

دراسة الخواص الميكانيكية لحشوة الاسنان فضة _ قصدير والمحضرة محلياً

د. حسين جاسم العلكاوي	د. عباس احمد الاسدي	د. سيماء حسين	هيثم نصيف
استاذ	مدرس	طبيبة اسنان	باحث
الجامعة التكنولوجية	الجامعة المستنصرية	وزارة الصحة	وزارة العلوم والتكنولوجيا

Abstract:

Five alloys (Silver-tin), which are used as a dental amalgam were prepared locally under vacuum. These alloys are tested according to the standard American specification (A.D.A.No1). The mechanical tests are, Tensile, compression and micro hardness. These tests are done after one hour and seven days after solidification. The conclusion remarks as follows:

- 1- *The increase of copper percentage gives increasing in the above mechanical properties.*
- 2- *The presence of indium element will reduce the tensile and compressive strength.*

الملخص:

تم اجراء الفحوصات الميكانيكية (فحص الشد ولبضغظ والصلادة الدقيقة) لخمس سبائك (فضة _ قصدير) حضرت محليا في اجواء مفرغة من الهواء لاستخدامها كملغم للسن اعتمادا على المواصفة الامريكية لجمعية اطباء الاسنان الامريكية (A.D.A.No.1) حيث تم فحص الخواص اعلاه لحالتين هما بعد ساعة واحدة وبعد سبعة ايام من التصلب وكانت النتائج التي توصل اليها البحث ان هذه الخواص اعلاه تتأثر بما يلي:-

1. زيادة نسبة النحاس تعطي زيادة في الخواص الميكانيكية اعلاه.
2. وجود عنصر الانديوم سوف يقلل من (مقاومة الشد والانضغاطية).

1. المقدمة:

الملغم بصورة عامة عبارة عن سبيكة تتكون من الزئبق مع واحد او اكثر من المعادن اما الملغم المستخدم في الاسنان Dentalamaigam فهو سبيكة من الزئبق والفضة والقصدير والنحاس وبعض الاحيان الخارصين والبلاديوم والانديوم مع بعض الاضافات للحصول على مواصفات معينة لكي تكون ملائمة لاستخدامها في ترميم الاسنان [11]، [12] لتحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية . تم استخدام ملغم فضة- قصدير لحوالي 75% من الحشوات الترميمية في صناعة الاسنان. هناك عاملين رئيسيين لضمان الحصول على ملغم مناسب للاسنان بمواصفات عالية هما [13] .

- أ- المتغيرات الصناعية وتشمل التركيب الكيميائي وشكل دقائق العنصر وحجمها .
- ب- المتغيرات اليدوية وتضم نسبة الزئبق وتحضير السبيكة ونوع السحن (السحن هي العملية الميكانيكية التي تجمع بين مسحوق السبيكة والزئبق التي يتم فيها سحن السبيكة بواسطة اجهزة ميكانيكية مزودة بمحرك يتم وضع السبيكة سوياً في كبسولة بلاستيكية [14]) اي يدوي ام ميكانيكي وزمن السحن والزمن المستغرق بين السحن

والتكثيف ان هذه المقدمة البسيطة تبين من خلال الفحوصات المختبرية ان لعملية السحن لها تأثير في بقاء العجينة لفترة تسمح لطبيب الاسنان بتشكيلها وتكثيفها ووضعها بالحفرة المحضرة في السن بحيث تعطي مواصفات ميكانيكية جيدة كقوة الانضغاطية والشد والتصليد [3].

2. تصنيع سبائك الملمغ المستخدم في الاسنان حسب المواصفة الامريكية (A.D.A.No.1) :

تتضمن هذه المواصفة نسب مئوية لتركيب السبيكة اذ تسمح ببعض المتغيرات في التركيب الكيماوي حيث ان وجود العناصر الرئيسية وهي الفضة والقصدير والنحاس وقد يتضمن الخليط عناصر اخرى لتحسين مواصفات الملمغ وهي الاضافات تكون بنسب قليلة كالخارصين والاندسيوم والبلاديوم اضافة الى الزئبق . و ثم ترسل العينات لغرض الفحوصات البايولوجية والطبية الى جمعية الاجهزة والمواد المستخدمة في صناعة الاسنان . جدول(1) يعطي التركيب الكيماوي للسبائك التجارية لملمغ السن حسب المواصفة الامريكية (A.D.A.No.1) .

