الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم تعويضات الأسنان الثابتة

تأثير إعادة صب خليطة (نيكل- كروم) على مقاومة الجسور المعدنية للانحناء والانكسار

(دراسة مخبرية)

The Influence Of Recasting (Nickel –Chromium) Alloy On Bending And Fracture Resistance Of Metal Bridges (In-vitro study)

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

إعداد الباحثة

رانيا محمد ياسين بوز العسل

إشراف

الأستاذ الدكتور عمر العادل

2017 م _1438 هـ

تصريح

لا يوجد أيّ جزءٍ من هذه الأطروحة تمّ أخذه بالكامل من عملٍ آخر أو أنجِز للحصول على شهادةٍ أخرى في هذه الجامعة، أو في أيّة جامعةٍ أخرى، أو أيّ معهدٍ تعليميّ.

بسم الله الرَّحمن الرَّحيم

﴿وَيَسْأَلُونَكَ عَنِ الرُّوحِ قُلِ الرُّوحُ مِنْ أَمْرِ رَبِّي وَمَآ أُوتِيتُم مِنَ العِلْمِ إِلَّا قَلِيلاً﴾

صدق الله العظيم

"سورة الإسراء"

الآية " 85"

الإهداء

إلى من ركع العطاء أمام قدميها وأعطتنا من دمها وروحها وعمرها حباً وتضحيةً ودفعاً لغدٍ أجمل.....

أمـــي الحبيبـــــة

إلى من أحمل اسمه بكل افتخار, أرجو من الله أن يمد في عمرك لترى ثماراً قد حان قطافها بعد طول انتظار.....

أبـــي العزيـــــز

إلى أزهار النرجس التي تفيضُ حباً ونقاءً وعطراً .....إلى من شاركني حضن الأم ومنهم استمد عزّتي واصراري .....

إخوتي الأعـــزاء

إلى توأم روحي ورفيق دربي .....إلى صاحب القلب الطيب والنوايا الصادقة .....إلى من الأمس الفؤاد فأوقد شعلة عواطفي فذلل بحضوره مصاعب الحياة ....

زوجي الغالـــي

إلى عصفوريتي الصغيرة التي ملأت حياتي سعادة وأمل .....

ابنتي شـــام

كلمة شكر

بعد الحمد والشكر لله الذي أعانني على إتمام هذا البحث, لا يسعني إلا أن أتقدم بفائق الشكر والاحترام لأولئك الذين أناروا دروبنا فكانوا مشاعل اهتدينا بها في طريق العلم

أبدأ بالشكر الجزيل وكل الاحترام والتقدير لأستاذي **الأستاذ الدكتور عمر العادل** الذي لم يبخل علي بوقتٍ أو جهد, فكان المعلم القدوة وقدم لي الكثير من النصح والإرشاد والتشجيع وأنا هنا لن أوفيه بكلماتي هذه إلا القليل.

كما أتقدم بفائق الشكر والتقدير **للأستاذ الفاضل الدكتور فندي الشعراني** لتكرمه بقبول المشاركة في تحكيم هذه الأطروحة, وأتوجه بالشكر الجزيل **للأستاذ الدكتور محمد بسام أبو حرب** الذي شرفني بمشاركته في لجنة الحكم، فلهما مني كل احترام وتقدير, وشكر موصول لجميع الأساتذة في قسم التعويضات الثابتة لما قدموه في سنوات دراستنا وفي مقدمتهم رئيس القسم **الأستاذ الدكتور محمد لؤي مراد.**

كما أتوجه بالشكر والامتنان لإدارة كلية طب الأسنان ممثلة **بالأستاذ الدكتور محمد سالم ركاب** عميد كلية طب الأسنان، ونائبيه الكرام الاستاذة الدكتورة رانية حداد نائبة العميد للشؤون العلمية والأستاذ الدكتور أسامة الجبان نائب العميد للشؤون الإدارية.

كما لا يسعني أخيراً إلا أن أشكر كل من ساعدني في إنجاز هذا البحث وبخاصة زملائي وزميلاتي في قسم التعويضات الثابتة.

قائمة المحتويات

	المقدِّمة	10
	الهدف من البحث	13
	المراجعة النّظريّة	15
1-1	الخلائط المعدنية	16
1-1-1	تعريف الخليطة المعدنية	16
2-1-1	لمحة تاريخية	16
3-1-1	بنية المعادن وتشكل الخلائط	16
1-3-1-1	البنية البلورية للمعادن	18
2-3-1-1	تصنيف الروابط بين المعادن	18
3-3-1-1	آلية تشكل الخلائط المعدنية	19
4-1-1	المتطلبات العامة التي يجب أن تتوفر في الخلائط المعدنية المصبوبة	21
5-1-1	خصائص الخليطة المعدنية حسب ADA	21
6-1-1	الخصائص المثالية للخلائط المعدنية المصبوبة	22
7-1-1	تصنيف خلائط الصب السنية	23
1-7-1-1	تصنيف الخلائط اعتماداً على محتواها من المعادن النبيلة بحسب الجمعية الأمريكية لطب الأسنان	23
2-7-1-1	تصنيف خلائط الصب السنية اعتماداً على خواصها الميكانيكية	24
3-7-1-1	تصنيف خلائط الصب السنية حسب تطبيقاتها السنية	24
4-7-1-1	تصنيف خلائط الصب السنية حسب العناصر الرئيسية الداخلة في تركيبها	25

1-1-8	الخلائط المعدنية الخزفية	25
1-1-8-1	تصنيف الخلائط المعدنية الخزفية	25
1-1-8-2	المتطلبات الواجب توفرها في الخلائط المعدنية الخزفية	27
1-1-9	خلائط المعادن القاعدية للتعويضات الخزفية المعدنية	27
1-1-10	خليطة (نيكل – كروم)	28
1-1-10-1	التركيب الكيميائي لخليطة (نيكل – كروم)	29
1-1-10-2	وظائف العناصر الأساسية في الخليطة	30
1-1-10-3	دور العناصر الزهيدة الداخلة في تركيب الخليطة	30
1-1-10-4	الخصائص الفيزيائية لخلائط (نيكل – كروم)	31
1-1-10-5	التقبل الحيوي لخلائط (نيكل – كروم)	33
1-2	مراحل العمل لصنع التعويض المصبوب	33
1-2-1	تشكيل النموذج الشمعي والكسو	33
1-2-2	إحماء البوتقة	34
1-2-3	صهر الخليطة المعدنية وصبها	35
1-3	آلات الصب	36
1-4	تقنيات الجديدة لصناعة القبعة المعدنية للتيجان المعدنية الخزفية	37
1-5	لمحة عن أنواع التعويضات الثابتة (الجسور السنية)	37
1-5-1	تعريف الجسر	37
1-5-2	أنواع الجسور السنية	37
1-5-3	الحركات المختلفة للجسور تحت تأثير القوى	39

4.5.1	اختبار الانحناء Bending test	41
6.1	بعض المفاهيم الميكانيكية	42
	الدراسات السابقة	45
2	مواد و طرائق البحث	51
1-2	عينات البحث	52
2-2	المواد المستخدمة في البحث	54
3-2	الأدوات والأجهزة المستخدمة في البحث	56
4-2	طريقة العمل	60
1-4-2	طريقة تحضير العينة	60
2-4-2	طريقة إجراء الاختبارات الميكانيكية	69
3	النتائج والدراسة الإحصائية	73
1-3	وصف العينة	74
2-3	الدراسة الإحصائية التحليلية	77
1-2-3	دراسة حد الخضوع	77
2-2-3	دراسة مقدار الانحناء	80
3-2-3	دراسة مقاومة الانكسار	85
4	المناقشة	92
1-4	مناقشة فكرة البحث	93
2-4	مناقشة مواد وطرائق البحث	94
3-4	مناقشة نتائج البحث	96

1-3-4	مناقشة نتائج اختبار الانحناء	96
2-3-4	مناقشة نتائج اختبار الانكسار	96
3-3-4	مقارنة مع الدراسات السابقة	96
5	الاستنتاجات	101
6	المقترحات والتوصيات	103
1-6	المقترحات	104
2-6	التوصيات	105
7	المراجع	107
8	الملخص	116
	الملخص باللغة العربيّة	
	الملخص باللغة الإنجليزيّة	

قائمة إضافيّة رقم 1: قائمة بالجداول التّوضيحيّة

جدول(1-1)	تصنيف خلائط الصب السنية اعتماداً على خواصها الميكانيكية	24
جدول (2-1)	يبين توزع الجسور المدروسة في المجموعة الرئيسية الأولى	52
جدول (2-2)	يبين توزع الجسور المدروسة في المجموعة الرئيسية الثانية	53
جدول (2-3)	يبيّن نسب العناصر في خليطة Kera N	54
جدول (3-1)	يبين توزع الجسور في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر	74
جدول (3-2)	يبين توزع الجسور في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.	75
جدول (3-3)	يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار متانة الخضوع (بالنيوتن) في عينة البحث (بالنيوتن) وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.	79
جدول (3-4)	يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار متانة الخضوع (بالنيوتن) بين مجموعات عدد مرات الصبّ الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر المدروس	79
جدول(3-5)	يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار الانحناء (بالملم) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.	80
جدول (3-6)	بين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الانحناء (بالملم) بين مجموعات عدد مرات الصبّ الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر المدروس.	82

جدول (3-7)	يبين نتائج حساب قيم معاملات الارتباط بيرسون لدراسة طبيعة العلاقة بين قيم متانة الخضوع (بالنيوتن) وقيم مقدار الانحناء (بالملم) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.	84
جدول (3-8)	يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن) في عينة البحث (بالنيوتن) وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.	85
جدول (3-9)	يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن) بين مجموعات عدد مرات الصبّ الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر المدروس.	86
جدول (3-10)	يبين نتائج حساب قيم معاملات الارتباط بيرسون لدراسة طبيعة العلاقة بين قيم متانة الخضوع (بالنيوتن) وقيم مقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.	88
جدول (3-11)	يبين نتائج حساب قيم معاملات الارتباط بيرسون لدراسة طبيعة العلاقة بين قيم مقاومة الانكسار (بالنيوتن) وقيم مقدار الانحناء (بالملم) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس	89

قائمة بالأشكال لاتوضحية

شكل(1-1)	يوضح حركة الميزان	39
شكل(1-2)	يوضح حركة الدوران	40
شكل(1-3)	يوضح الحركة الانحنائية	40
شكل(1-4)	يوضح اختبار الانحناء ثلاثي النقط	41
شكل(1-5)	منحني **Stress-strain**	43

شكل (2-1)	خليطة نيكل كروم	54
شكل (2-2)	المسحوق الكاسي والسائل المرافق المستخدمين في البحث	55
شكل (2-3)	أوتاد شمعية (Renfert)	55
شكل (2-4)	مسحوق أكسيد الألمنيوم AL2O3	56
شكل (2-5)	المخرطة الصناعية المستخدمة في البحث	56
شكل (2-6)	فرن الإحماء	57
شكل (2-7)	جهاز الصب	57
شكل (2-8)	مرملة	58
شكل (2-9)	مقياس ثخانة	58
شكل (2-10)	قبضة وسنابل	59
شكل (2-11)	جهاز الاختبار المستخدم	59
شكل (2-12)	صورة ترسيمية للدعامة النحاسية	60
شكل (2-13)	القاعدة المعدنية الأولى	61
شكل (2-14)	القاعدة المعدنية الثانية	61
شكل (2-15)	تشميع جسور المجموعة الرئيسية الأولى	62
شكل (2-16)	تشميع جسور المجموعة الرئيسية الثانية	62

شكل (2-17)	توتيد الجسور الثمانية الأولى	63
شكل (2-18)	عملية الكسو	64
شكل (2-19)	عملية الصب	65
شكل (2-20)	الجسور مع بقايا المسحوق الكاسي	66
شكل (2-21)	الجسور جاهزة للاختبارات الميكانيكية	66
شكل (2-22)	المجموعة الرئيسية الأولى	67
شكل (2-23)	المجموعة الرئيسية الثانية	68
شكل (2-24)	عينة البحث كاملة	68
شكل (2-25)	شاشة الجهاز قبل البدء بالاختبارات	70
شكل (2-26)	اختبار المجموعة الأولى	70
شكل (2-27)	نموذج انحناء العينات في المجموعة الأولى	70
شكل (2-28)	نموذج تحطم من المجموعة الأولى	71
شكل (2-29)	اختبار المجموعة الثانية	71
شكل (2-30)	نموذج للانحناء قبل التحطم	72

قائمة إضافيّة رقم 3 : قائمة بالمخطّطات التّوضيحيّة

مخطّط (3-1)	يمثل النسبة المئوية لتوزع الجسور في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر.	75
مخطّط (3-2)	يمثل النسبة المئوية لتوزع الجسور في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.	76
مخطط (3-3)	مثل المتوسط الحسابي لمقدار متانة الخضوع (بالنيوتن) في عينة البحث (بالنيوتن) وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.	78
مخطط (3-4)	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار الانحناء (بالملم) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.	82
مخطط (3-5)	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن) في عينة البحث (بالنيوتن) وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.	86

المقدمة

Introduction

المقدمة :

إن غاية التعويضات السنية الثابتة سواء كانت تاجاً مفرداً أو جسراً أن تؤمن النواحي التجميلية والوظيفية والمتانة على المدى البعيد و التقبل الحيوي الممتاز داخل الحفرة الفموية (Rosenstiel, Land et al. 2015).

تعدّ التعويضات المعدنية الخزفية من أكثر التعويضات السنية استخداماً في المجال السريري لطب الأسنان، ويعود ذلك لتميزها بخصائص المقاومة والمتانة التي يتمتع بها المعدن إلى جانب المظهر التجميلي للخزف (Roberts, Berzins et al. 2009).

قديماً استُخدم معدن الذهب بسبب مقاومته العالية للتآكل في صناعة التعويضات السنية (Ayad and Ayad 2010)، وبسبب ارتفاع تكلفة الخلائط المعدنية الثمينة بشكل كبير توجّه الاستخدام للخلائط المعدنية القاعدية لصناعة التعويضات السنية الثابتة مثل خلائط (النيكل-كروم) (Liu, Johnston et al. 2010)، وخلائط (الكروم-كوبالت) (Al Jabbari 2014) .

تختلف خصائص الخلائط المعدنية القاعدية اختلافاً كبيراً عن الخلائط الثمينة مثل مكونات هذه الخلائط والصلابة والثقل النوعي و درجة حرارة الانصهار والتقلص عند الصب (Wight, Grisius et al. 1980)، وكذلك هي أكثر صلابة من الخلائط الثمينة التي تتمتع بمعامل مرونة عالي (Madani, Rokni et al. 2011).

وقد تطورت صناعة الترميمات و التعويضات بسبب تطور الخلائط المعدنية والخزف، حيث تعد الخلائط المعدنية المستخدمة في طب الأسنان ذات أهمية قصوى في مجال التعويضات السنية ويعود ذلك إلى خصائصها الميكانيكية وتقبلها الحيوي والدقة عند صبها ومقاومتها للتآكل والكلفة المعقولة ولذلك تم اختيارها للتعويضات المعدنية الخزفية (Prabhu, Geetha Prabhu et al. 2011).

ولكن مؤخرا وبسبب الوضع الاقتصادي وارتفاع سعر خلائط المعادن القاعدية شاعت عدد من الأخطاء التي يرتكبها بعض الفنيين في المخابر السنية مثل استخدام الفائض من الخلائط المصبوبة وإضافتها للخلائط الجديدة بالرغم من توصيات الشركة المصنعة لها

باستخدام الخليطة مرة واحدة (Reddy, Abraham et al. 2011)، ومن غير الاكتراث بعواقب هذا الخطأ على النواحي الفيزيائية والكيميائية في تركيب الخليطة وتأثير ذلك على مقاومة القطعة التعويضية للانحناء والانكسار (Palaskar, Nadgir et al. 2010) , (Rosensteil, Land et al. 2006).

وعلى الرغم من وجود العديد من الدراسات حول الاستخدام المتكرر للخلائط المعدنية الثمينة وتقييم خواصها الميكانيكية قبل وبعد إعادة الصب، إلّا أنّ عدد قليل من الدراسات قيّمت الخواص الميكانيكية للخلائط المعدنية القاعدية غير الثمينة بعد إعادة صبها مثل القساوة و متانة الشد ومعامل المرونة ونسبة الاستطالة لأنها ترتبط ارتباطاً مباشراً بالأداء طويل الأجل لهذه الخلائط (Prabhu, Geetha Prabhu et al. 2011).

بعض هذه الدراسات توصي باستخدام خلائط مصبوبة سابقاً(Peraire, Martinez-Gomis et al. 2007)، ودراسات أخرى لا تنصح باستخدامها (Issac and Bhat 1997).

لذلك تم اختيار هذا البحث ليدرس تأثير عملية إعادة الصب لخليطة النيكل – كروم على مقاومة الانحناء والانكسار للجسور المعدنية، وتم اختيار الجسور المعدنية في هذه الدراسة لنمثل الشكل الذي يتم استخدامه في الممارسة السريرية، في حين أن الدراسات السابقة تمت على عينات بشكل أقراص أو أسطوانات وهي بعيدة عن شكل التطبيق السريري لهذه الخلائط .

الـهدف من البحث

Aim of Research

الهدف من البحث :

تهدف هذه الدراسة إلى :

1-تحري تأثير إعادة صب خليطة نيكل – كروم (إعادة الصب للمرة الثانية, إعادة الصب للمرة الثالثة , إعادة الصب للمرة الرابعة) على انحناء الجسور المعدنية .

2- تحري تأثير إعادة صب خليطة نيكل – كروم (إعادة الصب للمرة الثانية, إعادة الصب للمرة الثالثة , إعادة الصب للمرة الرابعة) على انكسار الجسور المعدنية .

الباب الاول

المراجعة النظرية

Literature Review

1.1. الخلائط المعدنية (Metal Alloys) :

استُخدمت المعادن في طب الأسنان لتحل محل الأسنان الطبيعية، حيث صُنعت الترميمات القديمة جداً من الذهب الخالص لسهولة صهره ومعالجته بالإضافة إلى خاصيّته المميزة وهي أنه يمكن دكّه تحت ضغط اليد ليشكل كتلة صلبة عند درجة حرارة الفم، ولاتزال هذه الاستراتيجية مستخدمة ولكنها ليست شائعة في الممارسة السريرية .

يعدّ البلاتين أيضاً من المعادن النقية الأخرى المستخدمة في طب الأسنان، ولكن المعادن النقية بما فيها الذهب والبلاتين عموماً تفتقر إلى الخصائص المناسبة لاستخدامها لصنع ترميمات كبيرة الأسنان، لهذا السبب تم خلط المعادن وعناصر لا معدنية لتشكيل الخلائط (Sakaguchi and Powers 2012).

1.1.1. تعريف الخليطة المعدنية :

تعرف الخليطة المعدنية على أنها مادة ناتجة عن مزج عنصرين أو أكثر مع بعضهما في الحالة السائلة (أي بصهرهما معاً أو بصبهما في الحالة المصهورة) أو يصهر أحدهما ويذاب الأخر فيه بحالته الطبيعية (الصلبة)، أو بإدخال عناصر لا معدنية (كربون , سيليسيوم , فوسفور) بنسبة ضئيلة جداً في معدن ما. (Manappallil 2015)

وتسمى الخليطة باسم المعدن الأساسي الداخل في تركيبها , بينما تعرف العناصر الأخرى المضافة بكميات قليلة باسم العناصر السبائكية (عزيمة 2007) .

2.1.1. لمحة تاريخية :

في القرن السابع قبل الميلاد استُخدم العاج والعظم مدعوماً بهيكل من الذهب للتعويض عن الأسنان المفقودة، وتطور الأمر حيث صُنعت في القرن الثامن عشر الترميمات المعدنية عبر ضغط الألمنيوم والذهب والرصاص والبلاتين، والفضة في تجاويف الأسنان.
(Prabhu, Geetha Prabhu et al. 2011).

شاع في بداية القرن العشرين استخدام الخلائط المعدنية الثمينة ذات المحتوى العالي من الذهب في صنع الحشوات الضمنية والمغطية والتيجان والجسور وذلك بسبب تقبلها الحيوي وخواصها الميكانيكية الجيدة ومقاومتها للتآكل ، واستمر استخدامها في صنع هياكل الأجهزة الجزئية حتى بداية الخمسينات (Leinfelder 1997) (Ayad and Ayad 2010).

وفي عام 1907 قدم Taggert طريقة لإنتاج صبة معدنية دقيقة لحشوات ضمنية من الذهب (Gold Inlay) باستخدام تقنية الشمع الضائع (Lost Wax Technique) وحصل على براءة اختراع على هذا العمل (Anusavice et al.,2013).

ثمّ في الثلاثينيات من القرن الماضي طوّر Eardle RW و Prange CH خلائط (نيكل – كروم) و(كروم – كوبالت) (Palaskar et al.,2010)، التي استُخدمت لصناعة هياكل الأجهزة الجزئية المتحركة (Wataha 2002).

في السبعينيات من القرن الماضي وبسبب الارتفاع المتزايد لسعر الذهب بحثت المصانع عن معادن ذات تكلفة أقل من الذهب لاستخدامها في المخابر السنية (Salazar, Pereira et al. 2006)، فطُورت خلائط (نيكل – كروم) و (كروم – كوبالت) التي استُخدمت منذ الثلاثينيات في صنع هياكل الأجهزة المتحركة الجزئية لتصبح ملائمة للتعويضات المعدنية الخزفية (Ahmadzadeh, Neshati et al. 2013) (Pagnano, Esquivel et al. 2009).

في حين تأخر نجاح صب معدن التيتانيوم حتى عام 1970 بسبب تفاعله مع الأكسجين وحساسية التقنية مع هذا المعدن. ومنذ ذلك الحين ظهرت عدة تقنيات متقدمة مثل تقنية ال CAD-CAM، واللحام بالليزر التي قدمت التسهيلات في معالجة المعادن المستخدمة للتطبيقات السنية (Anusavice et al.,2013).

3.1.1. بنية المعادن وتشكل الخلائط Structure of Metal and Alloys:

1.3.1.1. البنية البلورية للمعادن :

الهيكل الشبكي للبلورات (الخلية البلورية): هو أصغر شكل فراغي يتشكل بين الذرات وعندما تتكرر هذه الهياكل إلى جانب بعضها في مختلف الاتجاهات تتشكل البلورة المعدنية .

البلورة المعدنية : تتشكل عنما تكون ذرات المعدن في الحالة الصلبة منتظمة إلى جانب بعضها على مسافات ثابتة و أشكال هندسية محددة تكرر نفسها بالفراغ وذلك في الحالة الصلبة وعند درجات الحرارة الأقل من درجة انصهار هذا المعدن (O'Brien 2008).

2.3.1.1. تصنيف الروابط بين المعادن:

لا تستخدم المعادن النقية في صنع الترميمات الخزفية المعدنية بل خلائطها وذلك لأنها لينة جداً و بعضها يمكن أن يتآكل بشكل كبير (Anusavice et al.,2013)، ولهذا السبب تُستخدم الخلائط المعدنية الناتجة عن امتزاج المعادن مع بعضها فتؤمن بذلك أفضل الخواص الفيزيائية والكيميائية وتصبح مناسبة للتطبيقات السنية (Hatrick and Eakle 2015).

