

# تحسين قيم الإزاحة حاسوبياً في جميع عقد نموذج التحليل للسلاسل الناقلة في آلة قطع التبغ

الدكتور المهندس يوسف سمير ديب\*

## الملخص

يهدف هذا البحث إلى تحسين قيم الإزاحة للوحات الوصل النحاسية - المستخدمة في السلاسل الناقلة في آلة قطع التبغ، بغية تقليل زمن الأعطال والصيانة والتكاليف الناجمة عنها - وبالتالي تحسين عمر خدمتها والتوصل لنظام سير ناقل جيد وآمن طويل الأمد يحقق شروط العمل المطلوبة.

يقدم هذا البحث دراسة سلوك لوحات الوصل في السلاسل الناقلة في آلة قطع التبغ بمساعدة طريقة العناصر المنتهية (Finite Element Method) واستخدام برنامج (Solid works). النموذج المدروس هو عبارة عن سلاسل نقل لانهائية مكونة من مجموعة من الصفائح المنفصلة من سبائك المعادن غير الحديدية (سبائك النحاس الأصفر)، متصلة من خلال فتحات منحنية للوصلات (الأقواس المتعرجة من السبيكة نفسها) ولها جهاز شد منفصل، مما يضمن تشغيلها بشكل صحيح. تم دراسة تأثير تغيير مادة وسماكة لوحات الوصل في منطقة الانهيار وعلى كامل محيط لوحة الوصل، وتم عرض نتائج تغير خواص المادة وأنماط الانهيار، وتحليل الإزاحة في لوحات الوصل. ومقارنة نتائج (FEM) للسبيكة المستخدمة (A)، والسبيكة المختارة (B) المطبق عليها برنامج معالجة حرارية وميكانيكية.

تم إجراء التحليل الكيميائي على جهاز (Foundry-Master) لمعرفة النسب المئوية للعناصر الداخلة في تركيب السبيكة النحاسية المستخدمة (A):  $Cu - 7.85 Ni - 24.8 Zn - 1.08 Al$ . ثم دراسة تأثير العناصر السبائكية على الخواص الميكانيكية للسبائك النحاسية القابلة للمعالجة الحرارية، واختيار السبيكة النحاسية (B):  $Cu - 11.81 Ni - 20 Zn - 2 Al$  (من بين ثلاث سبائك نحاسية متوفرة في الأسواق المحلية)، وإجراء المعالجة الحرارية والميكانيكية المناسبة عليها حسب المواصفات القياسية (ASTM)؛ بغية تحسين خواصها الميكانيكية.

أظهرت النتائج من خلال المقارنة تحسناً في قيم الإزاحة عند استخدام السبيكة النحاسية (B):  $Cu - 11.81 Ni - 20 Zn - 2 Al$  وإجراء المعالجات الحرارية والميكانيكية المناسبة عليها.

الكلمات المفتاحية: سبيكة النحاس الأصفر - الإزاحة - المعالجة الحرارية لسبائك النحاس - السلاسل الناقلة - المحاكاة.

\* دكتور مهندس - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

**المقدمة Introduction:**

يركز هذا البحث على فهم تأثير خواص المواد - التي يمكن أن يتم اختيار لوحة الوصل منها - على سلوك لوحات الوصل المستخدمة في السلاسل الناقلة في آلة قطع التبغ، ويحدد انهيار كل لوحة وصل عند كل نوع من المواد المقترحة في هذا البحث. ويعتمد على الطريقة التحليلية التي تتمثل باستخدام طريقة العناصر المنتهية (FEM) والمحاكاة (Simulation) من خلال برنامج (SolidWorks) والإفادة من النتائج وصولاً إلى الأداء الأفضل من خلال دراسة تأثير المادة والبارامترات الأساسية الهندسية وتحديد أنماط الانهيار عند كل عينة.

**الدراسات المرجعية Literature review:**

[1] قامت B. NUR ISMALINA في عام (2013) بدراسة انهيار نظام السلسلة، وبينت أن سبب الانهيار شق ينمو ويتطور مسبباً انهيار التعب، وأن نوع العيب هو عيب في التصميم. تم استخدام طريقة العناصر المنتهية (FEM) وهي (Ansys Workbench) ودراسة اختلاف حجم سماكة لوحة الوصلة الخارجية التي أثرت على توزيع الضغط، وقد وجدت أنه يمكن التقليل من الإجهاد بزيادة سماكة لوحة الوصل.

[2] قام A.A.Adekunle وزملاؤه في عام (2015) بدراسة تصميم السلاسل بمساعدة برامج التصميم بمساعدة الحاسب (CAD)، وفضل مهندسو التصميم والحرفيون هذه الطريقة على اعتبار أنها لا تحتاج إلى حسابات تطبيقية، يمكن من خلالها التنبؤ بالنتائج العملية، ويمكن تصحيح الأخطاء بسهولة والتعديل عليها، ولا تحتاج تقنيات خاصة، وفعالة للغاية من حيث الدقة عند مقارنتها مع التصميم اليدوي.

[3] قام H. K. Kulkarni وزميله في عام (2015) بدراسة وتحليل انهيار سلسلة الناقل باستخدام برنامج المحاكاة (ANSYS). وكان الهدف من الدراسة تقليل وزن رابط سلسلة الناقل وتقليل التشوه من خلال تغيير المواد، تم اقتراح مادتي إيبوكسي الزجاج الإلكتروني مع زيادة سماكتها من (5) ملم إلى (15) ملم وإيبوكسي الكربون، وجدا أن التشوه يتناقص بشكل مطرد من (0.23217) ملم إلى (0.073205) ملم لإيبوكسي الكربون، و(0.11295) ملم إلى (0.036593) ملم لإيبوكسي الزجاج الإلكتروني، وإيبوكسي الزجاج الإلكتروني هو أفضل بديل للوصلة الفولاذية لأنها آمنة وأقل وزن وأقل تشوه.

[4] قام M. S. Kamble وزملاؤه في عام (2016) بدراسة التحليل الهيكلي على التصميم لمعرفة أقصى الضغوط في لوحة ارتباط السلسلة باستخدام برنامج (ANSYS) بغية التوصل لتصميم جديد آمن وتقليل معدل استهلاك الطاقة، تم استخدام تصميم فولاذي مادة (EN19) مع مادة (GFRP)، لتقليل وزن لوحة ربط السلسلة، وقد انخفض الوزن من (0.504) كغ إلى (0.431) كغ وقلّ مقدار التشوه ومعدل استهلاك الطاقة.

[5] قامت Sh. Amol وزميله في عام (2018) بدراسة انهيار سلسلة النقل تحت التوتر، وبينوا أن أسباب هذا الانهيار هي التصميم غير السليم. قاما بمعالجة متغيرات التصميم المختلفة، مثل سماكة جدار الوصلة ومنطقة كسر الوصلة وشكل

الوصلة. وأكدا أن تحديد الشكل الأمثل للمواد الخام لربط سلسلة يلعب دوراً مهماً، لذلك من الضروري تحديد مادة جديدة وتصميم السلسلة الجديدة بعملية تصميم مناسبة.

