

الجمهورية العربية السورية
جامعة المنارة
كلية طب الأسنان

الخلائط المعدنية الخاصة بالخزف



جامعة
المنارة

HAMARA UNIVERSITY

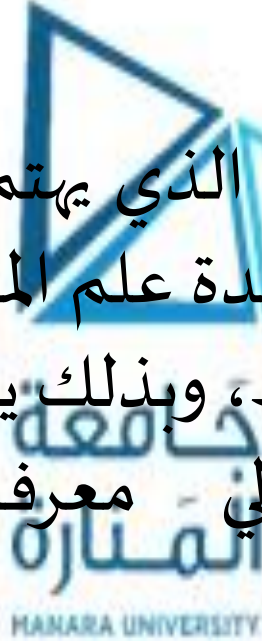
Dr Modar Ahmad

D.D.S, M.SC, PH.D

مواد سنية تعويضية

علم المعادن

- علم المعادن هو العلم الذي يهتم بدراسة وبناء وخواص المعادن وخلائطها، وبمساعدة علم المعادن يمكن تقييم البناء الداخلي للمعادن والخلائط، وبذلك يمكن معرفة العلاقة بين تركيبها وصفاتها وبالتالي معرفة كيفية استعمالها واستخدامها.



1- المتطلبات الواجب توفرها في الخليطة ككل:

إن المتطلبات الواجب توفرها في الخليطة المعدنية السنيّة هي:

- 1- أن تبقى صلبة قاسية عند تعرضها لقوى المضغ.
- 2- أن تملك ثباتاً كيميائياً في الوسط الفموي (عند تأكلها وتأكسدها).
- 3- لا تسبب أية سميّة أو حساسية للنسج الصلبة واللينة.
- 4- أن تملك سيولة كافية عند صهرها أثناء عملية صبها لضمان دقة انطباق التعويض.
- 5- سهولة التعامل معها، أي أن تكون سهلة التشكيل والصقل والتلميع وتملك خاصية السحب والتطريق.

2- الخزف المعدني

يقصد بالخزف المعدني طريقة خبز الخزف مباشرة على النماذج المعدنية المصبوبة، يمكن لهذه الطريقة الوصول إلى أفضل الخواص التجميلية مع أفضل الخواص الميكانيكية للتيجان والجسور الثابتة.

تركيب الخزف المعدني:

تمّ تطويره في خمسينيات القرن الماضي، وتمّ تطوير عامل تمدده الحراري إلى حوالي 13-14 $\times 10^{-6}$ م، ليجاري الخلائط المعدنية. ويمكن الحصول على هذا المسحوق بتسخين الفلدسبار البوتاسي *Orthoclase feldspar* $K_2O.AL_2O_3.6SiO_2$ مع كربونات البوتاسيوم الليتيوم ($Li_2CO_3.K_2CO_3$) لدرجة حرارة 1093 م، ثم يتم تبريده بشكل مفاجئ ليتشكل زجاج خزفي بحالة غير منتظمة، يعرف بأنه في طور اللوسيت *Leucite* $K_2O.AL_2O_3.4SiO_2$.

يتكون الخزف المعدني من الخزف الظليل، والخزف العاجي والخزف المينائي. تتراوح درجة انصهار الخزف المعدني ما بين 871-1066 م، أي يستخدم الخزف منخفض درجة الانصهار. وللخزف الظليل دور هام في الخزف المعدني، فهو المسؤول عن تأمين ارتباط الخزف مع المعدن المصبوب، بالإضافة إلى إخفاء لون المعدن، لهذا يختلف تركيب الخزف الظليل عن باقي طبقات الخزف الأخرى. يضاف أكاسيد معدنية إلى الخزف الظليل لزيادة مقاومته للكسر مثل أكسيد الألمنيوم، كما تضاف أكاسيد مختلفة بنسبة 15% لإكسابه ظلالية جيدة، مثل أكسيد التوتياء والقصدير والزرقونيوم والتيتانيوم. لتحسين ترطيب الخزف للخليطة المعدنية يضاف مواد تزيد منه سيولة الخزف المنصهر مثل أكسيد الكالسيوم والبوراكس، وفوق الطبقة الظليلة تتوضع الطبقة الرئيسية التي تعرف بالطبقة العاجية.

3- المتطلبات الواجب توفرها في الخلائط المعدنية:

لا بدّ أن تتوفر بعض المتطلبات في الخلائط المعدنية لإنجاح الترميم الخزفي- المعدني:

1- يجب أن تقع درجة انصهار الخليطة المعدنية المستخدمة فوق درجة حرارة خبز الخزف.

