



NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐO LỰC TRÊN MÁY DẬP TRỤC KHUYU CHO NGUYÊN CÔNG CHỒN

Phan Thị Hà Linh^{1,2}, Nguyễn Đắc Trung²

1 Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

2 Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 08/07/2019

Ngày phân biên đánh giá và sửa chữa: 19/08/2019

Ngày bài báo được duyệt đăng: 10/09/2019

Tóm tắt:

Lực dập là một thông số quan trọng, nó ảnh hưởng tới mức độ biến dạng và là căn cứ để lựa chọn tải trọng của máy được sử dụng. Trong nghiên cứu này một hệ thống đo lực trên máy dập trục khuỷu được xây dựng. Một cảm biến đo lực được đặt trong hệ thống khuôn gá trên máy dập trục khuỷu, cảm biến đo lực được chế tạo dựa trên nguyên lý áp trở, tem biến dạng được dùng làm phần tử nhạy cảm cho cảm biến. Cảm biến thực hiện chức năng tiếp nhận và biến đổi thông tin về sự biến thiên của lực trên đầu vào thành sự biến thiên điện áp trên đầu ra. Tín hiệu điện áp ra này được đưa tới trung tâm xử lý tín hiệu và hiển thị kết quả đo. Các kết quả này được sử dụng để so sánh và đánh giá với kết quả của quá trình mô phỏng số. Cũng trong nghiên cứu này các kết quả đo lực chồn với các trường hợp khác nhau được đưa ra và phân tích so sánh với kết quả tính toán lý thuyết.

Từ khóa: *Dập khối, Cảm biến tải trọng, Máy dập trục khuỷu, Nguyên lý áp trở, Khuôn dập, Lực dập.*

1. Đặt vấn đề

Máy dập trục khuỷu được sử dụng nhiều trong hoạt động dập khối, điển hình là nguyên công chồn. Khi thực hiện quá trình tạo hình trên máy dập trục khuỷu có những ưu điểm như độ chính xác cao bởi nó có hành trình cố định, chất lượng bề mặt sản phẩm tốt, năng suất cao, phù hợp với nhiều loại sản phẩm (vật dập trên thiết bị này có kích thước đa dạng từ vài trăm gam đến vài trăm kilogam). Tuy nhiên máy dập trục khuỷu có nhược điểm là không khống chế được lực và có thể kẹt tại điểm chết dưới khi quá tải [1].

Nguyên công chồn được thực hiện nhằm giảm chiều cao và tăng diện tích tiết diện mặt cắt ngang của phôi, chồn là một quá trình nén. Việc đo và kiểm soát được lực cũng như tìm được giá trị phù hợp là rất quan trọng trong quá trình chồn. Nó ảnh hưởng tới mức độ biến dạng và là căn cứ để chọn công suất máy cho quá trình tạo hình [2].

Lực chồn được tính theo công thức 1.1[5]

$$F = A.k.\gamma\left(1 + 0,17.\frac{d_1}{h_1}\right) \quad (1.1)$$

Trong đó: A - diện tích tiết diện sau khi chồn, d_1 - đường kính sau khi chồn, k - ứng suất chảy vật liệu ở nhiệt độ chồn, γ - hệ số tỷ lệ

Xác định lực tạo hình trên máy dập trục khuỷu bằng phương pháp đo năng lượng bánh đà thường

được sử dụng. Phương pháp này tính toán lực dựa trên thông số đặc trưng của từng máy là mô men quán tính của các chi tiết chuyển động quy về trục của bánh đà J_M . Quá trình tính toán gặp khó khăn khi xác định J_M với mỗi máy dập khác nhau do cấu tạo, tải trọng của các máy là khác nhau và phụ thuộc vào quá trình tính toán. Hơn nữa với phương pháp này chỉ đo được lực tại cuối quá trình dập [3].

Ngoài ra trên các máy dập trục khuỷu có thể sử dụng các loại cảm biến tải trọng để xác định lực dập, tuy nhiên giá thành của các cảm biến này khá cao.

