الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية طب الأسنان
قسم مداواة الأسنان

الشفوفية والمتانة في مواد الزيركونيا المتجانسة عالية الشفوفية

Translucency and strength of high-translucency monolithic zirconium oxide materials

أطروحة قدمت إلى جامعة دمشق لنيل درجة الماجستير
في طب الأسنان التجميلي

إعـداد

محمد صفوان البغا

إشراف الأستاذ الدكتور

محمد أسامة الجبان

ماجستير
1439هـ/2017م

تصـريـح

«لا يوجد أيّ جزء من هذه الأطروحة تمّ أخذه بالكـامل من عملٍ آخر أو أنجز للحصول على شهادةٍ أخرى في هذه الجامعة أو فـي أيّـة جامعةٍ أخرى أو أيّ معهدٍ تعليميٍّ» .

الإهداء

Dedication

❖ *أهدي هذا العمل المتواضع إلى روح معلمتي المربية السورية العظيمة هناء سهيل الخياط رحمها الله تعالى وعطر ذكرها.*

كلمة شكر

Acknowledgment

الحمد لله الذي أعانني على إتمام هذا البحث و الذي أكرمني بأساتذة أحبهم و يحبونني إذ لم يبخلوا يوماً بوقت أو جهد أو علم و بذلوا لنا كل ما في وسعهم أن يبذلوه فلا كلمات تفيهم حقهم من الشكر و جزاهم الله كل خير ...

وأخص بالشكر أساتذتنا الكرام في قسم مداواة الأسنان و في قسم التعويضات الثابتة و في قسم النسج حول السنية لما أولونا به من اهتمام ....

وكل الشكر لأستاذي **الأستاذ الدكتور أسامة الجبان** نائب عميد كلية طب الأسنان للشؤون الإدارية لما حباني به من عناية أبوية و من دعم علمي و نفسي أثناء فترة دراستي في الدراسات العليا فله مني كل الشكر .

و الشكر موصول **لأستاذتي الكريمة الأستاذة الدكتورة سعاد عبود** ... قدوتي و منارتي في العلم و التعليم .. من لا تفيها الكلمات حقها ... جزاها الله كل خير .

وكل الشكر و الحب و التقدير **للأستاذ الدكتور لؤي مراد** رئيس قسم التعويضات الثابتة الذي قبل مشكوراً تحكيم هذا البحث و هو الذي كان دوماً منهل الخير و مورد العلم لي و لكل طلابه ... بارك الله له في علمه وعمله...

والشكر الكبير لعائلتي المحبة من وقفوا معي دوماً و لكل من علمني حرفاً

قائمة المحتويات

	المقدمة	3
	الهدف من البحث	5
1	المراجعة النظرية	6
1-1	تعريف الزيركونيا	7
1-1-1	التقبل الحيوي للزيركونيا	8
2-1-1	الخواص الفيزيائية والميكانيكية للزيركونيا	9
3-1-1	البنية البلورية للزيركونيا	10
4-1-1	تثبيت الزيركونيا	12
5-1-1	متانة التحول	13
6-1-1	تحلل الزيركونيا في درجة الحرارة المنخفضة	15
7-1-1	أنماط خزف الزيركونيا	17
8-1-1	ارتصاص الزيركونيا	20
9-1-1	تأثير بعض العوامل على الزيركونيا	21
2-1	تقنيات تصميم وتصنيع نواة الزيركونيا	23
1-2-1	نظام الـ CAD/CAM	24
2-2-1	ميزات استخدام تقنية الـ CAD/CAM	24
3-2-1	مساوئ تقنية الـ CAD/CAM	26
4-2-1	أنواع المواد الخزفية المصنعة بطريقة الـCAM	27
3-1	الخزف المغطي	29
1-3-1	تقنيات تطبيق الخزف المغطي	30

4-1	طرائق معالجة سطح الخزف السني	34
1-4-1	معاملة سطح الزيركونيا	36
5-1	الأداء السريري لتعويضات الزيركونيا	37
6-1	تطور خزف الزيركونيا	40
1-6-1	الجيل الأول	40
2-6-1	الجيل الثاني	41
3-6-1	الجيل الثالث	41
7-1	الزيركونيا بالمقارنة مع الخزف الزجاجي الذي أساسه السيليكا	44
8-1	الصعوبات و التحديات أمام تطوير أجيال أحدث من الزيركونيا	45
9-1	الزيركونيا ذات البنية النانوية	46
10-1	الاستخدام العملي لخزف الزيركونيا عالي الشفوفية في الممارسة السنية	48
2	**المواد**	51
3	**نتائج الدراسة و** المناقشة	57
4	الاستنتاجات	66
5	المقترحات و التوصيات	68
1-5	المقترحات	69
2-5	التوصيات	70
6	**المراجع**	71

المقدمة

Introduction

المقدمة :

تستخدم الزيركونيا في طب الأسنان كمادة لصنع القلنسوات و الهياكل للتعويضات الخزفية التي يتم تغطيتها بخزف آخر أكثر شفوفية و أمنت الزيركونيا دعما لهذه التعويضات التي تمتعت بخصائص تجميلية و ميكانيكية جيدة . (Spyropoulou PE 2011)

و لكن المشكلة التي واجهت هذه التعويضات هي معدلات الكسر المرتفعة بالمقارنة مع تعويضات الخزف المغطي للمعدن و التي ربما قد تكون بسبب عدم التوافق في معامل التمدد الحراري أو التصميم غير المناسب للتعويض أو الحمل الزائد .

و في سبيل التخلص من هذه المشكلة و سعيا وراء تسهيل عملية تصنيع التعويض الخزفي قدمت الشركات التجارية مؤخرا موادا خزفية زيركونية يمكن بناء التعويض من كتلة واحدة متجانسة منها ، دون الحاجة إلى عملية تطبيق الخزف المغطي ، و عملت على تحسين شفوفيتها و المحافظة في ذات الوقت على خصائصها الميكانيكية الجيدة . (Lawson NC, Burgess JO 2014)

الهدف من البحث:

- هدف هذا البحث هو تقييم الشفوفية الضوئية و الخواص الميكانيكية للمواد الخزفية الزيركونية المسوقة حديثا على أنها تصلح لصنع تعويضات خزفية سنية من كتلة وحداة متجانسة منها و مقارنة هذه المواد مع الخزف الزجاجي المقوى بثنائي سيليكات الليثيوم الشائع الاستعمال من حيث الشفوفية و المتانة .

الباب الأول

المراجعة النظرية

Literature Review

1-1 تعريف الزيركونيا:

الزيركونيا هي ثنائي أوكسيد الزيركونيوم البلوري ZrO_2، فلز غير عضوي يوجد في الطبيعة على شكل بلورات من سيليكات الزيركونيا $ZrSiO_4$ يتم إرجاعها للحصول على أوكسيد الزيركونيوم كما يتواجد على شكل أوكسيد الزيركونيوم الحر (Vagkopoulou et al., 2009).

تمتاز هذه المادة بخواص ميكانيكية مشابهة للمعادن ولون مشابه للون الأسنان (Piconi and Maccauro, 1999). يعدّ هذا الفلز من المواد النادرة التي تستخدم في صناعة الحلي والمجوهرات، اكتشف لأول مرة عام 1789 بالصدفة على يد العالم الألماني "Martin Heinrich Klaproth" (Pilathadka and Vahalova, 2007).

أول استخدام للزيركونيا لأغراض طبية كان عام 1969 وكان متعلقاً بالتطبيقات الجراحية العظمية حيث قُدِّم كمادة جديدة لاستبدال المفصل الفخذي بدلاً من تعويضات التيتانيوم أو الألومينا (Helmer and Driskell, 1969)، أما أول استخدام له في طب الأسنان فكان عام 1990.

وقد ازدهر استخدام الزيركونيا في المجال السني بشكل كبير خلال السنوات الأخيرة اعتماداً على ثلاث خواص رئيسية تميزه عن باقي المواد التعويضية (Manicone et al., 2007):

- خواص تجميلية جيدة.
- مقاومة تآكل أفضل من المعدن ويُعزى ذلك إلى غياب تأثيرات التيارات الغلفانية.
- مقاومة للكسر والتصدّع أفضل من باقي أنواع الخزف.

1-1-1 التقبل الحيوي للزيركونيا: Biocompatibility of Zirconia

ركّزت الأبحاث الجراحية العظمية على السلوك الميكانيكي للزيركونيا، وعلى اهترائه، وعلى اندماجه بالعظم. أُنجزت الدراسات الأولى سريرياً لأن التقنيات المخبرية لم تكن متطورة بعد بشكلٍ كافٍ، وقد تمّ تقييم رد الفعل الناتج عن وضع الزيركونيا في عظم الفخذ عند القرد حيث لم تظهر أي استجابات عكسية (Manicone et al., 2007) . ثم أجريت العديد من الدراسات المخبرية للحصول على معلومات حول السلوك الخلوي تجاه هذه المادة، وأكد التقييم المخبري أن الزيركونيا غير سامة خلوياً(Lohmann et al., 2002) ,وهي غير قادرة على إحداث طفرات في المورثات الخلوية (Silva et al., 2002) بالإضافة إلى ذلك فإن أوكسيد الزيركونيوم ينتج ردّ فعلٍ أقلّ في النسج من المواد الترميمية الأخرى بما فيها التيتانيوم (Warashina et al., 2003).

يمكن تلخيص أهم خواص الزيركونيا بالنقاط التالية:

- مادة غير حلولة في الماء وبالتالي فهي غير سامة (Zarone et al., 2011).
- قابلية التصاق الجراثيم عليها ضعيفة جداً وهذا جانبٌ هام من أجل الحفاظ على ترميمات الزيركونيا بدون تسرب حفافي أو التهاب حول سني (Scarano et al., 2004, Rimondini et al., 2002) .
- خواص ميكانيكية عالية، ثابتة الأبعاد، ثابتة كيميائياً.(GA, 2008)
- ظلالية شعاعية جيدة.(McLaren)

1-1-2 الخواص الفيزيائية والميكانيكية للزيركونيا: Physical & Mechanical Properties

تتعلّق العديد من خصائص الزيركونيا ببنيته البلورية، وبالتحديد بانتقاله من الطور رباعي الأضلاع T إلى الطور أحادي الميلان M.

يمتلك خزف الزيركونيا خواص ميكانيكية عالية مشابهة لتلك التي يمتلكها الفولاذ اللاصدئ (Manicone et al., 2007) فهو ذو مقاومة عالية حيث وصلت مقاومته للضغط في إحدى الدراسات إلى مايقارب 2000 ميغاباسكال (Piconi and Maccauro, 1999) أما مقاومته للالتواء فسجلت قيمة مقدارها 900-1200 ميغاباسكال(Guazzato et al., 2002) وهي تعدّ قيمة عالية إذا ما قورنت بخزف الألومينا والخزف الزجاجي (Coelho et al., 2009) ويمكن تحمّل الجهود الدورية بشكل جيد بواسطة هذه المادة، وإذا قورنت مقاومة انكسار خزف الزيركونيا ببعض أنظمة الخزف الأخرى الخالية من المعدن فسوف يُلاحظ أن خزف الزيركونيا قد حقق أعلى القيم في هذا المجال إذ سُجِّلت في إحدى الدراسات مقاومة انكسار مقدارها 282 نيوتن لترميمات ثنائي سيليكات الليثيوم، 518 نيوتن لترميمات الألومينا، مقابل 755 نيوتن لترميمات الزيركونيا (Lüthy et al., 2005)، ونتيجةً لهذه الخواص الميكانيكية العالية افترضت بعض الدراسات أن هذا النوع من الخزف قابل للاستخدام على الأرحاء لصناعة التيجان المفردة أو الجسور الطويلة (Tinschert et al., 2004, Raigrodski et al., 2006) وعلى الرغم من أن بعض الشركات المصنّعة تسمح أيضاً بصناعة ترميمات لكامل

القوس السنية إلا أن الجسور المؤلفة من خمس قطع هي أكثر مايمكن الحصول عليه حتى الآن(Larsson et al., 2005).

تتغير الخواص الفيزيائية لخزف الزيركونيا تبعاً للمعالجات السطحية التي يتعرّض لها فالتعرّض للرطوبة لفترة طويلة يمكن أن يكون له تأثيرٌ ضارٌ على خصائصه كما أن السحل السطحي يمكن أن يقلل من القساوة (Luthardt et al., 2002).

يتميز الزيركونيا بظلاليةٍ شعاعيةٍ وهذا مفيد في جانبين، إذ يمكن استخدامه عند الحاجة لتتويج الأسنان المتلوّنة دون أن يؤثر ذلك على الناحية التجميلية, كما أن هذه الظلالية مفيدة جداً لضبط الانطباق الحفافي للترميم من خلال التقييم الشعاعي.

1-1-3 البنية البلورية للزيركونيا Crystallography of Zirconia:

يوجد لخزف الزيركونيا 5 أطوار صلبة معروفة على الأقل، في حين لوحظت تحت شروط المعالجة الطبيعية (بدون ضغط أو وسط ذي ضغطٍ منخفض ودورات حرارية تقليدية) فقط ثلاثة أطوار وذلك اعتماداً على درجة الحرارة وإضافة أكاسيد الاستقرار. وسوف يتم التركيز هنا فقط على هذه الأطوار الثلاثة باعتبارها ذات أهمية للتطبيقات الطبية الحيوية.

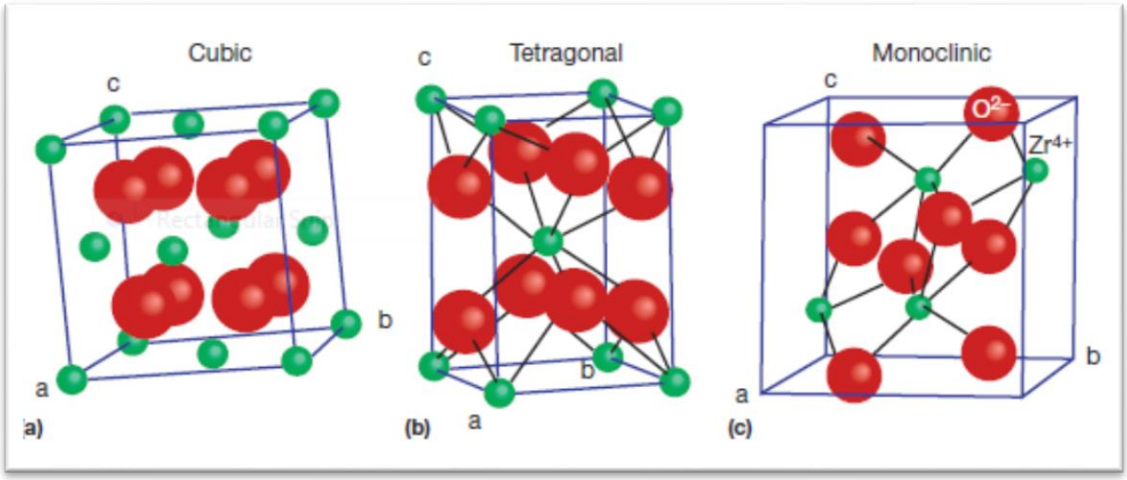
يمكن أن تنتظم بلورات الزيركونيا في ثلاثة نماذج (من درجة حرارة منخفضة إلى مرتفعة) (Chevalier and Gremillard, 2011)

1- النموذج أحادي الميلان Monoclinic ويرمز له بالرمز (M): وهو يُشاهد في درجة حرارة الغرفة وحتى درجة 1170°C.

