزيركونيا المستقرة جزئياً يتحرض التحوُّل من الطور الرُباعي إلى الأحادي، ما يسبب زيادة في الحجم وتولُّد إجهادات ضغط تتوضع حول ذُرى التصدعات، وتُدعى هذه العملية الفيزيائية بمتانة التحوُّل Transformation Toughening، وبذلك فإنه من الممكن التحكم بالإجهاد الحاصل أثناء التحوُّل، لمنع انتشار التصدعات كما يوضح الشكل (6.1)، وبالتالي الوصول إلى قساوة عالية، الأمر الذي يؤدي إلى تحسين الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لهذه المادَّة (Hannink *et al.*, 2000).

يُعتبر Gravie *et al.* (1975) أول من تحدث عن متانة التحوُّل للزيركونيا، فقد نشر مقالة بعنوان Ceramic Steel وذلك للتَّأكيد على مدى التشابه ما بين خلائط الزيركونيا وخلائط الفولاذ، حيث تمتلك الزيركونيا معامل تمدد حراري ومعامل مرونة قريبة من الفولاذ، بالإضافة إلى أن كلتا المادتين تتمتعان بخاصية حدوث تحوُّلات في البنية المجهرية، وذكر Gravie *et al.* أن التحوُّل من الطور الرُباعي (t) إلى الطور الأحادي (m) للزيركونيا يُعزِّز من مقاومتها ويزيد من قوة الكسر.



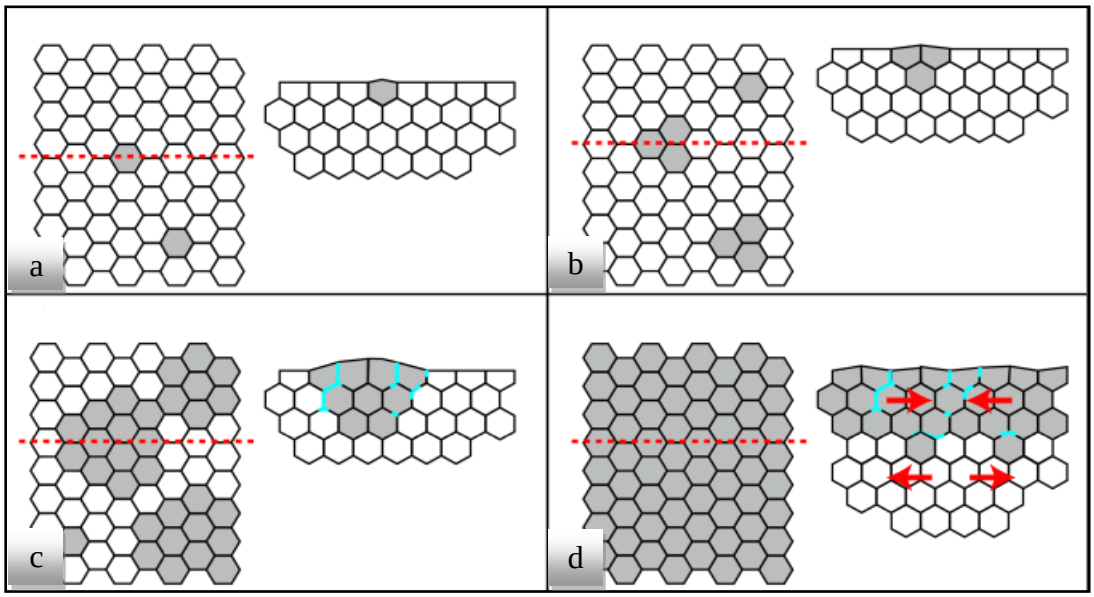
شكل (6.1): الحد من التصدعات لـMg–PSZ بواسطة متانة التحوّل (Dauskardt *et al.*, 1987).

ومن ناحية أخرى فإن تحريض التحوُّل عند درجات الحرارة المنخفضة (30-400°) من الطور (t) إلى الطور (m)، نتيجة الإجهادات الخارجية يقود لما يسمى بظاهرة زيادة الحجم Ageing Phenomenon أو ما سُمِّي بتحلُّل الزيركونيا في درجات الحرارة المنخفضة Low Temperature Degradation (LTD)، وقد يكون ذلك ناتج عن إحداث تعديلات في ظروف المعالجة (Deville *et al.*, 2006)، كما يُعزِّز وجود الماء أو الرُّطوبة من استمرار هذا التحوُّل شكل (7.1)، حيث يتشكل على سطح الزيركونيا هيدروكسيد الزيركونيوم Zr-OH، والتي تسبب حدوث طاقة من الإجهاد تُعزِّز من استمرار التحوُّل، بالإضافة لاتحاد الهيدروكسيد مع الايتيريوم Y(OH)3، وبالتالي نفاذ الايتيريوم المستخدم كمادة مثبِّتة وهذا أيضاً يفسر استمرار حدوث عملية التحوُّل (Chevalier *et al.*, 1990).



شكل (7.1): صورة تبين ظاهرة Ageing للزيركونيا، a: عدم وجود الطور الأحادي، b: نفس الساحة المجهرية بعد 7 ساعات من التسخين لدرجة حرارة 134 بوجود الرُّطوبة وحدوث التحوّل للطور الأحادي بنسبة 20% (Chevalier *et al.*, 1990).

وقد اتجه الباحثون لدراسة سلوك الزيركونيا في البيئة الرَّطبة بسبب فشل بعض أنواع الزيركونيا المُستخدمة كمفاصل وركية، نتيجة انخفاض مقاومة الزيركونيا، حيث فسَّر الباحثون حدوث كسر في التعويضات الزيركونية داخل جسم الإنسان، ناجم عن وجود كمية كبيرة من الطور الأحادي المتكونة نتيجة التحوُّل المستمر من الطور (t) إلى الطور (m)، حيث يبدأ التحوُّل من السطح ويستمر إلى داخل كتلة الزيركونيا (Chevalier *et al.*, 2009) كما في الشكل (8.1).



شكل (8.1): حدوث LTD بسبب الرُطوبة، a: بدء التحوّل من الطور الرُباعي إلى الأحادي في سطح الزيركونيا واستمرار التحوّل من جزيء إلى آخر، b: بدء التحوّل في داخل كتلة الزيركونيا، c: استمرار التحول وبدء تشكل التصدعات، d: التحوّل الكامل إلى الطور الأحادي (Chevalier *et al.*, 2009).

عُدَّت هذه الظاهرة مشكلة أساسية في علم تقويم الأعضاء، بينما لم تكن واضحة بالنسبة للتطبيقات السنِّية، وذلك لأن قالب الزيركونيا لا يتماس مع البيئة الفموية أو النسج السنِّية بسبب وجود الخزف المغطي والاسمنت السني، لكن قد تتعرض قوالب الزيركونيا إلى الرُّطوبة بسبب امتصاص الاسمنت السني للماء عبر الأقنية العاجية، بالإضافة لوجود عدد من الأنظمة الخزفية والتي تتركب من الزيركونيا بشكل كامل (Hallmann *et al.*, 2012).

قد تُسبِّب LTD انخفاض في قيم مقاومة قوالب الزيركونيا إلى 700 ميغاباسكال (kim *et al.*, 2009)، بينما لم تُؤثِّر على دقة الانطباق الحفافي لقوالب الزيركونيا، ما يُشير إلى الاستقرار الإطباقي طويل الأمد لحواف قوالب الزيركونيا (Att *et al.*, 2009).

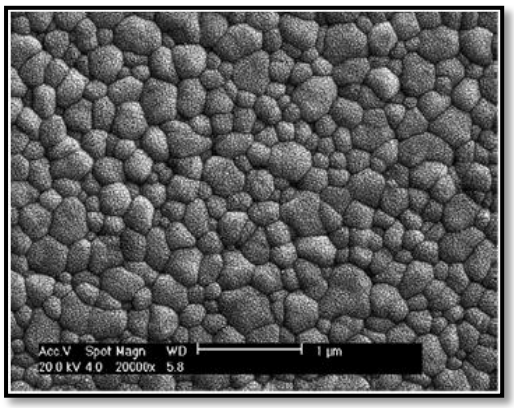
3.3.1 أنواع الزيركونيا المستخدمة في التطبيقات السنِّية:

على الرغم من وجود العديد من الأنواع، لكن هناك ثلاثة أنواع مستخدمة في طب الأسنان وهي:

1. Yttrium cation-doped Tetragonal Zzirconia Polycrystals (3Y-TZP):

يضاف إلى الزيركونيا 3 مول% من أكسيد الايتيريوم (Y_2O_3) كمادة مثبِّتة. وتتم معالجة هذه التعويضات إما بواسطة Soft Machine لقوالب الزيركونيا الملبَّدة جزئياً، ومن ثم التلبيد بدرجة حرارة مرتفعة، أو بواسطة Hard Machine لقوالب الزيركونيا الملبّدة بشكل كامل.

يبين الشكل (9.1) البنية المجهرية لهذه المادَّة حيث تتألف من بللورات صغيرة متساوية في الحجم (0.5-0.2) µm (Denry & Kelly, 2008).



شكل (9.1): صورة بالمجهر الالكتروني لـ 3Y–TZP المستخدمة في التطبيقات السنِّية والمُلبدة تبعاً لتعليمات الشركة المُصنعة Cercon (Denry & Kelly 2008).

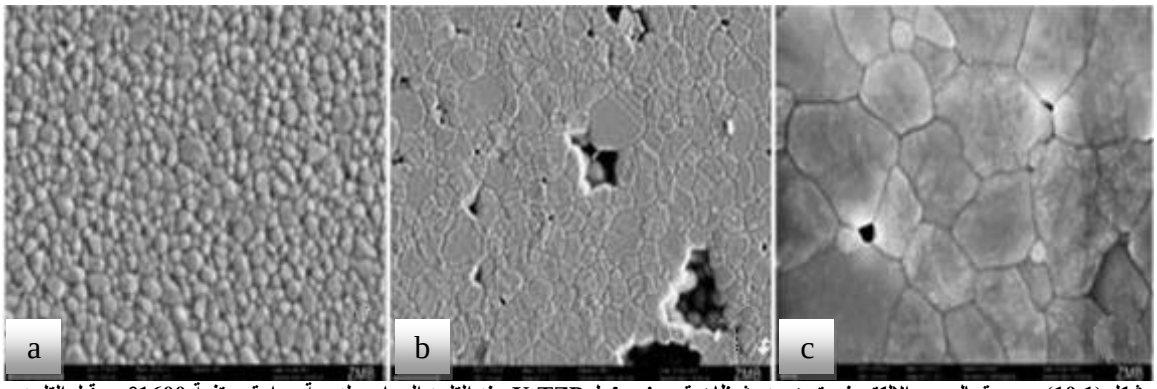
يبين الجدول (1.1) التركيب الكيميائي والخصائص الفيزيائية والميكانيكية لهذه المادَّة. تعتمد الخصائص الميكانيكية على حجم البللورات، فبزيادة حجم البللورات نحصل على مادة أقل ثباتاً وأكثر

قابلية للتحوّل العفوي من الطور (t) إلى الطور (m)، ويقل التحوُّل العفوي عندما يقل حجم الحبيبات عن 1 µm، بينما لا يحدث أي تحوُّل عندما يقل حجم الحبيبات عن 0.2 µm. كما أن لظروف التلبيد أثر كبير على ثبات المادَّة الناتجة، حيث يسبب التلبيد الحراري بدرجات مرتفعة 1600° ولمدة زمنية طويلة (شكل 10.1)، زيادة في حجم البللورات نتيجة التحوُّل إلى الطور الأحادي وبالتالي انخفاض في الخصائص الميكانيكية للمادة (Hallmann *et al.*, 2012).

الخاصية	مادة الزيركونيا الرباعية Y-TZP
المكونات الكيميائية	أكسيد الزيركونيوم وأكسيد الايتيريوم 3 مول%، أكسيد الهافيوم HfO_2 > 2%، أكسيد الألمنيوم وأكسيد السيلكون < 1%.
اللون	أبيض
الكثافة	$6\ gcm^{-3}$ <
المسامية	%0.1 >
مقاومة الانحناء	* 800-1000 MPa
مقاومة الضغط	2000 MPa
قوة الكسر	* $6 - 8\ MPa\ m^{0.5}$
معامل التمدد الحراري	$11 \times 10^{-6}\ K^{-1}$
التوصيل الحراري	$2\ WmK^{-1}$
القساوة	1200 HV 0.1

جدول (1.1): يبين خصائص مادة الزيركونيا رباعية البللورات المستقرة بالايتيريوم (Shiriharsha *et al.* 2007)، *:(Denrry & Kelly, 2008).

تحوي هذه المادَّة بعض من الزيركونيا المكعَّبة لكن لا يفضَّل وجودها، لأنها تسبب توزع غير متساوي لشوارد الايتيريوم، فتكون البللورات المكعَّبة غنية بالايتيريوم بينما البللورات الرُّباعية خالية منها وبالتالي تكون المادَّة الناتجة أقل ثباتاً (Denry & Kelly, 2008).



شكل (10.1): صورة بالمجهر الالكتروني تبين حدوث ظاهرة Ageing لـ Y-TZP عند التلبيد الحراري لدرجة حرارة مرتفعة 1600° a: قبل التلبيد، b: عند التلبيد لدرجة حرارة 1600° حيث يبدأ تشكل ثقوب على السطح، c: انتشار الطور الأحادي (Hallmann *et al.*, 2012).

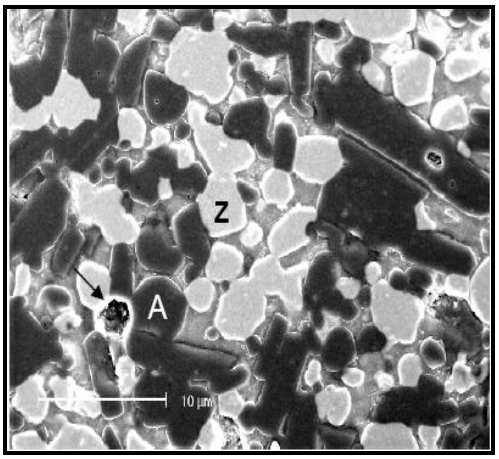
2. (ZTA) Glass–infiltrated Zirconia–Toughened Alumina:

اتحاد الزيركونيا مع قالب الألومينا، لنحصل بذلك على الزيركونيا المُرتشحة بالزجاج والمقواة بالألومينا (ZTA) وهي طريقة أخرى تُمكِّن من إحداث متانة التحوُّل، ويتم ذلك بإضافة 12 مول% من الزيركونيا الرُّباعية إلى 34 % من الألومينا Alumina-Inceram، ومن الممكن تصنيع هذه القوالب إما بتقنية المنزلق المصبوب Slip-Cast، أو بتقنية Soft Machine.

يتم التلبيد الأولي بدرجة حرارة 1100°م لمدة ساعتين، يليها ارتشاح الزجاج المنصهر ضمن الخزف المسامي، ويُشكِّل الطور الزجاجي 23 % تقريباً من المنتج النهائي.

تُظهر البنية المجهرية في الشكل (11.1) القلب المتشكل من بللورات الزيركونيا الباهتة وقطرها أقل من 1 ميكرون، وبللورات الألومينا الداكنة وقطرها حوالي 6 ميكرون طولاً و2 ميكرون عرضاً.

تتميز هذه المادَّة بالثبات الحراري والتقلص المحدود، وبذلك تقل قابلية التحوُّل العفوي من (t) إلى (m)، لكن مسامية هذه المادَّة أعلى من 3Y-TZP، ما يُفسِّر انخفاض في خصائصها الميكانيكية (Denry & Holloway, 2010)، لا ينبغي استخدام هذه المادَّة للتعويض عن الأسنان الأمامية وذلك بسبب ظلاليتها المرتفعة، وتُستخدم فقط للتعويض عن الأسنان الخلفية (MClaren & Cao, 2009).



شكل (11.1): صورة بالمجهر الالكتروني لـ ZTA، Z: بللورات الزيركونيا A: بللورات الألومينا (Denry & Holloway, 2010).

3. Magnesia-Partially Stabilized Zerconia (Mg-PSZ):

تتألف البنية المجهرية من الزيركونيا ذات الشكل الرُّباعي المترسبة ضمن الزيركونيا ذات الشكل المكعَّبي، مع إضافة 8-10 مول% من أكسيد المغنزيوم، وهناك العديد من الأبحاث التي تناولت قابليّة استخدام هذه المادَّة في التطبيقات السنِّية، ولكن قلَّ استخدامها نتيجة الاهتراء الناجم عن المسامية العالية والمرتبطة بحجم البللورات المرتفع والذي يُقدَّر بنحو 30-60 ميكرون، كما أنها تتطلب درجة حرارة تلبيد مرتفعة 1680-1800°م، الأمر الذي قد يؤثر على ثبات هذه المادَّة، كما ينبغي السيطرة أثناء مرحلة التبريد خاصة عند درجة حرارة 1100°م والمرتبطة بطور زيادة حجم البللورات، بالإضافة لعدم إمكانية الحصول على Mg-PSZ صرفة، وبذلك تتشكل سيلكات المغنزيوم والتي تُعزّز من التحوُّل من الطور (t) إلى الطور (m)، ما قد يسبب انخفاض في ثبات المادَّة وبالتالي انخفاض في خصائصها الميكانيكية (Denry & Kelly, 2008).

4.3.1 أنواع تصنيع مادة الزيركونيا:

1. Soft Machining of Pre-Sintered Blanks:

يتم صنع القوالب باستخدام مسحوق (3Y-TZP) ذو حجم مسامات صغير جداً 20-30 نانوميتر مع توزع صغير لهذه المسامات كما في الشكل (12.1)، ويحتوي المسحوق على 2 % وزناً من أكسيد الهافيوم HfO2 المبعثرة وقطرها حوالي 60 ميكرون، كما يحتوي على مادة رابطة Binder تُمكِّن من عملية ضغط القوالب بواسطة الضغط البارد متماثل القياس Cold Isostatic Pressing.

يتم إزالة المادَّة الرابطة أثناء عمليات التلبيد المُسبق Pre-Sintered بواسطة المعالجة الحرارية، ويتم التحكم بهذه المرحلة بعناية فائقة من قِبل الشركة المُصنِّعة، وخاصة معدّل ارتفاع الحرارة ودرجة حرارة التلبيد المُسبق، حيث ينتج تصدعات في القوالب في حال كان معدَّل ارتفاع الحرارة سريع جداً، بسبب زوال المادَّة الرابطة بالإضافة للمنتجات الناتجة عن عملية الاحتراق، لذلك يُفضّل معدّل ارتفاع بطيء للحرارة، كما تؤثر درجة حرارة التلبيد على قساوة المادَّة وقابلية نحتها، ومن الضروري الحصول على قساوة كافية للمادة من أجل إمكانية التعامل معها، ولكن ينجم عن زيادة درجة الحرارة بشكل مفرط زيادة في القساوة ما يسبب صعوبة في نحت المادَّة (Denry & Kelly, 2008).

شكل (12.1): صورة بالمجهر الضوئي لمسحوق 3Y-TZP (Denry & Kelly 2008).

يتم تلوين التعويض بعد صنعه بواسطة غمره بمحلول متعدد الأملاح المعدنية مثل السيريوم والبزموث والحديد، وبزيادة تركيز المحلول تزداد درجة اللون، وبصورة بديلة من الممكن الحصول على اللون المناسب لقالب الزيركونيا بإضافة عدد من الأكاسيد المعدنية إلى المسحوق (Sutter *et al.*, 2004).

بعد مسح التوأم أو النموذج الشمعي، وتصميم التعويض المُكبَّر بواسطة برنامج حاسوبي CAD للتعويض عن التقلص الحاصل نتيجة التلبيد، يتم نحت القوالب الملبدة مسبقاً بواسطة التصنيع بوساطة الكمبيوتر، يليه التلبيد النهائي للقالب بدرجة حرارة مرتفعة (Pilathadka *et al.*, 2007). ينبغي التحكم بعملية التلبيد النهائية بعناية وذلك باستخدام فرن خاص مبرمج مسبقاً، حيث يبدأ التقلص عند درجة حرارة 1000°م ويقدر بنسبة 25%، وتصل درجة حرارة التلبيد إلى 1350-1550°م بفترة ما بين 2-5 ساعات، وهذا يسبب تكثيف أكثر للمادة، يتلو ذلك تبريد التعويض بدرجة حرارة أقل من 200°م، وذلك للتخلص من الإجهادات المتبقية، ويؤثر اختلاف التركيب الكيميائي الأساسي لمسحوق 3Y-TZP على درجة حرارة التلبيد، فعلى سبيل المثال إن إضافة كمية قليلة من الألومينا يُقلِّل من درجة الحرارة المطلوبة ومن الزمن اللازم لعملية التلبيد.

وأخيراً يُغطَّى التعويض بوجه خزفي يملك معامل تمدد حراري قريب من معامل التمدد الحراري للزيركونيا، ويُخبز الخزف بدرجة حرارة 900°م، وتمنع عملية التلبيد النهائية هذه من استمرار التحوّل من الطور الرُّباعي إلى الأحادي، ما يقود إلى سطح نهائي خالي من الطور الأحادي، مع زيادة جليَّة في المقاومة، ولا تنصح معظم الشركات المصنعة لهذه القوالب بإجراء سحل أو ترميل لتجنب تحريض التحوّل العفوي من الطور الرُّباعي إلى الأحادي وتشكل التَّصدعات السَّطحية.

2. Hard Machining of 3Y-TZP and Mg-PSZ:

تُحضَّر قوالب Y-TZP المُلبَّدة مُسبقاً بدرجة حرارة أقل من 1500°م، من أجل الوصول إلى كثافة مرتفعة، وتُعالج بعدها بضغط حار متماثل القياس Hot Isostatic Pressing بدرجة حرارة ما بين 1400-1500°م، تزيد المعالجة الثانية من الكثافة بشكل أكبر، يتلو ذلك تصنيع القوالب باستخدام نظام نحت خاص وقوي بسبب القساوة المرتفعة للمادة الملبّدة بشكل كامل Fully Sintered، حيث يتم استخدام سنابل ماسية خشنة وهي أكثر فعالية في نحت هذه القوالب بالمقارنة مع السنابل الماسية الناعمة، علاوة على أن السنابل الماسية الناعمة تسبب أذية لدنة Ductile للقوالب الزيركونية (Denry & Kelly, 2008).

4.1 نظام CAD/CAM

1.4.1 نظرة عامة عن CAD/CAM السني:

ترافق التطور الذي شهدته المواد السنِّية في القرن العشرين، بتطور تقنيات وأنظمة معقدة كي تتوافق مع تصنيع هذه المواد والتي يصعب تصنيعها وفق الطرائق التقليدية، ومن هذه الأنظمة الحديثة هو نظام CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacture)، والذي يعني التصميم بوساطة الحاسوب/التصنيع بوساطة الحاسوب، حيث استُخدم هذا النظام لجمع البيانات الخاصة بالسن المحضر وتصميم وصنع التعويضات السنِّية.

بدأ التوجه نحو هذا النِّظام من أجل التطبيقات السنِّية منذ السبعينات، وكان السَّعي من أجل تطويره وتطبيقه بشكل واسع في الثمانينات، وتتواجد حالياً أنظمة CAD/CAM بأشكالها التجارية المختلفة من أجل تصنيع الترميمات الخزفية المصبوبة ضمن التاجية Inlays، والترميمات الخزفية المصبوبة خارج التاجية Onlays، والوجوه الخزفية، والتيجان والجسور (O'Brien, 2002).

وقد ساهمت ثلاثة أسماء بارزة في تطوير هذا النِّظام، حيث كان Dr.Duret أول من طوَّر نظام CAD/CAM في الحقل السني، وبدأ بتصنيع التيجان ذات الشكل الإطباقي الوظيفي عام 1971 م، وذلك باستخدام سلسلة من الأنظمة تبدأ بصنع طبعة ضوئية Optical Impression من داخل فم المريض، يليها تصميم التاج المفرد مع الأخذ بعين الاعتبار الحركات الوظيفية، ومن ثم نحت التاج باستخدام آلة نحت رقمية، كما طوَّر هذا الباحث نظام Duret عام 1984م، وسُوِّق باسم Sopha System (Duret & Preston, 1991)، ولكن لم ينتشر هذا النِّظام بشكل واسع بسبب تعقيداته وثمنه المرتفع (Liu, 2005).

أما Dr.Mormann فهو الذي طوَّر نظام Cerec، حيث كان يسعى لاستخدام هذا النِّظام ضمن العيادة السنِّية، وبذلك يتمكن الطبيب من تسليم التعويض بنفس جلسة المعالجة، حيث يتم استخدام كاميرا داخل فموية لتصوير السن المحضر، يليها تصميم الترميم، ومن ثم اختيار قوالب خزفية ونحت الحشوة ضمن التاجية Inlay باستخدام آلة نحت خاصة (Mormann *et al*., 1989).

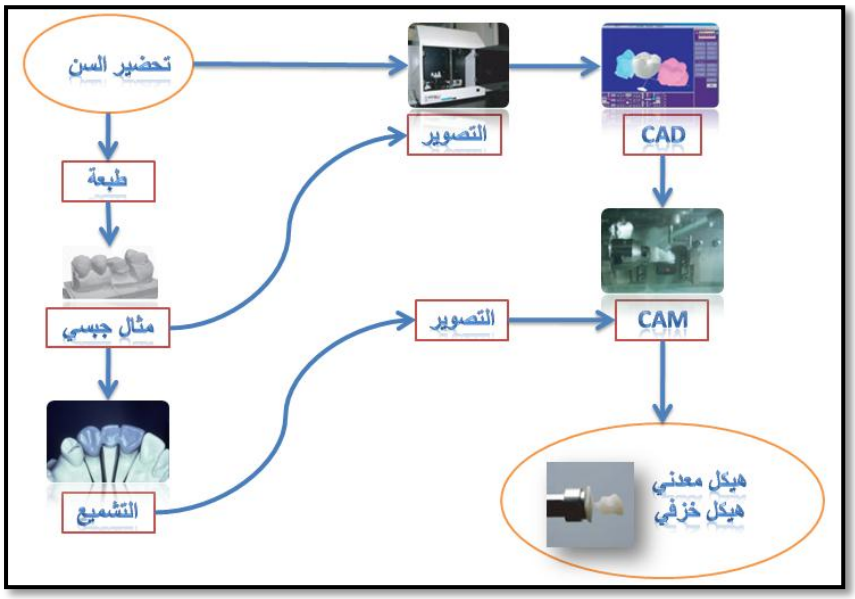
وأخيراً فإن Dr.Anderson هو الذي طوَّر نظام Procera في الثمانينات، وحاول استخدام التيتانيوم لصنع التعويضات باستخدام هذا النِّظام (Andersson & Oden, 1993).

ينبغي لنظام CAD/CAM أن يتحلى بعدد من الصفات لكي يتغلب على الأنظمة التقليدية الأخرى:

1. ينبغي أن تكون التكلفة والزمن اللازمين لتصنيع التعويض، وطريقة التعامل مع هذا النِّظام بمستوى مشابه للأنظمة التقليدية أو بما يفوقها.
2. ينبغي أن يكون شكل التعويض المراد تصميمه مشابه لشكل الأسنان المجاورة والمقابلة له، وهذا يتوجب المسح الضوئي لهذه الأسنان للوصول إلى هذا الهدف، وأن يكون البرنامج الحاسوبي CAD متطور من أجل معالجة وتصميم ترميم معقَّد يتوافق مع الأسنان المجاورة والمقابلة.
3. ينبغي أن يكون نظام النحت CAM متطوراً ودقيقاً جداً للسيطرة على مسار السنابل والوصول لترميم يتمتع بانطباق حفافي ملائم (Miyazaki *et al*., 2009).

2.4.1 التصنيع وفق نظام CAD/CAM:

يُبيِّن الشكل (13.1) ترسيم تخطيطي للمراحل المختلفة لنظام CAD/CAM.



شكل (13.1): مراحل تصنيع التيجان والجسور وفق نظام CAD/CAM (Miyazaki *et al.*, 2009).

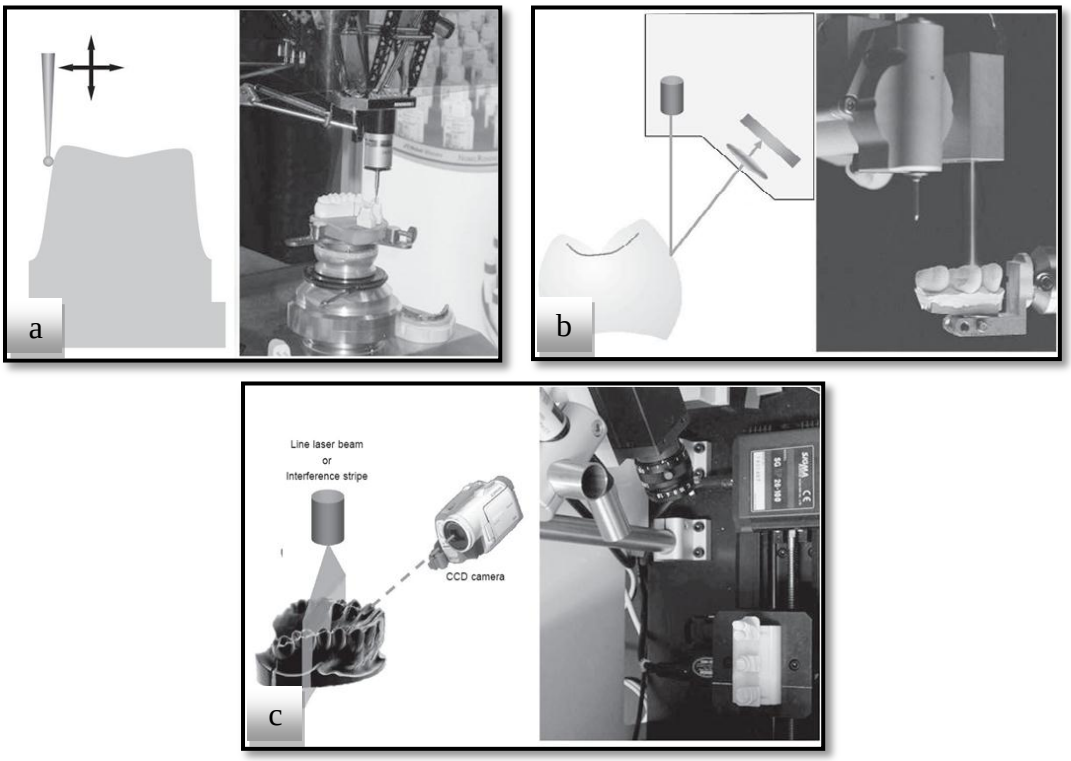
يتضمن التصنيع وفق هذا النِّظام المراحل التالية:

1. تحضير السن: من أجل تحضير السن لاستقبال تاج خزفي كامل، ينبغي أن يكون شكل الحدود العنقية كتف مدور أو شبه كتف مدور، وأن يكون التحضير المحوري كافي 0.8-1.2 ملم، وأن تكون المسافة الإطباقية 1.2-1.5 ملم، كما يجب تجنب الزوايا الحادة على السطح الإطباقي والقاطعي (Van der Zel, 2007).
2. تطبيق البودرة على السن المحضر لإعطائه تضاد على الماسح الضوئي، وإجراء المسح الضوئي للسن المحضر.

يُعد التصوير الرقمي للدّعامات المحضرة باستخدام كاميرا داخل فموية عملية غير دقيقة بسبب صعوبة إجراء المسح الضوئي لوجود عدد من العوامل المُعيقة منها وجود اللعاب واللثة والأسنان

المجاورة، ما يُقلِّل من الدقة اللازمة للوصول لأفضل انطباق حفافي، ومن الممكن أيضاً صنع طبعة تقليدية وإجراء المسح الضوئي للمثال الجبسي الناتج، حيث تَعتبر معظم الأنظمة المثال الجبسي هو نقطة البداية لعملها، حينها يتم صنع طبعة بالطريقة التقليدية وصبها بجبس حجري، وتصوير المثال الجبسي باستخدام الماسح الضوئي للحصول على بيانات رقمية تُمثِّل شكل السن المراد ترميمه، بواسطة طرائق مختلفة وهي مسبار التماس Contact Probe، ومقياس الإزاحة بأشعة الليزر Laser Displacement Gauge، وشعاع الليزر الخطي Line Laser Beam مع CCD Camera.

بالرغم من دقة مسبار التماس ذو النهاية الدقيقة، لكنه يتطلب وقت لإجراء مسح شامل للمثال الجبسي، بينما يتطلب استخدام مقياس الإزاحة بأشعة الليزر وشعاع الليزر الخطي زمن قياس أقل، ولكن تقل دقّتهما بسبب انتشار شعاع الليزر.



شكل (14.1): a: مسبار التماس، b: مقياس الإزاحة بأشعة الليزر، c: شعاع الليزر الخطي (Miyazaki et al., 2009).

لا تسمح أي من هذه الطرائق الثلاث المستخدمة بالمسح الضوئي في حال وجود مناطق تثبيت. كما أن هناك أنظمة أخرى يتم فيها تشميع المثال الجبسي وإجراء المسح الضوئي للنموذج الشمعي ومن ثم تخزين الصورة في الحاسوب ويليها إكمال المراحل نفسها (Miyazaki *et al*., 2009).

3. تصميم التعويض على الشاشة بمساعدة الحاسوب باستخدام برنامج حاسوبي CAD وذلك بالاعتماد على البيانات الرقمية التي تمَّ الحصول عليها، حيث يقوم البرنامج بتشكيل السن باقتراح الأشكال المختلفة للتيجان السنِّية (Mormann, 2006).
4. اختيار كتلة من الخزف باللون المناسب من أجل تصنيعها ونحت التعويض باستخدام آلة نحت millig machine خاصة بالنِّظام مزودة بسنابل ماسية مختلفة، وتتمكن آلة النحت من تبديل السنابل بشكل آلي، وقلب القطعة المستخدمة ونحت السطح الداخلي للترميم بشكل آلي أيضاً، وبعد الانتهاء من هذه العملية يتم فصل الجزء المنحوت عن بقية القالب الخزفي وتُجرى عملية الصَّقل النهائي(Miyazaki & Hotta, 2011).

3.4.1 مزايا استخدام نظام CAD/CAM:

1. إمكانية الوصول لانطباق حفافي ملائم للمواد الخزفية الحديثة، حيث أن هذا النِّظام يستطيع التعويض بدقة عن التغيرات في الأبعاد للقوالب الخزفية عالية المقاومة.
2. التحكم بمقدار الانطباق الداخلي من خلال السيطرة على ثخانة الاسمنت الافتراضيَّة.
3. يمتاز هذا النِّظام بكفاءة عالية، حيث يتمكن من تصميم الشكل المثالي للترميم بالاعتماد على خصائص المادَّة بواسطة برنامج CAD، كما يتميز بإمكانية تسجيل البيانات الرقمية لمقدار

المسافة الإطباقية، وبذلك يتم الإنقاص من ثخانة الدمى والقوالب بشكل متماثل والتحكم الدقيق بمقدار ثخانة الخزف المغطي المراد إضافته.

4. يتحرى هذا النِّظام حواف التحضير بدون تدخل الشخص الذي يقوم بتشغيل النِّظام، ويتمكن من حساب أقل مقطع عرضي ممكن لمنطقة الوصلات لضمان قوة بناء الجسر، وذلك بالاعتماد على مكان الجسر في الفم وطول منطقة الفقد.
5. تتواجد قوالب الزيركونيا بدرجات لونية مختلفة لتتناسب مع لون الخزف المغطي لها وبالتالي يتم التحكم بدرجة اللون وزيادة الخصائص الجمالية خاصة في حال وجود ثخانة قليلة من الخزف المغطي (Van der Zel, 2007).
6. يتميز هذا النِّظام أيضاً بعدم وجود عيوب داخلية بعد عملية نحت القوالب الخزفية المصنعة مُسبقاً، بعكس الطريقة التقليدية التي تسبب مسامية في السطح الداخلي للترميم المصبوب بسبب مراحل التصنيع المختلفة.
7. سرعة في إنجاز العمل بالمقارنة مع العمل المخبري التقليدي (Miyazaki *et al*., 2009).

وبذلك يُلاحظ من هذه المراجعة النظرية بأن التطبيق اليدوي للمادة الفاصلة ينتج عنه مسافة داخلية غير متماثلة، وبالتالي سيقود ذلك لصنع تعويض مع اختلافات غير مقصودة في ثخانة الاسمنت، الأمر الذي قد يؤثر على الانطباق الحفافي، وبالمقابل فقد امتاز نظام CAD/CAM بإمكانية التحكم بمقدار الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بشكل دقيق، ما يُمكِّن من معرفة فيما إذا كان هناك أثر لاختلاف ثخانة الاسمنت الافتراضيَّة على دقة انطباق قوالب الزيركونيا المُصنَّعة وفق هذا النِّظام، وبالتالي يسعى هذا البحث لمعرفة ما هي الثَّخانة الافتراضيَّة المثالية لتحسين الانطباق الحفافي.

5.1 الدراسات السابقة:

1.5.1 الدراسات التي تناولت أثر تطبيق المادَّة الفاصلة على الانطباق الحفافي:

1. قيَّمت دراسة Wang *et al.* (1992) أثر نوع الاسمنت، وتطبيق المادَّة الفاصلة، وشكل الحدود العنقية، وتطبيق المواد المساعدة على الانطباق، وتطبيق قوى لزيادة الانطباق عند إلصاق التاج على انطباق التيجان المصبوبة، حيث تمَّ تحضير توأمين من الفولاذ الصلب، وكان شكل الحدود العنقية إما كتف بمقدار 1 مم، أو كتف مشطوب بدرجة 65°، بعدها تمَّ صنع الطبعات وصبها بجبس حجري، وقُسّمت إلى مجموعتين، في المجموعة الأولى تمَّ تطبيق أربع طبقات من المادَّة الفاصلة Tru-fit لكل شكل من أشكال التحضير وقُدِّرت الثَّخانة بأنها 24 µm، وفي المجموعة الثانية لم يتم تطبيق أي طبقة من المادَّة الفاصلة. ومن ثم تمَّ قياس الانطباق الحفافي قبل الإلصاق، تلاها الإلصاق باسمنت فوسفات الزنك والاسمنت الزجاجي الشاردي تحت نوعين من القوى إما 5 Ib أو 30 Ib، مع استخدام عوامل مساعدة على تحسين الانطباق هما Orangewood stick أو E-Zbite seating aid. خَلُصت الدراسة بأن استخدام كتف مشطوب مع تطبيق المادَّة الفاصلة والإلصاق بالاسمنت الزجاجي الشاري وتطبيق قوى بمقدار 30 Ib يحسِّن من انطباق التاج، بينما أظهرت تساوي أثر Orangewood stick و E-Zbite seating aid في تحسين الانطباق أثناء الإلصاق، وذكرت الدراسة أنه من الممكن أن تتضاعف مشكلة الفرجة الحفافية في حال وجود طبقة رقيقة جداً من المادَّة الفاصلة، وخاصة عند السطوح الحادة، لذلك فإن تطبيق طبقة إضافية من المادَّة الفاصلة في الزوايا الخطية يُعزِّز من تجانس التطبيق في مختلف السطوح السنية، كما ذكرت الدراسة أنه لا يمكن للمادة الفاصلة بمفردها أن تُصحِّح

التشوهات الحاصلة أثناء إجراءات تصنيع التعويض الثابت، وهذا يعني أن تطبيق ثخانة محدَّدة لا يزود بالضرورة نتيجة ثابتة أو مسافة نهائية مقبولة للاسمنت.