[6] قام E. Yin وزملاؤه في عام (2020) بتحليل نظام ربط السلسلة بطريقة العناصر المنتهية (FEM) وتحليل الإجهاد والتشوه في ارتباط لوحة السلسلة، وخلصت الدراسة إلى أنّ شقوق التعب تكونت في البداية في محيط لوحة الارتباط الخارجية، وانتشرت إلى داخل اللوحة حتى حدث كسر بشكل مفاجئ. واقتروا تخفيض الوزن من خلال تصميم نموذج ذو مركزية. وتسوية الحافة في محيط لوحة الارتباط وأيضاً تقليل سماكة رابط السلسلة.

[7] قام H.Qiangfei وزملاؤه في عام (2020) بدراسة إزالة الزنك التي تعدّ مصدر قلق لسبائك النحاس التي تحتوي على أكثر من % (15) من الزنك، تترك عملية إزالة الزنك طبقة مسامية في سبائك النحاس، مما يضعف المكون هيكلياً ويؤدي إلى الانهيار. وبناءً على نتائج تحليل الانهيار والملاحظة المورفولوجية واختبار الغمر والتجارب الكهروكيميائية والمحاكاة العددية، تمت التوصية ببيرونز الألومنيوم (QA110-3-1.5) ليحل محل فلنجة الاستخدام، لأنه لم تتم ملاحظة أي إزالة للزنك وخطر التآكل الجلفاني صغير.

[8] قام G. Calum وزملاؤه في عام (2020) بدراسة ترسيب المرحلة ( $L_{12}$ ) المستمر والمتقطع في سبائك (Cu-Ni-Al)، خلال فهم آليات تشكل الحبيبات الدقيقة والخشنة لتطوير سبائك كوبرونيكل التقليدية لاستغلال الامتزاج الكامل للنحاس والنيكل الذي يشكل مادة صلبة. إذ تمّ تحديد خصائص وصلابة ثلاث سبائك (Cu-Ni-Al) بتركيبات مختلفة ( $Cu_{(95-x)}Ni_xAl_5$  ( $x = 5, 15, 25 \text{ at\%}$ ))، تم فحصها في الحالة المتجانسة وبعد المعالجة الحرارية عند  $C^\circ$  (700) لمدة (1، 10، 100، 1000)h. أظهرت السبائك التي تحتوي % (25 و 15) Ni على صلابة قصوى بعد ساعة واحدة عن  $C^\circ$  (700) وارتبطت قياسات الصلابة بتوزيعات ( $L_{12}$ ) المستمرة والمتقطعة.

[9] قام M. Kumar وزميله في عام (2020) بدراسة انهيار السلسلة تحت أحمال الشد والتعب باستخدام طريقة (FEA)، وخلصت الدراسة إلى استبدال لوحات جميع السلسلة الفولاذية المقاومة للصدأ بألواح من ألياف الكربون، مع ملاحظة زيادة طفيفة في الإجهاد والتشوه بعد تغيير المواد ولكن تحت الحدود الآمنة، وانخفاض في الوزن بنسبة % (37.9) وعمر تعب أطول.

[10] قام P.Sangeetha وزملاؤه في عام (2021) بالتحقق من عمر التعب للمادتين المختلفتين (النحاس والفولاذ EN-24) المعرضتين للتحميل الدوري المتكرر تحت آلة اختبار التعب. من خلال دراسة (نوع المادة، خشونة سطح المادة، نطاق تحميل التعب). بالتجريب وبالتنبؤ باستخدام نموذج (ANN) وتوصلوا إلى أنه يزداد عمر التعب للنحاس والفولاذ EN-24 إلى % (17، 11) للتغير في خشونة السطح من ميكرومتر (2-8) على التوالي. وزاد عمر التعب للفولاذ EN-24 بنسبة % (21) مقارنة بالعينة المصنوعة باستخدام النحاس ذي التشطيبات السطحية المختلفة.

**المشكلة العلمية للبحث :The scientific problem of research**

تتلخص المشكلة العلمية للبحث بتشقق و كسر لوحات الوصل النحاسية في السلاسل الناقلية في آلة قطع التبغ بفعل قوى الشد والضغط الدورية وظاهرة التعب، و بالتالي نقص عمر خدمة تلك اللوحات، وبارتفاع ثمنها، عدا عن تكاليف الصيانة المرتفعة، وهدر الوقت بتبديل اللوحات التالفة وهدر التبغ نتيجة اختلاف الرطوبة ودرجة الحرارة عند توقف العمل، وتوقف الإنتاج، الأمر الذي يسبب خسارة كبيرة لمؤسسة التبغ، وارتفاع ثمن المنتج بالنسبة للمستهلك.

**هدف البحث :The novelty of the search**

بعد الاطلاع على العديد من الدراسات المرجعية كان هدف البحث:

✓ تحسين الخواص الميكانيكية للوحات الوصل النحاسية من أجل تحسين قيم الإزاحة، من خلال الوصول إلى بنية تتمتع بمواصفات عالية من حيث المتانة ومقاومة الشد والضغط والتعب، وتضمن عمر خدمة أطول للوحات الوصل والسلاسل الناقلية، وبالتالي تقليل معدلات الصيانة والوقت والمال المهدورين لذلك.

**أهمية البحث :Research Importance**

تأتي أهمية هذا البحث من:

- ✓ تحسين عمل السلاسل الناقلية في آلة قطع التبغ من خلال تحسين الخواص الميكانيكية للوحات الوصل المكونة لها وجودة تصنيعها وتصميمها، بما يتوافق مع حاجات الصناعات الحديثة المحلية ويحقق أهم المتطلبات التصميمية والتكنولوجية للتطبيقات الهندسية في مختلف القطاعات الصناعية.
- ✓ 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 وتقديم المنتج النهائي بسعر منافس في ظل التنافس التجاري في الأسواق.
- ✓ تحسين قيم الإزاحة حاسوبياً في جميع عقد نموذج التحليل للسلاسل الناقلية في آلة قطع التبغ.
- ✓ إغناء البحث العلمي الذي يتناول مشاكل انهيار السلاسل الناقلية المكونة من لوحات وصل معدنية نحاسية نظراً لندرة الأبحاث المتوفرة بهذا الخصوص، بحيث نتمكن من تطبيق ذلك على سبائك أخرى لاحقاً والإفادة منها في الصناعات الحديثة المحلية فيما بعد.