2- النموذج رباعي الأضلاع Tetragonal يرمز له بالرمز (T): يُشاهد في درجة حرارة أعلى من 1170°C وحتى 2370°C، يتميز هذا الطور بأنه غير مستقر وهو قادر على التحول إلى الطور أحادي الميلان.

3- النموذج المكعب Cubic يرمز له بالرمز (C): يُشاهد في درجات حرارة أعلى من 2370°C وحتى درجة الانصهار 2680°C (Goff et al., 1999).

و الشكل التالي يوضح هذه البلورات:



صورة توضح النماذج الثلاث لبلورات الزيركونيا

بعبارةٍ أخرى يمكن القول أن الزيركونيا النقيّة تكون أحادية الأضلاع (M) في درجة حرارة الغرفة وبضغطٍ منخفض، بزيادة درجة الحرارة تتحول المادة إلى رباعية الأضلاع (T) عند درجة الحرارة 1170°C تقريباً, ومن ثم إلى مكعبة (C) عند درجة الحرارة 2370°C تقريباً وتذوب عند 2716°C.

هذه التحوّلات بين الأنماط البلورية توصف بأنها (Denry and Kelly, 2008):

1. غير منتشرة: أي تشمل فقط بعض أجزاء الشبكة البلورية دون حدوث انتقالٍ للذرات.

2. تحدث تحت تأثير الحرارة: مما يدل على الحاجة إلى أن تكون تغيرات درجة الحرارة ضمن مدى معين ذُكِر سابقاً.

3. تتضمّن تشوه الشكل.

تكون تغيرات الحجم خلال التبريد والمتعلقة بهذه التحولات هامة وكبيرة لدرجةٍ تجعل المادة النقية غير مناسبة للتطبيقات التي تحتاج بنية صلبة ذات خصائص عالية:

- من الطور C إلى الطور T: يتغير الحجم بمقدار 2,31%.
- من الطور T إلى الطور M: يتغير الحجم بمقدار 4,5%.

تتحول البنى الملبّدة من الطور T إلى الطور M خلال الارتصاص ضمن درجة حرارة (1300–1500) °C.

1-1-4 تثبيت الزيركونيا (Denry and Kelly, 2008, Garvie and Nicholson, 1972):

من أجل تأمين استقرار الزيركونيا ذات الطور رباعي الأضلاع أو المكعب في درجة حرارة الغرفة وضبط تحولاتها بين الأنماط البلورية الثلاثة ، تُضاف بعض الأكاسيد المعدنية منخفضة التكافؤ التي تساعد على استقرارها والتي يمكن أن تصنّف في العديد من الأصناف بالاعتماد على تكافؤ ذراتها(Chevalier and Gremillard, 2011):

– ذرات ثنائية التكافؤ: كالكالسيوم والمغنزيوم وهما الذرات ثنائية التكافؤ الوحيدة المستخدمة وينتج عن إضافتها خزف PSZ (Partially Stabilized Zirconia).

– ذرات ثلاثية التكافؤ: يُعد الايتريوم أكثرها استخداماً وقد يوجد السكانديوم والغاليوم والحديد في بعض التطبيقات، وينتج عن إضافتها خزف TZP (Polycrystals Tetragonal Zirconia) و PSZ.

– ذرات رباعية التكافؤ: كالسيريوم وينتج عن إضافتها خزف TZP.

1-1-5 متانة التحول Transformation Toughening:

إن أفضل الخواص الميكانيكية للزيركونيا يمكن تحقيقها فقط إذا كانت بعض الحبيبات يمكنها التحول تحت الضغط من الطور رباعي الأضلاع غير المستقر إلى الطور أحادي الميلان المستقر, وهذا هو مفهوم متانة التحول. بعبارةٍ أخرى يمكن القول أن الزيركونيا تُستخدم كخزف حيوي فقط إذا كانت غير مستقرة بشكل كامل إلا أن هذه الاستقرارية المتبدلة للطور رباعي الأضلاع في درجة حرارة الغرفة قد تؤدي إلى تحول في السطوح التي تكون بتماسٍ مع الماء (سوائل الجسم) وهذه الظاهرة تُسمى تحلُّل الزيركونيا أو الـ LTD (Low Temperature Degradation).

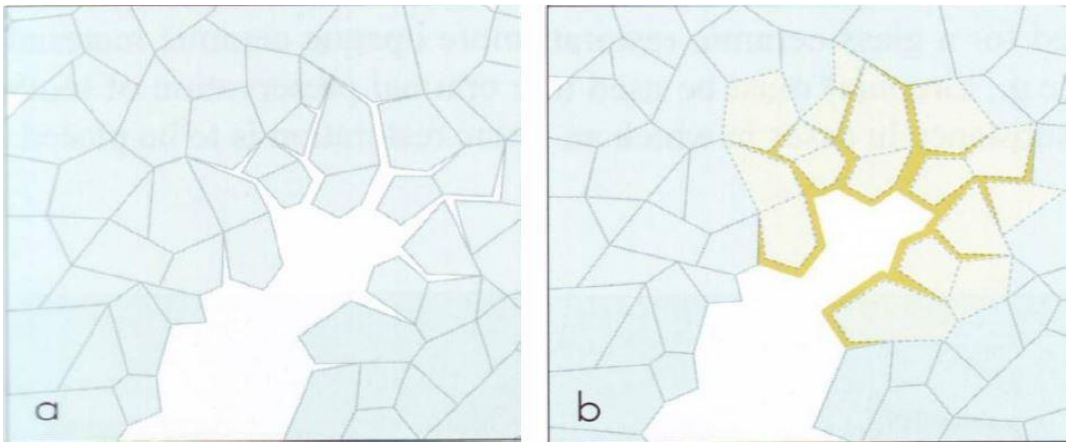
اكتشفت متانة التحول عام 1975 من قبل العالم Garvie (Garvie et al., 1975). وهذا التحول الناتج عن الضغط خلق الظروف لزيادة قوة وقساوة الزيركونيا لدرجات لم يتم الوصول إليها من قبل في أنواع الخزف السابقة.

عند تطبيق ضغط على سطح الزيركونيا يحدث تحول بلوري في البنية، وهذا يُنتِج تغيراً حجمياً في البلورات في مكان تطبيق الضغط، وهنا فإن طاقة التصدع (Cracking energy) تُحدِث التحول T – M.

هذا التعديل البلوري يتبعه تمدّد يؤدي إلى ختم الشق (Manicone et al., 2007) إذ أن وجود جهود الشد في جوار الصدع يُحرِّر القيود الميكانيكية المفروضة على الطور الرباعي غير المستقر ويسمح له بالتحول إلى الطور أحادي الميلان مما يؤدي إلى تشكل منطقة التحول.

من الواضح أن هذا لايمكن أن يحدث إذا كان الطور T مستقراً.

ويوضح المخطط التالي كيفية حدوث هذا التحول على المستوى البلوري:



صورة توضح كيفية حدوث التحول على المستوى البلوري

يُرى تأثير متانة التحول عند مقارنة سرعات تولّد الشقوق في مختلف أنماط الزيركونيا. فعلى سبيل المثال، الفرق بين المقاومة الجيدة لتولد الصدوع في الزيركونيا 3Y–TZP رباعية الأضلاع والمقاومة المتوسطة للزيركونيا المكعبة يأتي من متانة التحول (Chevalier et al.,

2001) ، وقد تبين أيضاً أن زيادة حجم الحبيبات في خزف 3Y–TZP تؤدي إلى زيادة فعالية متانة التحول وبالتالي مقاومة أفضل لتولد الشقوق وقساوة أفضل.

إذاً يمكن اختصاراً تعريف متانة التحول على أنها من الآليات الكامنة التي تسمح بتبديد إضافي للطاقة عند أطراف الصدوع نتيجةً للضغط يليها تمدد في الحجم بمقدار 3–5%.

1–1–6 تحلّل الزيركونيا في درجة الحرارة المنخفضة LTD Low Temperature Degradation:

يمكن أن يحرّض وجود الماء التحول M – T على سطح الزيركونيا وقد تم توثيق ذلك في الزيركونيا رباعية الأضلاع من النمط Y–TZP، وعلى النقيض من التحول M – T الذي يحدث ضمن كتلة المادة بجوار الشق المتولّد فإن هذا التحول على السطح في وجود الرطوبة يؤدي إلى انخفاضٍ في خواص المادة وتدعى هذه الظاهرة أيضاً بظاهرة شيخوخة الزيركونيا Ageing.

تُعتَبر هذه الظاهرة جوهرية في خزف 3Y–TZP إلا أنها تعتمد بشكل كبير على البنية المجهرية وعلى ظروف معالجة الزيركونيا وهي يمكن أن تُقَلَّل إلى حدها الأدنى تحت الشروط التالية:

- إبقاء حجم الحبيبات صغيراً.
- الكثافة العالية وعدم وجود مسامية في خزف الزيركونيا.
- عدم وجود جهود شد متبقية في أجزاء المادة المعرّضة للماء.
- عدم وجود طور مكعب C.

سُجِّلت هذه الظاهرة لأول مرة من قبل العالم Kobayashi (Kobayashi et al., 1981).

إذ لوحظ أن التحول البطيء M – T من الطور رباعي الأضلاع غير المستقر إلى الطور أحادي الميلان الأكثر استقراراً يحدث في الحبيبات السطحية في وسط رطب في درجة حرارة منخفضة نسبياً °C(400–150) وتحديداً في المجال °C(300–200). (Swab, 1991)

يبدأ الـ LTD عادةً على سطح الزيركونيا ويتقدم لاحقاً باتجاه معظم كتلة المادة، يكون تحول كل حبيبةٍ مترافقاً بزيادة في الحجم تسبب جهوداً إضافية في الحبيبات المحيطة وتؤدي إلى حدوث تصدع مجهري يتلو ذلك نفوذ الماء ضمن الكتلة مما يفاقم من عملية التحلل وحدوث التحولات. يؤدي نمو منطقة التحول إلى زيادةٍ في كمية الطور أحادي الميلان وحدوث تصدع مجهري حاد وأخيراً خشونة في السطح تؤدي في النهاية إلى انخفاض في المقاومة. ومن العوامل التي يمكن أن تُشجِّع على حدوث ظاهرة التحلل: حجم الحبيبات لذا فمن الأفضل أن تكون ذات أحجام صغيرة، وكمية المادة المسببة لاستقرار الطور الرباعي فكلما زادت كميتها ساهم ذلك في تناقص معدل حدوث هذه الظاهرة،(Hannink et al., 2000) ووجود الجهود المتبقية Residual stresses(Deville et al., 2006)، ووجود الرطوبة.(Swab, 1991)

وعلى الرغم من أن ظاهرة الـ LTD تقلّل من الخواص الميكانيكية للزيركونيا إلا أن قيم المقاومة تقلّ إلى قيم مقبولة سريرياً في الوسط الفموي.(Att et al., 2007)

خلاصة:

استناداً إلى ماسبق يمكن القول بأن متانة التحول والـ LTD هما في الحقيقة مصطلحان مترادفان يُقصَد بهما أن الطور رباعي الأضلاع غير المستقر يمكن أن يتحول إلى الطور أحادي

الميلان. الجانب الإيجابي هو التحول تحت الضغط والذي يُمكِّن الزيركونيا من مقاومة القوى العالية، بينما الجانب السلبي هو التحول الممكن حدوثه في السطح والذي يؤدي إلى صدوع مجهرية وخشونة.

إذاً فالمطلوب الآن إنتاج خزف زيركونيا قادر على التحول تحت الجهود المطبقة ولكن بأقل حساسية ممكنة للماء أي الحفاظ على التوازن الحساس بين استقرارية الطور T الضرورية لمقاومة التحلل LTD وقابلية التحول للطور T الضرورية لمتانة التحول اللازمة لمقاومة تولد الصدوع.

1-1-7 أنماط خزف الزيركونيا:

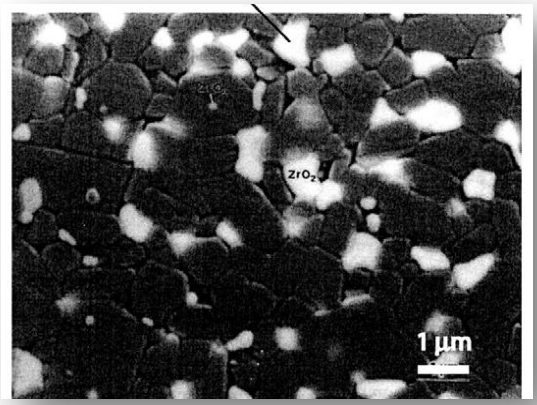
اعتماداً على تطبيقات التحول M – T يمكن أن تّصنَّف الزيركونيا في ثلاثة أشكال:

1. أشكال الخزف المقواة بالزيركونيا Zirconia-Dispersed Ceramics:

وهي مواد تعتمد على بعثرة بلورات الزيركونيا في مادة أخرى، و هذه المواد هي الأقل انتشاراً والأقل أهميةً تجارية.

من أمثلتها الألومينا المقواة بالزيركونيا Zirconia-Toughened Alumina والتي يرمز لها بالرمز (ZTA) أو المولايت المقوى بالزيركونيا Zirconia-Toughened Mullite (ZTM).

المثال التجاري الوحيد في المجال السني عن الخزف المقوى بالزيركونيا هو الـ InCeram Zirconia (Vita) والذي يتألف من ألومينا وزيركونيا بمعدل مئوي حجمي قدره 30:70 على الترتيب (Holand et al., 2008).



صورة توضح البنية البلورية للألومنيا المقواة بالزيركونيا

تُعدّ هذه المادة ثنائية الطور مع غلبة الطور رباعي الأضلاع، وهنا لايتطلب استقرار الطور T في درجة حرارة الغرفة استخدام الأكاسيد وبدلاً عن ذلك يتمّ التحكم به بواسطة حجم الجزيئات وشكلها وموقعها.

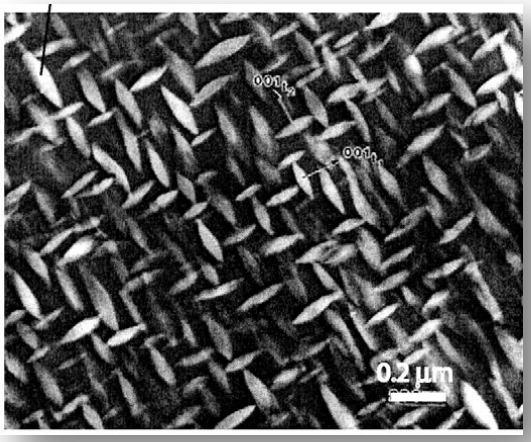
مثال: في خزف الـ ZTA الجزيئات التي تكون فوق حجمٍ معين سوف تتحول إلى الطور أحادي الميلان تبعاً للتبريد إلى درجة حرارة الغرفة.

2. الزيركونيا المستقرة جزئياً (PSZ) Partially Stabilized Zirconia:

وهي من أكثر المواد التي دُرست كما أنها هامة تجارياً ومعقدة بنيوياً، وتشمل الزيركونيا المقواة بالمغنزيوم Mg–PSZ والكالسيوم Ca–PSZ و الايتريوم Y–PSZ.

