

NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ ÉP CHẢY QUÁ TRÌNH CHẾ TẠO CHI TIẾT VỎ BUGI TRÊN CƠ SỞ MÔ PHỎNG SỐ

RESEARCH FORGING TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING BUGI SHELL PARTS BASED ON NUMERICAL SIMULATION

Vũ Hoài Anh

Khoa Cơ khí – Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 9/4/2016, chấp nhận đăng ngày 11/5/2016

Tóm tắt: Vỏ bugi được chế tạo bằng nhiều phương pháp khác nhau. Hiện nay, nhiều doanh nghiệp Việt Nam chế tạo vỏ bugi theo phương pháp đúc, sau đó gia công cắt gọt. Với phương pháp này năng suất, chất lượng chi tiết không cao đặc biệt là khả năng đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật. Bài báo dưới đây trình bày các kết quả nghiên cứu một công nghệ mới, công nghệ ép chảy. Công nghệ này có ưu điểm nổi bật trong gia công loạt lớn và có khả năng nâng cao chất lượng sản phẩm. Với việc ứng dụng phương pháp mô phỏng số cho phép phân tích đánh giá quá trình tạo hình chi tiết vỏ bugi bằng công nghệ ép chảy cũng như tối ưu được các thông số công nghệ, hình dạng và kích thước của khuôn ép. Vì vậy kết quả thu được ta có thể ứng dụng vào thực tế để chế tạo khuôn ép chảy cũng như tạo ra được các sản phẩm có chất lượng cao.

Từ khóa: Ép chảy, Bugi, Mô phỏng số

Abstract: Spark plug shell is made by many different methods. Currently, spark plug shell manufactured by the method of casting, then cutting machining in many enterprises of Vietnam. With the processing method, the yield and quality of detail is not high. The article presents the results of research a new technology – forging technology. This technology has outstanding advantages in the processing of large series and potentially improve the quality of products. The application of numerical simulation methods allows analysis and evaluation forming process of spark plug shell part by forging technology as well as the optimal technology parameters, the shape and size of the molds. Therefore the method can be applied in practice to fabricate molds and create products of high quality.

Keywords: Forging, Sparking plug, numerical simulation

I. GIỚI THIỆU

Gia công kim loại bằng áp lực là một ngành cơ bản trong sản xuất cơ khí. Công nghệ gia công áp lực cho phép tạo ra các sản phẩm có hình dáng và kích thước phức tạp, đồng thời đảm bảo chất lượng về cơ tính tốt, năng suất cao, giá thành hạ. Do vậy, gia công áp lực, đặc biệt là công nghệ dập tạo hình có một vị trí quan trọng trong công nghiệp chế tạo phụ tùng ô tô, máy kéo, xe máy, hàng dân dụng và quốc phòng.

Trong các phương pháp gia công kim loại bằng áp lực, công nghệ ép chảy được ứng dụng để chế tạo các loại phôi thanh profil định hình, ống

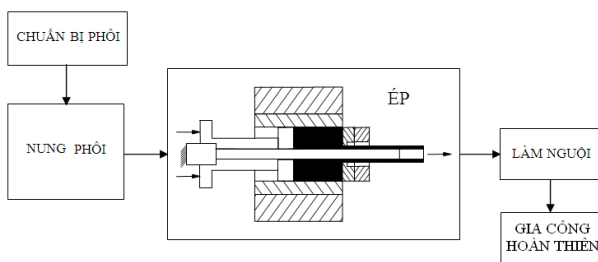
có chiều dài vô hạn hoặc các chi tiết hoàn chỉnh hình trụ, côn, bậc, hay các chi tiết rỗng có chiều dài hữu hạn. Sản phẩm của quá trình ép chảy có độ chính xác cao về hình dáng cũng như kích thước với hệ số sử dụng vật liệu lớn, vì hầu như không có vật liệu bỏ đi sau khi gia công như các phương pháp gia công cơ, hơn nữa ép chảy còn cho phép tạo ra các sản phẩm có hình dạng phức tạp mà các phương pháp khác không thể tạo ra được. Hình dạng lỗ thoát quyết định tiết diện ngang của sản phẩm [1]. Tùy theo các điều kiện sản xuất và yêu cầu đối với sản phẩm mà có thể áp dụng các phương pháp ép chảy khác nhau, phổ biến nhất là ép chảy thuận và ép chảy

ngược. Ngoài ra còn có ép chảy hỗn hợp, ép chảy ống và ép chảy với hành trình ngắn, ép chảy đặc biệt như ép chảy ngang, ép chảy thủy tĩnh...