2. قام Oliva & Lowe (1987) بدراسة أثر تطبيق المادَّة الفاصلة على انطباق التعويضات المصبوبة، بحيث قسَّما العينة إلى مجموعتين الأولى بدون تطبيق مادة فاصلة، والثانية مع تطبيق أربع طبقات من المادَّة الفاصلة Tru-fit، تمَّ عمل مقاطع طولية وقياس الثَّخانة الحاصلة ومقدار الفرجة الحفافية، فأظهرت المجموعة الأولى فرجةً حفافيةً بمقدار 235.27 µm، بينما أظهرت المجموعة الثانية فرجةً حفافيةً بمقدار 36.28 µm ومسافةً داخليةً بمقدار 79.24 µm.

3. تقصَّى Campagni *et al.* (1986) في دراسته أثر تطبيق المادَّة الفاصلة وميازيب الاستقرار في تحسين الانطباق الحفافي، فقام بتحضير الأسنان بحيث كان شكل الحدود العنقية شبه كتف وميلان الجدران المحورية الدهليزية واللسانية بمقدار 13°، وميلان الجدران المحورية الأنسية والوحشية بمقدار 6°. وقُسِّمت العينة إلى خمس مجموعات، في المجموعة الأولى لم يتم تحضير ميازيب الاستقرار وتمَّ تطبيق ست طبقات من المادَّة الفاصلة على كامل سطوح السن المحضرة مع الابتعاد 1 ملم عن حواف التحضير، وفي المجموعة الثانية لم يتم تحضير ميازيب الاستقرار ولا تطبيق المادَّة الفاصلة واعتبرت مجموعة شاهدة، وفي المجموعة الثالثة تمَّ تحضير ميازيب الاستقرار الدهليزية واللسانية بحيث تبتعد مقدار 1 ملم عن شبه الكتف، كما تمَّ تطبيق ست طبقات من المادَّة الفاصلة بالطريقة التقليدية، وفي المجموعة الرابعة تمَّ تحضير ميازيب الاستقرار مع تطبيق ست طبقات من المادَّة الفاصلة بحيث تطبق على كامل السطوح المحورية بدون تطبيقها ضمن الميازيب، أما في المجموعة الخامسة فتمَّ تحضير الميازيب ولم يتم تطبيق

المادَّة الفاصلة. وقدر الباحث متوسط الثَّخانة المتوقعة للمادة الفاصلة المطبقة حوالي 20.84-39.12 µm، وذلك بالاعتماد على دراسة أخرى أجراها لتحري الثَّخانة الحاصلة أثناء تطبيق المادَّة الفاصلة، تمَّ بعد ذلك تشميع التوائم وصنع التعويضات باستخدام خليطة ذهبية نمط III، تلا ذلك الإلصاق باسمنت فوسفات الزنك مع تطبيق قوة بمقدار 20 Ib على السطح الإطباقي. قام بعد ذلك بقياس مقدار الفرجة الحفافية، وأظهرت النتائج بأن الفرجة الحفافية في المجموعة الثانية والخامسة كان أكثر من 150 µm، بينما كانت الفرجة الحفافية في المجموعة الأولى 33.5 µm وفي المجموعة الثالثة 33.9 µm وفي المجموعة الرابعة 32.2 µm، ومن خلال المقارنة ما بين المجموعات استنتجت الدراسة أن استخدام المادَّة الفاصلة يُحسّن من انطباق التاج سواء مع تحضير الميازيب أو بدونها، ولم يكن هناك فائدة إضافية عند تطبيق المادَّة الفاصلة ضمن الميازيب، كما تملك الميازيب أثر ضئيل في تحسين الفرجة الحفافية في حال استخدام المادَّة الفاصلة وبالمقابل فإنها لم تسبب حدوث فرجة حفافية زائدة.

4. تقصَّى Fusayama *et al.* (1964) في دراسته أثر نوع الاسمنت وميلان وارتفاع التحضير والمسافة الداخلية على الانطباق الحفافي للتيجان الكاملة أثناء الإلصاق، حيث تمَّ تحضير رحى علوية بارتفاعين 6 و4 مم، وتمَّ طلاء مجموعة بطلاء الأظافر على السطوح المحضرة مع الابتعاد مسافة 1 مم عن حواف التحضير، وتمَّ تطبيق رقاقة من القصدير بثخانة 40 ميكرون في المجموعة الثانية. تمَّ صب الخليطة النحاسية والإلصاق باسمنت فوسفات الزنك بتطبيق قوة ساكنة بمقدار 15 أو 50 كيلوغرام حتى يتصلب الاسمنت، تلا ذلك إجراء مقاطع طولية وقياس ثخانة الاسمنت، فخَلُصت نتائج الدراسة إلى تحسّن الفرجة الحفافية عندما يكون شكل الحدود

العنقية إنهاء بسيط، وبزيادة ميلان الجدران المحورية، وعندما يقل ارتفاع السن وعند تأمين مسافة داخلية للاسمنت، ولم يكن هناك فروق دالة في الفرجة الحفافية عند تطبيق قوة 15 أو 50 كيلوغرام، أو عند تطبيق طلاء الأظافر أو رقاقة البلاتين، لكن كانت رقاقة البلاتين ملائمة أكثر، بسبب اختلاف ثخانة طلاء الأظافر مع التخزين نتيجة تطاير مكوناته.

2.5.1 الدراسات التي تناولت أثر اختلاف عدد طبقات المادَّة الفاصلة على الانطباق الحفافي:

1. فحصت دراسة Soriani *et al.* (2007) أثر تطبيق المادَّة الفاصلة Pico-Fit على الانطباق الحفافي لقوالب (نيكل- كروم، نيكل- كروم- بيريرليوم، التيتانيوم النقي)، وكانت الاختبارات ضمن الظروف التالية: بدون مادة فاصلة، مع طبقة واحدة من المادَّة الفاصلة، مع طبقتين من المادَّة الفاصلة. تمَّ تشميع التوائم (dies) وصب الخلائط المعدنية الثلاث، فأظهرت نتائج الدراسة أن استخدام طبقتين من المادَّة الفاصلة تُقلِّل من الفرجة الحفافية حيث كان متوسط الفرجة الحفافية بمقدار 96.67 µm، بينما أعطى تطبيق طبقة واحدة من المادَّة الفاصلة فرجةً بمقدار 131.06 µm، وكانت الفرجة الحفافية بمقدار 168 µm في حال عدم تطبيق المادَّة الفاصلة، كما أظهرت نتائج الدراسة اختلافاً في مقدار الفرجة الحفافية باختلاف المادَّة المستخدمة، وكان أفضل انطباق حفافي حاصل لخليطة نيكل كروم، يليها خليطة نيكل بيريليوم وأخيراً التيتانيوم النقي.
2. قيَّمت دراسة Gegauff *et al.* (1989) أثر تطبيق المادَّة الفاصلة على انطباق وثبات التعويض، إذ تمَّ تقييم الانطباق الحفافي قبل وبعد الإلصاق باختلاف عدد الطبقات، حيث تمَّ تحضير رحى من أجل استقبال تاج كامل وصبها بجبس حجري، وتطبيق المادَّة الفاصلة Tru-fit (0-6 طبقات). تمَّ بعدها صنع التعويض المصبوب، ومن ثم تمَّ تقييم الانطباق الحفافي قبل الإلصاق.

ثم الإلصاق باسمنت فوسفات الزنك، فتطبيق قوة ديناميكية بمقدار 49 N لمدة 30 ثانية بكل جانب. وأظهرت نتائج هذه الدراسة حدوث انطباق كامل بغض النظر عن عدد الطبقات المطبقة، كما وأظهرت التيجان المصنَّعة بدون تطبيق المادَّة الفاصلة أفضل ثبات حاصل، وخَلُصت الدراسة إلى أن عدم الوصول إلى الانطباق الكامل قد يعود إلى تطبيق قوى ساكنة Static Loading أثناء الإلصاق وعدم حصول ارتباط صحيح ما بين التعويض المصبوب والسن المحضر، ومن الممكن التغلب على هذه المشكلة من خلال تغيير مكان واتجاه القوة المطبقة على التعويض المصبوب، أو الطلب من المريض العض بقوة على Orangewood stick مع إجراء حركات أمامية خلفية وعلوية سفلية تقريباً بزاوية 10-15° بكل اتجاه لمدة خمس ثوان، ويُكرّر ذلك حتى الوصول للانطباق الكامل.

3. فحصت دراسة Grajower *et al.* (1989) أثر ثخانة المادَّة الفاصلة المطبقة على تحسين الانطباق الحفافي للتعويض المصبوب، وقُسّمت الدراسة إلى مجموعات، إما بدون تطبيق المادَّة الفاصلة، أو مع تطبيق عدد من الطبقات (1-5) كما تمَّ استخدام مادة فاصلة قديمة وأخرى حديثة من المادَّة Tru-fit، ومن ثم تمَّت دراسة أثر اختلاف تقنية التطبيق، وذلك بعد تطبيق المادَّة الفاصلة إما على كامل السطوح المحورية أو بالابتعاد 1 مم عن حواف التحضير، تمَّ كسي النموذج الشمعي وصب التيجان وإلصاقها بالأسنان، فتطبيق قوة بمقدار 10 N لتحسين انطباق التاج، وإجراء مقاطع طولية للأسنان وإجراء الفحص المجهري. وجدت الدراسة تحسن بمقدار الفرجة الحفافية عند استخدام أربع طبقات من المادَّة الفاصلة الحديثة، حيث كان متوسط الفرجة الحفافية 29 µm، بينما كان متوسط الفرجة الحفافية بدون استخدام المادَّة الفاصلة 649 µm، كما خَلُصت

الدراسة إلى حدوث زيادة في مقدار الثَّخانة في المادَّة الفاصلة القديمة، حيث كان متوسط ثخانة الطبقة الواحدة من المادَّة الفاصلة الحديثة 15-23 µm، بينما كانت ثخانة الطبقة الواحدة من المادَّة الفاصلة القديمة 29-36 µm، وعزى الباحث ذلك إلى زيادة لزوجة هذه المادَّة، كما وجدت الدراسة أن زيادة ثخانة المادَّة الفاصلة لأكثر من 70 ميكرون لا يحسن من الانطباق الحفافي لأكثر من 38 µm، وأن تطبيق المادَّة الفاصلة على حواف الكتف تُقلِّل من الفرجة الحفافية.

3.5.1 الدراسات التي تناولت مقدار الثَّخانة الحاصلة أثناء تطبيق المادَّة الفاصلة:

1. قام Campbell *et al.* (1990) بدراسته بقياس الثَّخانة الحاصلة أثناء تطبيق عدة مواد فاصلة من شركات مختلفة، بحيث أن مادتين تطبقان من أجل التعويضات الخزفية المعدنية وهما (Tru-fit & Belle de St.Claire)، ومادتين تطبقان من أجل التعويضات الخزفية الكاملة وهما (Dicor & Cerestore)، حيث تمَّ تطبيق طبقة أو طبقتين من المواد الفاصلة التالية (Dicor, Cerestore, Belle de St.Claire)، وطبقتين أو ثلاث أو أربع طبقات من المادَّة الفاصلة Tru-fit. وخَلُصت نتائج هذه الدراسة أنه عند تطبيق ثلاث طبقات من Tru-fit، وطبقتين من Belle de St.Claire، وطبقتين من Cerestore تم الحصول على ثخانة بمقدار 25 µm، كما أعطت طبقة واحدة من Dicor ثخانة بمقدار 37 µm، وقد لوحظ في جميع المواد التي تمَّ استخدامها وجود طبقة رقيقة عند الزوايا الخطية الإطباقية، وهذا يعيق من انسياب الاسمنت أثناء الإلصاق، وبذلك نصح الباحث بإجراء تطبيق إضافي للمادة الفاصلة في الزوايا الخطية، ما يُعزّز من تجانس ثخانة المادَّة الفاصلة ويُقلِّل من الضغط الهيدروليكي أثناء الإلصاق.

2. تقصَّى Oliva *et al.* (1988) في دراسته الثَّخانة الحاصلة أثناء تطبيق عدد من الطبقات من المادَّة الفاصلة، وفيما إذا كانت هذه الثَّخانة قريبة من الثَّخانة المثالية المذكورة في الأدب السني 20-40 µm، حيث تضمّنت الدراسة تطبيق أربع طبقات من المادَّة الفاصلة Tru-fit، وقُسّمت إلى مجموعة يتم فيها استخدام الفرشاة المقدمة من قبل الشركة لتطبيق المادَّة الفاصلة، ومجموعة أخرى يتم فيها استخدام فرشاة رقيقة لتطبيق المادَّة الفاصلة، وطُبّقت المادَّة الفاصلة من قبل خمسة مخبريين، تلا ذلك غمر التوأم المطبق عليه المادَّة الفاصلة بالراتنج، وإجراء مقاطع طولية، ومن ثم تمَّ قياس الثَّخانة عند سبع نقاط باستخدام المجهر الضوئي. ووجدت الدراسة حدوث اختلاف واسع في مقدار الثَّخانة في مناطق القياس المختلفة، ما يشير إلى حساسية هذه التقنية وكان مقدار متوسط الثَّخانة 39 µm، كما ذكرت الدراسة حدوث اختلاف بمقدار الثَّخانة باختلاف تقنية التطبيق للمخبري فقد تراوحت الثَّخانة من 18.4 µm إلى 50.9 µm عند تطبيق أربع طبقات من قبل خمسة مخبريين، كما اختلفت الثَّخانة باختلاف نوع الفرشاة المستخدمة، وأظهرت الدراسة أن تطبيق الفرشاة الأكثر رقة أعطى ثخانة بمقدار 32.8 µm، بينما أدى استخدام الفرشاة الموصى بها من قبل الشركة إلى ثخانة بمقدار 26.5 µm، وكان متوسط الثَّخانة في مواقع ذُرى الحدبات والزوايا الخطية الإطباقية المحورية أقل من متوسط الثَّخانة عند باقي السطوح، لذلك أوصت الدراسة بتطبيق طبقة أو طبقتين في هذه المناطق لتأمين ثخانة نموذجية في هذه المناطق. وخَلُصت الدراسة إلى أن استخدام نفس المادَّة الفاصلة ونفس تقنية التطبيق من قبل نفس المخبري لعدد من التوائم لا يؤدي إلى ثخانة متماثلة.

3. قام Campangi *et al.* (1982) في دراسته بتحديد ثخانة ثلاثة أنواع من المادَّة الفاصلة باختلاف عدد الطبقات المستخدمة، حيث تمَّ تحضير ناب وضاحك ثاني ورحى أولى علوية لاستقبال تاج خزفي معدني، تمَّ أخذ طبعات وصبها بجبس حجري. ثم تطبيق ثلاثة أنواع من المادَّة الفاصلة P (Aerogloss, Silvaire-Aluminum)، و B (Belle de St. Claire)، و T (Tru-fit). تمَّ استخدام فرشاة لتطبيق المواد الثلاث (طبقتين، أربع طبقات، ست طبقات)، وتمَّ بعدها غمر التوائم بالراتنج، وأخذ مقاطع طولية دهليزية لسانية للتحضيرات الثلاث وقياس أربع نقاط تحت المجهر الضوئي (منتصف السطح الدهليزي، منتصف السطح اللساني، منتصف السطح الإطباقي، ذُرى الحدبات اللسانية). وأظهرت النتائج أن تطبيق ست طبقات من المادَّة P أو تطبيق طبقتين من المادَّة B وT يقدم الثَّخانة المثالية المذكورة في الأدب الطبي والتي تتراوح من 20- 40 µm. ولاحظ الباحث أنه عند كل تطبيق طبقتين من المادَّة الفاصلة أياً كان نوعها تتضاعف الثَّخانة الحاصلة، كما ذكرت الدراسة بأن أقل قيمة للثخانة كانت عند منتصف السطح الإطباقي. وكانت الثَّخانة الأكثر اختلافاً من نصيب ذُرى الحدبات اللسانية وفسرت الدراسة ذلك بتداخل ضربات الفرشاة عند التطبيق على السطوح في هذه المنطقة، مما سبّب زيادة في الثَّخانة في هذه المنطقة عن غيرها من السطوح. كما أنه من الصعب جداً التحكم بمقدار الثَّخانة بسبب الاختلاف الواسع لتقنية التطبيق اليدوي، وذكرت الدراسة أيضاً اختلاف الثَّخانة الحاصلة نتيجة اختلاف المادَّة المستخدمة.

4.5.1 الدراسات التي تناولت أثر اختلاف ترتيب الطبقات على ثخانة المادَّة الفاصلة:

1. قام Riger *et al.* (1987) في دراسته بقياس ثخانة المادَّة الفاصلة Tru-fit، حيث صنع لوح من الجبس بمقاس 7 سم×7 سم×0.5 سم، تمَّ تقسيم هذا اللوح إلى مقاطع تقيس 1 سم×1 سم. وقام بتطبيق مادة فاصلة حديثة بلونين فضي وذهبي بحيث تمَّ رجها لمدة 30 ثانية، وطُبِّقت المادَّة بوساطة الفرشاة المقدَّمة من قبل الشركة المُصنِّعة. وقُسِّمت العينة إلى مجموعات، قُسِّمت المجموعة الأولى إلى قسمين، تمَّ في القسم الأول طلاء الألواح الجبسية بطبقة واحدة من المادَّة الذهبية، وفي القسم الثاني تمَّ طلاء الألواح الجبسية بطبقة واحدة من المادَّة الفضية. تمَّ تعريض المقاطع للهواء ومن ثم قياس ثخانة طبقة المادَّة الفاصلة الذهبية والفضية. وقسِّمت المجموعة الثانية إلى قسمين، تمَّ في القسم الأول تطبيق طبقة من المادَّة الفاصلة الذهبية وتجفيفها لمدة دقيقة، تلاها تطبيق المادَّة الفاصلة الفضيِّة وتجفيفها لمدة دقيقة وقياس الثَّخانة الحاصلة. أما في القسم الثاني فتمَّ تطبيق طبقة من المادَّة الفاصلة الفضية وتجفيفها لمدة دقيقة، تلاها تطبيق المادَّة الفاصلة الذهبية والتجفيف وقياس الثَّخانة الحاصلة. في المجموعة الثالثة والرابعة والخامسة والسادسة تمَّ تطبيق ثلاث وأربع وخمس وست طبقات من المادَّة الفاصلة مع اختلاف ترتيب تطبيق المادَّة الفاصلة الذهبية أو الفضية بنفس الطريقة المستخدمة في المجموعة الثانية. كان متوسط الثَّخانة في المجموعة الأولى للمادة الفاصلة الفضيِّة 6.95±1.49 µm، والذهبيِّة 6.03±1.14 µm. أظهرت المجموعة الثانية أن اختلاف ترتيب الطبقات للمادة الفاصلة يؤدي إلى اختلاف في مقدار الثَّخانة الحاصلة، فعند تطبيق المادَّة الفاصلة الفضية أولاً كانت الثَّخانة أكبر بالمقارنة مع تطبيق المادَّة الفاصلة الذهبية أولاً، وتمَّ الحصول على ثخانة بمقدار 23.93 µm

وذلك عند تطبيق أربع طبقات بالترتيب التالي فضية، ذهبية، فضية، ذهبية، كما تمَّ الحصول على ثخانة بمقدار 25.24 µm وذلك عند تطبيق خمس طبقات بالترتيب التالي: ذهبية، فضية، ذهبية، فضية، ذهبية

5.5.1 الدراسات التي تناولت أثر تقنية تطبيق المادَّة الفاصلة على الانطباق الحفافي:

1. قيَّمت دراسة Olivera *et al*. (2006) أثر تقنية تطبيق المادَّة الفاصلة على انطباق وثبات التيجان المعدنية المصبوبة باستخدام ثلاثة أنواع من الاسمنت، حيث أُجريت الدراسة على أرحاء مقلوعة بتحضير شبه كتف، وبميلان الجدران المحورية بمقدار 12°، صُنعت طبعات للأرحاء وصُبّت بجبس حجري، وتمَّ تطبيق أربع طبقات من المادَّة الفاصلة Tru-fit وفق ثلاث طرائق، الأولى تغطية السطح الإطباقي وثلث السطوح المحورية، والثانية تغطية السطح الإطباقي وثلثي السطوح المحورية، والأخيرة تغطية السطح الإطباقي وكامل السطوح المحورية مع الابتعاد 0.5 ملم عن حواف التحضير. تمَّ صب الخليطة المعدنية والإلصاق بثلاثة أنواع من الاسمنت (الاسمنت الراتنجي، والاسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج واسمنت فوسفات الزنك)، تلا ذلك تطبيق قوى ساكنة بمقدار 10 كغ. أظهرت نتائج البحث أن أفضل انطباق حفافي حاصل كان عند تطبيق المادَّة الفاصلة على السطح الإطباقي وكامل السطوح المحورية عدا 0.5 ملم من النهاية العنقية للتحضير وكان متوسط الفرجة الحفافية بمقدار 0.027 ملم، بينما كان متوسط الفرجة الحفافية عند تغطية السطح الإطباقي وثلث السطوح المحورية 0.03 ملم، أما عند تغطية السطح الإطباقي وثلثي السطوح المحورية فكان متوسط الفرجة الحفافية بمقدار 0.05 ملم. كما كان أفضل انطباق حفافي حاصل عند الإلصاق بالاسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج يليه

الاسمنت الراتنجي وأخيراً اسمنت فوسفات الزنك، وأظهر الاسمنت الراتنجي أفضل مقاومة لقوى الشد.

2. قيَّمت دراسة Hager *et al.* (1993) أثر استخدام المادَّة الفاصلة بطريقة انتقائية على سطح السن على انطباق التيجان المصبوبة، حيث قُسّمت العينة إلى ثلاث مجموعات تمَّ في المجموعة الأولى تطبيق المادَّة الفاصلة Belle de St. Claire بالطريقة التقليدية، وذلك بإضافة طبقتين على السطح الإطباقي وكامل السطوح المحورية عدا 0.5 ملم من نهاية التحضير العنقية واعتبرت كمجموعة شاهدة، وتمَّ في المجموعة الثانية تطبيق طبقتين فقط على السطح الإطباقي وعلى الزوايا الخطية الإطباقية المحورية، وتمَّ في المجموعة الثالثة تطبيق المادَّة الفاصلة بالطريقة التقليدية مع إضافة طبقة إضافية على الزاويا الخطية المحورية الإطباقية. تلا ذلك قياس مقدار الفرجة الحفافية قبل وبعد الإلصاق، فخَلُصت النتائج إلى عدم وجود فروق دالة بين المجموعة الأولى والمجموعة الثالثة، مع وجود فروق دالة ما بين المجموعة الأولى والمجموعة الثانية، وما بين المجموعة الثانية والمجموعة الثالثة، كما وجدت الدراسة بأن الإلصاق أدى إلى زيادة الفرجة الحفافية بمقدار 30 µm في المجموعة الأولى و120 µm في المجموعة الثانية و20 µm في المجموعة الثالثة.

6.5.1 الدراسات التي تناولت أثر الإلصاق على الانطباق الحفافي:

1. قيَّمت دراسة Gonzalo *et al.* (2009) الفرجة الحفافية لثلاثة أنظمة من قوالب الزيركونيا وهي Lava All-Ceramic System, Procera Bridge Zirconia, VITA In-Ceram 2000 YZ، ومقارنتها مع التعويضات الخزفية المعدنية المصنعة بطريقة الشمع الضائع كمجموعة شاهدة قبل

وبعد الإلصاق بالاسمنت الزجاجي الشاردي. خَلُصت النتائج إلى أن الإلصاق لا يسبب زيادة هامة سريرياً في الفرجة الحفافية، وكانت الفرجة الحفافية في الأنظمة الثلاثة أقل من المجموعة الشاهدة، حيث أعطى نظام Procera أقل قيمة فرجة حفافية وكانت بمقدار 9 µm قبل الإلصاق و12 µm بعد الإلصاق، يليه نظام In-Ceram 2000 YZ وأخيراً نظام Lava All-Ceramic، وذكرت الدراسة أن سبب عدم وجود فروق دالة قبل وبعد الإلصاق هو أن الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت، والتي كانت بمقدار 50 ميكرون كافية من أجل سلامة الانطباق الحفافي.

2. قيَّمت دراسة Quintas *et al.* (2004) أثر اختلاف شكل الحدود العنقية (كتف، شبه كتف)، ومادة قالب الخزف (Procera, Empress II, Inceram)، وعامل الإلصاق (فوسفات الزنك، الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج، الراتنجي) على مقدار الفرجة الحفافية للقوالب الخزفية، وخَلُصت الدراسة بأن تقنية صنع الخزف هي العامل الأكثر أهمية للحصول على الانطباق الحفافي الأكثر قبولاً مع اختلاف نوع الاسمنت وشكل الحدود العنقية. وكانت أقل فرجة حفافية حاصلة من نصيب قوالب Procera، ولم يكن هناك فروق دالة إحصائياً لنوع الاسمنت المُستخدم على الانطباق الحفافي، وبالرغم من زيادة مقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق، لكن لم تكن هناك فروق ذات دلالة إحصائية في مقدار الفرجة الحفافية قبل وبعد الإلصاق وكانت الفرجة الحاصلة ضمن المقدار المقبول سريرياً.

3. قيَّمت دراسة Wolfart *et al.* (2003) أثر الإلصاق على الانطباق الحفافي للتيجان والحشوات الضمنية المصبوبة، تمَّ اختيار 16 مريض وتحضير الأسنان بحيث كان شكل الحدود العنقية كتف مدور 1.2 ملم، وارتفاع السن المحضر ما بين 3-6 ملم. تمَّ تصنيع التيجان والحشوات

الضمنية المصبوبة من الخزف الزجاجي المضغوط حرارياً، تمَّ صنع الطبعات للتعويضات المصنعة قبل وبعد الإلصاق بالاسمنت الراتنجي resin Variolink II. وتمَّ تقييم الفرجة الحفافية باستخدام طريقة النسخة المطابقة، وباستخدام المجهر الالكتروني الماسح بتكبير ×200. كان المتوسط الحسابي بالنسبة للحشوات الضمنية المصبوبة 89 µm قبل الإلصاق، و92 µm بعد الإلصاق. بينما كان المتوسط المتوسط الحسابي للتيجان 96 µm قبل الإلصاق، و130 µm بعد الإلصاق. ذكرت الدراسة أن هناك أثر للاسمنت اللاصق على الفرجة الحفافية للتيجان، بينما لم يكن هناك فروق ذات دلالة إحصائية بالنسبة للفرجة الحفافية قبل وبعد الإلصاق بالنسبة للحشوات الضمنية المصبوبة.

7.5.1 الدراسات التي تناولت أثر ثخانة الاسمنت الافتراضيَّة على الانطباق الحفافي باستخدام نظام CAD/CAM:

1. فحصت دراسة Iwai *et al.* (2008) فيما إذا كان هناك علاقة بين زاوية التحضير وثخانة الاسمنت الافتراضيَّة على الانطباق الداخلي والحفافي لقوالب الزيركونيا المصنعة بطريقة CAD/CAM وفق نظام Cercon بحيث تمَّ تحضير كتف مدور بزوايا تحضير (20-12-6)°، وكان ارتفاع التوأم 4 مم، وشكل الحدود العنقية كتف مدور. تمَّ صنع الطبعات وصبها بجبس حجري، تلا ذلك المسح الضوئي للتوأم الجبسي. ومن ثم صُمّمت قوالب الزيركونيا بحيث كانت ثخانة القالب 0.5 مم، وفق ثلاث ثخانات افتراضية للاسمنت (10-30-60) µm. تمَّ قياس التباين الحفافي العمودي وقياس المسافة الداخلية بتقنية النسخة المطابقة. وخَلُصت الدراسة إلى أن هناك علاقة ما بين الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت وزاوية التحضير على دقة الانطباق الحفافي.

فكانت أفضل فرجة حفافية حاصلة في مجموعة ثخانة 60 µm مع زاوية تحضير 20°، حيث كان متوسط الفرجة الحفافية في هذه المجموعة بمقدار 27 µm، كما كان الانطباق الحفافي والداخلي لقوالب الزيركونيا المصنّعة في جميع المجموعات ضمن المعدّل المقبول سريرياً.

2. قارن Nakamura *et al.* (2003) بين ثلاث ثخانات افتراضية للاسمنت (10، 30، 50) µm لنظام Cerec3، حيث تمَّ تحضير كتف مدور بمقدار 1 ملم، مع اختلاف زاوية التحضير (4-8-12)°. تمَّ قياس الفرجة الحفافية في منتصف السطوح الدهليزية واللسانية والأنسية والوحشية وقياس المسافة الداخلية بطريقة النسخة المطابقة. كان المتوسط الحسابي للمسافة الداخلية ما بين 116-162 µm، كما قلت المسافة الداخلية كلما قلت زاوية التحضير، وازدادت الفرجة الحفافية في حال كانت الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت 10 ميكرون 95-108 µm، بينما تراوحت من 53-67 µm في حال كانت الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت 30 أو 50 µm. واقترحت الدراسة بأن ثخانة 30 µm تعطي انطباق حفافي جيد ومسافة داخلية مقبولة بغض النظر عن زاوية التحضير المستخدمة، لذلك فضَّلت الإقلال من زاوية التحضير لأجل زيادة الثبات، وذكرت بأن التقلص الناتج عن تسخين المواد الخزفية لا يحدث لدى نظام Cerec 3، بالإضافة إلى دقة الماسح الضوئي في تسجيل البيانات، ما يُفسّر الانطباق الحفافي الجيد.

بالرُّغم من وجود العديد من الدراسات حول عدد الطبقات اللازمة للوصول لأفضل انطباق حفافي، ومقدار الثَّخانة الحاصلة أثناء تطبيق المادَّة الفاصلة، فقد لوحظ في الدراسات السابقة صعوبة في التقييم الدقيق للثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت، وعدم إمكانية إجراء ثخانة متماثلة بمختلف السطوح السنِّية المحضرة. ولذلك كان من الصعب معرفة ما إذا كان هناك أثر لمقدار الثَّخانة الافتراضيَّة

للاسمنت على الانطباق الحفافي، وهذا ما يمتاز به نظام CAD/CAM حيث أنه من الممكن التحكُّم بمقدار الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بشكل دقيق.

كما نلاحظ أن الدراستين اللتين تناولتا أثر اختلاف الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت باستخدام نظام CAD/CAM قيَّمتا الفرجة الحفافية قبل الإلصاق، وهذا قد لا يعكس الفرجة الحفافية الحقيقية الحاصلة، بينما لا توجد دراسة تتضمن أثر اختلاف الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بعد الإلصاق، على الرغم من الارتباط الوثيق ما بين ثخانة الاسمنت الافتراضيَّة وعامل الإلصاق، لذا كان الهدف من هذا البحث معرفة فيما إذا كان هناك أثر للثَّخانة الافتراضيَّة المقدرة في تحسين الانطباق الحفافي بعد الإلصاق بالاسمنت الزجاجي الشاردي.

الفصل الثاني: مواد وطرائق البحث

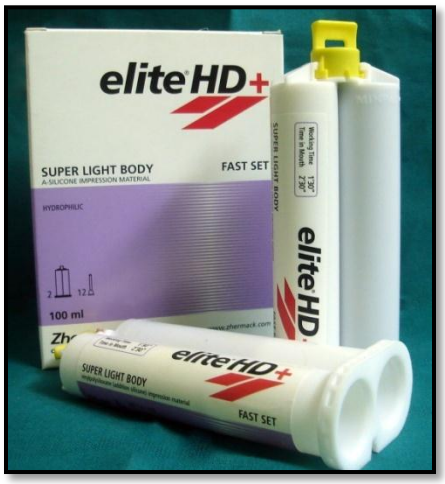
Chapter 2: Materials & Methods

1.2 المواد المستخدمة في البحث:

- رحى أولى سفلية اكريلية يمنى.
- ألجينات.
- شمع سني.
- خليطة معدنية نيكل كروم.
- مطاط سيليكون إضافي (SwissTEC HydroXtreme, Coltene Whaledent,Switzerland) بقوامين عجيني Putty ومنخفض اللزوجة Light body.

شكل (1.2): مطاط السيليكون الإضافي العجيني ومنخفض اللزوجة Coltene.

- مطاط سيليكون إضافي منخفض اللزوجة (Zhermack, eleit.HD, Italy).



شكل (2.2): مطاط السيليكون الإضافي منخفض اللزوجة Zhermack.

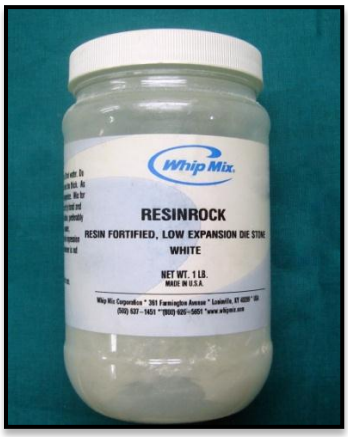
- قوالب الزيركونيا 10×98 (ZirkoDenta, ZD.blank premium, Germany).

شكل (3.2): قوالب الزيركونيا ZirkoDenta.

- اسمنت زجاجي شاردي (Meron combipack, VOCO, Germany).

شكل (4.2): الاسمنت الزجاجي الشاردي Meron.

- جبس مقوى بالراتنج نمط IV (Whip mix crop, resin rock, USA).



شكل (5.2): جبس مقوى بالراتنج نمط resin rock IV.

- مادة فاصلة (Renfert, Pico-Fit, Germany).

شكل (6.2): مادة فاصلة Pico-Fit.

2.2 الأدوات والأجهزة المستخدمة في البحث:

- قبضة ميكروتور Contra Angle Handpiece مع محولة Air Motor Ex-203 (NSK, Japan).
- سنبلة ماسية اسطوانية مقطوعة الرأس (Komet, GEBR. BRASSELER, Germany) قطرها 1 ملم لتحضير كتف مدور الزاوية.
- طوابع مثقبة لأخذ الطبعات المطاطية.

شكل (7.2): طوابع لأخذ الطبعات.

- لوح زجاجي، ملوقة بلاستيكية، مشرط، مسبر ، مسطرة، منقلة، منحتة شمع، ورق مليمتري.
- مدفع لحقن المطاط الرخو.

شكل (8.2): مدفع لحقن المطاط.

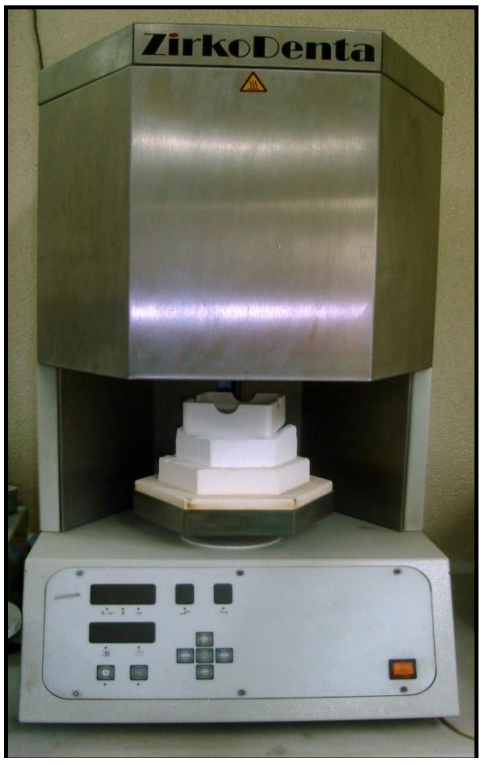
- موتور صناعي وقبضة صناعية.
- جهاز مزود ببرغي لتثبيت التيجان على التوأم أثناء قياس الفرجة الحفافية.
- الماسح الضوئي الخاص بجهاز CAD/CAM لنظام ZirkoDenta.
- الحاسوب الخاص بجهاز CAD/CAM لنظام ZirkoDenta.

شكل (9.2): a: الماسح الخاص بنظام ZirkoDenta، b: الحاسوب الخاص بنظام ZirkoDenta.

- آلة النحت الخاصة بالجهاز Milling Machine، مع السنابل الخاصة بالنحت Milling Burs لنظام ZirkoDenta.

شكل (10.2): آلة النحت الخاصة بنظام ZirkoDenta.

- فرن التلبيد.

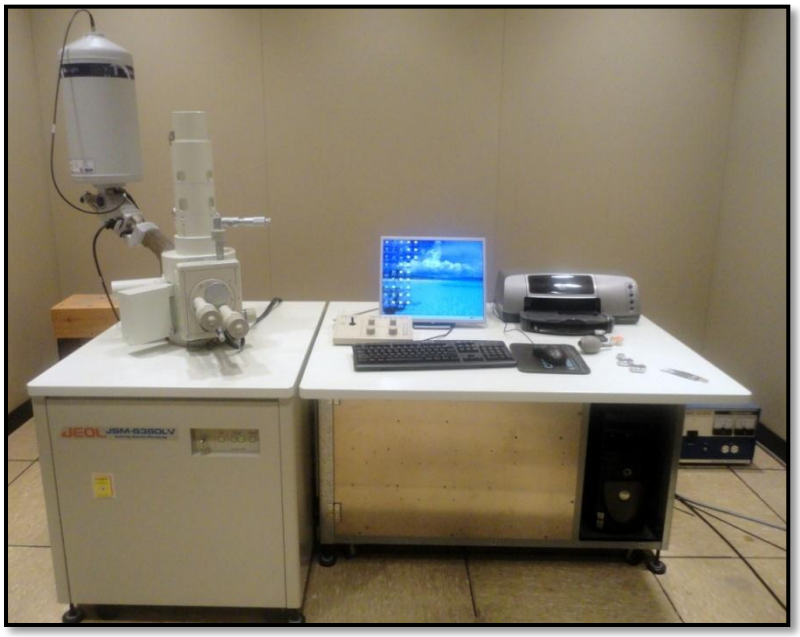


شكل (11.2): فرن التلبيد.

