Improving the Tensile Properties of Conveyor Chains in a Tobacco Cutting Machine

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

(Received 4 / 1 / 2023. Accepted 26 / 2 / 2023)

□ ABSTRACT □

This research aims to improve the tensile 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 breakdown of the links of the copper metal conveyor chains was analyzed by studying their behavior while working under the influence of the load, and investigating the reasons for their collapse. Connection with the increase in loading cycles, as a result of exposure to periodic forces of variable tension and pressure, causing the emergence of the phenomenon of fatigue, and thus the collapse of conveyor 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 Cu -7.85 Ni -24.8 Zn -1.08 Al. Tensile test samples were prepared from the mentioned alloy according to the E8 standard, and the necessary mechanical tests were performed to find out the tensile strength on the "UNIVERSAL TESTING MACHINE" model "IBMU4-1000" because of its extensive experimental relationships with other mechanical properties. The effect of alloying elements on the tensile properties of heat treatable copper alloys was studied and the copper alloy Cu -11.81 Ni -20 Zn -2 Al was selected and the appropriate thermal, mechanical and thermal treatment was applied to it in order to improve its tensile properties. The study was conducted analytically and experimentally, and the results of the tests showed, by comparing the results, an improvement in the tensile strength 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- tensile properties - conveyor chains.

* **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 الشد للسلاسل الناقلة في آلة قطع التبغ

د. علي هترة*

د. نيرودا بركات**

يوسف سمير ديب***

(تاريخ الإيداع 4 / 1 / 2023. قُبِل للنشر في 26/ 2 / 2023)

□ ملخّص □

يهدف هذا البحث إلى تحسين خواص الشد 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 تحليل انهيار وصلات السلاسل الناقلة المعدنية النحاسية من خلال دراسة سلوكها أثناء العمل تحت تأثير الحمولة ، والتحقيق 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 **Cu -7.85 Ni -24.8 Zn -1.08 Al**. تم تحضير عينات اختبار الشد من السبيكة المذكورة وفق المواصفة القياسية **E8** و إجراء الإختبارات الميكانيكية اللازمة لمعرفة مقاومة الشد على آلة الاختبارات العامة " UNIVERSAL TESTING MACHINE " موديل "IBMU4 -1000 " لما لها علاقات تجريبية واسعة متبادلة مع خواص ميكانيكية أخرى. تم دراسة تأثير العناصر السبائكية على خواص الشد 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 الشد.

أجريت الدراسة بشكل تحليلي وتجريبي وأظهرت نتائج الإختبارات من خلال المقارنة بين النتائج تحسنا في مقاومة الشد 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 الشد – السلاسل الناقلة.

* 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 ــ المكونة من لوحات وصل نحاسية ــ في آلة قطع التبغ **Hauni** 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 الإقتصادية 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(20–25) و معالج بمواد 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 ــ أساسها النحاس الذي يصنف بأنه من الفلزات المقاومة للتآكل ــ 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:

في سبيكة النحاس Cu z121 (Cu –Zn37.8) تحسن كل من مقاومة الشد وحد الخضوع وعمر التعب 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 α ذو البنية الإبرية الشبيهة بالمارتنسيت المراجع التي تتمتع بقساوة.

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

وبالمراجعة عند إعادة التسخين إلى درجة الحرارة °C(200–300) تم الحصول على الطور α الجيد الخواص وتجنب الطور β´ الهش المنخفض الخواص.

كل سبائك Cu – Zn التي تحتوي نسبة % (54–62) Cu والتي تقع ضمن مجال التحول α ⟹ β يمكن أن نجري عليها عملية تحسين الخواص بالتسخين والتبريد السريع والمراجعة**[1]**.

وقام Mallik وزملاؤه **[2]** 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 800^0C ويكون للسبيكة مطيلية جيدة وقدرة جيدة على استعادة الشكل.

ودرس Velmurugan وزملاؤه **[3]** المشاكل التي تحدث في السيور الناقلة، وقد بينوا بأن عمر عمل السيور لا يعتمد فقط على التصميم الجيد وطرق التصنيع والتركيب، 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 ألمنيوم مقاومة للاهتراء بشكل كبير من خلال استخدام تقنية تصنيع المساحيق، وقاموا بدراسة تأثير محتوى الألمنيوم على مقاومة الاهتراء للسبيكة النحاسية عند نسب معينة (Al: 0, 3, 5, 10 & 15 wt%)، حيث تم تصنيع السبائك النحاسية الحاوية على الألمنيوم 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 الألمنيوم في سبيكة النحاس قد أعطى زيادة في مقاومة الاهتراء.