2- تملك ثباتاً ميكانيكياً عند تعرضها لحرارة الخبز، ولا تتعرض لأي تشوه أو التواء.

3- يجب على المعدن أن يملك في الحالة الباردة ثباتاً ميكانيكياً وأن لا يتعرض لأي التواء أو تشوه عند تطبيق الضغوط عليه، كي لا يؤدي ذلك إلى انكسار الخزف وانفصاله عنه (أي أن تمتلك الخليطة معامل مرونة قريب إلى حد ما من معامل المرونة للخزف).

4- أن يتوافق معامل التمدد الحراري للخلائط المعدنية مع الخزف لمنع تشكل شقوق نتيجة اختلاف التمدد والتقلص لكل من المعدن والخزف عند تعرضهما للتبدلات الحرارية المختلفة (وخصوصاً حرارة الخبز).

5- على الخلائط المعدنية أن لا تشكل أكاسيد معدنية تلون الخزف وتسيء إلى مظهره التجميلي.

4- الارتباط الخزفي- المعدني:

يملك الارتباط الخزفي- المعدني قيمة عالية، ويعود سبب هذا الارتباط القوي إلى:

1- الترطيب *Wetting*:

يجب أن تسيل الطبقة الخزفية الظليلة أثناء خبزها بما فيه الكفاية لتقوم بترطيب جيد للسطح المعدني الصلب، وأن تكون زاوية التماس أقل ما يمكن عند تسخين الخزف على المعدن الصلب ونشوء قوى فيزيائية تدعى قوى فان درفالس وهي قوى جذب فيزيائية تنشأ بين جزيئات السطح المعدني الصلب وجزيئات الخزف السيل.

2- التثبيت الميكانيكي *Mechanical retention*:

تخرش الخليطة المعدنية المصبوبة بواسطة المرملة محدثة تخريشات مجهرية على سطحها، ويساعد الترطيب الجيد الخزف على إدخال أفضل له ضمن التخريشات المجهرية المعدنية يؤدي ذلك إلى زيادة سطح التماس بين الخزف والمعدن وزيادة التشابك والارتباط بينهما، على حين أن التخريش العياني للسطح المعدني (حبيبات، قضبان،...) غير مرغوب به، لأن اللزوجة العالية نسبياً لمزيج الخزف (قبل خبزه) لا تمكنه من الانسياب في هذه التجويفات وبالتالي تبقى مملوءة بالهواء لتتدخل لاحقاً في كتلة الخزف (عند خبزه) مسببة تصدعاً فيه وتشكل شقوق.

3- الارتباط الكيميائي:

تنفذ المعادن غير الثمينة عند صهر الخلائط المعدنية السنيّة إلى سطح الخليطة مشكلة طبقة من الأكاسيد، ونتيجة لشراهة السيليسيوم الحاوي عليه الخزف السني للأوكسجين، سرعان ما تتشكل جسور الأوكسجين- عند خبز الخزف على المعدن- تربط بين أكسيد السيليسيوم الموجود في الخزف والأكاسيد المعدنية الموجودة على سطح الخليطة.

إن المسؤول عن تشكل طبقة الأكاسيد في الخلائط السنيّة هي المعادن غير الثمينة مثل نيكل، كروم، بريليوم، منغنيز. ففي الخلائط السنية غير الثمينة تتشكل طبقة الأكاسيد هذه عند صب الخليطة نظراً لاحتوائها على بعض من هذه المعادن، لكن يضاف إلى الخلائط السنيّة بعض المعادن غير الثمينة مثل الحديد، والإنديوم والقصدير وغيرها لتكون المسؤولة عن تشكل طبقة الأكاسيد على سطحها، ويحتاج بناء طبقة الأكاسيد هذه في الخلائط الثمينة وغير الثمينة إلى معالجة حرارية قبل خبز الخزف عليها.

إن الارتباط المعدني- الخزفي ارتباط قوي ويتعلق ذلك بحرارة خبز الخزف وبنوع الخلائط المعدنية المستخدمة وأيضاً بالخزف المستخدم. فمن الهام استخدام خلائط معدنية وخزف لنفس الشركة المنتجة، فعندما لا يوجد انسجام بين الخزف والخليطة يضعف الارتباط بينهما.