Đối với chi tiết vỏ Bugi rất thích hợp để chế tạo bằng công nghệ ép chảy chi tiết rỗng có chiều dài hữu hạn.

II. NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ ÉP CHẢY QUÁ TRÌNH CHẾ TẠO CHI TIẾT VỎ BUGI

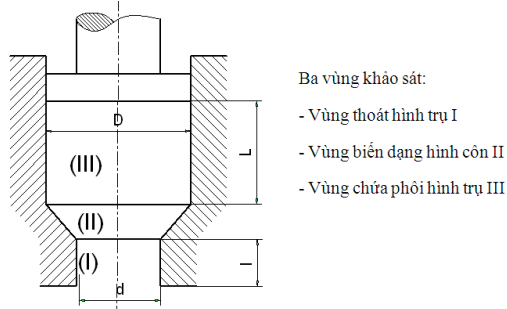
Quy trình công nghệ ép chảy gồm những giai đoạn sau: Chuẩn bị phôi → Nung phôi → Ép → Nhiệt luyện và tinh chỉnh sản phẩm.



Hình 1. Sơ đồ quy trình công nghệ ép chảy chế tạo chi tiết vỏ bugi

1. Trạng thái ứng suất, lực và công biến dạng khi ép chảy

Trạng thái ứng suất

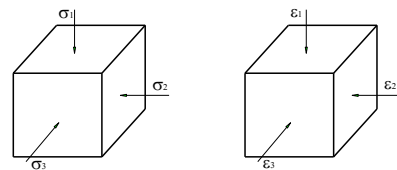


Hình 2. Sơ đồ quá trình ép chảy thuận

Việc phân tích trạng thái ứng suất trong vùng biến dạng sẽ giúp ta đánh giá được hành vi của vật liệu khi biến dạng và cơ tính đạt được của sản phẩm.

Khi ép chảy trong vùng biến dạng sẽ xuất hiện trạng thái ứng suất nén khối. Với giả thiết biến dạng là đồng đều và trạng thái biến dạng là đối xứng trục thì cả ba thành phần ứng suất σ_z , σ_r , σ_t đều là ứng suất chính. Trong ép chảy, ứng suất hướng trục σ_z gây nên bởi ngoại lực luôn luôn là ứng suất chính lớn nhất. Trong điều kiện biến dạng đồng đều và đối xứng trục do thể tích

không đổi nên ứng suất chính hướng kính σ_r và ứng suất tiếp tuyến σ_t bằng nhau, nghĩa là: $\sigma_r = \sigma_t$.



Hình 3. Sơ đồ trạng thái ứng suất và biến dạng trong ép chảy thuận

Lực và công biến dạng

Công biến dạng cần thiết:

$$W_{ges} = W_{id} + W_R + W_{Sch} \quad (1)$$

Trong đó:

W_{ges} - Công biến dạng cần thiết

W_{id} - Công biến dạng thuần túy

W_R - Công để khắc phục tổn thất do ma sát ngoài gây nên

W_{Sch} - Công để khắc phục tổn thất do sự trượt gây nên.

Lực biến dạng cần thiết:

$$F_{ges} = F_{id} + F_R + F_{Sch} \quad (2)$$

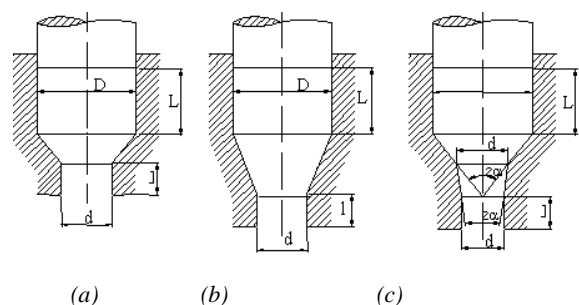
$$F_{ges} = k_{fm} \left[\frac{2}{3} \alpha + \left(1 + \frac{2\mu}{\sin 2\alpha} \right) \varphi_{max} \right] + \pi d_0 l \mu k_0 \quad (3)$$