قام Haris وآخرون **[5]** بتحليل فشل وصلات السلاسل الناقلة من خلال دراسة حالة، وقاموا بالتحقيق في أسباب فشل السلاسل من خلال توصيف مكونات الفشل. وقد بينوا بأن حالات الفشل التي ظهرت كانت بسبب عمليات اللحام ما بين الوصلات. وقد أظهر التحليل أن عيوب اللحام تؤدي إلى حدوث شقوق ويتم انتشار هذه الشقوق مع ازدياد دورات التحميل مما يسبب فشل تعب، حيث أن فشل التعب يحدث بسبب الشق الناشئ عند محيط الدرزة اللحامية، وهذا النوع من العيوب يمكن أن يصنف كعيب تصميمي كما قال الباحثون. استخدم الباحثون المجهر الإلكتروني الماسح Scanning Electron Microscopy لإظهار أنواع البنى المجهرية الناتجة عند مناطق اللحام. كما استخدموا اختبار القساوة باستخدام جهاز روكويل وأوجدوا قيم القساوة عند مناطق مختلفة من القطعة، ووجدوا بأن أكبر قيمة من القساوة ظهرت بالقرب من مناطق اللحام. كما استخدم الباحثون طريقة تحليل العناصر المنتهية باستخدام ANSYS من أجل دراسة تأثير تغيير السماكات في الوصلات وتأثير ذلك على توزع الإجهادات، وقد وجدوا بأن الإجهاد يمكن أن ينخفض من خلال زيادة سماكة القطعة.

قام Jha و Balakumar **[6]** بإجراء تحليل للبنية المجهرية والخصائص الميكانيكية للسبائك القائمة على النحاس والنحاس الأصفر، حيث كانت الغاية من البحث دراسة تأثير إضافة عدد من العناصر السبائكية على سبائك النحاس والنحاس الأصفر على الخصائص الميكانيكية مثل مقاومة الشد، القساوة والبنية المجهرية. وتم توصيف الخصائص الميكانيكية لسبائك النحاس والنحاس الأصفر المدروسة في البحث من خلال مقاومة الشد، مقاومة الصدم والقساوة وفق روكويل.

قام Jiang وآخرون **[7]** بدراسة تأثير المعالجة الميكاحرارية ثنائية المراحل على البنية المجهرية والخصائص الميكانيكية لسبيكة من النوع Cu–15Ni–8Sm–1.0Zn–0.5Al–0.2Si، حيث تم معاينة البنية المجهرية من خلال المجاهر الضوئية، المجهر الإلكتروني الماسح والمجهر الإلكتروني النافذ، كما تم اختبار الخصائص الميكانيكية والكهربائية. لقد وجد الباحثون بأن السبيكة من النوع Cu–15Ni–8Sm–1.0Zn–0.5Al–0.2Si والتي تعرضت لعملية معالجة ميكاحرارية ثنائية المرحلة كان لها خصائص أفضل بشكل عام من تلك السبيكة المعالجة بمرحلة واحدة، حيث أنه بعد عملية التعتيق الأولية عند الدرجة 400^0c لمدة 30 دقيقة، والدرفلة على البارد مع 60% تخفيض، ومن ثم التعتيق عند الدرجة 450^0c لمدة 30 دقيقة (مرحلة التعتيق الأساسية)، قد أظهرت السبيكة خصائص مثل قساوة بمقدار 387 HV، وإيصالية كهربائية بمقدار 8.5% IACS، ومقاومة شد بمقدار 1176 MPa، ومقاومة خضوع بمقدار 1106 MPa، واستطالة بمقدار 3.86% ومطيلية شد للمنتج بمقدار 4539 MPa%. كما ذكر الباحثون أنه بزيادة زمن التعتيق إلى ساعتين 2h فقد احتفظت السبيكة بمقاومة الشد العالية 1090 MPa. لقد لاحظ الباحثون وجود تحلل عرضي spinodal decomposition ورواسب من النوع β–Ni_3Sn مع ترتيب للبنية من نمط $L1_2$. إن توجه البلورات بين الأرضية النحاسية ورواسب β–Ni_3Sn كانت على الشكل [001] | | $(100)_{\beta}$, $[001]_{Cu}$ | | $(200)_{Cu}$ و β $(\bar{1}10)$ | | $(\bar{2}20)_{cu}$، β [112] | | $[112]_{Cu}$. من الممكن تفسير زيادة مقاومة الشد للسبيكة الجديدة من خلال

عملية التقوية بالترسيب والتقوية البينية داخل البنية. إن التفاعل ما بين الحبيبات الناوية الجديدة التي تتشكل في مرحلة التعتيق الأولية وشكل الانخلاعات 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.