جدول (1) : النسب المئوية للمكونات الكيماوية للسبائك التجارية لملمغ السن وحسب المواصفة الأمريكية [4]

العنصر	المواصفات الامريكية	المواصفة لسنة 1975	المواصفة لسنة 1977
الفضة	اكبر من 65	72.7 -58.7	72.7 -41.2
القصدير	اقل من 29	29.4 -7.7	30.2 -15.1
النحاس	اقل من 6	1.4 -13	28.3 -1.4
الخارصين	اقل من 2	1.8 -0.0	1.8 -0.0
الزئبق	اقل من 3	3.2 -0.0	3.2 -0.0

1-2 الفضة Silver:

في سبائك الملمغ الحديثة_ يكون محتوى الفضة اقل في السبائك ذات نسبة النحاس العالية والعكس صحيح حيث يكوم محتوى الفضة عالي في حالة سبائك واطئة النحاس اي ان وجود الفضة ضروري للتصليد عند الخلط مع الزئبق .السبائك التي تحتوي على اكثر من 70% فضة تمتاز بمقاومة كبيرة تختلف تدريجيا عند المزج مع الزئبق لكن هذا المزيج يكون هش يصعب السيطرة عليه وكذلك عملية الرص يجب ان تكزن سريعة وسبب ذلك التفاعل بين الزئبق وكميات كبيرة من الفضة داخل السبيكة [5].

2-2 القصدير Tin:

القصدير ياخذ نسب متنوعة من 25% الى اقل من 20% وفي بعض الاحيان يرتفع الى 30% من نسبة السبيكة ان وجود القصدير بنسبة اكثر من 29% تسبب للملمغ تقلص عندما يمتزج مع الزئبق وكذلك ايضا يؤدي الى الانخفاض في القوة الكتلية واطالة زمن التحضير Setting Time . والنسبة للقصدير تؤدي الى تحسين مقاومة التآكل للملمغ [5].

3-2 النحاس Copper:

يضاف لتحسين المواصفات الميكانيكية ولعدة سنوات وكانت نسبة النحاس لا تزيد عن 6% حسب المواصفات الامريكية وذلك لان هذه النسبة القليلة تساعد على معالجة السبيكة باليد وباستمرار [5].

4-2 الخارصين Zinc:

يضاف لغرض طرد الاوكسجين وايقاف عملية الاكسدة لباقي عناصر السبيكة عندما تصهر العناصر مع بعضها خلال عملية التصنيع . الخارصين يتفاعل مباشرة مع الاوكسجين ويمنعه من الارتباط مع الفضة او القصدير او النحاس . حيث ان ازكسيد هذه العناصر يعمل على اضعاف الملغم. السبائك التي يقال عنها انها تحتوي على الخارصين اذا زاد عن 0.01 % اما اقل من هذه النسبة فيقال عنها انها خالية من الخارصين [4][5][6]. جدول (2) يعطي تأثير العناصر اعلاه على خاصية التمدد والانسياب ومقاومة الانضغاط

جدول (2): يوضح تأثير العناصر على بعض خصائص ملغم السن [6]

العنصر	خاصية التمدد Expansion	خاصية الانسياب Flow	مقاومة الأنضغاط Compression Strength
الفضة	تزداد	تقل	تزداد
القصدير	تقل	تزداد	تقل
النحاس	تزداد	تقل	تزداد
الخارصين	تقل	غير مؤثر	تقل
الزئبق	تزداد	تزداد	تقل

3. الجانب العملي :

المواد الاولية لسبيكة الملغم يجب ان تكون عالية النقاوة للأسباب التالية:
أ- السبيكة استخدامها بشري لذلك فوجود شوائب او عناصر اخرى يؤدي الى حدوث اضرار بالصحة العامة.
ب- وجود الشوائب قد يولد اطوار ضعيفة او غير مستقرة وغير مرغوب فيها . ويقصد بعالية النقاوة كنسبة مئوية من 99% الى 99.9% [2].

1-3 العناصر المستخدمة في صناعة الملغم:

العناصر المستخدمة في صناعة الملغم ونسب نقاوتها ومصادر تجهيزها موضحة في جدول (3) .