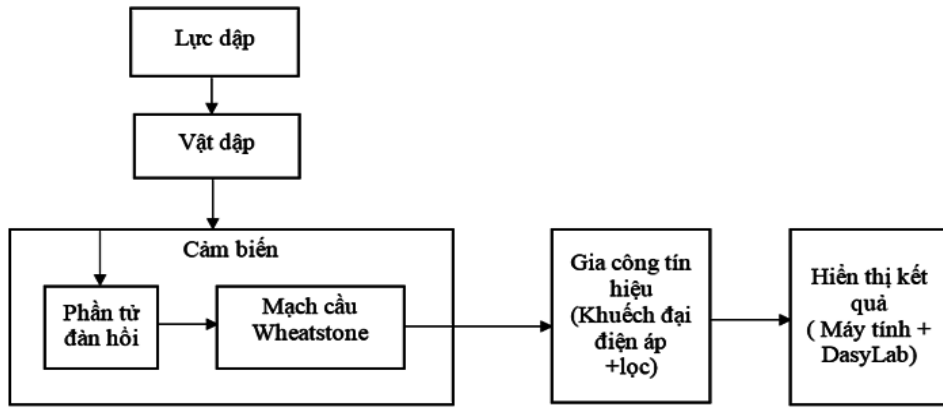
Do vậy, trong bài báo này phát triển một hệ thống đo lực chồn trên máy dập trục khuỷu nhằm giảm chi phí và có kết quả phù hợp. Các kết quả đo sẽ được trình bày. Dựa trên kết quả đo của hệ thống này sẽ tìm được giá trị tối ưu cho nguyên công chồn với thông số hình học phôi khác nhau.

2. Phát triển hệ thống đo

2.1. Sơ đồ nguyên lý

Hệ thống đo được phát triển dựa nguyên lý làm việc của máy dập trục khuỷu và kết cấu khuôn cho nguyên công chồn.

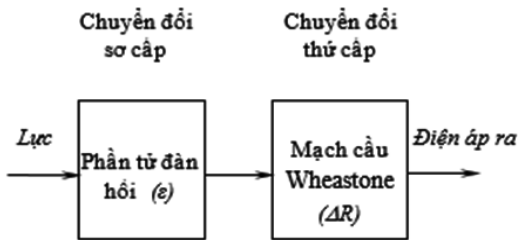
Sơ đồ nguyên lý của hệ thống đo được trình bày như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống đo lực

2.2. Phát triển cảm biến

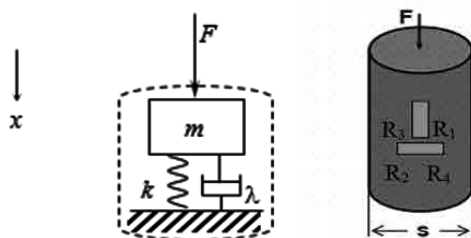
Cảm biến được xây dựng dựa trên nguyên lý áp trở, bản chất của nguyên lý áp trở là điện trở của vật liệu bị thay đổi khi có sự biến dạng trên vật liệu dưới tác động của lực [4]. Nguyên lý áp trở thường được xây dựng trên cơ sở ứng dụng hiệu ứng kép: lực - biến dạng và biến dạng - điện trở. Cảm biến có 2 khâu (Hình 2).



Hình 2. Cấu trúc cảm biến đo lường theo nguyên lý áp trở

Chuyển đổi sơ cấp lực - biến dạng được xây dựng trên cơ sở phần tử có tính đàn hồi cao (PTĐH); Chuyển đổi thứ cấp biến dạng - điện trở thường được xây dựng trên cơ sở ứng dụng tem biến dạng (TBD), và trong thực tế thường sử dụng cầu đo tem biến dạng (mạch cầu Wheatstone).

Phần tử đàn hồi có vai trò quan trọng, kích thước hình học của phần tử đàn hồi phụ thuộc vào giới hạn bền của vật liệu. Giá trị này thường lấy từ 1/4 đến 1/5 của giới hạn bền [5].