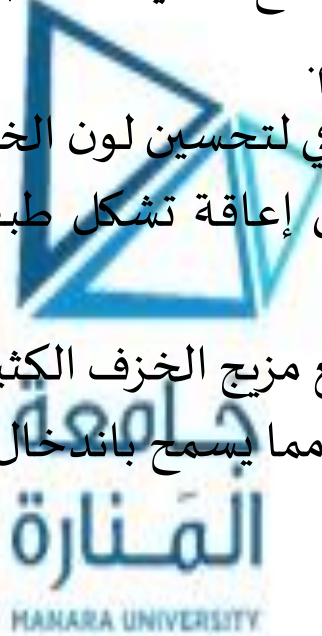
تعطي بعض أنظمة الخلائط المعدنية غير الثمينة- الخزفية ارتباطاً أقوى (يقدر بـ 5000- 10000 نيوتن/ سم²) بشكل واضح من ارتباط الخلائط المعدنية الثمينة- الخزفية (حوالي 3000- 7000 نيوتن/ سم²).

يمكن لتحسين الارتباط الخزفي مع الخلائط المعدنية الثمينة الخالية من المعادن غير الثمينة استخدام مادة رابطة من مزيج الهيبريد مع مسحوق معدني، بعد وضع هذه الرابطة على سطح الخليطة الثمينة المصبوبة يتم تجفيفها وتكثيفها عليه لتشكيل طبقة بسماكة 10- 50 ميكرون مسامية تشبه الشبكة ترتبط بقوة مع الهياكل المعدنية المصبوبة، وعند خبز الخزف الظليل عليها تتشابك ميكانيكياً مع هذه الطبقة عبر اندخالها في هذه المسام المجهرية. يدخل في تركيب المادة الرابطة مواد مختلفة مثل مسحوق الذهب والذهب الغروي ومكونات خزفية وخلائط ذهبية عالية الانصهار.

تبين الدراسات المجهرية لمنطقة الارتباط المعدني- الخزفي عدم وجود شق بين المعدن والخزف. يكون الارتباط المعدني- الخزفي في الخلائط المعدنية الثمينة على شكل منطقة تداخل وتشابك تقدر حوالي 15 ميكرون، على حين يكون الارتباط المعدني- الخزفي في الخلائط المعدنية غير الثمينة على شكل خط تماس، وينشأ في المعدن على طول خط التماس توتر داخلي قوي.

5- أخطاء مخبرية:

- الارتباط الخزفي- المعدني ارتباط قوي إذا أحسنت شروط هذا الارتباط ويؤدي أي خلل مخبري في تطبيق هذه الشروط إلى ضعف الارتباط من هذه الأخطاء المخبرية:
- يؤدي تشكل طبقة أكاسيد سميكة على سطح الخليطة المصبوبة إلى ضعف الارتباط الخزفي المعدني وأكثر ما يشاهد ذلك في خلائط نيكل-كروم.
 - استخدام وسيط مغطي من الذهب الصافي لتحسين لون الخليطة المصبوبة غير الثمينة ويؤدي ذلك وخاصة إذا كانت هذه الطبقة سميكة إلى إعاقة تشكل طبقة الأكاسيد الضرورية لتأمين الارتباط الخزفي المعدني.
 - أخطاء عند مزج الخزف، حيث لا يستطيع مزيج الخزف الكثيف ترطيب سطح الخليطة بشكل جيد.
 - العمل في غرفة غير نظيفة مليئة بالغبار مما يسمح باندخال الغبار ما بين المعدن والخزف مؤدياً إلى فشل الارتباط العمل بأكمله.



6- التحضيرات الميكانيكية للخلائط المصبوبة:

من الشروط الهامة لنجاح الارتباط المعدني الخزفي معالجة سطح الخليطة المعدنية المصبوبة. يتم بعد صب النماذج المعدنية إزالة المسحوق الكاسي عنها وتنظيفها وإزالة قناة الصب، ثم يصقل المعدن المصبوب بواسطة أحجار ماسية وأحجار كربوراندوم، تهدف المعالجة الميكانيكية للسطح المعدني المصبوب إلى:

- إزالة الحواف الحادة والنتوءات عن السطح المعدني لمنع تركيز الجهود وتشكل شقوق في الخزف تؤدي إلى انكساره.

- تأمين سطوح معدنية خالية المسام والتجاويف لمنع اندخال الهواء والغازات فيها، التي يمكن أن تتدخل عبر الخزف في كتلة الخزف وتسيء إلى خواصه الميكانيكية والبصرية.

نقوم بعد الصقل والإنهاء بتخريش السطوح المعدنية المصبوبة بالمرملة وهي توجيه تيار من حبيبات أكسيد الألمنيوم بضغط عالٍ لإحداث تخريشات مجهرية على السطح المعدني المصبوب، هذه المرحلة هامة وضرورية لأنها تقوم بتكبير وتوسيع سطح التماس المعدني- الخزفي وتنظيف وتنشيط السطح المعدني.

