

## Improving the Compressive Properties of Conveyor Chains in a Tobacco Cutting Machine

Dr. Ali Hatra\*  
Dr. Neruda Barakat\*\*  
Youssef Smier Deeb\*\*\*

(Received 13 / 4 / 2023. Accepted 16 / 7 / 2023)

### □ ABSTRACT □

This research aims to improve the pressure properties of the metal link plates used in the conveyor chains of the Hauni tobacco cutting machine in the Tobacco Directorate in Lattakia, in order to reduce the time of breakdowns and maintenance and the resulting costs, and thus improve its service life and reach a good and safe long-term conveyor belt system that meets working conditions required. In this research, the focus was on the breakdown of the plates of the connecting plates of the copper metal conveyor chains and the study of their behavior while working under the influence of the load, and the investigation of the causes of their collapse. The link plate with the increase in loading cycles, as a result of being subjected to periodic variable forces of tension and pressure, causing the emergence of the phenomenon of fatigue, and thus the collapse of conveying chains and very large losses in tobacco and copper connections, which are expensive, and a decrease in productivity. The chemical analysis was carried out on the Foundry-Master device to find out the percentages of the elements included in the composition of the used copper alloy A: Cu -7.85 Ni -24.8 Zn -1.08 Al. The pressure test samples were prepared from the aforementioned alloy according to the standard specifications according to ASTM, and the necessary mechanical tests were performed to find out the pressure resistance on the "UNIVERSAL TESTING MACHINE" model "IBMU4-1000". The effect of alloying elements on the compressive properties of heat-treatable copper alloys was studied, and the new copper alloy B: Cu -11.81 Ni -20 Zn -2 Al was selected and the appropriate mechanical and thermal treatment was applied to it in order to improve the compressive properties.

The study was conducted experimentally and the results of the tests showed, through comparison between the results, an improvement in the pressure resistance when using the copper alloy Cu -11.81 Ni -20 Zn -2 Al and the appropriate thermal and mechanical treatments.

**Keywords:** Brass alloy - Heat treatment of copper alloys- pressure properties - conveyor chains.

**Copyright**



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

\* Associate Professor, Department of Design and Production Engineeringg , Faculty of Mechanical and Electrical Engineering , Tishreen University , Lattakia , Syria.

\*\* Assistant Professor, Department of Design and Production Engineeringg , Faculty of Mechanical and Electrical Engineering , Tishreen University , Lattakia , Syria.

\*\*\* Postgraduate Student (PhD) , Department of Design and Production Engineeringg , Faculty of Mechanical and Electrical Engineering , Tishreen University , Lattakia , Syria.

## تحسين خواص الضغط للسلاسل الناقلة في آلة قطع التبغ

د. علي هترة\*

د. نيرودا بركات\*\*

يوسف سمير ديب\*\*\*

(تاريخ الإيداع 13 / 4 / 2023. قُبِلَ للنشر في 16 / 7 / 2023)

### □ ملخص □

يهدف هذا البحث إلى تحسين خواص الضغط للوحات الوصل المعدنية المستخدمة في السلاسل الناقلة في آلة قطع التبغ Hauni في مديرية التبغ باللاذقية ، بغية تقليل زمن الأعطال والصيانة والتكاليف الناجمة عنها، وبالتالي تحسين عمر خدمتها و التوصل لنظام سير ناقل جيد و آمن طويل الأمد يحقق شروط العمل المطلوبة. في هذا البحث تم التركيز على انهيار لوحات وصل السلاسل الناقلة المعدنية النحاسية و دراسة سلوكها أثناء العمل تحت تأثير الحمولة ، والتحقق في أسباب انهيارها، وقد تبين أن حالات الإنهيار المتكررة كانت بسبب ظهور شقوق في مكان محدد من لوحات الوصل النحاسية تنمو وتزداد و تنتشر على طول لوحة الوصل مع ازدياد دورات التحميل ، نتيجة تعرضها لقوى دورية متغيرة شد و ضغط مسببة نشوء ظاهرة التعب ، وبالتالي انهيار السلاسل الناقلة وخسائر كبيرة جدا في مادة التبغ والوصلات النحاسية الغالية الثمن ونقص في الإنتاجية. تم إجراء التحليل الكيميائي على جهاز Foundry-Master لمعرفة النسب المئوية للعناصر الداخلة في تركيب السبيكة النحاسية المستخدمة **A : Cu - 7.85 Ni - 24.8 Zn - 1.08 Al**. تم تحضير عينات اختبار الضغط من السبيكة المذكورة وفق المواصفات القياسية حسب **ASTM** و إجراء الاختبارات الميكانيكية اللازمة لمعرفة مقاومة الضغط على آلة الاختبارات العامة " UNIVERSAL TESTING MACHINE " موديل " IBMU4 -1000 ". تم دراسة تأثير العناصر السبائكية على خواص الضغط للسبائك النحاسية القابلة للمعالجة الحرارية واختيار السبيكة النحاسية الجديدة **B : Cu - 11.81 Ni - 20 Zn - 2 Al** وإجراء المعالجة الحرارية و الميكانيكية المناسبة عليها بغية تحسين خواص الضغط.