Hình 3. Mô hình cấu trúc phần tử đàn hồi (trụ đặc)

Phần tử đàn hồi gồm ba phần tử cơ học tương ứng với ba đặc tính là khối lượng quán tính m , hằng số lò xo k và cản chấn γ [6] như thể hiện trên Hình 3.

Phần tử đàn hồi hình trụ đặc thường được sử dụng trong các cảm biến đo lực.

Với cấu trúc này ta tính được:

Giá trị biến dạng dọc:

$$\epsilon_d = \frac{4F}{\pi E s^2}$$

Giá trị biến dạng ngang:

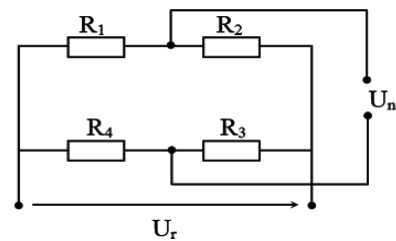
$$\epsilon_n = -\frac{4F\mu}{\pi E s^2}$$

μ là hằng số poisson của vật liệu

Độ nhạy của cảm biến là:

$$S = \frac{U_R}{U_N} = 0,5g(\epsilon_d - \epsilon_n) = 0,5g\left(\frac{4F}{\pi E s^2} + \frac{4F\mu}{\pi E s^2}\right)$$

Mạch cầu đo của cảm biến có thể có một, hai hoặc cả bốn nhánh đều chứa các tem biến dạng. Trường hợp tương đối phổ biến đối với mọi loại cảm biến đo sử dụng tem biến dạng là cả bốn nhánh cầu đều chứa tem. Thực tế, mạch cầu cảm biến tem điện trở biến dạng là một cầu thuần trở Wheatstone như trên Hình 4.



Hình 4. Mạch cầu thuần trở Wheatstone

Điện áp ra của mạch cầu là:

$$U_r = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4}\right) U_n$$

Độ nhạy của toàn mạch cầu là:

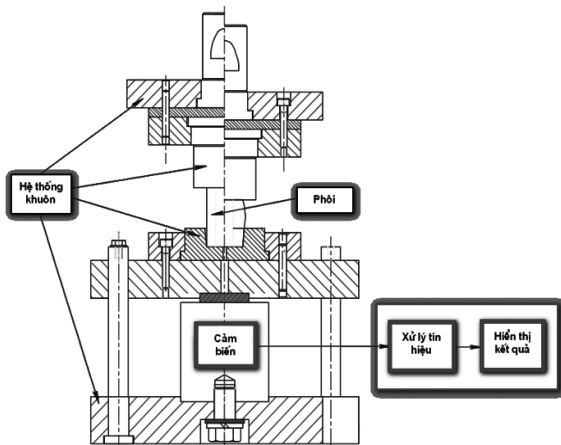
$$\frac{\Delta U_r}{U_n} = \frac{R_2 \Delta R_1 - R_1 \Delta R_2}{(R_1 + R_2)^2} - \frac{R_3 \Delta R_4 - R_4 \Delta R_3}{(R_3 + R_4)^2}$$

Cầu được ở trong trạng thái cân bằng khi điều kiện sau được thoả mãn:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3}$$

2.3. Cấu trúc hệ thống đo

Hệ thống đo gồm các thành phần: cảm biến, khuôn, thiết bị gia công tín hiệu và hiển thị kết quả như trình bày trong Hình 5.



Hình 5. Cấu trúc hệ thống đo

Đầu trượt mang chày tác động tới phôi, đồng thời tác động trực tiếp đến cảm biến. Thông qua PTĐH, sự biến thiên của lực được chuyển đổi thành sự biến dạng trên PTĐH. Bằng các TBD được liên kết chặt chẽ với PTĐH, sự biến dạng lại được chuyển đổi thành sự biến thiên điện trở. Và thông qua mạch đo có dạng cầu đo Wheastone, trong đó các TBD được tham gia trong thành phần các nhánh cầu, cho phép thu nhận được tín hiệu ra ở dạng điện áp.