جدول (3): مكونات الملغم المستخدم مع نسبة النقاوة والشركة المجهزة

العنصر	نسبة النقاوة %	مصدر التجهيز	الملاحظات
الفضة	99.9	شركة BDH-England	تعد الفضة الجزء الرئيسي في ملغم السن متحدة مع القصدير مكونة Ag_3Sn
القصدير	99.9	شركة Fluka	اعلاه
النحاس	99.9	محليا	يتحد مع القصدير مكونا Cu_3Sn, Cu_6Sn_5
الخارصين	99.9	شركة Fluka	طارد للأوكسجين
الزئبق	99.9	شركة Fluka	-----

وقد تم استخدام محلول رينكر Ringer's Solution لغرض اختبار مقاومة التاكل للملغم حيث يمثل اللعاب الصناعي ومكوناته كما موضح في جدول (4).

جدول (4): مكونات اللعاب الصناعي^[17]

الكمية (غرام)	اسم المادة
9	ملح الطعام NaCl
0.42	كلوريد البوتاسيوم KCl
0.42	كلوريد الكالسيوم CaCl ₂
0.2	بيكربونات الصوديوم NaHCO ₃
المكونات اعلاه مذابة في لتر ماء مقطر	

2-3 الاجهزة والمعدات المستخدمة في انتاج الملغم المستخدم في الاسنان في حالة الفراغ العالي:

- جميع الاجهزة والمعدات من نوع (PT150) انتاج شركة المانية هي (Germany Leybold Heraeus) حيث تم انجاز جميع التجارب العملية في مختبرات وزايرة العلوم والتكنولوجيا وهذه الاجهزة والمعدات هي:
- مضخة فراغية دوارة تعمل كمساعدة لمضخة الفراغ العالي .
- مضخة الفراغ العالي ذات سرعة ضخ 150 sec/L تعمل بمساعدة محول تردد نوع (150/360 TURBOTRONIC).
- منظومة قياس ضغط الفراغ مجهز بمقياسيين هما مقياس ضغط الفراغ يعمل تحت ضغط (10⁻³ - 10⁻³) ومقياس ضغط الفراغ يعمل تحت ضغط (10⁻⁹ - 10⁻² MPa) وهو عبارة عن مقياس ايوني.
- مجموعة صمامات لاغراض العزل ومعادلة ضغط الفراغ بالضغط الجوي.
- وصلات ربط قياسية.
- عوازل وكابلات ربط كهربائي ونقل اشارة .

3-3 السبائك المحضرة في حالة الفراغ:

- حضرت خمس سبائك قريبة من السبائك العالمية من ناحية المواصفات الميكانيكية وتشمل:
 - السبيكة (AS) سبيكة فضة- قصدير اخذت عناصرها الوزنية طبقا لمخطط الفضة_ قصدير^[13].
 - السبيكة (LASCI) سبيكة تقليدية تتوافق تركيبها مع السبيكة السويدية نوع ANA68.
 - السبيكة (HASC2) عالية النحاس خالية من الخارصين وتتوافق مع السبيكة اليونانية احادية التركيب (Marve alloy) (II).
 - السبيكة (GASCZ) عالية النحاس حاوية على الخارصين تتوافق مع السبيكة الامريكية^[18].
 - السبيكة (HASCI) واطئة الفضة عالية النحاس اضيف اليها الانديوم لكي تتوافق تركيبها مع السبيكة عالية الفضة الامريكية المنشأ^[19].
- جدول (5) يوضح النسب المئوية للعناصر المكونة مع نسبة الخلط مع الزئبق.

4-3 طريقة تحضير السبائك تحت تأثير الفراغ:

بعد اجراء عملية الخلط للعناصر حسب الجدول (5) وضعت السبائك في بوادق من الكوارتز صنعت لتستوعب حجم مقداره (4 cm³) وبعدها توضع البوادق مجتمعة او كلا على انفراد داخل حجرة الفرن في منظومة الصهر الفراغية

ولغرض البدء بعملية الصهر تتبع الخطوات التالية (المصدر ³¹) يوضح يعطي الصور الفوتوغرافية وتفاصيل المعدات المستخدمة في البحث).