- جهاز تطبيق القوى على العينات من أجل الإلصاق مع ثقل بمقدار 5 كيلوغرام.
- المجهر الضوئي Stereomicroscope (Leica EZ4D)، مع برنامج تحليل البيانات الخاص بالمجهر.

شكل (12.2): المجهر الضوئي.

- المجهر الكتروني الماسح (SEM, JEOL JSM-6360LV)، مع برنامج تحليل البيانات الخاص بالمجهر.

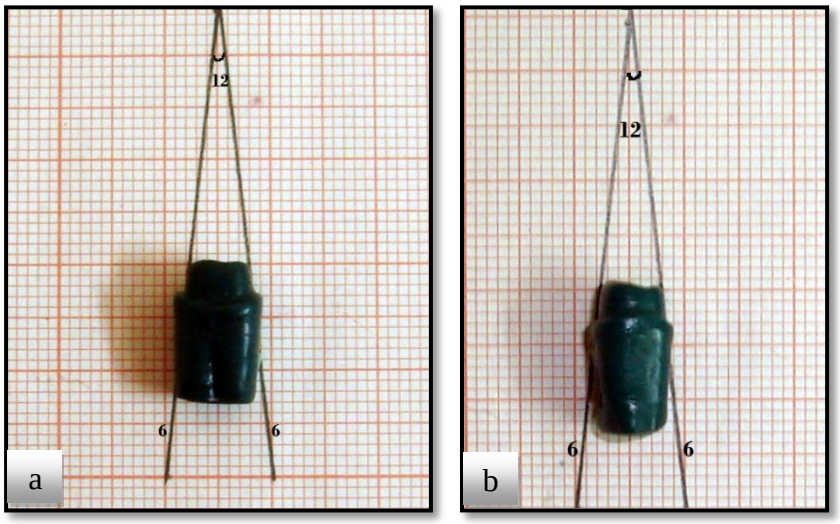


شكل (13.2): المجهر الالكتروني الماسح.

3.2 طريقة العمل:

1.3.2 تحضير التوائم الجبسية:

تمَّ أخذ طبعة بالألجينات لرحى أولى سفلية يمنى اكريلية وصبها بشمع الصب لنحصل على نموذج شمعي ليتم تحضيره بإنقاص 1.5 ملم من السطح الطاحن، وتحضير الحدود العنقية باستخدام منحتة شمع قطرها 1 ملم، يليها استخدام سنبلة ماسية مخروطية مقطوعة الرأس مركبة على قبضة ميكروتور للحصول على كتف مدور بسماكة 1 ملم، وتمَّ استخدام منحتة الشمع لتحضير الجدران المحورية بحيث تكون زاوية ميلان كل جدار محوري عن المحور الطولي للسن 6° وزاوية ميلان كل جدارين متقابلين باتجاه السطح الطاحن 12°، وتمَّ التأكد من زاوية التحضير وخط الإنهاء باستخدام الورق الميلمتري كما في الشكل (14.2).



شكل (14.2): تحضير السن الشمعي وفق زاوية تحضير 12° a: دهليزي لساني، b: أنسي وحشي.

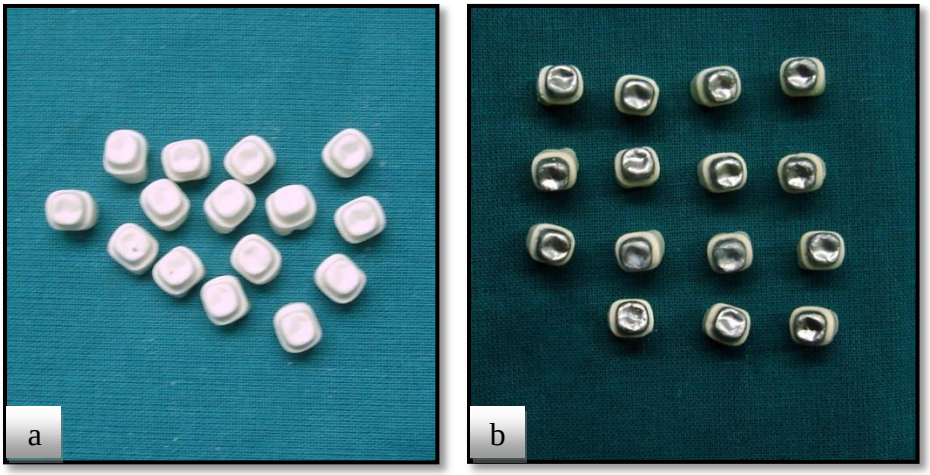
تمَّ صب السن الشمعية باستخدام خليطة معدنية نيكل كروم لتمثِّل التوأم الرئيس Master Die كما في الشكل (15.2)، تمَّ صنع 60 طبعة للتوأم الرئيس باستخدام مطاط السيلكون الإضافي (SwissTEC HydroXtreme, Coltene Whaledent,Switzerland) بواسطة قوالب بلاستيكية

اسطوانية مثقبة بتقنية Wash Technique على مرحلتين حيث غُلِّف التوأم المعدني بنايلون قبل أخذ طبعة المطاط القاسي لتأمين مكان للمطاط الرخو، وبعد الانتهاء من طبعة المطاط القاسي تمَّ حقن المطاط الرخو فوقه وإعادة التوأم الرئيس مكانه مع تطبيق ضغط إصبعي مستمر حتى تمام تصلب المطاط الرخو شكل (16.2).

تمَّ صب الطبعات بواسطة جبس مقوى بالراتنج نمط IV (Whip mix crop, resin rock, USA)، فُكَّت الطبعات بعد تصلب الجبس لنحصل على 60 توأم جبسي.

شكل (15.2): يمثِّل التوأم الرئيس المعدني a: منظر دهليزي لساني، b: منظر أنسي وحشي، c: منظر طاحن.

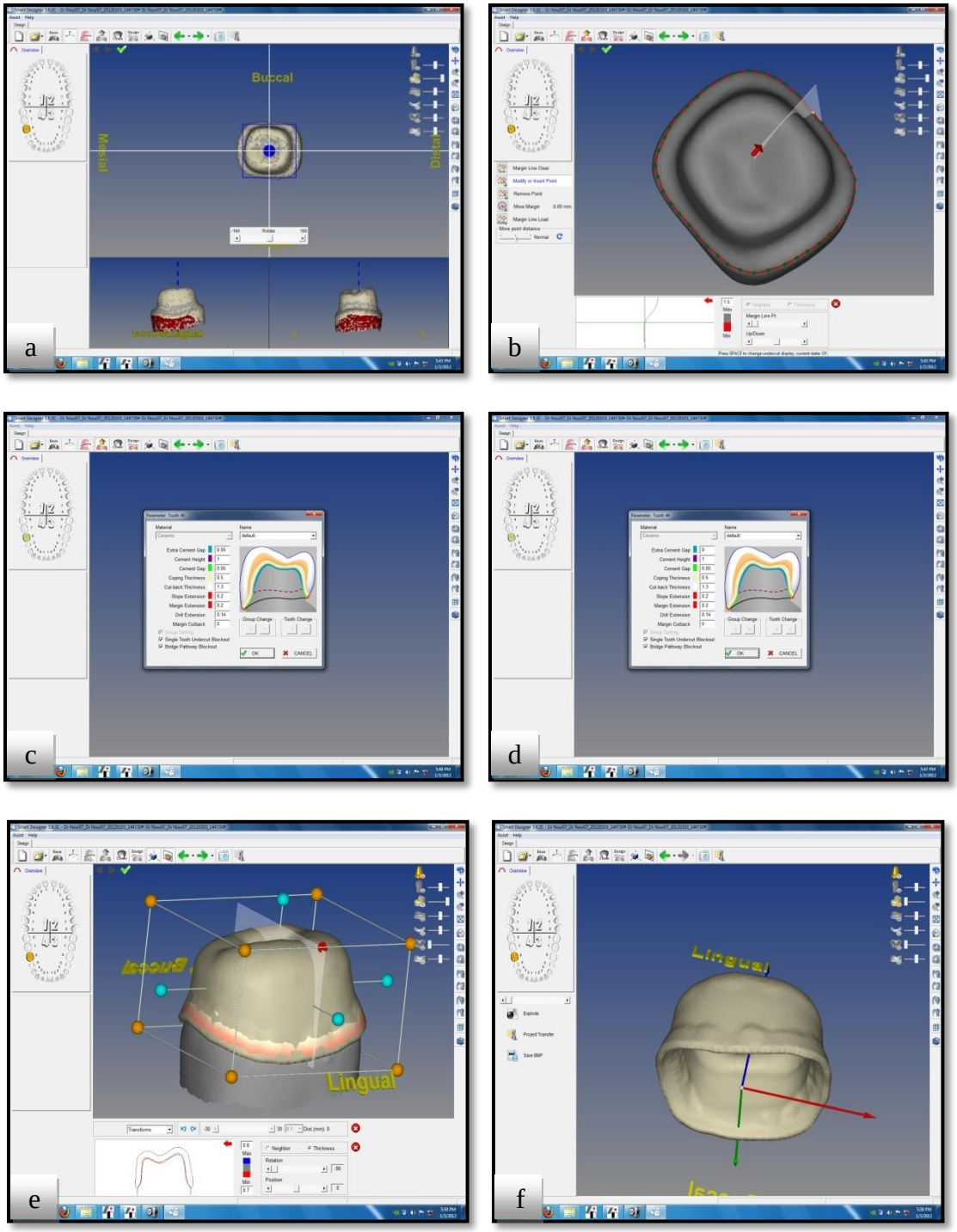
شكل (16.2): صنع الطبعات.



شكل (17.2): a: التوائم الجبسية بعد فصلها عن الطبعات، b: تطبيق المادَّة الفاصلة يدوياً للمجموعة الرابعة.

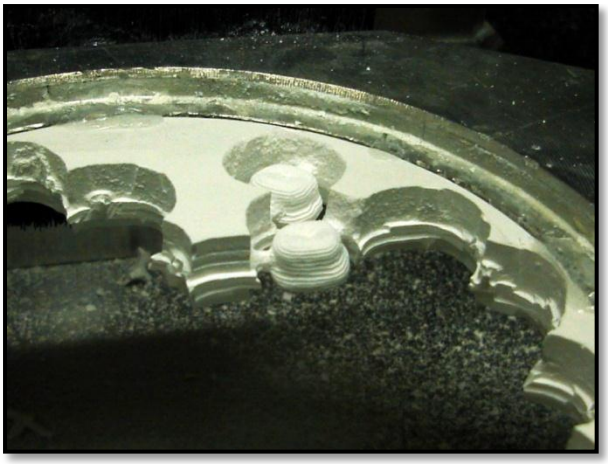
2.3.2 تصميم وتصنيع القوالب الزيركونية:

تمَّ تصنيع القوالب الزيركونية للتوائم الجبسية وفق نظام ZirkoDenta، حيث تمَّ مسح التوائم باستخدام الماسح الضوئي للنظام ZD.scan، ويليها تصميم القوالب بواسطة الحاسوب ZD.com وفق المعايير القياسية كما في الشكل (18.2)، بحيث كانت ثخانة القالب 0.5 ملم، وبتغيير الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بحيث كانت 70 µm للمجموعة الأولى و50 µm للمجموعة الثانية و30 µm للمجموعة الثالثة مع الابتعاد 1 ملم عن حواف التحضير، أما المجموعة الرابعة فقد تمَّ تطبيق طبقتين من المادَّة الفاصلة Pico-fit على التوأم الجبسي، حيث طُبِّقت الطبقة الذهبية أولاً على التوأم الجبسي مع الابتعاد 1 ملم تقريباً عن حواف التحضير، والانتظار دقيقة لحين جفاف الطبقة الذهبية، تلاها تطبيق الطبقة الثانية الفضية والانتظار دقيقة أخرى إلى أن تجف (شكل 17.2)، كما تمَّ رج المادَّة الفاصلة يدوياً قبل كل تطبيق، تمَّ استخدام الفرشاة المقدّمة من قبل الشركة، وتمَّ التطبيق من قبل نفس المخبري، وقد ذكرت الشركة المصنّعة بأن الثَّخانة الحاصلة ستكون حوالي 14-20 µm. صُمِّمت القوالب لهذه المجموعة بحيث تكون ثخانة الاسمنت الافتراضيَّة 0 µm.



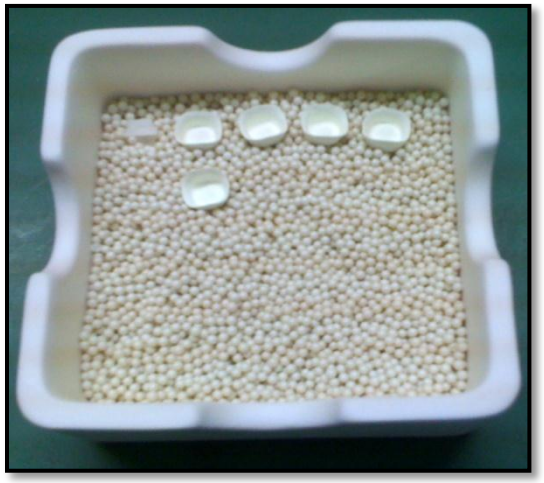
شكل (18.2): تصميم القالب الزيركوني وفق نظام ZirkoDenta، a: التوأم الجبسي بعد عملية المسح الضوئي للتأكد من عدم وجود نقاط تثبيت، b: تحديد الحواف من قبل البرنامج، c: وضع الثَّخانة الافتراضيَّة بمقدار 50 ميكرون للمجموعة الثانية، d: وضع الثَّخانة الافتراضيَّة 0 ميكرون لمجموعة التطبيق اليدوي للمادة الفاصلة، e,f: تصميم القالب الزيركوني.

أُجريت عملية النحت بآلة النحت الخاصة بالنظام ZD.mill شكل (19.2)، حيث بعد تصميم القوالب تمَّ فصل الجزء المنحوت عن بقية القالب الخزفي وإجراء عملية الصّقل النّهائية، تلا ذلك التلبيد الحراري بفرن التلبيد لمدة 7 ساعات، حيث يبدأ الارتفاع من درجة حرارة الغرفة إلى 160ºم بسرعة 12º بالدقيقة مع ثبات لمدة نصف ساعة، ويليها ارتفاع تدريجي من 160º إلى 1500º بسرعة 12º بالدقيقة والثبات لمدة ساعتين، ومن ثم التبريد إلى درجة حرارة 300º.



شكل (19.2): نحت القالب الزيركوني.

شكل (20.2): القالب الزيركوني قبل التلبيد.



شكل (21.2): القوالب الزيركونية بعد التلبيد.

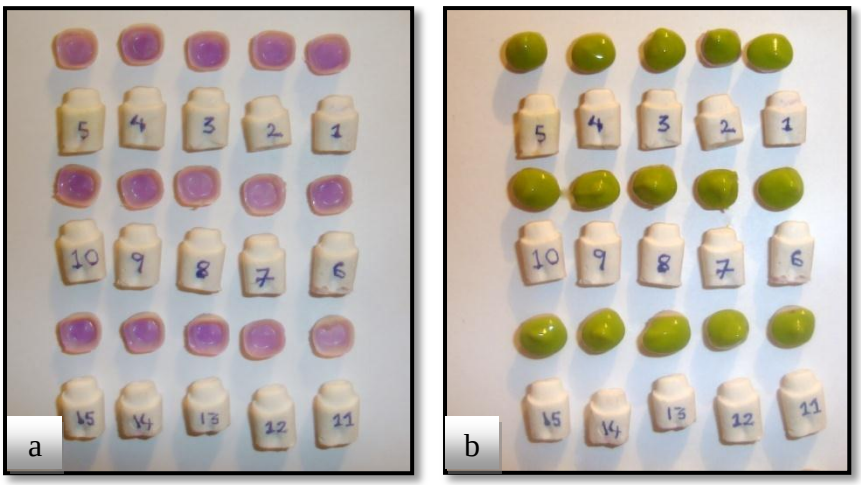
تمَّ فحص كل قالب والتأكد من خلوه من التشوهات، وبعدها تمَّت إعادة كل قالب إلى المثال الخاص به بالنسبة للمجموعات الثلاث الأولى، أما المجموعة الرابعة فقد أُزيلت المادَّة الفاصلة المُطبّقة من التوأم الجبسي بواسطة مادة Thinner، والمُرفقة مع المجموعة الخاصة بالمادَّة الفاصلة، ومن ثم إعادة القالب الزيركوني إلى المثال الخاص به.

تمَّ ترقيم العينات من 1 إلى 60 بحيث تمثِّل المجموعة الأولى مجموعة ثخانة 70 ميكرون وتملك الأرقام من 1-15، بينما تمثِّل المجموعة الثانية مجموعة ثخانة 50 ميكرون وتملك الأرقام من 16-30، وتمثِّل المجموعة الثالثة مجموعة ثخانة 30 ميكرون بحيث تملك عيناتها الأرقام من 31-45، وأخيراً المجموعة الرابعة وهي مجموعة التطبيق اليدوي للمادة الفاصلة ورُقِّمت من 46-60.

3.3.2 فحص المسافة الداخلية:

تمَّ تطبيق طريقة النسخة المطابقة Replica Technique، حيث حُقنَ المطاط السيلكوني الرخو (Zhermack, eleit.HD, Italy) ذو اللون البنفسجي على السطح الداخلي للقالب الزيركوني، وأُعيد القالب إلى التوأم الجبسي المطابق له مع تطبيق ضغط إصبعي إلى حين تمام تصلب المطاط

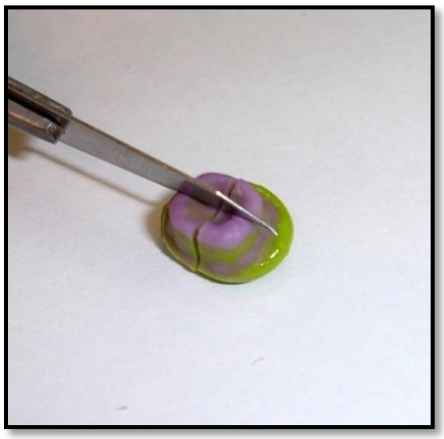
السيلكوني الرخو، وبعد تصلب المطاط السيلكوني الرخو أُزيل القالب مع المطاط من التوأم، وثُبتت الطبقة الرقيقة من السيلكون الرخو بحقن مطاط سيلكوني رخو آخر وبلون أخضر (SwissTEC HydroXtreme, Coltene Whaledent,Switzerland) كما في الشكل (22.2)، وبذلك يُعبّر اللون البنفسجي عن المسافة الموجودة من أجل الاسمنت، بينما يُعبّر اللون الأخضر عن السن المحضرة.



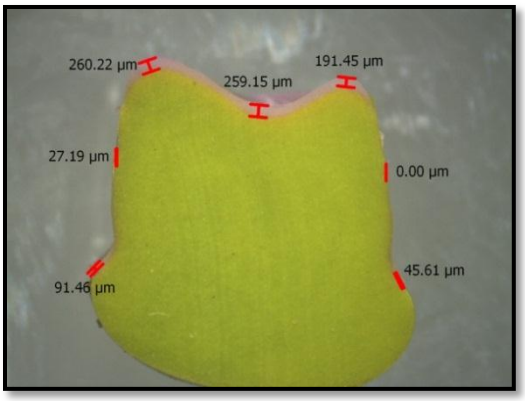
شكل (22.2): تحضير النسخة المطابقة، a: القالب الزيركوني وبداخله المطاط السيلكوني الرخو البنفسجي اللون، b: تثبيت طبقة المطاط ذو اللون البنفسجي بحقن مطاط سيلكوني رخو آخر وبلون أخضر.

أُزيلت كتلة المطاط البنفسجية والخضراء من القالب بعد اكتمال التصلب، وقُصّت باستخدام المشرط بإجراء مقطع دهليزي لساني وأنسي وحشي مع الانتباه بأن تكون منطقة القطع في المنتصف قدر الإمكان، وبأن يكون خط القطع مستو وغير مشرشر كما في الشكل (23.2)، تمَّ قياس ثخانة الرقاقة المطاطية البنفسجية والمعبرة عن الفراغ بين التعويض والمثال الجبسي المحضر وذلك لدراسة مدى انطباق السطح الداخلي، حيث تمَّ قياس 10 نقاط لكل نسخة مطابقة باستخدام مجهر ضوئي Stereomicroscope (Leica EZ4 D)، وبتكبير ×10، وقياس النقاط المحددة باستخدام برنامج تحليل الصور الخاص بالمجهر، حيث تمَّ قياس أربع نقاط عند منتصف الجدران المحورية (دهليزي،

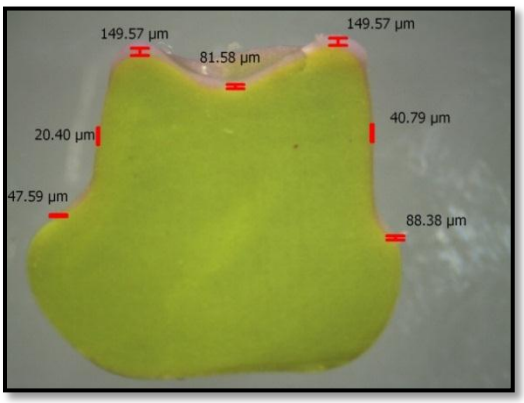
لساني، أنسي، وحشي) وست نقاط عند المسافة الإطباقية (أربع نقاط عند ذرى الحدبات، ونقطتان عند منتصف المسافة الإطباقية)، وتبين الأشكال من (24.3) إلى (27.3) قياس المسافة الداخلية لبعض العينات.



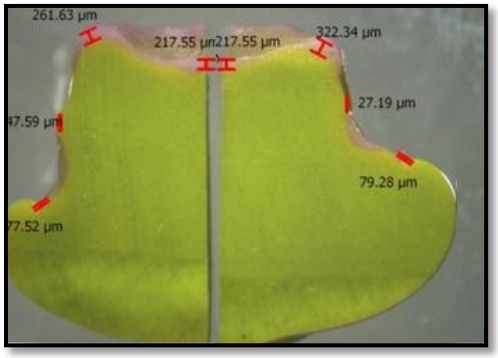
شكل (23.2): تقطيع النسخة المطابقة إلى مقطع دهليزي لساني، ومقطع أنسي وحشي.



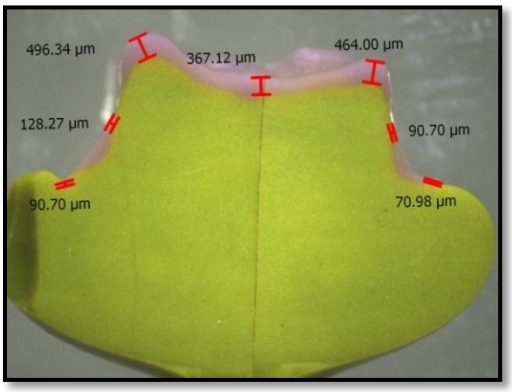
شكل (24.2): إجراء القياس للمقطع الدهليزي اللساني للسن رقم 13 من مجموعة ثخانة 70 ميكرون.



شكل (25.2): إجراء القياس للمقطع الدهليزي اللساني للسن رقم 16 من مجموعة ثخانة 50 ميكرون.



شكل (26.2): إجراء القياس للمقطع الأنسي الوحشي للسن رقم 35 من مجموعة ثخانة 30 ميكرون.



شكل (27.2): إجراء القياس للمقطع الأنسي الوحشي للسن رقم 48 من مجموعة التطبيق اليدوي للمادة القاصلة.

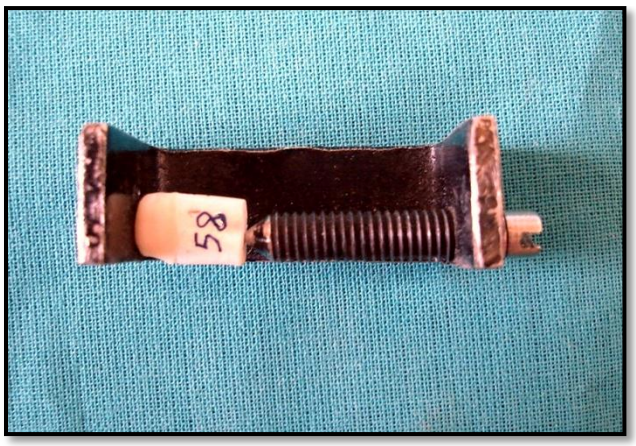
4.3.2 فحص الانطباق الحفافي:

1.4.3.2 قياس الفرجة الحفافية قبل الإلصاق:

تمَّ ترميز السطوح الأربعة لكل توأم جبسي بحيث يمثِّل الحرف a السطح الدهليزي، والحرف b السطح الأنسي، والحرف c السطح اللساني، والحرف d السطح الوحشي، وُضعت القوالب بأمثلتها الخاصة بها وتمَّ تثبيتها باستخدام جهاز تثبيت العينات بواسطة البرغي Screw Loaded Device، حيث بعد تماس قاعدة التوأم تمَّ شد البرغي بمقدار نصف دورة من بداية تماسه مع قاعدة التوأم كما في الشكل (28.2)، وذلك من أجل توحيد مقدار الضغط المطبق على التيجان أثناء إجراء القياس.

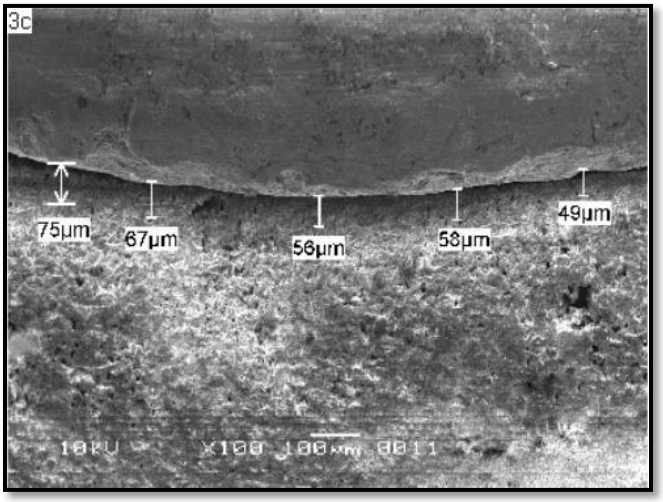
تمَّ فحص الفرجة الحفافية بطريقة المعاينة المباشرة Direct View وقياس المسافة العمودية بين حافة التاج وحافة التوأم الجبسي المحضرة في منتصف الحافة الدهليزية واللسانية والأنسية والوحشية وذلك

بقياس 5 نقاط تبعد كل نقطة عن الأخرى حوالي 200-250 ميكرون، وذلك على امتداد 1.5 ملم باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (SEM, JEOL JSM-6360LV) وبتكبير×100، وباستخدام برنامج حاسوبي خاص بالمجهر الالكتروني لتحليل الصور كما في الشكل رقم (29.2)، وبذلك نحصل على 20 نقطة لكل سن، وتظهر الأشكال من رقم (30.3) إلى رقم (33.2) الفرجة الحفافية لبعض القوالب الزيركونية قبل الإلصاق.

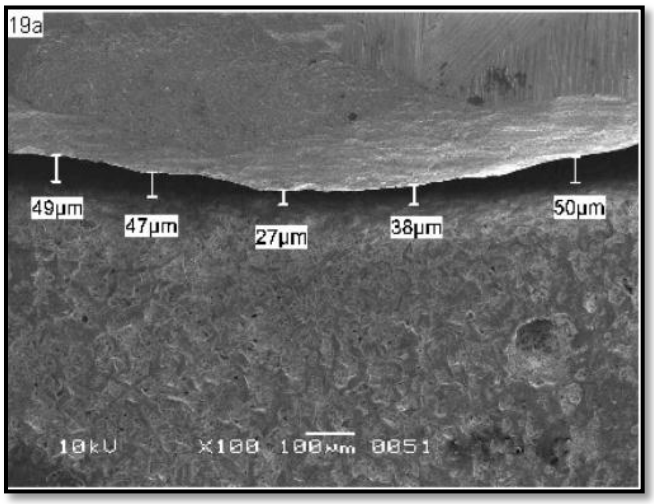


شكل (28.2): جهاز تثبيت العينات.

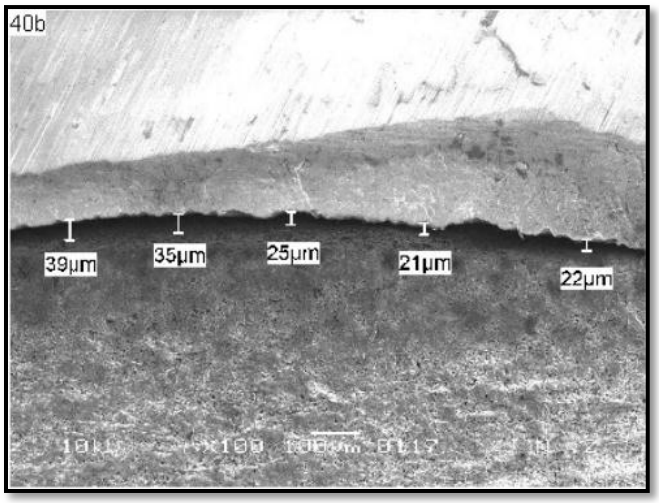
شكل (29.2): وضع العينة المراد قياسها ضمن المجهر الالكتروني الماسح.



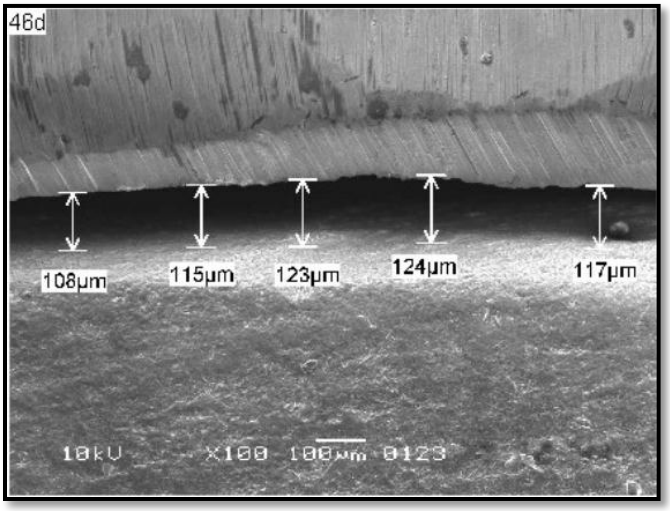
شكل (30.2): الفرجة الحفافية قبل الالصاق لمنتصف السطح اللساني للسن رقم 3 ضمن المجموعة الأولى.



شكل (31.2): الفرجة الحفافية قبل الإلصاق لمنتصف السطح الدهليزي للسن رقم 19 ضمن المجموعة الثانية.



شكل (32.2): الفرجة الحفافية قبل الإلصاق لمنتصف السطح الأنسي للسن رقم 40 ضمن المجموعة الثالثة.



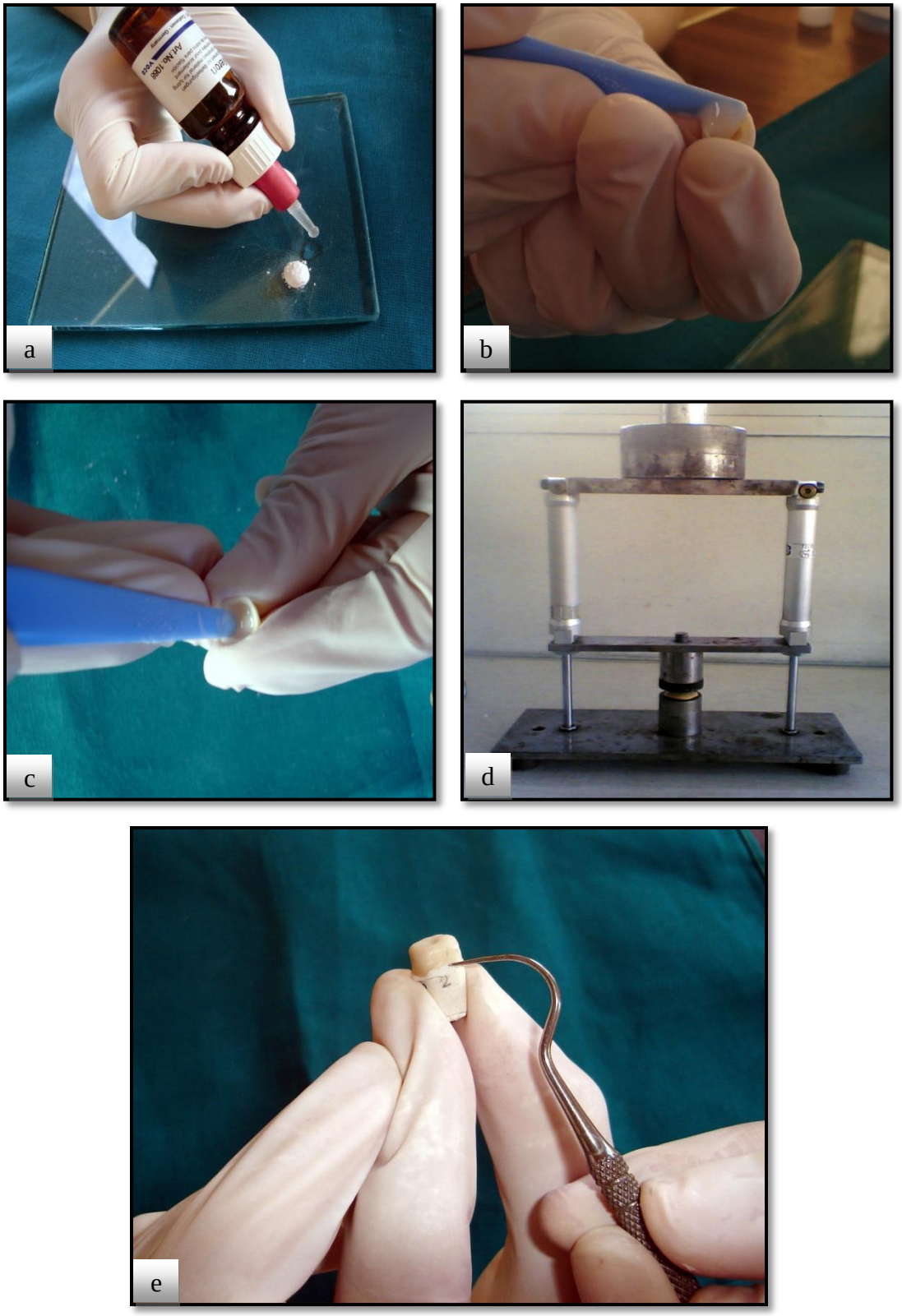
شكل (33.2): الفرجة الحفافية قبل الإلصاق لمنتصف السطح الوحشي للسن رقم 46 ضمن المجموعة الرابعة.

2.3.4.2 قياس الفرجة الحفافية بعد الإلصاق:

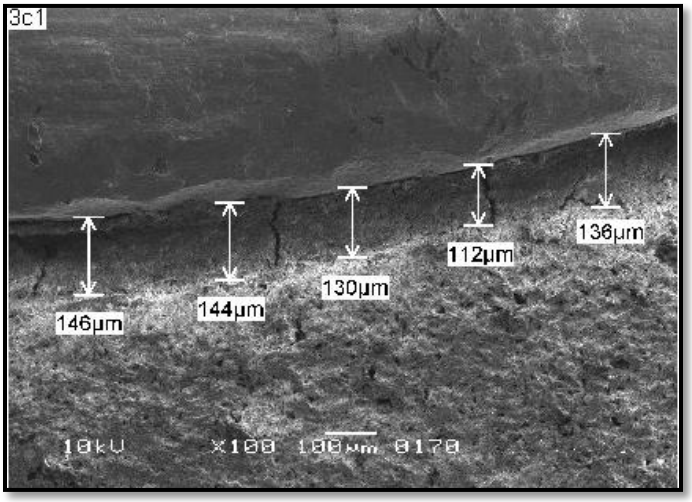
تمَّ الإلصاق باستخدام الاسمنت الزجاجي الشاردي (Meron combipack, VOCO, Germany). حيث أضيف المسحوق إلى السائل بمعدل 1:1 ومُزجت بسرعة لمدة 30-45 ثانية، تمَّ طلي السطوح الداخلية للقالب الزيركوني بواسطة المِلوَقة البلاستيكية والمزيج رخو، وتمَّت إعادة القالب للمثال الخاص به مع تطبيق ضغط إصبعي والتأكد من استقرار القالب الزيركوني في مكانه الصحيح، ومن ثم تمَّ تطبيق قوى ثابتة بمقدار 5 كغ لمدة 10 دقائق.

تمَّت بعد ذلك إزالة الزوائد بكسرها عند الحواف، ثم تثبيت العينات بطريقة التثبيت ذاتها وتمَّ قياس الفرجة الحفافية عند 5 نقاط ضمن 1.5 ملم في منتصف السطوح السنية وبنفس طريقة القياس السابقة.

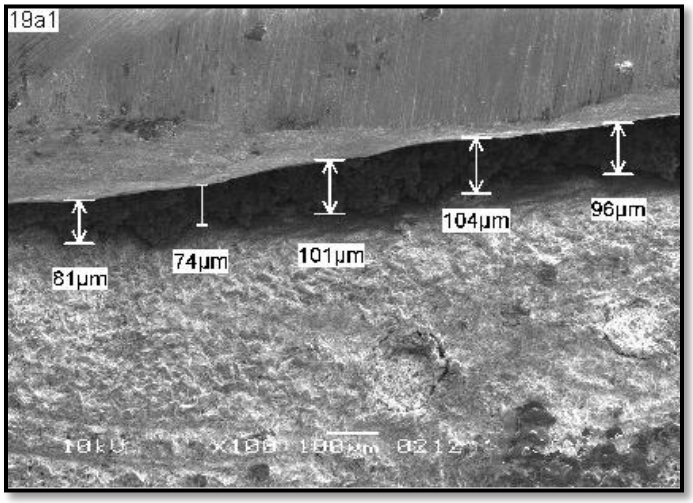
يُظهر الشكل (34.2) مراحل عملية الإلصاق، وتُظهر الأشكال من رقم (35.2) حتى رقم (38.2) الفرجة الحفافية لبعض القوالب الزيركونية بعد الإلصاق بالاسمنت الزجاجي الشاردي.