يتطلّب استقرار هذه المواد إضافة أكاسيد مقوية كالتي سبق ذكرها وتكون أيضاً عبارة عن طورين (رباعي الأضلاع ومكعب) مع غلبةٍ للطور رباعي الأضلاع وتكون هنا الجزيئات الرباعية متواجدةً ضمن قالبٍ من الجزيئات المكعبة المستقرة ومن أمثلتها التجارية خزف Denzir–M،

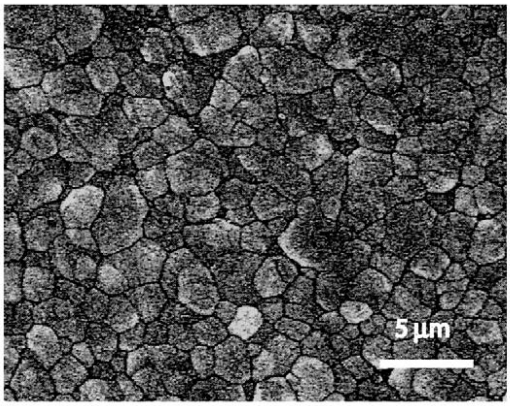
ولايمكـن تحقيـق الاسـتقرار الكامـل لهـذه المـواد لـذلك سُـمّيت بالزيركونيـا المسـتقرة جزئيـاً (Ritzberger *et al.*, 2010).



صورة توضح البنية البلورية الزيركونيا المستقرة جزئيا

3. الزيركونيـا رباعيـة الأضـلاع متعـددة البلـورات (TZP) Tetragonal Zirconia Polycrystals:

من أمثلتها Ce-TZP و Y-TZP، تتألف هذه المادة من طور وحيد هو الطور الرباعي والذي تبلـغ نسـبته حـوالي 98% وتتميـز بحجـم حبيبـات فـائق النعومـة ويعـد خـزف الـ Cercon أحـد أمثلتها التجارية، يستخدم هذا النمط بشكل شائع كمادة للقبعات الخزفية ويكون فيه الطور رباعي الأضـلاع غير المستقر مرتبطاً مـع 3 % جزيء من أوكسيد الايتريوم (3Y-TZP) مما يمنحه الاستقرار (Denry and Kelly, 2008).



صورة توضح البنية البلورية للزيركونيا رباعية الأضلاع متعددة البلورات

أظهرت العديد من الدراسات مقاومة انكسار ممتازة ومعطيات قساوة عالية لخزف TZP, وهذا يعود إلى اعتماد هذا الطور على خاصية متانة التحول التي تنتج من تحول الطور رباعي الأضلاع إلى الطور أحادي الميلان لجزيئات الزيركونيا تحت الضغط (Suttor, 2004).

يمتلك خزف 3Y–TZP أفضل الخواص الميكانيكية والتجميلية بين أنواع الأكاسيد الخزفية متعددة البلورات فهو قد يحقق شفافية تصل إلى 12–15% (Baldissara et al., 2010).

حقق خزف 3Y–TZP نجاحاً سريرياً طويل الأمد في المجال السني لكنه اختفى من حقل الجراحة العظمية التجبيرية بسبب أحداث الفشل الناتجة عن ظاهرة LTD (Ageing) في بعض المنتجات في ظلّ غياب أي تقريرٍ سريري عن مثل هذه الظاهرة في التطبيقات السنية وهو لايزال مستخدماً كمادة حيوية بسبب خواصه الميكانيكية والتجميلية الممتازة.

1–1–8 ارتصاص الزيركونيا:

يتطلب ارتصاص الزيركونيا بشكلٍ عام درجات حرارة فوق درجة الحرارة التي تحدث التحول T–M ولهذا تكون الزيركونيا رباعية الأضلاع في درجة حرارة الارتصاص والتحول يحدث خلال

التبريد، هذا التحول يؤدي إلى زيادة كبيرة جداً في الحجم (حوالي5%) مما يؤدي بشكل حتمي إلى حدوث تصدعات في قوالب الزيركونيا النقية الكثيفة. من الممكن تجنُّب هذا التصدع الناجم عن التحول إما بالارتصاص تحت درجة حرارة 1170C° (حيث تبقى المادة أحادية الميلان خلال كامل دورة الارتصاص مما يؤدي إلى خزف غير قابل للتحول قليل القوة وقصف) أو بالاحتفاظ بالأطوار الرباعية والمكعبة مستقرة في درجة حرارة الغرفة وذلك بخلطها بذرات إيجابية متعددة التكافؤ تمنع التحول M–T خلال التبريد.

ومن الجدير بالذكر أنه من الممكن الاحتفاظ بمسحوق الزيركونيا النقية ذات الطور الرباعي في درجة حرارة الغرفة حتى حجم حبيبات بقياس حوالي 24 نانومتر (Pitcher et al., 2005).

في قوالب الزيركونيا المجرى لها ارتصاص يكون من المستحيل الاحتفاظ بهذا الحجم المنخفض من الحبيبات بالإضافة إلى الجهود الداخلية المتبقية والتي تجعل استقرار الطور الرباعي مستحيلاً بدون مساعدة أكاسيد الاستقرار(Pitcher et al., 2005).

يتكون 3Y–TZP الموضوع في درجة حرارة عالية (1500C°) من:

88% طور رباعي يحتوي على 2.4 % جزيء من أوكسيد الايتريوم Y_2O_3.

12% طور مكعب يحتوي على 7.5 % جزيء من أوكسيد الايتريوم.

1–1–9 تأثير بعض العوامل على الزيركونيا:

1. تأثير حجم الحبيبات:

تتأثر الخواص الميكانيكية للزيركونيا بشكل كبير بحجم حبيباتها، إذ أن زيادة حجم الحبيبات عن 1µ يجعل الزيركونيا أقل استقراراً وأكثر عرضة للتحول M–T وهذا يزيد من مقاومة المادة

للانكسار ولكنه يضعف من خواصها بسبب زيادة غنى سطح الزيركونيا بالطور أحادي الميلان الأمر الذي يؤدي إلى زيادة إمكانية حدوث ظاهرة التحلل LTD أو الشيخوخة Ageing. أما نقصان حجم الحبيبات لأقل من μ0,2 فهو ينقص متانة المادة بسبب غياب خاصية متانة التحول ويستخدم حالياً حجم حبيبات يتراوح بين μ0,8-0,3 للطب الحيوي (Aboushelib, 2010).

2. تأثير الرطوبة:

تُضعِف الرطوبة من الخصائص الميكانيكية للزيركونيا نتيجةً لحدوث ظاهرة الـ LTD، لذلك يُنصح بعدم ترك حواف قبعات الزيركونيا بتماسٍ مع اللثة وتغطية كامل القبعة الزيركونية بالخزف المغطي (Al-Amleh et al., 2010).

3. تأثير درجة الحرارة:

يؤدي تعرّض الزيركونيا لدرجات حرارةٍ عالية ولمدة طويلة إلى إضعاف خصائصها الميكانيكية نتيجة لكبر حجم حبيباتها، فكلما كانت الحرارة المستعملة في الارتصاص أقل كان حجم الحبيبات أصغر. لذلك فإن لعملية الارتصاص دورٌ كبيرٌ في استقرار بنية الزيركونيا والخواص النهائية للترميم (Zarone et al., 2011).

4. تأثير أجهزة التصنيع الـ (CAM):

تؤثر السنابل المستخدمة في نحت الزيركونيا على خواصها من حيث حدّتها وعدد حبيباتها العاملة وكلما كان القطع أسهل كان الضرر الحاصل للسطح أقل (Luthardt et al., 2004). كما أن طبيعة القوالب الزيركونية المستعملة تلعب دوراً جوهرياً فاستعمال قوالب غير كاملة

الارتصاص يقلل من حدوث التصدعات على سطح الزيركونيا وهذا مايشاهد غالباً عند استعمال القوالب كاملة الارتصاص (Thompson and Rekow, 2004).

5. تأثير عملية سحل الزيركونيا بعد التصنيع:

يؤدي سحل الزيركونيا خلال الإجراءات المخبرية أو السريرية إلى إيجاد سطحٍ متبقٍ غني بالتحولات يكثر فيه حدوث الشقوق والتصدعات المجهرية ويكون هذا السطح منطقة ضعف يبدأ فيها حدوث الكسر لذلك توصي أغلب الشركات المصنعة بعدم سحل الزيركونيا أو ترميلها (Denry and Kelly, 2008).

2-1 تقنيات تصميم وتصنيع نواة الزيركونيا:

يتم ذلك بطريقتين:

1. طريقة التصنيع اليدوي أو مايطلق عليه اسم (MAD/MAM):

Manual-Aided Design/Manual-Aided Manufacturing

إذ يقوم فني الأسنان بصناعة القبعة يدوياً من الشمع أو الراتنج على المثال الجبسي للسن المحضر وذلك بطريقة التشميع التقليدي, وبعد تجربتها في العيادة يقوم التقني بنسخها بواسطة الجهاز الناسخ، ثم يتم تصنيع القبعة من قالب زيركونيا غير ملبد وبالتالي يتم الحصول على قبعة زيركونية مطابقة للقبعة الشمعية ولكنها أكبر بنسبة 20-25% لتعويض التقلص الذي سيحصل خلال عملية الارتصاص (Kurbad, 2001).

2. طريقة التصميم والتصنيع بواسطة الحاسب الآلي (CAD/CAM):
Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing

1-2-1 نظام الـ CAD/CAM:

تعريفه: هذا المصطلح هو اختصار لجملة **Computer-Aided Design/ Computer-Aided Manufacturing** أي التصميم والتصنيع بواسطة الحاسب الآلي.

تعتمد تقنية الـ CAD/CAM على التنبؤ الدقيق بالأبعاد لمعاوضة التقلص الناتج عن الارتصاص. وهي طريقة اقتصادية وقابلة للتكرار وتستخدم لصناعة نماذج فريدة ومعقدة (Tinschert et al., 2004). ويتم نحت أشكال هندسية ذات قياس أكبر بحوالي 20% من الحجم المطلوب الحصول عليه.

يتعلق زمن النحت بنوع القوالب المستخدمة فيما إذا كانت نصف أو كاملة الارتصاص وهذا بدوره له تأثيرٌ على حجم التعويض الناتج (Helvey, 2008). بعد النحت تأتي مرحلة الارتصاص وأفضل درجة حرارة لارتصاص الزيركونيا هي 1100°C(Hämmerle et al., 2008).

1-2-2 ميزات استخدام تقنية الـ CAD/CAM:

إن استخدام تقنية الـ CAD/CAM لصناعة التعويضات له الكثير من المزايا بالمقارنة مع الطرق التقليدية، تتضمن هذه المزايا السرعة وسهولة الاستخدام والجودة فاستخدام الماسحات الرقمية

أسهل وأسرع من أخذ الطبعات التقليدية كما أن تجاوز مراحل التشميع والكسي والصب والخبز يؤدي إلى توفير كبير في الوقت (Davidowitz and Kotick, 2011).

ففي الإصدار الأخير من نظام CEREC يستغرق أخذ طبعة الكترونية لنصف القوس السنية حوالي 40 ثانية ولقوس كاملة حوالي دقيقتين (The CEREC Acquisition Center Powered by Bluecam, 2008) بينما تستغرق عملية النحت حوالي 6 دقائق (CEREC AC, 2011). وهذا يقدم للمريض إمكانية الحصول على التعويض النهائي بنفس الجلسة دون الحاجة إلى موعد آخر مما يلغي الحاجة لصنع ترميم مؤقت.

تعد الترميمات التي يتم إنجازها عالية الجودة لأن القياسات والتصنيع تتم بخطوات بالغة الدقة. كما أن الطبعات التقليدية تعاني دائماً من مشكلات مثل الفقاعات أو تمزق المادة الطابعة (Christensen, 2005). وباعتبار أن القوالب الخزفية مسبقة الصنع وتأتي خالية من العيوب الداخلية فإن الجودة تكون مضمونة.

يمكن تلخيص ميزات استخدام تقنية الـ CAD/CAM بالتالي:

1. استخدام مواد خزفية قوية وجديدة مثل الزيركونيا (Griggs, 2007).
2. تقليل الجهد المبذول.
3. توفير الوقت: فالعمل المخبري التقليدي يستهلك وقتاً طويلاً.
4. القدرة على تقليص الأخطاء التقنية والتحكم بالنوعية: إذ أن بناء الخزف بالطريقة التقليدية يحتاج إلى مهارة ودقة عاليتين بينما تقنية الـ CAD/CAM لاتتدخل فيها اليد البشرية وبالتالي

هناك إمكانية لضبط الجودة وإنقاص الأخطاء إلى الحد الأدنى (Miyazaki et al., 2009, Liu, 2005).

5. تقليل خطر حدوث كسور التيجان فالتعويضات المصنعة باستخدام هذه التقنية لاتحتوي في سطوحها الداخلية على مسامات وتشوهات على عكس التعويضات المصنعة يدوياً.

6. يمكن تخزين البيانات والطبعات الرقمية على الحاسوب, في حين قد تتعرض الأمثلة الجبسية للضياع أو الكسر وهي بحاجة إلى مساحة لتخزينها هذا يؤمن إمكانيةً لحفظ أرشيفٍ خاص بكل مريض للرجوع إليه عند الحاجة (Birnbaum et al., 2009).

7. الحصول على تعويضات دقيقة ومنضبطة وتجاوز الحاجة إلى إجراء تعديلات على التعويض النهائي فسحل الزيركونيا قد يسبِّب ضرراً لسطح التعويض (Luthardt et al., 2004).

1-2-3 مساوئ تقنية الـ CAD/CAM:

1. تعدّ تكلفة المعدات والبرنامج مرتفعة ويحتاج الممارس إلى بذل الوقت والمال من أجل التدريب على استخدامه.
2. كما هو الحال في الطبعات التقليدية، يحتاج الطبيب عند أخذ الطبعة البصرية إلى تسجيل دقيق للسن المراد ترميمه وهذا يتطلب خط إنهاء واضح ودقيق بالإضافة إلى تسجيل دقيق للبنى المجاورة والسن المقابلة. كما يحتاج النسخ الرقمي تدبيراً مماثلاً للنسج الرخوة كتبعيد اللثة والسيطرة على الرطوبة وإيقاف النزف.

3. لا توفر الطبعات الرقمية الوقت بالضرورة فهي قد تحتاج إلى مراحل متعددة .

4-2-1 أنواع المواد الخزفية المصنعة بطريقة الـCAM

تتواجد المواد الخزفية المصنعة بطريقة الـCAD/CAM بشكلين:

ناقصة التلبيدpresintered أو كاملة التلبيد densely sintered ceramics

1- المعاملة الآلية للقوالب ناقصة التلبيد Soft machining of pre-sintered blanks

أصبحت المعاملة الآلية 3Y-TZPغير كاملة التلبيد منتشرة في طب الأسنان منذ تطورها المباشرة لسيراميك في عام 2001م، وأصبحت الآن تنتج من قبل العديد من المصنعين.

تكون هذه القوالب من السيراميك مسامية كي تسهل عملية التفريز من دون كسر كتلة السيراميك. و تقوم برمجيات النظام بتعويض التقلص الحاصل خلال عملية التلبيد بإجراء تضخيم للتعويض المصمم بواسطة الـ CADمما يساعد في تحقيق انطباق حفافي دقيق للتعويض.

بعض الأنظمة المتوفرة التي تستخدم هذه القوالب :

Cercon(Dentsply Internatinal) ،Lava(3M ESPE) ,Procera(Nobel Biocare).

IPS e.max® ZirCAD (Ivoclar Vivadent).

(Besimo CE *et al.*, 2001)

2 – المعاملة الآلية للقوالب كاملة التلبيد Hard machining of 3Y–TZP

يوجد نظامان (DCS Dental AG) DC–Zirconia، (Cadesthetics AB) Denzir وهما

تتوافر الأخزاف كاملة التلبيد بشكل قوالب غير مسامية وكاملة السنترة مما يجعل تفريزها أصعب.