أجريت الدراسة بشكل تجريبي وأظهرت نتائج الاختبارات من خلال المقارنة بين النتائج تحسنا في مقاومة الضغط عند استخدام السبيكة النحاسية **Cu - 11.81 Ni - 20 Zn - 2 Al** وإجراء المعالجات الحرارية والميكانيكية المناسبة. الكلمات المفتاحية: سبيكة النحاس الأصفر - المعالجة الحرارية لسبائك النحاس - خواص الضغط - السلاسل الناقلة.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

\* أستاذ مساعد - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.  
\*\* مدرس - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.  
\*\*\* طالب دراسات عليا (دكتوراه) - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

**مقدمة:**

في معمل تحضير التبغ في مديرية التبغ باللاذقية يعاني الفنيون و العاملون من نقص عمر الخدمة للسلاسل الناقلة – المكونة من لوحات وصل نحاسية – في آلة قطع التبغ Hauli على خط قطع السجائر، حيث أكدت التقارير الخاصة بالصيانة الصادرة عن شعبة الشؤون الفنية في المعمل أن عمر خدمة السلاسل الناقلة قليل جداً مقارنة بعمر الخدمة للسلاسل الأساسية سابقاً (المكونة من سبيكة نحاسية مجهولة الهوية وطريقة التحضير) ، التي بات من الصعب تأمينها في ظل هذه الظروف و الأزمات الاقتصادية و العقوبات المفروضة ، و أن المشاكل التي تسبب انقطاع السلاسل الناقلة في آلة قطع التبغ تتجلى بانكسار حواف لوحات الوصل في السلاسل الناقلة. ولطالما أن التبغ يصل إلى آلة القطع من خط سابق ( خط معالجة و تعسيل التبغ ) ، برطوبة مثلى % (20-25) ، و درجة حرارة عادية  $C^{\circ}$  (20-25) و معالج ب مواد كيميائية و إضافات و منكهات عديدة منها ( الكحول – السوس – عطر المشمش – عطر الموز – البروبلين – عطر الكاكاو – مواد مساعدة على الإشتعال...إلخ) . يجب أن تكون لوحات الوصل المعدنية المكونة للسلاسل الناقلة في آلة قطع التبغ من سبيكة ذات خواص ميكانيكية جيدة. و لأن لوحات الوصل بالأصل مصنوعة من سبيكة نحاسية – أساسها النحاس الذي يصنف بأنه من الفلزات المقاومة للتآكل – تركزت الدراسة على السبائك النحاسية التي تعطي أفضل الخواص الميكانيكية خاصة في المرونة و مقاومة الشد و مقاومة الضغط و مقاومة التعب و مقاومة التآكل و مقاومة الإهتراء[3].

**الدراسات المرجعية reference studies:**

قام أكرم هاشم نجاد ، سيد مجتبي زيرجد ، سيد عبد الكريم سجادي ، لاله رهنجام [1] بدراسة تأثير محتوى النحاس على قوة الضغط والبنية الدقيقة لملمغ الأسنان (Cu - Zn -Ag - Sn)، لهذا الغرض تم استخدام كبسولات الملمغ ذات المحتويين المختلفين من النحاس. تم تحضير عينات أسطوانية بنسبة قطر إلى ارتفاع من 1 إلى 2 بطريقة التشكيل. لتقييم دور عنصر النحاس في مقاومة الإنضغاط ، تم إجراء اختبار الضغط بمعدلات إجهاد مختلفة مثل 0.02 ، 0.2 ، 0.4 و 2 دقيقة<sup>-1</sup> . أظهرت النتائج والتقييمات المجهرية أن زيادة محتوى النحاس إلى سبيكة لملمغ الأسنان أدى إلى زيادة قوة الإنضغاط والقساوة من خلال القضاء على طور جاما  $\gamma_2$  وأكدت الدراسة أن الطور  $\gamma_1$  يلعب دور حاجز ضد انتشار الشقوق بينما يتميز طور  $\gamma_2$  بمقاومة منخفضة للتآكل وقوة ضغط منخفضة ويمكن أن تتسبب في انتشار الشقوق في الملمغ.

قام يونغشوي يو وويلينغ تشين لانشينغ شيه يانغياو سونغ [2] بالتحقيق بشكل منهجي في تأثيرات ظروف المعالجة الحرارية على تطور البنية المجهرية وتحول الطور والخصائص الميكانيكية لسبائك النحاس والزنك ثنائي الطور. وأكدوا أن تطور البنية المجهرية وتحول الطور لهما تأثير كبير على الأداء الميكانيكي لسبائك النحاس والزنك ثنائي الطور وأن الهياكل المجهرية ثنائية الطور أكثر تعقيداً مقارنة بهياكل الطور الأحادي بسبب الهياكل الدقيقة التي تتكون من مراحل صلبة ولينة ، وأن شكل الطور وأحجامه وجزء تحول الطور يعتمد بشكل كبير على ظروف المعالجة الحرارية وأن المرحلة  $\alpha$  أكثر نعومة ولديها مطيلة أفضل. والإختلاف الكبير في الصلابة المتوقعة والصلابة العيانية عند المعالجة الحرارية عند  $C^{\circ}$  750 و  $C^{\circ}$  800 يُعزى بشكل أساسي إلى تكوين الإبر الدقيقة.

و درس Velmurugan وزملاؤه [3] المشاكل التي تحدث في السيور الناقلة، وقد بينوا بأن عمر عمل السيور لا يعتمد فقط على التصميم الجيد وطرق التصنيع والتركييب، وإنما يعتمد أيضاً على الانتباه عند أدائها العمل ومعالجة الأخطاء متى ما ظهرت بأسرع ما يمكن. وقد أكد الباحثون أن الأضرار الرئيسية تحدث في السلاسل الناقلة للمواد حيث قد

يحدث تفاعلات كيميائية مع المواد المنقولة وهذا يسبب فشلاً في السلاسل، كما أكدوا ان المشاكل دائماً تحدث للسلاسل ويجب أن يكون هناك صيانة دائمة.