طرائق البحث ومواده :Research method and materials

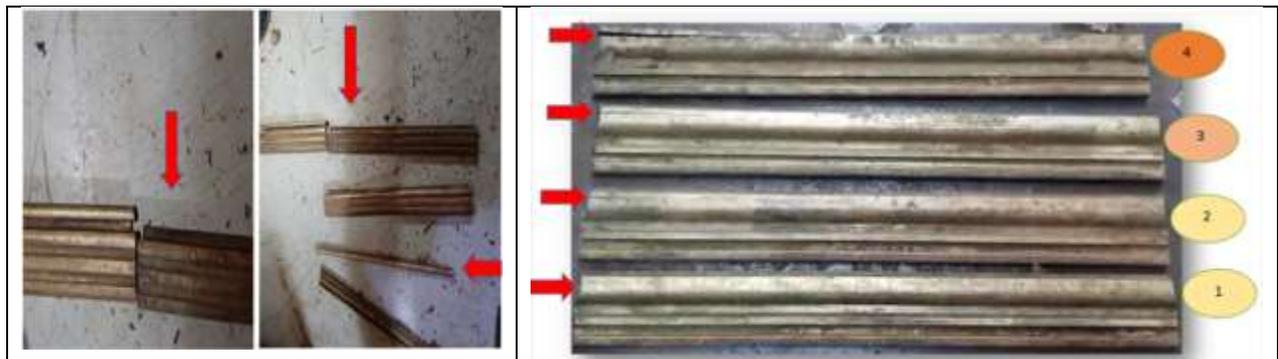
1- سبائك النحاس الأصفر المدروسة:



الشكل(1) لوحات الوصل النحاسية تشكل السلسلتين الناقلتين العلوية والسفلية (الملاحظات المرئية في موقع العمل).



الشكل (2) لوحات الوصل المنسقة ومادة التنغ المهذورة بعد انهيار السلاسل الناقلة (الملاحظات المرئية في موقع العمل).



الشكل (3) مراحل تشكل الشقوق وانفصال جزء من لوحة الوصل النحاسية عنها بعد تشققها وانكسارها (الملاحظات المرئية في موقع العمل).

## 2- 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 الكيميائي (Foundry-Master) الموضح في التالي:



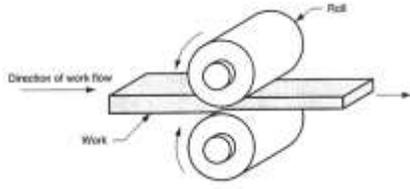
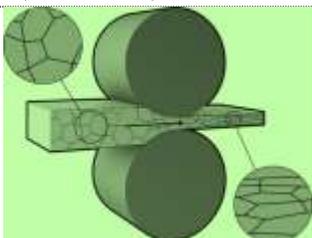
الشكل (4) جهاز التحليل الكيميائي Foundry-Master

### 2) برنامج المعالجة الحرارية والميكانيكية: ST + 80CR + PA (Aged at 500 C° for 1 h)

ST (solution treated) + 80CR (cold rolled%) + PA (peak aged)



الشكل (5) الفرن المستخدم لإجراء المعالجة الحرارية على العينات، ومقياس درجة الحرارة (C°) داخل فرن المعالجة الحرارية.

	
<p>الدرفلة المسطحة (rolling Flat)</p>	<p>آلة الدرفلة على البارد من النوع (KRM ST – KRT 12/2.5)</p>
	
<p>تقليل سماكة الصفيحة واستطالة الحبيبات</p>	<p>عملية الدرفلة على البارد (عند <math>433\text{ C}^\circ</math>)</p>

الشكل (6) آلة درفلة الصفائح المستخدمة لإنجاز عملية التشكيل على البارد للسبيكة النحاسية (B).

بالاعتماد على نتائج التحليل الكيميائي السالف الذكر وبالرجوع إلى جداول المعالجات الحرارية للمعادن حسب المراجع (ASTM)، لمعرفة برامج المعالجة الحرارية الخاصة بسبائك النحاس، تم تطبيق برامج معالجة حرارية مختلفة عند درجات حرارة مختلفة على السبيكة (B)، وتسجيل وتثبيت النقاط لكل عملية، واعتماد برنامج المعالجة الحرارية والميكانيكية الآتي:

- I. التلدين: تم تسخين السبيكة إلى درجة حرارة  $850\text{C}^\circ$  لمدة (12 h) ثم تبريد بطيء بالهواء، بغرض تجانس السبيكة وحصول عملية إعادة تبلور وتكون حبيبات جديدة متماثلة المحاور، والتخلص من الإجهادات الداخلية بشكل كامل.
- II. المعالجة المحلولية: تم تسخين السبيكة إلى درجة حرارة  $925\text{C}^\circ$  لمدة (1h)، بغرض الحصول على طور واحد تحل فيه ذرات العناصر السبائكية محل الفراغات والعيوب في البنية البلورية، تم التسخين إلى درجة حرارة أقل من نقطة الانصهار إلى منطقة أحادية الطور لإذابة الأطوار الزائدة بالقدر الكافي في المحلول الصلب.
- III. تبريد بالماء - حتى لا يحدث خلال التبريد انفصال العنصر المذاب من المحلول الصلب على شكل صفائح أو قشور من طور جديد لمحلول صلب آخر أو مركب معدني يسيء إلى الخواص الميكانيكية.
- IV. عملية التشكيل على البارد عن طريق تشويه المعدن عند درجة حرارة أخفض من درجة حرارة إعادة التبلور  $433\text{C}^\circ$  (أي (0.4 من درجة الانصهار)، والتخفيض بمقدار % (80) - على أربع مراحل % (20) كل مرحلة -

بغرض إزاحة العيوب والانخلاعات وتكديسها على الحدود الحبيبية، والحصول على شرائح معدنية أرق بالسماكة المطلوبة بدقة أبعاد جيدة، وجودة سطح أعلى.

V. تعتيق القطع المشكلة على البارد عند درجة حرارة  $500^{\circ}\text{C}$  لمدة (1h) للتخلص من الإجهادات وإعادة التبلور، ثم تبريد بالماء- إذ يسمح لعناصر السبيكة بالانتشار وتشكيل جزيئات بين العناصر- من خلال الترسيب من المحلول الصلب- الأمر الذي يزيد قوة الخضوع.

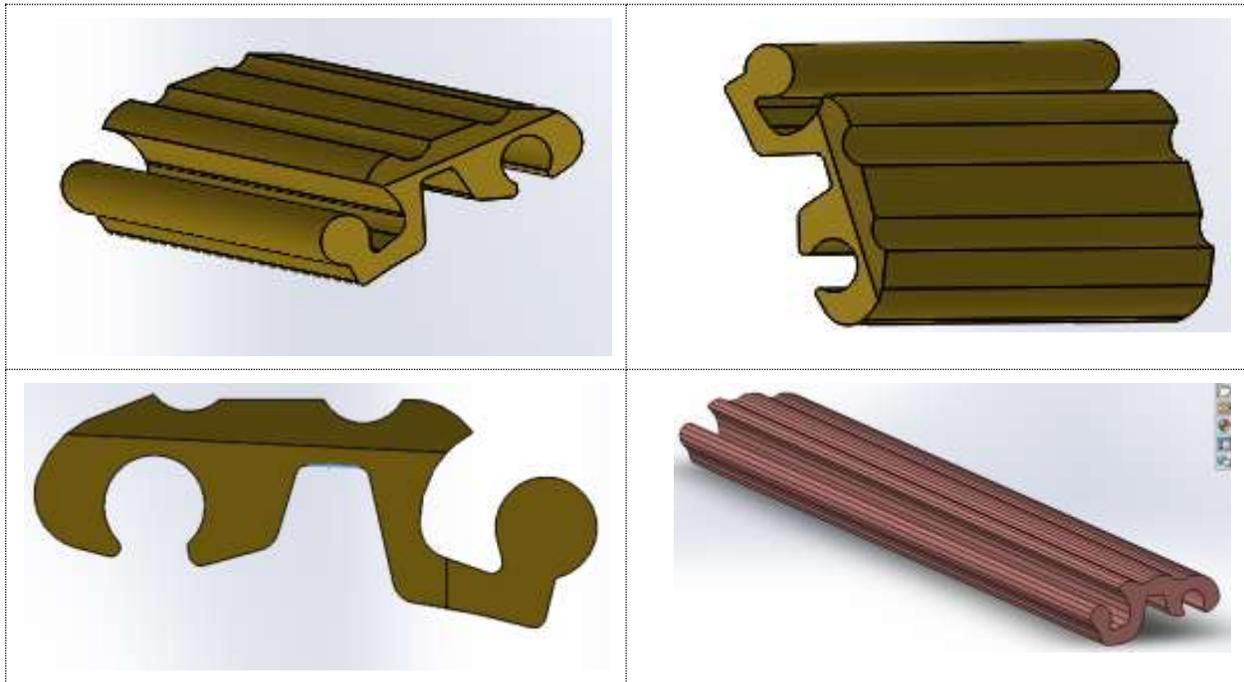
VI. تبريد بالماء.