تتحد العناصر المعدنية مع بعضها أثناء تشكل الخليطة بإحدى الروابط التالية (Manappallil 2015)، (Craig, Powers et al 2004.):

- ✓ روابط أولية **(Primary bond)** وهي :
  - روابط تساهمية (تكافؤية) Covalent bonds .
  - روابط شاردية Ionic bonds.
  - روابط معدنية Metalic bonds.

وهذه الروابط كيميائية .

✓ **روابط ثانوية** (Secondary bonds):

تسمى قوى فاندرفالس Van Der Waals Forces وهي روابط فيزيائية أكثر من كونها كيميائية .

ولهذه الروابط أهمية كبيرة لأن جميع خصائص المعادن تنتج من البنية البلورية للمعدن والروابط المعدنية (Sakaguchi and Powers 2012).

3.3.1.1. آليـة تشـــكـل الخلائط المعـدنيـة (Craig, Power et al. 2000)، (Craig,R.,et al.1997):

تتشكل الخلائط المعدنية نتيجة لذوبان العناصر المعدنية وامتزاجها مع بعضها عند الإحماء ويعد ذلك شرطاً أساسياً لتشكلها، ففي الحالة التي تنصهر فيها العناصر المعدنية عند الإحماء دون امتزاجها في الحالة السائلة لا تتشكل خليطة معدنية بل يتشكل عند التصلب طبقتان تحتوي كل منهما على عنصر معدني منفصل.

تتشكل الخلائط المعدنية من امتزاج المعادن باالحالة السائلة وعند تبريدها يظهر إحدى البنى المجهرية التالية :

- المحلول الصلب (Solid solution).
- المركبات المعدنية المتشابكة (Intermetallic compounds).
- المزيج المنصهر (Eutectic mixture).

- **خلائط المحلول الصلب (Solid solution) :**

يتشكل هذا النوع من الخلائط عندما تكون العناصر المعدنية الداخلة في تركيبها تتمتع بقابلية مطلقة للذوبان والامتزاج مع بعضها في الحالة السائلة و الصلبة، وتمتاز الخليطة الناتجة بأنها وحيدة الطور (وحيدة البنية البلورية)

وتمتلك هذه الخلائط خصائص المعادن المشكلة لها مع بعض الاستثناءات حيث يكون لها قوة وقساوة أعلى من المعادن النقية المشكلة لها , أما قابلية السحب تكون أقل مقارنة مع المعادن المشكلة لها ومثال عليها خلائط (نيكل – كروم) (McCabe and Walls 2013).

- **خلائط المركب المعدني المتشابك (Intermetallic compounds):**

يتشكل هذا النوع من الخلائط عندما تكون العناصر المعدنية قابلة للذوبان و الامتزاج ببعضها بشكل مطلق بالحالة السائلة و محدود بالحالة الصلبة، وتكون البنية البلورية لهذه الخلائط بشكل شبكة وتحتل ذرات أحد المعادن منطقة معينة .

تمتلك هذه الخلائط خصائص مختلفة عن المعادن الداخلة في تركيبها ,ومثال عليها الأملغم .

- **خلائط المزيج المنصهر (Eutectic mixture) :**

يتشكل هذا النوع من الخلائط عندما يكون عنصرا الخليطة قابلين للامتزاج ببعضهما بالحالة السائلة فقط، وينفصلان لمرحلتين في الحالة الصلبة، وتمتلك هذه الخلائط نقطة تجمد ثابتة ونقطة انصهار وليس معدل انصهار، وتعد هذه الخلائط أكثر قساوة من المعادن الداخلة في تركيبها ومقاومتها محدودة للتآكل ,ومثال عليها خلائط (فضة – نحاس).

4.1.1. المتطلبات العامة التي يجب أن تتوفر في الخلائط المعدنية المصبوبة (Manappallil 2015):

- البقاء صلبة عند التعرض لقوى المضغ بالوسط الفموي.
- أن تمتلك ثباتاً كيميائياً أي لاتتآكل أو تتأكسد في الوسط الفموي.
- أن تكون سهلة التصنيع (التعامل معها سهل أثناء مراحل الصب والصقل والتلميع)
- تمتلك سيولة كافية لتعكس التفاصيل الدقيقة خلال عملية الصب.
- تمتلك تقلصاً أصغرياً عند التبريد بعد عملية الصب.
- سهلة اللحام
- التقبل الحيوي (لاتسبب أي سمية أو حساسية)

5.1.1. خصائص الخليطة المعدنية حسب ADA (Sakaguchi and Powers 2012) :

اعتمدت الجمعية الأمريكية لطب الأسنان (ADA) مواصفات معينة يجب أن تتمتع بها الخلائط المعدنية القاعدية (نيكل – كروم – كوبالت) وهي :

1. أن يكون الوزن الكلي للكروم والكوبالت في هذه الخلائط لا يقل عن (85%)، ونسبة الكروم لا تقل عن (20%) .

2. أن تكون العناصر المعدنية الأخرى غير سامة ومقاومة للتآكل وغير مسببة للحساسية.

3. أن تكون نسبة العناصر ذات الخطورة لا تزيد عن (0.5%) في هذه الخلائط .

6.1.1. الخصائص المثالية للخلائط المعدنية المصبوبة (Sakaguchi and Powers 2012):

- أن تكون الخصائص الفيزيائية والكيميائية للخلائط ملائمة للاستخدامات المختلفة لهذه الخلائط , على سبيل المثال معامل التمدد الحراري و درجة الانصهار والمتانة .
- أن يكون التركيب الكيميائي للخلائط لا يسبب أي تأثيرات سمية أو تحسسية تسبب الضرر للأشخاص الذين يتعاملون مع هذه الخلائط وللمرضى أيضاً .
- أن تكون خواصها الكيميائية جيدة بحيث تكون مقاومة للتآكل والتغيرات الفيزيائية في الوسط الفموي .
- أن تكون كلفتها مناسبة
- أن تكون متوفرة بسهولة
- أن تكون الخبرة التقنية اللازمة لتصنيع واستخدام هذه الخلائط ملائمة لكل من طبيب الأسنان وفنّي الأسنان .

7.1.1. تصنيف خلائط الصب السنية :

تصنف هذه الخلائط اعتماداً على :

- تركيب هذه الخلائط
- الخواص الميكانيكة للخلائط
- التطبيقات السنية للخلائط
- العناصر الرئيسية الداخلة في تركيبها (Anusavice et al.,2013)

1.7.1.1. تصنيف الخلائط اعتماداً على محتواها من المعادن النبيلة بحسب الجمعية الأمريكية لطب الأسنان (ADA) (Wataha and Messer 2004)، (Craig, Powers et al 2004):

في عام 1984 اقترحت الجمعية الأمريكية لطب الأسنان (ADA) تصنيفاً لخلائط الصب السنية وهو:

- **الخلائط الثمينة(NH) High noble Alloys:**

تحتوي على الذهب بنسبة لا تقل عن (40%) من وزنها و (60%) من وزنها عناصر معدنية نبيلة (كالبالاديوم والبلاتين)

وهي سهلة الصب فيمكنها الانسياب والوصول للتفاصيل الدقيقة في قالب السحوق الكاسي وعكسها بدقة، كما انها سهلة الصقل و الانهاء وذات تقبل حيوي جيد جداً .

- **الخلائط نصف ثمينة (N) Noble Alloys:**

تحتوي على معادن نبيلة بنسبة لا تقل عن (25%) من وزنها، وليس من الضروري ان تحتوي هذه الخليطة على الذهب.

معظم هذه الخلائط أساسها البالاديوم، وتمتلك خواصاً وسطاً بين خلائط المعادن القاعدية والخلائط عالية النبالة .

- **الخلائط الرخيصة (PB) Predominantly Base Metal Alloys :**

تحتوي على معادن نبيلة بنسبة أقل من (25%) من وزنها .

2.7.1.1. تصنيف خلائط الصب السنية اعتماداً على خواصها الميكانيكية (Sakaguchi and Powers 2012)، (Anusavice et al.,2013) :

يوضح الجدول التالي هذا التصنيف :

الصنف	الوصف	حد الاستسلام (Mpa)	الاستطالة (%)	مثال على تطبيقه السريري
1	طرية Soft	80	18	حشوات ضمنية
2	متوسطة القساوة Medium	180	10	حشوات ضمنية ومغطية وثلاثة أرباع التاج
3	القاسية Hard	270	5	حشوات مغطية وتيجان كاملة
4	عالية القساوة Extra hard	360	3	تيجان كاملة وجسور طويلة وهياكل الأجهزة الجزئية

جدول (1-1) تصنيف خلائط الصب السنية اعتماداً على خواصها الميكانيكية

3.7.1.1. تصنيف خلائط الصب السنية حسب تطبيقاتها السنية (Anusavice et al.,2013):

تُصنّف حسب التطبيقات التعويضية السنية إلى :

- ✓ خلائط التعويضات الثابتة المعدنية بالكامل.
- ✓ خلائط التعويضات الخزفية المعدنية.
- ✓ خلائط الأجهزة المتحركة الجزئية والكاملة.

4.7.1.1. تصنيف خلائط الصب السنية حسب العناصر الرئيسية الداخلة في تركيبها (Anusavice et al.,2013):

ويمكن تصنيف الخلائط على أساس العنصر الأساسي أو الأكثر وفرة ضمن الخليطة على سبيل المثال (palladium–based alloy)، أو قد يكون اسمها مأخوذ من اسم العنصرين الأكثر أهمية ضمن الخليطة مثل خليطة (نيكل –كروم) و(كروم –كوبالت) أو حتى الثلاثة عناصر الأكثر أهمية فيها على سبيل المثال (نيكل – كروم – بريليوم) حيث يكون أكبر عنصر في المرتبة الأولى يليه ثاني أكبر عنصر.

8.1.1. الخلائط المعدنية الخزفية Metal-Ceramic Alloys :

يمكن استخدام هذه الخلائط مع الخزف السني حيث ترتبط معه عبر صهر طبقات متعاقبة من الخزف السني على هذه الخليطة لإعطاء شكل يماثل السن الطبيعية، وتستخدم لدعم وتقوية الخزف السني باعتباره مادة قصفة يمكن أن تتكسر بسهولة تحت تأثير القوى المختلفة (Manappallil 2015).

يمكن أن تكون هذه الخلائط نبيلة أو قاعدية ولكن يجب توفر شرط أساسي وهو أن يكون عامل التمدد الحراري لها ملائم لعامل التمدد الحراري للخزف المستخدم (Hatrick and Eakle 2015).

لذلك فإن نظام خزف معدن مصمم بحيث يكون معامل التمدد الحراري للمعدن أعلى بقليل من معامل التمدد الحراري للخزف (Lopes, Pagnano et al. 2009).

1.8.1.1. تصنيف الخلائط المعدنية الخزفية (Shillingburg, Hobo et al. 1997) ، (Craig et al.1997):

- ✓ الثمينة: تعرف بخلائط الذهب وهي :
  - خلائط ذهب – بلاديوم – بلاتينيوم : تحتوي هذه الخلائط على معادن نبيلة بنسبة (97%) من وزنها، عادةً تتكون من (78 – 87 %) من وزنها ذهباً و (10 – 20 %) بلاتين وبلاديوم.

- خلائط ذهب – بلاديوم – فضة: تعد بديلاً عن الخلائط عالية المحتوى من الذهب لأنها أقل كلفةً منها، وتحتوي في تركيبها على (55%) من وزنها من الذهب و (20–30%) من وزنها بلاديوم , و (10–15%) من وزنها فضة، صُنعت أول خليطة من هذه الخلائط عام (1970) وسُميت ب (Will–Ceramic W) وهي معدة لصنع الترميمات الخزفية المعدنية.
- خلائط ذهب – بلاديوم : ظهرت هذه الخلائط للتخلص من تأثير الفضة على لون الخزف المغطي، وتحتوي هذه الخلائط على (50%) من وزنها ذهباً، و(40%) بلاديوم.

✓ نصف ثمينة : تعرف بخلائط البلاديوم :

- خلائط بلاديوم – فضة: تتركب هذه الخلائط من(50–60 %) من وزنها بلاديوم، و(30–40%) فضة، و(3 –12%) قصدير.
- خلائط بلاديوم – نحاس: تتكون من (75–80%) بلاديوم، و(5–10%) نحاس، و(0 – 5%) إنديوم إضافةً إلى (2– 10%) من الغاليوم.

✓ الخلائط الرخيصة :

- خلائط (نيكل – كروم) : تحتوي خلائط النيكل – كروم على (62– 82%) من النيكل و (11 – 22%) من الكروم إضافة لعناصر أخرى سنتحدث عنها لاحقاً (O'Brien 2008).
- خلائط (كوبالت – كروم) : تحتوي على الكوبالت بنسبة (50 – 75%)، و(20– 32 %) من الكروم، إضافة إلى الموليبدن بنسبة (0 – 6 %).
- التيتانيوم وخلائطه: تحوي هذه الخلائط على نسب ضئيلة من كل من الأكسجين بنسبة (0.04%)، والكربون بنسبة (0.1%)، والآزوت بنسبة (0.5%) إضافة إلى الهيدروجين بنسبة (0.015 %) حيث تكون هذه العناصر بشكل محلول في معدن التيتانيوم .

يستخدم حالياً في صنع الزرعات السنية و هياكل الأجهزة المتحركة بسبب خفة وزنه إلى جانب خصائصه و ميزاته الأفضل من أي مادة زرع سنية متوفرة (Hatrick and Eakle 2015).

2.8.1.1. المتطلبات الواجب توفرها في الخلائط المعدنية الخزفية (Manappallil 2015)، (Sakaguchi and Powers 2012):

إلى جانب المتطلبات العامة هناك متطلبات خاصّة يجب توفرها في هذه الخلائط كي تتوافق مع الخزف وهي :

- درجة حرارة انصهار الخليطة أعلى من درجة حرارة خبز الخزف .
- القدرة على مقاومة التشوه والالتواء في درجة حرارة خبز الخزف.
- توافق معامل التمدد الحراري للخليطة المستخدمة مع الخزف وبهذا الشكل فإن قشرة الخزف لا تخضع لاجهادات الشد والتي من الممكن أن تؤدي لكسر الخزف.
- القدرة على الارتباط الجيد مع الخزف السني وذلك من خلال التفاعل الكيميائي بين الخزف وأكاسيد المعادن على سطح المعدن إضافة إلى التشابك الميكانيكي الذي يتحقق بتحسين سطح المعدن المقابل للخزف السني .
- الصلابة العالية لأن أي التواء أو ثني لهيكل المعدن الأساسي يمكن أن يسبب انكسار الخزف السني أو انفصاله عن الهيكل المعدني .
- عدم تشكل أكاسيد معدنية تغير لون الخزف أو تؤثر على المظهر الجمالي للخزف.

9.1.1. خلائط المعادن القاعدية للتعويضات الخزفية المعدنية
Base metal alloys for Metal Ceramic Restoration:

- تعريفها :

هي الخلائط التي تحتوي على معادن نبيلة بنسبة أقل من 25% من وزنها , وتعد البديل الرخيص للخلائط المعدنية الخزفية النبيلة (Geurtsen 2002).

- ميزاتها (Manappallil 2015):
  - ✓ خواص ميكانيكة أفضل.
  - ✓ مقاومة للتآكل مثل خلائط الذهب.
  - ✓ خفة وزنها.
  - ✓ اقتصادية أكثر من خلائط الذهب.

- سلبياتها : (Manappallil 2015)، (Salazar, Pereira et al. 2006), (Könönen and Kivilahti 2001) :
  - ☒ درجة حرارة انصهارها مرتفعة .
  - ☒ طريقة صبها أكثر حساسية .
  - ☒ تتطلب أدوات خاصة للانهاء والتلميع بسبب قساوتها العالية
  - ☒ يمكن أن تتسبب في سحل الترميمات والأسنان الطبيعية المقابلة لها نظراً لقساوتها العالية .
  - ☒ مشاكل التقبل الحيوي (Kelly and Rose 1983).

- تصنيف خلائط المعادن القاعدية:

تصنف لمجموعتين رئيسيتين : 1 – خلائط (نيكل – كروم)

2 – خلائط (كروم – كوبالت)

10.1.1. خليطة (نيكل – كروم) Nickle –Chromium Alloy :

منذ عام 1980 استُخدمت خلائط (نيكل – كروم) بشكل واسع عالمياً ويعود ذلك لارتفاع سعر الذهب (Nelson, Palik et al. 1986).

ونظراً لما تتمتع به هذه الخليطة من خواص ميكانيكية جيدة مثل القساوة العالية ومتانة الشد المرتفعة مازالت من الخلائط القاعدية الأكثر استعمالاً في صناعة التعويضات المعدنية الخزفية (HUANG, LIN et al. 2005).

إلى جانب قلة تكلفتها بالمقارنة مع غيرها من الخلائط عالية النبالة والنبيلة أيضاً (Sharma, Atluri, Vallabhaneni et al. 2014) (Rodrigues et al. 2016).

1.10.1.1. التركيب الكيميائي لخليطة (نيكل – كروم) :

تتركب خليطة (نيكل – كروم) من مزيج معادن و أشباه المعادن مثل أي خليطة أخرى، ويدخل في تركيبها ثمانية إلى عشرة عناصر معدنية، ويعتبر عنصرا النيكل و الكروم العنصرين الأساسين فيها .

تكون نسبة الانحلال الصلب للكروم في النيكل (37%) تقريباً وتعد هذه النسبة مرتفعة وتؤدي لانخفاض مقاومة الخليطة للانثقاب، لذلك يتم إضافة عناصر أخرى للخليطة لزيادة مقاومتها الميكانيكية (Bezzon, de Mattos et al. 1998).

تمتلك خلائط (نيكل – كروم) بنية مجهرية معقدة تتغير عن تسخينها لدرجات حرارة عالية (أي أعلى من درجة انصهارها) وذلك عند صب الخليطة أو إعادة صبها عدة مرات فيؤدي هذا لتغير في الخواص الفيزيائية و الميكانيكية للخليطة، لذلك يتوجب صبها بأقل درجة حرارة ممكنة (Bezzon, Ribeiro et al. 2001).

تحتوي خلائط (نيكل – كروم) بشكل أساسي على :

عنصر النيكل بنسبة (61-81%)

عنصر الكروم بنسبة (11 -27%)

عنصر الموليبدين بنسبة (2 -9%) (Manappallil 2015).

إضافةً إلى كميات صغيرة من عناصر أخرى مثل الألمنيوم والكربون والحديد والنحاس والسيريوم والغاليوم و المنغنيز والبريلوم و السيليكون و القصدير بنسبة (0.5 – 2 %) من وزنها ولها دور هام في تحسين خواص الخليطة (Sakaguchi and Powers 2012) (O’Brien 2008).

2.10.1.1. وظائف العناصر الأساسية في الخليطة Functional of Basic Alloying Elements :

- ***النيكل (Ni) :***

ينقص المقاومة والقساوة وعامل التمدد الحراري و درجة الانصهار, ويزيد من قابلية السحب والتطريق (Manappallil 2015) ، (Can, Akpınar et al. 2007).

- ***الكروم (Cr) :***

يؤثر على ظاهرة السلبية Passivating أي تشكل طبقة أوكسيد الكروم على سطح الخليطة ليضمن مقاومة الخليطة للتآكل والتأكسد (Rao and Chowdhary 2011) (Shigeto, Yanagihara et al. 1991)، حيث يمكن لهذه الخلائط المحافظة على لمعانها عدة سنوات (Yfantis, Yfantis et al. 2007)، ويتناسب محتوى الكروم طرداً مع مقاومة التآكل و الكمود، ويقلل من درجة انصهار الخليطة (Manappallil 2015).

- ***الموليبدن (Mo) :***

يساهم في زيادة معاملات التمدد الحراري و يؤثر على قساوة الخليطة ويقلل قابلية السحب والتطريق، ويعطي حبيبات الخليطة حجماً أصغر، ويشكل معقدات مع النيكل مما يؤدي لزيادة متانة الخليطة ومقاومتها للتآكل (Huang 2003).

3.10.1.1. دور العناصر الزهيدة الداخلة في تركيب الخليطة :

- ***الكربون (C) :***

من الضروري مراقبة كمية الكربون في الخليطة حيث يجب ألا تزيد عن (0.2%) في خلائط (كروم – كوبالت)، أما في خلائط (نيكل – كروم) يجب أن تكون نسبتها أقل من ذلك لأن زيادة الكربون تؤدي لزيادة كبيرة في القساوة لدرجة تصبح فيها الخليطة قصفة (Wataha and Messer 2004).

- ***الألمنيوم (Al)*** :

يزيد الألمنيوم من حد الاستسلام لخليطة (نيكل –كروم) بسبب تشكيله مركب نيكل – ألمنيوم (Ni3Al) (Anusavice, Shen et al. 2013) .

- ***المنغنيز (Mn):***

له دور في سيولة الخليطة وتحسين قابلية صبها (Wataha and Messer 2004)، ويقوم مع **السيليكون(Si)** بإزالة الأوكسيد الأولي الذي يتشكل في الخليطة لحماية بقية العناصر من الأكسدة أثناء عملية الصهر (Manappallil 2015).

- ***البريليوم (Be)*:**

يخفض درجة انصهار الخليطة حوالي 100 درجة مئوية حيث يشكل معقد (نيكل – بريليوم) (Ni–Be) وبالتالي يحسن قابلية الخليطة للصب (النجار2005) ، بالإضافة لذلك فإن البريليوم يساهم في زيادة الارتباط المعدني – الخزفي بتشكيل أشرطة من الأكاسيد تمتد ضمن الجزء الداخلي للمعقد (نيكل – بريليوم) (Bezzon, de Mattos et al. 1998).

- ***القصدير(Sn)*:**

له دور في تشكيل طبقة أوكسيدية على سطح الترميم وهذه الطبقة ضرورية لتأمين الارتباط المعدني – الخزفي (Manappallil 2015).

4.10.1.1. الخصائص الفيزيائية لخلائط (نيكل – كروم)

Naylor and King) (Manappallil 2015) ،(HUANG, LIN et al. 2005) (2009) :

- ذات لون أبيض.
- كلفتها منخفضة.
- درجة انصهارها تتراوح بين (1155 –1304) درجة مئوية.