7- المعالجة الحرارية:

تتم عملية تسخين نماذج التيجان والجسور المعدنية المصبوبة قبل خبز الخزف عليها والغاية من ذلك:

- توضع المعادن غير الثمينة (مثل الحديد والقصدير) على السطح وتشكل طبقة أكاسيد في الخلائط المعدنية الثمينة.

- تحرير الجهود الداخلية الكامنة في بناء الخلائط المعدنية المصبوبة.

- خروج الفقاعات الغازية في حال توضعها على سطح الخليطة عند صيها.

- في حال تلوث طبقة الأكاسيد يتم عبر تسخينها احتراق هذه الأوساخ والتخلص منها.

تتم المعالجات الحرارية للنماذج المصبوبة من خلائط معدنية ثمينة بوضعها في أفران مفرغة من الهواء بدرجة حرارة 980 م° لمدة 10 دقائق أما النماذج المصبوبة من الخلائط المعدنية غير الثمينة فيتم وضعها في أفران مفرغة من الهواء بدرجة حرارة 1035 م° لمدة نصف دقيقة، وبعد ذلك يتم مرة أخرى مرملة لطبقة الأكاسيد المعدنية بواسطة أكسيد الألمنيوم لضمان نظافة عالية للسطح المعدني المصبوب.

8- مزايا ومساوئ الخزف المعدني:

من مزايا التيجان والجسور الخزفية- المعدنية:

- الحصول على تعويض ذي مقاومة عالية للضغوط.
- إمكانية عمل جسور طويلة المدى تجميلية.
- انطباق حفاقي جيد للتيجان والجسور.

ومن أهم مساوئها:

- ظهور حواف المعدن.
- صعوبة تأمين الشفوفية.
- احتمال استخدام خلائط تسيء إلى المظهر التجميلي للخزف.
- أخطاء في الارتباط الخزفي- المعدني.



جامعة
المنارة

HAMARA UNIVERSITY

9- الخلائط المعدنية السنيّة- الخزفية:

تستخدم مع الخزف خلائط معدنية متنوعة يمكن تصنيفها إلى مجموعتين أساسيتين:

1- خلائط معدنية ثمينة:

- خلائط أساسها البلاديوم مثل: (خلائط بلاديوم- فضة، خلائط بلاديوم- نحاس، خلائط بلاديوم- كوبالت).
- خلائط أساسها الذهب مثل: (خلائط ذهب- بلاتين- بلاديوم، خلائط ذهب- بلاديوم، خلائط ذهب- بلاديوم- فضة).

2- خلائط معدنية غير ثمينة:

- خلائط أساسها النيكل مثل: (خلائط نيكل- كروم- بريليوم، خلائط نيكل- كروم).
- خلائط أساسها الكوبالت مثل: (خلائط كوبالت- كروم).
- التيتانيوم النقي وخالئطه.

تمّ في السنوات الأخيرة تطوير نظام خزفي- معدني بحواف خزفية (كتف خزفي دهليزي) من أجل تجنب المظهر غير التجميلي للحواف المعدنية، ويؤمن هذا النظام الدعم الكافي للحواف الخزفية باستخدام مواد الإلصاق الراتنجية.

الخلايط المعدنية الثمينة *Precious metal alloys*

تصنف الخلايط المعدنية السنيّة حسب المعادن المشكلة لها إلى:

- أ- خلايط معدنية ثمينة أي تحوي معدناً ثميناً أو أكثر بالإضافة إلى معادن غير ثمينة.
- ب- خلايط معدنية غير ثمينة وتكون كافة المعادن المشكلة لهذه الخلايط غير ثمينة.

يمكن تصنيف الخلايط السنيّة حسب المعدن المشكل النسبة الأكبر في تكوينها إلى:

- خلايط الذهب.
- خلايط البلاتينيوم.
- خلايط النيكل.
- التيتانيوم وخلائطه.
- خلايط الفضة.
- خلايط الكوبالت.
- خلايط الحديد.

الخلائط الذهبية Gold alloys:

لا يستعمل الذهب في طب الأسنان بشكل صاف بل كخلائط.

1- الخلائط الذهبية عالية المحتوى من الذهب High-gold alloys:

نمط I / (طري):

نسبة الذهب حوالي 83%.

المعرضة

تتراوح قساوة هذه الخلائط 60-90 VHN، تستخدم فقط في المناطق غير

للجهود الإطباقية.

نمط II (متوسط القساوة):

نسبة الذهب حوالي 77%.