VII. إزالة طبقات التأكسد السطحية عن الصفائح بالتجليخ.

### 3- الدراسة التحليلية:

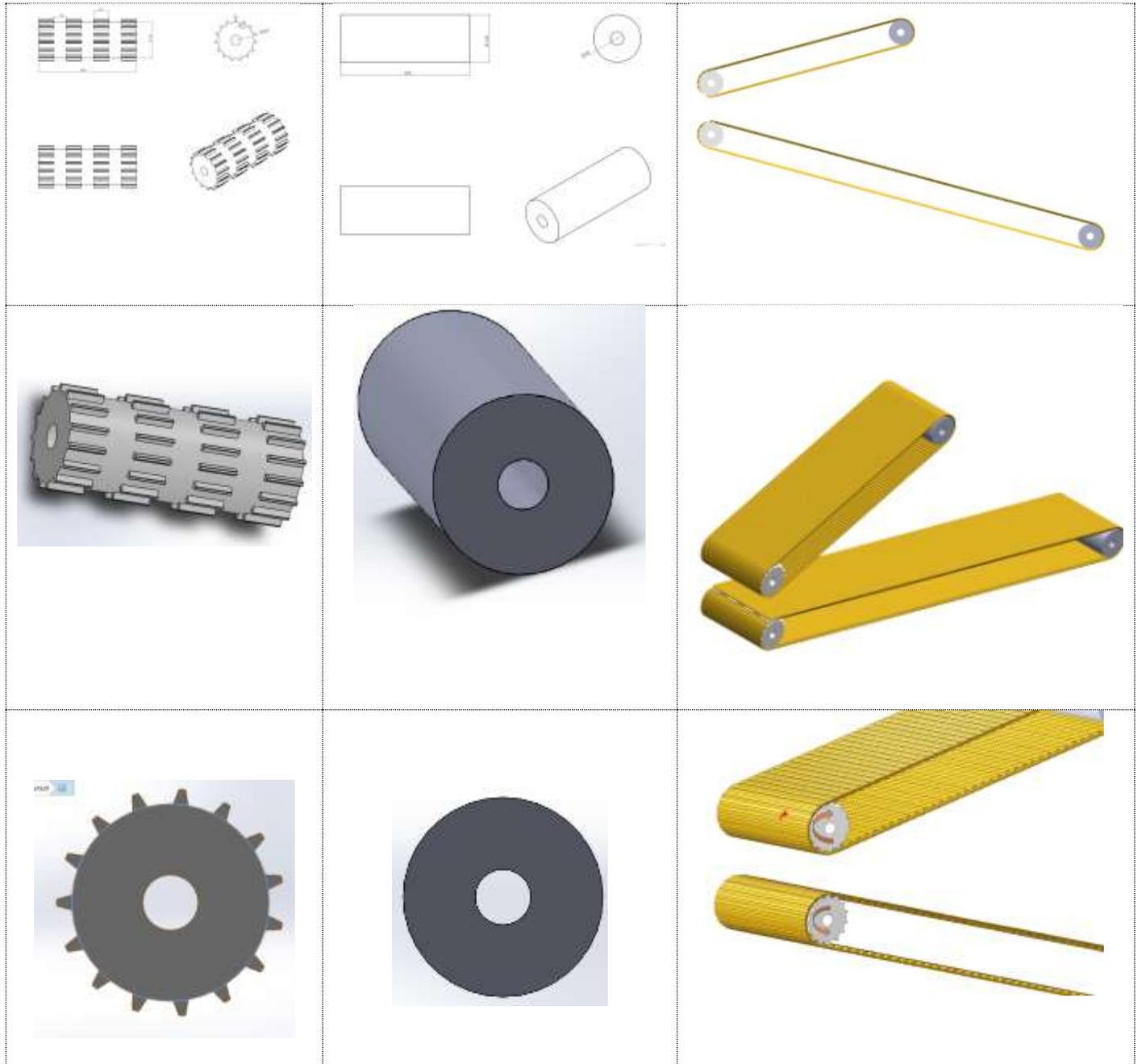
تم إجراء الدراسة بشكل حاسوبي، ورسم لوحات الوصل والسلاسل الناقلة بدقة في بيئة ثنائية وثلاثية الأبعاد، وتنفيذ المحاكاة الديناميكية لنظام النقل باستخدام برنامج تصميم بمساعدة الحاسب (SolidWorks)، للتوصل إلى نتائج حاسوبية، والتنبؤ بسلوك وعمر تلك المواد الهندسية، ومقارنة النتائج الحاسوبية، والتحقق من صحة النموذج الحاسوبي.

يبين الشكل (7) لوحة الوصل في البيئة الثنائية والبيئة الثلاثية الأبعاد قبل تطبيق الحملات (دون تشوه في شبكة العناصر المنتهية):