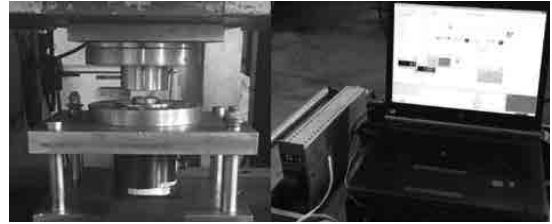
Tín hiệu điện áp ra được khuếch đại đủ độ lớn, rồi qua các bộ lọc để đưa tới bộ biến đổi tương tự - số ADC (thiết bị gia công tín hiệu hiển thị số CDV-700 A). Nhờ ADC, tín hiệu được mã hoá thành dạng số và đưa vào máy tính. Từ đó, máy tính sẽ xử lý dữ liệu theo những thuật toán xác định (phần mềm DasyLab) và hiển thị kết quả đo.

Hàm truyền hay thuật toán đo của hệ thống có thể được biểu diễn khái quát bằng biểu thức:

$$\frac{X_{ra}(s)}{Y_v(s)} = K_1 \cdot G_1(s) \cdot K_2 \cdot G_2(s)$$

Trong đó: K_1 , $G_1(s)$ - độ nhạy tĩnh và đặc tính động của cảm biến; K_2 , $G_2(s)$ - hệ số khuếch đại tĩnh và đặc tính động của các phần tử.

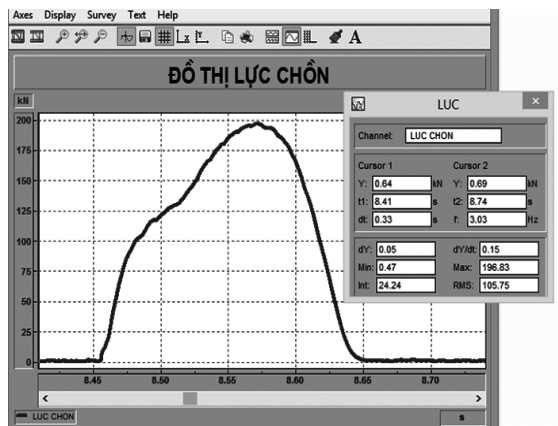
Hệ thống đo được xây dựng và lắp đặt trên máy đập trục khuấy FCP 160 tấn gồm hệ thống khuôn, cảm biến, trung tâm xử lý tín hiệu và hiển thị kết quả thể hiện trên Hình 6.



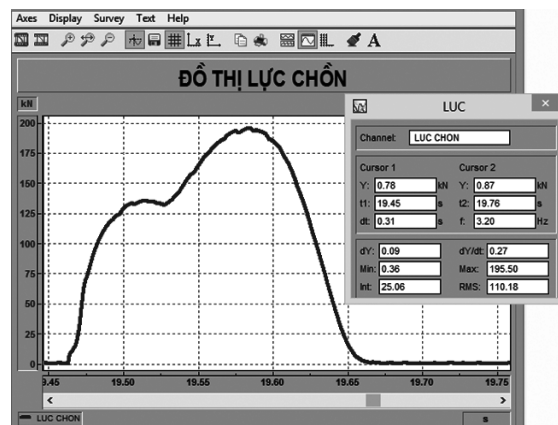
Hình 6. Hệ thống đo lực trên máy đập trục khuấy FCP 160 tấn