نمط III (قاسي):

نسبة الذهب حوالي 74%.

فيصنع منها

القساوة 120-150 VHN تستخدم في الأماكن المعرضة للقوى الإطباقية،

تيجان وجسور ثابتة.

نمط IV (عالي القساوة):

نسبة الذهب حوالي 68%.

القساوة 150-220 VHN.



خلائط ذهب- بلاتين:

أنتجت أول خليطة عالية المحتوى من الذهب لخبز الخزف عليها في عام 1958 تحت اسم خليطة سيرامكو (Ceramco No. 1) وتمّ تطويرها فيما بعد لتأخذ اسم جيلنكو (Jelenko 0). تتكون خلائط ذهب- بلاتين من 78- 87% من وزنها ذهب، بالإضافة إلى 10- 20% بلاتين وبلاديوم (أي محتواها من المعادن الثمينة يبلغ حوالي 97%)، وإضافات قليلة من القصدير والإنديوم والحديد لأجل تحسين الخواص الميكانيكية (القساوة 182 VHN)، وتحسين ارتباطها بالخزف عبر تشكيلها طبقة أكسيد على سطح الخليطة المصبوبة الضرورية للارتباط المعدني- الخزفي، ولونها أصفر فاتح، ومقاومتها للتآكل بالتأكسد عالية، كما أنها غالية الثمن، وعالية الكثافة (18- 19 غ/سم³) مما يجعلها ثقيلة الوزن. يبلغ مدى انصهار هذه الخلائط الذهبية 1050- 1250 م°، ويعتبر إلى حد ما مناسباً لخبز الخزف عليها دون أن تتعرض للتشوه والانصهار في حرارة الخبز. ومن مساوئ هذه الخلائط بالإضافة إلى غلاء ثمنها، انخفاض حد مرونتها (90 Gpa)، ومقاومتها الضعيفة للارتخاء (448 Mpa) حيث تبلغ مقدار الاستطالة من 4- 10% ويؤدي ذلك إلى ظهور بعش المشاكل أثناء خبز الخزف عليها.

الخلائط الذهبية منخفضة المحتوى من الذهب *Low gold alloys*:

تقارب الخواص الميكانيكية لهذه الخلائط بشكل عام خواص خلائط الذهب نمط III، وبالتالي فهي قوية وقاسية، لذلك تستخدم هذه الخلائط لصنع التيجان والجسور وهي قليلة الاستخدام للحشوات المصبوبة لصعوبة انطباق حوافها.

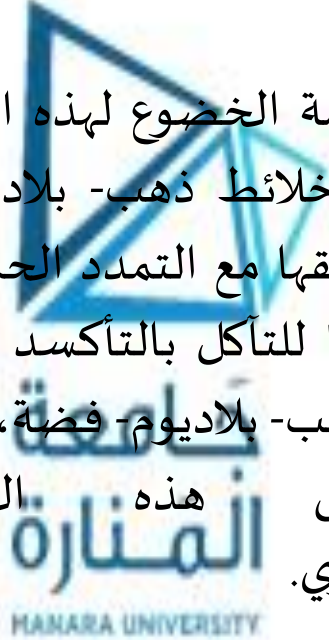
خلائط ذهب- بلاديوم- فضة:

البدائل الأولى لخلائط الذهب عالية المحتوى من الذهب والمستخدم لاصنع تيجان وللجسور المعدنية- الخزفية. نسبة الذهب تبلغ حوالي 55%، وتحتوي على بلاديوم بنسبة تتراوح ما بين 20- 30% وفضة 10- 15% وكميات قليلة من الإنديوم والكاديوم والقصدير. تتبدل أبعاد هذه الخلائط بنسبة أقل من الخلائط عالية المحتوى من الذهب. ولهذا أهمية عند خبز الخزف عليها، كما تملك حد مرونة أعلى من الخلائط الذهبية عالية المحتوى من الذهب (حد المرونة Gpa 110)، وقساوتها أعلى (VHN 218)، وهي أقل كثافة (13.5- 14 غ/ سم³). ولكن هذه الخلائط تسبب تلون الخزف لاحتوائها على الفضة، ليصبح لون الخزف أصفر مخضراً.

خلائط ذهب- بلاديوم:

تطورت خلائط ذهب- بلاديوم الخالية من الفضة في منتصف السبعينات، لحل مشكلة تلون الخزف بالفضة. أول خليطة ذهبية عام 1975 وكان اسمها *Olympia* وبشكل عام تتكون هذه الخلائط من 50% من وزنها ذهباً، و 40% بلاديوم بالإضافة إلى كميات قليلة من الإنديوم والقصدير والكاديوم.