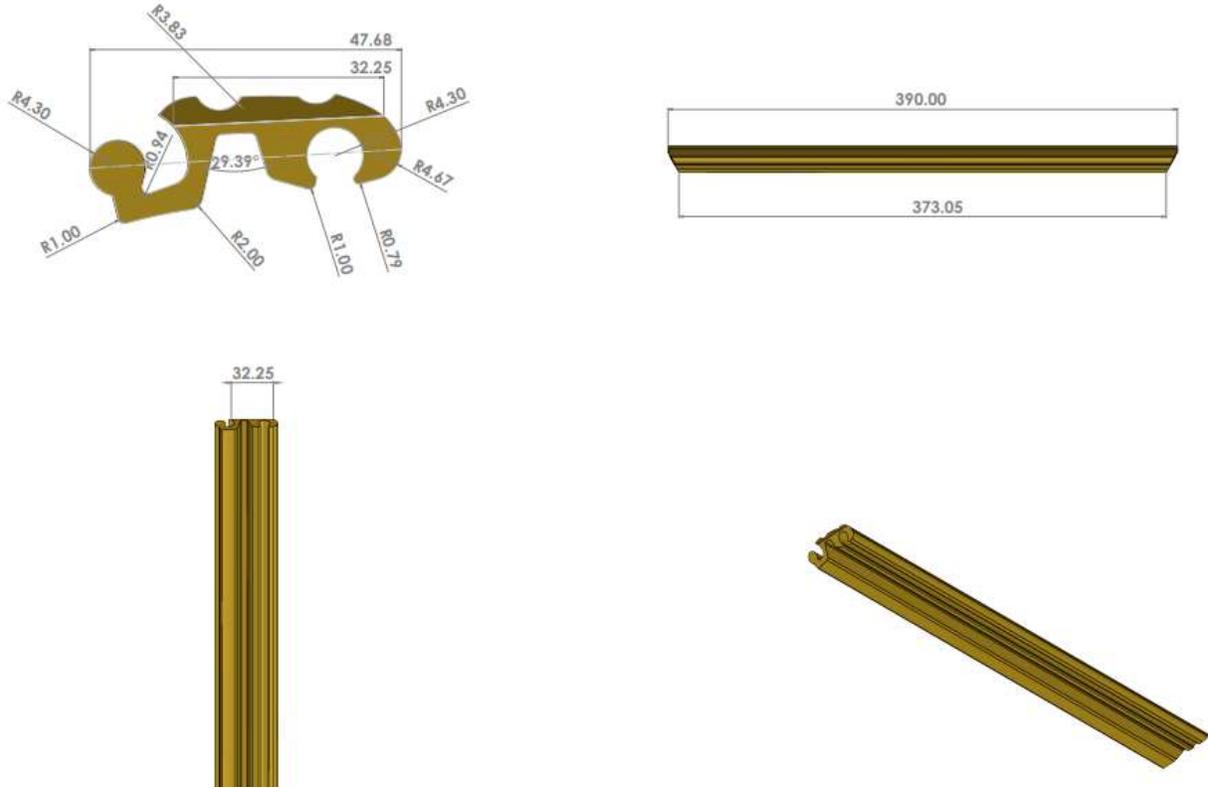
الشكل (7) لوحة الوصل في البيئة الثنائية والبيئة الثلاثية الأبعاد.

يبين الشكل (8) السلاسل الناقلية والرولات والقائدة والمساعدة في آلة قطع التبغ في البيئة الثنائية والبيئة الثلاثية الأبعاد:

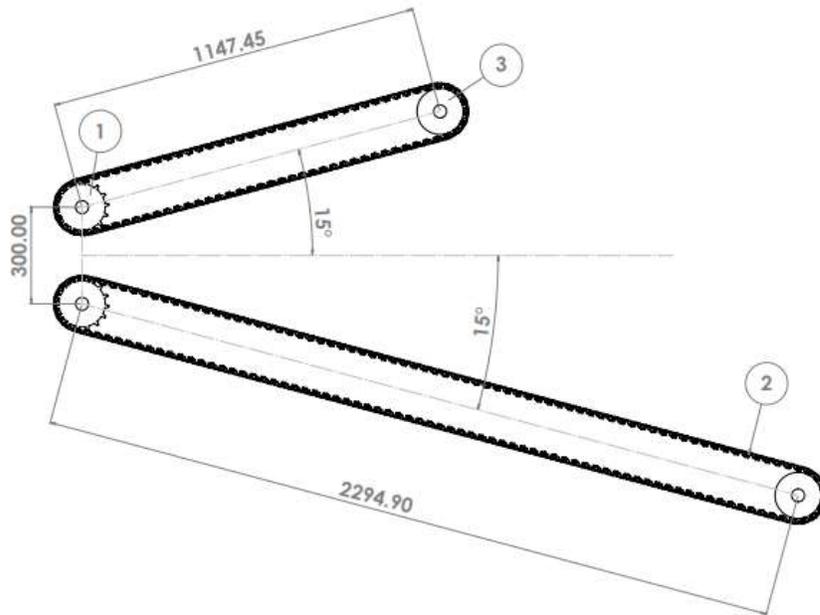


الشكل (8) السلاسل الناقلية والرولات والقائدة والمساعدة في آلة قطع التبغ في البيئة الثنائية والبيئة الثلاثية الأبعاد

يبين الشكلان (9)، (10) أبعاد لوحة الوصل والسلاسل الناقلة بدقة في البيئة الثنائية والبيئة الثلاثية:



الشكل (9) أبعاد لوحة الوصل في البيئة الثنائية والبيئة الثلاثية الأبعاد.



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Roll	2
2	chain brass final	237
3	Roll 2	2

الشكل (10) أبعاد السلاسل الناقلة، مجموعة من لوحات الوصل النحاسية، متصلة من خلال فتحات منحنية للوصلات (الأقواس المتعرجة من السبكة نفسها) تشكل السلسلتين الناقتين العلوية والسفلية في البيئة الثنائية والبيئة الثلاثية الأبعاد.

### نموذج العناصر المنتهية الثلاثية الأبعاد 3D Finite Element Model:

تم العمل في هذا البحث على بناء وتطوير النموذج لمحاكاة ارتباط لوحات الوصل ببعضها على برنامج (Solid works) تحت تأثير الأحمال الدورية، والجدول رقم (1) يبين مواصفات لوحة الوصل والتركيب الكيميائي:

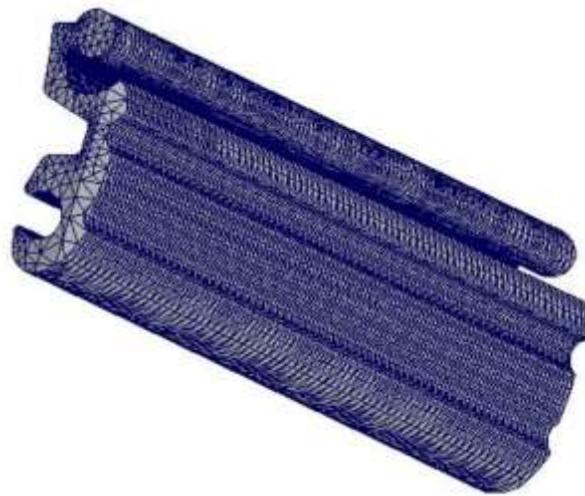
الجدول رقم (1) مواصفات لوحة الوصل من السبيكة (A)

وزن لوحة الوصل Kg	سماكة لوحة الوصل في منطقة الانهيار mm	طول لوحة الوصل mm	عرض لوحة الوصل mm
1.40446	5.5	390	47.68

بعد رسم وتصميم النموذج الثلاثي الأبعاد، تم إدخال المواصفات الميكانيكية والتركيب الكيميائي لمادة لوحات الوصل (استناداً إلى التحليل الكيميائي والمراجع المتخصصة بعلم المواد حسب نوع المادة المدروسة) والقوى المؤثرة على لوحات الوصل إلى مكتبة (Solid works)، وتم توليد شبكة العناصر المنتهية كلما زادت كثافة الشبكة (زاد عدد العناصر وعدد العقد وزادت دقة الشبكة) كانت دقة النتائج كبيرة جداً، ولكن هذا يتطلب حاسوب ذو مواصفات عالية جداً ويتطلب زمن حساب أطول.