3. Kết quả thực nghiệm

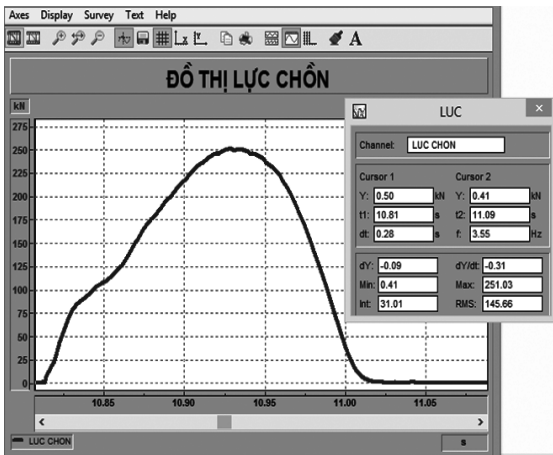
Các thí nghiệm với các kích thước phôi ống khác nhau (H/D: tỷ số chiều cao/đường kính và S/D: tỷ số bề dày/đường kính) từ vật liệu C45 được tiến hành trên máy đập trục khuấy FCP 160 tấn với tốc độ đập là 40 hành trình/phút. Thu được các kết quả đo phù hợp thể hiện từ Hình 7 đến Hình 15.



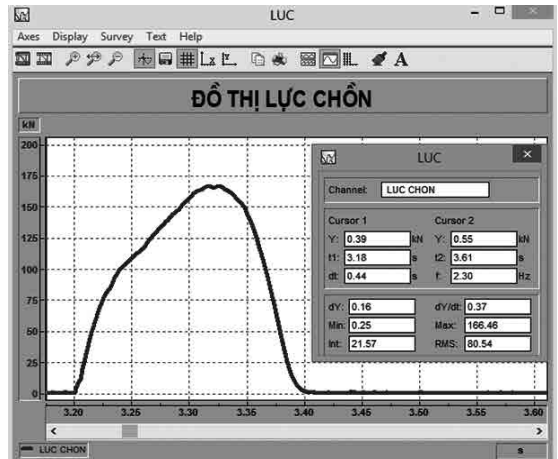
Hình 7. Kết quả đo lực chôn với phôi ban đầu H/D:0,4 và S/D:0,25



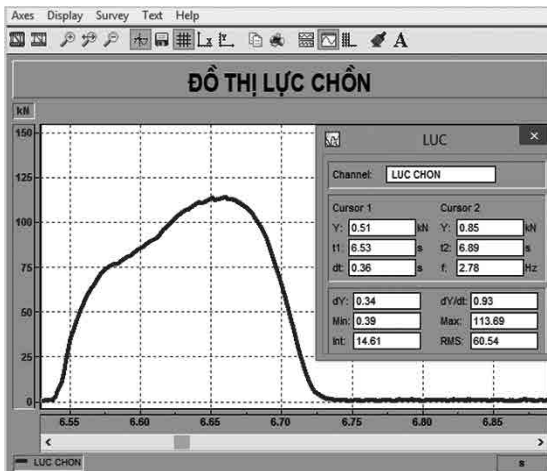
Hình 8. Kết quả đo lực chôn với phôi ban đầu H/D:0,4 và S/D:0,3



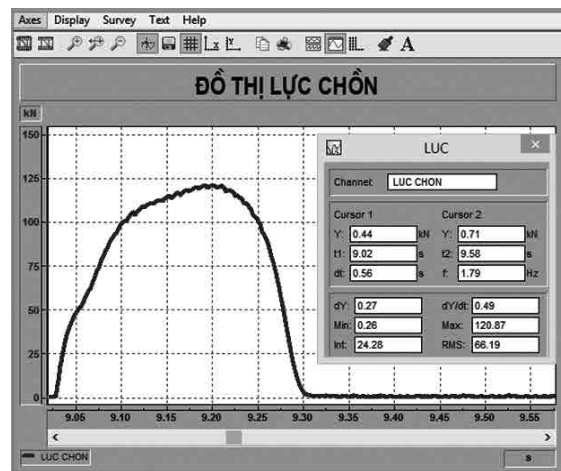
Hình 9. Kết quả đo lực chôn với phiê ban đầu $H/D:0,4$ và $S/D:0,35$