وقام Shaik و Golla [4] بتطوير سبيكة نحاسية حاوية على ألومنيوم مقاومة للإهتراء بشكل كبير من خلال استخدام تقنية تصنيع المساحيق، وقاموا بدراسة تأثير محتوى الألومنيوم على مقاومة الإهتراء للسبيكة النحاسية عند نسب معينة (Al: 0, 3, 5, 10 & 15 wt%)، حيث تم تصنيع السبائك النحاسية الحاوية على الألومنيوم باستخدام مكبس ساخن ذو ضغط عالي جداً، وقد بين الباحثون بأن الضغوط العالية تكون ذات فائدة على السبيكة حيث أنها تشجع على الحصول على بنى مجهرية ناعمة وتحسن من الخصائص الميكانيكية بشكل عام، وقد أظهرت النتائج أخيراً بأن زيادة محتوى الألومنيوم في سبيكة النحاس قد أعطى زيادة في مقاومة الإهتراء.

وقام Guo . W , He . H , Yi . Y , Huang . Sh , Mao . X , Fang . J , Huang . J [5] بدراسة تأثيرات الضغط البارد المحوري على تجانس البنية المجهرية وتحسين الخصائص الميكانيكية لحقاقات سبيكة 2219 أشارت النتائج إلى أنه عند زيادة تشوه الضغط البارد ، انخفض قطر جميع الحبيبات في كل موقع بعد المعالجة الحرارية. تسبب هذا في استطالة كبيرة في جميع الاتجاهات. كان صقل الحبيبات بالضغط البارد أكثر فعالية على القلب منه على الحدود. أظهرت عينات الضغط البارد بنسبة 6% أقصى قدر من التجانس والحد الأدنى من تباين الخواص لهياكل الحبيبات ، مما أدى إلى أكبر استطالة في الاتجاه الشعاعي. تتراكم العديد من الاضطرابات حول جزيئات المرحلة الثانوية في عملية الضغط البارد ، مما أدى إلى توسيع نطاق انتشار ذرات النحاس أثناء معالجة المحلول. بعد ذلك ، زاد عدد وتجانس مراحل  $\theta'$  ، مما تسبب في زيادة قوة الخضوع في جميع الاتجاهات. باختصار ، يكون الضغط البارد بعد الدرفلة على الساخن ممكناً ، حيث تظهر عينة الضغط البارد بنسبة 6% البنية المجهرية الأكثر اتساقاً وأفضل الخصائص الميكانيكية.

وقام Mallik وزملاؤه [6] بدراسة البنية المجهرية وتأثير اللدونة في سبائك النحاس والزنك والنيكل، حيث تم استخدام طريقة XRD والمجاهر الضوئية في عملية تحليل النتائج، وأظهرت النتائج أن هناك عملية إعادة تبلور تحدث في سبائك Cu-Zn-Ni عند إجراء عملية التخمير لها عند الدرجة  $800^{\circ}\text{C}$  ويكون للسبيكة مطيلية جيدة وقدرة جيدة على استعادة الشكل.

وقام Kang . J , Tan . H , Lei . Q , Liang . Y , Li . J , Fang . J , Wang . Y , Zhu . M , Wu . Y [7] بدراسة الترسيب المتقطع في سبيكة Cu-10Ni-1Si عند تعتيق  $500^{\circ}\text{C}$  و  $550^{\circ}\text{C}$  لتوضيح أنواع الرواسب غير المستمرة ، والعلاقات البلورية بين الرواسب والمصفوفة ، أكدوا أن ترسب رواسب  $\text{b-Ni}_3\text{Si}$  المتقطعة الصفائحية تحسن بشكل كبير مقاومة استرخاء الإجهاد وخصائص التخميد ، والتي تُعزى إلى التفاعل بين الهيكل الرفائقي وحركة الخلع. أشارت هذه النتائج إلى أن تكوين الرواسب الصفائحية المتقطعة يميل إلى منع انزلاق الخلع وتعزيز الترسيب ، مما يؤدي إلى تعزيز الخواص الميكانيكية وخصائص التوصيل في وقت واحد ، تحتوي سبائك Cu-Ni-Si على نوعين من الرواسب بعد التعتيق ، رواسب مستمرة ومتقطعة. ظهرت الرواسب المستمرة بشكل أساسي داخل حدود الحبيبات بشكل قرص ، بينما تشكلت الرواسب المتقطعة على طول اتجاه المستوى البلوري لتشكيل بنية مجهرية رقائقية، تحتوي الرواسب المتقطعة على بنية صفائحية فريدة ، وحجم جسيم كبير ، ومساحة بينية ، مما يؤدي إلى تدهور قوة السبيكة ومع ذلك، يمكن أن يؤدي تكوين الرواسب المتقطعة إلى تعزيز ترسيب ذرات المذاب .

بالإضافة إلى ذلك ، وجد بعض الباحثين أن قوة السبائك ذات المرحلة المتقطعة قد تحسنت بعد تشوه الدرفلة على البارد وحقت مزيجا جيدا من القوة العالية والتوصيل العالي.

