

Abstract

This thesis focuses on the computer-aided design, manufacturing preparation, and analysis of three-dimensional extrusion of elliptical sections from round billets through different converging dies. Two groups of extrusion dies are adopted in this thesis. The dies in the first group are designed according to rational concepts which imply Constancy of the Mean Strain Rate (CMSR) and Constant Ratios of Successive Generalized Homogeneous Strain Increments with different values of deformation rate (CRHS $S=1.2$, $S=1$, $S=0.8$, and $S=\text{compound}$). The dies in the second group are designed according to mathematical expressions, which consist of elliptic, cosine, and streamline dies. Straight die (industrial concept) is also used for comparison.

Die profiles, coefficient of friction ($m=0.1$), ram speed ($V_0=1$ mm/sec), relative axial die length (L/R_0) ranging from (0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.4, 3.2, and 4.0) and the reduction in area (R_z) ranging from (49%, 60%, 69%, 78%, and 85%) are considered to be the main independent variables. A developed method of die construction, which utilizes an analytical expression, is proposed to facilitate the die surface representation and smooth transition between the die entrance and die exit. To formulate an upper bound solution, kinematically admissible velocity fields for a given extrusion model which satisfy a continuity equation and boundary condition is derived. A dedicated program is developed to calculate the relative total extrusion pressure and its components for the proposed die shapes under consideration. Optimum die lengths, which satisfy the lower extrusion load requirement, are calculated for all dies. It is found that cosine and streamline dies have lower extrusion pressure compared with the other dies. The efficiency of the tools designed on the basis of either

by the reduction that is achieved in the level of redundancy. A CAD/CAM system is adopted in which a developed program is used to manipulate and extract the die surface points and store them in a dedicated data file. Another AutoCAD based program using AUTOLISP language is also prepared to extract, visualize, and manipulate all the die surface points on the computer graphic screen. The CAD model is then exported in the form of IGES format to another application namely SURFCAM. NC planning is then manipulated within the SURFCAM environment. Hence, machining simulation and different tool-paths based on different algorithms for different proposed dies are created. The process of creating a tool-path for NC operation involves developing a machining strategy that identifies the values for the various machining parameters related to that operation. Therefore, acquired tool paths were verified. Finally commercial available finite element analysis code ANSYS 5.4 is used to analyze three-dimensional stress and strain distribution in the proposed extrusion dies. Contact element is selected to transmit the forming load and contact pressure to the die. It is found that straight die gives a higher level of redundancy and a lower load requirement compared with dies designed according to rational concepts, while CMSR and CRHS ($S=0.8$, $S=1$) show a lower level of redundancy almost at all the die length. Cosine and streamline dies are found to be the best dies regarding to stress and strain lessening especially near the die exit.

الخلاصة



يهدف البحث إلى دراسة الأمثلية في الشكل الهندسي لقالب البثق باستخدام التصميم والتصنيع المعان بالحاسوب (CAD/CAM) لعملية البثق ثلاثية الأبعاد لغرض إنتاج المقاطع البيضوية من خامات دائرية المقطع باستخدام مجموعة من القوالب ذات المقاطع المختلفة. تم في هذا البحث استخدام مجموعتين من القوالب، المجموعة الأولى تتضمن قوالب مصممة وفق مفاهيم منطقية وهي مفهوم ثبات النسب المتعاقبة لزيادة الانفعال المتجانس (C_{RHS}) وبمعدلات تشكيل مختلفة ($S=0.8, 1, 1.2, \text{and compound}$) وكذلك مفهوم ثبات متوسط معدل الانفعال ($CMSR$)، أما المجموعة الثانية فقد صممت وفق المفاهيم النظرية باستخدام معادلات الجيب تمام، معادلة القطع المكافئ، ومعادلة الخط الانسيابي بالإضافة إلى قالب واحد صمم وفق المفاهيم الصناعية باستخدام معادلة الخط المنسقيم. تم اعتماد الشكل الهندسي لسطح القالب، معامل الاحتكاك ($m = 0.1$) وكذلك طول القالب النسبي (L / R_0) ضمن المدى (0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0, 2.8, 3.2, 4)، نسبة التخفيض في مساحة المقطع (R_a) ضمن المدى (49%، 60%، 69%، 78%، 85%)، سرعة المدك ($V_0 = 1 \text{ mm/sec}$) كمتغيرات مستقلة *Independent variables*. استخدمت الطريقة التحليلية في تصميم القوالب بالاعتماد على المعادلات التي تم اشتقاقها حسب المفاهيم السابقة الذكر لتسهيل عملية تمثيل سطح القالب وبالتالي الحصول على التحول التدريجي من مدخل القالب إلى نهايته بشكل انسيابي. ونفرض صياغة الحل الخاص بنظرية الحد الأعلى، تم اشتقاق مجال السرعة المقبول حركياً لنموذج البثق الحالي والذي يحقق دالة الاستمرارية والشروط الحدودية. تم تطوير برنامج حاسوبي لغرض حساب

تم حسابه ولجميع القوالب المستخدمة. إن القوالب المصممة وفق معادلة الخط الانسيابي ومعادلة الجيب تمام تمتلك اقل قيمة لضغط البثق

النسي . إن كفاءة أداء القوالب المصممة وفق المفاهيم السالفة الذكر قد تم تقييمهما من خلال التقليل الحاصل في معامل فائضية

الانفعال (*Strain redundancy factor*). تم إعداد برنامج حاسوبي خاص لغرض استخراج نقاط سطح القالب بالأبعاد

الثلاث باستخدام المعادلات التي تم اشتقاقها. وبالإستعانة ببرنامج *AutoCAD* تم إعداد برنامج حاسوبي بلغة

AUTOLISP أمكن من خلاله رسم نقاط سطح القالب وإجراء المعالجة المناسبة لغرض تحويل هذه النقاط إلى أسطح معرفة

تمكننا من إجراء المحاكاة لعملية تشغيل هذه القوالب. أجريت عملية المحاكاة بطريقة التفريز بالحاور الثلاث باستخدام برنامج

SURFCAM وبطرق مختلفة الحذف منها إثبات فاعلية ومرونة عملية التصميم في تعريف جميع نقاط سطح القالب وكذلك إيجاد

الأمثلية في طول مسار أداة القطع وحجم المعدن المزال.

أخيراً تم إجراء عملية تحليل الاجهادات المتكونة في قالب البثق وبالأبعاد الثلاث من خلال إجراء المحاكاة لعملية البثق باستخدام

برامج *ANSYS 5.4*. تم استخدام تقنية نقل ضغط البثق إلى القالب عبر عنصر تماس *Contact element* مناسب

. أثبتت النتائج إن القوالب التي تتبع أسطحها معادلة الخط المستقيم تمتلك معامل فائضية عال واجهاد بثق اقل مما هو عليه في القوالب

انحسية وفق المفاهيم المنطقية، بينما تمتلك القوالب المصممة وفق المفاهيم المنطقية وخصوصاً قوالب *CMSR* وقوالب

($CRHS \ S=0.8$ & $S=1$) اقل قيمة لمعامل فائضية الانفعال ولجميع الأطوال النسبية المستخدمة. أما بالنسبة لتوزيع

الاجهادات فقد وجد إن القوالب المصممة وفق معادلة الجيب تمام ومعادلة الخط الانسيابي تعطي اقل قيمة للاجهادات خصوصاً عند

نهاية القالب.