- يمكن الحصول على كمية أكبر من مصبوبات (نيكل – كروم) بنفس وزن خليطة الذهب و ذلك لأن كثافة هذه الخلائط تعادل نصف مقدار كثافة خلائط الذهب وتكون كثافتها بين (7.8 – 8.4) غ/سم^3 ولكن هذا الأمر يجعل عملية الصب حساسة أكثر بسبب كثافتها المنخفضة مقارنةً مع خلائط الذهب.
- يتراوح حد الاستسلام لهذه الخلائط بين (310 -828) Mpa وبذلك هي أقوى من خلائط الذهب – بلاديوم.
- قاسية ومتينة حيث تتراوح قساتها بين (175 -360) VHN مما يزيد صعوبة الإجراءات المخبرية من صقل وتشذيب(Fahmy, Hamed et al. 2012)، ويحتاج الطبيب في العيادة وقت طويل لتعديلها لتسوية الاطباق في فم المريض.
- نسبة استطالتها تكون بين (10 – 28)% مما يعني قابلية عالية للسحب والتطريق (Wataha and Messer 2004).
- قابليتها للصب جيدة حيث يساهم وجود البريليوم في تركيب هذه الخلائط في زيادة قابلية الصب (النجار2005).
- قابليتها للتأكسد عالية عند خضوعها لدرجات حرارة عالية، وبالتالي تشكل طبقة أوكسيد سطحية ضرورية لنجاح ارتباط الخليطة مع الخزف (Johnson, van Noort et al. 2006).
- عالية المقاومة للتآكل والكمود فيمكن لهذه الخلائط أن تحافظ على لمعانها لعدة سنوات بسبب خاصية السلبية التي تعني تشكل طبقة أوكسيدية مقاومة (أوكسيد الكروم) على سطح الخليطة المصبوبة فتحميها من أي تأكسد Yfantis, et al. (2007).
- قابلة للتخريش الكيميائي والكهربائي لذلك تستخدم في الجسور الملصقة بالراتنج حيث يؤدي هذا التخريش لتشكل منطقة ربط واسعة للراتنج ويقلل من تركيز الجهود(O’Brien 2008).

5.10.1.1. التقبل الحيوي لخلائط (نيكل – كروم):

يمتلك البريليوم الموجود في أغلب خلائط المعادن القاعدية تأثيرات سامة، فاستنشاق أبخرته يسبب العديد من الأمراض والأورام في الجهاز التنفسي وتسمى هذه الحالة بالتسمم بالبريليوم (Ferracane 2001) (Bezzon, Ribeiro et al. 2001).
لذلك يجب أخذ الحذر واتخاذ كل الاجراءات الوقائية أثناء العمل لتجنب هذ الأبخرة أثناء صهر الخلائط وكذلك تجنب الغبار الناتج عن عملية التشذيب والصقل (McCabe and Walls 2013) (Ferracane 2001).

هناك جدل حول تأثير النيكل فيمكن يسبب تفاعلات تحسسية عند بعض المرضى (Messer and Lucas 2000)، فقد أشارت بعض التقارير إلى عدم وجود أي رد فعل تحسسي من النيكل حتى عند المرضى المعروفين بحسسايتهم منه، بينما ذكرت تقارير أخرى وجود رد فعل تحسسي واضح عند هؤلاء المرضى (O'Brien 2008).

2.1. مراحل العمل لصنع التعويض المصبوب Steps in Making A Cast Restoration :

تتضمن إجراءات الصب المراحل التالية (الشعراني 2007)

- ✓ تشكيل النموذج الشمعي و الكسو(Wax pattern، Investment).
- ✓ إحماء البوتقة (Burnout).
- ✓ صهر الخليطة المعدنية وصبها (Melting and casting metal alloys).

1.2.1.تشكيل النموذج الشمعي والكسو(Wax pattern،Investment):

يتم الحصول على التعويض النهائي المعدني بدءاً من النموذج الشمعي عبر استخدام تقنية الشمع الضائع (Lost Wax technique)، حيث يتبخر الشمع ليصبح مكانه فارغاً يتم ملؤه عبر صب المعادن المنصهرة وبذلك يتم نسخ كامل تفاصيل النموذج الشمعي (Craig et al., 2004).

ثمّ يتم إحاطة النموذج الشمعي وأوتاده بالمسحوق الكاسي وهي مادة مقاومة للحرارة تستطيع نسخ شكل وتفاصيل هذا النموذج الشمعي (Shillingburg, Hobo et al. 1997).

- تُصنّف مواد الكسو حسب المادة الرابطة إلى (Rosensteil, Land et al. 2006) (McCabe and Walls 2013):
  - مساحيق كاسية ذات رابطة جبسية .
  - مساحيق كاسية ذات رابطة فوسفاتية : تستخدم مع خلائط المعادن القاعدية بسبب مقاومته لدرجات الحرارة المرتفعة التي يتعرض لها عند إحماء البوتقة وعند صب المعدن المصهور (الشعراني2015) .
  - مساحيق كاسية ذات رابطة سيليكاتية.

يجب القيام بكسي النموذج الشمعي فوراً لأن أي تأخير سيؤدي لتشوه النموذج بسبب تحرر الإجهادات في الشمع (Craig et al., 2004).

2.2.1. إحماء البوتقة (Burnout):

في هذه المرحلة يتم التخلص من الشمع عبر تبخيره وإزالته بإحماء المادة الكاسية في فرن خاص يمكن التحكم به حرارياً وذلك لتشكيل التجويف ضمن القالب (Craig et al., 2004).

وبذلك يتم طرد الرطوبة من القالب لأن بقائها يجعل القطعة المصبوبة مسامية بسبب انبعاث البخار من خلال المسحوق الكاسي (Rosensteil, Land et al. 2006) (الشعراني2007).

يتمدد قالب المسحوق الكاسي تمدداً حرارياً ليعوض عن تقلص المعدن عند تبريده (Craig et al., 2004).

يجدر الإشارة إلى أن الإحماء الزائد (Overheating) يؤدي لتفكك مكونات المسحوق الكاسي ودخولها في المعدن مما يسبب ضعفاً بالخواص الميكانيكية للقطعة المصبوبة إلى جانب انحصار الغازات ضمن القالب فينتج عن ذلك قطعة مصبوبة بشكل غير كامل (Rosensteil, Land et al. 2006).

3.2.1. صهر الخليطة المعدنية وصبها Melting and Casting :

في هذه المرحلة يتم إدخال الخليطة المنصهرة بقوة إلى قالب المسحوق الكاسي ليحل المعدن السائل مكان الشمع المحترق (Wataha and Messer 2004).

يوجد عدة طرق لصهر الخلائط المعدنية السنية تقسم إلى طريقتين أساسيتين (Craig et al., 2004) (O'Brien 2008) :

1. الصهر بالحملاج Torch Melting:

- ❖ حملاج غاز / هواء (Gas –Air Torch): يستخدم لصهر خلائط الذهب التي تتراوح درجة انصهارها بين 870-1000 درجة مئوية، ولا ينصح باستخدامه لصهر الخلائط المعدنية الرخيصة (McCabe and Walls 2013).
- ❖ حملاج غاز طبيعي/أوكسجين (Natural Gas – Oxygen Torch): يستخدم لصهر الخلائط المستخدمة في التعويضات الخزفية المعدنية(Rosensteil, Land et al. 2006).
- ❖ حملاج أسيتيلين/ أوكسيجين (Acetylene – Oxygen Torch): يستخدم لصهر خلائط (كروم – كوبالت) ذات درجة الانصهار المرتفعة 1200-1300 درجة مئوية المستخدمة لصنع هياكل التعويضات الجزئية المتحركة.
- ❖ حملاج هواء/أستيلين (Air-Acetylene Torch).

2. الصهر الكهربائي Electric Melting ويُصنّف إلى:

- ❖ الصهر بالمقاومة الكهربائية Resistance Melting.
- ❖ الصهر بالتحريض الكهربائي Induction Melting.
- ❖ الصهر بالقوس الكهربائية Arc Melting.

3.1. آلات الصب :

بعد صهر الخليطة تتم عملية الصب حيث تُقسّم آلات الصب إلى نمطين أساسين حسب القوة المستخدمة في دفع المعدن المصهور (Manappallil 2015) (O'Brien 2008):

- **نمط معتمد على القوة النابذة (Certrifugal force type):**

  يمتاز ببساطة التصميم وسهولة الاستعمال مع إمكانية صب القطع المعدنية الكبيرة والصغيرة .

- **نمط معتمد على ضغط الهواء أو ضغط غاز معين (Air pressure type):**

  يستخدم ضغط الهواء أو غاز معين كثاني أوكسيد الكربون أو النتروجين لدفع المعدن المصهور داخل قالب المسحوق الكاسي، ويمكن بواسطتها صب القطع الصغيرة.

يجب أن تكون آلات الصب المستخدمة لخلائط المعادن القاعدية قادرة على إنتاج دفعة إضافية من الخليطة لتعويض التقلص الذي تتعرض له الخليطة عند تصلبها (McCabe and Walls 2013).

العوامل المؤثرة بعملية الصب (Mehl, Lang et al. 2011) (Bauer, Costa et al. 2012):

تتأثر عملية الصب بعدة عوامل منها :

- درجة حرارة الصب (Brunell 1982).
- معدل التبريد.
- تركيب الخليطة.
- نسبة العناصر الزهيدة فيها.
- تقنيات الصب (يدوي أو كهربائي).
- طريقة صهر المعدن (Veronesi, Consani et al. 1992).

4.1. التقنيات الجديدة لصناعة القبعة المعدنية للتيجان المعدنية الخزفية:

ظهرت مؤخراً تقنيات جديدة لصناعة القالب المعدني وذلك للتغلب على مساوئ طريقة الصب التقليدية:

- طريقة تنجز بواسطة برامج التصميم بمساعدة الحاسوب وهذا ما يعرف بال (CAD–CAM) حيث يتم صناعة تصميم رقمي ثم تتم عملية الخراطة بالاعتماد على هذا التصميم (Hamza, Ezzat et al. 2013) (Andreiotelli, Kamposiora et al. 2013).

- طريقة ترصيص المعدن المباشر بالليزر Direct Metal Laser Sintering (DMLS):

حيث يتم تصنيع المعدن بالإضافة وذلك باستخدام شعاع ليزر عالي الحرارة ليقوم بتسخين بودرة المعدن بشكل انتقائي حسب المعطيات والمعلومات التي تم تصميمها على الحاسوب، حيث تصبح المنطقة المعرضة لشعاع الليزر منصهرة وتكون طبقة رقيقة، ثم يتم تجميع هذه الطبقات فوق بعضها لاستكمال البناء (Persson, Andersson et al. 2006).

5.1. لمحة عن أنواع التعويضات الثابتة (الجسور السنية) (الشعراني 2014):

1.5.1.تعريف الجسر Bridge's Definition:

هو قطعة تعويضية تستخدم للتعويض عن الأسنان المفقودة، تتألف من (الدمى والمرممات والوصلات) وتستند على الدعامات وذلك لإعادة الوظيفة والناحية الجمالية للمريض.

2.5.1. أنواع الجسور السنية The Types of Birdges :

1. الجسر التقليدي Conventional Birdge :

هو الجسر الذي يتم بواسطته التعويض عن سن واحدة إلى ثلاثة أسنان مفقودة خلفية، أما في الأسنان الأمامية فنعوض باستخدام هذا الجسر عن الأسنان الأربعة

الأمامية بواسطة مرممتين أو أكثر عند طرفي الجسر، حيث تتصل الدمية أو الدمى بالمرممات بوصلات ثابتة من الجهتين الأنسية والوحشية.

2. الجسر المرتز Fixed – Movable Bridge :

يختلف هذا الشكل عن السابق بأن الدمية تتصل من الجهة الوحشية بمرممة (مثبّتة) بواسطة وصلة ثابتة، ومن الجهة الأخرى الأنسية بوصلة متحركة. وتسمح هذه الوصلة بحركة ارتزاز عمودية على الدعامة الأنسية. ولا يمكن أن تكون الوصلة المتحركة وحشية لأن حركة الدعامة الوحشية تكون للأنسي مما يؤدي إلى عدم استقرار الوصلة المتحركة عليها. ومن المفضل أن تكون الوصلة المتحركة أنسياً لأن الدعامات الأنسية أصغر وتكون الوصلة غير مرئية.

هذا النوع من الجسور لا يتطلب تحضير الدعامات لتؤمن خط إدخال موحد. ولا حاجة لتقارب أو تساوي مقدار القوة التثبيتية في الدعامتين.

3. الجسر المجنح Cantilever Bridge :

يتكون هذا النوع من مرممة أو أكثر تعطي الدعم للدمية من جهة واحدة فقط وغالباً ما تكون المرممات وحشي الدمية، وينصح باستخدامها فقط في حال التعويض عن الرباعية العلوية حيث تكون الدعامة هي الناب العلوي مع مراعاة عدم مساس الرباعية بأية حركة من حركات الفك السفلي.

4. الجسور المحافظة: Minimal prepration Birdges

هي الجسور التي تعتمد مبدأ الإلصاق بالراتنج مع الدعامات، مثل جسر ميريلاند أو روشيت Meryland or Rochette Birdge. (لايوجد معيارية للتحضير في هذه الجسور إنما تعتمد على مقدار الثبات الذي يراه الطبيب مناسباً لثبات واستقرار الجسر لكن يفضل أن يكون التحضيرأصغرياً وضمن الميناء).

5. الجسور المختلطة : Compound Bridges

هو التصميم الناتج عن ضم أكثر من نوع من الجسور في جسر واحد. كضم دمية جناحية مع جسر تقليدي، أو الجمع ما بين الجسر التقليدي والمرتز عندما يكون لدينا دعامة متوسطة.

3.5.1. الحركات المختلفة للجسور تحت تأثير القوى :

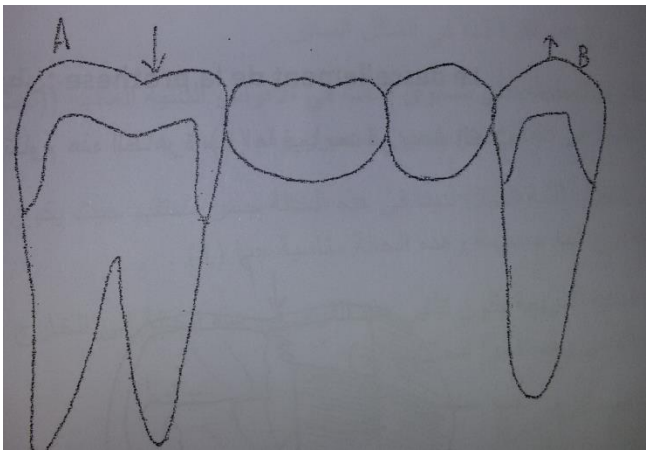
1. حركة الميزان أو حركة الأرجوحة :

تحدث القوة المطبقة على إحدى دعامات الجسر المستقيم مزدوجة، حيث يكون مركزها متوضعاً في جسم الجسر.

إن القوة المطبقة في A على المنحدرات الحدبية والتي يكون سببها تماس مبكر على تلك الدعامة أو بسبب اللقمة الطعامية هذه القوة تقاومها قوة أخرى على مستوى الدعامة الثانية.

هذه الحركة يمكن أن تسبب انقلاع الجسر أو حركة تدريجية في الأسنان.

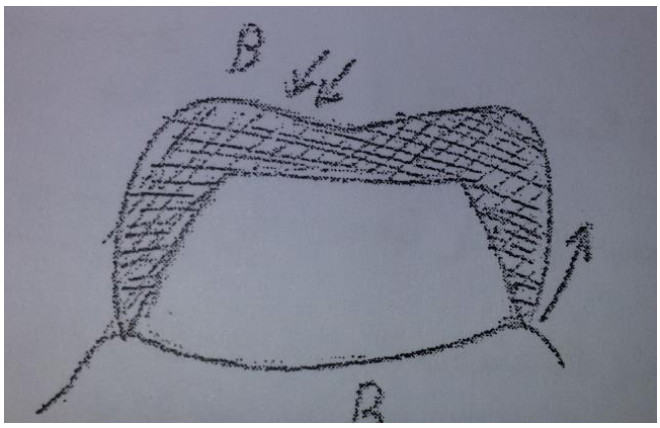
في بعض الحالات السريرية التي يكون لدينا دعامة متوسطة يمكن لهذه الحركة الأرجوحية أن تتشكل، لهذا يجب الانتباه إلى طول الدعامة المتوسطة عند التحضير، أو تصميم جسر مختلط (جسر تقليدي + جسر مرتز) وعندما يكون لدينا دمية جناحية فإن ذراع القوة يزداد والحركة الأرجوحية تتعاظم.



شكل(1-1) يوضح حركة الميزان

2. حركة الدوران :

هذه الحركة تسببها القوى المماسة أثناء الحركات الجانبية للفك السفلي حيث تعمل بشكل جانبي على المنحدرات الحدبية.



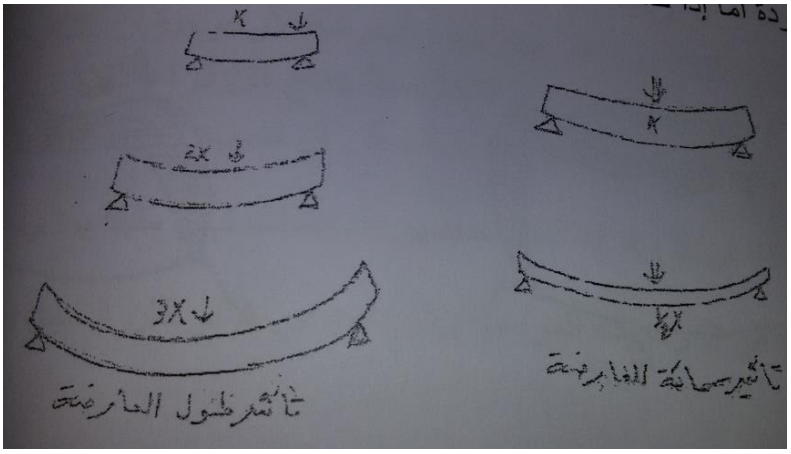
شكل(1-2) يوضح حركة الدوران

3.الحركة الانحنائية:

تتشكل هذه الحركة نتيجة لتطبيق قوة عمودية على الدمى في الجسور إذا كانت هذه الدمى معوضة عن أكثر من سنين مفقودين وخاصةً اذا كان المعدن المستعمل فيه شيء من المرونة، لكن المعادن المتوفرة حالياً في المخابر السنية تملك مقاومة كافية لهذا النوع من الحركة .

وهذا الانحناء يتناسب طرداً مع مكعب طول العارضة وعكساً مع مكعب سماكتها، أي لو بقيت كل العوامل الميكانيكية ثابتة فإن:

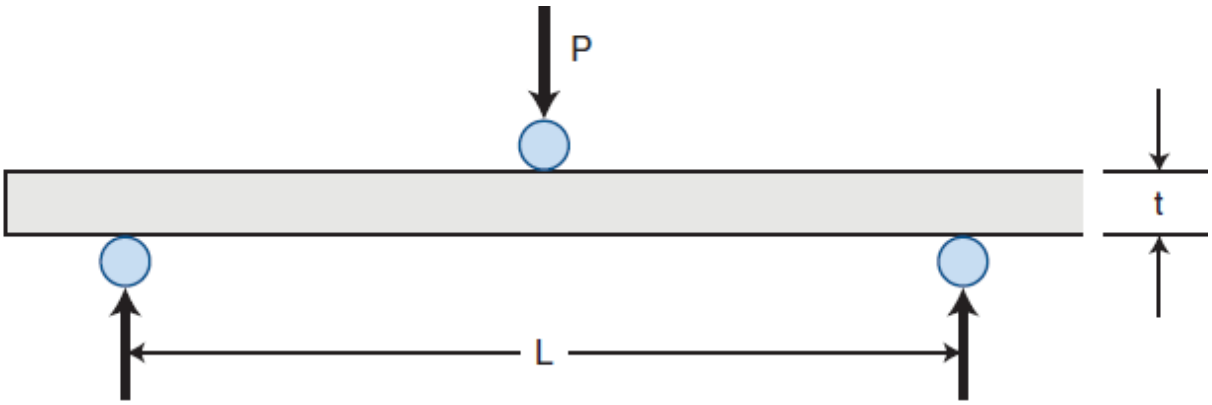
العارضة المعوّضة عن سنين مفقودين تنحني ثماني مرات أكثر من مثيلتها المعوضة عن سن واحدة، وسبع وعشرون مرة لو كانت تعوض عن ثلاث أسنان مفقودة، أمّا إذا كانت سماكتها النصف فإن انحناءها أكبر بثمان مرات.



شكل(1-3) يوضح الحركة الانحنائية

4.5.1 اختبار الانحناء Bending test :

يتم الاختبار على عارضة مقطعها العرضي بشكل مستطيل ومدعومة من الأسفل في كل نهاية منها وتكون القوة المطبقة من الأعلى بشكل مركزي وهذا ما يدعى باختبار الانحناء ثلاثي النقط (Three pointe bending test) (Anusavice, Shen et al. 2013).



الشكل (1-4) يوضح اختبار الانحناء ثلاثي النقط

يتم إجراء الاختبار بعد تحضير العينة على آلة الاختبار حيث تثبت العينة بشكل جيد إلى فكين الملزمة ثم تطبق الحمولة ببطء اعتباراً من الصفر و حتى تحطم العينة.

يمكن استخدام المعادلة التالية لحساب قوة الانحناء flexural strength :

$$\sigma = \frac{3PL}{2wt^2}$$

حيث σ = الحد الأعظمي للانحناء (Mpa) ميغاباسكال

P = القوة عند الانكسار (نيوتن)

L = المسافة بين الدعامتين (مم)

w = عرض العارضة (مم)

t = سماكة أو ارتفاع العارضة (مم)

6.1. بعض المفاهيم الميكانيكية :

1.6.1. القوة Force : (Benjamin C 2008, Craig R G 2000)

القوة هي ما ينتج عنه دفع أو سحب لجسم ما، أو بشكل عام هي أي شيء يغير باتجاه أو سرعة أو حركة الجسم , ويمكن أن تطبق القوى عن طريق تماس مباشر للجسم أو عن بعد , وكنتيجة لتطبيق القوة على الجسم يتغير في وضعية راحته أو يتحرك , وإذا بقي الجسم المعرض للقوة في وضعية السكون فإن القوة تتسبب في تشوهه . وتحدد القوة بثلاث ممرات : نقطة التطبيق والشدة واتجاه التطبيق .

وحدات القوة هي الباوند أو النيوتن (N)

ويعرف النيوتن على أنه القوة التي إذا طبقت لمدة ثانية فإنها تحرك كتلة 1 كغ من وضعية السكون إلى سرعة 1 م/ث . (Crowell, Benjamin C 2008)

2.6.1. المقاومة الداخلية والتشوه (Stress and Strain) : (Anusavice, Shen et al. 2013) (الشعراني2014):

المقاومة الداخلية (Stress) : عندما يتعرض جسم صلب لقوة خارجية يحدث رد فعل لهذه القوة يعاكسها بالاتجاه ويساويها بالقوة

Stress =القوة المطبقة / السطح المطبق عليه القوة

ويقاس بواحدة الميغاباسكال (Mpa) أو (نيوتن /م^2)

وللقوى المطبقة على الترميم عدة أنواع:

1- قوى الشد tensile stress: وينتج عن قوة تحاول مط أو تطويل الجسم ويرافقه تشوه (انفعال) شد.
2- قوى الضغط compressive stress: وينتج عن قوة تحاول تقصير الجسم ويرافقه تشوه (انفعال) ضغط.
3- قوى القص shear stress: وينتج عن مزدوجة فتل أو لي تحاول قص الجسم أوتزلق جزءً منه عكس الآخر، ويرافقه تشوه(انفعال) قص.

