جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة التصميم الميكانيكي

نمذجة عملية البثق بالصدم لخلائط الألمنيوم بطريقة العناصر المنتهية

Modeling of Impact Extrusion Process for Aluminium Alloys by Using Finite Element Analysis

م. بكري صندوق

الدكتور المشرف: أ.د محمد نادر زيدان
المشرف المشارك: أ.م.د محمد نجيب الغفير

الملخص

تتمتع تقنية تشكيل المعادن بأهمية خاصة في مجال التصنيع الميكانيكي الثقيل والمتوسط والخفيف، حيث تحتل هذه التقنية موقعاً لا يستهان به في تصنيع السيارات والمركبات الفضائية. جرى في هذا البحث دراسة عملية البثق بالصدم كإحدى عمليات التشكيل الحجمي على البارد للمعادن، وذلك لعدة خلائط من معدن الألمنيوم، هي: (AA1100) و(AA6082) و(AA2014). تعتبر القوة اللازمة لهذه العملية أكثر المتغيرات أهمية لذلك تركزت الدراسة على التنبؤ بقيمة هذه القوة بعدة طرائق، فبعد دراسة العوامل المؤثرة في القوة واستنتاج تأثير كل من هذه العوامل فيها تم استنتاج النموذج الرياضي لمعادلة الانحدار الخطي، وجرى استخدامه للتنبؤ بالقوة اللازمة للبثق، وكانت النتائج متقاربة مع التجارب العملية. جرى استخدام طريقة النمذجة بالعناصر المنتهية لنمذجة عملية البثق بالصدم للتنبؤ بسلوك هذه الخلائط أثناء العملية وتحليلها و التنبؤ بالقوة اللازمة باعتماد معادلة جونسون- كوك كنموذج تأسيسي داخل برنامج Deform الخاص بتشكيل المعادن. وتم تقييم النتائج بإجراء تجارب عملية للحصول على مطابقة لمنحني القوة-زمن وقيم للقوى العظمى اللازمة لعملية البثق بالصدم، وكان هناك تقارب جيد بين نتائج النمذجة ونتائج التجارب العملية. تم استخدام الشبكات العصبونية أيضاً لتوقع القوة اللازمة للبثق ومقارنتها مع الطرق الأخرى للتنبؤ، وتبين أن توقعات الشبكات العصبونية كانت أدق وأسرع في حال توافرت البيانات اللازمة للتدريب لأن قيمة متوسط مربعات الأخطاء (MSE) لهذه الطريقة هو الأقل.

القسم النظري

تم في هذا البحث تقديم عدد من الدراسات السابقة، وعرض لمشكلة البحث، وأهداف البحث، وأهمية البحث، ومنهج البحث وإجراءاته.

يتضمن البحث أيضاً بعض المفاهيم النظرية المتعلقة بالموضوع قيد الدراسة، ويحوي على مقدمة وتصنيف لعمليات تشكيل المعادن وتعريف لعملية البثق بالصدم وكل ما يتعلق بهذه التقنية وتم إعطاء بعض الأفكار الجوهرية فيما يتعلق بالخواص الميكانيكية للمعادن ومعادلة جونسون كوك ومنهجية البحث وإجراءاته والتجهيزات المستخدمة للقياس وإجراء التجارب، مع ذكر المواد اللازمة للاختبارات والتجارب في هذا البحث وكيفية تصنيعها وتحضيرها، ولإعداد التجارب وماهي المتغيرات المختارة ومستويات الاختبار ومنهجية البحث.

القسم العملي

تم عرض الاختبارات والتجارب العملية اللازمة للبحث، والنتائج التي تم الحصول عليها مع إجراء تحليل لهذه النتائج، في إطار الموضوع الأساسي في هذه الرسالة، واستنتاج معادلة الانحدار الخطي التي تحدد العلاقة بين قوة البثق الأعظمية والمتغيرات الأخرى، مع تقييم لهذه المعادلة من وجهة نظر إحصائية وإجراء نمذجة بالعناصر المنتهية لعملية البثق بالصدم، للوصول إلى منحني القوة-زمن، ومطابقته مع المنحني الناتج عن التجارب، وتحليل لعملية البثق بالصدم من خلال دراسة توزع الانفعالات والإجهادات والتشوهات على عناصر شبكة التدفق والتطرق إلى التوزيع الحراري أثناء العملية وسرعة واتجاه الحركة الحاصلة للمادة. يتضمن الفصل أيضاً نمذجة للعملية بطريقة الشبكات العصبونية الصنعية، للوصول إلى أفضل النتائج من أجل توقع القوى العظمى اللازمة لعملية البثق بالصدم، مع اختبار وتقييم للنتائج.