3Y– بإجراء عملية تلبيد لدرجة حرارة 1500درجة مئوية لتصل إلى كثافة 95%، ثم تعالج تجهز قوالب بتقنية الضغط المتساوي الحار بدرجة حرارة بين 1400–1500درجة مئوية TZP تحت ضغط عال مما يؤدي إلى تكثيف عال للقوالب بنسبة تتجاوز 99%. ثم تعالج القوالب آليا باستخدام نظام تفريز خاص.

باستخدام هذا النوع من القوالب تكون دقة التعويض أكبر لأنه لا يوجد تقلص خلال العملية ولكن هناك سلبية لاستخدام هذه القوالب وهي اهتراء الأدوات المستخدمة في العمل بالإضافة إلى حصول صدوع مجهرية للمادة خلال عملية التفريز مما يقلل من المتانة الميكانيكية.

(Takashi M *et al.*, 2009)

3-1 الخزف المغطي The veneering ceramic:

يؤمن الزيركونيا قوة ميكانيكية مناسبة لاستخدامه كهيكل للتعويضات الخزفية الكاملة. حيث يجب أن تغطى هذه التعويضات بخزف مغط مناسب للحصول على نتائج تجميلية جيدة ولكن أثبتت الدراسات السريرية بأن الخزف المغطي هو الأضعف في مثل هذه التعويضات .

.(Yoshitaka S *et al.*, 2009; Fischer J *et al.*, 2008)

سجلت بعض الدراسات بأن عمر وطور الانتقال (التحول) في تعويضات الزيركونيا يتعرض للضرر إذا لم تغط بطبقات من الخزف المغطي (Bogna S *et al.*, 2011).

تعتبر تغطية الزيركونيا ضرورية من أجل تأمين الحماية وأداء الوظيفة وتوفير الناحية الجمالية ويتم ذلك باستخدام أخزاف زجاجية أضعف ذات أطوار بلورية. يتوافر لعملية التغطية طيف واسع من المنتجات التي تستخدم إما بطريقة الطبقات أو بطريقة الحقن البديلة أو بالجمع بين الطريقتين.

هناك العديد من العوامل التي تسبب الفشل في الخزف المغطي (التشظي وهو الفشل الأكثر تكرارا) منها قوة الارتباط غير المناسبة مع القلنسوة، قوى الشد الزائدة والعائدة لعدم توافق معامل التمدد الحراري بين الخزف المغطي والقلنسوة أو الحمل الزائد العائد لنقاط تماس مبكرة مثلا .(Fischer et al., 2008)

تتم معاوضة الجهود الزائدة في أنظمة خزف- معدن بخاصية التمدد الحراري للخلائط وخاصة في الخلائط عالية المحتوى من الذهب (Fischer J *et al.*, 2008). أما في أنظمة الخزف الكامل فإن هياكل الخزف تعتبر صلبة ولا تتمتع بهذه الخاصية، وبالتالي لا تستطيع امتصاص الطاقة المرنة لذلك يكون خطر تشكل الجهد الضار في طبقة الخزف المغطي في التعويضات الخزفية الكاملة أعلى. إذا تعتبر مقاومة الخزف المغطي مؤشر هام في النجاح السريري طويل الأمد لتعويضات الخزف الكامل (Moustafa N *et al.*, 2006).

1-3-1 تقنيات تطبيق الخزف المغطي:

أولا- تقنية الطبقات Layering technique:

يغطى هيكل الزيركونيا باستخدام طريقة الطبقات التي تتطلب عملا مخبريا دقيقا وخبرة من المخبري (Florin B *et al.*, 2009).

تعتمد هذه الطريقة على تطبيق بودرة الخزف الرطبة باستخدام فرشاة البناء ثم تزال الرطوبة الزائدة لتكثيف حبيبات البودرة (Antonson SA *et al.*, 2001). بشكل عام تتطلب هذه الطريقة ثلاث دورات من الخبز: العاج، الميناء ثم مرحلة التلميع.

يلعب قوام مزيج الخزف المغطي سائل- بودرة دورا كبيرا في عملية البناء حيث يجب على المخبري أن يأخذ بعين الاعتبار مستوى تقلص الخزف الحاصل وبالتالي يجب بناؤه بحجم أكبر من الحجم النهائي.

قد يتسبب العمل المخبري اليدوي في هذه الطريقة بحدوث عدم تجانس في كتلة الخزف والذي ينتج عنه بدء حدوث الكسر وبالتالي التسبب في انتشاره سريريا. كما يمكن للتلوث الحادث في كتلة الخزف المتمثل في اللاتجانس الحاصل في كتلة المزيج أو المسامية أن يسبب فشلا كبيرا في البيئة الفموية, مثل حدوث التصدعات (Bogna S *et al.*, 2011; Jason A, 2007).

ميزة هذه التقنية هي إنتاج خزف ذو شفافية عالية قياسا بما ينتج في الطرق الأخرى, لذلك تستخدم هذه التقنية للمواد التي تستعمل كطبقة مغطية ذات جمالية عالية فوق القلنسوات والهياكل القوية كالزيركونيا.

تحصل قوى الشد في هذه العملية خلال مرحلة التبريد بعد الانتهاء من الإحماء بسبب التقلص الحاصل في طبقات الخزف. كما يتم ضبط معامل التمدد الحراري بحيث يؤمن انضغاط بسيط للخزف المغطي خلال مرحلة التبريد مما يزيد من قوة الخزف المغطي (Fischer J *et al.*, 2008).

ثانيا- تقنية الحقن press on technique:

تسمح هذه التقنية بإنتاج سريع وسهل بالمقارنة مع طريقة الطبقات، إضافة إلى ذلك يمكن أن نتخلص من مشكلة التقلص الناتج عن عملية الارتصاص Sintering.

إن الخزف المغطي المحقون يبدي تركيبا كيميائيا مشابها للخزف المستخدم في طريقة الطبقات، لكن يتم في هذه التقنية إلغاء العامل المخبري اليدوي .

ويمكن الافتراض بأن الخزف المغطي المحقون مشابه أو أفضل من حيث تحمل قوى الكسر مقارنة مع طريقة الطبقات (Bogna S *et al.*, 2011).

يتشكل الخزف المغطي في هذه التقنية من تطبيق الشمع على الهيكل والذي يغطى بمادة إكساء خاصة. ثم تستخدم طريقة الشمع الضائع لخلق فراغ من أجل الخزف. تستخدم هذه الطريقة قوالب خزفية مسبقة الصنع من جزيئات بلورية موزعة في مادة زجاجية بتركيب مشابه لذلك في بودرة الطبقات. ويحقن بعد ذلك المكان الناتج عن تبخر الشمع بخزف زجاجي في فرن خاص بالحقن وفق شروط خاصة بالارتصاص حسب تعليمات المصنع.

يتم الحصول على التعويض النهائي المحقون بعد عملية التبريد ثم يتم ترميله باستخدام حبيبات الألومينا (Aboushelib MN *et al.*, 2005; Fischer J *et al.*, 2010).

يطبق خزف الحقن بدرجة حرارة أعلى 90 درجة مئوية للإحماء بالإضافة لوجود الضغط بالمقارنة مع خزف الطبقات، بالتالي يسمح ذلك بتحسين إحاطة الخزف المغطي للقلنسوة مما يحسن من الانطباق ما بينهما.

وأكثر من ذلك، يمكن لمعدل التبريد البطيء المسبب بعملية الإحماء أن يمنع اختلاف الحرارة الكبير بين القلنسوة والخزف المغطي وبالتالي تكون النتيجة بتشكل جهد أقل نتيجة الاختلاف في معامل التمدد الحراري بين الخزف المغطي والقلنسوة الزيركونية (Sundh A *et al.*, 2004).

على الرغم من أن عملية الحقن أقل حساسية كطريقة من طريقة التكثيف اليدوي للبودرة إلا أن التحضير المناسب لمادة الإكساء الملائمة وعملية الحرق وضغط الهواء تعتبر ذات أهمية للحصول على عملية حقن ناجحة.

يجب أن تكون سماكة الهياكل الأساسية للتعويضات دقيقة لمنع حدوث التصدع تحت الضغط الحاصل في فرن الحقن، كما أن تركيبها يجب أن يكون متناسقا مع طبقة الخزف المغطي. وأكثر من ذلك فإن سماكة الطبقة المغطية يجب ألا تتجاوز سماكة قلنسوتها (Filser F *et al.*, 2003).

ثالثا: تقنية (CAD/CAM framework, CAD/CAM veneering):

يتم في هذه التقنية تصميم القلنسوات والخزف المغطي آليا بواسطة برمجيات نظام CAD/CAM. تم جمعها في بداية استخدامها مع طريقة الحقن حيث يتم نحت الخزف المغطي من مادة الراتنج بشكل آلي، ثم بعد ذلك يتم إكساؤها واحماؤها وحقنها بخزف زجاجي.

طورت هذه التقنية فيما بعد ليتم نحت الخزف المغطي مباشرة من مادة خزفية زجاجية غنية بثنائي سيليكات الليثيوم. يتم فيما بعد ربط القلنسوة والخزف المغطي إما بخزف منخفض اللزوجة أو بواسطة إسمنت لاصق (Chaar M *et al.*, 2013).

1-4 طرائق معالجة سطح الخزف السني:

1- التزجيج Glazing:

يعرف التزجيج أنه المرحلة الأخيرة لعملية خبز الخزف السني حيث يصبح السطح زجاجيا ولماعا، أو هو عبارة عن قشرة خزفية تتشكل على السطح الخارجي للترميم بعد خبزه لتعطي سطحا لماعا أو نصف لماع خاليا من المسام (The glossary of prosthodontic terms 2005).

يزجج الخزف السني بعد بناء الطبقة النهائية للحصول على سطح لامع يشبه سطح الأسنان الطبيعية، فالتزجيج غير الكافي يؤدي إلى تجمع اللويحة السنية بشكل أكبر ويصبح الترميم أكثر عرضة للانكسار. يختم التزجيج المسامات المفتوحة من خلال ملء الصدوع والفجوات السطحية. تتركب المزججات السنية من مسحوق زجاجي عديم اللون يطبق على سطح التاج المشوي لإنتاج سطح لماع (Al-Wahadni 1998, Rosenstiel *et al* 2006).

2- الإنهاء Finishing:

يعرف الإنهاء بأنه عملية إزالة الشؤوذات والخدوش السطحية لإعطاء سطح ناعم نسبيا وخال من العيوب، إضافة لتوضيح المعالم التشريحية ومحيط السن (Jefferies 2007). تتم هذه العملية باستخدام سنابل تنغستين-كارباید أو سنابل ماسية ناعمة/ فائقة النعومة أو مواد ساحلة ذات حجم بين 8-20 ميكرون (Anusavice 2003).

3- الصقل Polishing:

يكون الصقل تاليا لعملية الإنهاء، وتزال فيه الخدوش الدقيقة الناتجة عن عملية الإنهاء لإعطاء سطح ناعم ولماع ومتجانس ذي عيوب وخدوش مجهرية قليلة (The glossary of prosthodontic terms 2005).

تتأثر عملية الصقل بعدة عوامل (Jefferies 2007):

- الخواص الميكانيكية والبنيوية للمادة المصقولة.
- قساوة المادة المستخدمة في الصقل.
- حجم حبيبات المادة الصاقلة وشكلها.
- السرعة المستخدمة عند الصقل.
- الضغط المطبق أثناء الصقل.
- الترطيب.

تعد المعاجين الساحلة (Abrasive pastes) أكثر مواد الصقل شيوعا، وتحتوي غالبا على جزيئات أكسيد الألمنيوم أو جزيئات ماسية، تطبق هذه المعاجين باستخدام أدوات تلميع عديدة كالرؤوس المطاطية الساحلة، والشرائط ناعمة الجزيئات، ورؤوس اللباد الناعمة والأقماع المطاطية وأقراص الصقل (Craig *et al* 2000, Anusavice 2003).

1-4-1 معاملة سطح الزركونيا:

أكد العديد من الباحثين على أهمية الحالة النهائية لسطح زركونيا Y-TZP وتأثيرها المباشر على أدائه طويل الأمد (Denry & Kelly, 2008).

إن إجراء أي معاملة لسطح زركونيا Y-TZP سواء كانت بالترميل، أو السحل، أو التثليم يحفز حدوث التحول من الطور رباعي الأضلاع (t) إلى الطور أحادي الميلان (m) ضمن سطح المادة قبل الاستخدام السريري (Kosmac et al., 1999, Lughi & Sergo, 2010)، لذلك لا تنصح معظم الشركات المصنعة بإجراء أي معالجة لسطحه تجنبا لحدوث هذا التحول ولمنع تشكل أي عيوب سطحية يمكن أن تؤثر على أدائه طويل الأمد (Denry & Kelly, 2008)، إذ أن الاستهلاك المبكر لخاصية متانة التحول يتيح للتصدعات اللاحقة بالتقدم إلى مناطق أعمق من الزركونيا دون إعاقتها (Kosmac et al., 1999).

أظهرت الدراسات أن لسحل سطح الزركونيا تأثيران متناقضان على المادة، فهو يتسبب بتشكل طبقة حاوية على إجهادات ضغط نتيجة تحول (t) إلى (m) تمتد إلى عمق عدة ميكرونات تحت السطح وبالتالي تزيد مقاومة الزركونيا، بالمقابل فإنه يتسبب بتشكل تصدعات مجهرية على السطح تعمل كمناطق تركز للإجهادات وبالتالي تضعف من مقاومة الزركونيا إن تجاوزت عمق الطبقة المتحولة (Kosmac et al., 1999).

لا يمكن تجنب سحل سطح هيكل الزركونيا في أغلب الأوقات؛ فقد يحتاج التقني لإجراء بعض التعديلات الطفيفة على الهيكل، كذلك الأمر بالنسبة للطبيب الذي قد يجري القليل من السحل للسطح الداخلي للهيكل بهدف تأمين الانطباق الجيد له على الدعامات (Iseri et al., 2012).

يعتمد مدى تأثر الزركونيا بالسحل على نسبة البلورات المتحولة من (t) إلى (m) (ثخانة الطبقة المتحولة) والتي تعتمد بدورها على مدى استقرار الطور (t) وقابليته للتحول، وعلى شدة السحل والحرارة الناجمة عنه (Guazzato et al., 2005).

إن سحل الزركونيا باستخدام سنابل ماسية ناعمة (25 ميكرون) يزيد من مقاومته، بينما السنابل الماسية الخشنة (180 ميكرون) تضعف من مقاومته (Xu et al., 1997)، كما أن السحل مع التبريد بالماء يزيد من مقاومة الزركونيا (Guazzato et al., 2005)، بالمقابل السحل بدون التبريد بالماء يضعف من مقاومته (Kosmac et al., 1999).

إلا أن دراسة Iseri وزملاؤه (2012) أظهرت أن كل طرق سحل الزركونيا لها تأثير سلبي على مقاومته للالتواء، وأن الزركونيا غير المسحول يمتلك مقاومة الالتواء الأعلى.

أما ترميل سطح الزركونيا، فإن له القدرة على تحفيز التحول إلى الطور أحادي الميلان (m) دون رفع درجة حرارة السطح أو التسبب بأذية كبيرة له، وبالتالي تزداد مقاومة المادة (Guazzato et al., 2005)، وقد بين Kosmac وزملاؤه (1999) أن ترميل سطح الزركونيا بحبيبات الألومينا (110 ميكرون) بعد سحله يزيد من مقاومته.
بالمقابل أظهرت دراسة أخرى أن ترميل السطح الداخلي للزركونيا بحبيبات الألومينا (50 ميكرون) قبل الإلصاق يساعد على نمو الشقوق الموجودة مسبقا على السطح؛ وبالتالي تنخفض مقاومة وديمومة التعويض (Zhang et al., 2004).