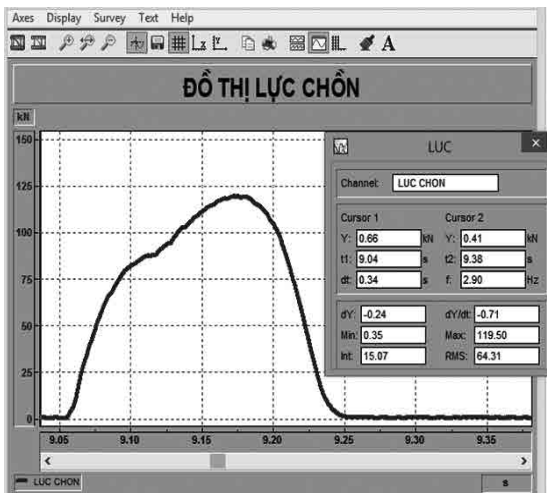
Hình 12. Kết quả đo lực chôn với phiê ban đầu $H/D:0,6$ và $S/D:0,35$



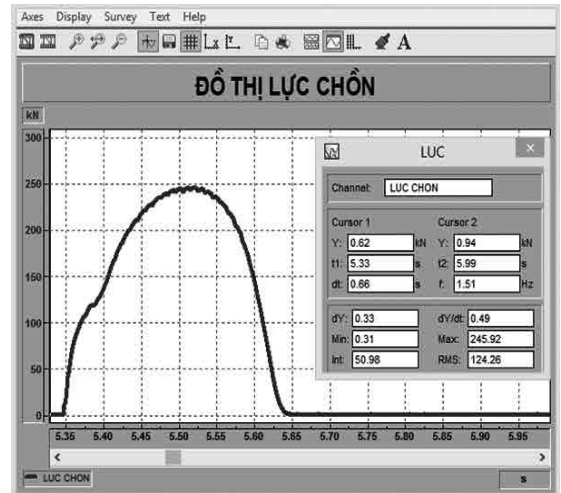
Hình 10. Kết quả đo lực chôn với phiê ban đầu $H/D:0,6$ và $S/D:0,25$



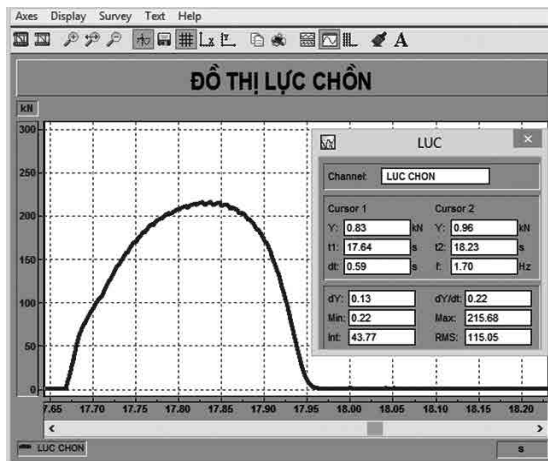
Hình 13. Kết quả đo lực chôn với phiê ban đầu $H/D:0,8$ và $S/D:0,25$



Hình 11. Kết quả đo lực chôn với phiê ban đầu $H/D:0,6$ và $S/D:0,3$



Hình 14. Kết quả đo lực chôn với thông số phiê $H/D:0,8$ và $S/D:0,3$



Hình 15. Kết quả đo lực chồn với thông số phôi $H/D: 0,8$ và $S/D: 0,35$

Hệ thống đo cho kết quả thể hiện từ Hình 7 đến Hình 15. Kết quả đo thể hiện biểu đồ quan hệ giữa lực chồn và thời gian. Các biểu đồ cho thấy kết quả thực nghiệm là hoàn toàn phù hợp với lý thuyết. Chày ép thực hiện hành trình đi xuống cho tới khi tiếp xúc với phôi để thực hiện quá trình biến dạng, lực chồn biến thiên từ giá trị 0 (chày bắt đầu tiếp xúc với phôi) tới giá trị cực đại tại cuối hành trình (phôi đạt được mức độ biến dạng cần thiết). Kết thúc hành trình dập chày ép đi lên cùng đầu trượt lực sẽ giảm dần về giá trị 0.

Từ các đồ thị ta có bảng đối sánh lực chồn giữa thực nghiệm và tính toán (theo công thức 1.1) được trình bày như Bảng 1.