جدول (5): النسب المئوية للعناصر مع نسبة خلط الزئبق للسبائك المصنفة محليا

العنصر	AS	LASC1	HASC2	HASCZ	HASC1
الفضة	73.2	68	43	63.5	52
القصدير	26.8	26	29	19.5	30
خارصين	-	0.5	-	0.5	-
النحاس	-	5.5	28	16.5	13
أنديوم	-	-	-	-	5
نسبة خلط السبيكة الى الزئبق	1/1.2	1/1.2	1/1.2	1/1.2	1/1

- أ- اجراء عملية التفريغ بواسطة المضخة الدوارة للحصول على ضغط فراغي يتراوح ما بين (10^{-2} - 10^{-3} Mpa) داخل حجرة الصهر والذي يقاس بمقياس بيراني.
- ب- عملية التسخين لصهر العناصر بوضع برنامج تسخين تدريجي بمعدل صعود لدرجة الحرارة $10 \text{ min}/^{\circ}\text{C}$ الى نقطة الذروة 1100°C حيث تبقى هذه الدرجة 30 دقيقة.
- ج- تبريد السبائك ببطئ نسبي بمعدل نزول لدرجة الحرارة مقداره $10 \text{ min}/^{\circ}\text{C}$ لحين الوصول الى درجة حرارة الغرفة .
- د- وبعدها تبدأ عملية التخمير للحصول على توزيع متجانس لطور γ - AG3Sn . عملية التخمير تكون بدرجة حرارة 0° 400C ولمدة 16 ساعة.
- هـ- بعد ان تبدأ السبائك يتم اخراجها عن طريق فتحة المدخل لانبوبة الصهر بعد معادلة ضغط الفراغ داخل الانبوبة بالضغط الجوي عن طريق صمام متغير .
- و- تطحن السبائك باستخدام مطحنة من نوع (HERZOG) ذات حاويات طحن من نوع كاربيد التكتستن للحصول على الحجم الدقائقي المطلوب.
- ز- نخل المسحوق الدقيق للسبائك بواسطة منخل فتحته ($50 \mu\text{m}$) ثم المتبقي بمنخل فتحته ($80 \mu\text{m}$) ثم يجمع الناتجين كلا على حدة لعمل مزيج يتكون 40% من الدقائق ذات الحجم ($80\mu\text{m}$) و 60% من الدقائق ذات الحجم ($50 \mu\text{m}$).
- ح- يوضح هذا المسحوق للسبائك في انابيب اختبار من البايركس داخل فرن حراري من نوع (Herious) وذلك لتخليص مسحوق هذه السبائك من الاجهادات الناتجة من الطحن بدرجة تتراوح من (60°C - 100°C) لمدة 24 ساعة وعندئذ تكون المساحيق جاهزة لعملية الملمغة (amalgamation).
- ط- سحن السبائك المحضرة في (ح) اعلاه مع الزئبق عالي النقاوة حسب النسبة المئوية لكل سبيكة (لاحظ جدول (5)). فيما يخص السبيكة HAsCI نسبة السحن تكون 1/1 بسبب وجود الانديوم لانه يجعل عملية التلمغم صعبا مع الزئبق ^[10] , استخدام جهاز ملمغة نوع (Dentomat) في عمليات السحن وبزمن سحن قدره (30 sec) عندئذ نحصل على كتلة ملمغة مرنة تكون جاهزة للحشو وكذلك جاهزة لعمل عينات فحص الشد والضغط والصلادة الدقيقة.

5-3 اختبار الشد والضغط:

تم تصميم قالب من المطاط ليعطي شكل العينة المطلوبة في جهاز الشد وكذلك شكل وابعاد العينة تفاصيل القالب موضح في المصدر [3]. تحشي الكتلة المرنة (الملغمة) داخل القالب بضغط يدوي بسيط يتراوح (5 N/mm²) [8] وتترك العينة ساعة واحدة في القالب لتتصلب لتكون جاهزة للاختبار وقد استخدم جهاز فحص الشد والانضغاط من shimadzu- servo pulser ولثلاثة سرع لراس الانضغاط او السحب حيث تم استخدام العلاقات التالية في عملية الشد والانضغاط .

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

A: مساحة مقطع العينة m².

P: الحمل المسلط KN.

σ: اجهاد الشد او الانضغاط.