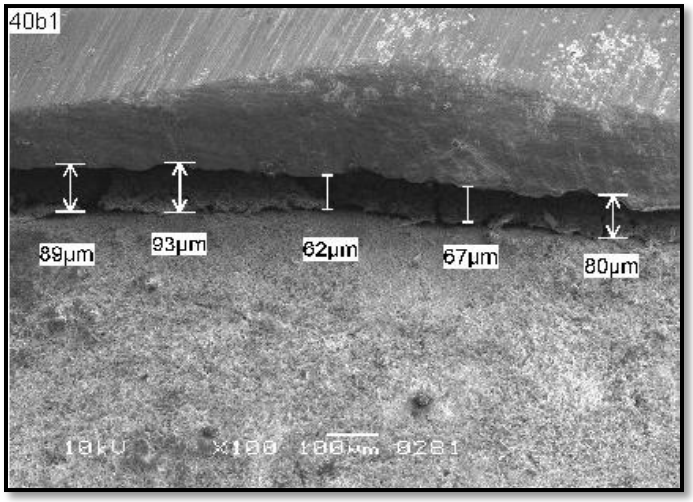
شكل (34.2): مراحل الإلصاق، a: إضافة المسحوق والسائل بمعدل 1:1، b: وضع المزيج الاسمنتي داخل القالب الزيركوني، c: طلي السطوح الداخلية للقالب الزيركوني بالاسمنت بواسطة المِلوقة البلاستيكية، d: تطبيق ثقل بمقدار 5 كيلوغرام بعد إعادة القالب الزيركوني إلى التوأم الخاص به، e: إزالة الزوائد الاسمنتية بعد تصلب الاسمنت الزجاجي الشاردي بواسطة المسبر السني.



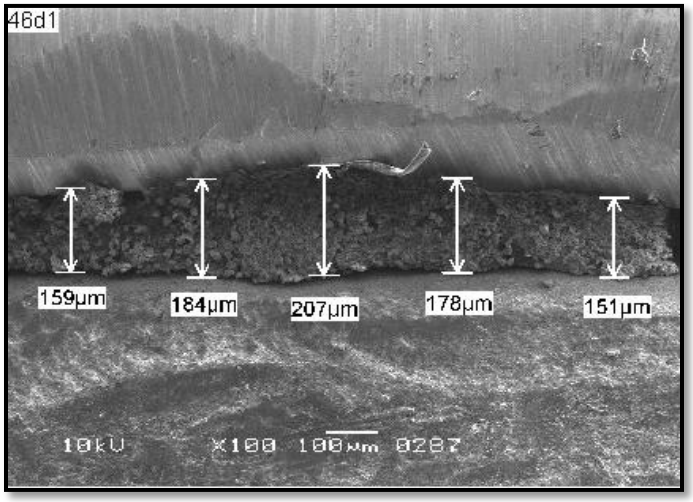
شكل (35.2): الفرجة الحفافية بعد الإلصاق لمنتصف السطح اللساني للسن رقم 3 ضمن المجموعة الأولى.



شكل (36.2): الفرجة الحفافية بعد الإلصاق لمنتصف السطح الدهليزي للسن رقم 19 ضمن المجموعة الثانية.



شكل (37.2): الفرجة الحفافية بعد الإلصاق لمنتصف السطح الأنسي للسن رقم 40 ضمن المجموعة الثالثة.



شكل (38.2): الفرجة الحفافية بعد الإلصاق لمنتصف السطح الوحشي للسن رقم 46 ضمن المجموعة الرابعة.

تمَّ حساب قيم المسافة الداخلية قبل الإلصاق، وقيم الفرجة الحفافية قبل وبعد الإلصاق لكل تاج من التيجان المدروسة في عينة البحث، وحساب متوسط قيمها لكل مجموعة من المجموعات المدروسة، ثم أُجريت الدراسات التحليلية والإحصائية الآتية:

دراسة مقدار المسافة الداخلية:

- دراسة تأثير المجموعة المدروسة في مقدار المسافة الجدارية المحورية في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس.
- دراسة تأثير المقطع المدروس في مقدار المسافة الجدارية المحورية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.
- دراسة تأثير المجموعة المدروسة في مقدار المسافة الإطباقية في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس.
- دراسة تأثير المقطع المدروس في مقدار المسافة الإطباقية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

دراسة مقدار الفرجة الحفافية في جميع السطوح:

- دراسة تأثير المجموعة المدروسة على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للمرحلة المدروسة.
- دراسة تأثير عملية الإلصاق على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للمجموعة المدروسة.
- دراسة تأثير المجموعة المدروسة على مقدار التغير في الفرجة الحفافية.

دراسة مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للسطح المدروس:

- دراسة تأثير المجموعة المدروسة على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للسطح المدروس والمرحلة المدروسة.
- دراسة تأثير السطح المدروس على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للمجموعة المدروسة والمرحلة المدروسة.
- دراسة تأثير عملية الإلصاق على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للمجموعة المدروسة والسطح المدروس.
- دراسة تأثير المجموعة المدروسة على مقدار التغير في الفرجة الحفافية وفقاً للسطح المدروس.
- دراسة تأثير السطح المدروس على مقدار التغير في الفرجة الحفافية وفقاً للمجموعة المدروسة.

وقد تمَّ إجراء اختبار التباين ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط المسافة الداخلية والفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة، ثم أُجري اختبار Bonferroni للمقارنة الثنائية بين متوسطات المتغيرات المدروسة، كما أُجري اختبار T student للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم الفرجة الحفافية بين مجموعة القياسات التي أجريت قبل وبعد الإلصاق في كل مجموعة من المجموعات المدروسة على حدة.

الفصل الثالث: النتائج

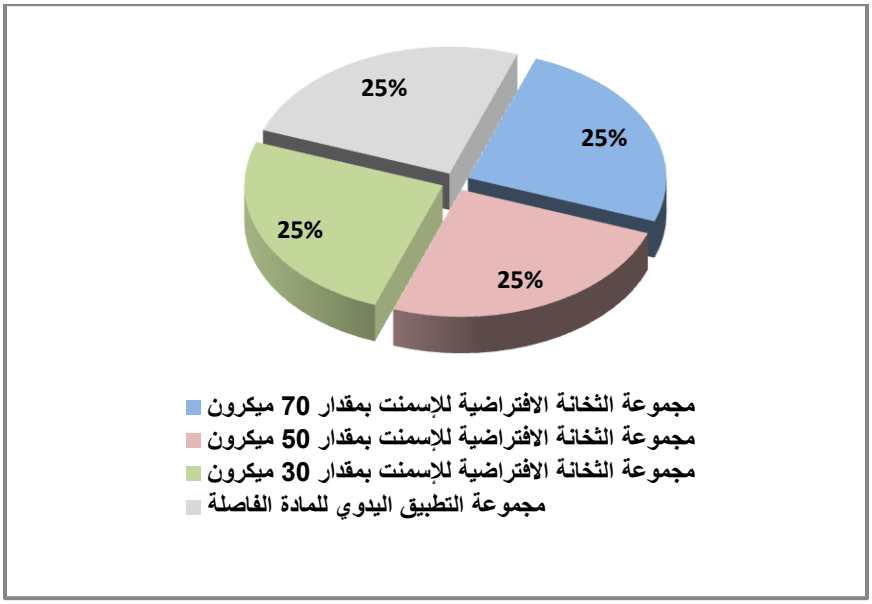
Chapter 3: Results

1.3 وصف العينة:

تألفت عينة البحث من 60 قالباً زيركونياً مصنّعاً وفق نظام CAD/CAM لـ 60 تاجاً كانوا مقسمين إلى أربع مجموعات رئيسية متساوية وفقاً للثخانة الافتراضيَّة للإسمنت (مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون، مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون، مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون، مجموعة التطبيق اليدوي المادَّة الفاصلة)، وقد كان توزع التيجان المدروسة في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة كما يلي:

المجموعة المدروسة	عدد التيجان	النسبة المئوية
مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	25.0
مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	25.0
مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	25.0
مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	25.0
المجموع	60	100

جدول (1.3): توزع عينة البحث للمجموعة المدروسة.



مخطط 1.3: النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

2.3 الدراسة الإحصائية التحليلية:

1.2.3 دراسة مقدار المسافة الداخلية:

تمَّ قياس كل من مقدار المسافة الجدارية المحورية والمسافة الإطباقية في كل من المقطع الدهليزي اللساني والمقطع الأنسي الوحشي لكل تاج من التيجان المدروسة في عينة البحث ثم تمَّ حساب مقدار المسافة الجدارية المحورية ومقدار المسافة الإطباقية في المقطعين الدهليزي اللساني والأنسي الوحشي معاً لكل تاج من التيجان المدروسة في عينة البحث وفقاً للمعادلتين التاليتين:

مقدار المسافة الجدارية المحورية في المقطعين معاً لكل تاج = (المسافة الجدارية المحورية في المقطع الدهليزي اللساني + المسافة الجدارية المحورية في المقطع الأنسي الوحشي) ÷ 2 للتاج نفسه

مقدار المسافة الإطباقية في المقطعين معاً لكل تاج = (المسافة الإطباقية في المقطع الدهليزي اللساني + المسافة الإطباقية في المقطع الأنسي الوحشي) ÷ 2 للتاج نفسه

ثم تمَّت دراسة تأثير المجموعة المدروسة على كل من المتغيرين المذكورين في عينة البحث وكانت نتائج التحليل كما يلي:

1.1.2.3 دراسة مقدار المسافة الجدارية المحورية:

1.1.1.2.3 دراسة تأثير المجموعة المدروسة في مقدار المسافة الجدارية المحورية في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس:

تمَّ إجراء اختبار تحليل التباين ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس، حيث يبين الجدول رقم (2.3) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 مهما كان المقطع المدروس (في المقطع الدهليزي اللساني، في المقطع الأنسي الوحشي، في المقطعين معاً)، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية بين اثنتين

على الأقل من المجموعات المدروسة مهما كان المقطع المدروس في عينة البحث، ولمعرفة أي من المتوسطات يختلف اختلافاً جوهرياً عن الآخر تمَّ إجراء المقارنة الثنائية وفق طريقة Bonferroni.

المتغير المدروس = المسافة الجدارية المحورية (بالميكرون)									
المقطع المدروس	المجموعة المدروسة	عدد التيجان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
في المقطع الدهليزي اللساني	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	21.67	14.40	5.10	51.19	7.534	0.000	توجد فروق دالة
	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	17.06	11.29	0	35.95			
	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	15.95	7.22	4.20	30.60			
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	61.14	57.70	15.40	244.10			
في المقطع الأنسي الوحشي	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	28.37	21.13	9.86	70.83	3.357	0.025	توجد فروق دالة
	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	24.78	12.98	10.40	50.99			
	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	33.16	15.48	11.27	55.75			
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	44.63	21.92	20.60	109.49			
في المقطعين معاً	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	25.02	15.69	9.48	60.58	12.040	0.000	توجد فروق دالة
	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	20.92	7.69	8.60	33.69			
	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	24.56	6.03	13.26	32.67			
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	52.89	27.40	33.24	138.63			

جدول (2.3): الإحصاءات الوصفية ونتائج اختبار تحليل التباين ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس.

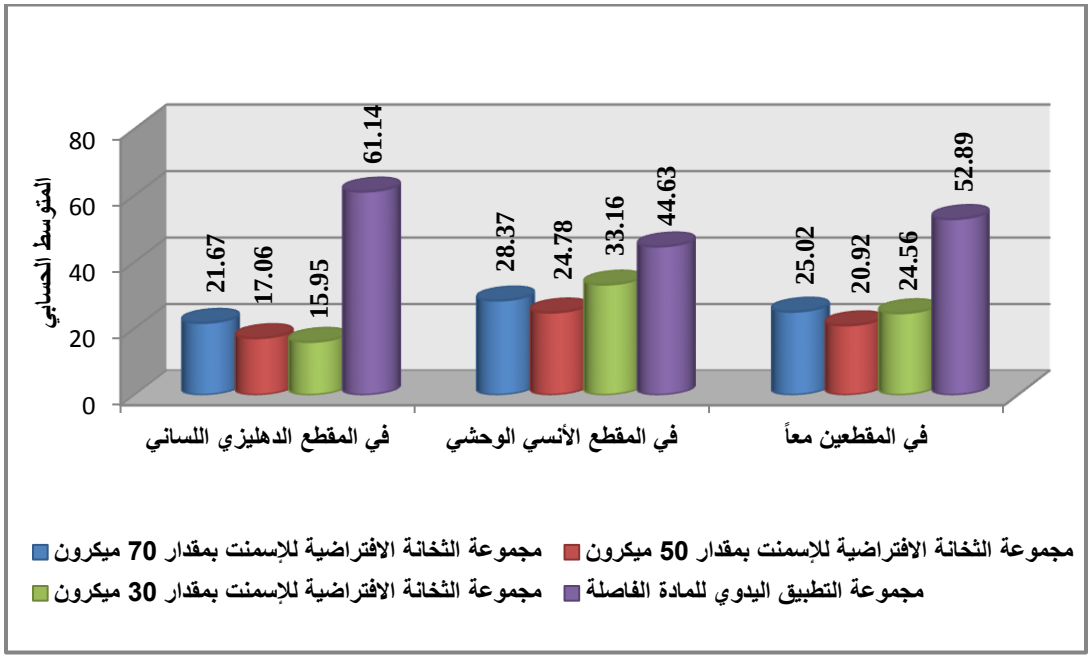
يبين الجدول رقم (3.3) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند المقارنة في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية في المقطع الدهليزي اللساني وفي المقطعين معاً بين مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة وكل من المجموعات الباقية (مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون، مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون، مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون)، وعند المقارنة في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية في المقطع الأنسي الوحشي بين مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون ومجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية بين المجموعات المذكورة في عينة

البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات سالبة نستنتج أن قيم مقدار المسافة الجدارية المحورية في المقطع الدهليزي اللساني وفي المقطعين معاً في مجموعة التطبيق اليدوي المادَّة الفاصلة كانت أكبر منها في كل من المجموعات الباقية، ونستنتج أن قيم مقدار المسافة الجدارية المحورية في المقطع الأنسي الوحشي في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون كانت أصغر منها في مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة في عينة البحث.

المتغير المدروس = مقدار المسافة الجدارية المحورية (بالميكرون)						
المقطع المدروس	المجموعة (I)	المجموعة (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
في المقطع الدهليزي اللساني	ثخانة افتراضية بمقدار 70 ميكرون	ثخانة افتراضية بمقدار 50 ميكرون	4.60	11.13	1.000	لا توجد فروق دالة
		ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	5.71	11.13	1.000	لا توجد فروق دالة
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-39.48	11.13	0.005	**توجد فروق دالة**
	ثخانة افتراضية بمقدار 50 ميكرون	ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	1.11	11.13	1.000	لا توجد فروق دالة
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-44.08	11.13	0.001	**توجد فروق دالة**
	ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-45.19	11.13	0.001	**توجد فروق دالة**
في المقطع الأنسي الوحشي	ثخانة افتراضية بمقدار 70 ميكرون	ثخانة افتراضية بمقدار 50 ميكرون	3.60	6.67	1.000	لا توجد فروق دالة
		ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	-4.79	6.67	1.000	لا توجد فروق دالة
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-16.26	6.67	0.108	لا توجد فروق دالة
	ثخانة افتراضية بمقدار 50 ميكرون	ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	-8.38	6.67	1.000	لا توجد فروق دالة
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-19.86	6.67	0.026	**توجد فروق دالة**
	ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-11.47	6.67	0.546	لا توجد فروق دالة
في المقطعين معاً	ثخانة افتراضية بمقدار 70 ميكرون	ثخانة افتراضية بمقدار 50 ميكرون	4.10	6.04	1.000	لا توجد فروق دالة
		ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	0.46	6.04	1.000	لا توجد فروق دالة
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-27.87	6.04	0.000	**توجد فروق دالة**
	ثخانة افتراضية بمقدار 50 ميكرون	ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	-3.64	6.04	1.000	لا توجد فروق دالة
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-31.97	6.04	0.000	**توجد فروق دالة**
	ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-28.33	6.04	0.000	**توجد فروق دالة**

جدول (3.3): نتائج المقارنة الثنائية وفقاً لطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس.

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية بين المجموعات المعنية في عينة البحث.



مخطط (2.3) المتوسط الحسابي لمقدار المسافة الجدارية المحورية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والمقطع المدروس.

2.1.1.2.3 دراسة تأثير المقطع المدروس في مقدار المسافة الجدارية المحورية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة:

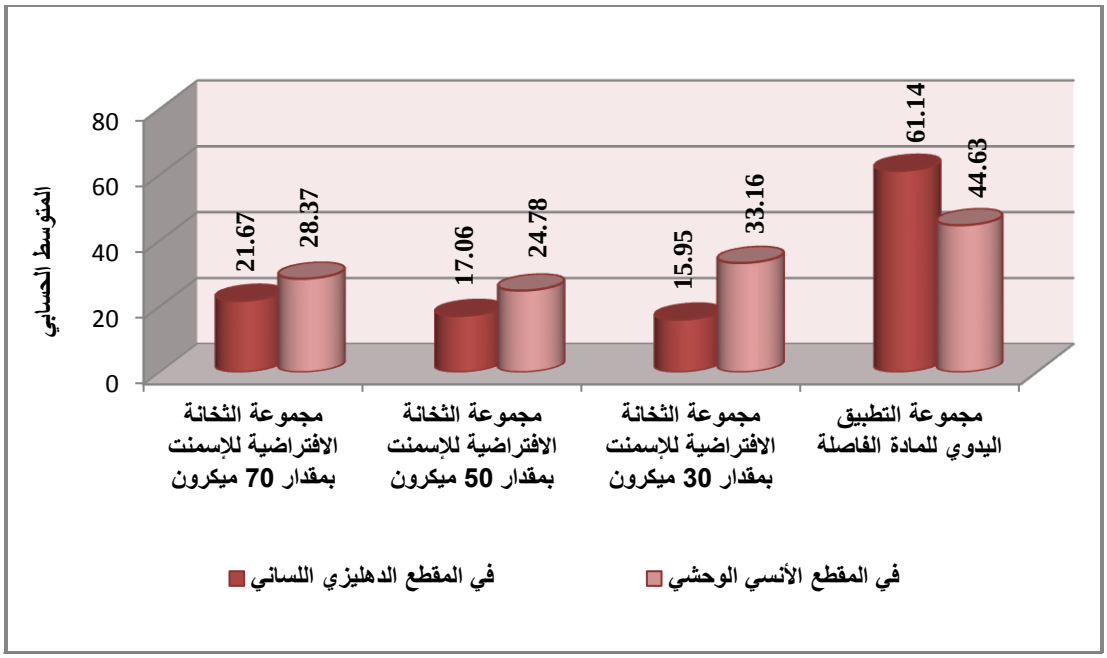
تمَّ إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية بين مجموعة القياسات المُجراة في المقطع الدهليزي اللساني ومجموعة القياسات المُجراة في المقطع الأنسي الوحشي في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة كما في الجدول (4.3)، والذي يبين أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية بين مجموعة القياسات المُجراة في المقطع الدهليزي اللساني

ومجموعة القياسات المُجراة في المقطع الأنسي الوحشي في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون من عينة البحث، وبدراسة قيم المتوسطات الحسابية نستنتج أن قيم مقدار المسافة الجدارية المحورية في مجموعة القياسات المُجراة في المقطع الدهليزي اللساني كانت أصغر منها في مجموعة القياسات المُجراة في المقطع الأنسي الوحشي في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون من عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي المجموعات المدروسة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية بين مجموعة القياسات المُجراة في المقطع الدهليزي اللساني ومجموعة القياسات المُجراة في المقطع الأنسي الوحشي، وذلك في كل من مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون ومجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون ومجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة على حدة في عينة البحث.

المتغير المدروس = المسافة الجدارية المحورية (بالميكرون)									
المجموعة المدروسة	**المقطع المدروس**	**عدد التيجان**	**المتوسط الحسابي**	**الانحراف المعياري**	**الحد الأدنى**	**الحد الأعلى**	**قيمة t المحسوبة**	**قيمة مستوى الدلالة**	**دلالة الفروق**
الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	في المقطع الدهليزي اللساني	15	21.67	14.40	5.10	51.19	-1.016	0.318	لا توجد فروق دالة
	في المقطع الأنسي الوحشي	15	28.37	21.13	9.86	70.83			
الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	في المقطع الدهليزي اللساني	15	17.06	11.29	0	35.95	-1.738	0.093	لا توجد فروق دالة
	في المقطع الأنسي الوحشي	15	24.78	12.98	10.40	50.99			
الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	في المقطع الدهليزي اللساني	15	15.95	7.22	4.20	30.60	-3.904	0.001	**توجد فروق دالة**
	في المقطع الأنسي الوحشي	15	33.16	15.48	11.27	55.75			
مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	في المقطع الدهليزي اللساني	15	61.14	57.70	15.40	244.10	1.036	0.309	لا توجد فروق دالة
	في المقطع الأنسي الوحشي	15	44.63	21.92	20.60	109.49			

جدول (4.3): الإحصاءات الوصفية ونتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار المسافة الجدارية المحورية بين مجموعة القياسات المُجراة في المقطع الدهليزي اللساني ومجموعة القياسات المُجراة في المقطع الأنسي الوحشي في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.



مخطط (3.3): المتوسط الحسابي لمقدار المسافة الجدارية المحورية في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس والمجموعة المدروسة.

2.1.2.3 دراسة مقدار المسافة الإطباقية:

1.2.1.2.3 دراسة تأثير المجموعة المدروسة في مقدار المسافة الإطباقية في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس:

تمَّ إجراء اختبار تحليل التباين ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار المسافة الإطباقية بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس كما يبين الجدول رقم (5.3) حيث أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 مهما كان المقطع المدروس (في المقطع الدهليزي اللساني، في المقطع الأنسي الوحشي، في المقطعين معاً)، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار المسافة الإطباقية بين اثنتين على الأقل من المجموعات المدروسة مهما كان المقطع المدروس في عينة البحث، ولمعرفة أي من المتوسطات يختلف اختلافاً جوهرياً عن الآخر تمَّ إجراء المقارنة الثنائية وفق طريقة Bonferroni كما في الجدول رقم (6.3).

المتغير المدروس = المسافة الإطباقية (بالميكرون)									
المقطع المدروس	المجموعة المدروسة	عدد التيجان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
في المقطع الدهليزي اللساني	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	224.47	78.79	89.75	342.27	11.115	0.000	توجد فروق دالة
	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	213.14	59.18	126.91	317.27			
	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	274.25	96.93	136.12	519.68			
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	360.97	73.09	206.42	469.85			
في المقطع الأنسي الوحشي	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	194.07	59.76	90.26	286.12	14.797	0.000	توجد فروق دالة
	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	190.99	53.88	123.89	319.33			
	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	230.70	78.01	107.08	400.24			
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	333.11	73.03	236.80	442.49			
في المقطعين معاً	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	209.27	61.22	102.55	314.19	17.050	0.000	توجد فروق دالة
	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	202.06	50.05	132.58	318.30			
	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	252.48	79.00	131.84	407.23			
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	347.04	56.28	263.77	440.66			

جدول (5.3): الإحصاءات الوصفية ونتائج اختبار تحليل التباين ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار المسافة الإطباقية بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس.

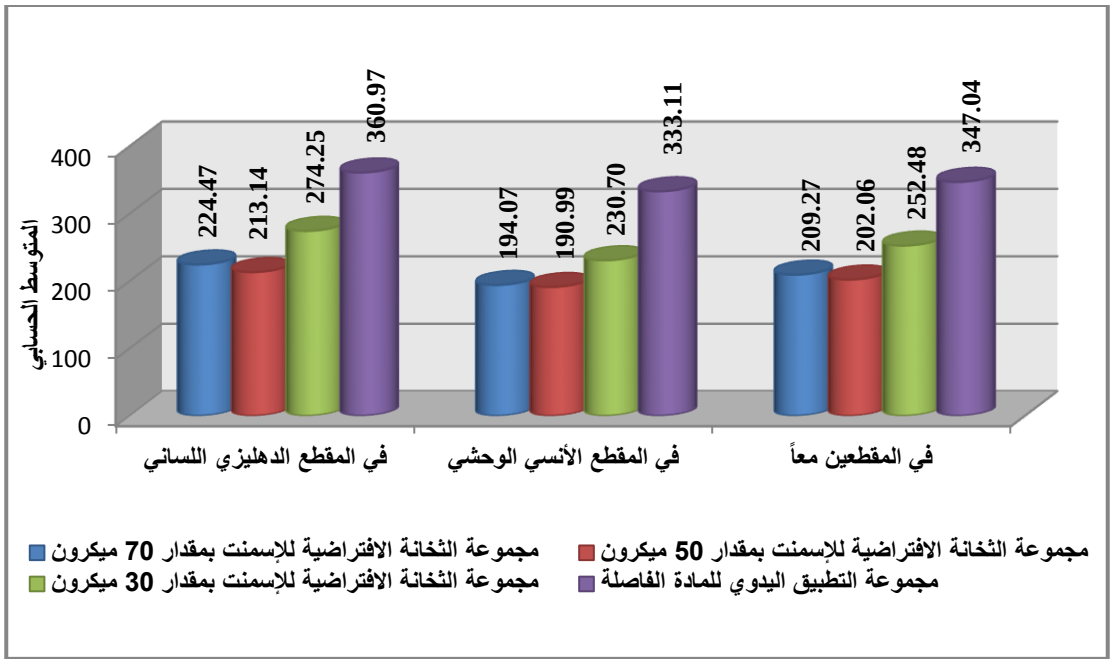
يبين الجدول رقم (6.3) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند المقارنة في متوسط مقدار المسافة الإطباقية بين مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة وكل من المجموعات الباقية (مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون، مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون، مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون) مهما كان المقطع المدروس، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار المسافة الإطباقية بين المجموعات المذكورة في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات سالبة نستنتج أن قيم مقدار المسافة الإطباقية في مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة كانت أكبر منها في كل من المجموعات الباقية (مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون، مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون، مجموعة الثَّخانة

الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون)، وذلك في المقطع الدهليزي اللساني وفي المقطع الأنسي الوحشي وفي المقطعين معاً في عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار المسافة الإطباقية بين المجموعات المعنية في عينة البحث.

المتغير المدروس = مقدار المسافة الإطباقية (بالميكرون)						
المقطع المدروس	المجموعة (I)	المجموعة (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
في المقطع الدهليزي اللساني	ثخانة افتراضية بمقدار 70 ميكرون	ثخانة افتراضية بمقدار 50 ميكرون	11.34	28.55	1.000	لا توجد فروق دالة
		ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	-49.78	28.55	0.520	لا توجد فروق دالة
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-136.50	28.55	0.000	**توجد فروق دالة**
	ثخانة افتراضية بمقدار 50 ميكرون	ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	-61.11	28.55	0.220	لا توجد فروق دالة
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-147.84	28.55	0.000	**توجد فروق دالة**
	ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-86.72	28.55	0.022	**توجد فروق دالة**
في المقطع الأنسي الوحشي	ثخانة افتراضية بمقدار 70 ميكرون	ثخانة افتراضية بمقدار 50 ميكرون	3.07	24.42	1.000	لا توجد فروق دالة
		ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	-36.64	24.42	0.835	لا توجد فروق دالة
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-139.05	24.42	0.000	**توجد فروق دالة**
	ثخانة افتراضية بمقدار 50 ميكرون	ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	-39.71	24.42	0.657	لا توجد فروق دالة
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-142.12	24.42	0.000	**توجد فروق دالة**
	ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-102.41	24.42	0.001	**توجد فروق دالة**
في المقطعين معاً	ثخانة افتراضية بمقدار 70 ميكرون	ثخانة افتراضية بمقدار 50 ميكرون	7.21	22.85	1.000	لا توجد فروق دالة
		ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	-43.21	22.85	0.383	لا توجد فروق دالة
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-137.77	22.85	0.000	**توجد فروق دالة**
	ثخانة افتراضية بمقدار 50 ميكرون	ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	-50.41	22.85	0.189	لا توجد فروق دالة
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-144.98	22.85	0.000	**توجد فروق دالة**
	ثخانة افتراضية بمقدار 30 ميكرون	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-94.57	22.85	0.001	**توجد فروق دالة**

جدول (6.3): نتائج المقارنة الثنائية وفقاً لطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار المسافة الإطباقية بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس.



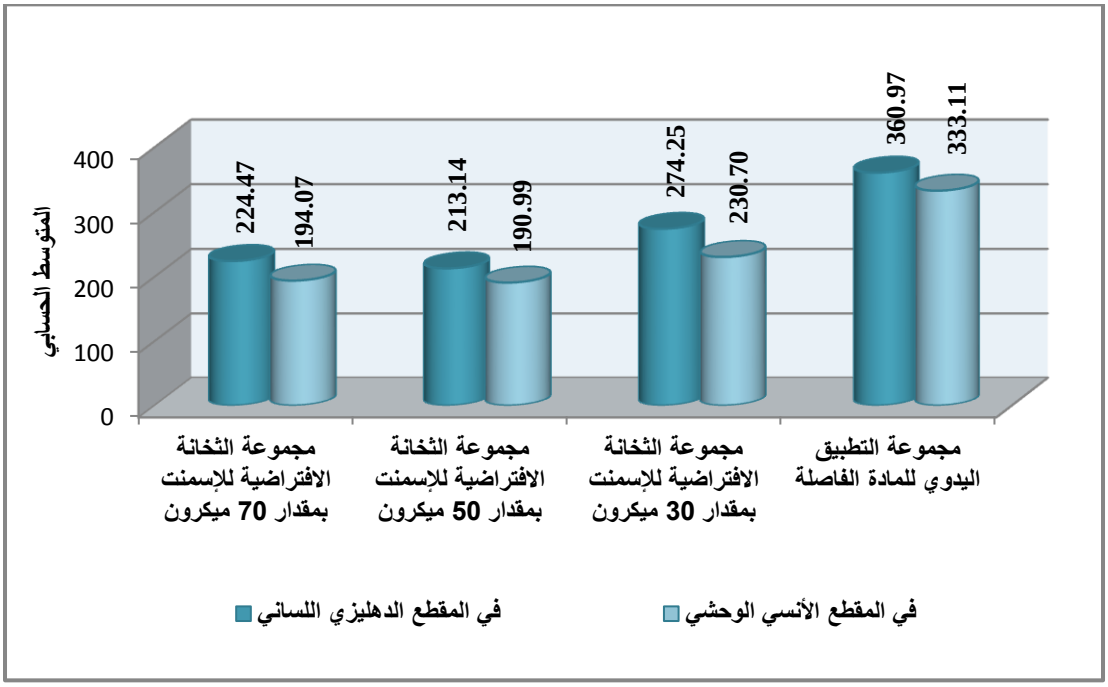
مخطط (4.3): المتوسط الحسابي لمقدار المسافة الإطباقية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والمقطع المدروس.

2.2.1.2.3 دراسة تأثير المقطع المدروس في مقدار المسافة الإطباقية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة:

تمَّ إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار المسافة الإطباقية بين مجموعة القياسات المُجراة في المقطع الدهليزي اللساني ومجموعة القياسات المُجراة في المقطع الأنسي الوحشي في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة كما يبين الجدول رقم (7.3) أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 مهما كانت المجموعة المدروسة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار المسافة الإطباقية بين مجموعة القياسات المُجراة في المقطع الدهليزي اللساني ومجموعة القياسات المُجراة في المقطع الأنسي الوحشي مهما كانت المجموعة المدروسة في عينة البحث.

المتغير المدروس = المسافة الإطباقية (بالميكرون)								
المجموعة المدروسة	المقطع المدروس	عدد التيجان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	في المقطع الدهليزي اللساني	15	224.47	78.79	89.75	342.27	1.191	0.244	لا توجد فروق دالة
	في المقطع الأنسي الوحشي	15	194.07	59.76	90.26	286.12			
الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	في المقطع الدهليزي اللساني	15	213.14	59.18	126.91	317.27	1.072	0.293	لا توجد فروق دالة
	في المقطع الأنسي الوحشي	15	190.99	53.88	123.89	319.33			
الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	في المقطع الدهليزي اللساني	15	274.25	96.93	136.12	519.68	1.356	0.186	لا توجد فروق دالة
	في المقطع الأنسي الوحشي	15	230.70	78.01	107.08	400.24			
مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	في المقطع الدهليزي اللساني	15	360.97	73.09	206.42	469.85	1.044	0.305	لا توجد فروق دالة
	في المقطع الأنسي الوحشي	15	333.11	73.03	236.80	442.49			

جدول (7.3): الإحصاءات الوصفية ونتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار المسافة الإطباقية بين مجموعة القياسات المُجراة في المقطع الدهليزي اللساني ومجموعة القياسات المُجراة في المقطع الأنسي الوحشي في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.



مخطط (5.3): المتوسط الحسابي لمقدار المسافة الإطباقية في عينة البحث وفقاً للمقطع المدروس والمجموعة المدروسة.

2.2.3 دراسة مقدار الفرجة الحفافية:

تمَّ قياس مقدار الفرجة الحفافية في خمس نقاط مختلفة في كل من السطح الدهليزي والسطح اللساني والسطح الأنسي والسطح الوحشي في مرحلتين اثنتين مختلفتين (قبل الإلصاق، بعد الإلصاق) لكل تاج من التيجان المدروسة في عينة البحث ثم تمَّ حساب مقدار الفرجة الحفافية في كل من السطوح المدروسة وفي جميع السطوح عموماً في كل من المرحلتين المدروستين (قبل الإلصاق، بعد الإلصاق) لكل تاج من التيجان المدروسة في عينة البحث وفقاً للمعادلات التالية:

مقدار الفرجة الحفافية في السطح الدهليزي قبل الإلصاق لكل تاج = (المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق في النقاط الخمس المحددة على السطح الدهليزي) للتاج نفسه

مقدار الفرجة الحفافية في السطح اللساني قبل الإلصاق لكل تاج = (المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق في النقاط الخمس المحددة على السطح اللساني) للتاج نفسه

مقدار الفرجة الحفافية في السطح الأنسي قبل الإلصاق لكل تاج = (المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق في النقاط الخمس المحددة على السطح الأنسي) للتاج نفسه

مقدار الفرجة الحفافية في السطح الوحشي قبل الإلصاق لكل تاج = (المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق في النقاط الخمس المحددة على السطح الوحشي) للتاج نفسه

مقدار الفرجة الحفافية عموماً قبل الإلصاق لكل تاج = (المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق في جميع النقاط المدروسة) للتاج نفسه

مقدار الفرجة الحفافية في السطح الدهليزي بعد الإلصاق لكل تاج = (المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق في النقاط الخمس المحددة على السطح الدهليزي) للتاج نفسه

مقدار الفرجة الحفافية في السطح اللساني بعد الإلصاق لكل تاج = (المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق في النقاط الخمس المحددة على السطح اللساني) للتاج نفسه

مقدار الفرجة الحفافية في السطح الأنسي بعد الإلصاق لكل تاج = (المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق في النقاط الخمس المحددة على السطح الأنسي) للتاج نفسه

مقدار الفرجة الحفافية في السطح الوحشي بعد الإلصاق لكل تاج = (المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق في النقاط الخمس المحددة على السطح الوحشي) للتاج نفسه

مقدار الفرجة الحفافية عموماً بعد الإلصاق لكل تاج = (المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق في جميع النقاط المدروسة) للتاج نفسه

ثم تمَّ حساب مقدار التغير في قيم كل من المتغيرات المذكورة لكل تاج من التيجان المدروسة في عينة البحث وفقاً للمعادلات التالية:

مقدار التغير في الفرجة الحفافية في السطح الدهليزي لكل سن = مقدار الفرجة الحفافية في السطح الدهليزي بعد الإلصاق – مقدار الفرجة الحفافية في السطح الدهليزي قبل الإلصاق للتاج نفسه

مقدار التغير في الفرجة الحفافية في السطح اللساني لكل سن = مقدار الفرجة الحفافية في السطح اللساني بعد الإلصاق – مقدار الفرجة الحفافية في السطح اللساني قبل الإلصاق للتاج نفسه

مقدار التغير في الفرجة الحفافية في السطح الأنسي لكل سن = مقدار الفرجة الحفافية في السطح الأنسي بعد الإلصاق – مقدار الفرجة الحفافية في السطح الأنسي قبل الإلصاق للتاج نفسه

مقدار التغير في الفرجة الحفافية في السطح الوحشي لكل سن = مقدار الفرجة الحفافية في السطح الوحشي بعد الإلصاق – مقدار الفرجة الحفافية في السطح الوحشي قبل الإلصاق للتاج نفسه

مقدار التغير في الفرجة الحفافية عموماً لكل سن = مقدار الفرجة الحفافية عموماً بعد الإلصاق – مقدار الفرجة الحفافية عموماً قبل الإلصاق للتاج نفسه

ثم تمَّت دراسة تأثير المجموعة المدروسة والسطح المدروس وإجراء الإلصاق على قيم كل من المتغيرات المقاسة والمحسوبة المتعلقة بالفرجة الحفافية في عينة البحث وكانت نتائج التحليل كما يلي:

1.2.2.3 دراسة مقدار الفرجة الحفافية في جميع السطوح:

1.1.2.2.3 دراسة تأثير المجموعة المدروسة على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للمرحلة المدروسة:

تمَّ إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث، وذلك وفقاً للمرحلة المدروسة كما في الجدول رقم (8.3) ورقم (9.3):

المتغير المدروس	الفترة الزمنية	المجموعة المدروسة	عدد التيجان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون)	قبل الإلصاق	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	46.67	35.10	9.06	19.85	144.05
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	22.24	6.77	1.75	14.05	32.25
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	35.40	19.12	4.94	6.5	93.35
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	33.96	16.34	4.22	14.55	69.2
	بعد الإلصاق	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	153.84	25.19	6.50	113.7	210.2
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	111.39	33.16	8.56	59.4	171.2
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	101.41	31.53	8.14	40.45	155.9
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	129.48	27.50	7.10	71.75	172.9

جدول (8.3): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والمرحلة المدروسة.

المتغير المدروس	الفترة الزمنية		مجموع المربعات	درجات الحرية	تقدير التباين	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون)	قبل الإلصاق	بين المجموعات	4493.69	3	1497.90	3.137	0.032	**توجد فروق دالة**
		داخل المجموعات	26740.88	56	477.52			
		المجموع	31234.57	59				
	بعد الإلصاق	بين المجموعات	23842.52	3	7947.51	9.123	0.000	**توجد فروق دالة**
		داخل المجموعات	48781.77	56	871.10			
		المجموع	72624.29	59				

جدول (9.3): نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة.

يبين الجدول (9.3) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 مهما كانت المرحلة المدروسة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين اثنتين على الأقل من المجموعات المدروسة في عينة البحث.