Khi ép chảy thuận thanh đặc dạng bán thành phẩm thường sử dụng cối ép có góc thoát $2\alpha = 180^\circ$, bởi vậy tạo nên một vùng chết mà trên ranh giới nó và vùng biến dạng tồn tại ứng suất tiếp lớn – vùng cắt. Vùng cắt này có góc giả 2α thay cho góc thật. Thông thường $2\alpha \approx 90^\circ$.

2. Các công thức tính toán

Quá trình ép chảy chi tiết Bugi sẽ xảy ra cả ép chảy thuận lẫn ép chảy nghịch nên trong phần lập công thức tính toán, ta sẽ đưa ra công thức cho bài toán ép chảy thuận và nghịch.

Áp lực riêng khi ép chảy thuận



Hình 4. Hình dạng hình học vùng biến dạng của một số khuôn khác nhau

- Khuôn theo hình 4a dùng để sản xuất các chi tiết có chuỗi.

$$q = k_{r2} \left(\frac{\mu_2 + 0,5}{\sin \alpha} + \frac{2}{(1 + \cos \alpha)} \right) \ln \frac{F}{f} + k_{r3} \frac{2L}{D} + k_{r1} \frac{4\mu_1 l}{d} \quad (4)$$

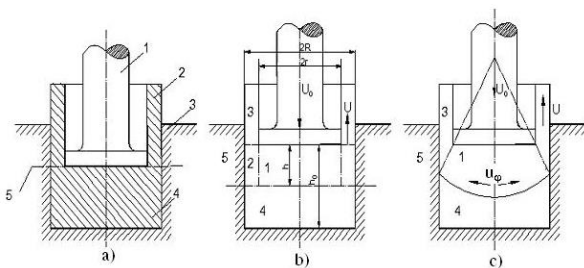
- Khuôn hình 4b dùng để sản xuất các trụ bậc có mặt côn quá độ giữa các đoạn. Khi $\alpha \leq 30^\circ$ có thể coi $\sin \alpha \approx \alpha$ và $\cos \alpha \approx 1$

$$q = k_{r2} \left(1 + \frac{\mu_2 + 0,5}{2\alpha} \right) \ln \frac{F}{f} + k_{r3} \frac{2L}{D} + k_{r1} \frac{4\mu_1 l}{d} \quad (5)$$

- Khuôn theo hình 4c dùng để sản xuất các chi tiết có mặt côn quá độ giữa đầu và thân hình trụ

$$q = k_{r2} \left[\left(\frac{\mu_2 + 0,5}{2\sin \alpha} + \frac{2}{1 + \cos \alpha} \right) \ln \frac{F}{f} + \left(1 + \frac{\mu_2 + 0,5}{2\alpha} \right) \ln \frac{f}{f'} \right] + k_{r3} \frac{2L}{D} + k_{r1} \frac{4\mu_1 l}{d} \quad (6)$$

Áp lực riêng khi ép chảy ngược



Hình 5. Sơ đồ xác định áp lực khi ép chảy ngược

Khi ép chảy ngược kim loại chảy qua vùng bao hờ giữa chày 1 và cối 3. Vùng 1: Chôn hình trụ $d = 2r$, chiều cao h ; Vùng 2: Có dạng vành khăn đường kính trong $(2r)$, ngoài $(2R)$, chiều cao h ; Vùng 3: Vùng không biến dạng; Vùng 4: Vùng cứng (Hình 5b)

$$q = \beta k_{r1} \left\{ 1,5 + \frac{1}{1 - \frac{d^2}{D^2}} \ln \frac{D}{d} + \frac{h}{d} \cdot \frac{1}{1 - \frac{d}{D}} + \frac{d}{h} \left[\frac{1}{6} + \frac{\frac{1}{3} \frac{d^3}{D^2} - \frac{d}{D} + \frac{2}{3}}{2 \frac{d}{D} \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right)} \right] \right\} \quad (7)$$