غالباً ما تنشأ الأنواع الثلاثة معاً (Sakaguchi and Powers 2012).

التشوه (Strain):

كل نوع من القوى يسبب تشوهاً مقابلاً في الجسم فالتشوه الناتج عن قوى الضغط مثلاً يسبب تقصير الجسم باتجاه تطبيق القوة (ابو نصار 2000) (Sakaguchi and Powers 2012).

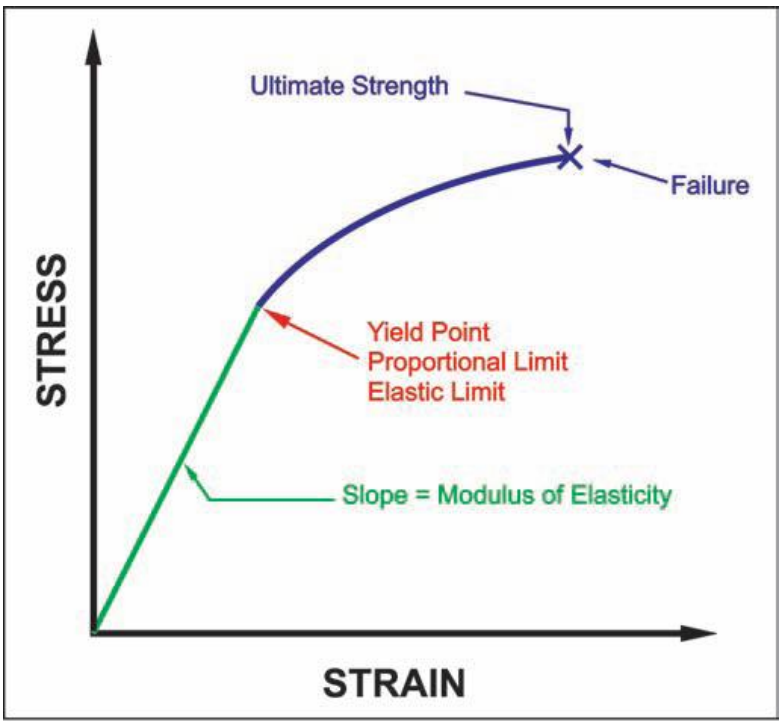
يمكن أن يكون التشوه مرناً (Elastic Strain): أي تعود المادة لشكلها الأصلي عند زوال القوة المطبقة.

أو يكون التشوه لدناً (Plastic Strain): أي حدوث تشوه دائم فلا تعود المادة إلى شكلها عند إزالة القوة (McCabe and Walls 2013).

3.6.1. منحنيات المقاومة الداخلية والتشوه Stress-strain curves :

يبين الشكل المنحني لمادة افتراضية لدنة تعرضت لتزايد في الحمولة حتى وصولها لمرحلة الانهيار، حيث يمثل المحور العمودي المقاومة الداخلية ويمثل المحور الأفقي التشوه (Gladwin and Bagby 2009).

شكل (1-5) منحني **Stress-strain**



نلاحظ في هذا المنحني طورين متميزين عن بعضهما (ابو جهجاه 2011):

طور المرونة Elastic: هو المرحلة التي يحدث فيها التشوه (الانفعال) وتحتفظ فيها المادة بكامل مرونتها وتكون قادرة على العودة إلى شكلها الأصلي.ويحدث التشوه للمادة على طول الروابط بين الذرات بدون تحرر هذه الذرات من الروابط التي بينها، وتكون العلاقة بين المتغيرين طردية وتمثل بخط مستقيم.

طور اللدونة Plastic: هو الطور الذي يلي طور المرونة مباشرةً، ويحدث فيه تشوه غير ردود للمادة فلا تستطيع المادة العودة إلى شكلها الأصلي وذلك بسبب تحرر ذرات المادة من الروابط التي بينها، وتكون العلاقة بين المتغيرين غير طردية وتمثل بخط منحني.

نلاحظ على منحني المقاومة الداخلية والتشوه عدة نقاط رئيسية وهي:

- Yield strength : وهو حد (الخضوع) للمادة المختبرة، ويعرّفها (شعراني 2014) بالاستسلام وهو مقدار المقاومة الداخلية stress التي تطورها عينة الاختبار بحيث يظهر فيها تشوهاً دائماً irreversible strain، وهنا تبدأ المقاومة الداخلية للعينة بالانهيار.
- Ultimate strength: هي القوة الخارجية العظمى التي يستطيع الجسم تحملها قبل أن يتحطم (شعراني 2014).
- Fracture strength: االقوة المطبقة على المادة في لحظة انكسار العينة (Sakaguchi and Powers 2012).

الدراسات السابقة :

- درس Harcout عام 1962 تأثير إعادة صهر خلائط كروم – كوبالت لست مرات متتالية على خواصها الفيزيائية والكيميائية، ووجد حدوث تغير في التركيب الكيميائي للخليطة والذي سبب انخفاضاً في متانة الشد وخضوع الخليطة (Harcourt 1962).

- درس Harcout & Cotterill عام 1965 تأثير إعادة صهر خلائط كروم – كوبالت لثلاث عشرة مرة على تركيبها وخواصها الفيزيائية، ووجدت الدراسة أنّ هناك تغيراً كبيراً في التركيب والخواص الفيزيائية مع إعادة الصهر التي يمكن أن تؤدي لفشل التعويض لاحقاً، وأشار الباحثان إلى ضرورة إضافة خليطة جديدة على الأقل بنسبة مساوية بالوزن للخليطة القديمة للحفاظ على قابلية الصب والخواص الميكانيكية للخليطة (Harcourt and Cotterill 1965).

- درس Lewis عام 1975 تأثير إعادة الصهر على الخواص الميكانيكية لخليطة أساسها النيكل تُستخدم في التعويضات السنية، حيث تم تقسيم العينة إلى ثلاث مجموعات بحسب طريقة الصهر :

  المجموعة الأولى : استخدام الصهر بالتحريض.

  المجموعة الثانية : استخدام الصهر بالمقاومة.

  المجموعة الثالثة : استخدام حملاج أوكسجين/ أسيتيلين.

وفي كل مجموعة تم صب المعدن نفسه بالتتابع عدة مرات، ثم تم تطبيق جميع العينات الناتجة للاختبار الميكانيكي، وأظهرت النتائج أن الخواص الميكانيكية تختلف وفقاً لكل من عدد مرات الصب وطريقة الصهر المستخدمة للخليطة (Lewis 1975).

- درس Hesby وآخرون عام 1980 تأثير إعادة صب خلائط المعادن القاعدية (غير الثمينة) لأربع مرات متتالية بدون إضافة خليطة جديدة على بعض الخواص الفيزيائية للخليطة مثل القساوة ومتانة الشد والاستطالة النسبية، ولم تكن هناك فروق ذات دلالة إحصائية في الخواص الفيزيائية المختبرة بين أي من الأجيال الأربعة من الصب، وأشار الباحثون إلى إمكانية استخدام المعادن لأربع مرات على الأقل (Hesby, Kobes et al. 1980).

- وجد Nelson وزملاؤه عام 1986 أن إعادة صب خليطة نيكل – كروم لعشر مرات مع إضافة معدن جديد بنسبة 50% لم تؤثر بشكل ملحوظ على الخواص الميكانيكية والبنية المجهرية للخليطة، ولم يجدوا فروق ذات دلالة إحصائية في محتوى الخليطة من العناصر الأساسية والثانوية (Nelson, Palik et al. 1986).

- درس Turkoz عام 1989 تأثير إعادة الصب ثلاث مرات لعينات معدنية محضرة من معادن قاعدية على بعض الخواص الميكانيكية لهذه الخلائط مثل متانة الضغط ومتانة الشد، وأظهرت النتائج أنه لا يوجد فروق ذات دلالة إحصائية بين العينات المصبوبة مرة ومرتين وثلاث مرات، وأشار الباحث إلى إمكانية صهر وإعادة صب خلائط المعادن القاعدية لثلاث مرات عل الأقل (Türköz 1989).

- درس Reisbick و Brantley عام 1995 تأثير إعادة الصب على الخواص الميكانيكية لخلائط منخفضة المحتوى من الذهب (خليطة النمط الثالث من الذهب)، حيث تم صهر الخليطة بالتسخين الكهربائي في بوتقة غرافيت وقُسمت لأربع مجموعات: خليطة جديدة وخليطة مصبوبة مرتين وثلاث مرات وأربع مرات.

وبعد عملية الصب تم تطبيق الاختبارات الميكانيكية وتم تسجيل منحنيات مقاومة داخلية – تشوه ، وحد الاستسلام (متانة الخضوع) ، ومتانة الشد، والاستطالة النسبية لمجموعات العينات، ووجدت النتائج انخفاضاً ملحوظاً في متانة الخضوع و الاستطالة

النسبية ($P<0.01$) حدث مع عملية إعادة الصب، وعدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية في متانة الشد (Reisbick and Grantley 1995).

- درس Issac وزملاؤه عام 1997 تأثير إعادة استخدام خليطة (نيكل – كروم) دون إضافة أي خليطة جديدة على متانة الخضوع ومعامل المرونة، ووجدوا تغيراً ذا دلالة إحصائية في هذه الخصائص عند تقييمها بعد إعادة الصب مما يشير إلى أنه لا يمكن إعادة استخدامها (Issac and Bhat 1997).

- درس Peraire وزملاؤه عام 2007 تأثير إعادة الصب لأربعة أنواع من الخلائط :

خليطة معدن نبيل، وخليطة عالية النبالة، وخليطة معادن قاعدية (نيكل –كروم)، وخليطة التيتانيوم.

شملت عينة الدراسة 16 عينة مقسمة إلى 4 عينات من كل خليطة، وتم إعادة صبها لسبع مرات متتالية دون إضافة خليطة جديدة وذلك باستخدام القوس الكهربائي ضمن درجات الحرارة الموصى بها لكل نوع من أنواع الخلائط المستخدمة، ووجدوا أنه لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في خواص خليطة (نيكل – كروم) عند إعادة صبها لسبع مرات متتالية دون أي إضافة لأي خليطة جديدة، وأظهرت خلائط (نيكل – كروم) والخلائط النبيلة استقراراً أكبر بعد إعادة صب سبع مرات مقارنةً مع الخلائط الأخرى (Peraire, Martinez-Gomis et al. 2007).

- درس Ozyegin وآخرون عام 2007 تأثير إعادة الصب حتى أربع مرات للخلائط السنية غير الثمينة (كروم – كوبالت) على قساوة ومتانة الخضوع، ومتانة الشد و البنية المجهرية للخليطة، حيث صُهرت الخليطة بواسطة لهب أوكسجين / أسيتيلين في بوتقة السيليكات وتمت مقارنة أربع مجموعات : خليطة جديدة، وخليطة مصبوبة مرتين، وخليطة مصبوبة ثلاث مرات، وأربع مرات.

وبعد عملية الصب وإجراء الاختبارات أظهرت النتائج أن متانة الخضوع والقساوة ومتانة الشد زادت بعد الصب المتكرر مع زيادة محتوى الكربون الذي أدى إلى تغيير كبير في بنيتها المجهرية (Ozyegin, Tuncer et al. 2007).

- درس Prabhu وزملاؤه عام 2011 تأثير إعادة صب خليطة نيكل – كروم عند خلطها ببقايا مصبوبة على خواصها الميكانيكية، واستُخدمت خليطة نيكل – كروم (Heraenium S) وقُسّمت عينات الدراسة إل ثلاث مجموعات فرعية :

المجموعة الأولى : 100% خليطة نقية

المجموعة الثانية : 50% خليطة نقية + 50% بقايا مصبوبة من الخليطة السابقة

المجموعة الثالثة : 100% خليطة مصبوبة سابقاً

وبعد الاختبارات أظهرت النتائج وجود تغيرات كبيرة في الخلائط المعاد صبها مع أو بدون إضافة خليطة جديدة مقارنةً مع الخليطة الجديدة.

حيث أظهرت الخلائط المعاد صبها دون إضافة خليطة جديدة قيم أكبر لتغيرات خواصها الميكانيكية التي تم تقييمها كمتانة الخضوع، ومتانة الشد، والاستطالة النسبية، ومعامل المرونة بالمقارنة مع الخليطة الجديدة بعد الصب (Prabhu, Geetha Prabhu et al. 2011).

- درس Gupta و Mehta عام 2012 تأثير إعادة الصهر على الخواص الميكانيكية والبنية المجهرية لخليطة (كروم – كوبالت) عند خلطها ببقايا مصبوبة، وشملت عينة الدراسة 24 عينة مقسمة إلى ثماني مجموعات مختلفة حسب نسبة الخليطة الخليطة الجديدة والخليطة المعاد صبها.

ثم أُجريت الاختبارات الميكانيكية وتم تقييم متانة الخضوع والاستطالة النسبية، وجد الباحثون أن إعادة الصهر المتكرر لخلائط المعادن القاعدية دون إضافة خليطة جديدة يمكن أن يؤثر على الخواص الميكانيكية للخليطة، ومع ذلك فإن إضافة

25% أو 50% خليطة جديدة إلى الخليطة المعاد صهرها يمكن أن يؤدي إلى تحسن خواصها الميكانيكية (Gupta and Mehta 2012).

- درس Walcazak وزملاؤه عام 2012 تأثير كمية المواد المعاد تدويرها على الخواص الميكانيكية لخليطة Cr-Co-Mo وكذلك على بنية هذه الخليطة حيث تم إجراء عملية الصهر عبر تقنية الصهر بالتفريغ تحت الهواء، وتمت إعادة الصب وفق النسب التالية: 0 , 25 ,50 , 75 , 100 % من الخليطة الجديدة, ولاحظ الباحثون أن المقاومة الميكانيكية لجميع الخلائط المعاد صبها أقل من مقاومة الخليطة الجديدة، إضافة إلى زيادة عدم التجانس في بنية الخليطة مع زيادة نسبة المواد المعاد تدويرها، ولوحظ وجود رواسب من أنماط مختلفة من الكاربيد الذي يؤثر على الخواص الميكانيكية للخليطة (Walczak, Beer et al. 2012).

- درس Mchouh عام 2015 تأثير إعادة تدوير خلائط (نيكل –كروم) و (الكوبالت –الكروم) على جودة تعويضات الأسنان باستخدام بروتوكول اختبار مقترح حيث تم التحقق من الارتباط بين العوامل المختلفة التي تم اختبارها. تم تحضير خمس مجموعات مختلفة من الخليطة الجديدة والمعاد صبها وذلك لكل نوع من أنواع الخلائط المستخدمة، ثم خضعت القطع المصبوبة إلى اختبارات مختلفة لتقييم الجودة حيث تم تقييم المجهرية لوجود المسام ، و تقييم التركيب الكيميائي لكمية العناصر الموجودة، واستخدمت القطع المصبوبة من الخليطة الجديدة دون إضافات كمجموعة شاهدة . وقد تم إخضاع العينة لاختبار الانحناء ثلاثي النقط باستخدام آلة اختبار عالمية، وتشير نتائج هذه الدراسة إلى أنه على الرغم اختلاف البنية المجهرية والتركيب الكيميائي للقطع المصبوبة التي تحتوي على بقايا مصبوبة عن تلك المنتجة كلياً من خليطة جديدة، إلا أن هذه الاختلافات لم تكن دائما كبيرة إضافةً إلى أنها تعتمد على نوع الخليطة. وعلى الرغم من أن بعض الخصائص التي تم اختبارها للقطع المصبوبة التي تحتوي على 100% من الخلائط المعاد تدويرها كانت أقل شأناً من تلك التي تنتج من خلائط جديدة لكنها أعطت نتائج مقبولة، ومن المتوقع

أن تعمل وتنفذ بشكل مناسب في فم المريض بطريقة مكافئة للتعويضات المنتجة من خلائط جديدة. ومع ذلك فإن إضافة كمية صغيرة من خليطة جديدة تصل إلى 25% تعزز أداء الخلائط مقارنة مع تلك التي تحتوي على 100% من الخلائط المعاد تدويرها في الاختبارات المختلفة التي تمت في هذه الدراسة (Mchouh 2015).

- درس شعبان.ف عام 2016 تأثير إعادة صب خليطة نيكل – كروم أربع مرات دون أي إضافات في الخواص الميكانيكية للخليطة كمتانة الشد والاستطالة النسبية حيث شملت عينة البحث 80 عينة من خليطة (نيكل –كروم) قُسّمت إلى 40 عينة لاختبار القساوة، و 40 عينة لاختبار الشد، أظهرت النتائج أنه لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط قيم الخواص الميكانيكية المختبرة للمجموعات الأربعة .

الباب الثانـي

مواد و طرائق البحث

Materials &Methods

1.2. عينات البحث :

تألفت عينة البحث من 64 جسراً معدنياً مصبوباً لدعامات معدنية مثبتة ضمن قاعدة معدنية تكون حاملة للجسور عند وضعها في ملزمة الجهاز، وقُسّمت عينة البحث إلى مجموعتين رئيسيتين متساويتين :

- **المجموعة الأولى :**

32 جسراً معدنياً مصبوباً بالأبعاد التالية :

طول الجسر (العارضة) 8 ملم

عرض الجسر (العارضة) 5 ملم

سماكة الجسر (العارضة) 2.5 ملم

قُسّمت إلى أربع مجموعات فرعية متساوية وفقاً لعدد مرات الصب :

المجموعة الأولى : مجموعة الجسور المصبوبة مرة واحدة

المجموعة الثانية : مجموعة الجسور المصبوبة مرتين .

المجموعة الثالثة : مجموعة الجسور المصبوبة ثلاث مرات .

المجموعة الرابعة : مجموعة الجسور المصبوبة أربع مرات

وقد كان توزع العينة وفقاً للمجموعة المدروسة كما يلي:

المجموعة المدروسة	عدد الجسور	النسبة المئوية
مجموعة الجسور المصبوبة مرة واحدة	8	%25
مجموعة الجسور المصبوبة مرتين	8	%25
مجموعة الجسور المصبوبة ثلاث مرات	8	%25
مجموعة الجسور المصبوبة أربع مرات	8	%25
المجموع	32	%100

جدول رقم (2–1) يبين توزع الجسور المدروسة في المجموعة الرئيسية الأول

- **المجموعة الثانية :**

32 جسراً معدنياً مصبوباً بالأبعاد التالية:

طول الجسر (العارضة) 14 ملم

عرض الجسر (العارضة) 5 ملم

سماكة الجسر (العارضة) 3.5 ملم

قُسّمت إلى أربع مجموعات فرعية متساوية وفقاً لعدد مرات الصب :

المجموعة الأولى : مجموعة الجسور المصبوبة مرة واحدة

المجموعة الثانية : مجموعة الجسور المصبوبة مرتين .

المجموعة الثالثة : مجموعة الجسور المصبوبة ثلاث مرات .

المجموعة الرابعة : مجموعة الجسور المصبوبة أربع مرات .

وقد كان توزع العينة وفقاً للمجموعة المدروسة كما يلي:

المجموعة المدروسة	عدد الجسور	النسبة المئوية
مجموعة الجسور المصبوبة مرة واحدة	8	%25
مجموعة الجسور المصبوبة مرتين	8	%25
مجموعة الجسور المصبوبة ثلاث مرات	8	%25
مجموعة الجسور المصبوبة أربع مرات	8	%25
المجموع	32	%100

جدول رقم (2-2) يبين توزع الجسور المدروسة في المجموعة الرئيسية الثانية

2.2. المواد المستخدمة في البحث :

1. خليطة نيكل – كروم (Kera N) لصنع الجسور المعدنية، ألمانية الصنع من شركة (Kera® NH,Eisenbacher Dentalwaren ED GmbH,Germany) , يوضح الجدول التالي (2–3) نسب العناصر الداخلة في تركيبها :

Ni	Cr	Mo	Si	Mn
%62	%25	%10.62	%1.4	%0.01

جدول (2–3) يبيّن نسب العناصر في خليطة Kera N

شكل (2–1) خليطة نيكل كروم

2. مسحوق كاسي ذو رابطة فوسفاتية (Maruvest,megamix speed,Germany) مع سائل خاص لمزج المسحوق الكاسي .

شكل (2–2) المسحوق الكاسي والسائل المرافق المستخدمين في البحث

3. أوتاد شمعية (Renfert)

شكل رقم (2–3) أوتاد شمعية (Renfert)

4. شمع صب (Kera)

5. مسحوق أكسيد الألمنيوم AL2O3 حجم حبيباته 50 ميكرون من شركة (Renfert)، تم استخدامه لترميل الجسور بعد صبها

شكل رقم (2-4) مسحوق أكسيد الألمنيوم AL2O3

3.2.الأدوات والأجهزة المستخدمة في البحث :

1. مخرطة صناعية مزودة بمنقلة لتحديد زاوية التحضير (C350TM,ZMM,Bulgaria) تم بواسطتها خرط الدعامات النحاسية والقواعد المعدنية.

شكل (2-5) المخرطة الصناعية المستخدمة في البحث

2. فرن إحماء البوتقة

شكل (2–6) فرن الإحماء

3. جهاز صب المعدن يعمل بطريقة القوة النابذة

شكل(2–7) جهاز الصب

4. مرملة لإزالة بقايا المسحوق الكاسي عن الجسور بعد الصب Basic master

شكل(2-8) مرملة

5. مقياس ثخانة مدرج بالميليمتر (Germay-Stainless)

شكل(2-9) مقياس ثخانة

6. جهاز ميكرتور و قبضة صناعية وسنابل تشذيب (Dentaurum)

شكل(2-10) قبضة وسنابل

7.جهاز الاختبار الميكانيكي Testometric صناعة ألمانية، موجود في معهد الأبحاث الصناعية – دمشق.