النتائج والمناقشة

جميع المتغيرات التي تم اختيارها تؤثر بشكل واضح على قوة البثق العظمى، وذات دلالة إحصائية، وهي: نوع المعدن وقطر السالبة وزاوية الموجبة وطريقة التزييت، والأكثر تأثيراً هي نوع المعدن وزاوية الموجبة.

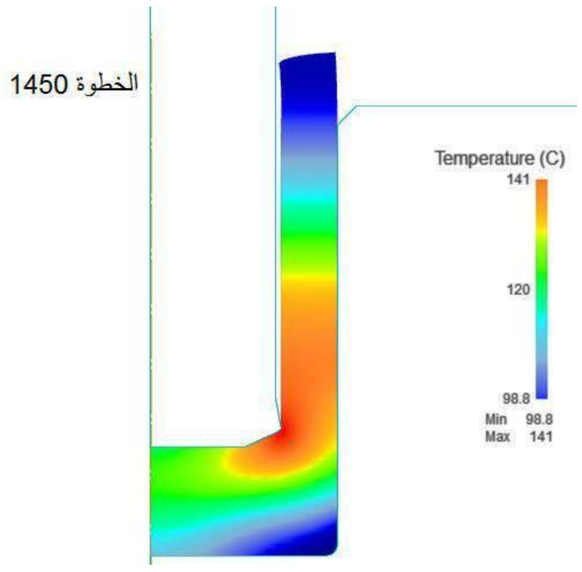
تكون قيمة قوة البثق بحدودها العظمى عند قطر السالبة 8mm ونوع المعدن AA2014 وزاوية الموجبة 25° و بطريقة التزييت بالفسفتة.

معادلة الانحدار الخطي المستنتجة هي معادلة ذات دلالة إحصائية بكل ما تحتويه من متغيرات، ولا يلزم الاستغناء عن أي من هذه المتغيرات، وتحقق جميع الفرضيات الإحصائية، وذات فعالية وتحقق المرجو منها.

بمقارنة قيم القوة العظمى لكل من نتائج التجارب وتوقعات معادلة الانحدار الخطي نجد تقارب بالنتائج مع وجود بعد النقاط الشاذة .

إن استخدام معادلة جونسون كوك كنموذج تأسيسي لنمذجة عملية البثق بالصدم كان مناسباً.

نتج عن استخدام البرنامج لنمذجة العملية منحني قوة- زمن بتطابق جيد مع المنحني الناتج عن التجربة



المراجع

- Alfaqs, F. and Marahleh, G. S. (2022). Determination of Force and Pressure Functions for Backward Cold Extrusion of Aluminum Alloy 1350. **International Review of Mechanical Engineering (I.RE.M.E.)**, Vol:16. No3. Pp:139-146. Naples: Italy. Praise Worthy Prize S.r.l.
- Kothasiri, A. F. Chalamalasetti, S. R. and Peteti, G (2021). Multiple process parameter optimization of forward extrusion process on AA2024, **International Journal of Modern Manufacturing Technologies**, Vol:7, No: 2. pp: 63-75. Andhra Pradesh: India.
- Omari, M.A. and, Abdelrahim, M.M. (2023). **Simulation and Optimization of an Aluminum Extrusion Process Using FEM and Artificial Intelligence, International Review on Modelling and Simulations (I.RE.MO.S.)**, Vol: 16, No: 3, pp: 185-193. Naples: Italy. Praise Worthy Prize S.r.l
- Shokry, A. Gowid, S. Mulki, H. and Kharmanda, G. (2023). On the Prediction of the Flow Behavior of Metals and Alloys at a Wide Range of Temperatures and Strain Rates Using Johnson–Cook and Modified Johnson–Cook-Based Models. **A** Basel: Switzerland..**Review. *Materials. MDPI***, Vol: 16, No:1574, pp: 1-53
- Thakur, A. and Konde, A. (2021). Fundamentals of Neural Networks. **International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)**. Vol:9, No:7, pp:407-426.
- Turney, S. (2024, February 10). **Pearson Correlation Coefficient (r) | Guide & Examples**. Scribbr. https://www.scribbr.com/statistics/pearson-correlation-coefficient/