وقام Liao . W , Xuefeng. L , Yang . Y , Du . M [8] بدراسة تأثيرات هيكل التصلب لسبائك النحاس C70250 على خواصها الميكانيكية والكهربائية بشكل منهجي ، توضح النتائج أعلاه أن اتجاه الحبيبات والمراحل المترسبة الناتجة أثناء تصلب سبيكة Cu – Ni – Si لها تأثير مهم على خواصها الميكانيكية والتوصيل الكهربائي.. كانت الطرق التقليدية لتحضير كتل سبائك Cu – Ni – Si هي طريقة الصهر والصب تكون الكتل المعدنية المحضرة بهذه الطريقة عرضة لمشاكل مثل فصل عناصر السبيكة ، ومراحل الترسيب الخشنة ، واضطراب اتجاه الحبيبات ، مما لا يؤدي فقط إلى صعوبة المعالجة ، بل يؤدي أيضًا إلى تدهور أداء وجودة المنتج. إضافة عنصر Al أضعف فصل التعضينات في البليت . ومع ذلك ، فإن رواسب عدم التوازن الخشنة لـ  $Ni_3Si$  و  $Ni_2$  لا تزال تتشكل عند حدود الحبيبات أثناء تصلب سبيكة Cu-Ni-Si (Al) اعتبروا أن البنية المجهرية وسلوك التصلب لسبائك النحاس والنيكل والسيليكون له علاقة كبيرة بتكوينها . عندما يكون محتوى النحاس أكثر من 40% ، يتجمد الذوبان عن طريق تفاعل خافض للحرارة ، عندما يكون محتوى النحاس 40% ، يتجمد المصهور عن طريق تفاعل سهل الانصهار ، تم تحضير سبيكة Cu – Al – Ni عن طريق تقنية التصلب الاتجاهي المستمر ، وتم الحصول على بنية حبيبات عمودية ذات اتجاه قوي [001] ، مما أدى إلى تغيير حالة إجهاد حدود الحبيبات أثناء التشوه والحد من التشققات الحبيبية الناتجة عن إجهاد حدود الحبيبات المحلية التركيز . مقارنة بسبيكة Cu-Al-Ni العادية متعددة البلورات ذات اتجاه حبيبي عشوائي ، وقام Guo . Ch , Shi . Y , Xiao . X , You . Sh , An. G , Gong . Y, Yang . B [9] بدراسة مقاومة تليين وخصائص ميكانيكية لسبائك Cu-Ni-Sn مع سبائك Al و Zn و Si الدقيقة [9] أظهرت النتائج أن الخلائط الدقيقة للألومنيوم والزنك والسيليكون يحد من الفصل في سبيكة Cu-Ni-Sn. بعد 70% من الدرفلة على البارد و  $400^{\circ}C$  من التعتيق ، تصل سبيكة  $Cu=15Ni-5.5Sn-1.5Al-0.5Zn-0.5Si$  إلى أقصى صلابة لها تصل إلى 418 تليين السبيكة ناتج بشكل رئيسي عن التكوين السريع للرواسب المتقطعة وتقليل كثافة الخلع. يمكن للذرات المذابة Al و Zn المذابة في المصفوفة وأشكال طور  $Ni_3Si$  بمقياس ميكرون أن تمنع بشكل فعال تكوين الترسيب المتقطع وحركة الخلع أثناء عملية التقادم والتلين ، مما ينتج عنه خصائص ميكانيكية ممتازة.

[10] في سبيكة النحاس Cu z121 (Cu -Zn37.8) تحسنت الخواص الميكانيكية نتيجة المعالجة الحرارية التي أجريت على السبيكة بدءا من التخمير الذي أدى إلى التخلص من الإجهادات الداخلية إلى عملية المراجعة بعد التقسية التي أدت لتكون الطور  $\alpha$  ذو البنية الإبرية الشبيهة بالمارتنسيت المراجع التي تتمتع بقساوة.

حيث بعد إزالة الإجهادات الداخلية و القساوة من المعدن. تمت عملية التقسية بالتسخين إلى المجال  $\beta$  ثم التبريد السريع بحيث لا تسمح للعناصر ( بالإنفصال خلال التبريد و انخفاض قابليتها للإذابة) أي يعيق التحول من  $\beta \rightarrow \alpha$  ، و لذا كان التبريد بالماء هو الوسط التبريدي الذي لا يسمح لظاهرة الإنتشار أن تأخذ مجراها.

وبالمراجعة عند إعادة التسخين إلى درجة الحرارة  $^{\circ}C(200-300)$  تم الحصول على الطور  $\alpha$  الجيد الخواص وتجنب الطور  $\beta'$  الهش المنخفض الخواص.

كل سبائك Cu – Zn التي تحتوي نسبة % (54-62) Cu والتي تقع ضمن مجال التحول  $\alpha \rightarrow \beta$  يمكن أن تجري عليها عملية تحسين الخواص بالتسخين والتبريد السريع والمراجعة.

## أهمية البحث وأهدافه:

### أهمية البحث:

تتبع أهمية هذا البحث من:

- ✓ تحسين عمل السلاسل الناقلية في آلة قطع التبغ من خلال تحسين الخواص الميكانيكية للوحات الوصل المكونة لها وجودة تصميمها و تصنيعها .
- ✓ تقليل الهدر والتلف في مادة التبغ ولوحات الوصل النحاسية الغالية الثمن للسلاسل الناقلية في آلة قطع التبغ.
- ✓ تقليل الوقت والمال المهدورين في أعمال الصيانة ، وبالتالي زيادة الإنتاجية و تقديم المنتج النهائي بسعر منافس في ظل التنافس التجاري في الأسواق.
- ✓ إغناء البحث العلمي الذي يتناول مشاكل انهيار السلاسل الناقلية المكونة من لوحات وصل معدنية نحاسية نظرا لندرة الأبحاث المتوفرة بهذا الخصوص ، بحيث يتمكن من تطبيق ذلك على سبائك أخرى لاحقاً والإستفادة منها في الصناعات الحديثة المحلية فيما بعد.