6-3 اختبار الصلادة الدقيقة Micro hardness test:

تم تصنيع عينات بابعاد 1 cm* 4cm* 2cm وبعد عملية التصلب ثبتت العينات في قالب من مادة الايبوكسي وهذا التثبيت يسمى التثبيت على البارد "Cold Mounting" ثم اجريت عملية التنعيم "Grinding" على طولها باستخدام ورق صقل ذو درجات متعاقبة من النعومة (600,400,240) مع التبليل المتناوب بالماء لمنع ارتفاع درجة الحرارة . تركت المرحلة الاخيرة (600) بعض الخدوش تم ازلتها باجراء عملية الصقل (polishing) باستخدام قماش قديفة يوضع فوق قرص ماكينة الصقل الدوارة مع وضع محلول مساعد للصقل لغاية (0.25) مايكرون وبعد اكمال عملية الصقل تغسل العينات بالماء المقطر والكحول وبعدها تجفف لتصبح جاهزة لاختبار الصلادة. حيث استخدم جهاز فحص الصلادة الدقيقة (Letiz- Wetzlar Germany 7654) باستخدام ماسة فيكرز كاداة تلم ويوضع حمل على العينة مقداره (50) غرام لمدة (30) ثانية . تم قياس قطر الاثر باستخدام مايكروسكوب ضوئي وبتكبير (120 X) وتم حساب معدل القيمة ومنها تم قياس عدد فيكرز للصلادة (VHN) باستخدام العلاقة التالية:

$$(VHN) = 1.845 \frac{F}{d^2} \quad (2)$$

F: مقدار القوة المسلطة.

D: المتوسط الحسابي لقطري المضلع الرباعي.

1.845 : ثابت.

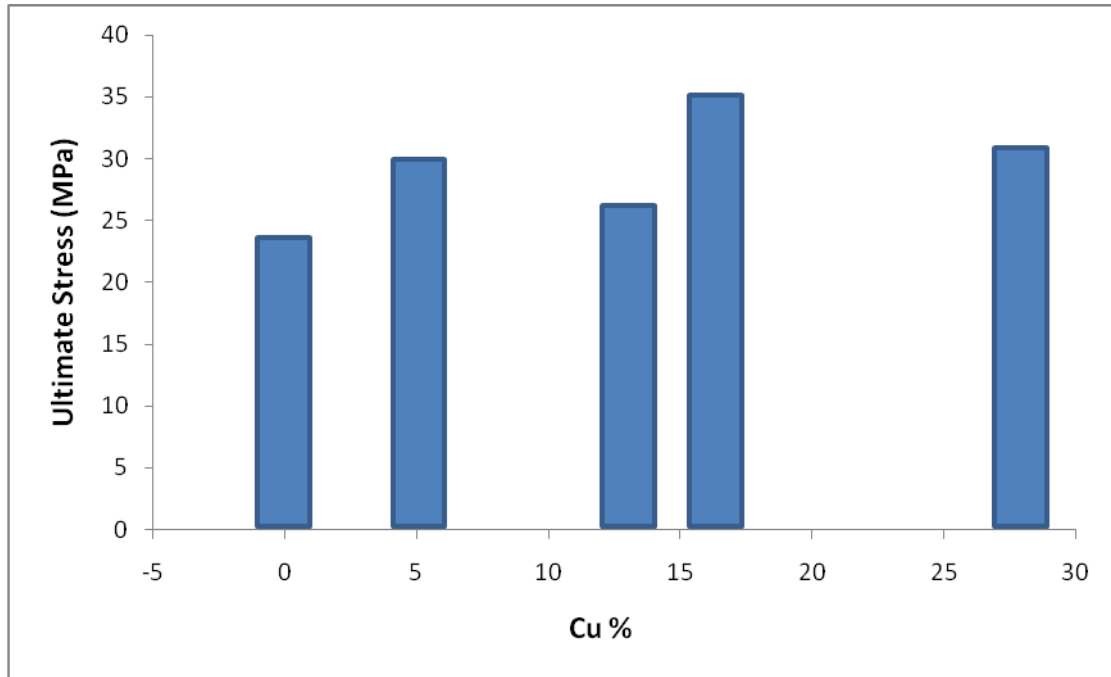
VHN: رقم صلادة فيكرز فمثلا 2VH650 معناها بان رقم الصلادة 650 والقوة التي اثرت كانت 2 كغم [11].