Đối với quá trình ép chảy ở trạng thái nóng, các thông số lực, công biến dạng và đặc điểm chảy của kim loại là những yếu tố quan trọng để xác định trường phân bố ứng suất, biến dạng và các thông số công nghệ khác. Phương pháp ép chảy có những ưu điểm nổi bật như sau:

- Độ chính xác và độ bóng bề mặt của chi tiết cao.
- Không sợ quá tải khuôn như dập trên khuôn.
- Sản phẩm ép chảy có chất lượng cao, không bị nứt rạn, không có rỗ khí.
- Sản xuất nhanh chóng, dễ dàng, năng suất cao với các dạng sản phẩm thanh có profil có chiều

dài vô hạn mà các phương pháp khác không thể gia công được.

Tuy nhiên, phương pháp này cũng có những nhược điểm đó là áp lực đơn vị cao nên lực tác dụng lên dụng cụ biến dạng lớn làm giảm tuổi thọ khuôn [2,3].

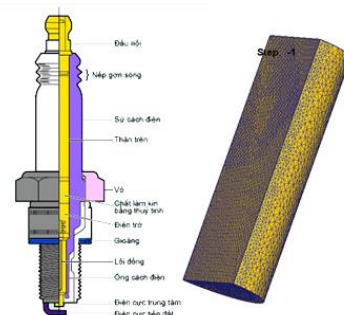
Để khảo sát được quá trình ép chảy cũng như đánh giá được chất lượng của sản phẩm cần phải tối ưu các thông số khuôn mẫu đặc biệt là góc mở α , hệ số ma sát μ , nhiệt độ ép chảy, mức độ biến dạng lớn nhất, tốc độ biến dạng... Việc tính toán tối ưu công nghệ khó có thể thực hiện bằng phương pháp giải tích, song với việc sử dụng công nghệ tính toán mô phỏng số cho phép nhanh chóng tối ưu công nghệ, khảo sát trực quan quá trình tạo hình chi tiết và đánh giá được các thông số ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm.

III. MÔ PHỎNG SỐ QUÁ TRÌNH TẠO HÌNH CHI TIẾT VỎ BUGI

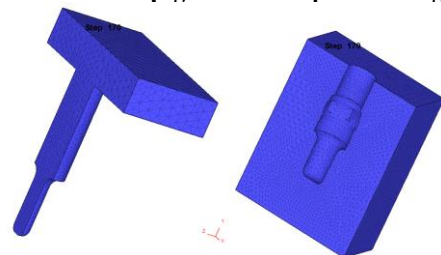
Để thiết lập được quá trình mô phỏng số cần thiết lập được mô hình bài toán với đầy đủ các điều kiện biên tương ứng.

1. Thiết lập mô hình hình học của bài toán

Trong quá trình chế tạo chi tiết vỏ bugi, tham gia vào quá trình gồm có dụng cụ gia công bao gồm chày, cối, và phôi dạng khối. Chính vì vậy, ta phải xây dựng được mô hình hình học của chày, cối, và phôi đúng theo thực tế của bài toán. Do chi tiết đối xứng, nên để tiết kiệm thời gian tính toán ta chỉ vẽ $\frac{1}{2}$ mô hình.



Hình 6. Hình dạng và mô hình phôi của bugi



Hình 7. Mô hình hình học chày ép và cối ép

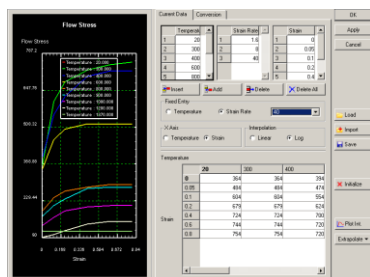
Để đảm bảo độ chính xác cho quá trình tính toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn, ta chia phôi thành 50.000 phần tử, chày ép được chia 13.000 phần tử, cối ép được chia 57.500 phần tử.