### هدف البحث:

بعد الإطلاع على العديد من الدراسات المرجعية كان هدف البحث:

- ✓ تحسين الخواص الميكانيكية للوحات الوصل النحاسية من خلال الوصول إلى بنية تتمتع بمواصفات عالية من حيث المتانة و مقاومة الشد ومقاومة الضغط و مقاومة التعب و تضمن عمر خدمة أطول للوحات الوصل والسيور الناقلية وبالتالي تقليل معدلات الصيانة والوقت والمال المهدورين لذلك.

## طرائق البحث ومواده:

في هذا البحث تم تحليل انهيار وصلات السلاسل الناقلية المعدنية النحاسية من خلال دراسة سلوكها أثناء العمل تحت تأثير الحمولة ، والتحقق في أسباب انهيارها، وقد تبين أن حالات الإنهيار المتكررة كانت بسبب ظهور شقوق في مكان محدد من لوحات الوصل النحاسية تنمو وتزداد و تنتشر على طول لوحة الوصل مع ازدياد دورات التحميل ، نتيجة تعرضها لقوى دورية متغيرة شد و ضغط مسببة نشوء ظاهرة التعب ، وبالتالي انهيار السلاسل الناقلية وخسائر كبيرة جدا في مادة التبغ والوصلات النحاسية الغالية الثمن ونقص في الإنتاجية.



الشكل (1) مراحل تشكل الشقوق وانفصال جزء من لوحة الوصل النحاسية عنها بعد تشققها وانكسارها (الملاحظات المرئية في موقع العمل)

تم إجراء التحليل الكيميائي على جهاز Foundry-Master لمعرفة النسب المئوية للعناصر الداخلة في تركيب السبيكة النحاسية المستخدمة  $Cu - 7.85 Ni - 24.8 Zn - 1.08 Al$ .

تم تحضير عينات اختبار الضغط من السبيكة المذكورة بشكل إسطواني تم فيه مراعاة الأبعاد ( قطر العينة D ، H طول العينة) و إجراء الإختبارات الميكانيكية اللازمة لمعرفة مقاومة الضغط على آلة الإختبارات العامة " UNIVERSAL TESTING MACHINE " موديل " IBMU4 -1000 " .

تم دراسة تأثير العناصر السبائكية على خواص الضغط (إجهاد الخضوع - مقاومة الضغط - نسبة التشكيل على البارد - معامل الطروقية) للسبائك النحاسية القابلة للمعالجة الحرارية واختيار السبيكة النحاسية **Cu -11.81 Ni -20 Zn -2 Al** وإجراء المعالجة الحرارية و الميكانيكية المناسبة عليها بغية تحسين خواص الضغط. أجريت الدراسة بشكل تحليلي وتجريبي وأظهرت نتائج الإختبارات من خلال المقارنة بين النتائج تحسنا في خواص الضغط عند استخدام السبيكة النحاسية **Cu -11.81 Ni -20 Zn -2 Al** وإجراء المعالجات الحرارية والميكانيكية المناسبة.

**الجانب العملي في المخابر The practical side in laboratories:**

### 1- إختبارات التحليل الكيميائي:

تم إجراء إختبارات التحليل الكيميائي في مخبر مقاومة المواد في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة تشرين للتحقق من النسب المئوية للعناصر الداخلة بتركيب السبائك المعدنية النحاسية المدروسة بواسطة جهاز التحليل الكيميائي Foundry-Master الموضح في الشكل التالي:



الشكل (1) جهاز التحليل الكيميائي Foundry-Master

وكانت نتائج التحليل الكيميائي للسبيكة المستخدمة **Cu -7.85 Ni -24.8 Zn -1.08 Al** كالآتي:

الجدول (1) يوضح التحليل الكيميائي لسبيكة النحاس المستخدمة **Cu -7.85 Ni -24.8 Zn -1.08 Al**

Cu	Zn	Pb	Sn	P	Mn	Fe	Ni	Si	Mg
55.2	<u>24.8</u>	1.40	1.03	0.430	2.38	1.78	<u>7.85</u>	1.84	0.0171
Cr	Al	S	As	Be	Ag	Co	Bi	Cd	Sb
0.167	<u>1.08</u>	0.0020	0.269	0.0260	0.0970	0.356	0.429	0.0768	0.600
Zr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.0808	-	-	-	-	-	-	-	-	-

وللسبيكة المختارة **Cu -11.81 Ni -20 Zn -2 Al** (التي أعطت أفضل النتائج في الإختبارات الميكانيكية بعد المعالجة الحرارية و الميكانيكية ) كالآتي:

الجدول (2) يوضح التحليل الكيميائي لسبيكة النحاس المختارة **Cu -11.81 Ni -20 Zn -2 Al**

Cu	Zn	Pb	Sn	P	Mn	Fe	Ni	Si	Mg
55.61	<u>20</u>	1.30	1.03	0.429	2.37	1.94	<u>11.81</u>	1.78	0.0171
Cr	Al	S	As	Be	Ag	Co	Bi	Cd	Sb
0.167	<u>2</u>	0.0020	0.269	0.0260	0.0970	0.256	0.330	0.0808	0.400
Zr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.0768	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## -2 تحضير عينات اختبار الضغط :

