الملخص

في هذا البحث تم دراسة تأثير نسب التشويه المختلفة على التغير في توزيع الصلادة وحجم الحبيبات والانفعال المكافئ خلال عملية الطرق على البارد. وأيضا قد تضمن البحث أيجاد علاقة تجريبية بين الصلادة والانفعال المكافئ لغرض التنبؤ بالصلادة في مراحل التصميم بدون أجراء التجارب العملية. نسب التشويه المستخدمة كانت (50%, 41%, 32.4%, 17%, 13%).

للتنبؤ بسلوك أي مادة أثناء عملية الطرق من الضروري معرفة معامل الاحتكاك أثناء عملية التشكيل ولذلك تم إجراء تجربة القرص المضغوط لحساب معامل الاحتكاك للمادة المستخدمة في عملية الطرق والتي كانت من النحاس النقي. نسبة أبعاد القرص المستخدمة لإجراء الاختبار كانت (القطر الخارجي: القطر الداخلي: الارتفاع = 2:3:6 أي 8:12:24)mm). وقد وجد إن معامل الاحتكاك يساوي 0.36.

اختبار الطرق اجري في درجة حرارة C°30 ولنسب تشويه مختلفة على عينات اسطوانية من نفس النحاس النقي بقطر 30 mm ونسبة (الارتفاع / القطر =1.0). تعتبر الصلادة مقياس مباشر لمقاومة المادة للتشوه اللدن وبالتالي هي أفضل طريقة لتقيم سلوك التشوه لأي منتج بعملية الطرق لذلك تم قياس توزيع الصلادة للعينات المطروقة على البارد باستخدام جهاز Brinell Hardness Tester. أيضا قد تناول هذا البحث دراسة مجهريه للعينات وقد تم معاملة الصور المجهرية للعينات باستخدام برنامج "Adobe Photoshop CS2" وبعد ذلك تطبيق برنامج "Image J" لحساب معدل حجم الحبيبات.

أيضا تناول البحث محاكاة لعملية الطرق باستخدام طريقة العناصر المحددة باستخدام برنامج ANSYS ver11.0. وقد تم هذا التحليل عند نفس ظروف الاحتكاك العملية تحت معامل الاحتكاك الذي تم حسابه عمليا وبنفس أبعاد وخواص العينة المطروقة عمليا ولكن باستخدام نصف موديل ثلاثي الأبعاد للحصول على نتائج أكثر دقة وقد تم تقسيم الموديل إلى عدد من العناصر المحددة باستعمال (solid 92) الذي يمتلك شكل رباعي الوجوه المثلثة بعشر عقد المتوفرة في حقيبة برنامج ANSYS. تم هذا التحليل لهذه العينات عند نفس نسب التشويه العملية. الهدف الأساسي لهذا التحليل هو إيجاد تغير الانفعال المكافئ في نفس النقاط التي تم عندها حساب الصلادة عمليا والتي تقع على السطح العلوي للعينة المطروقة على طول نصف القطر ابتدئاً من مركز العينة إلى محيطها وعلى بعد 2mm بين كل نقطة وأخرى. تم حساب الانفعال المكافئ في هذه النقاط بواسطة path operation المتوفرة في حقيبة برنامج ANSYS.

من خلال النتائج ظهر أن طريقة العناصر المحددة طريقة فعالة في تمثيل عملية الطرق على البارد وبأقصى خطأ نسبي (7.7%). كما أشارت النتائج إلى انه الصلادة تزداد بزيادة نسبة التشكيل كنتيجة طبيعية بسبب تنعيم الحجم الحبيبي الذي يحدث خلال عملية التشكيل والذي تم توضيحه من خلال المخططات. ومن خلال نتائج برنامج ANSYS لوحظ انه الانفعال المكافئ يزداد على طول نصف القطر من المركز إلى المحيط في نفس النقاط التي تزداد فيها الصلادة عمليا وهكذا تم ربط الصلادة والانفعال المكافئ بعلاقة لغرض التنبؤ بتوزيع الصلادة في مرحلة التصميم بدون إجراء التجارب العملية وبالتالي مراقبة عملية الطرق على البارد والسيطرة عليها في مرحلة التصميم. هذه العلاقة أعطت نتائج جيدة حيث كانت قريبة من النتائج العملية وبنسبة خطأ (15%).

Abstract

In this work, the influence of varied deformation percentages on the hardness and grain size, effective strain variation during simple upsetting

is studied. Also, hardness variation in a typical cold upset forging process is predicted by relating hardness and effective strain evolution in a simple upsetting operation empirically. Five different deformation percentages, (13%, 17%, 32.4%, 41%, 50%), are considered for experimentation.

In order to predict the forging behavior of any material, it is necessary to quantify friction factor during the forming process. Ring compression tests were conducted to determine the friction factor "m". Pure copper standard ring compression samples of outside diameter: inside diameter: height ratio = 6:3:2 i.e. (24:12:8 mm). The friction factor "m" found that was equal to 0.36.

The upset-forging tests were conducted at 30˚C and for different deformation percentage on the pure copper cylindrical specimens of 30 mm diameter with aspect ratio (ho/do) of 1.0. Since the hardness is the direct measure of resistance given by the material to plastic deformation and hence is a better candidate to measure the deformation behavior of any cold forged product, the distribution of hardness in the cold upset specimen was measured using the Brinell Hardness Tester. Also, this work discussing metallographic study of the upset specimens. The micrograph of samples is processed with the "Adobe Photoshop CS2" program and then applying the "Image J" program for estimating the average grain size.

The upsetting operation was simulated using a commercial finite element code, ANSYS ver11.0. Finite element analysis of deformation behavior of cold upsetting process of cylindrical specimen was carried out for the given frictional condition. The geometry of the specimen has prepared according to experimental work where cylindrical specimens of 30 mm diameter with aspect ratio (ho/do) of 1.0 using in this analysis. The analysis can also be extended to non axisymmetric problems using half portion of 3D model. For such analysis, rigid tools need not be meshed. The billet geometry was meshed with 10-node tetrahedral elements (solid 92 in ANSYS Library). The FE simulations were conducted for the same experimental different deformation percentages. The main aim of this ANSYS analysis is that to find the variation of effective strain at the same locations where the hardness (BHN) values were obtained through experiments. Effective strain values were measured for certain points from the surface center to periphery for the distance 2mm between each point and ether on the top compressive surface of the upset specimen. The effective strains were obtained at this point by path operation in the ANSYS program.

The results show that the finite element procedure is effective procedure to simulating cold upsetting process with maximum error (7.7%). Also, results indicate that the hardness increasing with increase deformation percentage because grain size refinement which occur during forming

process. ANSYS results show that the effective strain increasing from the surface center to periphery in the same points at which the hardness increasing experimentally and from this finding relationship between the hardness and the effective strain to predict the hardness distribution at the design stage, without performing experiments, one can monitor and control the cold forging process in the design stage. This relationship gave excellent results which were very close to the experimental results with average error of (15%).