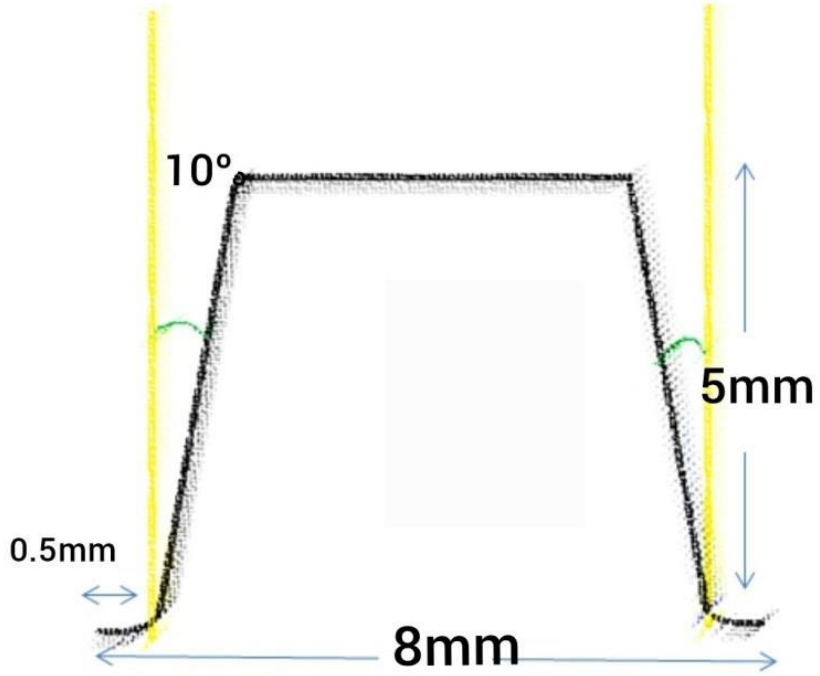
شكل(2-11) جهاز الاختبار المستخدم

4.2 . طريقة العمل :

1.4.2. تحضير العينات :

تم تصنيع 4 دعامات معدنية نحاسية بواسطة مخرطة صناعية مزودة بمنقلة، بحيث تحاكي شكل الأسنان المحضرة لاستقبال تيجان معدنية، وذلك لضبط زاوية التحضير بدقة والغاء كافة المتغيرات الأخرى التي من الممكن أن نجدها في حال استخدام أسنان طبيعية مثل أبعاد الدعامات وعرض شبه الكتف، وكانت أبعاد الدعامات كمايلي:

- قطر الأسطوانة المعدنية عند الحدود العنقية 8 ملم.
- ارتفاع الجزء المحضر (طول الدعامة 5 ملم) .
- خط الإنهاء شبه كتف بعرض 0.5 ملم.
- حضرت الجدران بزاوية التقاء°20 .



شكل(2-12) صورة توضيحية للدعامة النحاسية

تم وضع هذه الدعامات المعدنية في مكان حُضّر لها خصيصاً ضمن قاعدتين معدنيتين تم صنعهما بواسطة مخرطة صناعية كمايلي :

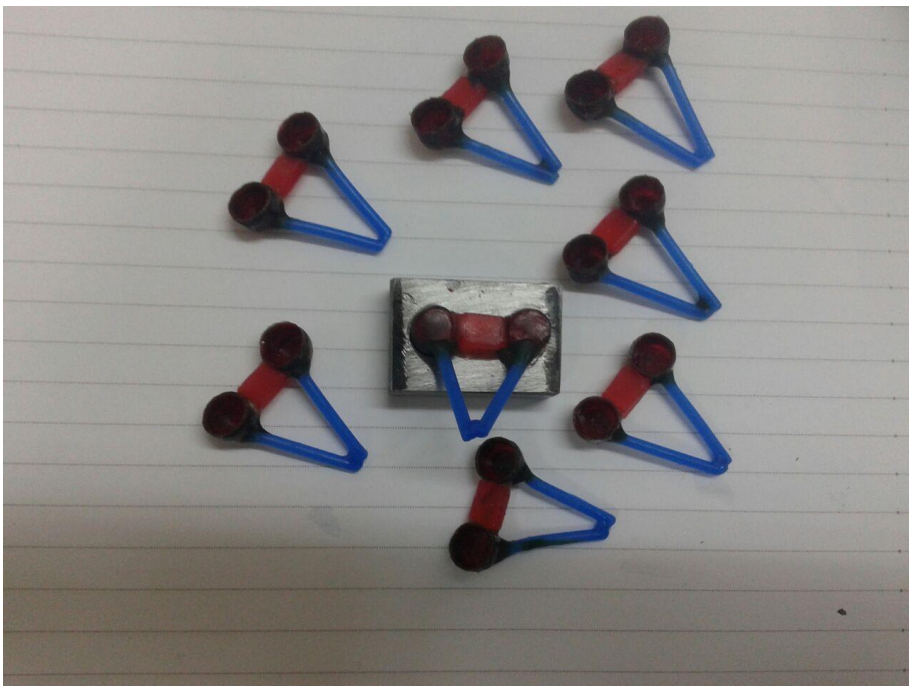
- ✓ القاعدة الأولى (2x3) سم : تم وضع دعامتين معدنيتين فيها بحيث تكون المسافة بينهما 8 ملم

شكل (2-13) القاعدة المعدنية الأولى

- ✓ القاعدة الثانية (2x3.5) سم : تم وضع دعامتين معدنيتين فيها بحيث تكون المسافة بينهما 14 ملم

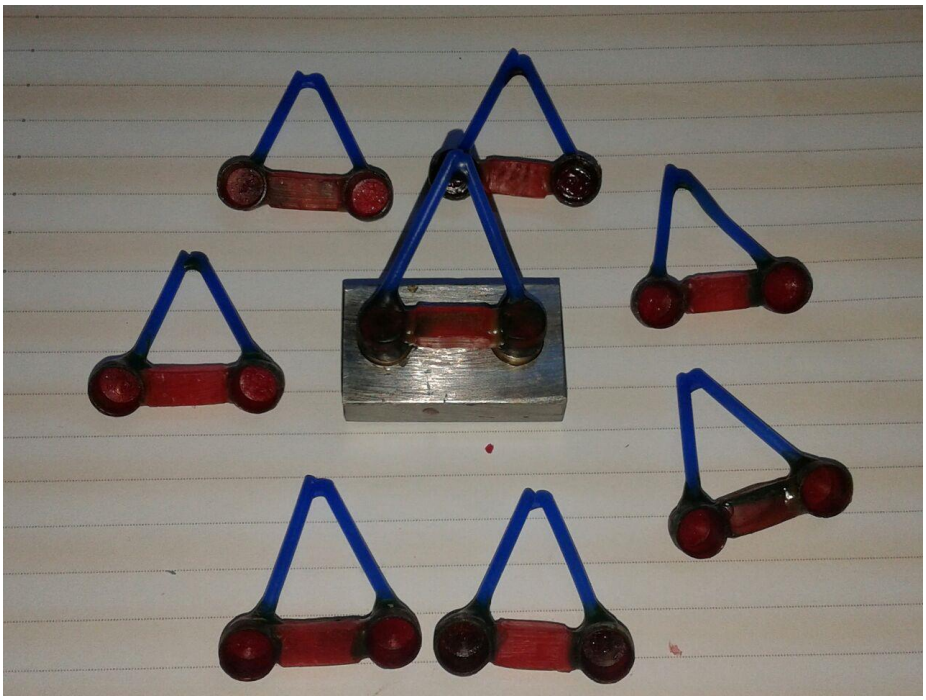
شكل (2-14) القاعدة المعدنية الثانية

ثم تم تشميع 32 جسراً بأبعاد : طول الجسر (العارضة) 8 ملم، عرض الجسر (العارضة) 5 ملم، سماكة الجسر (العارضة) 2.5 ملم.



شكل (2–15) تشميع جسور المجموعة الرئيسية الأولى

ثم شُمّع 32 جسراً بأبعاد : طول الجسر (العارضة) 14 ملم، عرض الجسر (العارضة) 5 ملم، سماكة الجسر (العارضة) 3.5 ملم.



شكل (2–16) تشميع جسور المجموعة الرئيسية الثانية

تم توتيد الجسور الثمانية الأولى بوصل وتد الصب الشمعي إلى منتصف القرص الشمعي

شكل (2-17) توتيد الجسور الثمانية الأولى

ثم وُضِعت كل مجموعة في حلقة صب (بوتقة) واحدة، وتمت عملية الكسو وذلك بوضع 100 غ من المسحوق الكاسي بكجة نظيفة و جافة ثم إضافة كمية مناسبة من السائل الخاص المرافق للمسحوق الكاسي وذلك تبعاً لتعليمات الشركة المصنعة، ومُزجت بواسطة ملوقة عريضة مع وضع الكجة على الهزّاز لطرد الفقاعات الهوائية .

بواسطة فرشاة خاصة تم طلي النماذج الشمعية و الأوتاد، ثم وُضِعت الحلقة المعدنية بعد تبطينها فوق قمع الصب المطاطي، بعدها سُكِب الكاسي ضمن حلقة الصب حتى امتلأت بشكل تام وفي هذه الأثناء كانت حلقة الصب على الهزاز.

شكل (2-18) عملية الكسو

ومن ثمّ نُقِلت إلى جهاز الضاغط تحت ضغط 4 بار لمدة 45 دقيقة حتى تصلب الكاسي التّام .

وُضِعت حلقات الصب في فرن الإحماء، وتمت عملية الإحماء وفق شروط الشركة المصنعة للمسحوق الكاسي بعد تمام تصلبه حيث رُفِعت درجة حرارة فرن الإحماء من درجة حرارة المخبر إلى 915 درجة مئوية خلال ساعة من الزمن وتم الحفاظ على هذه الدرجة لمدة 15 دقيقة، عندها أصبحت حلقات الصب جاهزة لصب المعدن مع الانتباه لجعل الزمن الفاصل بين إخراج حلقات الصب من فرن الإحماء وصب المعدن أقصر ما يمكن.

تمت عملية الصب باستخدام جهاز الصب بطريقة القوة النابذة وهو مُصمم بحيث يدور القالب أفقياً، ووُضِعت الخليطة المعدنية في حاضنة فخارية مقاومة للحرارة و دُوّر ذراع الجهاز عدة مرات ثمّ تم تثبيت الذراع .

تم إحماء حلقة الصب لدرجة الحرارة المناسبة لعملية الصب بعدها نُقِلت بواسطة ملقط إلى حامل خاص مثبت على ذراع الجهاز بحيث يكون قمع الصب بنفس جهة حاضنة المعدن، في أثناء نقل حلقة الصب (البوتقة) إلى جهاز الصب تم صهر الخليطة المعدنية الموجودة في الحاضنة الفخارية بواسطة الحملاج وذلك بعد معايرته بالشكل المناسب، حيث وُجِّه الحملاج على الخليطة حتى تمام انصهار المعدن.

وأصبح المعدن بشكل سائل لامع فضّي اللون، ومن ثمّ دُفِعت حاضنة المعدن تجاه حلقة الصب وحُرِر الذراع ليُسمح له بالدوران واندفع المعدن المصهور ضمن القالب، وبعد توقف الذراع عن الدوران رُفِعت البوتقة وتم وضعها جانباً حتى بردت وتصلب المعدن.

شكل (2-19) عملية الصب

بعد ذلك تم نزع المعدن من المسحوق الكاسي

شكل (2-20) الجسور مع بقايا المسحوق الكاسي

ثمّ خضعت الجسور المصبوبة للترميل باستخدام مسحوق أكسيد الألمنيوم حجم حبيباته 50 ميكرون بضغط 6 بار لإزالة بقايا المسحوق الكاسي، ومن ثمّ تم قطع الأوتاد بواسطة قرص فاصل وتسوية مكان الفصل بواسطة رؤوس كاربوراندوم وأصبحت الجسور جاهزة للاختبارات الميكانيكية.

شكل (2-21) الجسور جاهزة للاختبارات الميكانيكية

بهذه العملية نكون حصلنا على (8) جسور معدنية مصبوبة طول عارضتها 8 ملم والتي تمثل العينة الأولى (الشاهدة)، وبنفس الطريقة تم الحصول على العينة الشاهدة من مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة التي طول عارضتها 14 ملم .

أمّا الجسور الثمانية الثانية تم توتيدها وكسوها كما في العينات السابقة، وجُمِعت بقايا المعدن الناتج عن الصبة الأولى وأُعيد صهر هذه البقايا مرة ثانية وعند وصولها لدرجة الانصهار أُخرِجت حلقة الصب من فرن الإحماء ووضِعت في مكانها المخصص في جهاز الصب و حُرِّر الذراع ليُسمح له بالدوران واندفع المعدن المصهور ضمن القالب، رُفِعت حلقة الصب ووُضِعت جانباَ حتى بردت وتصلب المعدن، بعد ذلك تم استخراج الجسور من المسحوق الكاسي ثم نُظِفت و رُملت كما في الجسور الثمانية الأولى.

الجسور الثمانية الثالثة تم توتيدها وكَسوها وإحماؤها وصبها كالجسور السابقة باستخدام بقايا المعدن الناتج عن الصبة الثانية .

أمّا بالنسبة للجسور الثمانية الأخيرة أيضاً تم توتيدها وكَسوها وإحماؤها وصبها باستخدام بقايا المعدن الناتج عن الصبة الثالثة، وبعدها استُخرجت الجسور من المسحوق الكاسي ونُظِفت و رُمِلت كما في العينات السابقة، وبذلك حصلنا على 32 جسراً معدنياً مصبوباً طول عارضتها 8 ملم وتم ترقيم كل مجموعة من المجموعات الأربعة.

شكل (2–22) المجموعة الرئيسية الأولى

وبنفس الطريقة السابقة تم الحصول عل 32 جسراً معدنياً مصبوباً طول عارضتها 14 ملم وأيضاً تم ترقيم كل مجموعة من المجموعات الأربعة.

شكل (2-23) المجموعة الرئيسية الثانية

شكل (2-24) عينة البحث كاملة

ضُبطت أبعاد الجسور بقياس أبعادها بعد الانتهاء من عمليات الصب و الترميل وذلك بواسطة مقياس ثخانة المعدن وسجل المخبري القياسات لكل مجموعة من الجسور , ثم تم إعادة قياس الأبعاد من قبل الباحثة وتسجيل القياسات الناتجة, وبعد حساب المتوسط الحسابي لهذه القياسات تبيّن ووجود فروق بسيطة جداً بالأبعاد من رتبة 0.1 ملم (من الممكن إهمالها) واعتبار أبعاد العينات موحدة قدر الإمكان في كل مجموعة من مجموعتي الدراسة الرئيسيتين.

2.4.2. طريقة إجراء الاختبارات الميكانيكية:

تم إجراء هذا الاختبار في معهد الأبحاث الصناعية في دمشق، ولإجراء هذا الاختبار تم صنع 64 جسراَ معدنياً مصبوباً وقسمت حسب أبعاد العارضة إلى:

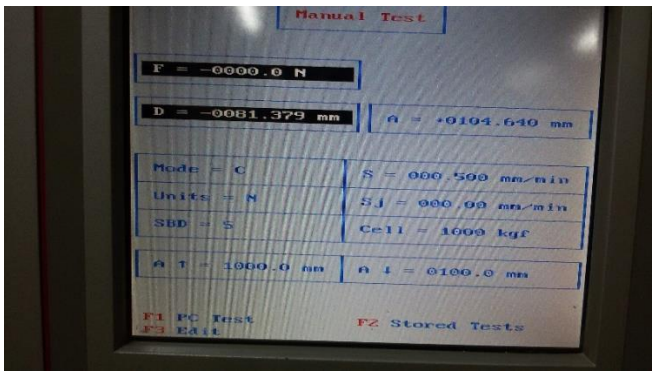
- ❖ 32 جسراً معدنياً مصبوباً بأبعاد: طول الجسر (العارضة) 8 ملم، عرض الجسر (العارضة) 5 ملم، سماكة الجسر (العارضة) 2.5 ملم.
- ❖ 32 جسراً معدنياً مصبوباً بأبعاد: طول الجسر (العارضة) 14 ملم، عرض الجسر (العارضة) 5 ملم، سماكة الجسر (العارضة) 3.5 ملم.

استُخدِم جهاز ال (Testometric) بسرعة 0.5 ملم / دقيقة.

تم إجراء الاختبار بعد تحضير العينة على آلة الاختبار حيث:

1. ثُبِتت القاعدة المعدنية بشكل جيد إلى فكين الملزمة ووضع الجسر الذي طول عارضته 8 ملم في مكانه على القاعدة.

2. تم تحريك رأس الجهاز باتجاه منتصف عارضة الجسر حتى حدث التلامس الأولي بين رأس الجهاز والعارضة عندها نضغط على زر التوقف الذي يجعل كل القيم تساوي الصفر.



شكل (2–25) شاشة الجهاز قبل البدء بالاختبارات

شكل (2–26) اختبار المجموعة الأولى

3. تم ضغط زر البدء عندها بدأ تطبيق الحمولة ببطء اعتباراً من الصفر على منتصف العارضة.

4. بعد عدة ثواني ثبتت القوة عند قيمة تسمى حد الاستسلام (الخضوع) والتي تعبّر عن بداية التشوه اللدن.

شكل (2–27) نموذج انحناء العينات في المجموعة الأولى

5. تم تدوين القراءة التي تضمنت القوة (بالنيوتن) و مقدار الانحناء (بالملم).

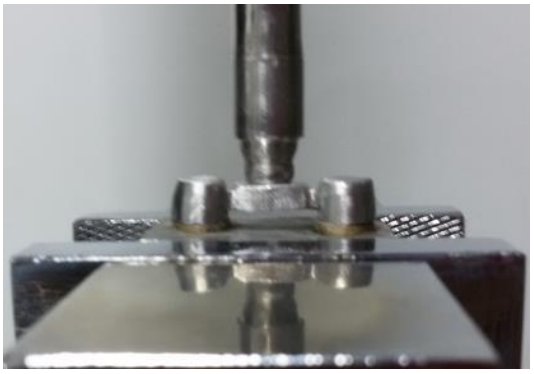
6. بعدها استمر تطبيق الحمولة حتى حدوث التحطم وعندها توقف الجهاز تلقائياً.

7. تم تدوين القراءة التي تضمنت القوة (بالنيوتن) والتي تمثل القوة عند الانكسار.

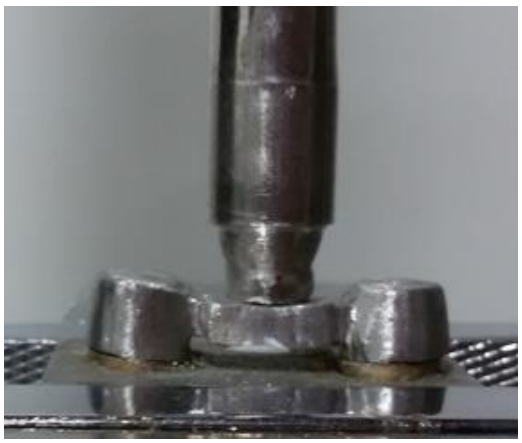
شكل (2–28) نموذج تحطم من المجموعة الأولى

بعد الانتهاء من تطبيق الاختبارات عل كل جسور المجموعة الأولى ثُبِتت القاعدة المعدنية الثانية بشكل جيد إلى فكين الملزمة ووضع الجسر الذي طول عارضته 14 ملم في مكانه على القاعدة.

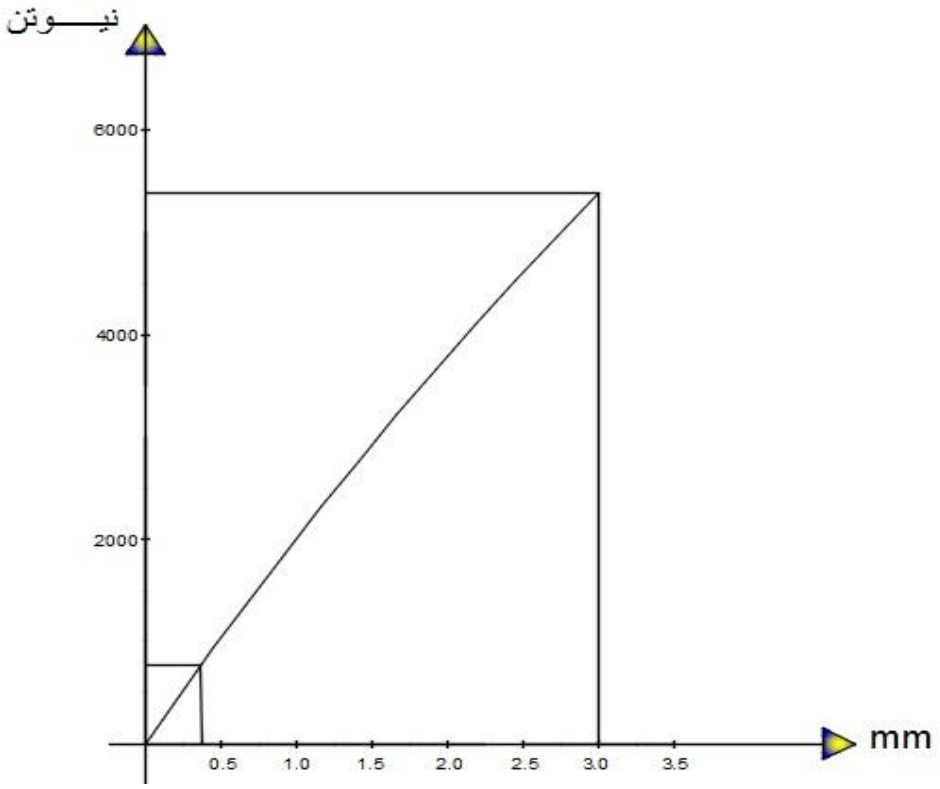
تم عمل نفس الخطوات السابقة عل مجموعة الجسور الرئيسية الثانية التي طول عارضتها 14 ملم بمجموعاتها الأربعة الفرعية.



شكل (2–29) اختبار المجموعة الثانية



شكل (2-30) نموذج للانحناء قبل التحطم



شكل (2-31) منحني يوضح تزايد القوة حتى حدوث الانكسار

بعد انتهاء كل التجارب أجريت الدراسة الإحصائية باستخدام تحليل التباين ANOVA أحادي الجانب (One-Way ANOVA) عل نتائج قياسات حد الاستسلام (الخضوع) ومقدار الانحناء والقوة عند الانكسار، لنتحقق إحصائياً إن كانت عملية إعادة الصب للخليطة تؤثر أو لا تؤثر على متوسط قيم الانحناء والانكسار للمجموعات الأربعة الفرعية المختبرة من كل مجموعة رئيسية.

الباب الثالث

النتائج والدراسة الإحصائية

Results & Statistical Study

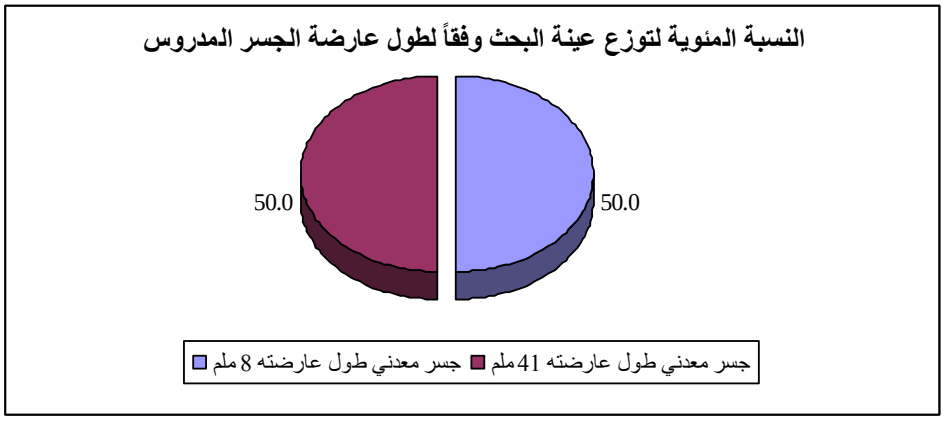
1.3. وصف العينة:

تألفت عينة البحث من 64 جسراً معدنياً مصنوعاً من خليطة نيكل كروم كانوا مقسمين إلى مجموعتين رئيستين اثنتين متساويتين وفقاً لطول عارضة الجسر (مجموعة الجسور التي عارضتها بطول 8 ملم، مجموعة الجسور التي عارضتها بطول 14 ملم)، وكانت كل من المجموعتين الرئيستين مقسمةً إلى أربع مجموعات فرعية متساوية وفقاً لعدد مرات الصبّ (مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرة واحدة، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرتين اثنتين، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة ثلاث مرات، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة أربع مرات)، وكان توزع الجسور في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر وعدد مرات الصبّ كما يلي:

1.1.3. توزع الجسور في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر:

طول عارضة الجسر	عدد الجسور	النسبة المئوية
جسر معدني طول عارضته 8 ملم	32	50.0
جسر معدني طول عارضته 14 ملم	32	50.0
المجموع	64	100

جدول رقم (3-1) يبين توزع الجسور في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر.