1-5 الأداء السريري لتعويضات الزيركونيا :

إن أسباب فشل تعويضات الزيركونيا سريريا هي كسر الخزف المغطي، انكسار القلنسوة الزيركونية، انكسار الدعامة السنية، نخور ثانوية وانعدام الانطباق الحفافي.

بالاعتماد على الأسباب السابقة والتي سببت الفشل فإن عوامل الفشل المتعلقة بالمادة الموجودة في تعويضات الخزف الكامل المصنعة من الزيركونيا هي انكسار القلنسوة وانكسار الخزف المغطي والارتباط بين القلنسوة والخزف المغطي وعدم الانطباق الحفافي للتعويضات. (Premwara T *et al.*, 2012)

Core Fracture انكسار القلنسوة

يعتبر الخزف مادة قصفة لذلك من الممكن أن تتعرض للكسر عند خضوعها لقوى شد كبيرة. تتراوح مقاومة الانكسار لتعويضات الخزف الكامل ذات الأساس الزيركوني بين 5,5 –7,4 Mpa.m½ والتي تعد أعلى منها لباقي التعويضات الخزفية الكاملة ذات الأساس غير الزيركوني.

يعتبر الكسر في القلنسوة نادرا بسبب مقاومة الانكسار العالية للزيركونيا والعائدة لطريقة التقسية بالتحول والتي تسبب زيادة في حجم الزيركونيا عند تعرضها للجهد وبالتالي تولد جهد ضغط حول ذروة الصدع مما يمنع من نموه. وقد كان الكسر الحادث في الدراسات بسبب الرض الإطباقي والإطباق اللاوظيفي.(Premwara T *et al.*, 2012)

و تعتبر ثخانة القلنسوة عاملا يؤثر في نجاح التعويض لذلك يجب أن تصمم بطريقة مناسبة وباتباع تعليمات المصنع.

على كل، يمكن أن تزيد احتمالية حدوث الكسر في بعض مواد الزيركونيا ذات الاستعداد لنمو الصدع بعد فترة طويلة في الشروط الفموية.(Tinschert J *et al.*, 2007)

انكسار الخزف المغطي Veneer Fracture

يعتبر انكسار أو تشظي الخزف المغطي المشكلة الكبرى الحاصلة في تعويضات الخزف الكامل ذات الأساس الزيركوني.

يمكن أن يقسم انكسار المواد الخزفية المغطية إلى قسمين:

1- انكسار الخزف بحد ذاته.

2- انكسار حادث في السطوح البينية بين القلنسوة والخزف المغطي.

تمتلك أغلبية المواد الخزفية السنية والمواد الخزفية المغطية مقاومة انكسار منخفضة تتراوح بين 0,9 – 0,7Mpa.m والتي تعتبر أخفض بـ 8 مرات من قلنسوات الزيركونيا وذلك لأن التركيب الأساسي لها يعتمد على المحتوى الزجاجي. لكنها تستخدم في التطبيقات السنية بسبب خواصها التجميلية العالية.(Wang H *et al.*, 2007)

تمت إضافة بعض الأطوار البلورية مثل بللورات اللوسيت لزيادة مقاومة الانكسار في بعض المواد الخزفية المغطية، وكانت كمية بلورات اللوسيت المضافة أقل من 22% من الحجم لأن الزيادة في حجم البلورات يمكن أن ينقص من شفوفية المادة.

يمكن أن تساهم عملية التكثيف التقليدي والتلبيد المستخدمة في تطبيق الخزف المغطي في تخفيض مقاومة انكسار الخزف المغطي لأنها تتسبب بحدوث عدد كبير من المسامات التي تتسبب بحدوث صدوع. كما يمكن للجهد المسبب بعملية المضغ أن يسبب حدوث صدوع في منطقة التماس مع جزيئات الطعام أو السن المقابل. (Premwara T *et al.*, 2012)

تسبب قوى الشد المتبقية من عملية التبريد البطيء انخفاضا في مقاومة انكسار الخزف المغطي خصوصا عندما تتجمع مع قوى الشد المتبقية المسببة بالتماس. لذلك يجب أن يكون التبريد سريعا لأنه يولد جهدا ضاغطا متبقيا في طبقة الخزف المغطي مما يؤمن عامل تقوية للخزف المغطي(Taskonak B *et al.*, 2008)

يمكن أن تتطور جهود الشد المتبقية بسبب اختلاف معامل التمدد الحراري بين القلنسوة والخزف المغطي خلال عملية التلبيد. تنقص هذه الجهود من مقاومة الانكسار لمادة الخزف المغطي. ينتج عن استخدام معامل تمدد حراري غير متوافق لمنظومة قلنسوة – خزف مغطي إضعاف لطبقة الخزف المغطي. وبشكل عام يتوافر تجاريا مجموعة من المواد الخزفية المغطية ذات توافق بين معامل التمدد الحراري لكل من الخزف المغطي والقلنسوة.

(Georgius S *et al.*, 2011)

أما بالنسبة للانكسار الحاصل في السطوح البينية بين القلنسوة والخزف المغطي فهناك العديد من العوامل التي تؤثر في قوة الارتباط بين القلنسوة والخزف المغطي للتعويضات المعتمدة على الزيركون فتؤدي إلى حدوث انكسار في هذه السطوح مثل سطح إنهاء القلنسوة، طريقة تطبيق الخزف المغطي و الترطيب غير المناسب للقلنسوة بالخزف المغطي، التقلص الحاصل للخزف

المغطي خلال عملية الإحماء والتحول الحاصل لبلورات الزيركونيا في السطح البيني قلنسوة–خزف مغطي بسبب التأثيرات الحرارية أو الجهد.

(Fischer J *et al.*, 2008; Moustafa N et al., 2006)

6-1 تطور خزف الزيركونيا السني

الجيل الأول :

الجيل الأول احتوى على 0.25 % وزنا من الألومينا كعامل مساعد في السنترة و محسن للخواص الميكانيكية من حيث زيادة مقاومة الانحناء لأكثر من 1 GPa

لكن هذه المواد من الجيل الأول كانت ذات ظلالية مرتفعة بسبب الطبيعة ثنائية الانكسارللطورين الأحادي و الرباعي ما ينتج عنه تناثر الضوء و تشتته .

و قد كانت تستطب بشكل رئيسي في صنع الهياكل الأساسية للتيجان و الجسور المغطاة بخزف آخر في المناطق الأمامية و الخلفية .

إن معدلات فشل هذه الترميمات سريريا عند المراقبة طويلة الأمد و بشكل خاص الفشل الحاصل بسبب تشظي الخزف المغظي كانت أعلى من مثيلاتها في الترميمات الخزفية المعدنية (Christensen 2009) .

كما قدمت هذه المواد على أنها بديل جيد عن زرعات التيتانيوم و دعاماتها باعتبار أن لونها طبيعي أكثر و أنها أكثر مقاومة للاهتراء و التآكل و ذات تقبل حيوي جيد و ارتباط جيد مع النسج الرخوة و أقل جذبا للويحة الجرثومية و التهاب النسج حول الزرعات .

لكن الدراسات السريرية أظهرت أن معدلات الكسر المبكر في الزرعات الزيركونية كان مرتفعا لذلك كان لا بد من تحسين خواصها الميكانيكية لتصبح متقبلة أكثر في عالم الزرع

(Cionca et al.2017)

الجيل الثاني :

في محاولة لتحسين الخزف المتجانس مع تحقيق شفوفية جيدة بدأ إنتاج الجيل الجديد من بتخفيض محتواه من الألومينا المضافة و التخلص من المسامية عبر تلبيدها بدرجات حرارة مرتفعة أكثر . (Tong et al. 2016)

بينما كانت هذه المواد مناسبة لبناء تعويض متجانس منها في المنطقة الخلفية فإنها لم تكن مناسبة بعد لاستخدامها في المنطقة الأمامية من الناحية التجميلية لكنها فتحت الباب لتطويرها أكثر .

الجيل الثالث :

كانت الخطوة التالية في تطوير المواد الخزفية المتجانسة هي في تضمين شيء من الطورالشفاف في بنية المنتج النهائي لتخفيض الظلالية و قد تم ذلك من خلال استخدام محتوى أكبر من الايتيريا للحصول على الزيركونيا المستقرة جزئيا مع زيادة المحتوى من الطور المكعب و هو الطور غير ثنائي الانكسار
4 mol% (4YPSZ)و5 mol% (5Y-PSZ)

ما حسن من الشفوفية بشكل ملحوظ و لكن متانة و مقاومة هذه المواد قد تضاءلت بسبب وجود الطور المكعب من الزيركونيا و الذي لا يخضع لتحول المتانة عند الإجهاد .

و قد اصبحت الزيركونيا الأكثر شفوفية تستخدم بشكل واسع لصنع التيجان السنية في المنطقة الأمامية و كذلك لصنع التعويضات السنية الثابتة .

و قد أظهرت دراسات حديثة أن معدلات فشل هذه الترميمات في المنطقة الأمامية كانت 2% بعد خمس سنوات . و ما زال يتم تقييم استخدام هذه المواد في تعوضات الوجوه الخزفية و الحشوات المغطية و غير المغطية . و يجب الحذر و الدقة عند استخدام هذه المواد الخزفية الزيركونية لبناء التعويضات السنية

(Zhang et al.2016) (Sulaiman et al. 2016) (Christensen 2016)

يتضمن الجدول الخواص الميكانيكية للأنواع المختلفة من خزف الزيركونيا متعدد البلورات المثبت بالايتريا و يبدو بشكل واضح الانخفاض في المقاومة و المتانة بالتالي فالأجيال الأكثر شفوفية تحتاج إلى حذر أكبر عند استخدامها عمليا و سريريا .

حجم الحبيبات في الجيل الأول والثاني من الزيركونيا هو ضمن المجال ومع 1 μm - 0.5~ وجود الطور الرباعي تبدو هذه المواد أكثر ظلالية .

في الجيل الثالث من هذه المواد استخدمت الحبيبات بحجم أكبر محتوى 1.5 μm~ و مع وجود أعلى من الطور المكعب فإن ذلك كله يحسن من شفوفيتها .

Generation: Material	Manufacturer	Composition[a]	*E*, GPa	*T*, MPa·m$^{1/2}$	*S*, GPa
		Zirconia			
1					
Lava Frame	3M ESPE	3Y-TZP (< 15% *c*)	200–210	3.5–4.5	1.2–1.5
Prettau Zirconia	Zirconzhan	3Y-TZP (< 15% *c*)	200–210	3.5–4.5	1.2–1.4
KaVo Everest ZH	KaVo Dental	3Y-TZP (< 15% *c*)	200–210	3.5–4.5	1.2–1.4
Vita YZ T	Vita Zahnfabrik	3Y-TZP (< 15% *c*)	200–210	3.5–4.5	1.1–1.3
Zenostar MO	Wieland Dental	3Y-TZP (< 15% *c*)	200–210	3.5–4.5	1.0–1.3
2					
Lava Plus	3M ESPE	3Y-TZP (< 15% *c*)	200–210	3.5–4.5	1.1–1.3
Cercon ht	Dentsply Sirona	3Y-TZP (< 15% *c*)	200–210	3.5–4.5	1.1–1.3
Vita YZ HT	Vita Zahnfabrik	3Y-TZP (< 15% *c*)	200–210	3.5–4.5	1.0–1.2
Bruxir Full-Strength	Glidewell	3Y-TZP (< 15% *c*)	200–210	3.5–4.5	1.0–1.2
Zpex	Tosoh	3Y-TZP (< 15% *c*)	200–210	3.5–4.5	0.9–1.1
Zenostar T	Wieland Dental	3Y-TZP (< 15% *c*)	200–210	3.5–4.5	0.9–1.1
Luxisse Dental	Heany	3Y-TZP (< 15% *c*)	200–210	3.5–4.5	0.9–1.1
Katana HT/ML	Kuraray Noritake	3Y-TZP (< 15% *c*)	200–210	3.5–4.5	0.9–1.1
inCoris TZI	Dentsply Sirona	3Y-TZP (< 15% *c*)	200–210	3.5–4.5	0.9–1.1
3					
Zpex 4	Tosoh	4Y-PSZ (> 25% *c*)	200–210	2.5–3.5	0.8–1.0
IPS e.max ZirCAD MT	Ivoclar Vivadent	4Y-PSZ (> 25% *c*)	200–210	2.5–3.5	0.8–0.9
Zenostar MT	Wieland Dental	4Y-PSZ (> 25% *c*)	200–210	2.5–3.5	0.6–0.8
Katana ST/STML	Kuraray Noritake	4Y-PSZ (> 25% *c*)	200–210	2.5–3.5	0.6–0.8
Lava Esthetic	3M ESPE	5Y-PSZ (> 50% *c*)	200–210	2.2–2.7	0.7–0.9
Cercon xt	Dentsply Sirona	5Y-PSZ (> 50% *c*)	200–210	2.2–2.7	0.7–0.8
DD cube X^2	Dental Direkt Materials	5Y-PSZ (> 50% *c*)	200–210	2.2–2.7	0.5–0.8
BruxZir Anterior	Glidewell	5Y-PSZ (> 50% *c*)	200–210	2.2–2.7	0.6–0.7
Prettau Zirconia	Zirconzhan	5Y-PSZ (> 50% *c*)	200–210	2.2–2.7	0.6–0.7
Katana UT/UTML	Kuraray Noritake	5Y-PSZ (> 50% *c*)	200–210	2.2–2.7	0.5–0.6
Zpex Smile	Tosoh	5Y-PSZ (> 50% *c*)	200–210	2.2–2.7	0.4–0.5
Luxisse +	Heany	5Y-PSZ (> 50% *c*)	200–210	2.2–2.7	0.4–0.5
		Lithia–silicate glass–ceramic			
1					
IPS e.max CAD	Ivoclar Vivadent	LS2 (4 wt% ZrO_2)	100–110	2.0–2.5	0.45–0.5
IPS e.max Press	Ivoclar Vivadent	LS2 (4 wt% ZrO_2)	100–110	2.0–2.5	0.42–0.46
2					
Obsidian	Glidewell	LS (4–6 wt% ZrO_2)	100–110	2.0–2.5	0.3–0.4
3					
Celtra Press	Dentsply DeTrey	LS2/LMS (10 wt% ZrO_2)	100–110	2.0–2.5	0.45–0.5
Celtra Duo	Dentsply DeTrey	LMS/LS2 (10 wt% ZrO_2)	106–110	2.0–2.5	0.35–0.4
Celtra CAD	Dentsply DeTrey	LMS/LS2 (10 wt% ZrO_2)	100–106	2.0–2.5	0.35–0.4
Suprinity	Vita Zahnfabrik	LMS/LS2 (10 wt% ZrO_2)	100–106	2.0–2.5	0.35–0.4

3Y-TZP, 3 mol% yttria partially stabilized tetragonal zirconia polycrystal
4Y-PSZ, 4 mol% yttria partially stabilized zirconia
5Y-PSZ, 5 mol% yttriapartially stabilized zirconia
LMS, lithium metasilicate; LS, lithium silicate; LS2, lithium disilicate
S, flexural strength; *T*, fracture toughness; *E*, modulus
ZrO2, zirconia.
Cubic (*c*) phases in zirconia; ZrO2 content in glass-ceramic.