تم تحضير عينات اختبار الضغط على آلة CNC في المنطقة الصناعية باللاذقية بشكل إسطواني لضمان توزيع إجهاد الضغط على مساحة مقطع العينة بانتظام ذو سطحين متوازيين تماما و يحقق  $(1 - 3) = \frac{H}{D}$  لعينات اختبار الضغط لكلا السبكتين (**Cu -11.81 Ni -20 Zn -2 Al** ، **Cu -7.85 Ni -24.8 Zn -1.08 Al**) الموضحة في الشكل التالي:



الشكل (2) أبعاد عينة الضغط القياسية (H / D = 2)

-3 المعالجة الحرارية و الميكانيكية (Aged at 500 C° for 1 h) :ST + 80CR + PA  
ST(solution treated) + 80CR(cold rolled%) + PA(peak aged)

بالاعتماد على نتائج التحليل الكيميائي السالف الذكر وبالرجوع إلى جداول المعالجات الحرارية للمعادن حسب المراجع ASTM لمعرفة برامج المعالجة الحرارية الخاصة بسبائك النحاس تم إجراء المعالجة الحرارية و الميكانيكية على السبيكة المختارة في المنطقة الصناعية باللاذقية  $Cu -11.81 Ni -20 Zn -2 Al$  كالاتي:

- ✓ التلدين عند درجة حرارة  $850 C^{\circ}$  لمدة 12 ساعة بغرض تجانس السبيكة والتخلص من الإجهادات الداخلية.
- ✓ ومن ثم المعالجة المحلولية -حيث تم تسخين السبيكة إلى درجة حرارة أقل من نقطة الإنصهار إلى منطقة أحادية الطور لإذابة المرحلة الزائدة بشكل كاف في المحلول الصلب- عند درجة حرارة  $925 C^{\circ}$  لمدة ساعة واحدة .
- ✓ تبريد بالماء حيث تم إخمادها أو تبريدها بسرعة للحصول على محلول صلب مفرط التشبع (حتى لا يسمح لظاهرة الإنتشار أن تأخذ مجراها ويحدث إنفصال خلال التبريد و انخفاض القابلية للإذابة لتحسين خواص السبيكة.
- ✓ تمت عملية الدرفلة على البارد والتخفيض بمقدار 80% عن طريق تشويه المعدن في درجة حرارة الغرفة دون تجزئة، يعطي العمل على البارد مقاومة ضغط أكبر وقدرة أفضل على تشكيل المعدن، بغرض إنشاء شرائح معدنية أرق بدقة أبعاد جيدة وجودة سطح أعلى.
- ✓ تم تعتيق القطع المدرفلة على البارد عند درجة حرارة واحدة تبلغ  $500 C^{\circ}$  لمدة ساعة قبل التبريد حيث أن التقادم أوالتصلب بالترسيب من خلال الإحتفاظ بالمعدن في درجات حرارة مرتفعة دون تبريد عملية تساعد العناصر في السبيكة على الترسيب من المحلول الصلب و زيادة قوة الخضوع للمواد القابلة للطرق وتعطي معدنًا ناعمًا إذ يسمح لعناصر السبائك بالانتشار وتشكيل جزيئات بين العناصر، مما يساعد على زيادة قوة السبيكة.
- ✓ تبريد بالماء.
- ✓ وتمت إزالة طبقات التأكسد السطحية عن الصفائح باستخدام أوراق صنفرة ذات حبيبات ناعمة.

#### 4- اختبارات الضغط :

تم إجراء اختبارات الضغط على عدد من عينات اختبار الضغط لكل سبيكة على حدا ، على آلة الاختبارات العامة " UNIVERSAL TESTING MACHINE " موديل " IBMU4 -1000 " في مخبر مقاومة المواد في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة تشرين.



الشكل(3) آلة الاختبارات العامة Universal Testing Machine (شد - ضغط - ثني)

حيث قمنا بالخطوات التالية على العينات التي أجرينا عليها اختبار الضغط من كلا السبيكتين ( **Cu -11.81 Ni -20 Zn -2 Al** ، **Cu -7.85 Ni -24.8 Zn -1.08 Al** ):

1. تم قياس أبعاد العينة ( قطر العينة **D** ، طول العينة **H** ) قبل إجراء اختبار الضغط عليها.
2. تزييت سطحي العينة جيدا لتقليل الإحتكاك عند طرفي العينة.
3. تسليط الضغط على العينة مع مراعاة سرعة التحميل.
4. الإستمرار بتسليط الحمل على العينة مع مراعاة طروقية أو مطيلية النحاس مع استمرار تشوه العينة حتى ظهرت تشققات على العينة.
5. تسجيل القراءات المطلوبة ودراسة منحنى الضغط الناتج من كل تجربة.
6. قياس أبعاد العينة ( أقصى قطر للعينة في المنتصف **D1** ، طول العينة **H1** ) بعد إجراء اختبار الضغط عليها.
7. الإستعانة بالنتائج التي حصلنا عليها من التجربة لتطبيق المعادلات التالية وحساب:
  - إجهاد الخضوع في نقطة الخضوع:  $\sigma_Y = P_Y / A_0$  MPa
  - مقاومة الإنضغاط (الأعظمية):  $\sigma_c = P_c / A_0$  MPa
  - نسبة التشكيل على البارد:  $CW = (H_0 - H_1) / H_0 * 100$  %
  - معامل الطروقية: بالعينات الإسطوانية  $MC = (D_1 - D_0) / D_0 * 100$  %