قام Zhou و Su **[8]** بابتكار سبيكة جديدة من النحاس والنيكل والزنك والألمنيوم مع مقاومة شد عالية من خلال استخدام طريقة التقسية بالترسيب، حيث يمكن استبدال هذه السبيكة بسبيكة النحاس والبيريليوم Cu–Be. لقد وصلت مقاومة الخضوع ومقاومة الشد لهذه السبيكة عند قيم عالية حتى 1034 MPa و1112 MPa على التوالي. كما توصلوا إلى استطالة حتى 2.1% وقيمة إيصالية كهربائية IACS 10.4%. لقد وجد الباحثون بأن السبب وراء هذا التغيير في الخصائص كان الرواسب الناعمة من النوع LI2 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.

أهمية البحث وأهدافه:

أهمية البحث:

تنبع أهمية هذا البحث من:

- ✓ تحسين عمل السلاسل الناقلة في آلة قطع التبغ من خلال تحسين الخواص الميكانيكية للوحات الوصل المكونة لها وجودة تصنيعها وتصميمها ، بما يتوافق مع حاجات الصناعات الحديثة المحلية و يحقق أهم المتطلبات التصميمية والتكنولوجية للتطبيقات الهندسية في مختلف القطاعات الصناعية.
- ✓ تقليل الهدر والتلف في مادة التبغ ولوحات الوصل النحاسية الغالية الثمن للسلاسل الناقلة 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 الناقلة المكونة من لوحات وصل معدنية نحاسية نظرا لندرة الأبحاث المتوفرة بهذا الخصوص ، بحيث نتمكن 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 الناقلة وبالتالي تقليل معدلات الصيانة والوقت والمال المهدورين لذلك.

طرائق البحث ومواده:

في هذا البحث تم تحليل انهيار وصلات السلاسل الناقلة المعدنية النحاسية من خلال دراسة سلوكها أثناء العمل تحت تأثير الحمولة ، والتحقيق 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.

الشكل(1) مراحل تشكل الشقوق وانفصال جزء من لوحة الوصل النحاسية عنها بعد تشققهاوانكسارها(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**.

ثم تحضير عينات اختبار الشد من السبيكة المذكورة وفق المواصفة القياسية **E8** و إجراء الإختبارات الميكانيكية اللازمة لمعرفة مقاومة الشد على آلة الاختبارات العامة " UNIVERSAL TESTING MACHINE " موديل " IBMU4 −1000" لما لها علاقات تجريبية واسعة متبادلة مع خواص ميكانيكية أخرى.

تم دراسة تأثير العناصر السبائكية على خواص الشد 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 الشد .

أجريت الدراسة بشكل تحليلي وتجريبي وأظهرت نتائج الإختبارات من خلال المقارنة بين النتائج تحسنا في مقاومة الشد 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− اختبارات التحليل الكيميائي:

تم إجراء اختبارات 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 الكيميائيFoundry−Master الموضح في الشكل (1).

الشكل(2) جهاز التحليل الكيميائيFoundry−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	24.8	1.40	1.03	0.430	2.38	1.78	7.85	1.84	0.0171
Cr	Al	S	As	Be	Ag	Co	Bi	Cd	Sb
0.167	1.08	0.0020	0.269	0.0260	0.0970	0.356	0.429	0.0768	0.600
Zr	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0.0808	–	–	–	–	–	–	–	–	–

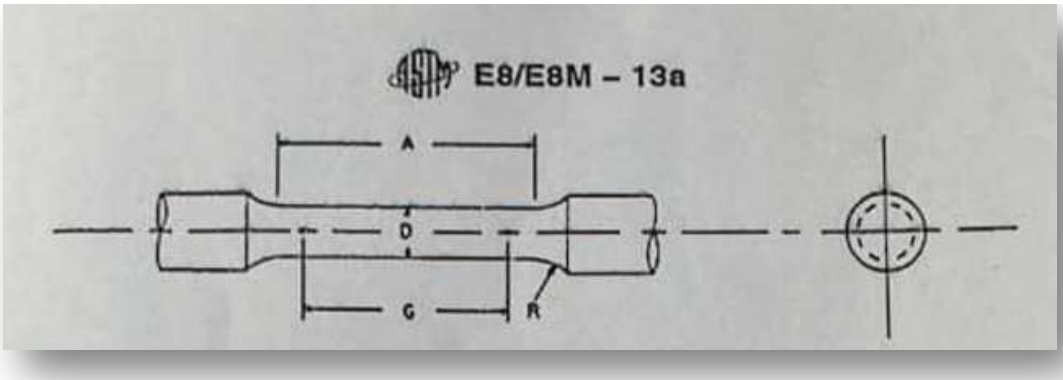
وللسبيكة المختارة **Cu –11.81 Ni –20 Zn –2 Al** (التي أعطت أفضل النتائج في الإختبارات الميكانيكية بعد المعالجة الحرارية والميكاحرارية والميكانيكية) كالآتي:

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	20	1.30	1.03	0.429	2.37	1.94	11.81	1.78	0.0171
Cr	Al	S	As	Be	Ag	Co	Bi	Cd	Sb
0.167	2	0.0020	0.269	0.0260	0.0970	0.256	0.330	0.0808	0.400
Zr	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0.0768	–	–	–	–	–	–	–	–	–

2- تحضير عينات اختبار الشد :

تم تحضير عينات اختبار الشد على آلة **CNC** في المنطقة الصناعية باللاذقية بموجب المواصفات القياسية ASTM (**E8**) لعينات اختبار الشد لكلا السبيكتين(**Cu –11.81 Ni –20 Zn –2 Al** ، **Cu –7.85 Ni –24.8 Zn –1.08 Al**) الموضحة في الشكل التالي :



الشكل (3) أبعاد عينة الشد القياسية(24*20*4(A Mm*G Mm *D Mm*R :

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 كالآتي:

- ✓ **التلدين عند درجة حرارة 850 C° 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° 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 لزيادة قوة الشد للسبيكة وتحويلها إلى محلول صلب والتحكم في معدل العودة إلى الهيكل المتغير لخليطها الميكانيكي.
- ✓ تمت عملية الدرفلة على البارد والتخفيض بمقدار 80% عن طريق تشويه المعدن في درجة حرارة الغرفة دون تجزئة .يعطي العمل على البارد قوة شد 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° 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 الترسب 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 بالتجليخ.

4- اختبارات الشد :

تم إجراء اختبارات الشد على عدد من عينات اختبار الشد 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(4) آلة الاختبارات العامة Universal Testing Machine (شد – ضغط – ثني).

النتائج والمناقشة:

الجدول (3) نتائج اختبارات الشد عند سرعة تحميل 0.1 KN/s لعينات شد من سبيكة النحاس المستخدمة

(Cu −7.85 Ni −24.8 Zn −1.08 Al)

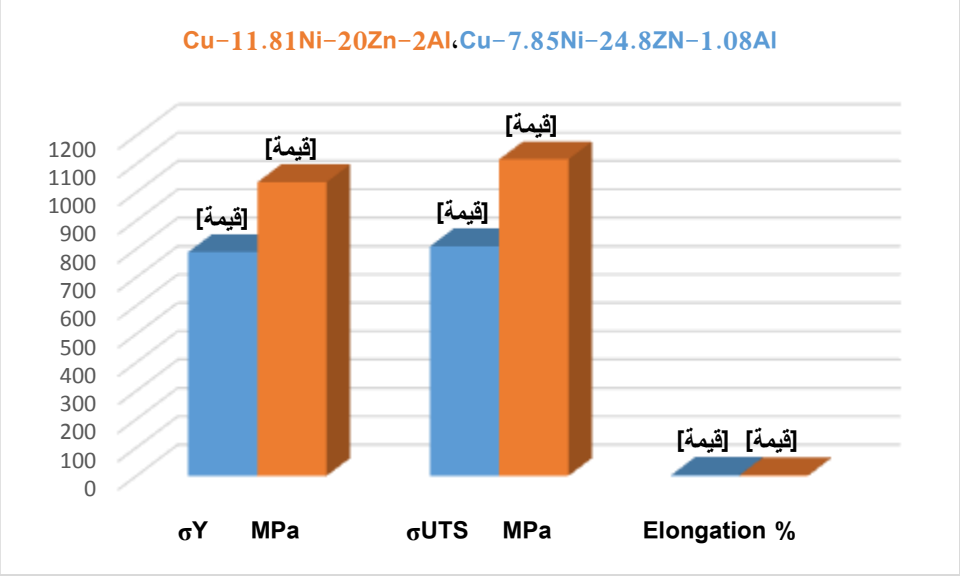
رقم العينة	وزن العينة G	أبعاد العينة D Mm*G Mm	قوة القطع KN	حد الخضوع MPa	مقاومة الشد القصوى MPa	الإستطالة %	ملاحظات
Cu1	24	4*20	10.308	805	820	3	السبيكة المستخدمة /1/
Cu2	24	4*20	10.031	770	798	3.9	السبيكة المستخدمة /1/
Cu3	24	4*20	10.182	790	810	3.5	السبيكة المستخدمة /1/