7-1 الزيركونيا بالمقارنة مع الخزف الزجاجي الذي أساسه السيليكا

للزيركونيا منافس قوي تجاريا هو الخزف السيليكاتي الفلدسباري و الخزف الزجاجي .

و هذه المواد مفضلة أكثر على الزيركونيا لشفوفيتها المرتفعة المرتبطة بمحتواها المرتفع من الزجاج ما يمكنها من محاكاة الميناء الطبيعية للأسنان .

و من فوائد الخزف السيليكاتي انه قابل للتخريش و السيلنة مما يحسن من الارتباط مع الريزين (Blatz et al. 2003).

و النوع الأكثر نجاحا من بين هذه المواد هو الخزف الزجاجي الذي أساسه السيليكا .

و لكن هذه المواد على الرغم من شفوفيتها المرتفعة فإن خواصها الميكانيكية من حيث المتانة و المقاومة تبدو أضعف بكثير من المواد الزيركونية من الجيل الأول والثاني .

و يتمتع الخزف الزجاجي بمعامل لدونة منخفض أكثر مما يتوافق أكثر مع البنية السنية الداعمة

الأشكال الأولى من هذه المواد تكونت من بللورات ثنائي سيليكات الليثيوم في قالب زجاجي من $Li2O{\cdot}2SiO2$

و يحتوي تركيب القالب الزجاجي على 4% وزنا من الزيركونيا مع مواد مضافة أخرى للون و البريق .

و في الخزف الزجاجي المحتوي على طور بلوري من سيليكات الليثيوم المستقرة حدث تغير بسيط في الخواص الميكانيكية

و الأنواع الأحدث تحوي ميتا سيليكات الليثيوم أكثر من بلورات ثنائي سيليكات الليثيوم و في هذا الجيل منها يحتوي القالب الزجاجي على 10% وزنا من اكسيد الزيركونيا كعامل مقوي .

و لكن بما أن الزيركونيا تتواجد في هذه المواد بشكل تكون فيه محتواة ضمن القالب الزجاجي و ليست جزيئات مقوية مبعثرة فيه فإن ذلك لم يؤدي إلى زيادة واضحة في متانة هذه المادة من ميتا سيليكات الليثيوم .

المعطيات السريرية عند المراقبة طويلة الأمد تدعم استخدام مواد الخزف الزجاجي ثنائي سيليكات الليثيوم كتعويضات مفردة في المنطقة الأمامية و الخلفية ولا ينصح باستخدامها في المنطقة الخلفية كتعويض عن عدة وحدات سنية

(Kern et al. 2012; Gehrt et al. 2013),

1- 8 **الصعوبات و التحديات أمام تطوير أجيال أحدث من الزيركونيا** :

كانت الدراسات و الأبحاث تدور لفترة طويلة حول استخدام المواد الخزفية ذات المقاومة المرتفعة كأساس للتعويضات السنية المغطاة بالخزف السني الزجاجي

(Rekow et al. 2011)

لكن الأنظار تحولت باتجاه الخزف الزيركوني كمادة مستخدمة لبناء التعويضات السنية بشكل كامل في محاولة للتخلص من الجهود المتبقية و ما تسببه من تشظي الخزف المغطي و تكسره و لتقليل الثخانات المطلوبة للتحضير السني .

يتم العمل على تحسين الخصائص التجميلية للخزف الزيركوني من خلال استخدام مواد مختلفة كمواد مضافة للبودرة البدئية للخزف .

على سبيل المثال إدخال 0.2 mol% La_2O_3 خزف في 3Y-TZP

أدى إلى تحسين الشفوفية لكنه سبب انخفاضا في الخصائص الميكانيكية .

كما أن الشفوفية المحسنة فيه لم تكون بمستوى شفوفيةPSZ-5Y

(Zhang et al. 2016).

الألومينا المقواة بالزيركونيا حققت مقاومة كبيرة و متانة عالية و لكنها ذات ظلالية تمنع استخدامها كتعويضات سنية في المنطقة الأمامية .

(Ban et al. 2008)

و مع استمرار التجارب باستخدم مواد مضافة مختلفة و تقنيات معالجة حرارية مختلفة فإن العمل على تطوير مواد أكثر شفوفية يبدو مجالا واعدا مع انتشار المقاربة المعتمدة على الموازنة بين الخصائص الميكانيكة و الخصائص التجميلية

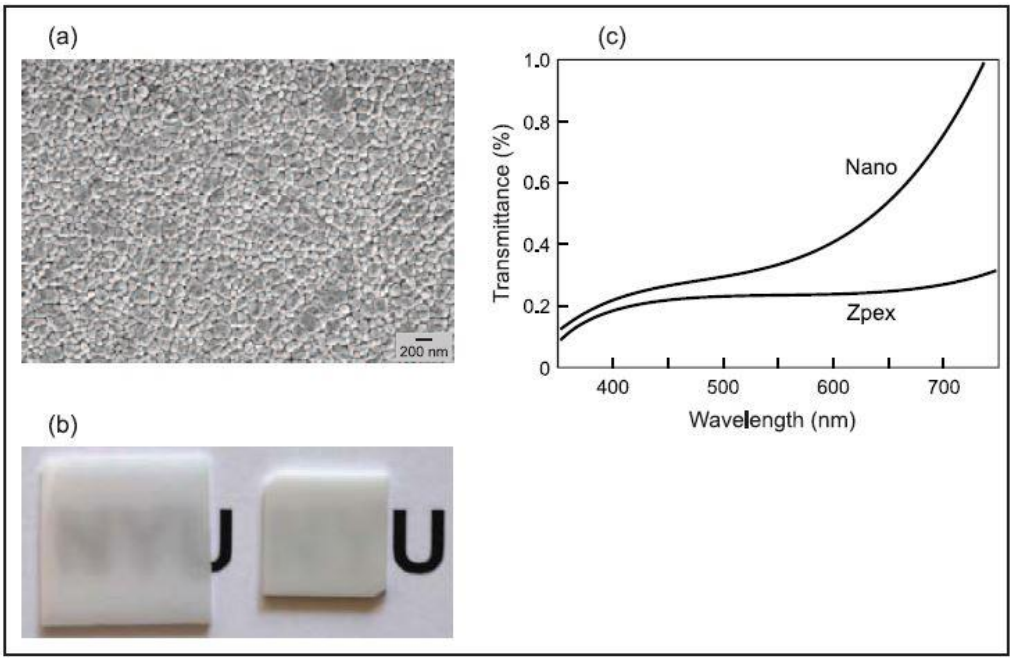
9-1 الزيركونيا ذات البنية النانوية :

إن الزيركونيا ذات الأطوار البلورية الأحادية و الرباعية تكون محدودة الشفوفية و ذلك بسبب الطبيعة ثنائية الانكسار لهذه الأطوار مما يزيد من تبعثر الضوء و تشتته بالإضافة إلى أن وجود العيوب البنيوية المجهرية يزيد من ذلك التبعثر و الانتشار مما يؤدي إلى مزيد من الظلالية .

إن استخدام الطور المكعب من الزيركونيا أدى إلى مزيد من الشفوفية المرغوبة و لكنه و بشكل ملحوظ أدى إلى ضعف في الخواص الميكانيكية .

الطريقة البديلة عن استخدام الطور المكعب لزيادة الشفوفية هي العمل على إنقاص حجم حبيبات المادة ما يؤدي إلى زيادة نفوذية الضوء و للحصول على نفوذية ضوئية مناسبة فإن حجم حبيبات المادة يجب أن يكون أصغر من 100 نانومتر .

(Zhang 2014)



البنية المجهرية للزيركونيا النانوية (A)

التحسن في النفوذية الضوئية (B)

النفوذية الضوئية عبر مقطع ثخانته 1 ملم من الزيركونيا النانوية (C)

إن إنتاج الزيركونيا بحجم الحبيبات النانوي هذا يشكل تحديا تقنيا صعبا بدءا من البودرة النانوية المتجانسة الموزعة بشكل جيد و الحاوية على تراكيز دقيقة من المواد المضافة المسببة للاستقرار .

إن مثل هذه البودرة الزيركونية النانوية قد أصبحت متوفرة حاليا و مسوقة تجاريا و طرق المعالجة الحديثة المبتكرة لها تعمل على إنقاص المسامية و على الحد من كبر حجم الحبيبات أثناء السنترة و يتم تطوير هذه الطرق حالياً أكثر فأكثر .

يوضح الشكل البينة المجهرية لـ النانوية الملبدة بشكل كامل و تبدي هذه البنية توزعا بمتوسط قياس 100 نانومتر و بكثافة 99.8%متجانسا للطور الرباعي

إن شفوفية هذه البنية المجهرية قد حققت تقدما ملحوظا بالمقارنة مع الجيل الثاني من المواد الزيركونية و تبدي الاختبارات الميكانيكية لهذه المواد تحسنا في المقاومة و عيوبا أقل في بنية المادة .

إن حجم الحبيبات الصغير يعيق التحول من الطور الرباعي إلى الأحادي لذلك فهو ينقص من متانة المادة و لكنه بالمقابل يقلل من قابلية المادة للتعب و التحلل الكيميائي .

و التحسن الملحوظ في الشفوفية يلغي الحاجة إلى تغطيتها بالخزف الزجاجي .

(Green et al. 1989)

إن هذا المجال من الأبحاث ما زال في خطواته الأولى لكنه يبدي حتى الآن جدوى كبيرة حيث أن هذه التقنية تبدي تحسنا جوهريا في الشفوفية بالإضافة إلى أنها لا تحافظ فقط على الخصائص الميكانيكية للمادة بل أنها تقويها أيضا و تحسنها .

1-10 الاستخدام العملي لخزف الزيركونيا عالي الشفوفية في الممارسة السنية

يتجه طب الأسنان التعويضي تدريجيا نحو استخدام التعويضات الخزفية المتجانسة " المصنوعة من كتلة واحدة من المادة " و يزداد هذا الاتجاه تسارعا مع تطور تقنيات المسح الرقمي و التصنيع الآلي للتيجان و الجسور .

فإذا كنا نريد اختيار الخزف ذو المتانة الأكبر و الأقل شفوفية فهنا لا شك أن خزف الزيركونيا هو الأكثر متانة بين انواع الخزف السني الأخرى و الأكثر مقاومة (خاصة صغير الحبيبات) و حتى الآن لم تبلغ الزيركونيا شفوفية الخزف الزجاجي لذلك فإنه على الرغم من أنه أضعف ميكانيكيا ما زال مفضلا للتعويضات السنية الأمامية لخصائصه التجميلية .

و لكن تطوير هذه المواد الزيركونية ما زال مستمرا لتصبح أكثر مناسبة للتعويضات السنية في المنطقة الامامية .

و على الرغم من أن خزف الزيركونيا هو الأفضل من حيث المتانة و المقاومة إلا أنه من الصعب التعامل معه حيث يصعب تعديله أو إصلاحه أو استبداله خاصة عندما يتم ربطه إلى البنى السنية .

لذلك ينصح البعض بإلصاق التيجان الزيركونية الكاملة بالإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج ذو الرابطة الأضعف أما بالنسبة للتحضيرات الأصغرية من وجوه خزفية و حشوات مغطية و غير مغطية فإنه لا بدمن الربط القوي .

(Hill and Lott 2011; Ramsey 2014).

و بسبب كونها المادة الأقوى من بين المواد التعويضية المتوفرة حاليا فإنها لا تحتاج إلى ثخانة تحضير كبيرة مما يتطلب تحضيرا أقل من النسج السنية .

بالإضافة إلى أن سطح الزيركونيا يحتاج إلى معالجة سابقة للإلصاق كالترميل للحصول على ارتباط ميكانيكي بالإضافة إلى المعالجة الكيميائية قبل تطبيق الاسمنت الريزيني اللاصق .

(Blatz et al. 2007; Blatz et al. 2017) (Kosmac et al. 1999)

إن تقنية تصنيع الزيركونيا المرتشحة بالزجاج تقدم سطحا قابلا للمعالجة بالحمض و السيلنة بالطريقة التقليدية .

إذا كنا نسعى للحصول على زيركونيا ذات خصائص تجميلية جيدة فإنه من الضروري في ذات الوقت إدراك خواص التحلل الميكانيكي التي قد تخضع لها المادة .

لا يعير الأدب الطبي اهتماما كبيرا للتمييز بين مختلف أنماط الفشل الحاصل سريريا على المدى البعيد و لكن من الضروري التوضيح أن الصفات و الخصائص الميكانيكية للمواد السنية التي تبديها مخبريا هي مؤشرات تمكننا فقط من توقع أدائها السريري

حيث إن تشكل العيوب السطحية أثناء الإنهاء أو عند التماس و تشكل سطوح اهتراء عند تكرار الإجهاد كل ذلك يمكن أن يسبب تراجعا في المقاومة و المتانة لأكثر من نصفها

و هذا التراجع أوضح ما يكون في الزيركونيا الأقسى حيث أن الحمل الوظيفي المتكرر و تفاعل التحلل الكيميائي للزيركونيا مع وجود الماء يحث على حدوث التحول من الطور الرباعي المستقر جزئيا إلى الطور الأحادي الميلان .

إن المفتاح الأساسي لحل مشكلة تحلل الزيركونيا و التراجع في خصائصها الميكانيكية هو تجنب حدوث التحول من الطور الرباعي إلى الأحادي لذلك يمكن القول أن المتانة المرتفعة ليست ضمانة للأداء السريري الجيد للمادة فالكثير من الآليات التي تكون سببا في الحصول على متانة عالية في البداية تنقلب تدريجيا عند التعرض طويل الأمد لدورات من الإجهاد او عند التفاعلات الكيميائية .

وفقا لذلك فإن التضحية بشيء من الخصائص الميكانيكية للحصول على شفوفية أفضل يمكن أن يؤدي إلى ديمومة مقبولة للتعويض على المدى البعيد بالإضافة إلى اكتسابه خصائص تجميلية أكثر .

و بما أن أشكال الفشل يمكن أن تكون معقدة و متنوعة جدا فإن هذا يجعل من الصعب تحديد سبب منشئها بداية بالإضافة إلى أن هناك عوامل أخرى عديدة تلعب دورا في أداء المادة على المدى البعيد .

و على الرغم من القساوة العالية للزيركونيا فإن سحل و اهتراء الأسنان المقابلة يمكن أن يكون في أقل مستوياته عندما تكون سطوح الزيركونيا فائقة النعومة .

(Mundhe et al. 2015).

و دائما في ظروف البيئة الفموية يمكن الحد من تحلل الزيركونيا و جعله في أقل مستوياته عندما تكون الزيركونيا متجانسة تماما و ذات حجم حبيبات فائق الدقة أو عندما يتم استخدام المعالجات المناسبة لارتشاحها بالزجاج .

يبقى تطور هذه المواد السنية امرا مرهونا بما يمكن ان تقدمه لنا الشركات من منتجات هذه المواد و بما يمكن ان يستفيده أطباء الأسنان منها عمليا و يبقى التحدي الأكبر هو تحسين الخصائص التجميلية مع الحفاظ على المقاومة المرتفعة عمليا خصوصا مع البنية المجهرية فائقة الدقة .