الجدول (2) التركيب الكيميائي للمواد المستخدمة في لوحات الوصل المدروسة

التركيب الكيميائي	المادة
Cu -7.85 Ni -24.8 Zn -1.08 Al	A
Cu -11.81 Ni -20 Zn -2 Al	B

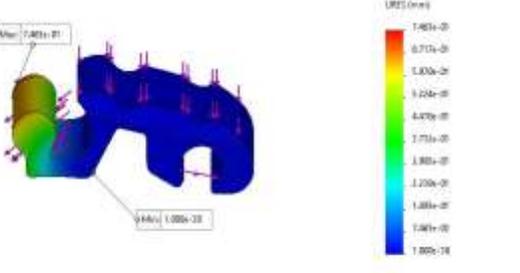
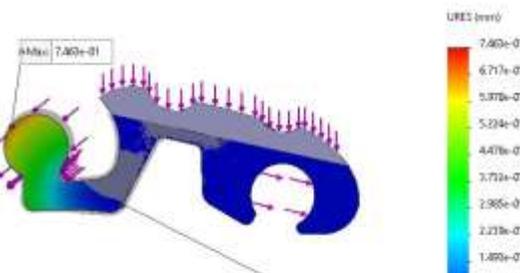
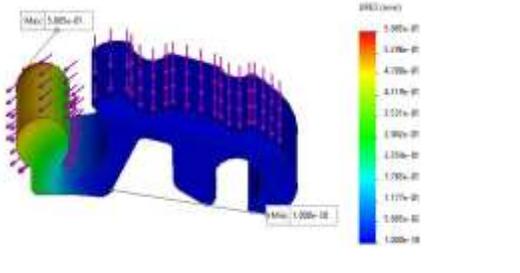
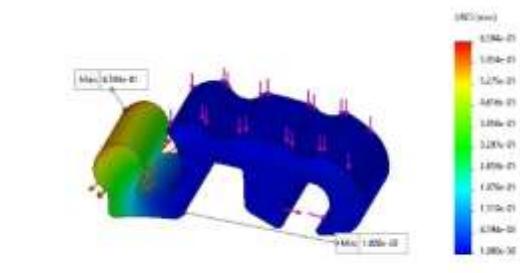
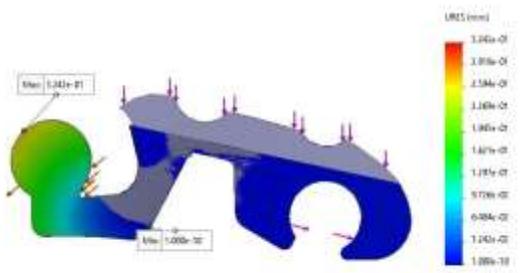
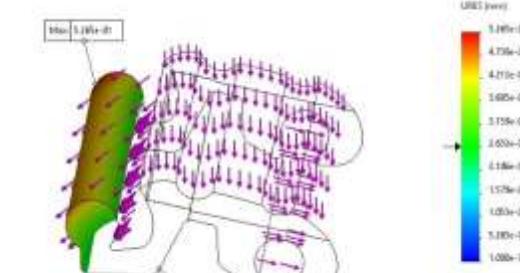


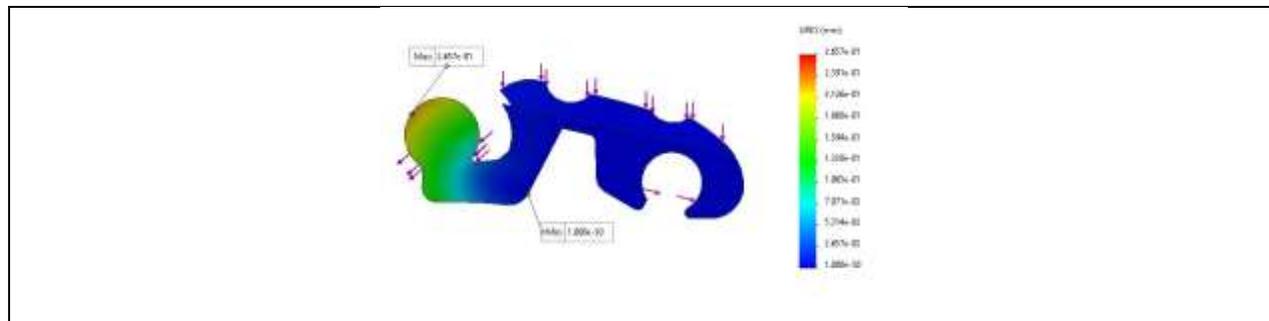
الشكل (11) نموذج العناصر المنتهية الثلاثية الأبعاد 3D Finite Element Model

### نمذجة ومحاكاة لوحات الوصل المدروسة وفق المواد المختارة:

تُمدجت لوحات الوصل المدروسة على برنامج (Solid works) وتم توليد شبكة العناصر المنتهية وفق كل حالة وطبقت الحمولات بدقة، وحُسبت الإزاحات في لوحات الوصل المدروسة عند كل حالة.

تبيّن الأشكال الآتية مخططات الإزاحة (Displacement) عند كل حالة من الحالات الآتية:

مادة لوحات الوصل السببكية (B)	مادة لوحات الوصل السببكية (A)
	
مادة لوحات الوصل السببكية (B) مع زيادة السماكة 0.2)mm	مادة لوحات الوصل السببكية (B) مع زيادة السماكة 0.1)mm
	
مادة لوحات الوصل السببكية (B) مع زيادة السماكة 0.5)mm	مادة لوحات الوصل السببكية (B) مع زيادة السماكة 0.3)mm
	
مادة لوحات الوصل السببكية (B) مع زيادة السماكة 0.1)mm على كامل محيط لوحة الوصل	



## النتائج Results:

### 1. نتائج التحليل الكيميائي:

كانت نتائج التحليل الكيميائي بعد إجراء (3) اختبارات وأخذ المتوسط الحسابي كما يأتي:

الجدول (2) التحليل الكيميائي لسبيكة النحاس المستخدمة **A: 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	-	-	-	-	-	-	-	-	-

الجدول (3) التحليل الكيميائي لسبيكة النحاس المختارة **B: 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	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## II. نتائج عملية النمذجة والمحاكاة :