4. النتائج والمناقشة :

جدول (6) يعطي نتائج فحص الشد (السحب) لثلاثة سرع (عمليات السحب والشد في الملاغم المستخدمة في طب الاسنان تعتمد على هذه السرع كون ان سبيكة الملغم المستخدمة كحشوة اسنان تتعرض لهذا المدى من السرع حسب المواصفة الامريكية) حيث يعرف الفشل هو جعل العينة جزئين .تم استخدام المعادلة (1) لاستخراج النتائج المبينة في الجدول (6). والشكل (1) يبين تأثير نسب النحاس على قيمة الاجهاد الاقصى في حالة السحب.

جدول (6): مقاومة السحب لثلاثة سرع مختلفة و زمن تصلب مختلف

معدل مقاومة السحب σ_u (MPa)			عينة ملغم السبيكة
σ_u بعد سبعة ايام من التصلب	σ_u بعد سبعة ايام من التصلب	σ_u بعد ساعة من التصلب	
V= 0.05 mm/min	V= 0.2 mm/min	V= 0.5 mm/min	
24.45	32.59	10.67	AS
30.08	55.10	6.67	LASC1
31.83	47.81	10.12	HASC2
35.84	40.78	13.17	HASCZ
26.83	33.56	6.84	HASC1



شكل (1): تأثير نسبة النحاس على قيمة الأجهاد الأعظم في حالة السحب عند السرعة 0.05 ملم/ثانية

هذه الطريقة هي الطريقة التقليدية (المباشرة) حيث تم استخدام جهاز فحص شد ذو النوع DESKTOP TENSILE TESTING ME 97 مع استخدام العينة القياسية المستخدمة مع هذا الجهاز والتي تم الإشارة إليها سابقاً. نتائج الجدول (6) هي معدل لثلاثة عينات لكل سبيكة. هنالك طريقة قياس اجهاد الشد تسمى الطريقة غير المباشرة او الطريقة البرازيلية وفيها تضغط عينة الملغم الاسطوانية قطريا بواسطة جهاز نوع shimadzu servo pulser حيث يتم تسليط اجهاد انضغاطي على العينة الى حين حصول التحطم ويحسب اجهاد الشد من المعادلة التالية [11].

$$\sigma_u = \frac{2P_u}{\pi DL} \quad (3)$$

P_u : اعظم شد.

D : قطر العينة.

L: طول العينة.

جدول (7) يمثل نتائج الطريقة غير المباشرة او تسمى الطريقة البرازيلية .

جدول (7): قيم معدل مقاومة السحب مسحوبا بالطريقة البرازيلية عند سرعة مختلفة وزمن تصلب مختلف

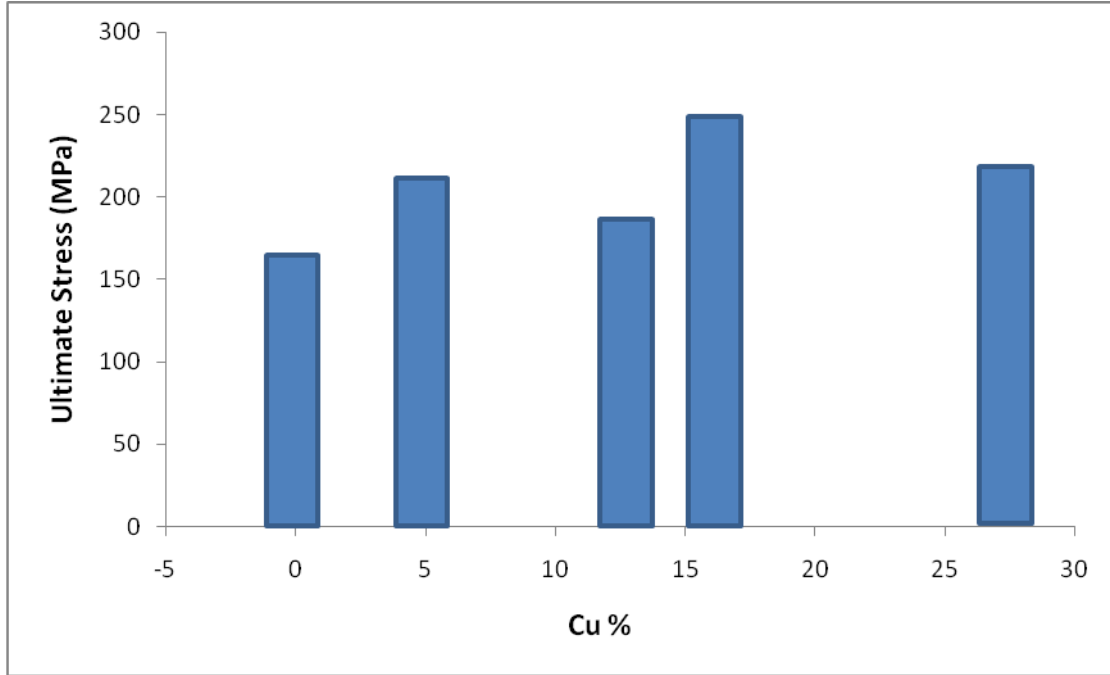
معدل مقاومة السحب (σ_u) (MPa)			عينة ملغم السبيكة
σ_u بعد سبعة ايام من التصلب	σ_u بعد سبعة ايام من التصلب	σ_u بعد ساعة من التصلب	
V= 0.05 mm/min	V= 0.2 mm/min	V= 0.5 mm/min	
27.26	36.34	11.9	AS
33.54	61.43	7.44	LASC1
34.83	53.31	11.29	HASC2
39.84	45.47	14.69	HASCZ
29.92	37.42	7.63	HASC1