الباب الثاني

المـــــواد

BruxZir من شركة Glidwell

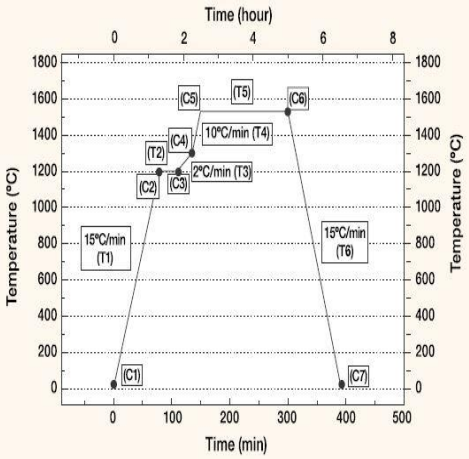
BruxZirShaded 16 و BruxZir HT

BruxZir Type	Flexural Strength	Shades Available	Technique	Indications
BruxZir Anterior SHADED	625–675 MPa Average	5 Base Shades + White	Stain and Glaze	Anterior and posterior crowns, and 3-unit anterior and premolar bridges
BruxZir SOLID ZIRCONIA	1150–1250 MPa Average	White	Coloring Liquid	Crowns, bridges, inlays, onlays, screw-retained crowns and full-arch implant prostheses
BruxZir SHADED	1100–1200 MPa Average	4 Base Shades + White	Stain and Glaze	Crowns, bridges, inlays, onlays, screw-retained crowns and full-arch implant prostheses
BruxZir 16 SHADED	1000–1100 MPa Average	16 VITA Shades	Monochromatic, Glaze and Go	Crowns, bridges, inlays, onlays, screw-retained crowns and full-arch implant prostheses

برنامج السنترة

For Maximum Translucency Use This Sintering Program

BruxZir Anterior Sintering Program



Temperature (°C)	
C1	25°C
C2	1200°C
C3	1200°C
C4	1300°C
C5	1530°C
C6	1530°C
C7	155°C

Time (minutes)	
T1	78 minutes
T2	60 minutes
T3	50 minutes
T4	23 minutes
T5	150 minutes
T6	90 minutes
T7	Off

خزف inCoris TZI C من شركة Dentsply Sirona

inCoris TZI C

Pre-shaded translucent zirconium oxide sinter ceramic

Using pre-shaded ceramic blocks and discs saves time because the restorations no longer needs to be dipped in coloring liquid and dried.

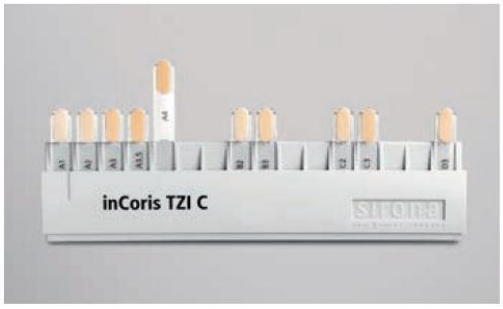
- Accurate colors using pre-shaded blocks and discs
- For critical situations with limited space between restauration and antagonists
- No chipping
- Speed sintering with inFire HTC speed and conventional sintered in all other sintering furnaces
- Can be finalized with customary stains and glazes



inCoris TZI C	
Fabrication with	Blocks: CEREC 3, CEREC MC, CEREC MC X, CEREC MC XL, CEREC MC XL Premium Package, inLab, inLab MC XL, inLab MC X5 Discs: inLab MC X5
Indications	Full anatomical crowns and bridges, telescopes, bars, attachments

inCoris TZI C Shade Guide

The inCoris TZI C Shade Guide includes all inCoris TZI C shades. The shade tabs are made from the original inCoris TZI C material – for accurately determining the correct shade.



الدليل اللوني

Zirconium oxide

CEREC Zirconia

Full-contour zirconium oxide for CEREC

Zirconia is a sought-after high-performance material that is linked with an optimally adapted workflow by CEREC. CEREC Zirconia is available in 2 block sizes. These translucent blocks are pre-colored in VITA Classical shades, then processed in the partially sintered state, and densely sintered after milling.

- Zirconium oxide restoration in a single appointment with CEREC
- Minimal invasive preparation
- Precise edges and highly detailed occlusal surfaces

CEREC Zirconia	
Fabrication with	CEREC MC, CEREC MC X, CEREC MC XL, CEREC MC XL Premium Package
Indications	Fully contoured crowns and bridges

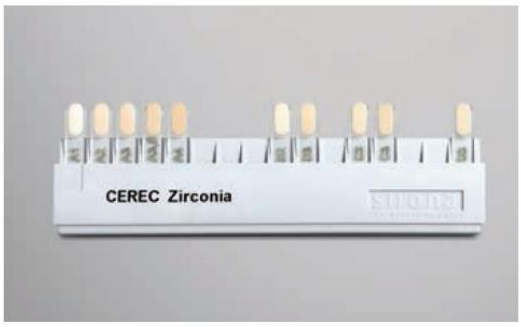


CEREC Zirconia	REF.
CEREC Zirconia mono L A1 (3 pcs.)	65 76 990
CEREC Zirconia mono L A2 (3 pcs.)	65 77 006
CEREC Zirconia mono L A3 (3 pcs.)	65 77 014
CEREC Zirconia mono L A3.5 (3 pcs.)	65 77 022
CEREC Zirconia mono L A4 (3 pcs.)	65 77 030
CEREC Zirconia mono L B2 (3 pcs.)	65 77 048
CEREC Zirconia mono L B3 (3 pcs.)	65 77 055
CEREC Zirconia mono L C2 (3 pcs.)	65 77 063

CEREC Zirconia Shade Guide

The CEREC Zirconia Shade Guide provides optimum support during precision shade matching. The shade tabs were prepared from original CEREC Zirconia material, sintered in the CEREC SpeedFire and glazed with CEREC SpeedGlaze.

	REF.
CEREC SpeedFire	64 82 520
CEREC SpeedPaste	65 80 067
CEREC SpeedGlaze	65 70 142
CEREC Zirconia Shade Guide	65 76 305



CEREC SpeedFire

CEREC Speedfire is the smallest and fastest sintering furnace on the market, typically sintering a crown in 10 to 15 minutes. The advantages of the full-contour zirconium oxide can therefore also be harnessed for chairside applications. If necessary, an additional glaze (CEREC SpeedGlaze) can be applied that is fired in the CEREC SpeedFire within minutes.

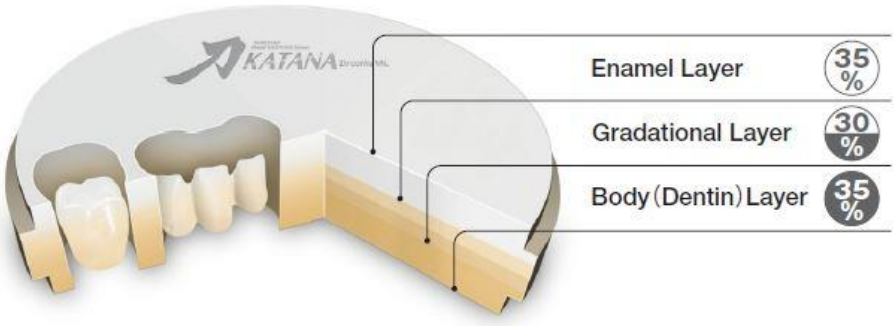


نظام CEREC مع الدليل اللوني و فرن CEREC SpeedFire

خزف KATANA Zirconia من شركة Noritake

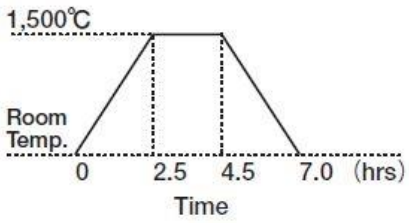
Noritake

KATANA Zirconia (ML : Multi Layered)
(ノリタケカタナジルコニア)
Specialized for FCZ (Full Contour Zirconia)



Sintering program

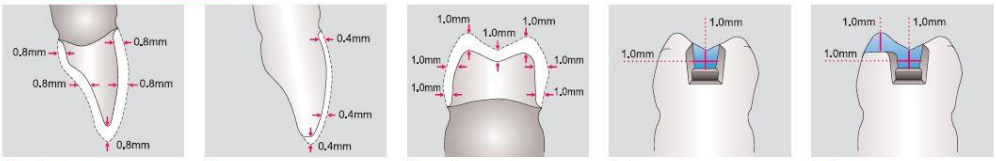
Max.Temp.1,500℃
(Hold time : 2hrs)



KATANA Zirconia ML

Minimum Wall Thickness of Zirconia

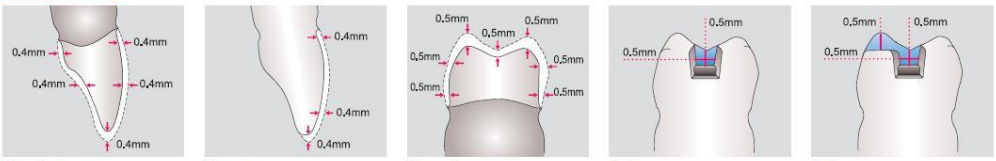
UTML **STML**



Anterior crown | Veneer | Posterior crown | Inlay | Onlay

*Please keep 0.8mm in case of porcelain build-up. You can reduce to 0.4mm when finishing with glaze and polish.

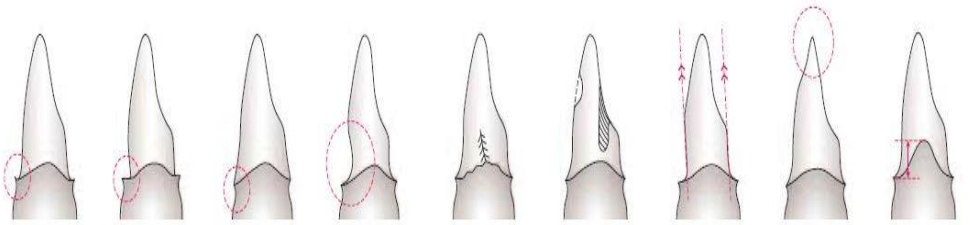
ML/HT



Anterior crown | Veneer | Posterior crown | Inlay | Onlay

الثخانات المطلوبة للتحضير

Contraindications

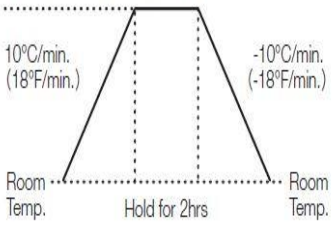


"J" Margin | Deep Shoulder | Knife Edge | Undercuts | Rough Margin | Groove | Parallel Axis | Sharp Incisal Top | Height Difference (Anterior)

مضادات الاستطباب

Sintering Schedule

UTML / STML = 1,550°C(2,822°F) or
ML / HT = 1,500°C(2,732°F)*



The sintering recommendations are only a guideline, some adjustments may be required depending on each individual furnace.

PSKD = 1375°C(2507°F)*

Temperature	Heat Rate	Time
RT~1100°C(2012°F)	9°C(16°F)/min	Approx.2hr
1100(2012°F)~1375°C(2507°F)	4.6°C(8.3°F)/min	Holding 2hr
1375(2507°F)~500°C(932°F)	-4.8°C(8.6°F)/min	3hr
500°C(932°F)~RT	Natural Slow Cooling	

*High Temperature

برنامج السنترة

الباب الثالث

نتائج الدراسة و المناقشة

على الرغم من ظلاليتها النسبية فإن تعويضات الزيركونيا المتجانسة لها ميزات تتفوق بها على التعويضات الخزفية المعدنية و الزيركونية المغطاة بالخزف فهي لا تتطلب تحضيرا في النسج السنية كالذي تتطلبه تيجان الخزف الزجاجي كما أن مقاومتها للانحناء و الكسر تقلل من احتمال حدوث تشظي و انكسار الخزف الذي يحدث عند استخدام الخزف المغطي بالإضافة إلى أنها يمكن نحتها و تلوينها قبل تلبيدها حيث أن هذه العملية هي أسرع و أقل تكلفة من تطبيق الخزف المغطي .

قام الباحث Kim و مساعدوه بدراسة وجودوا فيها أنه بالاعتماد على شروط التلبيد فإن الزيركونيا متعددة الأضلاع رباعية البلورات المثبتة بالايتريا يمكن أن تصبح أكثر شفوفية مع احتفاظها بخصائصها الميكانيكية و قد خلص إلى أن التلبيد لوقت أقل و في درجة الحرارة المثلى ينتج حجم حبيبات أصغر و يؤدي إلى شفوفية أفضل .

و مؤخرا بدأت الشركات المصنعة للمواد السنية و مخابرها بتسويق مواد سنية تعويضية من الزيركونيا المتجانسة عالية الشفوفية مع الادعاء أن تلك المواد ذات مقاومة ممتازة بالإضافة إلى شفوفيتها العالية .

شركة Glidwell المصنعة لخزف BruxZir

بنوعيه : BruxZirShaded 16 و BruxZir HT

و تدعي الشركة أن موادها الزيركونية هذه تمتاز بخواص بصرية محسنة تبعا لتقنية معالجتها الفريدة و التي تختلف عن الطرق الأخرى في معالجة أكسيد الزيركونيا .

تستخدم في صنع تيجان كاملة من الزيركونيا و في صنع الجسور و التعويضات فوق الزرعات . حيث تم معالجة المادة فيزيائيا و كيميائيا ليصبح حجم حبيبات الزيركونيا أصغر ثم يتم تشكيلها بعملية لاحقة بعد ذلك .

و تحتاج المادة إلى التلوين أو الغمر بالملونات لتعطي اللون المطلوب للتعويض النهائي و الذي تزعم الشركة أنه سيكون تعويضا بشفوفية ممتازة و مقاومة عظمى .

BruxZirShaded 16

هو مجموعة متسلسة من 16 لونا من قوالب الزيركونيا المضغوطة و الملونة مسبقا بحيث توافق ألوانها جميع ألوان دليل VITA الكلاسيكي و لا تحتاج إلى التلوين أو الغمر بالمحاليل

الملونة ما يضمن أن يكون اللون أكثر تناسقا و انتشارا في كامل المادة الزيركونية حيث تسوق كنظام (Glaze and Go)

قدمت شركة 3M ESPE خزف Lava Plus الذي تم تحسين شفوفيته من خلال استخدام تقنيات معالجة متطورة جدا و التي أصبح من الممكن من خلالها تقليص عدد الشوائب و العيوب البنيوية في المادة كما تحتوي على نسبة أقل من الألمنيوم (0.1% وزنا) مما يقلل من تناثر الضوء و يحسن من الشفوفية .

يسوق خزف inCoris TZI C من شركة Dentsply Sirona على شكل قوالب من الزيركونيا الملونة مسبقا و القابلة للنحت و التي لا تحتاج إلى غمر بالملونات أو تجفيف و وفقا للشركة المصنعة فإن هذا الخزف يمكننا من صنع تعويضات سنية كاملة الشكل التشريحي مقبولة تجميليا مع الحفاظ على المتانة المرتفعة و مقاومة التآكل بالإضافة إلى كونه متقبل حيويا و متوفر بـ 10 الوان موافقة للألوان التالية من الدليل اللوني VITA (A1-A4, B2, B3, C2, C3, D3).

و مع المزاعم بأن هذه المواد تمتاز بشفوفية أكبر من سابقاتها من دون إضعاف خواصها الميكانيكة فإن مواد الخزف الزيركوني المتجانس هذه يبدو أنها توشك أن تلبي تماما رغبة كل من الطبيب و المريض على السواء .