الجدول (4) نتائج اختبارات الشد عند سرعة تحميل 0.1 KN/s لعينات شد من سبيكة النحاس المختارة

(Cu −11.81 Ni −20 Zn −2 Al)

رقم العينة	وزن العينة G	أبعاد العينة D Mm*G Mm	قوة القطع KN	حد الخضوع MPa	مقاومة الشد القصوى MPa	الإستطالة %	ملاحظات
Cu1	24	4*20	14.042	1040	1119	2.1	السبيكة المختارة /2/
Cu2	24	4*20	13.941	1035	1115	2.4	السبيكة المختارة /2/
Cu3	24	4*20	13.196	1030	1113	2.6	السبيكة المختارة /2/

يبين المخطط التالي خواص الشد (حد الخضوع ومقاومة الشد القصوى والإستطالة النسبية) 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(5) مخطط يوضح خواص الشد (حد الخضوع ومقاومة الشد القصوى والإستطالة النسبية) لكل من السبيكتين (Cu −11.81 Ni −20 Zn −2 Al ، Cu −7.85 Ni −24.8 Zn −1.08 Al)

وبمقارنة نتائج الاختبارات تبين عند استخدام السبيكة **Cu −11.81 Ni −20 Zn −2 Al** و إجراء المعالجة الحرارية والميكاحرارية والميكانيكية:

- ✓ تحسن إجهاد الخضوع وسطيا من Mpa 788.33 إلى Mpa 1035.
- ✓ تحسنت مقاومة الشد القصوى وسطيا من Mpa 809.33 إلى Mpa 1115.6.
- ✓ انخفضت الإستطالة النسبية وسطيا من % 3.46 إلى % 2.36.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- ✓ من الممكن تفسير التحسن في الخواص الميكانيكية للسبيكة الجديدة **Cu −11.81 Ni −20 Zn −2 Al** بشكل واضح (حد الخضوع ومقاومة الشد القصوى) بعد تبديل السبيكة وإجراء المعالجة الحرارية و الميكانيكية عليها من خلال 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 والميكانيكية اللاحقة أو التصميم على مختلف أنواع المعادن التقليدية والسبائك المعدنية الهامة في الصناعات الحديثة لتحسين الخواص الميكانيكية وخواص التعب لها لمواكبة التطور الصناعي والتكنولوجي في العصر الحديث .
- ✓ اقتراح دراسة تأثير تغيير السماكات في الوصلات (بالتصميم والتصنيع) لما له أثر على توزع الإجهادات ، لأنه من الممكن أن ينخفض الإجهاد من خلال زيادة سماكة القطعة **[5]**.
- ✓ اقترح إجراء الدراسة بشكل رقمي حاسوبي إضافة للدراسة التحليلية والتجريبية التي أجريت عمليا ، ورسم لوحات الوصل والسلاسل الناقلة ، و تنفيذ 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 .

References:

[1]Zaahra, Mohammad; Barakat, Neirouda; Deeb, Yousef: The effect of Heat Treatments on the fatigue Properties of Metals, Journal of Tishreen University, Engineering series, Vol. 41, No. 3(2019).

[2] 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*, vol. 02, no. 02. pp. 71–77, 2014, doi: 10.4236/jmmce.2014.22011.

[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] N. I. Haris, M. S. Wahab, and A. Talip, "Failure Analysis of conveyor Chain Links: A Case Study," *Appl. Mech. Mater.*, 2013.

[6] S. Jha and D. Balakumar, "Experimental Analysis of Microstructure and Mechanical Properties of Copper and Brass Based Alloys," *Int. J. Automot. Mech. Eng.*, 2015.

[7] Y. Jiang, Z. Li, Z. Xiao, Y. Xing, Y. Zhang, and M. Fang, "Microstructure and Properties of a Cu-Ni-Sn Alloy Treated by Two-Stage Thermomechanical Processing," *Jom*, vol. 71, no. 8. pp. 2734–2741, 2019, doi: 10.1007/s11837-019-03606-5.

[8] X. Z. Zhou and Y. C. Su, "A novel Cu-Ni-Zn-Al alloy with high strength through precipitation hardening," *Materials Science and Engineering A*, vol. 527, no. 20. pp. 5153–5156, 2010, doi: 10.1016/j.msea.2010.04.089.