ولمعرفة أي المجموعات تختلف عن الأخرى جوهرياً في متوسط الفرجة الحفافية تمَّ إجراء المقارنة الثنائية بين المجموعات وفقاً لطريقة Bonferroni، حيث يبين الجدول رقم (10.3) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند المقارنة في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون ومجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون مهما كانت المرحلة المدروسة، وعند المقارنة في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق بين مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون ومجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين المجموعات المذكورة، وبما أن الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات موجبة نستنتج أن مقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق وبعد الإلصاق في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون كانت أكبر منها في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون، ونستنتج أيضاً أن مقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة

للإسمنت بمقدار 70 ميكرون كانت أكبر منها في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون في عينة البحث.

المتغير المدروس	المرحلة المدروسة	المجموعة (I)	المجموعة (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون)	قبل الإلصاق	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	24.43	7.98	0.020	**توجد فروق دالة**
			الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	11.28	7.98	0.979	لا توجد فروق دالة
			التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	12.72	7.98	0.700	لا توجد فروق دالة
		الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	-13.16	7.98	0.629	لا توجد فروق دالة
			التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-11.72	7.98	0.886	لا توجد فروق دالة
		الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	1.44	7.98	1.000	لا توجد فروق دالة
	بعد الإلصاق	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	42.45	10.78	0.001	**توجد فروق دالة**
			الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	52.43	10.78	0.000	**توجد فروق دالة**
			التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	24.36	10.78	0.166	لا توجد فروق دالة
		الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	9.98	10.78	1.000	لا توجد فروق دالة
			التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-18.08	10.78	0.594	لا توجد فروق دالة
		الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-28.06	10.78	0.071	لا توجد فروق دالة

جدول (10.3): نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق وبعدها بين المجموعات المدروسة في عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين المجموعات المعنية في عينة البحث.

2.1.2.2.3 دراسة تأثير عملية الإلصاق على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للمجموعة المدروسة:

تمَّ إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين المرحلتين المدروستين (قبل الإلصاق، بعد الإلصاق) في عينة البحث، وذلك وفقاً للمجموعة المدروسة كما في الجدول رقم (11.3) ورقم (12.3):

المتغير المدروس	المجموعة المدروسة	الفترة الزمنية	عدد التيجان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون)	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	قبل الإلصاق	15	46.67	35.10	9.06	19.85	144.05
		بعد الإلصاق	15	153.84	25.19	6.50	113.7	210.2
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	قبل الإلصاق	15	22.24	6.77	1.75	14.05	32.25
		بعد الإلصاق	15	111.39	33.16	8.56	59.4	171.2
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	قبل الإلصاق	15	35.40	19.12	4.94	6.5	93.35
		بعد الإلصاق	15	101.41	31.53	8.14	40.45	155.9
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	قبل الإلصاق	15	33.96	16.34	4.22	14.55	69.2
		بعد الإلصاق	15	129.48	27.50	7.10	71.75	172.9

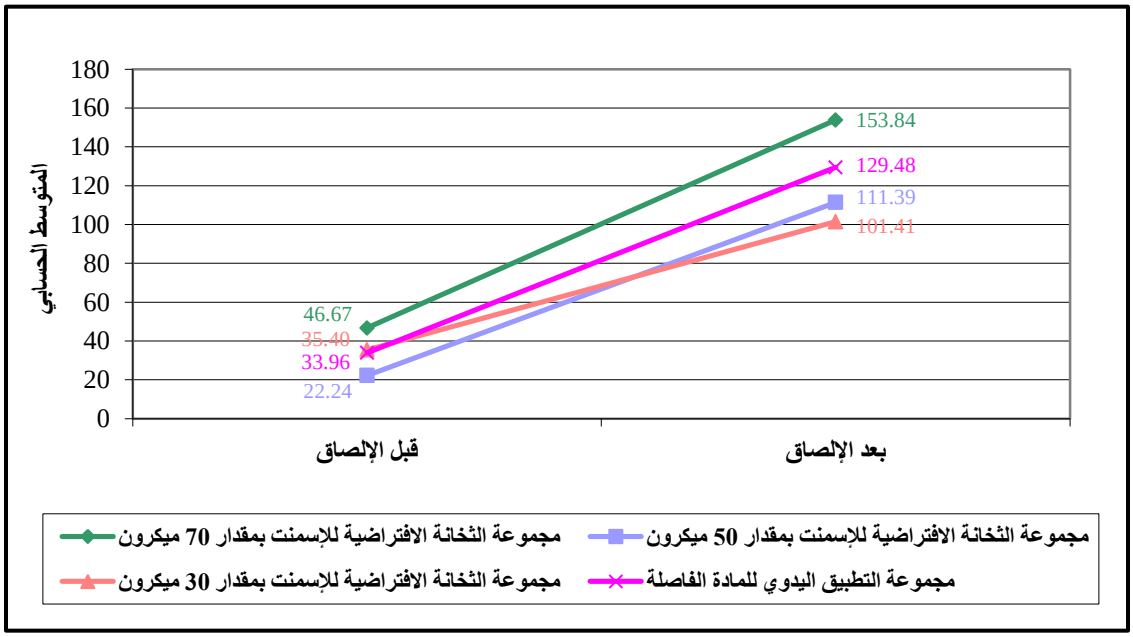
جدول (11.3): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة والمجموعة المدروسة.

المقارنة بين المرحلتين:	المجموعة المدروسة	الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
بعد الإلصاق – قبل الإلصاق	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	107.17	10.263	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	89.15	9.231	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	66.02	7.977	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	95.52	12.689	14	0.000	**توجد فروق دالة**

جدول (12.3): نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفجوة الحفافية بين المرحلتين المدروستين (قبل الإلصاق، بعد الإلصاق) في عينة البحث، وذلك وفقاً للمجموعة المدروسة.

يبين الجدول (12.3) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 مهما كانت المجموعة المدروسة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار الفجوة الحفافية بين المرحلتين المدروستين (قبل الإلصاق، بعد الإلصاق) في كل من المجموعات المذكورة في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات موجبة نستنتج أن مقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق كانت أكبر منها قبل الإلصاق، وذلك في كل من مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون ومجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون ومجموعة

الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون ومجموعة التطبيق اليدوي المادَّة الفاصلة على حدة من عينة البحث.



مخطط (6.3): المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة والمجموعة المدروسة.

3.1.2.2.3 دراسة تأثير المجموعة المدروسة على مقدار التغير في الفرجة الحفافية:

تمَّ إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث كما في الجدول رقم (13.3) و رقم (14.3):

المتغير المدروس	المجموعة المدروسة	عدد التيجان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون)	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	107.17	40.44	10.44	21	186.4
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	89.15	37.41	9.66	27.15	154.6
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	66.02	32.05	8.28	9.2	115.3
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	95.52	29.15	7.53	35.75	141.05

جدول (13.3): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار التغير في الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

المتغير المدروس		مجموع المربعات	درجات الحرية	تقدير التباين	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون)	بين المجموعات	13499.00	3	4499.67	3.664	0.018	**توجد فروق دالة**
	داخل المجموعات	68770.02	56	1228.04			
	المجموع	82269.03	59				

جدول (14.3): نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المجموعات المدروسة في عينة البحث.

يبين الجدول رقم (14.3) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين اثنتين على الأقل من المجموعات المدروسة في عينة البحث، ولمعرفة أي المجموعات تختلف عن الأخرى جوهرياً في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية تمَّ إجراء المقارنة الثنائية بين المجموعات وفقاً لطريقة Bonferroni كما في الجدول رقم (15.3):

المتغير المدروس	المجموعة (I)	المجموعة (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقدار التغير في الفرجة الحفافية	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	18.01	12.80	0.988	لا توجد فروق دالة
		الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	41.15	12.80	0.013	**توجد فروق دالة**
		التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	11.65	12.80	1.000	لا توجد فروق دالة
	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	23.14	12.80	0.456	لا توجد فروق دالة
		التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-6.37	12.80	1.000	لا توجد فروق دالة
	الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-29.50	12.80	0.149	لا توجد فروق دالة

جدول (15.3): نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة في عينة البحث.

يبين الجدول (15.3) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند المقارنة في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون ومجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون ومجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون، وبما أن الإشارة

الجبرية للفرق بين المتوسطين موجبة نستنتج أن مقدار التغير في الفرجة الحفافية في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون كانت أكبر منها في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون في عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين المجموعات المعنية في عينة البحث.

2.2.2.3 دراسة مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للسطح المدروس:

1.2.2.2.3 دراسة تأثير المجموعة المدروسة على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للسطح المدروس والمرحلة المدروسة:

تمَّ إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث، وذلك وفقاً للسطح المدروس والمرحلة المدروسة كما في الجدول رقم (16.3) و رقم (17.3) والذي يبين أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05 في كل من مجموعة السطح الدهليزي ومجموعة السطح الأنسي ومجموعة السطح الوحشي قبل الإلصاق، وفي مجموعة السطح اللساني بعد الإلصاق، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة في كل من مجموعات السطوح المذكورة في عينة البحث.

أما بالنسبة لمجموعة السطح اللساني قبل الإلصاق وبالنسبة لكل من مجموعة السطح الدهليزي ومجموعة السطح الأنسي ومجموعة السطح الوحشي بعد الإلصاق فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة

أصغر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين اثنتين على الأقل من المجموعات المدروسة في كل من السطوح المذكورة من عينة البحث.

المتغير المدروس = مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون)								
	السطح المدروس	المجموعة المدروسة	عدد التيجان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
قبل الإلصاق	السطح الدهليزي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	36.25	33.52	8.65	4.6	147.2
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	23.75	11.00	2.84	10.6	42.2
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	37.05	34.21	8.83	4.8	139
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	30.83	29.18	7.54	8.8	128.4
	السطح اللساني	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	54.72	43.48	11.23	8.8	146.2
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	15.67	6.24	1.61	6.6	26.8
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	43.39	21.18	5.47	5	82.8
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	32.20	20.30	5.24	12.4	72
	السطح الأنسي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	55.16	68.92	17.80	9.8	234.4
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	26.08	8.65	2.23	7.8	44.2
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	36.25	25.35	6.55	11	114.2
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	28.64	18.72	4.83	2.4	75.4
	السطح الوحشي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	40.56	40.43	10.44	12.2	177
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	23.47	10.97	2.83	10	40
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	24.89	13.26	3.42	5.2	51.8
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	44.16	45.08	11.64	6.8	158.2
بعد الإلصاق	السطح الدهليزي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	167.52	53.03	13.69	110.8	270.8
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	126.69	63.92	16.51	24.6	228.8
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	102.73	48.61	12.55	36.4	205.6
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	130.20	57.65	14.89	10	222.2
	السطح اللساني	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	161.47	51.88	13.39	88.8	266
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	141.49	49.61	12.81	68.6	254
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	117.60	46.15	11.91	16.6	190.2
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	126.08	32.52	8.40	81.2	193
	السطح الأنسي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	153.35	65.95	17.03	73.8	270.4
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	92.13	37.21	9.61	28.4	149.6
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	83.40	34.59	8.93	18.6	152.8
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	123.35	63.06	16.28	9.2	241.6
	السطح الوحشي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	133.03	53.48	13.81	54.2	276.4
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	85.25	47.42	12.24	26.8	208.8
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	101.92	56.17	14.50	15.4	199.2
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	138.28	56.71	14.64	43	255.6

جدول (16.3): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والسطح المدروس والمرحلة المدروسة.

المتغير المدروس = مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون)								
المتغير المدروس	السطح المدروس		مجموع المربعات	درجات الحرية	تقدير التباين	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
قبل الإلصاق	السطح الدهليزي	بين المجموعات	1696.76	3	565.59	0.693	0.560	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	45724.90	56	816.52			
		المجموع	47421.67	59				
	السطح اللساني	بين المجموعات	12478.68	3	4159.56	5.963	0.001	**توجد فروق دالة**
		داخل المجموعات	39063.51	56	697.56			
		المجموع	51542.20	59				
	السطح الأنسي	بين المجموعات	7779.12	3	2593.04	1.783	0.161	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	81457.01	56	1454.59			
		المجموع	89236.13	59				
	السطح الوحشي	بين المجموعات	5070.15	3	1690.05	1.706	0.176	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	55486.39	56	990.83			
		المجموع	60556.55	59				
بعد الإلصاق	السطح الدهليزي	بين المجموعات	32241.40	3	10747.13	3.416	0.023	**توجد فروق دالة**
		داخل المجموعات	176190.67	56	3146.26			
		المجموع	208432.07	59				
	السطح اللساني	بين المجموعات	16709.28	3	5569.76	2.672	0.056	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	116752.35	56	2084.86			
		المجموع	133461.62	59				
	السطح الأنسي	بين المجموعات	45697.08	3	15232.36	5.586	0.002	**توجد فروق دالة**
		داخل المجموعات	152701.89	56	2726.82			
		المجموع	198398.97	59				
	السطح الوحشي	بين المجموعات	28834.38	3	9611.46	3.349	0.025	**توجد فروق دالة**
		داخل المجموعات	160733.75	56	2870.25			
		المجموع	189568.14	59				

جدول (17.3): نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المجموعات المدروسة في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة

ولمعرفة أي المجموعات تختلف عن الأخرى جوهرياً في متوسط الفرجة الحفافية تمَّ إجراء المقارنة الثنائية بين المجموعات وفقاً لطريقة Bonferroni كما في الجدول رقم (18.3) والذي يبين أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند المقارنة في متوسط مقدار الفرجة الحفافية في مجموعة السطح اللساني قبل الإلصاق بين مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون وكل من مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون ومجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون على حدة، وعند المقارنة في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق في

مجموعة السطح الدهليزي بين مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون ومجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون وفي مجموعة السطح الأنسي بين مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون وكل من مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون ومجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون على حدة في عينة البحث، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة المذكورة، وبدراسة الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات نستنتج أن مقدار الفرجة الحفافية في مجموعة السطح اللساني قبل الإلصاق في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون كانت أصغر منها في كل من مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون ومجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون على حدة، ونستنتج أن مقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق في مجموعة السطح الدهليزي في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون كانت أكبر منها في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون ونستنتج أن مقدار الفرجة الحفافية في مجموعة السطح الأنسي في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون كانت أكبر منها في كل من مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون ومجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون على حدة في عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين المجموعات المعنية في عينة البحث.

المتغير المدروس = مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون)							
المرحلة المدروسة	السطح المدروس	المجموعة (I)	المجموعة (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
قبل الإلصاق	في السطح اللساني	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	39.05	9.64	0.001	**توجد فروق دالة**
			مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	11.33	9.64	1.000	لا توجد فروق دالة
			مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	22.52	9.64	0.139	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	-27.72	9.64	0.034	**توجد فروق دالة**
			مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-16.53	9.64	0.552	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	11.19	9.64	1.000	لا توجد فروق دالة
بعد الإلصاق	في السطح الدهليزي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	40.83	20.48	0.307	لا توجد فروق دالة
			مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	64.79	20.48	0.015	**توجد فروق دالة**
			مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	37.32	20.48	0.443	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	23.96	20.48	1.000	لا توجد فروق دالة
			مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-3.51	20.48	1.000	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-27.47	20.48	1.000	لا توجد فروق دالة
	في السطح الأنسي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	61.21	19.07	0.013	**توجد فروق دالة**
			مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	69.95	19.07	0.003	**توجد فروق دالة**
			مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	30.00	19.07	0.728	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	8.73	19.07	1.000	لا توجد فروق دالة
			مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-31.21	19.07	0.643	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-39.95	19.07	0.244	لا توجد فروق دالة
	في السطح الوحشي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	47.77	19.56	0.107	لا توجد فروق دالة
			مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	31.11	19.56	0.705	لا توجد فروق دالة
			مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-5.25	19.56	1.000	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	-16.67	19.56	1.000	لا توجد فروق دالة
			مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-53.03	19.56	0.053	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-36.36	19.56	0.410	لا توجد فروق دالة

جدول (18.3): نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة في مجموعة السطح اللساني قبل الإلصاق وفي كل من مجموعة السطح الدهليزي ومجموعة السطح الأنسي ومجموعة السطح الوحشي بعد الإلصاق في عينة البحث.

2.2.2.2.3 دراسة تأثير السطح المدروس على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للمجموعة المدروسة والمرحلة المدروسة:

تمَّ إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين مجموعة السطح الدهليزي واللساني والأنسي والوحشي في عينة البحث، وذلك وفقاً للمجموعة المدروسة والمرحلة المدروسة كما في الجدول رقم (19.3) ورقم (20.3):

المتغير المدروس = مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون)								
	المجموعة المدروسة	السطح المدروس	عدد التيجان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
قبل الإلصاق	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	السطح الدهليزي	15	36.25	33.52	8.65	4.6	147.2
		السطح اللساني	15	54.72	43.48	11.23	8.8	146.2
		السطح الأنسي	15	55.16	68.92	17.80	9.8	234.4
		السطح الوحشي	15	40.56	40.43	10.44	12.2	177
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	السطح الدهليزي	15	23.75	11.00	2.84	10.6	42.2
		السطح اللساني	15	15.67	6.24	1.61	6.6	26.8
		السطح الأنسي	15	26.08	8.65	2.23	7.8	44.2
		السطح الوحشي	15	23.47	10.97	2.83	10	40
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	السطح الدهليزي	15	37.05	34.21	8.83	4.8	139
		السطح اللساني	15	43.39	21.18	5.47	5	82.8
		السطح الأنسي	15	36.25	25.35	6.55	11	114.2
		السطح الوحشي	15	24.89	13.26	3.42	5.2	51.8
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	السطح الدهليزي	15	30.83	29.18	7.54	8.8	128.4
		السطح اللساني	15	32.20	20.30	5.24	12.4	72
		السطح الأنسي	15	28.64	18.72	4.83	2.4	75.4
		السطح الوحشي	15	44.16	45.08	11.64	6.8	158.2
بعد الإلصاق	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	السطح الدهليزي	15	167.52	53.03	13.69	110.8	270.8
		السطح اللساني	15	161.47	51.88	13.39	88.8	266
		السطح الأنسي	15	153.35	65.95	17.03	73.8	270.4
		السطح الوحشي	15	133.03	53.48	13.81	54.2	276.4
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	السطح الدهليزي	15	126.69	63.92	16.51	24.6	228.8
		السطح اللساني	15	141.49	49.61	12.81	68.6	254
		السطح الأنسي	15	92.13	37.21	9.61	28.4	149.6
		السطح الوحشي	15	85.25	47.42	12.24	26.8	208.8
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	السطح الدهليزي	15	102.73	48.61	12.55	36.4	205.6
		السطح اللساني	15	117.60	46.15	11.91	16.6	190.2
		السطح الأنسي	15	83.40	34.59	8.93	18.6	152.8
		السطح الوحشي	15	101.92	56.17	14.50	15.4	199.2
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	السطح الدهليزي	15	130.20	57.65	14.89	10	222.2
		السطح اللساني	15	126.08	32.52	8.40	81.2	193
		السطح الأنسي	15	123.35	63.06	16.28	9.2	241.6
		السطح الوحشي	15	138.28	56.71	14.64	43	255.6

جدول (19.3): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً للسطح المدروس والمجموعة المدروسة والمرحلة المدروسة.

المتغير المدروس = مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون)								
الفترة الزمنية	المجموعة المدروسة		مجموع المربعات	درجات الحرية	تقدير التباين	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
قبل الإلصاق	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	بين المجموعات	4240.82	3	1413.61	0.602	0.617	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	131580.13	56	2349.65			
		المجموع	135820.96	59				
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	بين المجموعات	925.94	3	308.65	3.477	0.022	**توجد فروق دالة**
		داخل المجموعات	4971.65	56	88.78			
		المجموع	5897.58	59				
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	بين المجموعات	2664.58	3	888.19	1.458	0.236	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	34120.42	56	609.29			
		المجموع	36785.00	59				
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	بين المجموعات	2178.87	3	726.29	0.797	0.501	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	51059.62	56	911.78			
		المجموع	53238.49	59				
بعد الإلصاق	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	بين المجموعات	10181.20	3	3393.73	1.068	0.370	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	177990.78	56	3178.41			
		المجموع	188171.98	59				
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	بين المجموعات	32915.21	3	10971.74	4.310	0.008	**توجد فروق دالة**
		داخل المجموعات	142540.31	56	2545.36			
		المجموع	175455.52	59				
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	بين المجموعات	8827.31	3	2942.44	1.331	0.274	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	123808.92	56	2210.87			
		المجموع	132636.23	59				
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	بين المجموعات	1907.04	3	635.68	0.220	0.882	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	162038.65	56	2893.55			
		المجموع	163945.69	59				

جدول (20.3): نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين مجموعات السطح المدروس في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

يبين الجدول رقم (20.3) أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05 في كل من مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون ومجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون ومجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة مهما كانت المرحلة المدروسة (قبل الإلصاق، بعد الإلصاق)، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين مجموعات السطح المدروس في كل من مجموعات الثَّخانة الافتراضيَّة المذكورة في عينة البحث.

أما بالنسبة لمجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون مهما كانت المرحلة المدروسة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين اثنتين على الأقل من مجموعات السطح المدروس في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون مهما كانت المرحلة المدروسة في عينة البحث، ولمعرفة أي المجموعات تختلف عن الأخرى جوهرياً في متوسط الفرجة الحفافية تمَّ إجراء المقارنة الثنائية بين المجموعات وفقاً لطريقة Bonferroni كما في الجدول رقم (21.3):

المتغير المدروس = مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون)							
المجموعة المدروسة	المرحلة المدروسة	السطح (I)	السطح (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	قبل الإلصاق	السطح الدهليزي	السطح اللساني	8.08	3.44	0.134	لا توجد فروق دالة
			السطح الأنسي	-2.33	3.44	1.000	لا توجد فروق دالة
			السطح الوحشي	0.28	3.44	1.000	لا توجد فروق دالة
		السطح اللساني	السطح الأنسي	-10.41	3.44	0.022	**توجد فروق دالة**
			السطح الوحشي	-7.80	3.44	0.164	لا توجد فروق دالة
		السطح الأنسي	السطح الوحشي	2.61	3.44	1.000	لا توجد فروق دالة
	بعد الإلصاق	السطح الدهليزي	السطح اللساني	-14.80	18.42	1.000	لا توجد فروق دالة
			السطح الأنسي	34.56	18.42	0.395	لا توجد فروق دالة
			السطح الوحشي	41.44	18.42	0.171	لا توجد فروق دالة
		السطح اللساني	السطح الأنسي	49.36	18.42	0.058	لا توجد فروق دالة
			السطح الوحشي	56.24	18.42	0.021	**توجد فروق دالة**
		السطح الأنسي	السطح الوحشي	6.88	18.42	1.000	لا توجد فروق دالة

جدول (21.3): نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين مجموعات السطح المدروس في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة.

يبين الجدول رقم (21.3) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند المقارنة في متوسط مقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق بين مجموعة السطح اللساني ومجموعة السطح الأنسي، وعند المقارنة في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق بين مجموعة السطح اللساني ومجموعة السطح الوحشي، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار

الفرجة الحفافية بين مجموعات السطوح المذكورة، وبدراسة الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات نستنتج أن مقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق في مجموعة السطح اللساني كانت أصغر منها في مجموعة السطح الأنسي، ونستنتج أيضاً أن مقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق في مجموعة السطح اللساني كانت أكبر منها في مجموعة السطح الوحشي في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون من عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار الفرجة الحفافية بين المجموعات المعنية في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون من عينة البحث.

3.2.2.2.3 دراسة تأثير عملية الإلصاق على مقدار الفرجة الحفافية وفقاً للمجموعة المدروسة والسطح المدروس:

تمَّ إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفجوة الحفافية بين المرحلتين المدروستين (قبل الإلصاق، بعد الإلصاق) في عينة البحث، وذلك وفقاً للمجموعة المدروسة والسطح المدروس كما في الجدول رقم (22.3) ورقم (23.3)، والذي يبين أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 مهما كانت المجموعة المدروسة ومهما كان السطح المدروس، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار الفجوة الحفافية بين المرحلتين المدروستين (قبل الإلصاق، بعد الإلصاق) في كل من المجموعات المدروسة مهما كان السطح المدروس في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات موجبة نستنتج

أن مقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق كانت أكبر منها قبل الإلصاق، وذلك في كل من المجموعات الفرعية للسطح المدروس والثَّخانة الافتراضيَّة المدروسة على حدة من عينة البحث.

المتغير المدروس = مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون)								
السطح المدروس	المجموعة المدروسة	الفترة الزمنية	عدد التيجان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
في السطح الدهليزي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	قبل الإلصاق	15	36.25	33.52	8.654	4.6	147.2
		بعد الإلصاق	15	167.52	53.03	13.693	110.8	270.8
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	قبل الإلصاق	15	23.75	11.00	2.839	10.6	42.2
		بعد الإلصاق	15	126.69	63.92	16.505	24.6	228.8
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	قبل الإلصاق	15	37.05	34.21	8.832	4.8	139
		بعد الإلصاق	15	102.73	48.61	12.551	36.4	205.6
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	قبل الإلصاق	15	30.83	29.18	7.535	8.8	128.4
		بعد الإلصاق	15	130.20	57.65	14.885	10	222.2
في السطح اللساني	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	قبل الإلصاق	15	54.72	43.48	11.226	8.8	146.2
		بعد الإلصاق	15	161.47	51.88	13.394	88.8	266
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	قبل الإلصاق	15	15.67	6.24	1.612	6.6	26.8
		بعد الإلصاق	15	141.49	49.61	12.810	68.6	254
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	قبل الإلصاق	15	43.39	21.18	5.468	5	82.8
		بعد الإلصاق	15	117.60	46.15	11.915	16.6	190.2
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	قبل الإلصاق	15	32.20	20.30	5.242	12.4	72
		بعد الإلصاق	15	126.08	32.52	8.397	81.2	193
في السطح الأنسي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	قبل الإلصاق	15	55.16	68.92	17.796	9.8	234.4
		بعد الإلصاق	15	153.35	65.95	17.029	73.8	270.4
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	قبل الإلصاق	15	26.08	8.65	2.233	7.8	44.2
		بعد الإلصاق	15	92.13	37.21	9.608	28.4	149.6
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	قبل الإلصاق	15	36.25	25.35	6.546	11	114.2
		بعد الإلصاق	15	83.40	34.59	8.931	18.6	152.8
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	قبل الإلصاق	15	28.64	18.72	4.834	2.4	75.4
		بعد الإلصاق	15	123.35	63.06	16.282	9.2	241.6
في السطح الوحشي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	قبل الإلصاق	15	40.56	40.43	10.439	12.2	177
		بعد الإلصاق	15	133.03	53.48	13.810	54.2	276.4
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	قبل الإلصاق	15	23.47	10.97	2.834	10	40
		بعد الإلصاق	15	85.25	47.42	12.245	26.8	208.8
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	قبل الإلصاق	15	24.89	13.26	3.423	5.2	51.8
		بعد الإلصاق	15	101.92	56.17	14.502	15.4	199.2
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	قبل الإلصاق	15	44.16	45.08	11.641	6.8	158.2
		بعد الإلصاق	15	138.28	56.71	14.644	43	255.6

جدول (22.3): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة والمجموعة المدروسة والسطح المدروس.

المقارنة في قيم مقدار الفجوة الحفافية بين المرحلتين: بعد الإلصاق – قبل الإلصاق						
السطح المدروس	المجموعة المدروسة	الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
في السطح الدهليزي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	131.27	9.026	14	0.000	توجد فروق دالة
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	102.95	5.664	14	0.000	توجد فروق دالة
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	65.68	5.435	14	0.000	توجد فروق دالة
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	99.37	6.395	14	0.000	توجد فروق دالة
في السطح اللساني	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	106.75	5.935	14	0.000	توجد فروق دالة
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	125.83	9.409	14	0.000	توجد فروق دالة
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	74.21	6.010	14	0.000	توجد فروق دالة
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	93.88	10.346	14	0.000	توجد فروق دالة
في السطح الأنسي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	98.19	6.690	14	0.000	توجد فروق دالة
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	66.05	6.681	14	0.000	توجد فروق دالة
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	47.15	5.359	14	0.000	توجد فروق دالة
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	94.71	6.054	14	0.000	توجد فروق دالة
في السطح الوحشي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	92.47	4.956	14	0.000	توجد فروق دالة
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	61.79	4.662	14	0.000	توجد فروق دالة
	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	77.03	4.720	14	0.000	توجد فروق دالة
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	94.12	7.548	14	0.000	توجد فروق دالة

جدول (23.3): نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفجوة الحفافية بين المرحلتين المدروستين (قبل الإلصاق، بعد الإلصاق) في عينة البحث، وذلك وفقاً للمجموعة المدروسة.

4.2.2.2.3 دراسة تأثير المجموعة المدروسة على مقدار التغير في الفرجة الحفافية وفقاً للسطح المدروس:

تمَّ إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث، وذلك وفقاً للسطح المدروس كما في الجدول رقم (24.3) والجدول رقم (25.3)، والذي يبين أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05 في كل من مجموعة السطح اللساني ومجموعة السطح الوحشي، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة في كل من مجموعة السطح اللساني ومجموعة السطح الأنسي في عينة البحث.

أما بالنسبة لمجموعة السطح الدهليزي ومجموعة السطح الوحشي فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين اثنتين على الأقل من المجموعات المدروسة في كل من السطوح المذكورة من عينة البحث.

المتغير المدروس	السطح المدروس	المجموعة المدروسة	عدد التيجان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون)	السطح الدهليزي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	131.27	56.33	14.54	29	229
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	102.95	70.40	18.18	-12.2	217.8
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	65.68	46.80	12.08	-10	151
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	99.37	60.19	15.54	-3.2	196.2
	السطح اللساني	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	106.75	69.66	17.99	-42	235.6
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	125.83	51.79	13.37	61	247.4
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	74.21	47.82	12.35	-27.6	157.2
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	93.88	35.14	9.07	40.8	155.6
	السطح الأنسي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	98.19	56.84	14.68	28.4	241.2
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	66.05	38.29	9.89	5	124.2
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	47.15	34.07	8.80	1.8	111.6
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	94.71	60.59	15.64	6.8	222.4
	السطح الوحشي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	92.47	72.26	18.66	-72	250.4
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	61.79	51.33	13.25	-6.4	188.8
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	77.03	63.21	16.32	-14	194
		مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	15	94.12	48.29	12.47	10	195.8

جدول (24.3): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار التغير في الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والسطح المدروس.

المتغير المدروس	السطح المدروس		مجموع المربعات	درجات الحرية	تقدير التباين	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون)	السطح الدهليزي	بين المجموعات	32466.1	3	10822.0	3.105	0.034	**توجد فروق دالة**
		داخل المجموعات	195177.8	56	3485.3			
		المجموع	227643.9	59				
	السطح اللساني	بين المجموعات	21222.4	3	7074.1	2.559	0.064	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	154801.6	56	2764.3			
		المجموع	176024.0	59				
	السطح الأنسي	بين المجموعات	26588.1	3	8862.7	3.720	0.016	**توجد فروق دالة**
		داخل المجموعات	133410.3	56	2382.3			
		المجموع	159998.4	59				
	السطح الوحشي	بين المجموعات	10321.0	3	3440.3	0.970	0.413	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	198567.4	56	3545.8			
		المجموع	208888.5	59				

جدول (25.3): نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة في عينة البحث وفقاً للسطح المدروس.

لمعرفة أي المجموعات تختلف عن الأخرى جوهرياً في متوسط الفرجة الحفافية تمَّ إجراء المقارنة الثنائية بين المجموعات وفقاً لطريقة Bonferroni كما في الجدول رقم (26.3):

المتغير المدروس	السطح المدروس	المجموعة (I)	المجموعة (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون)	في السطح الدهليزي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	28.32	21.56	1.000	لا توجد فروق دالة
			مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	65.59	21.56	0.021	**توجد فروق دالة**
			مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	31.89	21.56	0.868	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	37.27	21.56	0.536	لا توجد فروق دالة
			مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	3.57	21.56	1.000	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-33.69	21.56	0.742	لا توجد فروق دالة
	في السطح الأنسي	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	32.13	17.82	0.461	لا توجد فروق دالة
			مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	51.04	17.82	0.035	**توجد فروق دالة**
			مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	3.48	17.82	1.000	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	18.91	17.82	1.000	لا توجد فروق دالة
			مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-28.65	17.82	0.681	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	-47.56	17.82	0.060	لا توجد فروق دالة

جدول (26.3): نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة في مجموعة السطح الدهليزي ومجموعة السطح الأنسي في عينة البحث.

يبين الجدول رقم (26.3) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند المقارنة في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون ومجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون في كل من مجموعة السطح الدهليزي ومجموعة السطح الأنسي على حدة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة المذكورة، وبما أن الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات موجبة نستنتج أن مقدار التغير في الفرجة الحفافية في مجموعة

الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون كانت أكبر منها في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون، وذلك في كل من مجموعة السطح الدهليزي ومجموعة السطح الأنسي على حدة في عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين المجموعات المعنية في عينة البحث.

5.2.2.2.3 دراسة تأثير السطح المدروس على مقدار التغير في الفرجة الحفافية وفقاً للمجموعة المدروسة:

تمَّ إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين مجموعة السطح الدهليزي ومجموعة السطح اللساني ومجموعة السطح الأنسي ومجموعة السطح الوحشي في عينة البحث، وذلك وفقاً للمجموعة المدروسة كما في الجدول رقم (27.3) ورقم (28.3) والذي يبين أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05 في كل من مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون ومجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون ومجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين مجموعات السطح المدروس في كل من مجموعات الثَّخانة الافتراضيَّة المذكورة في عينة البحث.

أما بالنسبة لمجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط

مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين اثنتين على الأقل من مجموعات السطح المدروس في مجموعة التَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون في عينة البحث.

المتغير المدروس	المجموعة المدروسة	السطح المدروس	عدد التيجان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون)	مجموعة التَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	السطح الدهليزي	15	131.27	56.33	14.54	29	229
		السطح اللساني	15	106.75	69.66	17.99	-42	235.6
		السطح الأنسي	15	98.19	56.84	14.68	28.4	241.2
		السطح الوحشي	15	92.47	72.26	18.66	-72	250.4
	مجموعة التَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	السطح الدهليزي	15	102.95	70.40	18.18	-12.2	217.8
		السطح اللساني	15	125.83	51.79	13.37	61	247.4
		السطح الأنسي	15	66.05	38.29	9.89	5	124.2
		السطح الوحشي	15	61.79	51.33	13.25	-6.4	188.8
	مجموعة التَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	السطح الدهليزي	15	65.68	46.80	12.08	-10	151
		السطح اللساني	15	74.21	47.82	12.35	-27.6	157.2
		السطح الأنسي	15	47.15	34.07	8.80	1.8	111.6
		السطح الوحشي	15	77.03	63.21	16.32	-14	194
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	السطح الدهليزي	15	99.37	60.19	15.54	-3.2	196.2
		السطح اللساني	15	93.88	35.14	9.07	40.8	155.6
		السطح الأنسي	15	94.71	60.59	15.64	6.8	222.4
		السطح الوحشي	15	94.12	48.29	12.47	10	195.8

جدول (27.3): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار التغير في الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للسطح المدروس والمجموعة المدروسة.

المتغير المدروس = مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون)								
المتغير المدروس	المجموعة المدروسة		مجموع المربعات	درجات الحرية	تقدير التباين	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون)	مجموعة التَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	بين المجموعات	13165.75	3	4388.58	1.065	0.371	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	230688.02	56	4119.43			
		المجموع	243853.77	59				
	مجموعة التَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	بين المجموعات	42266.01	3	14088.67	4.800	0.005	**توجد فروق دالة**
		داخل المجموعات	164351.14	56	2934.84			
		المجموع	206617.15	59				
	مجموعة التَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	بين المجموعات	8168.94	3	2722.98	1.131	0.345	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	134871.33	56	2408.42			
		المجموع	143040.26	59				
	مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة	بين المجموعات	302.39	3	100.80	0.037	0.990	لا توجد فروق دالة
		داخل المجموعات	152046.59	56	2715.12			
		المجموع	152348.98	59				

جدول (28.3): نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين مجموعات السطوح المدروسة في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

ولمعرفة أي المجموعات تختلف عن الأخرى جوهرياً في متوسط الفرجة الحفافية تمَّ إجراء المقارنة الثنائية بين المجموعات وفقاً لطريقة Bonferroni كما في الجدول رقم (29.3):

المتغير المدروس	المجموعة المدروسة	السطح (I)	السطح (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون)	مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	السطح الدهليزي	السطح اللساني	-22.88	19.78	1.000	لا توجد فروق دالة
			السطح الأنسي	36.89	19.78	0.405	لا توجد فروق دالة
			السطح الوحشي	41.16	19.78	0.252	لا توجد فروق دالة
		السطح اللساني	السطح الأنسي	59.77	19.78	0.023	**توجد فروق دالة**
			السطح الوحشي	64.04	19.78	0.012	**توجد فروق دالة**
		السطح الأنسي	السطح الوحشي	4.27	19.78	1.000	لا توجد فروق دالة

جدول (29.3): نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين مجموعات السطح المدروس في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة.

يبين الجدول رقم (29.3) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند المقارنة في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين مجموعة السطح اللساني وكل من مجموعة السطح الأنسي ومجموعة السطح الوحشي على حدة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين المجموعات المدروسة المذكورة، وبما أن الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات موجبة نستنتج أن مقدار التغير في الفرجة الحفافية في السطح اللساني كانت أكبر منها في كل من مجموعة السطح الأنسي ومجموعة السطح الوحشي على حدة في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون من عينة البحث.

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار التغير في الفرجة الحفافية بين المجموعات المعنية في مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للإسمنت بمقدار 50 ميكرون من عينة البحث.

الفصل الرابع: المناقشة

Chapter 4: Discussion

1.4 مناقشة مواد وطرائق البحث:

أُجري هذا البحث من أجل معرفة أثر اختلاف الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت على دقة الانطباق الحفافي والداخلي لقوالب الزيركونيا قبل وبعد الإلصاق بالاسمنت الزجاجي الشاردي، حيث تمَّ تحضير سن شمعي بإنقاص 1.5 ملم من السطح الطاحن وتحضير كتف مدور 1 ملم. ومن أجل التأكد من الوصول لزاوية تحضير 12° تمَّ الاستعانة بالورق الميلمتري أثناء نحت النموذج الشمعي، حيث ذكرت دراسة Beuer *et al.* (2008) أن زاوية تحضير 12° هي الزاوية المثالية لتحسين الانطباق الحفافي من أجل القوالب الزيركونية المصنعة وفق نظام CAD/CAM.