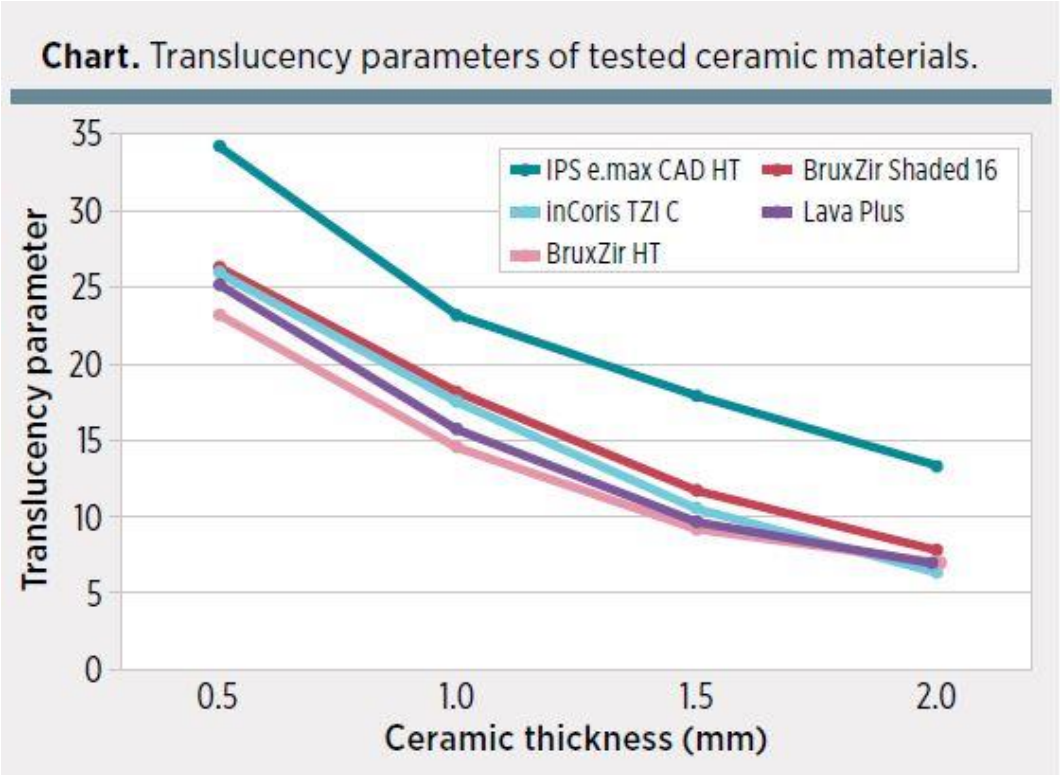
القليل من الدراسات قيمت شفوفية و مقاومة هذه المواد الزيركونية عالية الشفوفية المقدمة حديثا .

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم مدى شفوفية و متانة هذه المواد بالمقارنة مع خزف ثنائي سيليلكات الليثيوم الزجاجي و تحري فيما إذا كان هناك اختلاف في الشفوفية باختلاف المادة أو باختلاف ثخانتها و تحري اختلاف مقاومة الانحناء و معامل الانحناء بين هذه المواد .

مناقشة النتائج :

الشفوفية :

يوجد فروق جوهرية في معامل الشفوفية بناء على اختلاف المادة الخزفية و اختلاف سماكتها حيث يبدي الخزف الزجاجي دائما شفوفية أعلى من مواد الزيركونيا على اختلاف السماكات المقارنة .



- و في دراسة موافقة لـ Baldissara وجد أن خزف ثنائي سيليكات الليثيوم الزجاجي يبدي بشكل واضح شفوفية أكبر من تلك التي تبديها المواد الزيركونية المستخدمة في صنع القلنسوات الزيركونية .

في هذه الدراسة كانت شفوفية المواد الزيركونية المختلفة المدروسة متشابهة تقريبا عند كل سماكة و تنخفض الشفوفية بشكل ملحوظ عند ازدياد سماكة المادة .

في دراستين حديثتين كانت الشفوفية تنقص بشكل واضح كلما ازدادت سماكة العينات الزيركونية الملبدة المدروسة .

إن شفوفية المادة التعويضية هي أحد العوامل الأساسية التي تتحكم بالخصائص الجمالية للتعويض النهائي و هي معيار أساسي عند اختيار المادة السنية المستخدمة .

بالإضافة إلى أن هناك عوامل أخرى يجب أخدها بالحسبان كالبنية السنية الموجودة تحت التعويض و لون وظلالية الإسمنت المستخدم و السماكة الضرورية للتعويض و موقع السن في القوس السنية .

إن الفهم الجيد لشفوفية المواد التعويضية يسمح بصنع تعويضات تجميلية ذات مظهر طبيعي حيث تحاكي الانتقالية بين الظلالية المرتفعة للعاج و الشفوفية النسبية للميناء .

أحد سلبيات التعويضات الزيركونية هو ظلالية هذه المواد النسبية بطبيعتها بالمقارنة مع الأنواع الأخرى من المواد الخزفية السنية و هذه الظلالية هي بسبب حجم الحبيبات البلورية و التي تؤدي إلى تشتت الضوء بشكل أكبر و بالتالي شفوفية أقل فالضوء الذي ينفذ عبر المادة يكون أقل .

لذلك تقيم الدراسة هذه المواد الخزفية الزيركونية المسوقة تجاريا على أنها ذات شفوفية عالية و تقارن بينها و بين الخزف المستخدم بشكل شائع لشفوفيته العالية (ثنائي سيليكات اللثيوم)

الشركة المصنعة لخزف IPS e.max CAD HT توصي بأن لا يستخدم في التيجان الكاملة الخلفية التي تقل سماكة التحضير الطاحن فيها عن 1 ملم بسبب الجهود الوظيفية التي يتعين عليه أن يصمد أمامها .

بالمقابل فإن الشركات المصنعة لمواد الزيركونيا المستخدمة في هذه الدراسة توصي بأنه يمكن استخدامها بسماكة دنيا تصل حتى 0.5 ملم .

عندما نقارن معامل الشفوفية لكل مادة عند الحدود الدنيا لثخانة المادة و التي توصي بها الشركة المصنعة تبدو النتائج عندها متشابهة .

عند ثخانة 0.5 ملم كانت المواد الخزفية الزيركونية الأربعة المختبرة أقل شفوفية من خزف IPS e.max CAD HT بنفس الثخانة لكنها تبدو مشابهة او أكثر شفوفية منه عند الثخانة الدنيا الموصى بها (1 ملم) .

عند ثخانة 1 ملم كان كل من BruxZir Shaded 16 , inCoris TZI C

أكثر شفوفية من كل من BruxZir HT, Lava Plus

و كان كل منهما عند ثخانة 1 ملم مشابه لشفوفية 1.5 ملم من IPS e.max CAD HT

إن قياسات الشفوفية لمواد الزيركونيا الشفافة عند الثخانة الموصى بها سريريا ليست فقط مشابهة لتلك التي تخص الخزف الزجاجي ثنائي سيليكات الليثيوم و لكنها أيضا مشابهة لشفوفية الميناء و العاج عند ثخانة 1 ملم .

التلوين :

من حيث الشفوفية يمكن للمواد الزيركونية المدروسة أن تعوض عن العاج بشكل مرضي لكن للحصول على تطابق مقبول سريريا من الضروري تعديل لون هذه المواد بحذر .

هناك طريقتان للتلوين :

إما إضافة الأكاسيد المعدنية الزيركونية للبودرة Y-TZP

أو غمر التعويضات بعد نحتها في محلول الكلورايد قبل تلبيدها .

طريقة التلوين يمكن لها ان تؤثر على كثافة اللون كما يمكن ان تؤثر على شفوفية الزيركونيا .

وجدTuncelفي دراسة مخبرية أن السوائل الملونة تنقص من شفوفية القبعات الزيركونية ما يتفق مع نتائج هذه الدراسة حيث كانت شفوفية الزيركونيا التي تم غمرها بالمحلول الملون أقل بشكل ملحوظ من شفوفية الزيركونيا الملونة مسبقا .

وجد Kurtulmus-Yilmaz & Ulusoyفي دراستهم أن المحاليل الملونة لا تملك تأثيرا واضحا على شفوفية القبعات الزيركونية و لكن الالوان الأغمق من الزيركونيا الملونة مسبقا تبدي شفوفية أقل .

الإلصاق :

من فوائد الخزف متعدد البلورات أنه بسبب مقاومته العالية يمكن إلصاقه باستخدام عوامل إلصاق مختلفة بما فيها الاسمنتات التقليدية .

لكن بالنسبة للتحضيرات الأصغرية فإن استخدام الاسمنت الريزيني للإلصاق تحديدا الشكل ثنائي التصلب منه يعتبر أمرا منصوحا به لزيادة الارتباط .

و تبدي الدراسات أن التنشيط الضوئي للاسمنت الريزيني اللاصق ثنائي التصلب يؤدي إلى نتائج ميكانيكية أفضل من الاعتماد على التصلب الذاتي للاسمنت اللاصق لوحده .

لذلك فإن شفوفية المواد الخوفية الزيركونية هذه يمكن ان تلعب دورا في قوة ارتباط التعويض عندما يتم استخدام الاسمنت الريزيني ثنائي التصلب .

مقاومة الانحناء :

تعاريف:(Anusavice, 2003)

الإجهاد Stress : هو حاصل قسمة القوة المطبقة على السطح الخاضع للقوة وله أنواع عديدة تحدث حسب طبيعة القوة المطبقة وحسب شكل الجسم منها:

إجهاد الشد Tensile stress: هو الإجهاد الذي يسبب استطالة المادة.

إجهاد القص Shear stress: هو الإجهاد الذي يسبب انزلاق أجزاء من المادة على أجزاء أخرى .

إجهاد الضغط Compressive stress : هو الإجهاد الذي يؤدي إما إلى تقلص حجم المادة أو إلى نقص طول المادة .

واحدة الإجهاد هي نيوتن/ ملم ^{2} ولكن الواحدة الأكثر استخداما هي الميغا باسكال.

المقاومة strength : وهي عبارة عن القوة اللازمة لإحداث إما كسر أو تشوه في المادة .

مقاومة الانحناء flexural strength: وهي عبارة عن اختبار مقاومة لعارضة مدعومة من نهايتيها وخاضعة لحمولة ساكنة.

مقاومة الانكسار fracture strength : مقدار القوة التي تسبب انكسار المادة وتقاس بالنيوتن.

التعب fatigue: يحدث التعب في كل المواد الصلبة, وهو عبارة عن انكسار المادة تحت حمولة متكررة .

إن استخدام الزيركونيا قد ازداد في السنوات الأخيرة بسبب مقاومتها الممتازة مقارنة مع الأنواع الأخرى من الخزف و لكن للحصول على نتائج تجميلية جيدة يتم تغطية الزيركونيا بالخزف المغطي .

المشكلة الأكثر شيوعا التي تواجه هذا النوع من التعويضات هو انكسار الخزف عن الهيكل الزيركوني الأساسي .

ان انكسار الخزف المغطي سريريا هو أحد أهم الأسباب التي تجعل من استخدام تعويضات الزيركونيا المتجانسة شائعا ما يدفع بالشركات المصنعة لمحاولة تطوير خزف الزيركونيا ليصبح أكثر شفوفية و يصبح من الممكن استخدامه في حالات سريرية أكثر .

في هذه الدراسة وجد الباحثون اختلافا في مقاومة الانحناء و معامل الانحناء للمواد المدروسة .

نتائج هذه الدراسة تشير إلى أن مقاومة الانحناء للمواد الزيركونية المختبرة كانت مشابهة لبعضها و كانت أكبر بشكل واضح منها في خزف IPS e.max CAD

في دراسة حديثة قام بها Homaei توصل إلى قيم مشابهة لمقاومة الانحناء حيث كانت (886.9 MPa) في مواد خزف أكسيد الزيركونيا المعد لتصنيع القلنسوات

و كانت (356.7 MPa) في خزف IPS e.max CAD HT

Table 2. Mean (SD) flexural strength (in MPa) and flexural modulus (in GPa) of the tested ceramics.

Ceramic	Flexural strength	Flexural modulus
IPS e.max CAD HT	387.4 (51.9)[b]	147.7 (19.1)[c]
BruxZir Shaded 16	921.7 (112.0)[a]	290.8 (15.7)[a]
inCoris TZI C	855.2 (119.7)[a]	132.2 (11.4)[c]
Lava Plus	880.0 (156.1)[a]	270.1 (16.8)[b]
BruxZir HT	953.9 (86.7)[a]	270.1 (16.8)[b]

Groups with the same superscript lowercase letter per column are not significantly different ($P > 0.05$).

بالنسبة لمعامل الانحناء فقد كان هناك اختلافات بين المجموعات لكن النتائج كانت متقلبة و متغيرة أكثر

معامل الانحناء لأغلب المواد الزيركونية المدروسة كان تقريبا ضعف معامل انحناء الخزف الزجاجي ثنائي سيليكات الليثيوم المدروس ما يتفق مع دراسة مخبرية حديثة

هذه المعطيات توضح ان القوة اللازمة لإحداث تشوه في الزيركونيا هي أكبر من القوة اللازمة لاحداثه في الخزف الزجاجي .

و بسبب المتغيرات الكثيرة المتعلقة بقوى العض البشرية بما فيها القوى الغير محورية و التعب مع الزمن فإن ظروف البيئة داخل الفموية يمكن تقديرها فقط باختبارات مخبرية .

و هناك العديد من الحالات التي يستطب فيها استخدام مادة سنية ذات مقاومة عالية كحالات المرضى الذين لديهم قصة سابقة عن انكسار التعويضات السنية أو مرضى الصرير .

إن مواد الزيركونيا عالية الشفوفية المختبرة في هذه الدراسة هي مماثلة في الشفوفية لثنائي سيليكات الليثيوم عند ثخانة التحضير الموصى بها سريريا و هي أكثر قوة و مقاومة بكثير من ثنائي سيليكات الليثيوم عند نفس الثخانة مما يؤشر إلى أن التعويضات السنية المصنوعة من هذه المواد لها مستقبل واعد .

كان BruxZir Shaded 16 الأفضل من بين المواد الزيركونية المختبرة حيث يجمع بين الشفوفية ومقاومة الانحناء .

و لا بد من اننا بحاجة إلى مزيد من الدراسات لتقييم مقاومة التعب بعد دورات الاجهاد طويلة الأمد و الاهتراء في الاسنان المقابلة لهذه المواد .

الباب الرابع

الإستنتاجات

Conclusion

تبعاً لمحدوديات هذه الدراسة, يمكن استنتاج مايلي:

1- عند نفس الثخانة لا تكون مواد الزيركونيا عالية الشفوفية بنفس شفوفية الخزف ثنائي سيليكات الليثيوم أما عند الثخانة الدنيا الموصى بها سريرياً فإنها تكون بنفس شفوفيته .

2- إن مقاومة الانحناء و معامل الانحناء في المواد الزيركونية عالية الشفوفية هي أكبر بشكل واضح منها في الخزف ثنائي سيليكات الليثيوم .

الباب الخامس

المقترحات والتوصيات

Suggestions & Recommendations

5-1 مقترحات لأبحاث مستقبلية:

1- إجراء دراسة سريرية مع فترة مراقبة طويلة الأمد لتحري نسب نجاح و فشل هذا النوع من التعويضات عمليا خصوصا الزيركونيا من الجيل الثالث .

2- إجراء دراسة لمقارنة الزيركونيا المتجانسة عالية الشفوفية مع الزيركونيا المرتشحة بالزجاج ذات البنية السطحية المتدرجة من حيث الشفوفية و المتانة .

5-2 التوصيات:

من خلال نتائج هذه الدراسة، ومناقشتها يمكننا أن نوصى باستخدام المواد الخزفية الزيركونية ذات الشفوفية المرتفعة في الحالات التي تتطلب تحضيرا لا يتجاوز 1 ملم حيث تبدي هذه المواد أفضل خواصها عندما تكون ثخانتها بين 0.5 – 1ملم .