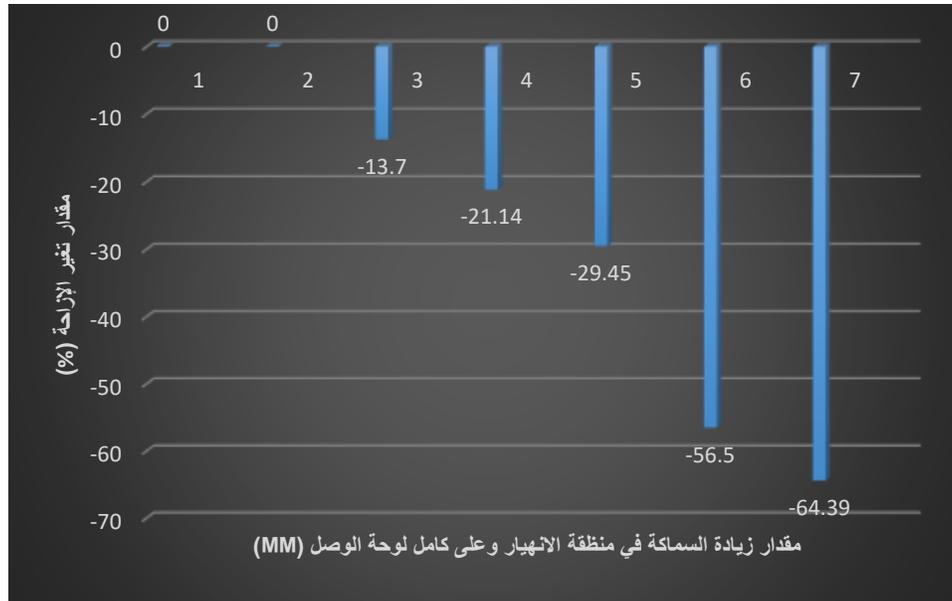
سيتم تقييم النتائج من خلال حدوث حالة إزاحة من عدمها، وكذلك مقدار الإزاحة في لوحة الوصل بعد عدد دورات التحميل الذي تم تحديده في الاختبار، ومن هنا تكمن أهمية استخدام المحاكاة في عملية تقييم واختبار الأجزاء الهندسية عموماً. يُظهر الجدول الآتي نتائج عمليات المحاكاة:

الجدول (3) قيم الإزاحة في لوحات الوصل عند كل حالة انهيار

التسلسل	المادة	قيم الإزاحة URES(mm)	مقدار التغير (Improving Percentage % = $[\frac{p_{new}-p_0}{p_0} * 100]$ %)	زيادة سماكة لوحة الوصل في منطقة الانهيار (mm)
.1	A	$URES_{Min} 1000 e^{-30}$	$URES_{Min} 0$	0
		$URES_{Max} 7.463 e^{-01}$	$URES_{Max} 0$	
.2	B	$URES_{Min} 1000 e^{-30}$	$URES_{Min} 0$	0
		$URES_{Max} 7.463 e^{-01}$	$URES_{Max} 0$	
.3	B	$URES_{Min} 1000 e^{-30}$	$URES_{Min} 0$	0.1 (mm)
		$URES_{Max} 6.594 e^{-01}$	$URES_{Max} -13.17$	
.4		$URES_{Min} 1000 e^{-30}$	$URES_{Min} 0$	0.2 (mm)
		$URES_{Max} 5.885 e^{-01}$	$URES_{Max} -21.14$	
.5	B	$URES_{Min} 1000 e^{-30}$	$URES_{Min} 0$	0.3 (mm)
		$URES_{Max} 5.265 e^{-01}$	$URES_{Max} -29.45$	
.6	B	$URES_{Min} 1000 e^{-30}$	$URES_{Min} 0$	0.5 (mm)
		$URES_{Max} 3.242 e^{-01}$	$URES_{Max} -56.5$	
.7	B	$URES_{Min} 1000 e^{-30}$	$URES_{Min} 0$	0.1 (mm) على كامل لوحة الوصل
		$URES_{Max} 5.657 e^{-01}$	$URES_{Max} -64.39$	

## المناقشة Discussion:

يوضح المخطط الآتي مقدار تغير الإزاحة في لوحات الوصل المدروسة عند كل حالة:



الشكل (12) مقدار تغير الإزاحة في لوحات الوصل عند استبدال المادة وزيادة السماكة في لوحات الوصل

- ✓ عند استخدام السبيكة (B) وإجراء المعالجة الحرارية والميكانيكية المناسبة قلَّ مقدار الإزاحة.
- ✓ كلما زادت سماكة لوحة الوصل في منطقة الانهيار قلَّ مقدار الإزاحة – أي قلَّ معدل تقلص وتمدد لوحات الوصل في مناطق اتصالها – وبالتالي تحسن عمر لوحات الوصل.
- ✓ توضح مخططات الإزاحة مقدار الإزاحة (URES) بوحدة (mm) عند كل حالة ممثلاً بتدرج ألوان، ويمكن أن نحدد مقدار الإزاحة عند أي نقطة، وهذا يعني أن المحاكاة تتنبأ بحدوث الإزاحة والانهيار عند أي نقطة.

## الخلاصة والاستنتاجات Conclusion:

من خلال ما تقدّم في هذه الدراسة ومن النتائج الحاسوبية، يمكن استنتاج ما يأتي:

- ❖ تتناقص معدل الإزاحة حاسوبياً لعينات السبيكة (B) بمعدل % (URES<sub>Max</sub> -13.17) عن عينات السبيكة (A) عند زيادة السماكة (0.1 mm) في منطقة انهيار لوحة الوصل.
- ❖ تتناقص معدل الإزاحة حاسوبياً لعينات السبيكة (B) بمعدل % (URES<sub>Max</sub> -21.14) عن عينات السبيكة (A) عند زيادة السماكة (0.2 mm) في منطقة انهيار لوحة الوصل.

- ❖ تتناقص معدل الإزاحة حاسوبيا لعينات السبيكة (B) بمعدل % (URES<sub>Max</sub> -29.45) عن عينات السبيكة (A) عند زيادة السماكة (0.3 mm) في منطقة انهيار لوحة الوصل.
- ❖ تتناقص معدل الإزاحة حاسوبيا لعينات السبيكة (B) بمعدل % (URES<sub>Max</sub> -56.5) عن عينات السبيكة (A) عند زيادة السماكة (0.5 mm) في منطقة انهيار لوحة الوصل.
- ❖ تتناقص معدل الإزاحة حاسوبيا لعينات السبيكة (B) بمعدل % (URES<sub>Max</sub> -64.39) عن عينات السبيكة (A) عند زيادة السماكة (0.1 mm) على كامل محيط لوحة الوصل.
- ❖ بينت نتائج المحاكاة الحاسوبية لسلوك لوحات الوصل النحاسية الانهيارات الموضعية الدقيقة في لوحات الوصل، وحددت مقدار ومنطقة زيادة السماكة الأفضل (المناسبة) التي تحسن عمر خدمة تلك اللوحات.
- ❖ أظهرت النتائج أن زيادة سماكة لوحة الوصل في منطقة الانهيار وعلى كامل لوحة الوصل في النموذج، استطاعت توفير توزيع متجانس للإجهادات الرئيسة، وبالتالي تقليل قيم الإزاحة، وزيادة عمر الخدمة لسلسلة ناقل اللوحة.
- ❖ هذا العمل تطلب كثيرا من التجارب، إلا أن التحليل العددي للوحات الوصل يقدم تحليلا جيدا للوحات الوصل الخاضعة للقوى بالمقارنة مع الاختبارات الفعلية.
- ❖ برنامج (Solid works) يقدم كثيرا من التسهيلات لنمذجة ومحاكاة لوحات الوصل، ويفتح آفاقا واسعة في مجال تحسين عمل السلاسل الناقلة عموما.
- ❖ طريقة العناصر المنتهية للوحات الوصل تعطي معلومات عن السلوك الفعلي للوحات الوصل في أثناء تعرضها لحمولة ما، وطريقة بديلة عن التجارب العملية، وتوفّر كثيرا من الكلفة المادية والزمنية.