## النتائج والمناقشة:

### النتائج:

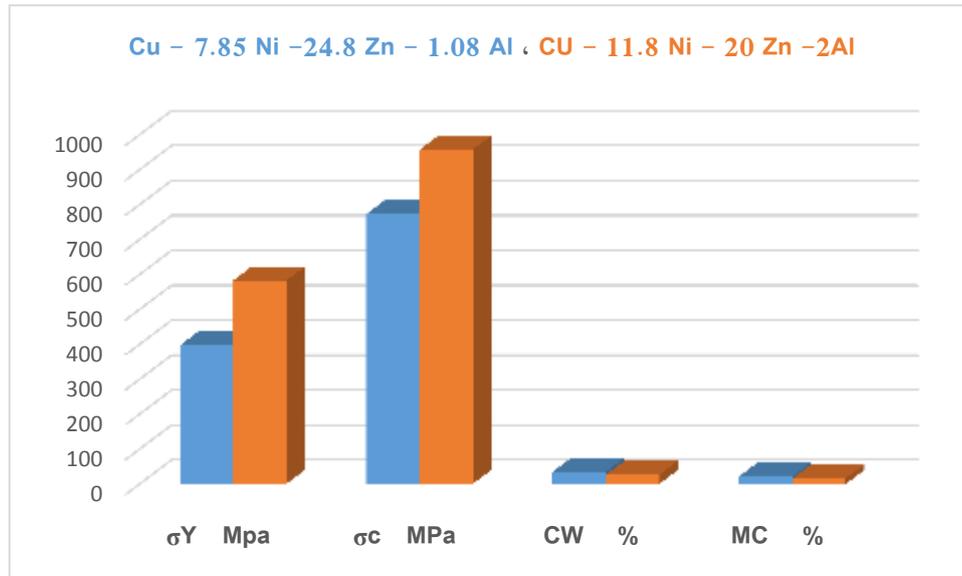
الجدول (3) نتائج اختبارات الضغط لعينات ضغط من سبيكتي النحاس

( **Cu -7.85 Ni -24.8 Zn -1.08 Al** ، **Cu -11.81 Ni -20 Zn -2 Al** ) عند سرعة تحميل **0.1 KN/S**

رقم العينة	وزن العينة G	H / D أبعاد العينة Mm	إجهاد الخضوع MPa	مقاومة الإنضغاط MPa	نسبة التشكيل على البارد %	معامل الطروقية %
1Cu	5	7/14	400.9	778.1	34	21.4
2Cu	4	14/7	393.8	769.2	36	22
3Cu	4	14/7	395	770	35	21.8
1Cu	5	7/14	585.6	960.4	25.9	15.8
2Cu	4	14/7	578.7	953.6	26.7	16.3
3Cu	4	14/7	582	957	26.3	16

### المناقشة:

يبين المخطط التالي خواص الضغط (حد الخضوع ومقاومة الضغط القصوى ونسبة التشكيل على البارد ومعامل الطروقية) لكل من السبيكتين المذكورتين في الدراسة ( **Cu -11.81 Ni -20 Zn -2 Al** ، **Cu -7.85 Ni -24.8 Zn -1.08 Al** ):



الشكل (4) مخطط يوضح خواص الضغط (حد الخضوع ومقاومة الضغط القصوى ونسبة التشكيل على البارد ومعامل الطروقية) لكل من السببكتين (Cu - 7.85 Ni - 24.8 Zn - 1.08 Al, Cu - 11.81 Ni - 20 Zn - 2 Al)

وبمقارنة نتائج الاختبارات تبين:

- ✓ تحسن إجهاد الخضوع وسطيا من 396.56 Mpa إلى 582.1 Mpa.
- ✓ تحسنت مقاومة الضغط القصوى وسطيا من 772.43 Mpa إلى 957 Mpa.
- ✓ تناقصت نسبة التشكيل على البارد وسطيا من 35 % إلى 26.3 %.
- ✓ تناقص معامل الطروقية وسطيا من 21.73 % إلى 16 %.

### الاستنتاجات والتوصيات:

#### الاستنتاجات:

من الممكن تفسير التحسن في الخواص الميكانيكية للسبيكة الجديدة Cu - 11.81 Ni - 20 Zn - 2 Al بشكل واضح (خواص الضغط) من خلال:

✓ نسبة النحاس و الزنك في محتوى السبيكة ساهمت بعد المعالجات الحرارية والميكانيكية في زيادة قوة الإنضغاط و المساواة من خلال تجنب الأطوار السيئة وبشكل خاص الطور  $\gamma_2$  الذي يتميز بمقاومة منخفضة للتآكل وقوة ضغط منخفضة ويسبب انتشار الشقوق ، حيث أن السبائك التي تحتوي على أقل من 46.5 % زنك ، فإنها ترسب عند التبريد الطور ( $\alpha$ ) ذو البنية الإبرية الناعمة التي تلعب دورا حازما تعيق تقدم الشقوق، بينما ترسب السبائك التي تحتوي على أكثر من 50 % زنك الطور ( $\gamma$ ) عند التبريد [9].