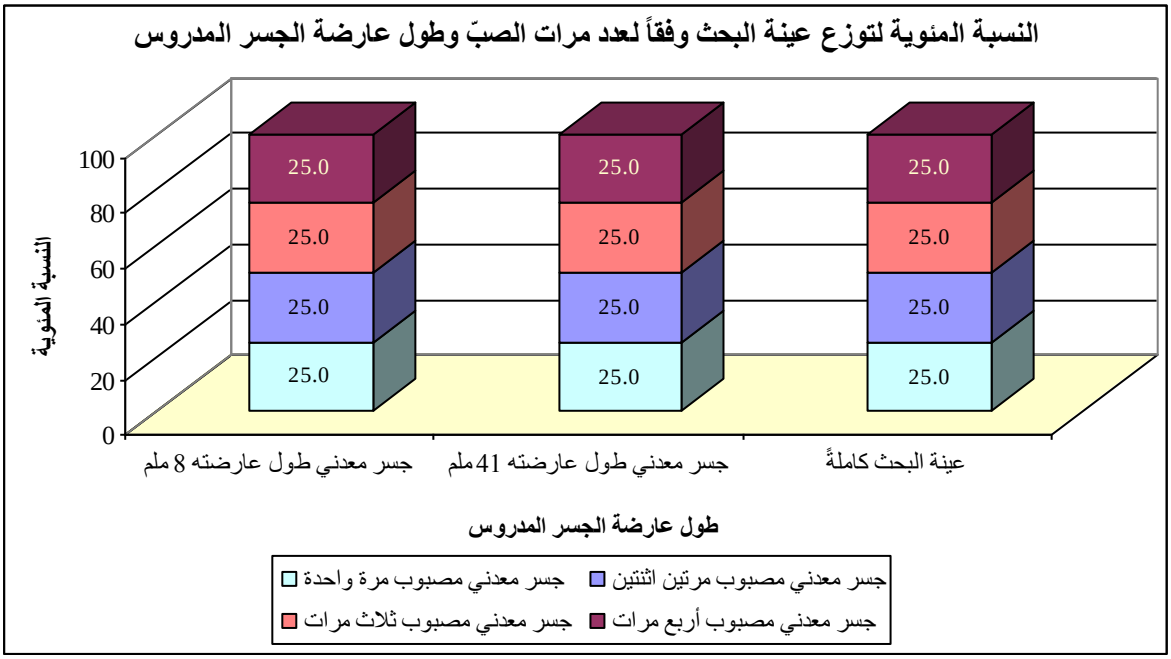
مخطط رقم (3-1) يمثل النسبة المئوية لتوزع الجسور في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر.

1.3. 2. توزع الجسور في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس:

طول عارضة الجسر المدروس	عدد مرات الصبّ	عدد الجسور	النسبة المئوية
جسر معدني طول عارضته 8 ملم	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	8	25.0
	جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	8	25.0
	جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	8	25.0
	جسر معدني مصبوب أربع مرات	8	25.0
	المجموع	32	100
جسر معدني طول عارضته 14 ملم	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	8	25.0
	جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	8	25.0
	جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	8	25.0

	جسر معدني مصبوب أربع مرات	8	25.0
	المجموع	32	100
عينة البحث كاملةً	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	16	25.0
	جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	16	25.0
	جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	16	25.0
	جسر معدني مصبوب أربع مرات	16	25.0
	المجموع	64	100

جدول رقم (3-2) يبين توزع الجسور في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.



مخطط رقم (3-2) يمثل النسبة المئوية لتوزع الجسور في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.

2.3. الدراسة الإحصائية التحليلية:

تم قياس كل من مقدار حد الاستسلام (الخضوع) (بالنيوتن) ومقدار الانحناء (بالملم) ومقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن) لكل جسر من الجسور المعدنية المدروسة في عينة البحث، ثم تمت دراسة تأثير عدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس في قيم كل من المتغيرات المذكورة وكانت نتائج التحليل كما يلي:

1.2.3. دراسة القوة عند حد الاستسلام (الخضوع):

- **دراسة تأثير عدد مرات الصبّ في مقدار القوة عند حد الخضوع وفقاً لطول عارضة الجسر المدروس:**

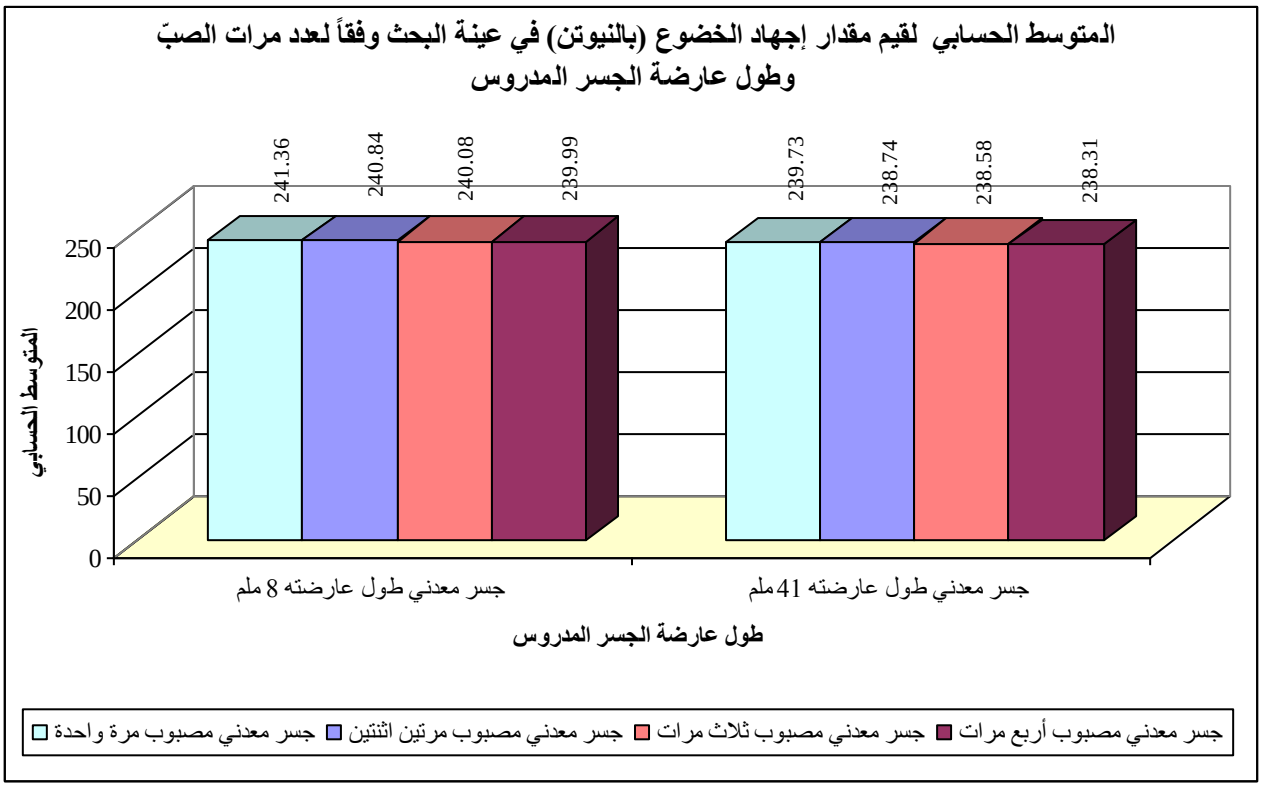
تم إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار القوة عند حد الخضوع (بالنيوتن) بين مجموعات عدد مرات الصبّ المدروسة (مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرة واحدة، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرتين اثنتين، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة ثلاث مرات، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة أربع مرات) في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر المدروس كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

المتغير المدروس = مقدار القوة عند حد الخضوع (بالنيوتن)							
طول عارضة الجسر المدروس	عدد مرات الصبّ	عدد الجسور	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
جسر معدني طول عارضته 8 ملم	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	8	241.36	1.81	0.64	239.1	243.9
	جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	8	240.84	1.90	0.67	238.5	243.8
	جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	8	240.08	1.84	0.65	237.3	242.5
	جسر معدني مصبوب أربع مرات	8	239.99	1.73	0.61	236.9	242.3

جسر معدني طول عارضته 14 ملم	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	8	239.73	1.72	0.61	237.6	242.5
	جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	8	238.74	1.47	0.52	236.5	240.7
	جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	8	238.58	1.68	0.59	236.1	240.8
	جسر معدني مصبوب أربع مرات	8	238.31	1.65	0.58	235.9	240.3

جدول رقم (3-3) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار القوة عند حد الخضوع (بالنيوتن) في عينة البحث (بالنيوتن) وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.



مخطط رقم (3-3) يمثل المتوسط الحسابي لمقدار القوة عند حد الخضوع (بالنيوتن) في عينة البحث (بالنيوتن) وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.

- نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA:

جدول رقم (3-4) يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار القوة عند حد الخضوع (بالنيوتن) بين مجموعات عدد مرات الصبّ الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر المدروس.

المتغير المدروس = مقدار القوة عند حد الخضوع (بالنيوتن)			
طول عارضة الجسر المدروس	**قيمة F المحسوبة**	**قيمة مستوى الدلالة**	**دلالة الفروق**
جسر معدني طول عارضته 8 ملم	1.035	0.392	لا توجد فروق دالة
جسر معدني طول عارضته 14 ملم	1.145	0.348	لا توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 مهما كان طول عارضة الجسر المدروس، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار القوة عند حد الخضوع (بالنيوتن) بين مجموعات عدد مرات الصبّ الأربع المدروسة (مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرة واحدة، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرتين اثنتين، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة ثلاث مرات، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة أربع مرات)، وذلك في كل من مجموعة الجسور التي عارضتها بطول 8 ملم ومجموعة الجسور التي عارضتها بطول 14 ملم على حدة في عينة البحث.

2.2.3. دراسة مقدار الانحناء:

➢ **دراسة تأثير عدد مرات الصبّ في مقدار الانحناء وفقاً لطول عارضة الجسر المدروس:**

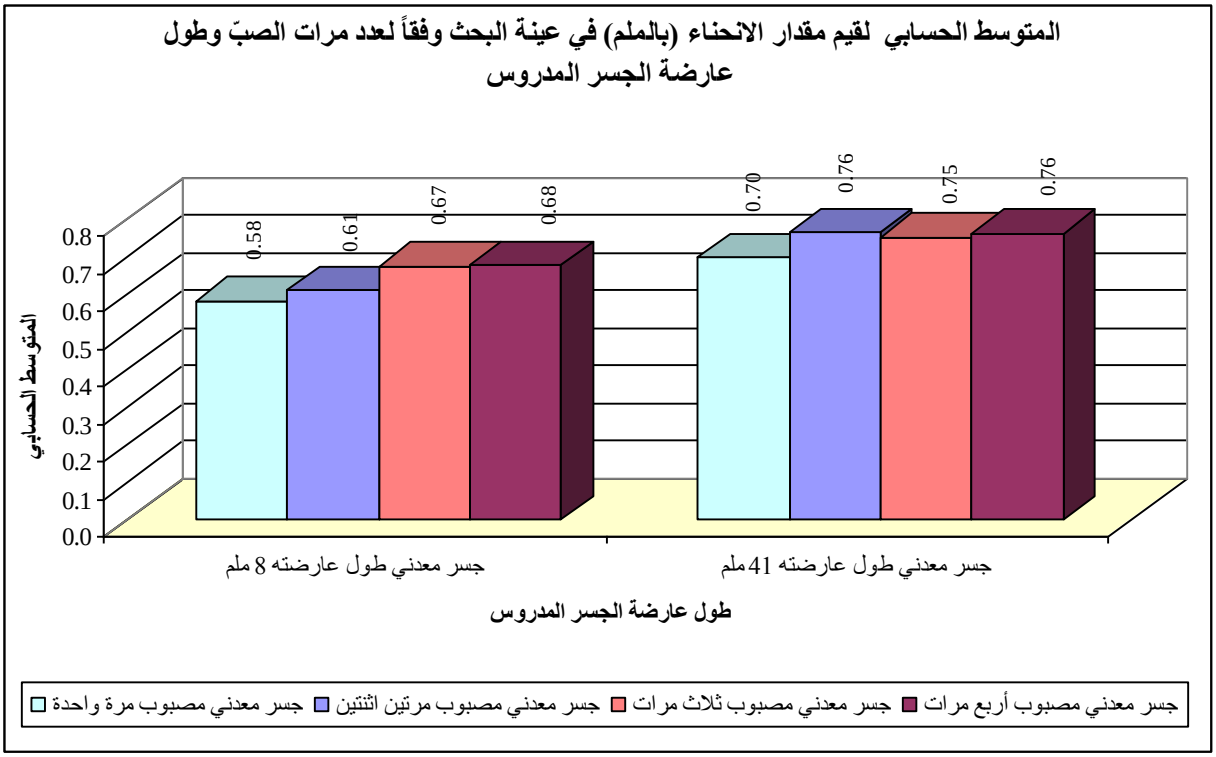
تم إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الانحناء (بالملم) بين مجموعات عدد مرات الصبّ المدروسة (مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرة واحدة، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرتين اثنتين، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة ثلاث مرات، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة أربع مرات) في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر المدروس كما يلي:

- **إحصاءات وصفية:**

جدول رقم (3-5) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار الانحناء (بالملم) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.

المتغير المدروس = مقدار الانحناء (بالملم)							
طول عارضة الجسر المدروس	عدد مرات الصبّ	عدد الجسور	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
جسر معدني طول عارضته 8 ملم	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	8	0.58	0.13	0.05	0.41	0.75
	جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	8	0.61	0.13	0.05	0.42	0.77
	جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	8	0.67	0.12	0.04	0.48	0.78

المتغير المدروس = مقدار الانحناء (بالملم)							
طول عارضة الجسر المدروس	عدد مرات الصبّ	عدد الجسور	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
	جسر معدني مصبوب أربع مرات	8	0.68	0.13	0.05	0.46	0.8
جسر معدني طول عارضته 14 ملم	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	8	0.70	0.11	0.04	0.5	0.8
	جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	8	0.76	0.07	0.02	0.66	0.85
	جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	8	0.75	0.07	0.02	0.65	0.83
	جسر معدني مصبوب أربع مرات	8	0.76	0.06	0.02	0.67	0.83



مخطط رقم (3-4) يمثل المتوسط الحسابي لمقدار الانحناء (بالملم) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.

- نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA:

جدول رقم (3-6) يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الانحناء (بالملم) بين مجموعات عدد مرات الصبّ الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر المدروس.

المتغير المدروس = مقدار الانحناء (بالملم)			
طول عارضة الجسر المدروس	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
جسر معدني طول عارضته 8 ملم	1.117	0.359	لا توجد فروق دالة

المتغير المدروس = مقدار الانحناء (بالملم)			
طول عارضة الجسر المدروس	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
جسر معدني طول عارضته 14 ملم	1.277	0.302	لا توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 مهما كان طول عارضة الجسر المدروس، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار الانحناء (بالملم) بين مجموعات عدد مرات الصبّ الأربع المدروسة (مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرة واحدة، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرتين اثنتين، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة ثلاث مرات، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة أربع مرات)، وذلك في كل من مجموعة الجسور التي عارضتها بطول 8 ملم ومجموعة الجسور التي عارضتها بطول 14 ملم على حدة في عينة البحث.

- **دراسة العلاقة بين قيم حد الخضوع وقيم مقدار الانحناء في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس:**

تم حساب قيم معاملات الارتباط بيرسون لدراسة طبيعة العلاقة بين قيم حد الخضوع (بالنيوتن) وقيم مقدار الانحناء (بالملم) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس كما يلي:

- نتائج حساب قيم معاملات الارتباط بيرسون:

المتغير الثاني	طول عارضة الجسر المدروس	عدد مرات الصبّ	المتغير الأول = مقدار الانحناء (بالملم)			دلالة وجود العلاقة	جهة العلاقة	شدة العلاقة
			قيمة معامل الارتباط	عدد الجسور	قيمة مستوى الدلالة			
مقدار حد الخضوع (بالنيوتن)	جسر معدني طول عارضته 8 ملم	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	-0.989	8	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	-0.998	8	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	-0.767	8	0.026	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب أربع مرات	-0.843	8	0.009	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
	جسر معدني طول عارضته 14 ملم	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	-0.983	8	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	-0.946	8	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	-0.974	8	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب أربع مرات	-0.970	8	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
	عينة البحث كاملةً	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	-0.988	16	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	-0.977	16	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	-0.845	16	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب أربع مرات	-0.857	16	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية

جدول رقم (3–7) يبين نتائج حساب قيم معاملات الارتباط بيرسون لدراسة طبيعة العلاقة بين قيم حد الخضوع (بالنيوتن) وقيم مقدار الانحناء (بالملم) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 بالنسبة لجميع معاملات الارتباط المحسوبة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد علاقة ارتباط خطية دالة إحصائياً بين قيم مقدار حد الخضوع (بالنيوتن) وقيم مقدار الانحناء (بالملم)، وذلك مهما كان عدد مرات الصبّ المدروسة ومهما كان طول عارضة الجسر المدروس، وبما أن الإشارة الجبرية لمعاملات الارتباط المحسوبة كانت سالبة نستنتج أن كلاً من العلاقات الموافقة كانت عكسية

(ارتفاع قيم مقدار الانحناء يوافقه انخفاض في قيم حد الخضوع)، وبما أن القيم المطلقة لمعاملات الارتباط المحسوبة كانت قريبة من القيمة 0.8 أو أكثر نستنتج أن كلاً من العلاقات الموافقة كانت قوية الشدة، وذلك مهما كان عدد مرات الصبّ المدروسة ومهما كان طول عارضة الجسر المدروس وفي عينة البحث كاملةً.

3.2.3. دراسة مقاومة الانكسار:

- **دراسة تأثير عدد مرات الصبّ في مقدار مقاومة الانكسار وفقاً لطول عارضة الجسر المدروس:**

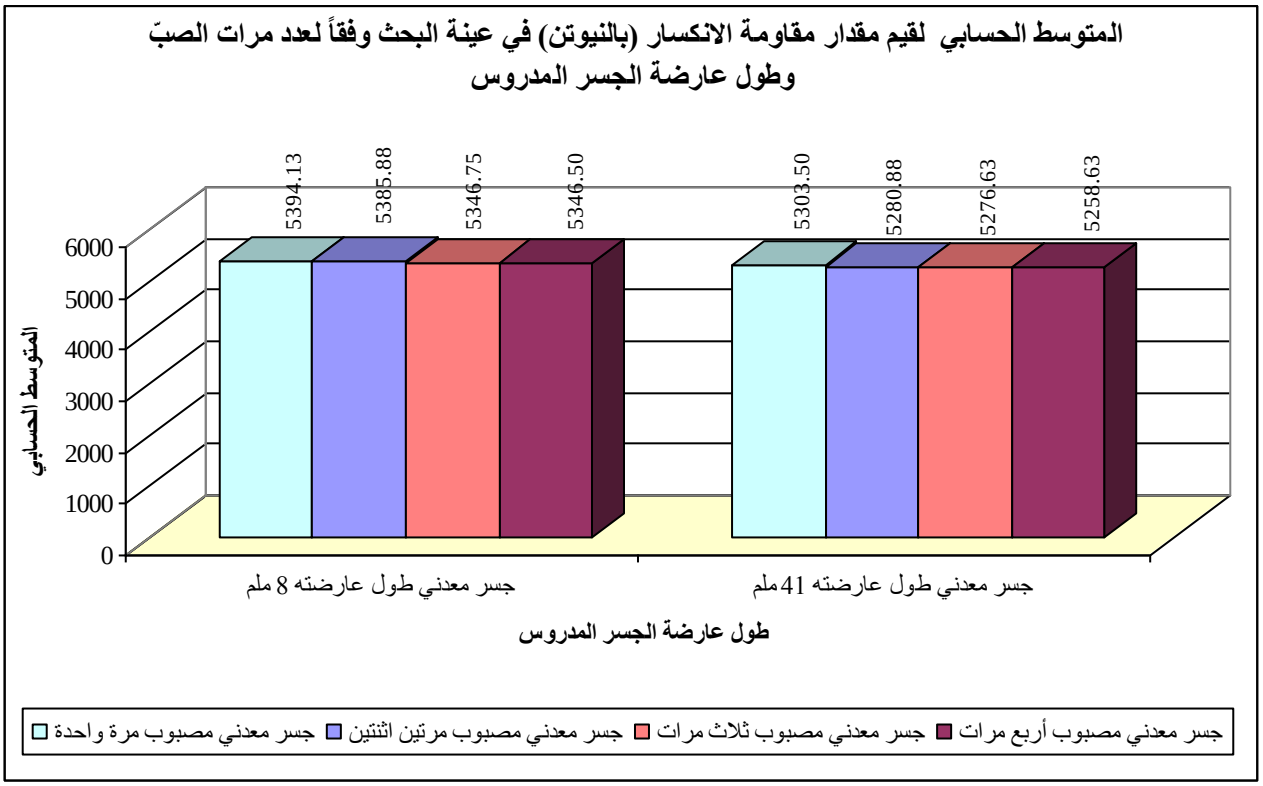
تم إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن) بين مجموعات عدد مرات الصبّ المدروسة (مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرة واحدة، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرتين اثنتين، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة ثلاث مرات، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة أربع مرات) في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر المدروس كما يلي:

- **إحصاءات وصفية:**

جدول رقم (3-8) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن) في عينة البحث (بالنيوتن) وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.

المتغير المدروس = مقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن)							
طول عارضة الجسر المدروس	**عدد مرات الصبّ**	**عدد الجسور**	**المتوسط الحسابي**	**الانحراف المعياري**	**الخطأ المعياري**	**الحد الأدنى**	**الحد الأعلى**
جسر معدني طول عارضته 8 ملم	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	8	5394.13	121.41	42.93	5277	5585
	جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	8	5385.88	114.73	40.56	5283	5583
	جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	8	5346.75	89.97	31.81	5262	5490

	جسر معدني مصبوب أربع مرات	8	5346.50	86.04	30.42	5258	5488
جسر معدني طول عارضته 14 ملم	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	8	5303.50	67.80	23.97	5225	5390
	جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	8	5280.88	67.37	23.82	5212	5388
	جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	8	5276.63	71.85	25.40	5202	5387
	جسر معدني مصبوب أربع مرات	8	5258.63	50.40	17.82	5198	5351



مخطط رقم (3-5) يمثل المتوسط الحسابي لمقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن) في عينة البحث (بالنيوتن) وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.

- نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA:

جدول رقم (3-9) يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن) بين مجموعات عدد مرات الصبّ الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً لطول عارضة الجسر المدروس.

المتغير المدروس = مقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن)			
طول عارضة الجسر المدروس	**قيمة F المحسوبة**	**قيمة مستوى الدلالة**	**دلالة الفروق**
جسر معدني طول عارضته 8 ملم	0.471	0.705	لا توجد فروق دالة
جسر معدني طول عارضته 14 ملم	0.647	0.591	لا توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 مهما كان طول عارضة الجسر المدروس، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن) بين مجموعات عدد مرات الصبّ الأربع المدروسة (مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرة واحدة، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرتين اثنتين، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة ثلاث مرات، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة أربع مرات)، وذلك في كل من مجموعة الجسور التي عارضتها بطول 8 ملم ومجموعة الجسور التي عارضتها بطول 14 ملم على حدة في عينة البحث.

- **دراسة العلاقة بين قيم حد الخضوع وقيم مقدار مقاومة الانكسار في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس:**

تم حساب قيم معاملات الارتباط بيرسون لدراسة طبيعة العلاقة بين قيم متانة الخضوع (بالنيوتن) وقيم مقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس كما يلي:

- نتائج حساب قيم معاملات الارتباط بيرسون:

المتغير الثاني	طول عارضة الجسر المدروس	عدد مرات الصبّ	المتغير الأول = مقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن)			دلالة وجود العلاقة	جهة العلاقة	شدة العلاقة
			قيمة معامل الارتباط	عدد الجسور	قيمة مستوى الدلالة			
مقدار حد الخضوع (بالنيوتن)	جسر معدني طول عارضته 8 ملم	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	0.977	8	0.000	توجد علاقة دالة	طردية	قوية
		جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	0.969	8	0.000	توجد علاقة دالة	طردية	قوية
		جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	0.889	8	0.003	توجد علاقة دالة	طردية	قوية
		جسر معدني مصبوب أربع مرات	0.858	8	0.006	توجد علاقة دالة	طردية	قوية
	جسر معدني طول عارضته 14 ملم	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	0.926	8	0.001	توجد علاقة دالة	طردية	قوية
		جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	0.882	8	0.004	توجد علاقة دالة	طردية	قوية
		جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	0.911	8	0.002	توجد علاقة دالة	طردية	قوية
		جسر معدني مصبوب أربع مرات	0.925	8	0.001	توجد علاقة دالة	طردية	قوية
	عينة البحث كاملةً	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	0.943	16	0.000	توجد علاقة دالة	طردية	قوية
		جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	0.952	16	0.000	توجد علاقة دالة	طردية	قوية
		جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	0.915	16	0.000	توجد علاقة دالة	طردية	قوية
		جسر معدني مصبوب أربع مرات	0.891	16	0.000	توجد علاقة دالة	طردية	قوية

جدول رقم"(3-10) يبين نتائج حساب قيم معاملات الارتباط بيرسون لدراسة طبيعة العلاقة بين قيم حد الخضوع (بالنيوتن) وقيم مقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 بالنسبة لجميع معاملات الارتباط المحسوبة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد علاقة ارتباط خطية دالة إحصائياً بين قيم مقدار متانة الخضوع (بالنيوتن) وقيم مقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن)، وذلك مهما كان عدد مرات الصبّ المدروسة ومهما كان طول عارضة الجسر المدروس، وبما أن الإشارة الجبرية لمعاملات الارتباط المحسوبة كانت موجبة نستنتج أن كلاً من العلاقات الموافقة كانت طردية (ارتفاع قيم مقدار مقاومة الانكسار يوافقه ارتفاع في قيم متانة الخضوع)، وبما أن القيم المطلقة لمعاملات الارتباط المحسوبة كانت قريبة من القيمة 0.9 أو أكثر نستنتج أن كلاً من العلاقات الموافقة كانت قوية الشدة، وذلك مهما كان عدد مرات الصبّ المدروسة ومهما كان طول عارضة الجسر المدروس وفي عينة البحث كاملةً.

- **دراسة العلاقة بين قيم مقاومة الانكسار وقيم مقدار الانحناء في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس:**

نتائج حساب قيم معاملات الارتباط بيرسون:

تم حساب قيم معاملات الارتباط بيرسون لدراسة طبيعة العلاقة بين قيم مقاومة الانكسار (بالنيوتن) وقيم مقدار الانحناء (بالملم) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس كما يلي:

المتغير الثاني	طول عارضة الجسر المدروس	عدد مرات الصبّ	المتغير الأول = مقدار الانحناء (بالملم)			دلالة وجود العلاقة	جهة العلاقة	شدة العلاقة
			قيمة معامل الارتباط	عدد الجسور	قيمة مستوى الدلالة			
مقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن)	جسر معدني طول عارضته 8 ملم	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	-0.969	8	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	-0.969	8	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	-0.855	8	0.007	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب أربع مرات	-0.949	8	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
	جسر معدني طول عارضته 14 ملم	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	-0.918	8	0.001	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	-0.906	8	0.002	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	-0.974	8	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب أربع مرات	-0.959	8	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
	عينة البحث كاملةً	جسر معدني مصبوب مرة واحدة	-0.947	16	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب مرتين اثنتين	-0.960	16	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب ثلاث مرات	-0.900	16	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية
		جسر معدني مصبوب أربع مرات	-0.944	16	0.000	توجد علاقة دالة	عكسية	قوية

جدول رقم (3-11) يبين نتائج حساب قيم معاملات الارتباط بيرسون لدراسة طبيعة العلاقة بين قيم مقاومة الانكسار (بالنيوتن) وقيم مقدار الانحناء (بالملم) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الصبّ وطول عارضة الجسر المدروس.

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 بالنسبة لجميع معاملات الارتباط المحسوبة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد علاقة ارتباط خطية دالة إحصائياً بين قيم مقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن) وقيم مقدار الانحناء (بالملم)، وذلك مهما كان عدد مرات الصبّ المدروسة ومهما كان طول عارضة الجسر المدروس، وبما أن الإشارة الجبرية لمعاملات الارتباط المحسوبة كانت سالبة نستنتج أن كلاً من العلاقات الموافقة كانت عكسية (ارتفاع قيم مقدار الانحناء يوافقه انخفاض في قيم مقاومة الانكسار)، وبما أن القيم المطلقة لمعاملات الارتباط المحسوبة كانت قريبة من القيمة 0.9 أو أكثر نستنتج أن كلاً من العلاقات الموافقة كانت قوية الشدة، وذلك مهما كان عدد مرات الصبّ المدروسة ومهما كان طول عارضة الجسر المدروس وفي عينة البحث كاملةً.

الباب الرابع

المناقشة

Discussion

1.4. مناقشة فكرة البحث :

يهدف هذا البحث إلى دراسة إمكانية استخدام البقايا المصبوبة لخلائط المعادن القاعدية في صنع الهيكل المعدني للتعويضات المعدنية الخزفية عوضاً عن الخلائط الجديدة وذلك من خلال اختبار بعض الخواص الميكانيكية كالانحناء والانكسار.

استُخدمت التعويضات المعدنية الخزفية بشكل واسع في مجال طب الأسنان، حيث تجمع بين متانة المعدن وجمالية الخزف (Ahmadzadeh, Neshati et al. 2013).

قديماً استُخدمت الخلائط المعدنية الثمينة لصنع الهيكل المعدني للتعويضات السنية، لكن وبسبب غلاء ثمنها توجه الاستخدام نحو خلائط المعادن القاعدية كخلائط النيكل كروم وخلائط الكروم كوبالت باعتبارها أقل كلفة من سابقتها(Grimaudo 2001).

وتعدّ خلائط النيكل كروم الأكثر استخداماً في طب الأسنان لما تتمتع به من خواص ميكانيكية جيدة إلى جانب رخص ثمنها (Bauer, Loguercio et al. 2006).

ولفنّي الأسنان دور هام في نجاح التعويض الخزفي المعدني لما تتطلبه الأعمال المخبرية من دقة عالية للحصول على أفضل النتائج السريرية ابتداءً بخطوات الصب وانتهاءً بخبز الخزف، إلّا انّ لجوء بعض هؤلاء الفنيين إلى استخدام البقايا المصبوبة أو خلطها مع الخلائط الجديدة عند صناعة الترميمات قد يؤدي لحدوث تغير في تركيب الخليطة وخواصها وينعكس هذا الأمر على الأداء السريري لهذه الترميمات على المدى الطويل (Palaskar, Nadgir et al. 2010).

أجريت العديد من الدراسات لدراسة تأثير إضافة البقايا المصبوبة في تركيب الخليطة (Peraire, Martinez-Gomis et al. 2007) (عبدو والعادل 2015)، ومتانة ارتباطها مع الخزف (Peraire, Martinez-Gomis et al. 2007)، والتقبل الحيوي لهذه الخلائط (Al-Hiyasat and Darmani 2005)، وتأثير إعادة صب خليطة نيكل – كروم على الخواص الميكانيكية للخليطة.(شعبان والعادل 2016).

لذلك تم اختيار هذا البحث ليدرس تأثير عملية إعادة الصب لخليطة النيكل – كروم على مقاومة الانحناء والانكسار للجسور المعدنية، وتم اختيار الجسور المعدنية في هذه الدراسة

لنمثل الشكل الذي يتم استخدامه في الممارسة السريرية، في حين أن الدراسات السابقة تمت على عينات بشكل أقراص أو أسطوانات وهي بعيدة عن شكل التطبيق السريري لهذه الخلائط .

2.4. مناقشة طرائق البحث:

1.2.4.مناقشة تحضير عينات البحث:

تم إجراء هذا البحث على 64 جسراً معدنياً صُنعوا من خليطة (نيكل–كروم) وقُسّموا إلى مجموعتين رئيسيتين (n=32) وفقاً لأبعاد عارضة الجسر المعدني، وقُسّمت كل مجموعة إلى أربع مجموعات متساوية (n=8) وذلك وفقاً لعدد مرات الصب.

استُخدمت خليطة النيكل كروم (Kera N) في هذا البحث، وهي من الخلائط الأكثر استخداماً في صناعة التعويضات الثابتة وتم استخدامها في العديد من الدراسات (Yavuz, Acar et al. 2012) و (Zhihong, Yezhen et al. 2011).

وتبعاً لنصائح منظمة الصحة والسلامة المهنية (OSHA) باستخدام الخلائط الخالية من البريليوم فإن هذه الخليطة خالية تماماً من البريليوم لأن التعرض لغباره أو جزيئاته يمكن أن يؤدي لعدد من الأمراض كأمراض الجلد، وأمراض الرئة الحبيبية المزمنة والتي تُعرف باسم مرض البريليوم المزمن (CBD) (Gordon and Bowser 2003).

وحصلنا على المعدن الذي استُخدم في عملية إعادة الصب من مخروط الصب والأوتاد المتبقية من الخلائط المصبوبة سابقا (Reddy, Abraham et al. 2011).

لم تتم إضافة خليطة جديدة بأي نسبة إلى الخليطة المعاد صبها وذلك وفقاً لدراسة Palaskar وزملاؤه عام 2010 حيث تحروا تأثير إعادة الصب على مسامية الخلائط المصبوبة، ووجدوا أنه ليس ضرورياً إضافة خليطة جديدة بأي نسبة وذلك عند التنظيف الجيد للخليطة المصبوبة غير المؤكسدة (Palaskar, Nadgir et al. 2010).

صُبّت الجسور باستخدام طريقة الشمع الضائع وهي الطريقة المستخدمة لصناعة التعويضات السنية المصبوبة في المخابر السنية (Al-Hiyasat, Bashabsheh et al. 2003).

استُخدم في هذا البحث مسحوق كاسي ذو رابطة فوسفاتية لأن الخليطة المستخدمة في بحثنا تمتلك درجة انصهار مرتفعة وبالتالي تتطلب مسحوقاً كاسياً مقاوم لدرجات الحرارة العالية والضغط العالي أثناء الصب (Lombardas, Carbunaru et al. 2000).

حيث أن درجة حرارة الإحماء الموصى بها بالنسبة للمسحوق الكاسي ذو الرابطة الفوسفاتية تتراوح بين 750 و 1350 درجة مئوية (Tannamala, Azhagarasan et al. 2013).

تمت عملية الصهر باستخدام تقنية الصهر بالحملاج (غاز طبيعي – أوكسجين) لأن هذا الإجراء هو الأكثر شيوعاً في المخابر السنية (Liu, Johnston et al. 2010).

كما تمت عملية الصب باستخدام جهاز الصب بطريقة القوة النابذة، فخُصّصت حاضنة فخارية واحدة لكل مجموعة من المجموعات الأربعة لتقليل اندخال البقايا العالقة بالحاضنة ضمن المعدن المصهور، تم بعدها ترميل الجسور بأكسيد الألمنيوم لإزالة الشوائب غير المرغوبة وبقايا المسحوق الكاسي العالق بها (Bauer, Costa et al. 2012) (Yilmaz, Ozcelik et al. 2012).

بعد الانتهاء من عمليات الصب و الترميل ضُبطت أبعاد الجسور بقياس أبعادها وذلك بواسطة مقياس ثخانة المعدن وسجل المخبري القياسات لكل مجموعة من الجسور، ثم تم إعادة قياس الأبعاد من قبل الباحثة وتسجيل القياسات الناتجة, وبعد حساب المتوسط الحسابي لهذه القياسات تبيّن ووجود فروق بسيطة جداً بالأبعاد من رتبة 0.1 ملم (من الممكن إهمالها) واعتبار أبعاد العينات موحدة قدر الإمكان في كل مجموعة من مجموعتي الدراسة الرئيسيتين .

3.4. مناقشة النتائج:

1.3.4. مناقشة نتائج اختبار الانحناء:

أظهرت نتائج الدراسة الإحصائية عدم وجود فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار مقاومة الانحناء (بالنيوتن) بين مجموعات عدد مرات الصبّ الأربع المدروسة (مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرة واحدة، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرتين اثنتين، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة ثلاث مرات، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة أربع مرات)، وذلك في كل من مجموعة الجسور التي عارضتها بطول 8 ملم ومجموعة الجسور التي عارضتها بطول 14 ملم على حدة في عينة البحث.

2.3.4. مناقشة نتائج اختبار الانكسار :

أظهرت نتائج الدراسة الإحصائية عدم وجود فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار مقاومة الانكسار (بالنيوتن) بين مجموعات عدد مرات الصبّ الأربع المدروسة (مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرة واحدة، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة مرتين اثنتين، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة ثلاث مرات، مجموعة الجسور المعدنية المصبوبة أربع مرات)، وذلك في كل من مجموعة الجسور التي عارضتها بطول 8 ملم ومجموعة الجسور التي عارضتها بطول 14 ملم على حدة في عينة البحث.

3.3.4. مقارنة مع الدراسات السابقة:

وبمقارنة نتائج البحث مع الدراسات السابقة، اتفقت نتائج هذه الدراسة مع :

- ✓ Hesby وزملاؤه عام 1980 الذين وجدوا أن إعادة صب خلائط المعادن القاعدية (غير الثمينة) دون إضافة خليطة جديدة و ذلك لأربع مرات متتالية لا تؤثر على الخواص الفيزيائية للخليطة (Hesby, Kobes et al. 1980).

- ✓ Nelson و زملاؤه عام 1986 حيث وجدوا أن إعادة صب خليطة (نيكل–كروم) لعشر مرات لم تؤثر بشكل ملحوظ في الخواص الميكانيكية للخليطة، ولم يكن هناك فروق ذات دلالة إحصائية في محتوى الخليطة من العناصر الأساسية والثانوية (Nelson, Palik et al. 1986).
- ✓ Turkoz عام 1989 الذي وجد إنّ إعادة الصب لخلائط المعادن القاعدية ثلاث مرات متتالية لم تؤثر على متانة الضغط لهذه الخلائط، وأشار الباحث إلى إمكانية صهر وإعادة صب خلائط المعادن القاعدية لثلاث مرات عل الأقل (Türköz, 1989).

- ✓ Peraire وزملاؤه عام 2007 الذين وجدوا عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية في خواص خليطة (نيكل–كروم) عند إعادة صبها لسبع مرات متتالية وذلك دون إضافة أية خليطة جديدة، وأظهرت خلائط (نيكل – كروم) والخلائط النبيلة استقراراً أكبر بعد إعادة صب سبع مرات مقارنةً مع الخلائط الأخرى المدروسة (Peraire, Martinez–Gomis et al. 2007).
- ✓ دراسة شعبان .ف عام 2016 حيث وجدت الدراسة أنّ إعادة صب خليطة (نيكل – كروم) أربع مرات دون أي إضافات لم تؤثر بشكل ملحوظ في الخواص الميكانيكية للخليطة كمتانة الشد والاستطالة النسبية، حيث أظهرت النتائج أنه لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط قيم الخواص الميكانيكية المختبرة للمجموعات الأربعة.

بينما اختلفت نتائج هذه الدراسة مع :

- ☒ دراسة Harcourt عام 1962 الذي وجد أنّ إعادة صهر خلائط (كروم – كوبالت) لست مرات متتالية لها تأثير على الخواص الفيزيائية والكيميائية لهذه الخلائط، حيث لاحظ حدوث تغير في التركيب الكيميائي للخليطة والذي سبب انخفاضاً في متانة الشد والخضوع (Harcourt 1962). وقد يعزى الاختلاف إلى اختلاف الخليطة المدروسة.

☒ دراسة Harcourt & Cotterill عام 1965 اللذان وجدا تغيراً في التركيب الكيميائي والخواص الفيزيائية لخليطة (كروم–كوبالت) بعد إعادة صهرها لثلاث عشرة مرة والتي يمكن أن تؤدي لفشل التعويض لاحقاً، وأشار الباحثان إلى ضرورة إضافة خليطة جديدة على الأقل بنسبة مساوية بالوزن للخليطة القديمة للحفاظ على قابلية الصب و الخواص الميكانيكية للخليطة(Harcourt and Cotterill 1965). وقد يعزى الاختلاف هنا أيضاً إلى اختلاف الخليطة المدروسة.

☒ دراسة Lewis عام 1975 الذي قيّم تأثير إعادة الصهر على الخواص الميكانيكية لخليطة أساسها النيكل، وأظهرت النتائج أن الخواص الميكانيكية تختلف وفقاً لكل من عدد مرات الصب وطريقة الصهر المستخدمة للخليطة (Lewis 1975). وقد يعزى اختلاف النتائج إلى اختلاف طريقة الصهر فهذه الدراسة استُخدم فيها عدة طرق للصهر (حملاج أوكسجين/أسيتيلين، والصهر بالمقاومة، والصهر بالتحريض) بينما استخدمنا في دراستنا الصهر بالحملاج (غاز طبيعي/ أوكسجين).
وذلك حسب دراسة Bauer عام 2012 الذي وجد أنّ الخواص الميكانيكية للخليطة تختلف باختلاف طريقة الصهر (Bauer, Costa et al. 2012).

☒ دراسة Reisbick و Brantley عام 1995 الذين درسوا تأثير إعادة الصب على الخواص الميكانيكية لخلائط منخفضة المحتوى من الذهب (خليطة النمط الثالث من الذهب)، ووجدت النتائج انخفاضاً ملحوظاً في حد الخضوع و الاستطالة النسبية حدث مع عملية إعادة الصب(Reisbick and Grantley 1995). وقد يعزى الاختلاف هنا أيضاً إلى اختلاف طريقة الصهر المستخدمة حيث تم في هذه الدراسة صهر الخليطة بالتسخين الكهربائي في بوتقة غرافيت بينما في دراستنا استخدمنا حملاج (غاز طبيعي/أوكسجين).

☒ دراسة Issac وزملاؤه عام 1997 حيث قيّموا تأثير إعادة استخدام خليطة (نيكل – كروم) دون إضافة أي خليطة جديدة على متانة الخضوع ومعامل المرونة، ووجدوا تغيراً ذا دلالة إحصائية في هذه الخصائص عند تقييمها بعد إعادة الصب مما يشير إلى أنه لا يمكن إعادة استخدامها (Issac and Bhat 1997).

وقد يعزى هذا الاختلاف إلى التباين في نسب العناصر المكونة للخليطة، فالخليطة المستخدمة في دراستنا لا تحتوي على البريليوم والكربون.

- ☒ دراسة Ozyegin وآخرون عام 2007 الذي درس تأثير إعادة الصب حتى أربع مرات للخلائط السنية غير الثمينة (كروم – كوبالت) على قساوة وحد الخضوع، ومتانة الشد و البنية المجهرية للخليطة، وبعد إجراء الاختبارات أظهرت النتائج أن حد الخضوع والقساوة ومتانة الشد زادت بعد الصب المتكرر مع زيادة محتوى الكربون الذي أدى إلى تغيير كبير في بنيتها المجهرية (Ozyegin, Tuncer et al. 2007). وقد يعزى هذا الاختلاف إلى اختلاف الخليطة المستخدمة واختلاف طريقة الصهر ففي هذه الدراسة استخدم الباحث حملاج(أوكسجين/أسيتيلين) بينما استُخدم في دراستنا الحملاج (غاز طبيعي/أوكسجين).
- ☒ دراسة Prabhu وزملاؤه عام 2011 حيث أظهرت نتائج هذه الدراسة وجود تغيرات كبيرة في خليطة (نيكل–كروم) المعاد صبها مع أو بدون إضافة خليطة جديدة مقارنةً مع الخليطة الجديدة، فأظهرت الخلائط المعاد صبها دون إضافة خليطة جديدة قيم أكبر لتغيرات خواصها الميكانيكية التي تم تقييمها كحد الخضوع، ومتانة الشد، والاستطالة النسبية، ومعامل المرونة بالمقارنة مع الخليطة الجديدة بعد الصب (Prabhu, Geetha Prabhu et al. 2011).

وقد يعزى سبب الاختلاف هنا إلى اختلاف العناصر الزهيدة المكونة للخليطة التي تؤثر على خواص الخليطة فالخليطة المستخدمة في هذه الدراسة تحتوي على الحديد والسيريوم، بينما الخليطة المستخدمة في دراستنا تحتوي على الألمنيوم والمنغنيز .

- ☒ دراسة Walcazak وزملاؤه عام 2012 الذين درسوا تأثير كمية المواد المعاد تدويرها على الخواص الميكانيكية لخليطة CrCoMo وكذلك على بنية هذه الخليطة, ولاحظ الباحثون أن المقاومة الميكانيكية لجميع الخلائط المعاد صبها أقل من مقاومة الخليطة الجديدة, إضافة إلى زيادة عدم التجانس في بنية الخليطة مع زيادة نسبة المواد المعاد تدويرها, ولوحظ وجود رواسب من أنماط مختلفة من الكاربيد الذي يؤثر على الخواص الميكانيكية للخليطة (Walczak, Beer et al. 2012). وقد يعود

سبب الاختلاف لاختلاف الخليطة المستخدمة واختلاف طريقة الصهر حبث استخدم الباحث في هذه الدراسة تقنية الصهر بالتفريغ تحت الهواء.