تمَّ نسخ النموذج الشمعي إلى سن معدني وذلك لمنع حدوث أي خدش أو أذية أثناء تكرار عملية صنع الطبعات منه، وتمَّ صنع 60 طبعة باستخدام المطاط الإضافي وصبَّها خلال ساعة باستخدام الجبس المقوَّى بالرَّاتنج، حيث أنه أكثر قوة من الجبس التقليدي وأكثر مقاومة كما أن نسبة التمدد التصلبي له حوالي 0.08%، وبهذه الطريقة أُلغيت مشكلة اختلاف شكل التحضير بين سن وأخرى. تمَّ استخدام قالب الزيركونيا من نوع YPZ (بللورات الزيركونيا الرباعية مع الايتيريوم)، والمُلبّدة جزئياً بواسطة الضغط البارد متماثل القياس، وتمَّ تصنيع القوالب باستخدام نظام CAD/CAM حيث يتمكن هذا النظام من توحيد الثخانات الافتراضيَّة للاسمنت بالنسبة للمجوعات الثلاث الأولى (70-50-30) ميكرون، أما المجموعة الرابعة فتمَّ تطبيق المادَّة الفاصلة يدوياً، على الرغم من أن هذه الطريقة لا تُستخدم في تصنيع القوالب الزيركونية، ولكن كان الهدف معرفة إن كانت الثَّخانة غير المتماثلة الناتجة عن التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة تؤثر في زيادة الفرجة الحفافية مقارنة بالثَّخانة الافتراضيَّة المضبوطة بنظام CAD/CAM.

بعد الانتهاء من تصنيع القالب الزيركوني، لم يتم إجراء أي تعديل على السطح الداخلي للقالب الزيركوني أو على سطح السن المحضر، حيث أن أي تعديل يُسبب تغير في الثخانة الافتراضيَّة المؤمَّنة للاسمنت، وبالتالي قد يؤثر على نتائج الدراسة، وقد تمَّ تقييم الانطباق الحفافي والداخلي بدون تغطية القالب بالخزف المغطِّي، وذلك لأن حواف القالب الزيركوني ستصل إلى حواف التحضير.

بالنسبة للإلصاق تمَّ استخدام الاسمنت الزجاجي الشاردي وذلك تبعاً للعديد من الدراسات التي أظهرت تفوُّق الاسمنت الزجاجي الشاردي على غيره من الاسمنتات في تحسين الانطباق الحفافي (Ayad, 2009; Farrrell *et al*., 2008; Quintas *et al*. 2004; Pilathadka *et al*. 2001; Wang *et al*., 1992).

تمَّ مزج المسحوق والسائل حسب تعليمات الشركة المصنعة، كما تمَّ تطبيق الاسمنت على السطح الداخلي لقالب الزيركونيا بدون ملئه كاملاً، حيث ذكرت دراسة Cardoso *et al*. (2008) أن هذه التقنية تؤمن فرجة حفافية أقل، كما تمَّ استخدام جهاز تطبيق القوى، والذي صُمِّم من قبل أ.د فندي الشعراني والمتواجد في قسم تعويضات الأسنان الثابتة، وبذلك تم تطبيق قوى متساوية بمقدار 5 كغ لجميع العينات، وتمَّت إزالة الزوائد بشكل دقيق وبحذر شديد من على الحواف بواسطة المسبر السني، حيث أن وجود أي زوائد ممكن أن تؤثر على قيم الفرجة الحفافية.

طريقة فحص المسافة الداخلية:

تمَّ استخدام طريقة النسخة المطابقة Replica Technique، كما تمَّ تطبيق الضغط الإصبعي بشكل متماثل قدر الإمكان، لم يتم تطبيق قوة ضغط بمقدار ثابت أثناء تصلب المطاط، حيث لا يسبب

ذلك تحسين في مقدار الفرجة الحفافية (Weaver *et al.*, 1991). كما تمَّ إجراء المقاطع باستخدام المشرط مع الانتباه بأن يكون خط القطع غير مشرشر.

تمَّ قياس 4 نقاط في منتصف المسافة الجدارية المحورية للسطوح الدهليزية واللسانية والأنسية والوحشية، وست نقاط في المسافة الإطباقية لكل سن باستخدام المجهر الضوئي Stereomicroscope تكبير ×10(Grenade *et al.*, 2011).

استخدمت هذه الطريقة في تقييم الانطباق الداخلي والحفافي في عدد من الدراسات المخبرية والسريرية، فقد قام Reich *et al.* (2005) باستخدام هذه الطريقة بإجراء مقطع دهليزي لساني وأنسي وحشي بالنسبة للضواحك، ومقطعين دهليزيين لسانيين ومقطع أنسي وحشي بالنسبة للأرحاء، وكان عدد النقاط المقاسة من أجل الانطباق الداخلي للجدار المحوري 4 -6 نقاط، و6-4 نقاط عند منطقة الانتقال من السطح المحوري للطاحن، و2-1 نقطة عند منتصف السطح الإطباقي، وكذلك في دراسة Kokubo *et al.* (2010) والذي قام بقياس الانطباق الحفافي والداخلي بهذه التقنية فقد قام بقياس 4 نقاط عند الجدران المحورية وأربع نقاط عند المنطقة الإطباقية، بينما قام Coli and Karlsson (2004) بإجراء مقطع دهليزي لساني وأنسي وحشي وقياس 24 نقطة لتقييم الانطباق الحفافي والداخلي وذلك بقياس 8 نقاط عند منتصف الجدران المحورية و8 نقاط عند منتصف المنطقة الإطباقية.

طريقة فحص الانطباق الحفافي:

تمَّ استخدام طريقة المعاينة المباشرة Direct View باستخدام المجهر الالكتروني الماسح في قياس الفرجة الحفافية، حيث تمَّ قياس 5 نقاط تبعد كل نقطة عن الأخرى حوالي 200-250 ميكرون عند

منتصف السطوح الدهليزية واللسانية والأنسية والوحشية على امتداد 1.5 ملم، وتمَّ قياس الفرجة الحفافية بعد الإلصاق بنفس الطريقة السابقة.

تمَّ تثبيت العينات قبل الإلصاق باستخدام جهاز تثبيت مزود ببرغي، حيث تمَّ شد البرغي بمقدار نصف دورة بعد تماسه بقاعدة التوأم (منديلي، 2009)، وكذلك بعد الإلصاق تمَّ استخدام نفس الجهاز السابق من أجل الحفاظ على وضعية القياس نفسها.

قامت العديد من الدراسات بقياس الفرجة الحفافية باستخدام المجهر الالكتروني وكانت تقيس نقطة أو أكثر بمنتصف كل سطح من السطوح السنية الأربعة.

استخدم Chaffee *et al.* (1991) المجهر الالكتروني وأُجريت القياسات عند منتصف الحافة الدهليزية واللسانية على امتداد 1 ملم، كما قام النجار (2011) بقياس الفرجة الحفافية عند منتصف السطوح السنية الأنسية والوحشية بالإضافة إلى منطقتين في طرفي السطح قبل منطقة الزاوية المحورية.

أما بالنسبة للدراسات التي استخدمت المجهر الضوئي فتراوحت نقاط القياس من 4 نقاط إلى أكثر من 100 نقطة للتاج الواحد.

استخدم Gonzalo *et al.* (2009) المجهر الضوئي بتكبير ×50 وقام بقياس 60 نقطة ضمن 1.5 ملم في منتصف السطوح السنية الدهليزية واللسانية بمسافة 50 ميكرون بين كل نقطة قياس وأخرى، كما استخدم Holden *et al.* (2008) المجهر الضوئي بتكبير ×45 لتقييم الانطباق الحفافي وقام بقياس 3 نقاط في منتصف السطوح الدهليزية واللسانية والأنسية والوحشية ، وبذلك حصل على 12 نقطة لكل سن، وكذلك استخدم Pak *et al.* (2010) المجهر الضوئي بتكبير ×200 وقاس 50 نقطة على طول المحيط السني، بينما استخدم Kokubo *et al.* (2010) و Riche *et al.* (2005) و Coli & Karlsson

(2004) تقنية النسخة المطابقة ومن ثم قياس الفرجة الحفافية باستخدام المجهر الضوئي، وتراوحت عدد القياسات من 4-8 نقاط في منتصف السطوح السنية.

2.4 مناقشة نتائج البحث

1.2.4 قيم المسافة الداخلية:

كان المتوسط الحسابي للمسافة الجدارية المحورية بالنسبة للمجموعات الأربع (مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بمقدار 70 ميكرون، مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بمقدار 50 ميكرون، مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بمقدار 30 ميكرون، مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة) بمقدار (25، 20، 24، 52) µm على التوالي، بينما كان المتوسط الحسابي للمسافة الإطباقية بمقدار (209، 202، 252، 347) µm على التوالي. أظهرت مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة مسافة داخلية (محورية وإطباقية) أكبر من باقي المجموعات، بينما لم تكن هناك فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعات الثلاث الأولى.

بملاحظة نتائج هذه الدراسة نجد أن تأمين مسافة للاسمنت باستخدام مادة فاصلة أو باستخدام ثخانة افتراضية متماثلة بالنسبة لنظام CAD/CAM لم يُعطِ الثخانة الداخلية المطلوبة أو ثخانة متماثلة، قد يكون السبب بأنها لم تكن العامل الأساسي في تصحيح التشوهات الحاصلة أثناء إجراءات تصنيع التعويض الثابت، فمثلاً قد تكون زاوية التحضير غير كافية من أجل تأمين إجراء عملية المسح الضوئي بشكل دقيق، ما أدّى إلى تصميم قالب زيركوني ذو مسافة داخلية غير متماثلة، وقد ذكر ذلك Iwai *et al.* (2008) ووضح بأن دقة عملية المسح الضوئي تتأثر بزاوية التحضير، فعندما تكون زاوية التحضير غير ملائمة لعملية المسح الضوئي، تنتقل النقاط بشكل غائم إلى برنامج التصميم

وبذلك يتم التصنيع وفق هذه النقاط، ما قد يؤثر على دقة تأمين المسافة الداخلية، ويؤدي إلى خلق نقاط تماس مبكّر ما بين السطح الداخلي للتعويض وسطح السن المحضر، أو قد يكون لنوع السن المحضر (ثنية، ضاحك، رحى)، أو لارتفاع السن المحضر أثر في دقة عملية المسح الضوئي، وبالتالي أدى ذلك إلى التباين في مقدار المسافة الداخلية وعدم تأمين ثخانة متماثلة، كما قد يكون التقلص التصلبي نتيجة تلبيد قوالب الزيركونيا الملبدة جزئياً غير متماثل في كامل محيط السن المحضر ما أدى إلى تباين في المسافة الداخلية المُقدّرة لاسمنت الإلصاق، بالإضافة إلى أن نوع النظام المستخدم يعطي اختلافات واسعة في مقدار الانطباق الداخلي. تحتاج كل هذه العوامل إلى المزيد من الدراسات لتقصي أثرها في تحسين تأمين المسافة الداخلية.

مقدار الثَّخانة الافتراضيَّة المثالية:

ينبغي أن تكون الثَّخانة مناسبة للسّماح بزيادة انطباق التعويض ولكن بشكل غير زائد بحيث لا يسبب وجود ثخانة زائدة من الاسمنت (Kaufman *et al*., 1961)، ومن أجل نتيجة مثالية ينبغي أن تكون ثخانة المادَّة الفاصلة متماثلة (Psillakis *et al*., 2001).

بالنسبة للقيم المذكورة من أجل تأمين الانطباق الحفافي، فقد ذكر Hollenback (1928) أنه من الضروري وجود مسافة 25 µm على الأقل في الجدران المحورية من أجل تحسين الانطباق، وإن لم تُحقق هذه المسافة فستتجاوز مقدار الفرجة الحفافية 100 µm، واعتبر Fusayama (1964) أن الثَّخانة الأقل من 30 µm غير مقبولة وقد تُسبِّب عدم انطباق التعويضات ولذلك استخدم ثخانة بمقدار 40 µm، وذكر Grajower *et al.* (1989) أن زيادة ثخانة المادَّة الفاصلة لأكثر من 70 µm لا يُحسِّن من الفرجة الحفافية لأقل من 38 µm.

أما بالنسبة للقيم المذكورة من أجل تحسين الثبات، فقد ذكر Jorgensen & Esbensen (1968) أن ثخانة 20-140 µm لها أثر محدود على الثبات، وذكر Eliasson & Lund (1974) و Eames *et al.* (1978) أن ثخانة 25 µm هي الثَّخانة المثالية لتحسين الثبات

أما بالنسبة للمسافة الملائمة لاسمنت الإلصاق المستخدم فقد ذكر Wu & Wilson (1994) بأنه لا ينبغي للمسافة الداخلية أن تقل عن 30 µm من أجل الإلصاق بالاسمنت الراتنجي، ولا تقل عن 40 µm من أجل الإلصاق باسمنت فوسفات الزنك.

أما بالنسبة للدراسات التي تناولت المسافة الداخلية المقبولة من أجل التعويضات الخزفية الكاملة، فقد ذكرت دراسة Rekow & Harsono (2006) بأن مسافة 80 µm في المنطقة الإطباقية مناسبة من أجل تحسين الخصائص الميكانيكية لقوالب الزيركونيا، وذكرت دراسة Rekow & Thompson (2005) بأن انخفاض دقة المسافة الداخلية تزيد من خطورة انكسار الخزف المغطي، كما أظهرت دراسة Tuntiprawon & Wilson (1995) بأن التيجان الخزفية ذات الأساس الزجاجي تظهر مقاومة ضغط أعلى عندما تكون المسافة الجدارية المحورية 73 µm، بينما تنخفض المقاومة في حال زادت المسافة عن 122 µm.

وقد اقترح Gegauff & Holloway (2006) بأن يكون البعد المثالي لاسمنت الإلصاق ما بين 20-40 µm لكل جدار، وبذلك يكون التاج الكامل أعرض من قطر السن المحضر بحوالي 40-80 µm، فلا يمكن أن يستقر المثال المصبوب أثناء الإلصاق في حال كانت المسافة ضيقة جداً، وذلك بسبب الضغط الهيدروليكي الناشئ نتيجة لزوجة عامل الإلصاق، بحيث لا يستطيع الهروب من خلال الانفتاح الضيق بين التاج والسن المحضر عند استقرار التعويض، وبالمقابل يقل ثبات التعويض إذا

كانت المسافة عريضة جداً، بالإضافة لصعوبة السيطرة على التعويض أثناء مرحلة التجربة والتعديل الإطباقي.

وقد اعتمد Iwai *et al.* (2008) في دراسته مسافة بمقدار 50-100 µm كمسافة داخلية مقبولة سريرياً بالنسبة لقوالب الزيركونيا المصنعة وفق نظام CAD/CAM، وكذلك اعتبر Bindl & Mormann (2005) مسافة داخلية بمقدار 50-135 µm ملائمة من أجل التعويضات الخزفية الكاملة المصنعة وفق نظام CAD/CAM.

وبالنظر إلى نتائج هذه الدراسة ومقارنتها مع المسافة الداخلية الملائمة من أجل التعويضات الخزفية 50-135 µm، يُلاحظ بأن المسافة الجدراية المحورية للمجموعات الثلاث الأولى كانت أقل من 50 µm، وهذا قد يكون السبب في زيادة الفرجة الحفافية بعد الإلصاق، بينما كانت المسافة الجدارية المحورية لمجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة ضمن الحدود المقبولة.

أما المسافة الإطباقية فكانت أكبر من 135 µm في المجموعات الأربع، وذلك سوف يسبب زيادة غير مرغوبة في ثخانة الاسمنت في المنطقة الإطباقية، ما قد يؤدي إلى حدوث اهتراء تالي للاسمنت (Leinfelder *et al.*, 1989) وانخفاض في مقاومة الكسر (Tuniprawon & Wilson, 1995) وفي قيم الثبات للتعويض (Marker *et al.*, 1987).

بمقارنة نتائج هذه الدراسة مع الدراسات السابقة، يُلاحظ بأنها اتفقت مع دراسة Iwai *et al.* (2008) والذي قارن بين ثلاث ثخانات افتراضية للاسمنت (10، 30، 60) ميكرون، ولم يجد فروق ذات دلالة إحصائية بين الثخانات الثلاث في حال كانت زاوية التحضير 12 °، وكان متوسط قيم المسافة الداخلية للمجموعات الثلاث (56.2، 59.9، 62.8) µm على التوالي، ولكن كانت قيم المسافة الداخلية

في دراسة Iwai *et al.* أكبر من قيم المسافة الجدارية المحورية في هذه الدراسة. قد يكون السبب اختلاف النظام المستخدم Cercon، بالإضافة إلى أنه لم يميز ما بين المسافة الداخلية حسب منطقة القياس (جدارية محورية، إطباقية)، بينما تمَّ في هذه الدراسة حساب كلاً من متوسط المسافة الجدارية المحورية والمسافة الإطباقية كل على حدة وهذا قد يفسر نتيجة التباين في مقدار المسافة الداخلية.

كما اتفقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة Nakamura *et al.* (2005) من حيث أنه لم يكن هناك فروقات في المسافة الداخلية عند استخدام ثلاث ثخانات افتراضية (10، 30، 50) ميكرون وكان المتوسط الحسابي للمسافة الداخلية للمجموعات الثلاث (136، 141، 146) µm على التوالي، أيضاً كانت قيم المسافة الداخلية أكبر من قيم المسافة الجدارية المحورية التي ظهرت في هذه الدراسة، قد يكون السبب اختلاف طريقة المسح الضوئي، حيث لم يقم الباحث بصنع الطبعات وصبها بعد تحضير الأسنان، بل تمَّت عملية المسح بصنع طبعة ضوئية Optical Impression للأسنان المحضرة، بالإضافة لاختلاف مقدار التقلص نتيجة التلبيد باختلاف النظام المستخدم، فقد ذكر Nakamura *et al.* عدم حدوث تقلص نتيجة التلبيد الحراري للمواد الخزفية المصنعة وفق نظام Cerec 3، بينما تصل نسبة التقلص لقوالب الزيركونيا المستخدمة في هذه الدراسة إلى 25%، وبالمقابل فلم يُميِّز Nakamura *et al.* المسافة الداخلية حسب منطقة القياس (جدارية محورية، إطباقية) وهذا يفسر نتيجة زيادة قيم المسافة الداخلية عن قيم الدراسة الحالية، ويبين الجدول (1.4) قيم متوسطات المسافة الداخلية في الدراسة الحالية وفي الدراسات السابقة.

بالنسبة لمجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة اتفقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة كل من Campangi *et al.* (1982)، و Oliva *et al.* (1988) من حيث أن تطبيق المادَّة الفاصلة لا يزودنا

بثخانة متماثلة واختلفت مع دراسة Oliva *et al.* (1988) بأن المنطقة الأقل ثخانة لم تكن في منطقة ذرى الحدبات بل كانت عند الجدران المحورية، وكذلك الحال بالنسبة للمجموعات الثلاث الأخرى، قد يكون السبب هو اختلاف طريقة التصنيع، واختلاف مادة التعويض.

الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت	متوسط المسافة المحورية (µm)			
	Iwai *et al.* (2008)	Nakamura *et al.* (2005)	الدراسة الحالية	
			المسافة الجدارية المحورية	المسافة الإطباقية
10 µm	56.02	136	-	-
30 µm	59.9	141	24.56	252.48
50 µm	-	146	20.92	202.06
60 µm	62.8	-	-	-
70µm	-	-	25.02	209.27
تطبيق يدوي للمادَّة الفاصلة	-	-	52.89	347.04

جدول (1.4): يبين مقدار المسافة الجدارية المحورية في الدراسة الحالية وفي دراسة *Iwai et al.* و*Nakamura et al.*

2.2.4 قيم الفرجة الحفافية قبل الإلصاق:

كان المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق بالنسبة للمجموعات الأربع (مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بمقدار 70 ميكرون، مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بمقدار 50 ميكرون، مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بمقدار 30 ميكرون، مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة) بمقدار (46 -22 -35 -33) µm على التوالي.

أظهرت مجموعة ثخانة 70 ميكرون فرجة حفافية أكبر من مجموعة ثخانة 50 ميكرون، بينما لم يكن هناك فروق ذات دلالة إحصائية عند المقارنة الثنائية بين المجموعات الأخرى.

عند مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع نتائج الدراسات السابقة، يُلاحظ بأنها اتفقت مع دراسة Nakamura *et al.* (2005)، حيث قارن بين ثلاث ثخانات افتراضية للاسمنت (10، 30، 50) ميكرون لقوالب الزيركونيا المصنعة وفق نظام Cerec 3، وذكر بأن الفرجة الحفافية تزداد في حال كانت الثَّخانة الافتراضيَّة 10 ميكرون (95 µm)، بينما لم يجد فروق دالة بين مجموعتي 30 و50 ميكرون (55-53) µm.

اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة Iwai *et al.* (2008) والتي ذكرت بأن مجموعة 60 ميكرون أظهرت فرجة حفافية (30.4) µm أقل من مجموعة 10 & 30 ميكرون (40.9, 43.4) µm. يعود سبب الاختلاف إلى اختلاف النظام المستخدم Cercon، واختلاف ثخانات الاسمنت الافتراضيَّة المستخدمة، بالإضافة لاختلاف طريقة العمل فقد قام Iwai *et al.* بتصنيع توأم فولاذي اسطواني الشكل بشكل يشابه شكل التحضير السني، لكن مع غياب الشكل التشريحي للسن الطبيعية، بينما في هذه الدراسة تمَّ تحضير النموذج الشمعي بشكل يشابه تحضير الأسنان الطبيعية ما يجعل نتائج هذه الدراسة أكثر قرباً للواقع السريري، كما كانت طريقة قياس الفرجة الحفافية في دراسة Iwai *et al.* باستخدام تقنية النسخة المطابقة بينما كانت طريقة القياس في الدراسة الحالية باستخدام المعاينة المباشرة، ولكن اتفقت هذه الدراسة مع دراسة Iwai *et al.* من حيث أن الانطباق الحفافي لقوالب الزيركونيا المصنّعة في جميع المجموعات كانت ضمن المعدّل المقبول سريرياً (< 120 µm)، ويبين الجدول (2.4) قيم متوسطات الفرجة الحفافية قبل الإلصاق في الدراسة الحالية وفي الدراسات السابقة.

الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت	متوسط الفرجة الحفافية قبل الإلصاق (µm)		
	Iwai *et al.*	Nakamura *et al.*	الدراسة الحالية
10 µm	43.4	95	-
30 µm	40.9	53	35.40
50 µm	-	55	22.24
60 µm	30.4	-	-
70µm	-	-	46.67
تطبيق يدوي للمادَّة الفاصلة	-	-	33.96

جدول (2.4): يبين مقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق في الدراسة الحالية وفي دراسة *Iwai et al.* و*Nakamura et al.*.

3.2.4 قيم الفرجة الحفافية بعد الإلصاق:

كان المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق بالنسبة للمجموعات الأربع (مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بمقدار 70 ميكرون، مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بمقدار 50 ميكرون، مجموعة الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بمقدار 30 ميكرون، مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة) بمقدار (153، 111، 101، 129) µm على التوالي، وكان هناك فروق ذات دلالة إحصائية بين مجموعة ثخانة 70 ميكرون وكلاً من مجموعة ثخانة 50 ميكرون ومجموعة ثخانة 30 ميكرون على حدة، بينما لم يكن هناك فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعات المدروسة المتبقية.

على حد علم الباحثة لم يكن هناك دراسات مشابهة قارنت بين أثر اختلاف الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت على الانطباق الحفافي بعد الإلصاق.

أظهرت نتائج هذه الدراسة بأن لاسمنت الإلصاق أثر واضح في زيادة مقدار الفرجة الحفافية، وكان هناك فروق ذات دلالة إحصائية لمقدار الفرجة الحفافية قبل وبعد الإلصاق في المجموعات الأربع المدروسة، كما أظهرت النتائج أن مقدار التغير في مقدار الفرجة الحفافية كان لدى مجموعة 70

ميكرون أكبر من مجموعة 30 ميكرون في كل من السطح الدهليزي والأنسي، على الرغم من عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين مقدار الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت ما بين المجموعتين، وكان مقدار التغير لمجموعة 50 ميكرون في السطح اللساني أكثر من السطح الأنسي والوحشي، قد يكون ذلك نتيجة أن متوسط الثَّخانة الافتراضيَّة في المقطع الدهليزي اللساني أقل من متوسط الثَّخانة الافتراضيَّة في المقطع الأنسي الوحشي، على الرغم من أن ذلك لم يكن ظاهراً لدى مجموعة 30 ميكرون والتي كان لديها فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط الثَّخانة الافتراضيَّة بين المقطع الدهليزي اللساني والأنسي الوحشي، قد يعود السبب إلى التباين الواسع في نقاط القياس في مقدار المسافة الداخلية للقوالب الزيركونية، وعدم وجود مسافة داخلية متماثلة، وبالتالي فإن قياس أربع نقاط فقط في المسافة الجدارية المحورية قد لم يكن كاف لمعرفة الثَّخانة الحقيقية الحاصلة.

بالنسبة للاسمنت المستخدم فقد ذكرت الشركة المصنِّعة له بأن أقل ثخانة ممكنة نحصل عليها عند استخدام هذا النوع هي 15 µm، ومع أن المتوسط الحسابي بالنسبة للمجموعات الثلاث الأولى أكثر من 15 µm، لكن كان الحد الأدنى للنقاط المقاسة أقل من القيمة المذكورة (جدول 2.3)، بالإضافة لوجود نقاط تماس مبكر في المجموعات الثلاث، وذلك قد يمنع من تأمين المسافة المطلوبة للاسمنت المستخدم ما يُسبِّب عدم الوصول للانطباق الحفافي الجيد، وبالمقابل فإن متوسط المسافة التي أمنتها مجموعة تطبيق المادَّة الفاصلة يدوياً أكبر من المجموعات الثلاث في الجدران المحورية وتسمح بتأمين أقل ثخانة ممكنة للاسمنت المستخدم، لكنها لم تُظهر تفوُّق في تحسين الانطباق الحفافي بعد الإلصاق، حتى أنه لم يكن هناك فروق ذات دلالة إحصائية بين مقدار التغير في الفرجة الحفافية ما بين مجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة وما بين المجموعات الأخرى، قد يعود السبب إلى عدم

استطاعة الاسمنت المستخدم الوصول للثَّخانة الأصغرية التي زودتنا بها الشركة، أو لأن التوائم الجبسية قد لا تعكس البنية التشريحية للسن بحيث لا يندخل الاسمنت بشكل مشابه لاندخاله ضمن الأقنية العاجية للسن الطبيعي، بالإضافة إلى التباين الواسع في مقدار المسافة الداخلية للقوالب الزيركونية في نقاط القياس.

بمقارنة نتائج هذه الدراسة مع الدراسات السابقة، يُلاحظ بأنها اتفقت مع دراسة Wolfart *et al.* (2003) والذي ذكر بأن الفرجة الحفافية تزداد بوجود اسمنت الإلصاق بالنسبة للتيجان.

اختلفت نتائج هذه الدراسة مع دراسة Gonzalo *et al.* (2009) والذي ذكر عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية قبل وبعد الإلصاق عند استخدام ثلاثة أنظمة CAD/CAM وذكر أن السبب في عدم وجود فروق في زيادة الفرجة الحفافية هو أن ثخانة افتراضية بمقدار 50 ميكرون ملائمة من أجل تأمين مسافة لعامل الإلصاق، قد يكون السبب نتيجة اختلاف الأنظمة المستخدمة Lava , Procera, VITA In-Ceram، بالإضافة لاختلاف تصميم التحضير فقد استخدم Gonzalo *et al.* قوالب لضاحك ورحى مصنعة باستخدام الفولاذ الاسطواني الشكل بدون تصميم البنية التشريحية للسن المحضر، بالإضافة لاختلاف نوع الاسمنت الزجاجي الشاردي المستخدم Ketac Cem Easymix.

كما اختلفت نتائج هذه الدراسة مع دراسة Quintas *et al.* (2004) والذي ذكر أنه بالرغم من زيادة الفرجة الحفافية بعد الإلصاق، لكن لم يكن هناك فروق ذات دلالة إحصائية لمقدار الفرجة الحفافية قبل وبعد الإلصاق، كما ذكر بأن النظام المستخدم هو العامل الأكثر أهمية في الحصول على انطباق حفافي جيد، بغض النظر عن نوع الاسمنت المستخدم أو شكل التحضير المستخدم، قد يكون سبب الاختلاف هو اختلاف المادَّة المستخدمة، واختلاف نوع الاسمنتات المستخدمة (الاسمنت

الراتنجي واسمنت فوسفات الزنك والاسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج)، بالإضافة إلى اختلاف النظام المستخدم Procera-Empress II- Inceram.

مقدار الفرجة الحفافية المقبولة سريرياً:

أصبح من المسلّم به وجود فرجة حفافية بين السن المحضر والتعويض المصبوب، وكان هناك نهج من الدراسات حول مقدار الفرجة الحفافية المقبولة سريرياً بحيث لا تسبب فشل في التعويضات الثابتة، وقد ذكر Hunter & Hunter (1990) بأنه لا يوجد موافقة على مقدار الفرجة الحفافية المقبولة سريرياً، فقد تراوحت البيانات المنشورة حول مقدار الفرجة الحفافية المقبولة سريرياً ما بين 30-200 µm (Dedmon, 1982).

ذكر Christensen (1966) بأن أقل فرجة حفافية حصل عليها كانت بمقدار 39 µm، ونتيجة لهذه الدراسة بين Palomo & Peden (1976) أن متوسط قيم الفرجة الحفافية في دراسة Christensen كانت 74 µm وعليه فإنه ينبغي أخذ هذه القيمة بعين الاعتبار كفرجة حفافية مقبولة سريرياً، بينما ذكر McLean & Von Fraunhofer (1972) أن وجود تباين بمقدار 0.1 ملم هو أمر طبيعي واعتبرا أن مقدار الفرجة الحفافية المقبولة سريرياً هي أقل من 120 µm وذلك نتيجة لمراقبة سريرية لألف تعويض امتدت لفترة خمس سنوات، وقد اعتمدت معظم الدراسات هذه القيمة كمعيار أساسي في رفض أو قبول الفرجة الحفافية (Beuer *et al.*, 2008; Iwai *et al.*, 2008; Gonzalo *et al.*, 2005). وأكد Kashani *et al.* (1981) أن الفرجة الحفافية التي تزيد عن 100 µm هي فرجة غير مقبولة سريرياً، وأوصى Pameijer & Kikutake (1985) بأن تكون الفرجة الحفافية أقل من 40 µm، بينما ذكر Hung *et al.* (1990) أن الفرجة المقبولة سريرياً تتراوح ما بين 50-75 µm، وكذلك اعتبر

Weaver *et al.* (1991) أن الفرجة المقبولة ما بين 60-80 µm، وأكد Jacobs *et al.* (1991) بأن الفرجة الحفافية الأكثر من 75 µm هي فرجة غير مقبولة سريرياً، بينما اعتبر Ostlund (1985) بأن الفرجة الحفافية المقبولة ينبغي أن تكون أقل من 50 µm في حال كانت الحواف تحت اللثة. وبالمقابل فقد ذكر Gulker (1985) أنه حتى في التعويضات الجيدة عرضت فرجة حفافية بمقدار 200 µm.

وبالاعتماد على المعيار المستخدم في معظم الدراسات كمعيار مقبول سريرياً (< 120 µm) يُلاحظ بأن نتائج الفرجة الحفافية قبل الإلصاق كانت مقبولة سريرياً بالنسبة للمجموعات الأربع المدروسة وتراوحت ما بين (22-46) µm، وازدادت بشكل واضح بعد الإلصاق وتراوحت ما بين (101-153) µm، لكنها بقيت في كلاً من مجموعة ثخانة 50 و30 ميكرون ضمن المعدّل المقبول سريرياً، بينما خرجت في كلاً من مجموعة ثخانة 70 ميكرون ومجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة عن المعدّل المقبول سريرياً.

قد يعود سبب زيادة الفرجة الحفافية بعد الإلصاق بالنسبة للمجموعات الأربع إلى نوع الاسمنت المستخدم بحيث لم يتمكن من تأمين ثخانة أصغرية ما بين التعويض والمثال الجبسي، كما قد يكون لانخفاض مقدار المسافة الجدارية المحورية المُقدَّرة للاسمنت بسبب عدد من العوامل والتي ينبغي دراستها من أجل السيطرة على الثَّخانة الافتراضيَّة مثل نوع السن المحضر، وزاوية التحضير، وارتفاع السن المحضر، وعملية التلبيد.

الفصل الخامس: الاستنتاجات

Chapter 5: Conclusions

بعد دراسة نتائج البحث ومناقشتها، وضمن معطيات هذه الدراسة، نستنتج ما يلي:

1. لم تتأثر المسافة الداخلية لقوالب الزيركونيا المصنعة وفق نظام CAD/CAM تأثراً ذا دلالة إحصائية بتغير الثَّخانة الافتراضيَّة (70، 50، 30) µm، بينما كانت المسافة الداخلية لمجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة أكبر من المسافة الداخلية للمجموعات الثلاث.
2. أظهرت مجموعة ثخانة 50 ميكرون انطباق حفافي أفضل من مجموعة ثخانة 70 ميكرون قبل الإلصاق.
3. أظهرت مجموعة ثخانة 50 و 30 ميكرون انطباق حفافي أفضل من مجموعة ثخانة 70 ميكرون بعد الإلصاق بالاسمنت الزجاجي الشاردي.

الفصل السادس: المقترحات والتوصيات

Chapter 6: Suggestions & Recommendation

المقترحات:

1. إجراء المزيد من الدراسات لمعرفة العوامل التي تؤثر على تأمين المسافة الداخلية النموذجية مثل طول السن المحضَّر والتقلُّص التصلُّبي نتيجة التلبيد.
2. إجراء دراسة لمعرفة أثر أنواع مختلفة من الاسمنت عند اختلاف الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت على الانطباق الحفافي والداخلي لقوالب الزيركونيا المصنَّعة وفق نظام CAD/CAM.
3. إجراء دراسة لمعرفة أثر اختلاف الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت على ثبات ومقاومة قوالب الزيركونيا المُصنَّعة وفق نظام CAD/CAM.

التوصيات:

من أجل تأمين انطباق حفافي جيد لقوالب الزيركونيا المصنَّعة وفق نظام CAD/CAM، نوصي باستخدام مسافة 30 ميكرون أو مسافة 50 ميكرون، وذلك عند التحضير وفق زاوية 12°، والإلصاق بالاسمنت الزجاجي الشاردي.

الفصل السابع: المراجع

Chapter 7: References

- Andersson M, Oden A. "A new all-ceramic crown: a dense-sintered, high purity alumina coping with porcelain". **Acta Odonto Scand**, 1993, 51: 59-64. As cited by: Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. "A review of dental CAD/CAM: Current status and future perspectives from 20 years of experience". **Dent Mater J**, 2009, 28: 44-56.
- Assif D, Antopolski B, Helft M, Kaffe I. "Comparison of methods of clinical evaluation of marginal fit of complete cast crowns". **J Prosthet Dent**, 1985, 54: 20-4.
- Att W, Komine F, Greds T, Strub JR. "Marginal adaptation of three different zirconium dioxide three-unit and metal frameworks for fixed partial dental prostheses". **J Prosthet Dent**, 2009, 102: 378-84.
- Ayad MF. "Effect of the crown preparation margin and die type on the marginal accuracy of fiber-reinforced composite crowns". **J Contemp Dent Pract**, 2008, 9: 9-16.
- Ayad MF. "Effects of tooth preparation burs and luting cement types on the marginal fit of extracoronal restorations". **J Prosthodont**, 2009, 18: 145-51.
- Bassett R, Stauts BM. "Evaluation of electrochemical milling (stripping) versus etching with aqua regia". **J Calif Dent Assoc**, 1966, 34:478. As cited by: Campagni WV, Preston JU, Krisbeck MH. "Measurement of paint-on die spacer used for casting relief". **J Prosthet Dent**, 1982, 47, 606-11.
- Beuer F, Edelehoff D, Grenet W, Naumann M. "Effect of preparation angles on the precision of zirconia crown copings fabricated by CAD/CAM system". **Dent Mater J**, 2008, 27: 814-20.
- Bindl A, Mormann H. "Marginal and internal fit of all-ceramic CAD/CAM crown-copings on chamfer preparations". **J Oral Rehabil**, 2005, 32:441-7.

- Boening KW, Wolf BH, Schmidt AE, Kästner K, Walter MH. "Clinical fit of Procera AllCeram crowns". **J Prosthet Dent**, 2000, 84: 419-24.
- Campagni WV, Preston JU, Krisbeck MH. "Measurement of paint-on die spacer used for casting relief". **J Prosthet Dent**, 1982, 47: 606-11.
- Campagni WV, Wright W, Martinoff JT. "Effect of die spacer on the seating of complete cast gold crowns with grooves". **J Prosthet Dent**, 1986, 55: 324-8.
- Campbell SD. "Comparison of conventional paint-on die spacers and those with the all-ceramic restorations". **J Prosthet Dent**, 1990, 62: 151-5.
- Cardoso M, Torres MF, Rego MR, Santlago LC. "Influence of application site of Provisional cement on the marginal adaptation of provisional Crowns". **J Appl Oral Sci**, 2008, 16: 214-8.
- Carter SM, Wilson PR. "The effect of die-spacing on crown retention". **Int J Prosthodont**, 1996, 9: 21-9. As cited by: Carter SM, Wilson PR. "The effect of die-spacing on post-cementation crown elevation and retention". **Aust Dent J**, 1997, 42, 3: 192-8.
- Carter SM, Wilson PR. "The effect of die-spacing on post-cementation crown elevation and retention". **Aust Dent J**, 1997, 42: 192-8.
- Chafee NR, Lund PS, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM. "Marginal adaptation of porcelain margins in metal ceramic restorations". **Int J Prosthodont**, 1991, 4: 508-16.
- Cherkasski B, Wilson PR. "The effect of oscillation, low seating force and dentine treatment on pulpward pressure transmission during cementation: A laboratory study". **J Oral Rehabil**, 2003, 30: 957-963.
- Chevalier J, Cales B, Drouin M. "Low temperature ageing of Y-TZP ceramics". **J Am Ceram Soc**, 1999, 82: 2150-4.