إن قساوة ($VHN\ 220$) ومقاومة الخضوع لهذه الخلائط جيدة، وحد مرونتها أيضاً جيد ($Gpa\ 124$)، ثمها يمكن مقارنته بثمان خلائط ذهب- بلاديوم- فضة. ولكن سيئتها الواضحة هي انخفاض قيم تمددها الحراري وعدم توافقها مع التمدد الحراري للخزف، ورغم ذلك لا يزال ارتباط الخزف مع هذه الخلائط كافياً، ومقاومتها للتآكل بالتأكسد ممتازة، ويقارب ميلها للارتخاء (مقاومة الخضوع $Mpa\ 572$) قيم ارتخاء خلائط ذهب- بلاديوم- فضة، وتتفوق على قيم ارتخاء الخلائط الغنية بالذهب. وحديثاً أضيف إلى هذه الخلائط قليلاً من الفضة (أقل من 5%) لتحسين عامل التمدد الحراري.



خلائط بلاديوم- فضة:

أول خليطة بلاديوم- فضة في طب الأسنان عام 1970 تحت اسم ويل- سيرام *Will- Ceram W- 1* تتركب هذه الخلائط من 50-60% بلاديوم، فضة 30-40%، قصدير 3-12%، إنديوم 0-6% بالإضافة إلى كميات قليلة من البلاتين والكاديوم والزنك. وهذه الخلائط لونها أبيض وتحافظ على بريقها عند استخدامها في الفم، تملك مقاومة عالية للتآكل بالتأكسد في الوسط الفموي. قساوتها عالية حوالي VH242 وحد مرونتها 120-150 *Gpa* وهو الأعلى عند مقارنته بالخلائط المعدنية الثمينة الأخرى، ويفضل عندها خبز الخزف على خليطة البلاديوم، عامل تمددها الحراري 14.5-15 × 10⁻⁶ / م °، ودرجة حرارة انصهارها 1150-1250 م °، ومقاومتها للخضوع *Mpa* 531، وكثافتها 11.1 غ/سم³. إن خواص ارتباط هذه الخلائط بالخزف جيدة ومن أهم مساوئها تغيير لون الخزف إلى الأخضر نظراً لاحتواء الخليطة على كمية كبيرة من الفضة. ولحل هذه المشكلة طورت أنواع من الخزف لتقاوم التلون بالفضة مثل خزف *Will- Ceram* وخزف *Ivoclar*. كما اقترحت بعض الشركات استخدام وسائل مساعدة لربط هذه الخلائط بالخزف، وتخفف هذه الوسائل من تلون الخزف بالفضة بمنعها اندخال الفضة في الخزف (مثل خزف معدل، ذهب نقي 24 قيراط، ذهب غروي... الخ).

خلائط بلاديوم- نحاس:

أول خليطة منها كانت تحت اسم *Option*. لون خلائط بلاديوم- نحاس أبيض رمادي، وتملك التركيب التالي: بلاديوم 75-80%، نحاس 5-10%، قصدير 5-15%، إنديوم 0-5%، غالسيوم 2-10%.

خواصها الميكانيكية:

- القساوة VH425.

- حد المرونة 96 Gpa.

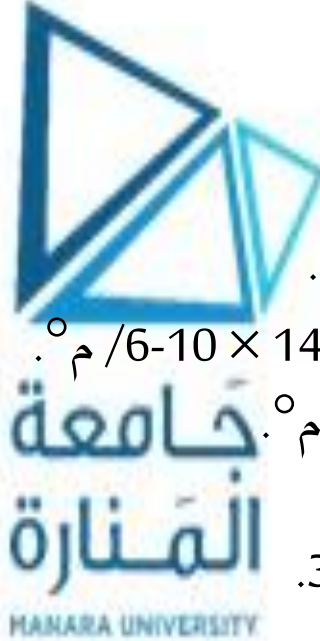
- مقاومة الشد 500-900 Mpa.

- معامل التمدد الحراري 13.5-14 $\times 10^{-6}$ م / $^{\circ}$ م.

- حرارة الانصهار 1100-1200 $^{\circ}$ م.

- مقاومة الخضوع 1145 Mpa.

- الكثافة النوعية 10.6 غ / سم³.