Bảng 1. Đối sánh kết quả đo lực tại nhiệt độ 1150°C

Kích thước phôi		Nhiệt độ phôi	Giá trị tính toán (Tấn)	Giá trị thực nghiệm	Sai số (%)
H _o /D	S _o /D				
0.4	0.25	1150	20.4	19.6	4.1
0.4	0.3	1150	20.1	19.5	3.1
0.4	0.35	1150	26.1	25.1	4
0.6	0.25	1150	12.5	13.2	5
0.6	0.3	1150	22.6	23.5	4
0.6	0.35	1150	19.7	19	3.7
0.8	0.25	1150	11.4	12	5
0.8	0.3	1150	17.6	18.5	5
0.8	0.35	1150	19.1	20	5

Kết quả đối sánh cho thấy hệ thống đo hoạt động ổn định và có kết quả phù hợp với tính toán.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã phát triển thành công hệ thống đo lực chồn trên máy dập trực khuỷu. Một cảm biến đo lực được phát triển dựa trên nguyên lý áp trở, thiết bị gia công tín hiệu hiển thị số CDV-700A và phần mềm DasyLap được sử dụng để xử lý tín hiệu và hiển thị kết quả.

Các thí nghiệm với các kích thước phôi khác nhau được thực hiện trên máy dập trực khuỷu FPC

160 tấn. Kết quả đo cho thấy giá trị lực đo được gần với giá trị tính toán. Tất cả các trường hợp cho sai số dưới 5%.

Hệ thống đo được phát triển là phù hợp với nguyên công chồn trên máy dập trực khuỷu. Nó có thể áp dụng với các nguyên công khác trong dập khối như: dập trong khuôn kín, ép chảy.

Kết quả đo từ hệ thống này là cơ sở để thực hiện các bài toán quy hoạch thực nghiệm nhằm tối ưu lực với các kích thước phôi khác nhau. Đồng thời nó cũng là công cụ để kiểm nghiệm kết quả mô phỏng số quá trình chồn từ phôi ống.

Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Mậu Đăng, Phạm Văn Nghệ, Nguyễn Trung Kiên, Đinh Văn Phong, Trần Đức Cửu, *Công*

nghệ tạo hình khối, NXB Bách khoa Hà Nội, 2008.

[2]. Nguyễn Minh Vũ, Nguyễn Tất Tiến, Nguyễn Đắc Trung, *Lý thuyết dập tạo hình*, NXB Bách khoa Hà Nội, 2009.

[3]. Lê Trung Kiên, *Xác định lực và công biến dạng quá trình dập vuốt bằng phương pháp đo giải phóng năng lượng bánh*, Luận văn thạc sĩ, Đại học Bách khoa Hà Nội, 2005.

[4]. William M. Murray, *The Bonded Electrical Resistance Strain Gage*, NY Oxford University Press, 1992.

[5]. Rattan, *Strength of materials*, Mcraw-Hill, 2008.

[6]. Ernest O. Doebelin, *Measurement Systems Application and Design*, McGraw-Hill, 2004.

STUDY TO BUILD MEASURING SYSTEM OF FORCE ON THE CRANK PRESS MACHINE FOR UPSETTING PROCESS

Abstract:

Upsetting force is a very important factor. It determines quality, efficiency and avoids defects when stamping tubes. In this study, the design of measuring system of upsetting tube force on the crank stamping machine was investigated. A principle of force sensor was placed in the mold system on the crank stamping machine. The principle of force sensor was based on piezo electricity, the deformation stamp was applied as a sensitive element for the sensor. The sensor has performed the function in receiving and transforming information about the variation of the force on the input into the voltage variation on the output. This output signal has been sent to the signal processing center and displays the measurement results. These results were used to compare and evaluate the results of the numerical simulation process. Also, the results of measurement of upsetting force with different cases were given and compared with the results of theoretical calculations.

Keywords: *Bulk foming, force sensor, crank press machine, based on the piezoresistive, upsetting force.*