يتضح من الجدول (6) (7) ان النتائج متقاربة لكلا الجدولين ويلاحظ ما يلي:

- 1- الملاغم HASCZ و HASC2 افضل من الملغم HASC1 والسبب يعود الى محتواها العالي من النحاس لاحظ جدول (5) تحت جميع سرع السحب.
 - 2- الملغم التقليدي LASC1 يظهر مقاومة سحب مكافئة تقريبا للمواصفات القياسية [12].
 - 3- ينفرد الملغم HASC1 عن باقي الملاغم عالية النحاس بمقاومة السحب القليلة مقارنة مع باقي الملاغم هذا عائد الى وجود الانديوم بنسبة (5%) ونسبة النحاس (13%) [13].
 - 4- عند ثبوت الزمن بعد التصلب (سبعة ايام نلاحظ ان σ_u عند السرعة 0.2 min /mm لجميع الملاغم اعلى من σ_u عند السرعة 0.05 .
- اما نتائج اختبارات مقاومة الانضغاط فمبينة في الجدول (8) . والشكل (2) يبين تأثير نسب النحاس على قيمة الاجهاد الاقصى في حالة الانضغاط .

جدول (8): نتائج مقاومة الأنضغاط عند سرعة مختلفة وزمن تصلب مختلف (النتائج متوسط لثلاثة عينات لكل سبيكة)

معدل مقاومة السحب ($\sigma_{u comp.}$) (MPa)			عينة ملغم السبيكة
$\sigma_{u comp.}$ بعد سبعة ايام من التصلب	$\sigma_{u comp.}$ بعد سبعة ايام من التصلب	$\sigma_{u comp.}$ بعد ساعة من التصلب	
V= 0.05 mm/min	V= 0.2 mm/min	V= 0.5 mm/min	
171	229	75	AS
211	257	47	LASC1
221	336	71	HASC2
251	286	74	HASCZ
188	235	48	HASC1



شكل (2): تأثير نسبة النحاس على قيمة الأجهاد الأعظم في حالة الانضغاط عند السرعة 0.05 ملم/ثانية

يلاحظ من الجدول (8) ما يلي:

- 1- الملغم HASC2 و HASCZ افضل من بقية الملاغم الواطئة النحاس HASC1 بسبب محتواها العالي من النحاس الذي يعطي خصائص ميكانيكية جيدة [14][15].
 - 2- الملغم التقليدي LASC1 يظهر مقاومة انضغاط مكافئة لقيم مقاومة الانضغاط حسب المواصفات القياسية [12].
 - 3- انفراد الملغم HASC1 عن باقي الملاغم عالية النحاس بضعف مقاومة الانضغاط وهذا عائد لوجود الانديوم بنسبة (5%) [13].
- اما نتائج الصلادة الدقيقة فمبينة في الجدول (9) وكما يلي :
- 1- اظهر الملغم (AS) صلادة الحافات وصلادة الحجم اوطأ من الملاغم الاخرى وذلك بسبب ان تاكل الملغم في محلول الاختبار يقلل صلادة الحافات بسبب احلال الطبقة تحت السطح للملاغم [18].
 - 2- اعظم صلادة دقيقة للحجم هو للملغم عالي النحاس HASC2 وسببه التركيز العالي للنحاس بنسبة 28% [11].
 - 3- الصلادة الحافية وللحجم بعد التغطيس بمحلول الفوسيت المخفف تعطي ارتفاعا ملحوظا في الصلادة وهذا سببه ان هذا المحلول يعمل على تماسك جزيئات الملغم مما يجعلها تقاوم الحمل الخارجي المسلط لقياس الصلادة [13].