نلاحظ مما سبق أنّ أغلب الدراسات التي اختلفت مع نتائج دراستنا هي التي درست تأثير إعادة الصب عل خلائط (كروم–كوبالت)، وهذه النتيجة تتفق مع دراسة Brantley وزملاؤه (Brantley and Herman 1993) ودراسة Craig وزملاؤه (Kohn, Craig et al. 2002)، حيث وجدوا أن التفسير الممكن لهذا قد يكون نتيجة الاختلاف في العناصر المكونة للخليطة التي تؤثر بدورها على خواص ومقاومة الخليطة المعدنية .

الباب الخامس

الاستنتاجات

Conclusions

ضمن حدود هذه الدراسة المخبرية يمكننا استنتاج ما يلي :

- لا تتأثر مقاومة انحناء الجسور المصبوبة من خليطة (نيكل–كروم) بعد إعادة صبها مرتين أو ثلاث أو أربع مرات عند تطبيق اختبار الانحناء ثلاثي النقط .

- لا تتأثر مقاومة انكسار الجسور المصبوبة من خليطة (نيكل–كروم) بعد إعادة صبها مرتين أو ثلاث أو أربع مرات.

الباب السادس

التوصيات والمقترحات

Recommendations & Suggestions

1.6 التوصيات :

- من ناحية مقاومة الانكسار والانحناء يمكن إعادة صب خليطة (نيكل–كروم) المستخدمة في تعويضات الأسنان الثابتة.

.

2.6.المقترحات:

- دراسة تأثير إعادة صب الجسور خليطة (نيكل–كروم) على مقاومة انحناء وانكسار الجسور المعدنية حيث تكون بطول عارضة مختلف مع توحيد سماكة العارضة.
- دراسة تأثير إعادة صب خليطة (نيكل–كروم) في خواص ميكانيكية أخرى مثل قابلية إعادة صب الخليطة ومعامل المرونة.
- دراسة تأثير إعادة صب خليطة (نيكل–كروم) في التقبل الحيوي للخليطة ومدى تأثيرها على النسج المحيطة بالتعويضات.
- دراسة تأثير إعادة صب خليطة (نيكل–كروم) في خواص الخليطة بعد إضافة نسب معينة من الخليطة الجديدة للخليطة المعاد صهرها.
- دراسة إمكانية معالجة البقايا المصبوبة من خليطة (نيكل–كروم) لتحسين خواصها.
- دراسة تأثير اختلاف تقنية الصهر المستخدمة (الصهر بالحملاج التقليدي، الصهر بالتحريض والمقاومة الكهربائية) في خواص الخليطة الجديدة أو المعاد صبها.

الباب السابع

المراجع

References

-A-

Ahmadzadeh, A., et al. (2013). "A Comparison between Shear Bond Strength of VMK Master Porcelain with Three Base-metal Alloys (Ni-cr-T3, VeraBond, Super Cast) and One Noble Alloy (X-33) in Metal-ceramic Restorations." Journal of Dentistry **14**(4): 191.

Hiyasat, A. S., et al. (2003). "An investigation of the cytotoxic effects of -Al dental casting alloys." International Journal of Prosthodontics **16**(1).

Al-Hiyasat, A. S. and H. Darmani (2005). "The effects of recasting on the cytotoxicity of base metal alloys." The Journal of prosthetic dentistry **93**(2): 158-163.

Al Jabbari, Y. S. (2014). "Physico-mechanical properties and prosthodontic applications of Co-Cr dental alloys: a review of the literature." The journal of advanced prosthodontics **6**(2): 138-145.

Andreiotelli, M., et al. (2013). "Digital data management for CAD/CAM technology. An update of current systems." The European journal of prosthodontics and restorative dentistry **21**(1): 9-15.

Anusavice, K. J., et al. (2013). Phillips' science of dental materials, Elsevier Health Sciences.

Atluri, K. R., et al. (2014). "Comparative evaluation of metal-ceramic bond strengths of nickel chromium and cobalt chromium alloys on repeated castings: an in vitro study." Journal of international oral health: JIOH **6**(5): 99.

Ayad, M. F. and G. M. Ayad (2010). "Corrosion Behavior of As-Received and Previously Cast Type III Gold Alloy." Journal of Prosthodontics 19(3): 194-199.

-B-

Bauer, J., et al. (2012). "Characterization of two Ni–Cr dental alloys and the influence of casting mode on mechanical properties." Journal of prosthodontic research **56**(4): 264-271.

Bauer, J. R. d. O., et al. (2006). "Microhardness of Ni-Cr alloys under different casting conditions." Brazilian oral research **20**(1): 40-46.

Bezzon, O. L ,.et al. (1998). "Effect of beryllium on the castability and resistance of ceramometal bonds in nickel-chromium alloys." The Journal of prosthetic dentistry **80**(5): 570-574.

Bezzon, O. L., et al. (2001). "Castability and resistance of ceramometal bonding in Ni-Cr and Ni-Cr-Be alloys." The Journal of prosthetic dentistry **85**(3): 299-304.

Brantley, W. A. and P. F. Herman (1993). "Cobalt-Chromium and Nickel-Chromium Alloys for Removable Prosthodontics, Part 1: Mechanical Properties." Journal of Prosthodontics **2**(3): 144-150.

Brunell, G. (1982). "Casting and microstructure of post and core at different mold temperatures." Acta Odontologica Scandinavica **40**(4): 241-246.

-C-

Can, G., et al. (2007). "The release of elements from dental casting alloy into cell-culture medium and artificial saliva." European journal of dentistry **1**(2): 86.

Craig, R. "Restorative Dental Materials. 1997, Mosby-Year Book Inc." Ann Arbor Michigan: 245-249.

Craig, R., et al. (2000). Dental materials properties and manipulation. St Louis: Mosby, Inc.

Craig, R., et al. "Dental materials Properties and manipulation , 2004." China: Mosby: 161-166.

-F-

Fahmy, A., et al. (2012). "Effect of different finishing techniques on the surface roughness and bacterial adhesion of cast Nickel-chromium alloy." Journal of American Science **8**(6).

Ferracane, J. L. (2001). Materials in dentistry: principles and applications, Lippincott Williams & Wilkins.

-G-

Geurtsen, W. (2002). "Biocompatibility of dental casting alloys." Critical Reviews in Oral Biology & Medicine **13**(1): 71-84.

Gladwin, M. and M. Bagby (2009). Clinical aspects of dental materials: theory, practice, and cases, Wolters Kluwer business.

Gordon, T. and D. Bowser (2003). "Beryllium: genotoxicity and carcinogenicity." Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis **533**(1): 99-105.

Grimaudo, N. (2001). "Biocompatibility of nickel and cobalt dental alloys." General dentistry **49**(5): 498.

Gupta, S. and A. S. Mehta (2012). "The effect of remelting various combinations of new and used cobalt-chromium alloy on the mechanical properties and microstructure of the alloy." Indian Journal of Dental Research **23**(3): 341.

-H-

Hamza, T. A., et al. (2013). "Accuracy of ceramic restorations made with two CAD/CAM systems." The Journal of prosthetic dentistry **109**(2): 83-87.

Harcourt, H. (1962). "The remelting of cobalt-chromium alloys." Br Dent J **112**: 198 -204.

Harcourt, H. and W. Cotterill (1965). "INDUCTION MELTING OF COBALT-CHROMIUM ALLOYS; A COMPARISON WITH FLAME MELTING." British dental journal **118**: 323-329.

Hatrick, C. D. and W. S. Eakle (2015). Dental materials: Clinical applications for dental assistants and dental hygienists, Elsevier Health Sciences.

Hesby, D. A., et al. (1980). "Physical properties of a repeatedly used nonprecious metal alloy." The Journal of prosthetic dentistry **44**(3): 291-293.

Huang, H.-H. (2003). "Surface characterization of passive film on NiCr-based dental casting alloys." Biomaterials **24**(9): 1575-1582.

HUANG, H. H., et al. (2005). "Effect of chemical composition of Ni-Cr dental casting alloys on the bonding characterization between porcelain and metal." Journal of oral rehabilitation **32**(3): 206-212.

-I-

Issac, L. and S. Bhat (1997). "Effect of re-using nickel-chromium alloy on its ultimate tensile strength, yield strength and modulus of elasticity." Indian journal of dental research: official publication of Indian Society for Dental Research **9**(1): 13-17.

-J-

Johnson, T., et al. (2006). "Surface analysis of porcelain fused to metal systems." Dental Materials **22**(4): 330-337.

-K-

Kelly, J. R. and T. C. Rose (1983). "Nonprecious alloys for use in fixed prosthodontics: a literature review." The Journal of prosthetic dentistry **49**(3): 363-370.

Kohn, D., et al. (2002). "Restorative dental materials".

Könönen, M. and J. Kivilahti (2001). "Concise review biomaterials & bioengineering: fusing of dental ceramics to titanium." Journal of dental research **80**(3): 848-854.

-L-

Leinfelder, K. F. (1997). "An evaluation of casting alloys used for restorative procedures." The Journal of the American Dental Association **128**(1): 37-45.

Lewis, A. (1975). "The effects of remelting on the mechanical properties of a nickel base partial denture casting alloy." Australian dental journal **20**(2): 89-93.

Liu, R., et al. (2010). "The effect of metal recasting on porcelain-metal bonding: a force-to-failure study." The Journal of prosthetic dentistry :(3)104 172-165.

Lombardas, P., et al. (2000). "Dimensional accuracy of castings produced with ringless and metal ring investment systems." The Journal of prosthetic dentistry **84**(1): 27-31.

Lopes, S. C., et al. (2009). "Correlation between metal-ceramic bond strength and coefficient of linear thermal expansion difference." Journal of applied oral science **17**(2): 122-128.

-M-

Madani, A. S., et al. (2011). "The Effect of Recasting on Bond Strength between Porcelain and Base-Metal Alloys." Journal of Prosthodontics **20**(3): 190-194.

Manappallil, J. J. (2015). Basic dental materials. 3rd ed . JP Medical puplishers (P) Ltd 21-25,309-322.

McCabe, J. F. and A. W. Walls (2013). Applied dental materials. 9th ed . Blackwell Puplishers Ltd, 6-20,53-61, 71-79, 80-83.

Mchouh, N. R. (2015). The effect of recasting nickel chromium and cobalt chromium alloys on the quality of fixed prosthodontic devices, Manchester Metropolitan University.

Mehl, C., et al. (2011). "Microstructure analysis of dental castings used in fixed dental prostheses—a simple method for quality control." Clinical oral investigations **15**(3): 383-391.

Messer, R. L. and L. Lucas (2000). "Cytotoxicity of nickel–chromium alloys: bulk alloys compared to multiple ion salt solutions." Dental Materials **16**(3): 207-212.

-N-

Naylor, W. P. and A. H. King (2009). Introduction to metal-ceramic technology, Quintessence Publishing Company.

Nelson, D. R., et al. (1986). "Recasting a nickel-chromium alloy." The Journal of prosthetic dentistry **55**(1): 122-127.

-O-

O'Brien, W .(2008) .Physical properties in dental materials and their selection. Illinois, Quintessence Publishing Co., 12-18,243-250.

Ozyegin, L., et al. (2007). Hardness, behavior and metal surface evaluation of recasting non-precious dental alloys. Key Engineering Materials, Trans Tech Publ,19,1425-28.

-P-

Pagnano, V. O., et al. (2009). "Effect of casting atmosphere on the shear bond strength of a ceramic to Ni-Cr and Ni-Cr-Be alloys." Brazilian dental journal **20**(2): 138-142.

Palaskar, J., et al. (2010). "Effect of recasting of nickel: chromium alloy on its castability." The Journal of Indian Prosthodontic Society **10**(3): 160-164.

Peraire, M., et al. (2007). "Effects of recasting on the chemical composition, microstructure, microhardness, and ion release of 3 dental casting alloys and titanium." International Journal of Prosthodontics **20**(3).

Persson, A., et al. (2006). "A three-dimensional evaluation of a laser scanner and a touch-probe scanner." The Journal of prosthetic dentistry **95**(3): 194-200.

-R-

Rao, S. B. and R. Chowdhary (2011) "Evaluation on the corrosion of the three Ni-Cr alloys with different composition." International journal of dentistry **2011**.

Reddy, N. R., et al. (2011). "An Invitro Analysis of Elemental Release and Cytotoxicity of Recast Nickel–Chromium Dental Casting Alloys." The Journal of Indian Prosthodontic Society **11**(2): 106-112.

Reisbick, M. and W. A. Grantley (1995). "Mechanical property and microstructural variations for recast low-gold alloy." International Journal of Prosthodontics **8**(4).

Roberts, H. W ,.et al. (2009). "Metal-Ceramic Alloys in Dentistry: A Review." Journal of Prosthodontics **18**(2): 188-194.

Rosenstiel, S. F., et al. (2015). Contemporary fixed prosthodontics,4th ed. Elsevier Health Sciences,598-601, 606-613, 681-700.

-S-

Sakaguchi, R. L. and J. M. Powers (2012). Craig's restorative dental materials, 13th ed. Elsevier Health Sciences,35-49, 90-92, 224-233.

Salazar, M. S., et al" .(2006) .Shear bond strength between metal alloy and a ceramic system, submitted to different thermocycling immersion times." Acta odontologica latinoamericana: AOL **20**(2): 97-102.

Sharma, A., et al. (2016). "Evaluation of effect of recasting of nickel-chromium alloy on its castability using different investment materials: An in vitro study." Indian Journal of Dental Research **27**(2): 190.

Shigeto, N., et al. (1991). "Corrosion properties of soldered joints. Part II: Corrosion pattern of dental solder and dental nickel-chromium alloy." The Journal of prosthetic dentistry **66**(5): 607-610.

Shillingburg, H. T., et al. (1997). "Fundamentals of fixed prosthodontics".3thed. Book reviews. J Prosthodont **6**: 316-320.

-T-

Tannamala, P. K., et al. (2013). "Evaluation of marginal gap of Ni-Cr copings made with conventional and accelerated casting techniques." Indian Journal of Dental Research **24**(1): 147.

Türköz, Y. (1" .(989Influences of remelting on physical properties of denture base metal alloys." Ankara Universitesi Dis Hekimligi Fakultesi dergisi= The Journal of the Dental Faculty of Ankara University **16**(1): 13-17.

-V-

Veronesi, G. S., et al. (1992). "The influence of casting methods on the surface microhardness and crystalline formation of aluminum-copper alloys." The Journal of prosthetic dentistry **67**(1): 26-29.

-W-

Walczak, M., et al. (2012). "The issue of using remelted CoCrMo alloys in dental prosthetics." Archives of Civil and Mechanical Engineering **12**(2): 171-177.

Wataha, J. C. (2002). "Alloys for prosthodontic restorations." The Journal of prosthetic dentistry **87**(4): 351-363.

Wataha, J. C. and R. L. Messer (2004). "Casting alloys." Dental Clinics of North America **48**(2): 499-512.

Wight, T. A., et al. (1980). "Evaluation of three variables affecting the casting of base metal alloys." The Journal of prosthetic dentistry **43**(4): 415-418.

-Y-

Yavuz, T., et al. (2012). "Effect of surface treatment on elemental composition of recast NiCr alloy".

Yfantis, C., et al. (2007). "Analytical and electrochemical evaluation of the in vitro corrosion behavior of nickel-chrome and cobalt-chrome casting alloys for metal-ceramic restorations." The European journal of prosthodontics and restorative dentistry **15**(1): 33-40.

Yilmaz, B., et al. (2012). "Effect of alloy recasting on the color of opaque porcelain applied on different dental alloy systems." The Journal of prosthetic dentistry **108**(6): 362-369.

-Z-

Zhihong, C., et al" .(2011) .Comparison of the cytogenotoxicity induced by five different dental alloys using four in vitro assays." Dental materials journal **30**(6): 861-868.

المراجع العربية:

أبو نصار ج، الشعراني ف.2000. إجهادات الترميمات الجذرية، رسالة دكتوراه في قسم التيجان والجسور جامعة دمشق: 3-6.

أبو جهجاه ج، سلامة ع،ضحية ف.2011. علم المواد خواصها واختباراته، منشورات جامعة دمشق:17-25، 220-235، 266-278.

الشعراني ف، أبو نصار ج، سويد إ.2014. التعويضات الثابتة (2)، منشورات جامعة دمشق:20-30 ،50-66 ،245-247.

الشعراني ف.2015. التعويضات الثابتة (1)، منشورات جامعة دمشق:261-290.

الشعراني ف، بهرلي ن،سلطان م.2007. التيجان والجسور-علم التعويضات الثابتة، منشورات جامعة تشرين : 117-226.

النجار ب.2005. دراسة تأثير البريليوم في تحسين قابلية الصب ومقاومة الارتباط الخزفي المعدني في خلائط نيكل-كروم، رسالة ماجيستير في قسم التيجان والجسور- جامعة دمشق :22-26.

شعبان ف، العادل ع . 2016 . تأثير إعادة صب خليطة نيكل- كروم في الخواص الميكانيكية للخليطة , رسالة ماجيستير في قسم التيجان والجسور _ جامعة دمشق.

عبدو م، العادل ع . 2015 تأثير إعادة صب خليطة نيكل كروم في التركيب الكيميائي للخليطة ، رسالة ماجيستير في قسم التيجان والجسور جامعة دمشق.

عزيمة خ، ضحية ف.2007. علم المواد وهندستها، منشورات جامعة دمشق: 53-56.

الملخص باللغتين
العربية والانكليزية

الملخص

خلفية وهدف البحث : مؤخراً زادت تكاليف صناعة خلائط المعادن القاعدية , لهذا لجأت بعض المخابر إلى إعادة صب الخليطة عدة مرات بالرغم من توصيات الشركة باستخدام الخليطة مرة واحدة، لذلك يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير إعادة صب خليطة (نيكل – كروم) عدة مرات على مقاومة الجسور المعدنية للانحناء والانكسار.

المواد والطرق: شملت عينة البحث (64) جسراً من خليطة (نيكل – كروم) قُسمت إلى مجموعتين رئيسيتين :

المجموعة الأولى :(32) جسراً طول العارضة 8 ملم وسماكتها 2.5ملم.

المجموعة الثانية : (32) جسراً طول العارضة 14 ملم وسماكتها 3.5 ملم.

قُسّمت كل مجموعة إلى أربع مجموعات متساوية (n=8) وفقاً لعدد مرات الصب:

(مجموعة الجسور المصبوبة مرة واحدة – مجموعة الجسور المصبوبة مرتين – مجموعة الجسور المصبوبة ثلاث مرات – مجموعة الجسور المصبوبة أربع مرات) .

تم قياس القوة عند الانحناء وعند الانكسار لهذه العينات باستخدام جهاز (Testometric)، ثم حللت النتائج باستخدام تحليل ANOVA أحادي الجانب – One way Anova .

النتائج : وجد أنه لا توجد فروق دالة إحصائياً بين متوسط قيم القوة عند الانحناء وكذلك عند الانكسار، وذلك في كل من مجموعة الجسور التي عارضتها بطول 8 ملم ومجموعة الجسور التي عارضتها بطول 14 ملم على حدة في عينة البحث.

الاستنتاجات : ضمن محدودية هذه الدراسة يمكن الاستنتاج أن القوة عند الانحناء وعند الانكسار لخليطة(نيكل– كروم) لا تتأثر عند إعادة صبها وبالتالي يمكن استخدام الخلائط المتبقية بعد إجراءات الصب في طب الاسنان .

الكلمات المفتاحيّة : خليطة (نيكل– كروم)، إعادة الصب، الانحناء، الانكسار، الجسور المعدنية.

Abastract

Background of the research: Recently , the costs of the base metal alloy manufacturing have been increased, so some laboratories have recasted the alloy many times although the company's recommendations by using the alloy once.
Therefore, this study aims to investigate the effect of re-casting the Ni - Cr alloy several times on bending and fracture resistance of metal bridges.

Materials and methods The study sample included (64) bridges of Ni- Cr alloy divided into two main groups:
Group A: (32) bridges (length of the bar 8 mm and thickness of the bar 2.5 mm).
Group B: (32) bridges (length of the bar 14 mm and thickness of the bar 3.5 mm).
Each group was divided into four equal groups (n = 8) according to the number of castings times (once, twice ,three times ,four times).
The strength of bending and fracture was measured of these samples by using a Testometric device . One-Way ANOVA analysis used.

Results: no statistically significant differences were found between the four groups for each two main groups in this study.

Conclusions Within the limitations of this study it could be concluded that the force at bending and fracture of the Ni-Cr alloy will not be affected by recating .therefore, the left over alloy after casting procedures can be reused.

Keywords: (Ni-Cr) alloy, recasting, bending, fracture, metal bridges.

الملاحق

Appendix

اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA:

يستخدم اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA مع متغيرات بارامترية ذات توزع طبيعي عادةً (المتغيرات البارامترية هي تلك المتغيرات التي نستطيع حساب متوسط حسابي له معنى لها مثل مقدار الانحناء (بالملم)) للمقارنة في التباين بين أكثر من مجموعتين من القيم عادةً، ونلاحظ في الجداول المرافقة وجود قسمين من الجداول لهذا النوع من الاختبار :

1- الإحصاءات الوصفية : وتتضمن وصفاً للمتغيرات الإحصائية المحسوبة والمستخدمة في الجدول التالي كالمتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى.

2- نتائج اختبار تحليل التباين : ونجد في هذا النوع من الجداول (قيمة F المحسوبة) وهي القيمة التي من المفترض مقارنتها مع قيمة نظرية توجد في الجداول الإحصائية ووفق درجات الحرية المذكورة في الجدول نفسه (إذا أردنا استخدام الطريقة اليدوية في اتخاذ القرار الإحصائي)، ونجد أيضاً عموداً يحتوي على مجموع المربعات بين المجموعات وداخل المجموعات وفي المجموع، وكل الأعمدة السابقة بالإضافة إلى قيمة F المحسوبة تستخدم لحساب قيمة مستوى الدلالة (التي عادة ما تسمى في الكتب الإحصائية أو في برنامج Excel بـ P –value، وقد تسمى في الكتب والبرامج الأخرى بالدلالة أو Significance، وهي عبارة عن احتمال تساوي المتوسطات). والحقل الذي يحتوي على قيمة مستوى الدلالة هو الحقل الأساس في إقرار وجود فروق دالة إحصائياً أم لا، فعندما نعتمد مستوى الثقة 95% (وهذا هو المستوى الذي عادة ما يأخذ به الإحصائيون والباحثون وهو المعتمد في البحث الحالي)، فإننا ننظر في قيمة مستوى الدلالة هذا، فإذا كان يساوي أو أقل من 0.05 فإننا نقرر عدم تحقق الفرضية (فرضية العدم، أي عدم وجود فروق دالة بين المتوسطات)، ونقرر وجود الفروق الإحصائية بين اثنتين على الأقل من المجموعات المدروسة على الأقل، والعكس بالعكس.