- Chevalier J, Gremillard L, Virkar VA, Clarke RD. "The tetragonal monoclinic transformation in zirconia: Lessons learned and future trends". **J Am Ceram Soc**, 2009, 92: 1901–20.
- Christensen GJ. "Marginal fit of gold inlay castings". **J Prosthet Dent**, 1966, 16: 297-305. As cited by: Gardner M. "Margins of complete crowns-Literature review". **J Prosthet Dent**, 1982, 48: 396-400.
- Coli P, Karlsson S. "Fit of a new pressure-sintered zirconium dioxide coping". **Int J Prosthodont**, 2004, 17: 59-64.
- Dauskardt RH, Yu W, Ritchie RO. "Fatigue crack propagation in transformation-toughened zirconia ceramic". **J Am Ceram Soc**, 1987, 70: CS248-52.
- Dedmon H. "Disparity in expert opinions on size of acceptable margin openings". **Operative Dent**, 1982, 7: 97-101. As cited by: Boeckler AF, Sadler A, setz A. "The significance of marginal gap and overextension measurement in the evaluation of the fit of complete crowns". **J Contemp Dent Pract**, 2005, 4:1-12
- Denry I, Holloway JA. "Ceramics for dental applications: A review". **Materials J**, 2010, 3: 351-68.
- Denry I, Kelly JR. "State of the art of zirconia for dental applications". **Dent Mater J**, 2008, 24: 299-307.
- Denry IL. "All-Ceramic Restoration". In: Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. "**Contemporary Fixed Prosthodontics**". 4th Ed, Mosby Elsevier, St.Louis, 2006: 774-5.
- Deville S, Chevalier J, Gremillard L. "Influence of surface finish and residual stresses on the ageing sensitivity of biomedical grade zirconia". **Biomaterials**, 2006, 27: 2186-92.

- Duret F, Preston JD. "CAD/CAM imaging in dentistry". **Curr Opin Dent**, 1991, 1: 150-4. As cited by: Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. "A review of dental CAD/CAM: Current status and future perspectives from 20 years of experience". **Dent Mater J**, 2009, 28: 44-56.
- Eames WB, O'Neal SJ, Moniier OJ, Miller C, Roan JD, Cohen KS. "Techniques to improve seating of castings". **J Am Dent Assoc**, 1978, 96:432-7. As cited by: Carter SM, Wilson PR. "The effect of die-spacing on post-cementation crown elevation and retention". **Aust dent J**, 1997, 42, 3: 192-8.
- Eliasson ST, Lund MR. "Improving marginal fit through finishing procedures". **J Indian State Dent Assoc**, 1974, 53:13. As cited by: Campagni WV, Preston JU, Krisbeck MH. "Measurement of paint-on die spacer used for casting relief". **J Prosthet Dent**, 1982, 47: 606-11.
- Fakiha ZA, Muenighoff LA, Leinfelder KF. "Rapid mixing of zinc phosphate cement for fixed prosthodontics procedures". **J Prosthet Dent,** 1992, 67: 52-8.
- Farrrell CV, Johnson GH, Oswald M, Tucker RD. "Effect of cement selection and finishing technique on marginal opening of cast gold Inlays". **J Prosthet Dent**, 2008, 99: 287-92.
- Fusayama T, Ide K, Hosada H. "Relief of resistance of cement of full cast crowns". **J Prosthet Dent**, 1964, 14: 95-106.
- Fusayama T, Ide K, Kurosa A, Hosada H. "Cement thickness between cast restorations and preparation walls". **J Prosthet Dent**, 1963, 13:354. As cited by: Campagni WV, Preston JU, Krisbeck MH. "Measurement of paint-on die spacer used for casting relief". **J Prosthet Dent**, 1982, 47: 606-11.

- Gavelis JR, Morency JD, Riley ED, Sozio RB. "The effect of various finish line preparations on the marginal seal and occlusal crown preparations". **J Prosthet Dent**, 1981, 45: 138-45.
- Gegauff AG, Holloway JA. "Wax Pattern". In: Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. "**Contemporary Fixed Prosthodontics**". 4th Ed, Mosby Elsevier, St.Louis, 2006: 556-9.
- Gegauff AG, Rosenstiel SF. "Reassessment of die-spacer with dynamic loading during cementation". **J Prosthet Dent**, 1989, 61: 655-8.
- Gonzalo E, Suarez MJ, Serrano B, Lozano JFL. "A comparison of the marginal vertical discrepancies of zirconium and metal prostheses before and after cementation". **J Prosthet Dent**, 2009, 102: 378-83.
- Grajower R, Lewinstein I, Zelster C. "The effective minimum cement thickness of zinc phosphate cement for luted non precious crowns". **J Oral Rehabil**, 1985, 12: 235-45.
- Grajower R, Lewinstein I. "A mathematical treatise on the fit of crown castings". **J Prosthet Dent**, 1983, 49: 663-73. As cited by: Hunter AJ, Hunter AR. "Gingival margins for crowns: A review and discussion, Part II: Discrepancies and configurations". **J prosthet Dent**, 1990, 64: 636-42.
- Grajower R, Zuberi Y, Lewinstein I. "Improving the fit of crowns with die spacers". **J Prosthet Dent**, 1989, 61: 555-63.
- Gravie RC, Hannink RH, Pascoe RT. "Ceramic steel?". **Nature**, 1975, 258, 703-4. As cited by: Hannink RH, Kelly RM, Muddle BC. "Transformation toughening in zirconia-containing ceramics". **J Am Ceram Soc**, 2000, 83: 461-87.

- Grenade C, Mainjot A, Vanheusden A. "Fit of single tooth zirconia copings: Comparison between various manufacturing process". **J Prosthet Dent**, 2011: 249-55.
- Grieve AR. "A study of dental cements". **Br Dent J**, 1969, 127:405. As cited by: Campagni WV, Preston JU, Krisbeck MH. "Measurement of paint-on die spacer used for casting relief". **J Prosthet Dent**, 1982, 47: 606-11.
- Gulker I. "Margins". **N Y State Dent J**, 1985, 51: 213-7. As cited by: Hunter AJ, Hunter AR. "Gingival margins for crowns: A review and discussion, Part II: Discrepancies and configurations". **J prosthet Dent**, 1990, 64: 636-42.
- Hager TS, Gardner FM, Edge MJ. "The effect of selective die spacer placement techniques on the seatability of castings". **J Prosthodont**, 1993, 2: 56-60.
- Hallmann L, Mehl A, Ulmer P, Reusser E, Stadler J, Zenobi R, *et al*. "The influence of grain size on low-temperature degradation of dental zirconia". **J Biomed Mater Res Part B**, 2012, 100B: 447-56.
- Hannink RH, Kelly RM, Muddle BC. "Transformation toughening in zirconia-containing ceramics". **J Am Ceram Soc**, 2000, 83: 461-87.
- Hembree JH, Cooper EW. "Effect of die relief on retention of cast crowns and inlays". **Oper Dent**, 1979, 4: 104-7. As cited by: Gegauff AG, Rosenstiel SF. "Reassessment of die-spacer with dynamic loading during cementation". **J Prosthet Dent**, 1989, 61: 655-8.
- Heuer AH, Kange FF, Swain MV, Evans AG. 'Transformation toughening: An overview". **J Am Ceram Soc**, 1986, 69: i-iv.
- Holden JE, Goldstein GR, Hittelman EL, EdD MA, Clark EA. "Comparison of the marginal fit of pressable ceramic to metal ceramic restorations". **J Prosthodont**, 2009, 18, 645-648.

- Hollenback GM. "A practical contribution to the standardization of casting technique". **J Am Dent Assoc**, 1928, 10:5. As cited by: Campagni WV, Preston JU, Krisbeck MH. "Measurement of paint-on die spacer used for casting relief". **J Prosthet Dent**, 1982, 47, 606-11.
- Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. "Considerations in measurements of marginal fit". **J Prosthet Dent,** 1989, 62: 405-8.
- Hung SH, Hung KS, Eick JD, Chappel BP. "Marginal fit of porcelain fused-to-metal and two types of ceramic crown". **J Prosthet Dent**, 1990, 63: 26-31.
- Hunter AJ, Hunter AR. "Gingival margins for crowns: A review and discussion, Part II: Discrepancies and configurations". **J Prosthet Dent**, 1990, 64: 636-42.
- Ishikiriama A, Vieira DF, Mondelli J. "Influence of some factors on the fit of cemented crowns". **J Prosthet Dent**, 1981, 45: 400-4.
- Iwai T, Komine F, Kobayashi K, Saito A, Matsumura H. "Influence of convergence angle and cement space on adaptiation of zirconium dioxide ceramic copings". **Acta Odonto Scand**, 2008, 66: 214-18.
- Jacobs MS, Windeler AS. "An investigation of dental luting cement solubility as a function of the marginal gap". **J Prosthet Dent**, 1991, 65: 436–42.
- Jergensen KD "Structure of the film of zinc phosphate cements". **Acta Odont Scand**, 1961, 18: 491-501. As cited by: Sorensen JA. "A standardized method for determination of crown margin fidelity". **J Prosthet Dent**, 1990,64: 18-24.
- Jergensen KD. "Structure of the film of zinc phosphate cements". **Acta Odonto Scand**, 1961, 18: 491-501. As cited by: Sorensen JA. "A Standardized method for determination of crown margin fidelity". **J Prosthet Dent**, 1990, 64: 18-24.
- Jorgensen KD, Esbensen AL. "The relationship between the film thickness of zinc phosphate cement and the retention of veneer crowns". **Acta Odonto Scand**, 1968,

26: 169-74. As cited by: Campagni WV, Preston JU, Krisbeck MH. "Measurement of paint-on die spacer used for casting relief". **J Prosthet Dent**, 1982, 47: 606-11.

- Jorgensen KD. "Factors affecting the film thickness of zinc phosphate cements". **Acta Odonto Scand**, 1960, 18:489. As cited by: Schwartz I. "A review of methods and techniques to improve the fit of cast restorations". **J Prosthet Dent**, 1986, 56: 279-83.
- Juntavee N, Millstein PL. "Effect of surface roughness and cement space on crown retention". **J Prosthet Dent**, 1992, 68: 482-6.
- KarataŞlio Ö, KursoĞlu P, Çapa N, KazazoĞl E. "Comparison of the marginal fit of different coping materials and designs produced by computer aided manufacturing systems". **Dent Mater J**, 2011, 30: 97–102.
- Kaufman EG, Colin L, Schlagel E, Coelho DH. "Factors influencing the retention of cemented gold castings: The cementing medium". **J Prosthet Dent**, 1961, 11: 487-92. As cited by: Campagni WV, Preston JU, Krisbeck MH. "Measurement of paint-on die spacer used for casting relief". **J Prosthet Dent**, 1982, 47: 606-11.
- Kim HT, Han JS, YangJH, Lee JB, Kim SH. "The effect of low temperature aging on the mechanical property & phase stability of Y-TZP ceramics". **J Adv Prosthodont**, 2009, 1: 113-7.
- Kokubo Y, Kano T, Sakurai S, Fukushima SH. "Clinical marginal and internal gaps of zirconia all-ceramic crowns". **J Prosthodot Res**, 2010, 55: 40-5.
- Kunii J, Hotta YM, Tamaki Y, Ozawa A, Kobayashi Y, Miyazaki T, *et al*. "Effect of sintering on marginal and internal fit of CAD/CAM-fabricated zirconia frameworks". **Dent Mater J**, 2007, 26: 820-6.
- Leinfelder KF, Isenberg BP, Essig ME. "A new method for generating ceramic restorations: A CAD/CAM system". **J Am Dent Assoc**, 1989, 118: 703-7. As cited

by: Varjao FM, Segalla JCM, Beloti AM, Andrade LEH. "Study on film thickness of four resin cements". **Rev Odontol UNESP**, 2002, 31: 171-7.

- Liu PR. "A panorama of dental CAD/CAM restorative systems". **Compendium**, 2005, 26: 507-13.
- Marker VA, Miller AW, Miller BH, Swepston JH. "Factors affecting the retention and fit of gold castings". **J Prosthet Dent**, 1987, 57: 425-30.
- Mclaren EA, Cao PT. "Ceramics in dentistry-Part I: Classes of materials". **Inside Dentistry**, 2009: 94-103.
- McLean JW, Van Fraunhofer JA. "The estimation of cement film thickness by an in vivo technique". Br Dent J, 1971, 131: 107-11. As cited by: Coli P, Karlsson S. "Fit of a new pressure-sintered zirconium dioxide coping". **Int J Prosthodont**, 2004, 17: 59-64.
- Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. "A review of dental CAD/CAM: Current status and future perspectives from 20 years of experience". **Dent Mater J**, 2009, 28: 44-56.
- Miyazaki T, Hotta Y. "CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations". **Aust Dent J**, 2011, 56: 97–106.
- Mormann WH, Brandestini M, Lutz F, Barbakow F. "Chair side computer-aided direct ceramic inlays". **Quintessence Int**, 1989, 20: 329-39. As cited by: Mormann WH. "The evolution of the CEREC system". **J Am Dent Assoc**, 2006, 137: 7s-13s.
- Mormann WH. "The evolution of the Cerec system". **J Am Dent Assoc**, 2006, 137: 7s-13s.
- Morris HF. "Quantitative and qualitative evaluation of the marginal fit of cast ceramic, porcelain sholder, and cast metal full crown margins". **J Prosthet Dent**, 1992, 67: 198-203.

- Nakamura T, Dei N, Kojima T, Wakabayashi K. "Marginal and internal fit of Cerec 3 CAD/CAM all-ceramic crowns". **Int J Prosthodont**, 2003, 16: 244-8.
- O'Brien WJ. "**Dental Material and their Selection**". 3rd Ed, Quintessence Publishing, 2002: 379;386.
- Oliva RA, Lowe JA, Ozaki MM. "Film thickness measurements of a paint-on die spacer". **J Prosthet Dent**, 1988, 60: 180-4.
- Oliva RA, Lowe JA. "Effect of die spacer on the seating of cast restorations on composite core preparations". **J Prosthet Dent**, 1987, 58: 29-35.
- Olivera AB, Saito T. "The effect of die spacer on retention and fitting of complete cast crowns". **J Prosthodont**, 2006, 15: 243-9.
- Ostlund LE. "Cavity design and mathematics: Their effect on gaps at the margins of cast restorations". **Operative Dent**, 1985, 10: 122-37. As cited by: Hunter AJ, Hunter AR. "Gingival margins for crowns: A review and discussion, Part II: Discrepancies and configurations". **J Prosthet Dent**, 1990, 64: 636-42.
- Pak HS, Han JS, Lee JB, Kim SH, Yang JH. "Influence of porcelain veneering on the marginal fit of Digident and Lava CAD/CAM zirconia ceramic crowns". **J Adv Prosthodont**, 2010, 2: 33-8.
- Palomo F, Peden J. "Periodontal considerations of restorative procedures". **J Prosthet Dent**, 1976, 36:387-93. As cited by: Hunter AJ, Hunter AR. "Gingival margins for crowns: A review and discussion, Part II: Discrepancies and configurations". **J Prosthet Dent**, 1990, 64: 636-42.
- Pameijer CH, Kikutake T. "Enhancing esthetics in porcelain fused to metal through technique modifications". **Dent Clin North Am**, 1985, 29: 753-62. As cited by: Hunter AJ, Hunter AR. "Gingival margins for crowns: A review and discussion, Part II: Discrepancies and configurations". **J Prosthet Dent**, 1990, 64: 636-42.

- Passon C, Lambert RH, Lambert RL, Newman S. "The effect of multiple layers of die-spacer on crown retention". **Oper Dent**, 1992, 17: 42-9. As cited by: Carter SM, Wilson PR. "The effect of die-spacing on post-cementation crown elevation and retention". **Aust dent J**, 1997, 42: 192-8.
- Pelekanos S, Koumanou M, Koutayas SO, Zinelis S, Eliades G. "Micro-CT evaluation of the marginal fit of different In-Ceram alumina copings". **Eur J Esthet Dent**, 2009, 4: 278-92.
- Pilathadka SH, Slezak R, Vahalova D, Kudiyirickal MG, Sukumar S. "Influence of different luting agent on the marginal discrepancy of Procera all-ceramic alumina crwon copings-An experimental study". **Acta Medica**, 2008, 51: 13-8.
- Pilo R, Cardash HS, Baharav H, Helft M. "Incomplete seating of cemented crowns: A literature review". **J Prosthet Dent**, 1988, 59: 429-33.
- Psillakis JJ, McAlarney ME, Wright RF, Urquiola J. "Effect of evaporation and mixing technique on die spacer thickness: A preliminary study". **J Prosthet Dent**, 2001, 85: 82-7.
- Quintas AF, Oliveira F, Bottino MA. "Vertical marginal discrepancy of ceramic copings with different ceramic material, finish lines, and luting agents: An in vitro evaluation". **J Prosthet Dent**, 2004, 92: 250-7.
- Ramfjord SP. "Periodontal aspects of restorative dentistry". **J Oral Rehabil**, 1974, 1: 107-26.
- Reich S, Wichmann M, Nkenke E, Proeschel P. "Clinical fit of all-ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems". **Eur J Oral Sci**, 2005, 113: 174-9.

- Rekow D, Thompson VP. "Near-surface damage - a persistent problem in crowns obtained by computer-aided design and manufacturing". **Proc Inst Mech Eng**, 2005, 219: 233–43.
- Rekow ED, Harsono M, Janal M, Thompson VP, Zhang G. "Factorial analysis of variables influencing stress in all-ceramic crowns". **Dent Mater J**, 2006, 22: 125–32.
- Rieger MR, Tanquist RA, Brose MO, Ali M. "Measuring the thickness of a paint-on die spacer". **J Prosthet Dent**, 1987, 58: 305-8.
- Rosentritt M, Behr M, Kolbeck C, Handel G. "Marginal integrity of CAD/CAM fixed partial dentures". **Eur J Dent**, 2007, 1: 25-30.
- Rossetti PHO, Valle ALD, Carvalho RMD, Goes MFE, Pegoraro LF. "Correlation between marginal and microleakage in complete crowns cemented with three luting agents". **J Appl Oral Sci**, 2008, 16: 64-9.
- Sato T, Wohlwend A, Scharer P. "Marginal fit in a shrink-free ceramic crown system". **Int J Periodontic Restorative Dent**, 1986, 3: 9-21. As cited by: Sorensen JA. "A standardized method for determination of crown margin fidelity". **J Prosthet Dent**, 1990, 64: 18-24.
- Schwartz I. "A review of methods and techniques to improve the fit of cast restorations". **J Prosthet Dent**, 1986, 56: 279-83.
- Selberg A. "A full cast crown technique". **J Prosthet Dent**, 1957, 7: 102-22. As cited by: Fusayama T, Ide K, Hosada H. "Relief of resistance of cement of full cast crowns"**. J Prosthet Dent**, 1964, 14: 95-106.
- Shiriharsha P, Dagmar B, Sujith S, Tomas V. "A new oxide-based high-strength all – ceramic material: An overview". **J Indial Prosthodont Soc**, 2007, 7: 175-9.
- Shiriharsha P, Dagmar B, Tomas V. "The zirconia: A new dental ceramic material: An overview". **Prague Med rep**, 2007, 108: 5-12.

- Sorensen JA. "A rationale for comparison of plaque-retaining properties of crown systems". **J Prosthet dent**, 1989, 62: 264-9.
- Sorensen JA. "A standardized method for determination of crown margin fidelity". **J Prosthet Dent**, 1990, 64: 18-24.
- Soriani NC, Leal MB, Paulino SM, Pagnano VO, Bezzon OL. "Effect of the use of die spacer on the marginal fit of copings cast in Ni-Cr, Ni-Cr-Be and commercially pure titanium". **Braz Det J**, 2007, 18: 225-30.
- Suttor D, Hauptmann H, Schnagl R, Frank S, inventors. 3M Espe AG, assignee. "Coloring ceramics by way of ionic or complex-containing solutions". **US Patent** 6,709,694; March 23, 2004.
- Tuniprawon M, Wilson PR. "The effect of cement thickness on the fracture strength of all-ceramic crowns". **Aust Dent J**, 1995, 40: 17-21.
- Tuntiprawon M. "The effect of cement thickness on the fracture strength of all-ceramic crowns". **MDSc thesis**, 1993, Melbourne: University of Melbourne. As cited by: Carter SM, Wilson PR. "The effect of die-spacing on post-cementation crown elevation and retention". **Aust dent J**, 1997, 42, 3: 192-8.
- Van der Zel JM. "Zirconia ceramic in dental CAD-CAM". **J Dent Technol**, 2007: 17-24.
- Vermilyea SG, Kuffler MJ, Huget EF. "The effects of die relief agent on the retention of cast full coverage castings". **J Prosthet Dent**, 1983, 50: 207-11.
- Wang CJ, Millstein PL, Nathanson D. "Effects of cement, cement space, marginal design, seating aid materials, and seating force on crown cementation". **J Prosthet Dent**, 1992, 67: 786-90.
- Weaver JD, Johnson GH, Bales DJ. "Marginal adaptation of castable ceramic crowns". **J Prosthet Dent**, 1991, 66: 747-53.

- Wolfart S, Wegner SM, Al-Halabi A, Kern M. "Clinical evaluation of marginal fit of a new experimental all-ceramic system before and after cementation". **Int J Prosthodont**, 2003, 16: 587-92.
- Wu JC, Wilson PR. "Optimal cement space for resin luting cement". **Int J Prosthodont**, 1994, 7: 209-15. As cited by: Gonzalo E, Suarez MJ, Serrano B, Lozano JFL. "A comparison of the marginal vertical discrepancies of zirconium and metal prostheses before and after cementation". **J Prosthet Dent**, 2009, 102: 378-83.
- الخرّاط ع، "دراسة مخبرية مقارنة للانطباق الحفافي للتيجان الخزفية الخالية من المعدن والخزفية المعدنية". **رسالة ماجستير في قسم التيجان والجسور**، كلية طب الأسنان، جامعة دمشق، 2007: 117.
- الزبيدي م، تحقيق شيري ع، "**تاج العروس من جواهر القاموس**". الطبعة الأولى، بيروت، دار الفكر، 1994، جزء 18: 259.
- الشعراني ف، "**التيجان والجسور**". منشورات جامعة دمشق، كلية طب الأسنان، السنة الثانية، 2012: 65.
- الشعراني ف، "كيفية البحث عن المصطلح باللغة العربية في طب الأسنان (وجهة نظر)". **التعريب**، 2011، 41: 55-78.
- عجيب غ، "تأثير الأنواع المختلفة لاسمنت الالصاق في الانطباق الحفافي للترميمات المصبوبة". **رسالة ماجستير في قسم التيجان والجسور**، جامعة دمشق، كلية طب الأسنان، 1999: 148.
- مندبلي ن، "مقارنة الانطباق الحفافي لأنواع مختلفة من الخزف الكتفي في الترميمات الخزفية المعدنية (دراسة مخبرية)". **رسالة ماجستير في قسم التعويضات الثابتة**، جامعة دمشق، كلية طب الأسنان، 2009: 82.
- النجار ب، "دراسة مقارنة الانطباق الحفافي والداخلي لتقنيتي تصنيع تيجان الزيركون وتأثير الاسمنت اللاصق عليه (دراسة سريرية ومخبرية)". **رسالة دكتوراه في قسم التعويضات الثابتة**، جامعة دمشق، كلية طب الأسنان، 2011: 113-4.

الملخص

المقدمة والهدف من البحث:

نجم عن تزايد الاهتمام بالناحية الجمالية زيادة الطلب على التعويضات الخزفية الكاملة. تمتلك الزيركونيا خواص ميكانيكية مرتفعة، ومقاومة عالية وتقبل حيوي جيد، لكن لا تزال مشكلة الانطباق الحفافي قائمة لدى أطباء الأسنان.

إن تأمين مسافة داخلية أثناء صنع التعويض يُحسِّن من انطباق التعويض أثناء الإلصاق، والطريقة الأكثر شيوعاً لتأمين هذه المسافة هي استخدام المادة الفاصلة، لكن من الصعب تأمين ثخانة متماثلة من المادة الفاصلة وذلك بسبب العديد من العوامل. يمتاز نظام CAD/CAM بإمكانية التحكم بمقدار الثَّخانة الافتراضيَّة للاسمنت بشكل دقيق.

الهدف من البحث:

يهدف هذا البحث إلى تقييم أثر اختلاف الثَّخانات الافتراضيَّة للاسمنت على الانطباق الداخلي والحفافي لقوالب الزيركونيا المُصنَّعة وفق نظام CAD/CAM قبل وبعد الإلصاق.

المواد والطرائق:

تمَّ تصنيع 60 قالباً من الزيركونيا لرحى أولى سفلية وفق نظام ZirkoDenta، وقُسِّمت العينة إلى أربع مجموعات (n=15)، بحيث تملك المجموعات الثلاث الأولى ثخانات افتراضيَّة للاسمنت (70، 50، 30) µm على التوالي، بينما تم تطبيق طبقتين من المادة الفاصلة Pico-Fit لقوالب المجموعة الرابعة. تم قياس الانطباق الداخلي بتقنية النسخة المطابقة، وباستخدام المجهر الضوئي Stereomicroscope بتكبير×10. تم قياس الانطباق الحفافي بتقنية المعاينة المباشرة باستخدام المجهر الالكتروني الماسح SEM بتكبير ×100. تم تحليل البيانات باستخدام اختبار 1-way ANOVA واختبار T Student وبمستوى دلالة 0.05.

النتائج:

كانت المسافة الداخلية الجدارية المحورية والإطباقية لمجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة (52-347 µm) أكبر من المسافة الداخلية للمجموعات الثلاث 70 و 50 و30 ميكرون، (25-209، 20-202، 24-252) µm على التَّوالي. لم يكن هناك فروق ذات دلالة إحصائية للمسافة الداخلية بين المجموعات ذات الثخانات الافتراضيَّة الثلاث. قبل الإلصاق، كان أفضل انطباق حفافي حاصل لمجموعة ثخانة 50 ميكرون (22 µm)، بدون وجود فروق دالة إحصائياً مع مجموعة 30 ميكرون (35 µm) ومجموعة التطبيق اليدوي للمادة الفاصلة (33 µm)، وكانت الفرجة الحفافية لمجموعة ثخانة 70 ميكرون (46 µm) أعلى من مجموعة ثخانة 50 ميكرون (22 µm). بعد الإلصاق، كان أفضل انطباق حفافي حاصل لمجموعة ثخانة 30 ميكرون (101 µm)، بدون فروق ذات دلالة إحصائية مع مجموعة ثخانة 50 ميكرون (111 µm)، ومجموعة التطبيق اليدوي للمادَّة الفاصلة (129 µm)، وكانت الفرجة الحفافية لمجموعة ثخانة 70 ميكرون (153 µm) أعلى من مجموعة ثخانة 50 و30 ميكرون (101،111) µm. أدَّى الإلصاق إلى زيادة في مقدار الفرجة الحفافية في المجموعات الأربع، وكان مقدار التغير في الفرجة الحفافية لمجموعة ثخانة 70 ميكرون (107 µm) أعلى من مجموعة ثخانة 30 ميكرون (66 µm).

الاستنتاجات:

أعطت الثَّخانة الافتراضيَّة (30، 50) ميكرون انطباق حفافي أفضل من ثخانة 70 ميكرون، بالنسبة لقوالب الزيركونيا المُصنَّعة وفق نظام CAD/CAM، وذلك عند الإلصاق بالاسمنت الزجاجي الشاردي.

الملاحق

Appendixes

مقدار المسافة الداخلية

رقم التاج	المجموعة المدروسة	رقم التاج ضمن المجموعة	مقدار المسافة الجدارية المحورية (بالميكرون) في المقطع الدهليزي السفلي عند النقطة1	مقدار المسافة الجدارية المحورية (بالميكرون) في المقطع الدهليزي السفلي عند النقطة2	مقدار المسافة الجدارية المحورية (بالميكرون) في المقطع الدهليزي السفلي	مقدار المسافة الإطباقية (بالميكرون) في المقطع الدهليزي السفلي عند النقطة1	مقدار المسافة الإطباقية (بالميكرون) في المقطع الدهليزي السفلي عند النقطة2	مقدار المسافة الإطباقية (بالميكرون) في المقطع الدهليزي السفلي عند النقطة3	مقدار المسافة الجدارية المحورية (بالميكرون) في المقطع الأنسي الوحشي عند النقطة1	مقدار المسافة الجدارية المحورية (بالميكرون) في المقطع الأنسي الوحشي عند النقطة2	مقدار المسافة الجدارية المحورية (بالميكرون) في المقطع الأنسي الوحشي	مقدار المسافة الإطباقية (بالميكرون) في المقطع الأنسي الوحشي عند النقطة1	مقدار المسافة الإطباقية (بالميكرون) في المقطع الأنسي الوحشي عند النقطة2	مقدار المسافة الإطباقية (بالميكرون) في المقطع الأنسي الوحشي عند النقطة3	مقدار المسافة الجدارية المحورية (بالميكرون) في المقطعين معاً	مقدار المسافة الإطباقية (بالميكرون) في المقطعين معاً
1	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	1	10.76	0	5.38	280.06	319.53	288.84	296.14	47.78	40.79	44.29	285.54	248.15	237.95	257.21	24.83	276.68
2	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	2	27.19	20.40	23.80	305.93	338.09	307.14	317.05	27.59	20.98	24.29	149.57	332.09	173.73	218.46	24.04	267.76
3	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	3	23.57	20.79	22.18	333.34	346.73	346.73	342.27	21.19	27.59	24.39	232.35	237.95	388.05	286.12	23.29	314.19
4	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	4	61.19	41.19	51.19	227.93	253.34	217.55	232.94	90.36	49.57	69.97	225.99	193.76	349.12	256.29	60.58	244.62
5	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	5	20.40	61.19	40.80	156.96	149.57	169.96	158.83	40.79	70.70	55.75	197.16	150.26	82.99	143.47	48.27	151.15
6	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	6	27.19	10.79	18.99	299.14	285.54	219.25	267.98	0	20.40	10.20	221.34	227.75	218.51	222.53	14.60	245.26
7	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	7	20.40	10.40	15.40	47.59	129.17	167.76	114.84	20.40	20.79	20.60	88.38	94.02	88.38	90.26	18.00	102.55
8	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	8	27.19	17.19	22.19	149.57	169.96	149.57	156.37	10.59	20.79	15.69	137.66	61.19	90.70	96.52	18.94	126.44
9	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	9	27.19	10.40	18.80	156.37	197.16	176.76	176.76	23.59	12.40	18.00	219.25	132.57	149.57	167.13	18.40	171.95
10	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	10	10.79	47.59	29.19	169.96	326.33	217.55	237.95	70.98	70.68	70.83	372.73	185.46	199.02	252.40	50.01	245.18
11	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	11	0	10.19	5.10	92.47	67.99	108.78	89.75	10.40	17.33	13.87	258.34	292.13	174.96	241.81	9.48	165.78
12	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	12	17.79	0	8.90	176.76	155.03	149.57	160.45	26.23	10.34	18.29	199.50	159.13	120.16	159.60	13.59	160.03
13	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	13	27.19	0	13.60	260.76	259.15	191.45	237.12	7.33	12.38	9.86	193.76	186.32	154.49	178.19	11.73	207.66
14	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	14	10.40	0	5.20	201.33	326.97	221.34	249.88	11.39	20.20	15.80	205.45	172.01	89.54	155.67	10.50	202.77
15	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **70** ميكرون	15	47.78	40.79	44.29	350.97	367.12	268.26	328.78	7.27	20.40	13.84	168.87	166.44	220.64	185.32	29.06	257.05
1	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	1	40.79	20.40	30.60	149.57	81.58	149.57	126.91	24.50	0	12.25	149.57	202.50	62.68	138.25	21.42	132.58
2	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	17	17.70	20.40	19.05	217.55	149.57	176.76	181.29	21.79	16.59	19.19	227.93	139.37	120.28	162.53	19.12	171.91
3	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	18	20.40	10.19	15.30	261.54	237.95	289.48	262.99	22.47	20.40	21.44	197.62	171.66	247.19	205.49	18.37	234.24
4	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	19	44.38	17.19	30.79	258.54	285.54	265.14	269.74	47.99	20.40	34.20	252.28	218.88	216.06	229.07	32.49	249.41
5	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	20	7.40	12.40	9.90	346.73	237.95	256.14	280.27	37.99	14.40	26.20	349.12	149.57	218.51	239.07	18.05	259.67
6	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	21	47.59	20.40	34.00	346.73	346.73	258.34	317.27	20.40	20.40	20.40	318.44	349.12	290.43	319.33	27.20	318.30
7	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	22	14.40	0	7.20	190.36	129.17	176.76	165.43	47.99	40.79	44.39	280.31	86.14	180.64	182.36	25.80	173.90
8	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	23	7.40	12.40	9.90	190.36	156.37	224.75	190.49	38.38	45.61	42.00	197.63	62.85	216.06	158.85	25.95	174.67
9	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	24	8.40	0	4.20	289.48	278.74	326.33	298.18	81.58	20.40	50.99	216.06	129.97	251.55	199.19	27.60	248.69
10	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	25	6.40	11.40	8.90	149.57	135.97	135.97	140.50	11.40	9.40	10.40	319.60	221.43	259.15	266.73	9.65	203.62

مقدار المسافة الداخلية

142.48	14.05	123.89	112.12	171.18	88.38	16.27	12.31	20.23	161.06	132.74	213.56	136.87	11.83	11.42	12.23	11	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	26
179.55	17.36	166.16	218.15	130.77	149.57	14.61	11.41	17.81	192.94	184.89	210.95	182.98	20.11	23.56	16.65	12	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	27
187.97	33.69	176.16	80.58	318.74	129.17	31.43	21.13	41.72	199.77	221.34	130.77	247.19	35.95	40.70	31.19	13	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	28
177.06	8.60	128.73	172.13	149.57	64.50	17.20	19.63	14.77	225.38	150.95	305.93	219.25	0	0	0	14	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	29
176.94	14.49	169.04	197.16	90.70	219.25	10.74	8.24	13.24	184.84	208.55	171.18	174.79	18.25	13.50	22.99	15	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **50** ميكرون	30
156.45	16.30	107.08	110.67	64.59	145.97	13.80	17.19	10.40	205.82	176.76	169.96	270.75	18.80	10.40	27.19	1	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	31
253.25	22.89	294.75	170.95	241.88	471.41	36.39	31.19	41.58	211.75	129.17	217.55	288.54	9.40	8.40	10.40	2	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	32
407.23	32.67	294.77	371.13	285.26	227.93	55.75	90.70	20.79	519.68	564.07	457.90	537.08	9.60	11.79	7.40	3	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	33
406.46	25.23	400.24	521.43	283.70	395.60	46.26	82.12	10.40	412.67	455.50	367.12	415.38	4.20	8.40	0.00	4	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	34
261.28	28.90	267.17	322.34	217.55	261.63	37.39	27.19	47.59	255.38	242.66	265.14	258.34	20.40	20.40	20.40	5	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	35
241.47	28.17	229.22	286.91	130.00	270.75	51.63	72.47	30.79	253.72	367.12	108.67	285.38	4.70	9.40	0.00	6	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	36
196.15	29.67	184.17	194.68	129.90	227.93	39.15	37.59	40.70	208.12	225.99	156.96	241.42	20.20	12.40	27.99	7	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	37
225.20	25.28	249.82	247.47	248.15	253.83	35.75	10.79	60.70	200.59	197.16	217.55	187.05	14.82	8.84	20.79	8	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	38
276.95	31.89	266.66	253.01	237.95	309.02	48.19	47.99	48.38	287.23	298.90	346.73	216.06	15.60	10.40	20.79	9	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	39
329.95	31.32	303.95	373.36	328.87	209.61	48.64	67.99	29.28	355.95	318.44	402.67	346.73	14.00	10.40	17.59	10	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	40
131.84	24.52	127.56	187.26	130.24	65.19	18.44	13.43	23.44	136.12	181.41	49.02	177.93	30.60	20.40	40.79	11	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	41
204.70	13.26	187.51	66.99	302.33	193.21	13.71	11.04	16.37	221.89	188.53	177.93	299.21	12.81	25.61	0	12	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	42
220.20	21.64	140.06	233.24	73.42	113.53	24.28	21.57	26.99	300.33	349.12	258.34	293.52	19.00	10.40	27.59	13	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	43
265.17	17.93	215.47	142.74	284.43	219.23	11.27	10.40	12.13	314.87	299.83	326.33	318.44	24.60	8.40	40.79	14	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	44
210.86	18.73	192.09	323.63	123.52	129.12	16.86	16.52	17.20	229.63	218.51	245.60	224.78	20.60	0	41.19	15	مجموعة النخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار **30** ميكرون	45
352.98	36.30	363.38	448.50	285.90	355.74	43.40	25.61	61.19	342.58	369.38	349.12	309.24	29.19	10.79	47.59	1	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	46
403.42	33.29	401.86	486.46	296.46	422.66	44.39	40.79	47.99	404.98	392.32	367.12	455.50	22.19	17.19	27.19	2	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	47
324.45	62.44	442.49	464.00	367.12	496.34	109.49	90.70	128.27	206.42	285.93	143.95	189.37	15.40	10.40	20.40	3	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	48
433.83	51.08	438.37	417.88	404.10	493.12	59.37	118.73	0	429.29	437.01	387.52	463.35	42.79	47.99	37.59	4	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	49
312.80	48.80	253.22	338.09	180.16	241.42	22.81	0	45.61	372.38	343.98	176.76	596.41	74.79	40.79	108.78	5	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	50
275.34	36.79	236.80	293.60	174.13	242.66	44.39	47.59	41.19	313.89	305.93	394.32	241.42	29.20	47.99	10.40	6	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	51
263.77	77.77	296.89	304.56	176.77	409.33	65.73	20.79	110.67	230.65	251.55	197.16	243.23	89.81	152.02	27.59	7	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	52
440.66	33.60	411.48	478.13	367.12	389.18	41.60	37.59	45.61	469.85	523.88	476.33	409.33	25.60	30.79	20.40	8	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	53
366.37	33.24	310.96	350.97	363.39	218.51	45.89	40.79	50.98	421.78	372.18	394.32	498.85	20.60	0	41.19	9	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	54
408.63	52.86	414.67	431.75	313.41	498.85	20.60	10.40	30.79	402.59	417.88	329.78	460.10	85.13	20.69	149.57	10	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	55
362.87	138.63	302.74	283.72	180.87	443.62	33.16	43.85	22.46	423.01	531.90	367.12	370.01	244.10	437.01	51.19	11	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	56
298.59	67.57	243.37	250.34	199.23	280.55	36.36	25.35	47.37	353.81	367.12	265.14	429.17	98.78	20.79	176.76	12	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	57
282.39	46.63	257.66	320.62	215.72	236.64	28.47	45.32	11.62	307.13	367.12	326.33	227.93	64.79	20.79	108.78	13	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	58
336.23	38.91	319.14	342.72	157.26	457.44	47.23	52.39	42.06	353.31	347.32	394.32	318.30	30.60	20.40	40.79	14	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	59
343.31	35.43	303.68	366.34	221.13	323.56	26.66	20.40	32.91	382.94	373.36	346.73	428.74	44.20	20.40	67.99	15	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	60

مقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق

رقم الناتج	المجموعة المدروسة	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الدهليزي قبل الإلصاق عند النقطة1	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الدهليزي قبل الإلصاق عند النقطة2	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الدهليزي قبل الإلصاق عند النقطة3	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الدهليزي قبل الإلصاق عند النقطة4	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الدهليزي قبل الإلصاق عند النقطة5	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الدهليزي قبل الإلصاق	رقم الناتج ضمن المجموعة	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح اللساني قبل الإلصاق عند النقطة1	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح اللساني قبل الإلصاق عند النقطة2	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح اللساني قبل الإلصاق عند النقطة3	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح اللساني قبل الإلصاق عند النقطة4	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح اللساني قبل الإلصاق عند النقطة5	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الوحشي قبل الإلصاق عند النقطة1	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الوحشي قبل الإلصاق عند النقطة2	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الوحشي قبل الإلصاق عند النقطة3	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الوحشي قبل الإلصاق عند النقطة4	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الوحشي قبل الإلصاق عند النقطة5	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الدهليزي قبل الإلصاق	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح اللساني قبل الإلصاق	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الوحشي قبل الإلصاق	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) عموماً قبل الإلصاق
1	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	19	6	14	14	13.6	1	73	101	88	104	104	94	170	174	229	243	220	207.2	20	22	25	42	48	31.4	86.55
2	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	23	13	2	20	25	16.6	2	6	7	23	20	19	15	38	32	36	54	53	42.6	29	39	36	35	56	39	28.3
3	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	52	120	38	46	29	57	3	49	58	56	67	75	61	34	26	36	35	42	34.6	4	6	18	20	13	12.2	41.2
4	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	12	18	20	29	40	23.8	4	11	11	16	27	29	18.8	31	27	61	74	63	51.2	18	32	20	26	28	24.8	29.65
5	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	1	2	5	6	9	4.6	5	65	52	53	53	55	55.6	7	13	20	19	31	18	5	26	25	25	20	20.2	24.6
6	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	20	32	39	31	22	28.8	6	23	22	31	42	34	30.4	28	16	20	33	32	25.8	25	25	26	28	26	26	27.75
7	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	29	23	38	42	40	34.4	7	8	6	15	8	7	8.8	7	8	14	11	9	9.8	32	23	18	27	18	26.4	19.85
8	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	39	34	48	50	45	43.2	8	18	21	21	20	15	19	9	21	26	22	13	18.2	8	12	18	21	15	14.8	23.8
9	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	36	28	47	46	52	41.8	9	35	59	73	56	43	53.2	5	15	16	28	27	18.2	35	65	75	83	77	67	45.05
10	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	32	25	4	4	28	18.6	10	176	154	141	126	134	146.2	234	235	230	238	235	234.4	161	184	181	188	171	177	144.05
11	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	35	47	32	29	44	37.4	11	54	96	98	37	42	65.4	78	77	57	51	58	64.2	44	23	16	21	23	25.4	48.1
12	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	31	29	27	34	47	33.6	12	13	18	28	29	29	23.4	17	25	20	21	26	21.8	31	35	16	26	21	25.8	26.15
13	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	8	12	11	18	36	17	13	36	60	54	52	50	50.4	10	16	25	35	21	21.4	22	34	31	21	31	27.8	29.15
14	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	27	19	22	31	32	26.2	14	33	34	31	41	34	34.6	26	25	27	26	26	26	21	23	38	41	44	33.4	30.05
15	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	163	140	135	142	156	147.2	15	154	172	144	132	123	145	23	34	56	34	23	34	46	67	61	59	53	57.2	95.85
16	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	23	20	9	13	15	16	1	20	16	8	12	20	15.2	19	21	31	29	13	22.6	12	12	12	13	6	11	16.2
17	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	29	15	13	23	14	18.8	2	12	11	6	7	19	11	9	12	7	5	6	7.8	32	26	16	13	13	20	14.4
18	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	13	13	8	7	13	10.8	3	21	21	26	25	12	21	14	18	35	31	16	22.8	15	16	23	22	15	18.2	18.2
19	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	50	38	27	47	49	42.2	4	5	4	7	6	16	7.6	49	60	42	38	22	42.2	22	35	46	40	42	37	32.25
20	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	28	22	11	7	6	14.8	5	8	6	4	6	9	6.6	9	18	25	25	23	20	23	31	48	32	25	31.8	18.3
21	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	8	8	8	14	10.6	6	8	8	9	6	9	8	22	26	29	29	21	25.4	8	12	15	19	14	12.2	14.05
22	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	12	14	2	9	18	11	7	16	11	7	15	16	13	22	22	33	33	21	26.2	18	19	16	19	9	16.2	16.6
23	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	43	21	21	22	27	26.8	8	31	13	13	20	20	18	22	31	41	23	22	27.8	28	20	48	53	28	35.4	27
24	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	33	32	36	38	45	36.8	9	23	29	34	28	42	26.8	15	23	29	42	23	26.4	39	41	41	42	28	38.2	32.05

مقدار الفرجة الحفافية قبل الإلصاق

25	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	10	41	33	33	32	28	33.4	18	16	23	19	18	18.8	18	23	31	31	23	25.2	4	7	11	14	14	10	21.85
26	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	11	24	22	13	19	22	20	31	21	11	12	19	18.8	19	29	27	21	18	24.6	14	14	13	12	17	14	19.35
27	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	12	34	43	32	40	39	37.6	16	15	18	17	16	16.4	16	44	67	44	34	44.2	21	19	12	44	46	28.4	31.65
28	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	13	17	11	12	16	20	15.2	9	12	8	7	11	9.4	23	27	31	27	23	28	11	13	14	12	13	12.6	16.3
29	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	14	33	28	29	27	21	27.6	29	21	24	26	21	24.2	18	32	47	26	21	28.8	11	19	21	41	43	27	26.9
30	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	44	32	31	32	34	34.6	21	18	19	21	22	20.2	16	18	19	21	22	19.2	44	56	41	38	21	40	28.5
31	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	1	41	31	25	27	19	28.6	41	29	25	48	22	33	13	14	15	16	13	14.2	42	43	31	25	31	36.8	28.15
32	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	2	26	27	41	27	23	28.8	38	38	50	54	41	44.2	27	22	21	23	20	22.6	26	36	36	20	36	29.4	31.25
33	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	3	32	32	28	29	18	27.8	60	66	86	81	92	77	28	34	31	29	27	29.8	13	22	26	25	21.8	39.1	
34	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	4	4	5	6	7	15	7.4	33	34	31	38	20	31.2	28	41	67	47	35	43.6	12	20	23	19	14	17.6	24.95
35	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	5	42	38	56	45	32	42.6	18	13	14	14	19	15.6	36	39	46	45	34	40	5	14	19	16	8	12.4	27.65
36	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	6	4	6	6	2	6	4.8	6	4	4	5	6	5	6	18	14	9	8	11	6	5	5	5	5	5.2	6.5
37	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	7	4	4	6	7	5	5.2	39	33	40	23	29	33.8	29	34	33	29	15	28	11	27	29	15	11	19.4	21.6
38	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	8	43	53	36	45	28	41	47	42	48	55	52	48.8	49	56	39	40	21	41	26	29	52	48	38	38.6	42.35
39	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	9	52	53	62	56	50	54.6	49	36	45	53	83	53.2	47	52	59	43	43	48.8	31	35	41	43	32	36.4	48.25
40	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	10	75	80	82	74	74	77	54	53	58	46	35	49.2	22	21	25	35	39	28.4	6	6	5	8	14	7.8	40.6
41	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	11	43	33	27	25	17	29	40	27	23	44	31	33	26	16	14	15	12	16.6	41	42	47	33	22	37	28.9
42	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	12	37	35	27	26	33	31.6	71	73	89	99	82	82.8	21	25	16	17	11	18	12	13	24	21	18.2	37.65	
43	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	13	7	10	13	12	11	10.6	33	34	33	41	24	33	39	36	35	25	17	30.4	12	13	12	17	14	13.6	21.9
44	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	14	161	131	147	133	123	139	47	56	72	73	94	68.4	99	103	112	134	123	114.2	28	46	57	67	61	51.8	93.35
45	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	14	27	23	34	41	27.8	56	13	34	53	57	42.6	46	53	57	62	68	57.2	13	24	29	34	37	27.4	38.75
1	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	1	36	29	18	23	33	27.8	35	26	20	16	20	23.4	22	26	25	31	32	27.2	117	124	123	115	108	117.4	48.95
2	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	2	18	21	25	31	28	24.6	23	15	19	13	20	17.4	19	13	20	27	22	20.2	11	14	21	31	36	22.6	21.2
3	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	3	8	11	12	15	20	13.2	33	34	31	22	8	19	12	21	26	29	8	19.2	7	9	7	4	14	6.8	14.55
4	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	4	13	5	4	3	10	8.8	31	36	41	19	25	48.8	36	32	50	50	29	39.4	103	107	112	120	106	50.85	
5	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	5	12	11	11	13	13	12	15	20	14	16	13	13.8	18	12	13	15	7	16.4	13	8	16	60	20.8	15.75	
6	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	6	50	47	50	56	43	49.2	63	67	60	58	49	59.4	7	2	1	1	1	2.4	32	28	41	39	25	33	36
7	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	7	16	21	27	26	14	20.8	45	60	65	62	40	54.4	14	7	12	15	30	15.8	8	15	11	8	11	11.4	25.6
8	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	8	32	43	46	36	35	37.6	28	23	13	12	22	40	26	38	41	35	29	34.8	26	41	36	26	32.8	31.85	
9	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	9	18	19	16	12	15	11	12	13	16	13	13	13.4	49	47	38	28	22	36.8	13	23	33	26	24.6	22.45	
10	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	10	39	21	22	15	26	25	29	22	15	26	25	22.6	7	12	13	15	11	11.6	151	142	161	170	167	158.2	54.6
11	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	11	35	31	19	24	37	29	36	24	19	17	17	22.8	21	24	22	32	33	26.4	16	17	27	34	37	26.2	26.1
12	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	12	112	143	156	123	108	128.4	75	55	53	56	58	59.4	84	89	73	67	64	75.4	16	12	14	13	13	13.6	69.2
13	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	13	14	12	16	11	13	13.2	12	11	16	12	11	12.4	21	24	31	43	44	32.6	29	36	29	21	19	26.8	21.25
14	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	14	11	21	21	24	28	20.6	25	28	27	22	8	22	11	14	13	12	21	14.2	26	33	29	56	59	40.6	24.35
15	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	15	23	39	34	42	43	36.2	72	81	65	71	71	72	66	61	52	51	56	57.2	33	24	22	16	11	21.2	46.65

مقدار الفرجة الحفافية بعد الإلصاق

رقم النتاج	المجموعة المدروسة	رقم النتاج ضمن المجموعة	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الظهري بعد الإلصاق عند النقطة1	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الظهري بعد الإلصاق عند النقطة2	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الظهري بعد الإلصاق عند النقطة3	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الظهري بعد الإلصاق عند النقطة4	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الظهري بعد الإلصاق عند النقطة5	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح المماسي بعد الإلصاق عند النقطة1	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح المماسي بعد الإلصاق عند النقطة2	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح المماسي بعد الإلصاق عند النقطة3	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح المماسي بعد الإلصاق عند النقطة4	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح المماسي بعد الإلصاق عند النقطة5	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الأنسي بعد الإلصاق عند النقطة1	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الأنسي بعد الإلصاق عند النقطة2	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الأنسي بعد الإلصاق عند النقطة3	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الأنسي بعد الإلصاق عند النقطة4	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الأنسي بعد الإلصاق عند النقطة5	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الوحشي بعد الإلصاق	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الوحشي بعد الإلصاق عند النقطة1	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الوحشي بعد الإلصاق عند النقطة2	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الوحشي بعد الإلصاق عند النقطة3	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الوحشي بعد الإلصاق عند النقطة4	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الوحشي بعد الإلصاق عند النقطة5	مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) عندما بعد الإلصاق
1	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	1	88	135	123	113	127	248	247	211	186	168	212	279	248	275	271	279	66	74	99	94	97	86.6	171.55
2	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	2	117	95	80	114	148	110.8	107	153	147	116	140	114	164	140	141	147	75	141.2	72	67	63	69.2	115.3
3	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	3	76	114	264	161	148	152.6	136	112	130	144	133.6	171	133	162	190	196	146	170.4	148	123	100	129.4	146.5
4	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	4	231	262	176	277	274	244	128	129	102	109	116.8	93	90	128	203	174	159	137.6	126	109	85	117.6	154
5	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	5	113	124	109	112	122	116	103	116	102	114	110.6	216	257	245	295	283	148	259.2	163	190	177	171.8	164.4
6	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	6	97	112	149	121	117	119.2	265	255	256	272	266	81	86	72	61	69	265	73.8	296	272	259	276.4	183.85
7	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	7	300	274	218	189	123	220.8	86	96	99	61	88.8	88	127	89	74	77	74	91	48	46	53	54.2	113.7
8	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	8	247	256	242	213	243	240.2	217	224	207	175	206.6	231	200	195	220	164	192	202	176	194	184	192	210.2
9	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	9	291	270	263	247	283	270.8	221	198	117	69	126.4	82	95	136	146	121	107	116	157	187	162	158.8	168
10	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	10	204	211	210	167	149	188.2	233	116	61	68	104.2	195	214	265	328	312	76	262.8	62	144	95	105	165.05
11	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	11	139	137	128	117	163	136.8	165	157	155	138	152.8	73	81	116	84	115	124	93.8	135	129	119	130.6	128.5
12	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	12	121	118	137	188	129	138.6	171	165	161	156	162.2	159	167	119	128	135	116	141.6	112	121	127	118.4	140.2
13	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	13	132	116	148	176	157	145.8	263	217	211	119	187.2	112	132	141	148	156	157	137.8	129	113	99	124.4	148.8
14	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	14	105	110	139	167	157	135.6	232	254	263	212	235.6	99	113	102	113	85	138	102.4	142	118	120	125	149.65
15	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	15	159	192	173	181	176	176.2	121	143	157	242	179.2	127	114	98	85	77	116	100.2	127	156	144	136	147.9
16	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	1	58	65	31	31	26	42.2	180	107	90	69	100.2	19	21	43	34	25	87	28.4	63	97	103	89.4	65.05
17	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	2	208	203	211	198	187	201.4	229	244	140	120	172.6	26	67	103	82	63	174	68.2	176	220	272	208.8	162.75
18	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	3	199	211	222	210	132	194.8	86	88	146	127	116.6	52	67	46	29	36	116	46	53	144	99	97	113.6
19	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	4	96	104	101	74	81	91.2	81	79	77	48	68.6	42	38	45	63	48	41	47.2	22	39	18	30.6	59.4
20	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	5	168	153	169	197	247	186.8	267	296	237	238	254	67	65	110	123	155	69	104	62	79	72	68.8	153.4
21	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	6	144	141	172	199	178	166.8	136	129	110	117	122.2	171	115	189	162	111	34	149.6	34	52	102	52.4	122.75
22	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	7	215	213	194	247	275	228.8	229	201	323	70	202.6	117	106	94	109	107	116	106.6	139	143	209	146.8	171.2
23	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	8	74	21	18	14	2	25.8	270	298	147	116	197.6	99	103	112	126	191	45	126.2	65	41	29	48.2	99.45
24	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	9	14	23	54	16	16	24.6	50	126	135	87	104.8	116	107	123	110	126	12	116.4	26	49	197	62.6	77.1
25	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	10	146	144	143	134	151	143.6	235	187	133	96	151.8	40	39	33	87	38	20	47.4	26	27	28	26.8	92.4
26	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	11	124	113	98	79	117	106.2	169	152	158	142	152.8	71	98	82	73	89	111	82.6	132	124	113	131	118.15
27	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	12	112	69	77	92	125	95	134	56	68	72	81.8	98	83	104	93	90	92	93.6	71	77	98	80.6	87.75

مقدار الفرجة الحقافية بعد الإلصاق

28	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	13	131	144	113	87	99	114.8	167	161	147	142	134	150.2	123	112	90	92	110	53	67	65	72	105.4	110	109.15
29	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	14	164	153	172	132	122	148.6	117	128	121	106	117	117.8	109	102	141	162	117	111	98	81	76	126.2	117	121.6
30	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	127	134	131	145	112	129.8	128	135	145	123	113	128.8	152	126	116	153	124	76	74	61	112	134.2	124	117.15
31	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	1	76	95	137	130	116	110.8	40	43	106	112	109	82	112	110	131	130	116	47	31	34	121	119.8	116	92.5
32	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	2	23	36	39	46	38	36.4	14	20	18	15	16	16.6	88	65	99	79	136	18	13	14	19	13	93.4	40.45
33	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	3	42	69	80	90	116	79.4	93	81	143	168	216	140.2	49	54	66	53	52	116	87	75	85	65	116	54.8	90
34	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	4	34	82	132	182	197	125.4	216	143	159	140	151	161.8	42	49	70	72	77	195	139	149	170	177	62	128.8
35	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	5	47	40	42	55	38	44.4	68	70	79	74	53	68.8	104	73	73	15	20	40	25	22	15	28	57	49.05
36	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	6	47	68	109	126	184	106.8	50	129	86	107	164	107.2	8	19	25	21	20	201	191	214	200	191	18.6	107.95
37	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	7	69	32	77	31	23	46.4	166	164	120	88	50	117.6	62	77	69	85	96	31	89	58	77	117	77.8	79.05
38	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	8	47	42	72	112	104	75.4	132	115	98	62	85	98.4	86	117	201	104	50	40	107	108	116	95	111.6	94.65
39	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	9	234	229	207	183	175	205.6	174	154	147	164	207	169.2	85	50	42	40	36	147	117	156	124	201	50.6	143.6
40	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	10	191	190	186	191	176	186.8	157	180	177	193	207	182.8	80	67	62	93	89	169	174	166	194	176	78.2	155.9
41	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	11	104	102	99	132	117	110.8	212	203	192	158	186	190.2	188	61	146	130	116	134	38	25	58	26	128.2	116
42	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	12	124	118	107	134	121	120.8	89	62	121	137	109	103.6	69	62	77	89	87	134	113	127	96	98	76.8	103.7
43	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	13	98	72	76	112	135	98.6	61	113	91	127	136	105.6	114	105	96	83	92	98	142	153	131	122	98	111.75
44	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	14	113	103	131	156	142	129	121	114	123	118	143	123.8	156	166	134	162	146	88	97	91	95	86	152.8	124.25
45	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	91	67	56	43	65	64.4	62	74	89	122	134	96.2	86	57	67	74	73	92	107	101	112	99	71.4	83.55
46	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	1	53	73	108	153	124	102.2	75	153	140	144	127	127.2	173	159	157	176	160	151	207	178	184	159	165	142.55
47	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	2	133	115	140	221	265	174.8	106	84	82	81	53	81.2	14	43	47	25	27	112	167	113	216	235	31.2	113.95
48	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	3	11	8	6	13	12	10	47	75	133	180	250	137	184	128	272	328	296	153	121	168	155	188	241.6	136.4
49	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	4	84	35	41	53	66	55.8	36	106	100	122	143	101.4	213	216	177	115	162	112	198	167	122	151	176.6	123.45
50	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	5	170	122	187	196	127	160.4	74	76	103	135	181	113.8	115	185	140	136	111	112	138	153	104	173	137.4	136.9
51	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	6	105	138	131	152	130	131.2	91	92	88	119	128	103.6	15	6	12	6	7	34	40	50	42	49	9.2	71.75
52	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	7	40	116	66	180	137	107.8	186	222	191	182	184	193	246	305	188	134	119	63	50	60	69	121	198.4	142.95
53	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	8	259	211	176	168	143	191.4	120	131	198	194	130	154.6	48	116	147	146	128	233	270	210	215	215	117	172.9
54	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	9	128	114	153	115	110	124	132	149	140	196	228	169	63	72	68	77	140	89	86	81	100	137	84	118.9
55	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	10	234	194	223	221	239	222.2	126	56	58	68	171	95.8	104	95	80	86	22	254	275	241	254	254	77.4	162.75
56	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	11	99	75	79	86	113	90.4	102	121	96	119	123	112.2	145	123	118	137	172	107	142	112	131	126	139	116.3
57	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	12	153	182	123	98	76	126.4	117	122	98	93	71	100.2	137	121	135	114	123	102	140	128	157	140	126	120.6
58	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	13	76	99	137	113	143	113.6	157	128	121	123	135	132.8	91	163	125	142	126	171	137	113	119	122	129.4	127.05
59	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	14	121	134	142	101	113	122.2	98	91	87	112	116	100.8	52	57	46	58	73	72	45	66	86	93	57.2	88.15
60	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	15	213	221	229	294	146	220.6	211	186	173	142	131	168.6	192	153	162	173	124	153	115	124	103	106	160.8	167.55

مقدار التغير في الفرجة الحفافية

رقم النتاج	المجموعة المدروسة	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الداعزي عند النقطة1	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الداعزي عند النقطة2	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الداعزي عند النقطة3	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الداعزي عند النقطة4	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الداعزي عند النقطة5	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الداعزي	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الماسي عند النقطة1	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الماسي عند النقطة2	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الماسي عند النقطة3	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الماسي عند النقطة4	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الماسي عند النقطة5	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الماسي	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الداعزي	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الماسي عند النقطة1	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الماسي عند النقطة2	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الماسي عند النقطة3	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الماسي عند النقطة4	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الماسي عند النقطة5	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الداعزي عند النقطة1	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الداعزي عند النقطة2	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الداعزي عند النقطة3	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الداعزي عند النقطة4	مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في السطح الداعزي عند النقطة5	رقم النتاج
1	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	73	116	117	99	113	103.6	175	146	123	82	64	118	109	74	46	28	59	63.2	46	55	74	52	49	55.2	85
2	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	94	82	78	94	123	94.2	101	146	124	157	97	125	76	132	104	87	94	98.6	46	30	36	32	7	30.2	87
3	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	24	-6	226	115	119	95.6	87	54	74	77	71	72.6	137	107	126	155	154	135.8	142	124	130	103	87	117.2	105.3
4	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	219	244	156	248	234	220.2	117	118	86	82	87	98	62	63	67	129	111	86.4	141	94	89	83	57	92.8	124.35
5	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	112	122	104	106	113	111.4	38	64	49	61	63	55	209	244	225	276	252	241.2	143	137	156	165	157	151.6	139.8
6	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	77	80	110	90	95	90.4	242	233	225	230	248	235.6	53	70	52	28	37	48	240	271	264	244	233	250.4	156.1
7	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	271	251	180	147	83	186.4	78	90	84	94	54	80	81	119	75	63	68	81.2	42	25	18	19	35	27.8	93.85
8	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	208	222	194	163	198	197	199	203	186	190	160	187.6	222	179	169	198	151	183.8	184	164	196	173	169	177.2	186.4
9	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	255	242	216	201	231	229	186	139	44	-29	26	73.2	77	80	120	118	94	97.8	72	92	106	104	85	91.8	122.95
10	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	172	186	206	163	121	169.6	57	-38	-80	-83	-66	-42	-39	-21	35	90	77	28.4	-85	-122	-33	-44	-76	-72	21
11	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	104	90	96	88	119	99.4	111	61	57	112	96	87.4	-5	4	59	33	57	29.6	80	112	130	108	96	105.2	80.4
12	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	90	89	110	154	82	105	158	147	133	129	127	138.8	142	142	99	107	109	119.8	85	77	105	90	106	92.6	114.05
13	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	124	104	137	158	121	128.8	227	157	157	74	69	136.8	102	116	116	113	135	116.4	135	95	93	92	68	96.6	119.65
14	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	78	91	117	136	125	109.4	199	220	232	176	178	201	73	88	75	87	59	76.4	117	119	69	77	76	91.6	119.6
15	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 70 ميكرون	-4	52	38	39	20	29	-33	-29	13	101	119	34.2	104	80	42	51	54	66.2	70	60	76	97	91	78.8	52.05
16	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	35	45	22	18	11	26.2	160	91	82	43	49	85	0	0	12	5	12	5.8	75	51	85	84	97	78.4	48.85
17	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	179	188	198	175	173	182.6	217	233	134	123	101	161.6	17	55	96	77	57	60.4	142	150	186	207	259	188.8	148.35
18	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	186	198	214	203	119	184	65	67	120	111	115	95.6	38	49	11	-2	20	23.2	101	37	50	122	84	78.8	95.4
19	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	46	66	74	27	32	49	76	75	70	52	32	61	-7	-22	3	25	26	5	19	-13	-13	-1	-24	-6.4	27.15
20	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	140	131	158	190	241	172	259	290	233	226	229	247.4	58	47	85	98	132	84	46	31	14	47	47	37	135.1
21	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	129	133	164	191	164	156.2	128	121	101	113	108	114.2	149	89	160	133	90	124.2	26	22	28	37	88	40.2	108.7
22	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	203	199	192	238	257	217.8	213	190	316	175	54	189.6	95	84	61	76	86	80.4	98	120	111	124	200	130.6	154.6
23	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	31	0	-3	-8	-25	-1	239	285	134	144	96	179.6	77	72	71	103	169	98.4	17	45	13	-12	1	12.8	72.45
24	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	-19	-9	18	-22	-29	-12.2	27	97	101	98	67	78	101	84	94	68	103	90	-27	-15	-12	7	169	24.4	45.05
25	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	105	111	110	102	123	110.2	217	168	110	92	78	133	17	8	2	64	20	22.2	13	22	22	13	14	16.8	70.55
26	مجموعة الثخانة الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	100	91	85	60	95	86.2	138	131	147	131	123	134	53	77	55	44	61	58	97	118	162	112	96	117	98.8
11																										

مقدار التغير في الفرجة الحافية

27	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	12	78	26	45	52	86	57.4	118	41	50	62	56	65.4	54	16	60	59	53	52	71	49.4	58	59	60	56.1
28	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	13	114	133	101	71	79	99.6	158	149	139	135	123	140.8	100	85	59	60	53	52	61	77.4	83	60	59	92.85
29	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	14	131	125	143	105	101	121	88	107	97	80	96	93.6	91	70	94	136	96	62	65	97.4	96	136	94	94.7
30	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 50 ميكرون	15	83	102	100	113	78	95.2	107	117	126	102	91	108.6	136	108	97	132	102	5	68	115	102	132	97	88.65
31	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	1	35	64	112	103	97	82.2	-1	14	81	64	87	49	99	96	116	114	103	-9	79	105.6	103	114	116	64.35
32	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	2	-3	9	-2	19	15	7.6	-24	-18	-32	-39	-25	-27.6	61	43	78	56	116	-13	-11	70.8	116	56	78	9.2
33	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	3	10	37	52	61	98	51.6	33	15	57	87	124	63.2	21	20	35	24	25	43	103	25	25	24	35	50.9
34	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	4	30	77	126	175	182	118	183	109	128	102	131	130.6	14	8	3	25	42	129	183	18.4	42	25	3	103.85
35	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	5	5	2	-14	10	6	1.8	50	57	65	60	34	53.2	68	34	-30	27	-14	8	35	17	-14	-30	27	21.4
36	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	6	43	62	103	124	178	102	44	125	82	102	158	102.2	2	1	11	12	12	208	196	7.6	12	12	11	101.45
37	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	7	65	28	71	24	18	41.2	127	131	86	48	27	83.8	33	43	36	56	81	29	16	49.8	81	56	36	57.45
38	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	8	4	-11	36	67	76	34.4	85	73	50	7	33	49.6	37	61	162	64	29	79	14	70.6	29	64	162	52.3
39	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	9	182	176	145	127	125	151	125	118	102	111	124	116	38	-2	-17	-3	-7	121	116	1.8	-7	-3	-17	95.35
40	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	10	116	110	104	117	102	109.8	103	127	119	147	172	133.6	58	46	37	58	50	160	163	49.8	50	58	37	115.3
41	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	11	61	69	72	107	100	81.8	172	176	169	114	155	157.2	162	45	132	115	104	-17	-14	111.6	104	115	132	87.1
42	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	12	87	83	80	108	88	89.2	18	-11	32	38	27	20.8	48	37	61	72	76	114	122	58.8	76	72	61	66.05
43	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	13	91	62	63	100	124	88	28	79	58	86	112	72.6	75	69	61	58	75	140	164	67.6	75	58	61	89.85
44	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	14	-48	-28	-16	23	19	-10	74	58	51	45	49	55.4	57	63	22	28	23	45	60	38.6	23	28	22	30.9
45	مجموعة الشاهد الافتراضية للإسمنت بمقدار 30 ميكرون	15	77	40	33	9	24	36.6	6	61	55	69	77	53.6	40	4	10	12	5	77	79	14.2	5	12	10	44.8
46	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	1	17	44	90	130	91	74.4	40	127	120	128	104	103.8	151	133	132	145	128	34	54	137.8	128	145	132	93.6
47	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	2	115	94	115	190	237	150.2	83	64	67	66	39	63.8	-5	30	27	-2	5	99	101	11	5	-2	27	92.75
48	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	3	3	-3	-6	-2	-8	-3.2	32	44	111	161	242	118	172	107	246	299	288	161	146	222.4	288	299	246	121.85
49	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	4	69	22	37	48	59	47	-41	54	51	81	118	52.6	177	166	127	83	133	64	72	137.2	133	83	127	72.6
50	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	5	158	111	176	183	114	148.4	63	61	90	121	165	100	97	173	127	118	90	140	105	121	90	118	127	121.15
51	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	6	55	91	81	96	87	82	28	25	28	61	79	44.2	8	4	11	5	6	12	2	6.8	6	5	11	35.75
52	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	7	19	100	39	154	123	87	141	162	126	120	144	138.6	232	298	176	118	89	35	55	182.6	89	118	176	117.35
53	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	8	227	168	130	132	112	153.8	85	103	175	181	118	132.4	8	90	109	105	99	175	207	82.2	99	105	109	141.05
54	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	9	117	96	134	99	99	109	120	136	127	180	215	155.6	14	25	30	49	118	53	76	47.2	118	49	30	96.45
55	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	10	195	173	201	198	214	196.2	111	34	29	43	149	73.2	97	83	67	71	11	99	103	65.8	11	71	67	108.15
56	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	11	64	44	60	62	77	61.4	65	97	77	102	106	89.4	124	99	96	105	139	95	91	112.6	139	105	96	90.2
57	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	12	41	39	-33	-25	-32	-2	42	67	45	37	13	40.8	53	32	62	47	59	110	86	50.6	59	47	62	51.4
58	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	13	62	87	121	102	130	100.4	145	117	105	111	124	120.4	70	139	94	99	82	77	142	96.8	82	99	94	105.8
59	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	14	110	113	121	77	87	101.6	73	63	60	90	108	78.8	41	43	33	46	52	37	46	43	52	46	33	63.8
60	مجموعة تطبيق المادة الفاصلة	15	190	182	195	252	103	184.4	139	105	108	71	60	96.6	126	92	110	122	68	100	120	103.6	68	122	110	120.9

ZirkoDenta

Zirconium Dioxide Blanks:

Pre-sintered, Yttrium Partially Stabilized zirconium dioxide blanks.

Composition:

Zirconium(IV)oxid	85-97%
Yttriumoxid	3-7%
Aluminium(III)oxid	0-1%

Specifications:

Bending strength	**1.065±136 MPa**
Weibull modulus	**11**
Fracture toughness	**7 MPa**
Density	**6.06 g/cm^3**
Open porosity	**0%**
Hardness	**12.7 GPa**
Youngth modulus	**220 GPa**

ZD.scan

Der Streifenlichtscanner

Stripe light scanners are mostly used in industry for capturing small to medium sized objects. One advantage is, that glare is avoided. This removes the need for any elaborate safety precautions.

The ZD.scan 3D stripe light scanner has a resolution of < 20 µm and creates needle sharp images, a prerequisite for precise quality work. Positioning of the model in the scanner is unmistakable by using standard model bases and split cast systems. The scanning proceeds automatically. Model parts that are not captured can be added in an additional scan step.

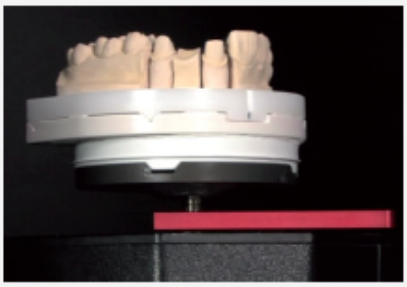
Undercuts can be easily blocked out and abutment divergences can be compensated. The preparation margins are recognised automatically as far as possible.

Three views (circular, frontal and tangential) enable the preparation margins to be visualised completely, and each point can be corrected after individual assessment.

In extremely difficult cases a genuine conventional model can be scanned in and digitalised. PC-guided modelling then is omitted.

Features:

Magnetic Model Mount



Specifications:

- Operating voltage: 110 V / 230 V
- Max. model size: approx. 90 mm diameter
- Model colour: optional
- Scan time for single stump: < 2 min
- Scan time for 4-unit bridge: < 3 min
- Scan time for complete jaw: < 7 min

_Precision: at least +/- 20 µm

- Scan area: 100 mm diameter x 30 mm
- Weight: approx. 60 kg (depending on version)
- Size: 44 x 60 x 72 cm (WDL)

ZD.mill

Die CNC-Fräsmaschine

The core piece of the ZD.mastermill system is the CNC milling machine. It has been completely remodeled incorporating all known requirements. Overhead spindles and guides protect mechanical parts from aggressive zirconium dust. The dust is suctioned directly from the milling spindle by the ZD.vac unit.

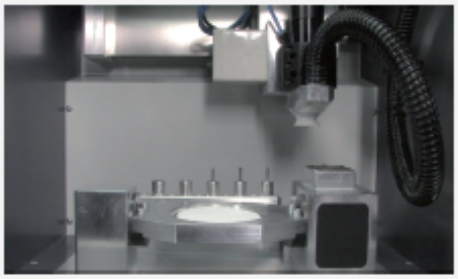
The milling spindle is an HF spindle with a rotational speed of up to 50000 rpm with analogue regulation. It is encapsulated and is both passively cooled thanks to the design and actively cooled by the airstream from the suction. It therefore meets all the prerequisites for rigorous and long-lasting operation.

The milling tools are changed pneumatically. A magnetic attachment system has been developed which ensures correct positioning of the tools. The tool change is made only when the tool is no longer needed at any point on the blank. This avoids frequent changes of tools.
The conical guide of the milling tool holder ensures secure positioning and attachment to the milling spindle.

To exclude any errors caused by the milling tool, for example, due to contamination or wear and tear, each time a tool is changed it is measured and recalibrated.. An appropriate selection of milling tools is provided to meet all requirements.

The spindles and guides work with a precision of < 20 µm. The smallest controllable increment is 0.003125 mm. This also ensures optimal precision for future applications. The overhead guides describe the paths on the north-south and east-west axes. The third dimension is created by the vertical guide of the milling spindle and the fourth axis is created by the pivoting mount table for the blank. The 4-axis version means 90 to 95% of all necessary work can be carried out with appropriate positioning of the units in the blank.

With the 5-axis version the milling spindle is also pivoted. This allows angled drilling up to a 30° angle, which enables compensation of recessed areas and abutment divergences.



Specifications:

- Operating voltage: 110 V / 230 V
- Precision: < 20 µm
- Total travel: x: 340 mm, y: 200 mm, z: 110 mm
- Rotation axes: 40.000 steps per rotation (360°)
- 5-axis version (angled drilling possible)
- Tool length compensation
- Weight: approx. 120 kg (depending on version)
- Size: 70 x 60 x 72 cm (WDL)

ZD.therm Premium

Sintering Furnace

The fit of the final zirconium framework is highly dependent on the sintering process. Gradual heating up to the sintering temperature, which must be precisely maintained over a number of hours, and slow cooling are essential.

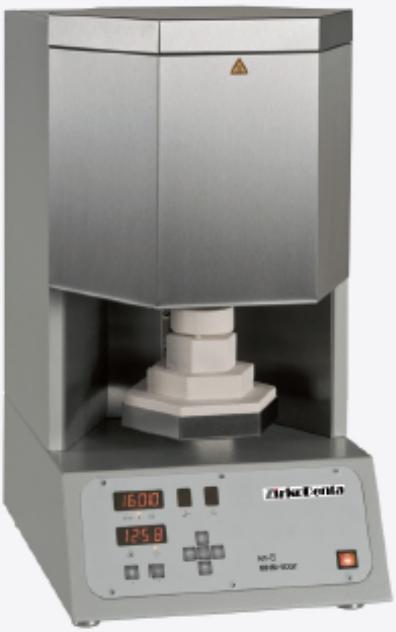
For these reasons a new furnace was specifically designed that, despite its very compact size, is fitted out with a sufficiently large firing chamber with optimal insulating properties and is also highly energy efficient.

With a full range of new features to maintain the quality and purity of the sintered Zirconium oxide, this high-temperature furnace offers the following advantages:

High flexibility in programming and completely adaptable to all zirconium oxide materials by individual heating programs.
A precise temperature control system up to 1600°C for an optimal result and precise adaptation to all kind of dental reconstruction.
Long lifetime due to four 1800°C MoSI2 heating elements and stainless steel case.
Firing chamber optimal insulated for saving energy and cool environment.
Up to 60 units per sintering cycle due to stackable trays.
Up to three sintering cycles per day by active cooling option.
Acoustic and optical signal at the end of the program.

Features:

Stackable Sintering Trays and Sintering Pearls



Secifications:

- Operating voltage: 110 V / 230 V
- Power consumption: ~ 2,5 kW, Fuse: 16 A
- LCD Display
- Operating temperature up to 1600 °C (sintering of various materials possible)
- Adjustable heating rate 1° to 30°C /min.
- Weight: approx. 75 kg
- Size: 50 x 60 x 78 cm (WDL)

Meron – Technical Profile

Working time	3 min	ISO 9917
Intraoral setting time	5 – 7 min	ISO 9917
Compressive strength	110 MPa	ISO 9917
Film thickness (capsule)	15 µm	ISO 9917
Water solubility	0.3 - 0.8%	ISO 9917
Shear bond strength on dentin	5 - 6 MPa	ISO 9917