## التوصيات والمقترحات للأعمال المستقبلية **Recommendations and proposals for future work**

من خلال ماتقدم نوصي بمايأتي:

- ✚ إجراء دراسة تجريبية على كل الحالات (عند زيادة السماكات: 0.1mm، 0.2mm، 0.3mm، 0.5mm) التي تم دراستها حاسوبياً، للتأكد من وثوقية النتائج التي تم الحصول عليها من برنامج المحاكاة (Solidworks).
- ✚ استخدام لوحات وصل مع زيادة في السماكة بمقدار (0.5mm) في منطقة الانهيار، عن سماكة منطقة الانهيار في لوحة الوصل المستخدمة حالياً في السلاسل الناقلية، لأنها تعطي نتائج جيدة من حيث تحمل لوحات الوصل.
- ✚ استخدام السبيكة (B) المطبق عليها برنامج معالجة حرارية وميكانيكية مناسب في تصنيع لوحات الوصل، لأنها أعطت نتائج أفضل في الدراسة الحاسوبية من السبيكة (A).
- ✚ استخدام النموذج الحاسوبي المدروس لدراسة حالات أخرى، إذ يمكن التعديل عليه بسهولة من خلال تغيير بعض البارامترات التصميمية مثل (السماكة في أي منطقة أو الرول القائد...)، ويمكن الاستفادة منه ومن عملية المحاكاة في إعطاء تقييم أولي لعمل لوحات الوصل والسلاسل الناقلية.
- ✚ إجراء دراسة تحليلية ستاتيكية وديناميكية لهذه العينات على برامج هندسية أخرى مثل (ABAQUS) أو (ANSYS) أو (SIMULA) أو (CATIA V5)، وإجراء المقارنة.
- ✚ اتباع وتنفيذ استراتيجية الصيانة الدورية الوقائية، والانتباه عند أدائها للعمل، ومعالجة الأخطاء عندما تظهر بأسرع ما يمكن، مثل تنظيف الرولين القائدين والمساعدين ولوحات الوصل، واستبدال لوحات الوصل التي يلاحظ فيها بداية تشكل شقوق، أو التواءات أو تغيرات، إذ يتم خفض تكلفة الصيانة المستقبلية وهدر التبغ، وتحسين العمر الاستثماري للوحات الوصل والسلاسل الناقلية، وتحقيق الربح للشركة.
- ✚ إعادة تدوير السبائك النحاسية (صهرها وصبها وتطبيق برنامج معالجة حرارية وميكانيكية عليها)، وتصنيع لوحات الوصل المطلوبة بدلاً من استيرادها ودفع تكاليف باهظة لتأمينها.

## المراجع References

- [1] B. Nur Ismalina, " **FAILURE ANALYSIS OF CONVEYOR CHAIN LINKS: A CASE STUDY AT TOP GLOVE SDN. BHD** Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering Universiti Tun Hussein Onn Malaysia. December 2013. Applied Mechanics and Materials 465–466:725–729
- [2] Adekunle.A.A, Adejuyigbe.S.B, Olorunfemi.B.J, " **Development of CAD Software for Mechanical Chains Design** Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS) 6(7): 260–266.© Scholarlink Research Institute Journals, 2015 (ISSN: 2141–7016).
- [3] H. K. Kulkarni ,R. J. Patil, "**Failure analysis and weight optimization of chain conveyor system,**" International Journal of Advanced Engineering Research and Studies, vol. 4, no. 2, pp. 23–26, 2015.
- [4] M. S. Kamble, V. D. Yelpale, and R. N. Panchal, "**Weight optimization using topological approach and strength evaluation of chain link plate,**" International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, vol. 5, no. 7, 2016.
- [5] Sh .Amol .M .Hredeya , " **METHODOLOGY CONCEPTS FLOW FOR DESIGN, MODELING AND ANALYSIS OF ROLLER CHAIN CONVEYOR SYSTEM** Published July 17, 2018 | Version v1.
- [6] E. Yin, O. Muvengei, J. M. Kihui, "**Conveyor Chain Links – A Review**2020) ", Proceedings of UMaT VI International Biennial Conference on Mining and Metallurgy, Tarkwa, Ghana, pp. 201–207.
- [7] H.Qiangfei, L.Yuchen,Z.Tao, W.Fuhui, "**Corrosion failure analysis on the copper alloy flange by experimental and numerical simulation**",Engineering Failure Analysis,Volume 109, January 2020, 104276.

[8] G.Calum Ferguson, A.Katerina Christofidoub , M.Emma Hildyarda , S.Alison Wilsona , G.Nicholas Jonesa , J.Howard Stone, “***On the continuous and discontinuous precipitation of the  $L1_2$  phase in Cu–Ni–Al alloys***” <https://doi.org/10.1016/j.mtla.2020.100855>.

[9] Kumar .M, S.P.Joshi, “***Life Cycle Prediction Analysis of Automobile Chain Link using Composites***” International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) .Volume: 07 Issue: 07 | July 2020.

[10] P.Sangeetha, M.Shanmugapriya “***Modeling and prediction of fatigue life of brass and EN24 steel using soft computing tool***”, Volume 38, Part 5, 2021, Pages 2912–2918.

# Optimizing the displacement values computer-wise at all nodes of the analysis model for the conveyor chains in the tobacco cutting machine

Dr. Engineer Youssef Samir Deeb\*

## Abstract

This research aims to improve the displacement values of the copper connection plates - used in the conveyor chains in the tobacco cutting machine, in order to reduce the time of breakdowns, maintenance and resulting costs - and thus improve their service life and achieve a good and safe long-term conveyor belt system that achieves the required working conditions. This research presents a study of the behavior of the link plates in the conveyor chains in a tobacco cutting machine with the help of the Finite Element Method (FEM) and the use of the Solid Works program. The considered model is an infinite conveyor chains consisting of a set of separate sheets of non-ferrous metal alloys (brass alloys), connected through curved slots for links (curved brackets of the same alloy) and having a separate tensioning device, ensuring their correct operation. The effect of changing the material and thickness of the hubs in the collapse zone and on the entire perimeter of the hub was studied, and the results of changing material properties and collapse patterns, and analysis of displacement in the hubs, were presented. Comparing the (FEM) results for the alloy used (A) and the selected alloy (B) to which a thermal and mechanical treatment program was applied. Chemical analysis was conducted on a Foundry-Master device to determine the percentages of elements included in the composition of the copper alloy used: (A) Cu -7.85 Ni -24.8 Zn -1.08 Al. Then study the effect of alloy elements on the mechanical properties of heat-treatable copper alloys, choose the copper alloy: (B) Cu -11.81 Ni -20 Zn -2 Al (from among three copper alloys available in local markets), and perform the appropriate thermal and mechanical treatment on it according to standard specifications. (ASTM); In order to improve its mechanical properties. The results showed, through comparison, an improvement in the displacement values when using the: (B) Cu-11.81 Ni-20 Zn-2 Al copper alloy and performing the appropriate thermal and mechanical treatments on it.

**Keywords:** brass alloy - displacement - heat treatment of copper alloy - conveyor chains - simulation.

\* Doctor of Engineer - Department of Design and Production Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University - Lattakia - Syria.