تتسبب إضافة النحاس إلى هذه الخلائط في تشكل طبقة أكسيد سميكة على سطح الخليطة المصبوبة عند تعرضها للحرارة الأمر الذي يصعب عملية تغطيتها بالمادة الظليلة الخزفية *Opack*، ومعدن البلاديوم له ميل وشراهة كيميائية عالية للكربون لذلك عند صهر الخليطة بالغاز ينحل الكربون ويندخّل في التركيب البلوري للخليطة، والتي تتسبب في حدوث مسام في القطعة المصبوبة. وبشكل عام فإن التعامل مع هذه الخلائط صعب لصعوبة صهرها وصبها، ومقاومة الارتخاء لمعظم خلائط بلاديوم- نحاس ليست عالية كما هو الحال في خلائط بلاديوم- فضة، الأمر الذي يعيق استخدامها في صنع جسور طويلة المدى.

خلائط بلاديوم- كوبالت:

88% من وزنها بلاديوم، 4-5% كوبالت. تملك عامل تمدد حراري عالٍ يفيد في بعض أنواع الخزف، ولكن سيئتها الأساسية تشكيل طبقة أكسيد غامقة اللون يصعب تغطيتها وإخفاء لونها خصوصاً عند الحواف الرقيقة، وقد صنعت تجارياً باسم *Jelenko PTM* وأيضاً خليطة *Jeneric/ Pentron APF*.

خلائط كوبالت- كروم:

تتكون هذه الخلائط بشكل أساسي من: كوبالت 62-65%، كروم 27-30%، مولبدين 4-6% مع إضافات قليلة من الكربون وتنغستين والحديد والسيليسيوم ومنغنيز بنسبة أقل من 3% من وزن الخليطة.

مدى انصهار هذه الخلائط عالٍ فهو أعلى من 1300 م°، كما أن الخليطة المنصهرة تملك لزوجة منخفضة والمسؤول عن هذه السيولة هو الكوبالت. المولبدين والتنغستين والكربون هي عناصر مقوية ومقسية للخليطة. يشكل الكوبالت والكروم خليطة متجانسة.

تم إجراء بعض التعديلات في تركيب هذه الخلائط لتصبح مناسبة لخبز الخزف عليها، فأصبح تركيبها: كوبالت 50-70%، كروم 20-32%، مولبدين 0-6% بالإضافة إلى تيتانيوم 0-5%، سيليسيوم 0-5%، تنغستين 0-12%، نيوبيوم 0.6-2%.

تملك هذه الخلائط الخواص التالية:

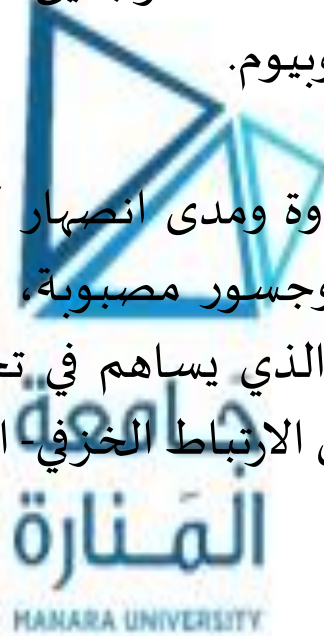
- درجة انصهارها فوق 1350 م°.
- حد المرونة 180-250 Mpa.
- مقاومة الشد 1000-350 Mpa.
- معامل التمدد الحراري 14-15 × 10⁻⁶ / م°.
- القساوة 280-400 VH.
- الاستطالة 5-11%.

خلائط معدنية سنّية أساسها النيكل:

خلائط نيكل-كروم:

تستخدم هذه الخلائط لصنع الهياكل المصبوبة للتيجان والجسور المعدنية- الخزفية، ولها التركيب التالي: نيكل 60-82%، كروم 12-26%، مولبدين 0-10%، سيليسيوم 0-3%، وإضافات قليلة من التيتانيوم، والألمنيوم وغاليوم ونيوبيوم.

تتميز خلائط نيكل-كروم بقساوة ومدى انصهار أقل من خلائط كوبالت-كروم، ويعتبر ذلك ميزة عند استخدامها لصنع تيجان وجسور مصبوبة، ولصنع جسور معدنية-خزفية، تؤدي إضافة الألمنيوم إلى تشكل مركب *Ni3Al* الذي يساهم في تحسين متانة الخليطة، يسيطر إضافة نيوبيوم على أكسدة السطح، وبالتالي يحسن الارتباط الخزفي المعدني.