✓ عملية التقوية بالترسيب والتقوية البينية داخل البنية ، وأن السبب وراء هذا التغيير في الخواص، كان الرواسب الناعمة من النوع L12 الموجهة والتي نشأت عن عملية التقسية بالترسيب ، وتشكلت بشكل متجانس في الأرضية خلال عملية التعتيق عند حرارة ثابتة ، كما أن الإنخلاعات التي حدثت خلال عملية التشوه سببت أيضاً زيادة في صلادة السبيكة. حيث إن التفاعل ما بين الحبيبات الدقيقة الجديدة التي تتشكل في مرحلة

التعتيق الأولية وشكل الإنخلاعات التي تتشكل خلال عملية التشكيل على البارد تعزز من الرواسب في الأرضية matrix وتكبح تشكيل الرواسب الخشنة عند الحدود الحبيبية، مما يحسن من خصائص السبيكة بشكل عام وهذا مايتفق مع الدراسات المرجعية [8] ، [7] ، [6] ، [2] ، [1].

✓ كما أنه من الممكن تفسير انخفاض الإستطالة بشكل واضح بعد تبديل السبيكة وإجراء المعالجة الحرارية و الميكانيكية عليها، من خلال إجراء عملية التشكيل على البارد، إذ إن الضغوط العالية تكون ذات فائدة على السبيكة حيث أنها تشجع على الحصول على بنى مجهرية ناعمة وتحسن من الخصائص الميكانيكية بشكل عام وهذا مايتفق مع الدراسات المرجعية [4].

#### التوصيات:

✓ اقتراح دراسة تأثير التعديل على التركيب بالإضافات أو التدعيم أو عمليات المعالجة الحرارية و الميكانيكية اللاحقة أو التصميم على مختلف أنواع المعادن التقليدية والسبائك المعدنية الهامة في الصناعات الحديثة لتحسين الخواص الميكانيكية لها لمواكبة التطور الصناعي والتكنولوجي في العصر الحديث .

✓ اقتراح إجراء الدراسة بشكل رقمي حاسوبي إضافة للدراسة التحليلية والتجريبية التي أجريت عمليا ، ورسم لوحات الوصل والسلاسل الناقلة ، وتنفيذ المحاكاة الديناميكية لنظام النقل باستخدام برامج تصميم بمساعدة الحاسب ، للتوصل إلى نتائج حاسوبية ، والتنبؤ بسلوك وعمر تلك المواد الهندسية ، و مقارنة النتائج الحاسوبية مع نتائج الإختبار الواقعية ، و التحقق من صحة النموذج الرياضي .

✓ اقتراح دراسة تأثير تغيير السماكات في الوصلات (بالتصميم والتصنيع) لما له أثر على توزيع الإجهادات ، لأنه من الممكن أن ينخفض الإجهاد من خلال زيادة سماكة القطعة [5].

#### References:

- [1] Hasheminezhad . A , Zebarjad . S , Sajjadi . S , Rahanjam . L : “*Effect of Copper Content on Compressive Strength and Microstructure of Dental Amalgams*“, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran Engineering, 2012, 4, 155-159.
- [2] Yu . Y , Chen . C , Xie . Y , Song . C : “*Effect of heat treatment on microstructure evolution, phase transformation and mechanical properties of dual phase Cu-Zn alloy*“ *Journal of Alloys and Compounds*“ , Journal of Alloys and Compounds ,Volume 904, 25 May 2022, 163960.
- [3] G. Velmurugan, E. Palaniswamy, M. Sambathkumar, R. Vijayakumar, and T. M. Sakthimuruga, “*Conveyor Belt Troubles (Bulk Material Handling)*” ,International Journal of Emerging Engineering Research and Technology, vol. 2, no. 3. pp. 21–30, 2014.
- [4] M. A. Shaik and B. R. Golla, “*Development of highly wear resistant Cu - Al alloys processed via powder metallurgy*” ,*Tribology International*, vol. 136. pp. 127–139, 2019, doi: 10.1016/j.triboint.2019.03.055.
- [5] Guo . W , He . H , Yi . Y , Huang . Sh , Mao . X , Fang . J , Huang . J : “*Effects of axial cold-compression on microstructure uniformity and mechanical property enhancement of large 2219 Al–Cu alloy rings*“ , *Materials Science and Engineering: A* , Volume 798, 4 November 2020, 140233.
- [6] S. S, U. S. Mallik, and T. N. Raju, “*Microstructure and Shape Memory Effect of Cu-Zn-Ni Shape Memory Alloys,*” *Journal of Minerals and Materials Characterization*

*and Engineering*“ , Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering , vol. 02, no. 02. pp. 71–77, 2014, doi: 10.4236/jmmce.2014.22011.

[7] Kang . J , Tan . H , Lei . Q , Liang . Y , Li . J , Fang . J , Wang . Y , Zhu . M , Wu . J , Gao . Y , Jiang . Y : “*Discontinuous precipitation in a Cu-10Ni-1Si alloy with ultra-high strength, high shock absorption, and good stress relaxation resistance*“ , Journal of Alloys and Compounds Volume 934, 10 February 2023, 167676.

[8] Liao . W , Xuefeng. L , Yang . Y , Du . M : “*Relationship and mechanism between microstructure and property of C70250 copper alloy strip prepared by temperature controlled mold continuous casting*“ , Materials Science and Engineering: A , 2019 , Volume 767, 8 November 2019, 138428.

[9] Guo . Ch , Shi . Y , Xiao . X , You . Sh , An. G , Gong . Y , Yang . B : “*Enhanced softening resistance and mechanical properties of Cu-Ni-Sn alloy with Al, Zn and Si micro-alloying*“ , Materials Science and Engineering: A Volume 923, 25 November 2022, 166410.

[10] Zahra, Muhammad; Barakat, Neruda; Deeb, Youssef: “The effect of heat treatments on the fatigue properties of metals,” Tishreen University Journal, Engineering Sciences Series, Volume 41 No. 3 (2019).