جدول (9): نتائج الصلادة الدقيقة

VHN (في منتصف العينة) الحجم الكلي مع التغطيس محلول	معدل الصلادة للحافات (2 ملم من الحافة)			ملغم السبيكة
	VHN قبل التغطيس	VHN		
		بعد التغطيس في مخفف الفوسفيت	بعد التغطيس في محلول NaCl	
140.9	83	137.4	88	AS
190.5	181	160.6	127	LASC1
218.8	210	181	158	HASC2
194.5	131.5	190	132	HASCZ
168.6	125	164	133	HASC1

5. الاستنتاجات:

1. مقاومة السحب والانضغاط تزداد بزيادة نسبة النحاس.
2. الملغم التقليدي LASC1 يعطي مقاومة سحب وانضغاط مكافئة للمواصفات القياسية.
3. وجود عنصر الانديوم يقلل من مقاومة السحب والانضغاط حتى لو كانت نسبة النحاس موجودة.
4. الصلادة الدقيقة للملاغم AS و LASC1 واطئة مقارنة مع باقي الملاغم.
5. اعلى صلادة دقيقة للملاغم عالية النحاس.
6. الصلادة الدقيقة بعد التغطيس بمحلول الفوسفيت عالية مقارنة مع المحلول NaCl.

المصادر:

1. Oshida Y, Sellers CB, Mirza K, Farzin-Nia F. , “**Corrosion of dental metallic materials by dental treatment agents**” Materials Science and Engineering, vol. 25, pp. 343-348, 2005.
2. Barber, T. and Reisbick M.H., “**Amalgam, Past, Present, Future**” A.D.A. vol.86, 1973.
3. Haitham N.J. Al-Jubouri, “**Study of chemical, Physical and mechanical properties of locally prepared (Silver-Tin) Alloy used Dental Filling Material**”, M.Sc. Thesis, University of Technology, Iraq, 2002.
4. Vrijioef M.M.A., Vermerch A.G., and Spanauf A., “**Dental amalgam**” Quintessence published Co. Inc. 1980.
5. Malhorta M.L. and Asgar K.J., “**Physical properties of dental silver-tin amalgams with high and low copper contents**”, A.D.A. vol. 96, 1978.
6. Sakar N.K., “**Copper in dental amalgams**”, Journal of Oral Rehabilitation, vol. 16, 1979.
7. Haynes and Badioam, “**Laboratory corrosion test and standards**”, ASTM STP 8660, 1993.
8. P. T. Kelly & M. Bhutta, “**Ethical sourcing of dental instruments and materials**”, British Dent. Journal, pp. 377 - 379, Oct 2010.
9. G.Wing, “**Scientific aspects of dental materials**”, 1975.
10. Halbach S.J., “**Combined estimation of mercury species released from amalgam**”, Journal Dent. Res., vol.(74), 1995.
11. Robert G. Graig, and Marcus L., “**Restorative Dental Materials**”, Tenth edition, The C.V. Mosby Company, 1992.
12. J.H.Lin, G.W.Marshall, and S.J.Marshall, “**Corrosion induced micro structural change in Cu-rich amalgam**”, Journal Dent. Res., vol. 61, 1982.
13. William, and T.Culloch, “**The effect of adding indium to dental amalgam**”, British dental Journal, vol. 123, 1967.
14. Malhorta M.L., and Asgar K., “**Physical properties of silver-tin amalgam with high and low copper contents**”, J.A.D.A., vol. 96, 1978.
15. Aghajani F.a, Khorshidian A., “**Effect of 10% Carbamide Proxide on Mercury Release from Two Types of Dental Amalgam**”, Dental Research Center, Tehran University of Medical Sciences, 2009.