خلائط نيكل- كروم- بريليوم:

تتكون خلائط نيكل- كروم المستخدمة لصنع التيجان والجسور المعدنية المصبوبة من 62-82% نيكل، 11-22% كروم بالإضافة إلى كميات قليلة من المولبدن والألمنيوم ومنغنيز وسيليكون وكوبالت وغاليوم وحديد ونيوبيوم وتيتانيوم وزرنيوم. ويضاف البريليوم بكميات تتراوح ما بين 0.5-2% من وزن الخليطة، ونتيجة لهذه الإضافات تملك خلائط نيكل- كروم- بريليوم قساوة (VH357)، ومقاومة الخضوع (800 Mpa). وإن الإضافة القليلة من البريليوم إلى خلائط نيكل- كروم يحسن من سيولتها ويخفض مدى انصهارها.

خلائط نيكل- كروم- كوبالت:

تتكون من: 54% نيكل، 25% كروم، 15% كوبالت بالإضافة إلى المنغنيز والكربون. ولهذه الخلائط قابلية جيدة للسحب والتطريق مع قساوة ومقاومة خضوعها منخفضة، تسهل هذه السمات من إعادة تشكيل المادة التي قد نحتاجها أثناء الزرع.

التيتانيوم:

التيتانيوم رخيص الثمن، وكثافته منخفضة، مقاومة التيتانيوم للتآكل بالتأكسد عالية، ويتمتع بتوافق حيوي جيد، درجة انصهاره عالية جداً حوالي 2000 م°.
إن التيتانيوم المقدم تجارياً ليس نقياً تماماً بل يحتوي على كميات ضئيلة من الأوكسجين (0.18-0.40% من الوزن أوكسجين) وحديد (0.20-0.50% من الوزن) متحدة مع التيتانيوم.

صنع ترميمات ثابتة أو متحركة من التيتانيوم تتم فقط بمخابر أبحاث سنّية إلى الآن، لأن تكاليف الصهر والصب لا يزال صعباً ومعقداً.

عند تسخين التيتانيوم إلى درجة حرارة 800 م° ولفترة قصيرة فإنه يشكل طبقة رقيقة من الأكاسيد الملتصقة على سطحه في الدرجات الحرارية الأعلى ولفترة طويلة تصبح طبقة الأكاسيد مسامية وقليلة الالتصاق إلى سطحه خلال عملية الخبز المتكرر للخزف على سطح التيتانيوم تميل الطبقة الملتصقة من الأكاسيد الموجودة على سطح التيتانيوم إلى التقشر مما يعيق الارتباط الخزفي المعدني.

خلائط التيتانيوم:

إن خلائط التيتانيوم الأكثر استخداماً هي خلاشط تيتانيوم- 30 بلاديوم
($Ti-30Pd$)، وخلائط تيتانيوم- 20 نحاس ($Ti-20Cu$)، وخلائط تيتانيوم- 15 فاناديوم ($Ti-15V$)،
وخلائط تيتانيوم 6 ألمنيوم- 4 فاناديوم ($Ti-6Al-4V$).

الخواص:

- تتراوح قوى الشد المطلقة لخلائط التيتانيوم المختلفة من 700 - 985 Mpa .

- مقاومة خضوع 560 - 860 Mpa (ارتخاء 0.2%).

- حد المرونة 110 - 117 Gpa .

- وباستثناء حد المرونة فخواص الشد لخلائط التيتانيوم هي شبيهة بخلائط الكروم.

تستخدم خليطة التيتانيوم- 6 ألمنيوم- 4 فاناديوم لخبز الخزف عليها، ولكن يصنع خوف

خاص ذو تمدد حراري منخفض يبلغ ($9 \times 10^{-6} / ^\circ C$) أما استخدام التيتانيوم النقي فهو يصنع بطريقة

خاصة ويحتاج إلى خزف *Procera*، طورت شركة *Jeneric/ Pentron* خليطة تيتانيوم- ألمنيوم- فاناديوم

($R/2$) بقوة شد مناسبة ($100 Mpa$) وتطاول 9%، والتيتانيوم النقي لشركة ($Jeneric R/1$) لديه قوة

شد $1000 Mpa$ وتطاول 15%.

التأثيرات البيولوجية:

تدفع خاصية التوافق الحيوي للتيتانيوم وخلائطه إلى المزيد من الجهود لتطوير تقنية بسيطة ورخيصة الثمن تسمح بصنع تعويضات سنيّة من التيتانيوم وخلائطه في أي مخبر سني، وإلى الآن يتم تصنيعه وتصميمه بالكمبيوتر (*CAD & CAM*) ويستخدم روتينياً لإنتاج صمامات قلب وتعويضات مفصليّة وزرعات سنيّة.



جَامِعَة
الْمَنَارَة

HAMARA UNIVERSITY

شكراً لحسن اصغائكم

جامعة
المنارة

HANARA UNIVERSITY