2. Mô hình vật liệu

Mô hình vật liệu cho chày và cối: Trong quá trình gia công, chày và cối sẽ chịu tải trọng nhiệt và tải trọng do lực ép gây ra. Khuôn trong quá trình tạo hình có thể coi chỉ bị biến dạng đàn hồi. Các thông số của vật liệu dùng làm dụng cụ gia công (thép chịu nhiệt) SKD 61 như sau:

- Khối lượng riêng : 7800 Kg/m^3
- Mô đun đàn hồi : $1.93.10^{11} \text{ N/m}^2$
- Hệ số Poisson : 0.29
- Nhiệt dung riêng : 502 J/kg.k
- Hệ số dẫn nhiệt : $16,3 \text{ W/m.k}$
- Hệ số giãn nở nhiệt : $1,78.10^{-5}$

Mô hình vật liệu cho phôi : Thép DIN-C15 là loại thép thông dụng, có rất ít hợp kim với 0.15 % C (Hình 8)



Hình 8. Đường cong chảy của vật liệu

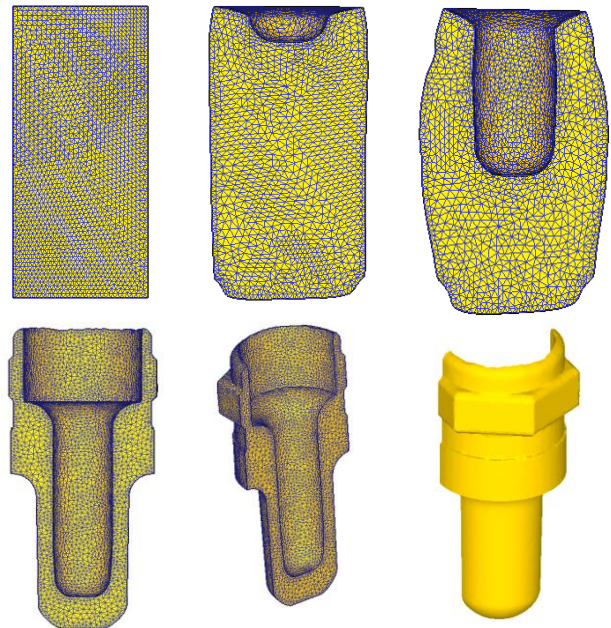
3. Mô hình điều kiện biên

- Nhiệt độ ban đầu của phôi: 1100°C
- Nhiệt độ ban đầu của chày, cối: 25°C
- Hệ số truyền nhiệt đối lưu: $0.02 \text{ N/s.m}^{\circ}\text{C}$
- Cài đặt điều kiện biên và điều kiện tiếp xúc: Trong bài toán này ta đặt điều kiện tiếp xúc giữa chày với phôi và giữa cối với phôi có hệ số ma sát tiếp xúc $\mu=0.3$. Cài đặt cho chày là chủ động với tốc độ ép 50mm/s .

4. Kết quả mô phỏng

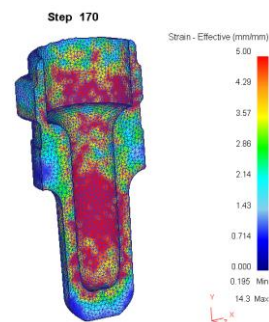
Sau khi thiết lập mô hình bài toán ép chảy thuận ở trạng thái nóng nhờ ứng dụng phần mềm

DEFORM – 3D bao gồm các bước từ xây dựng mô hình hình học, mô hình lưới phần tử, mô hình vật liệu cho đến các điều kiện biên thể hiện quá trình tạo hình bằng ép chảy thuận phù hợp với thực tế.



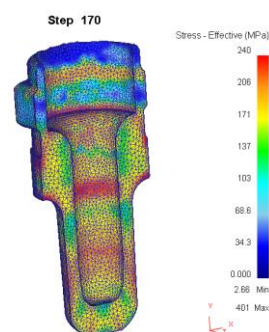
Hình 9. Các bước tạo hình và sản phẩm vỏ Bugi cuối quá trình tạo hình

Mức độ biến dạng nhiều nhất tại thành và góc lượn chi tiết, vùng bề mặt vỏ chi tiết có mức độ biến dạng là ít nhất. Tuy mức độ biến dạng đạt $\varphi=5$ nhưng do biến dạng nóng nên chi tiết không bị phá hủy.



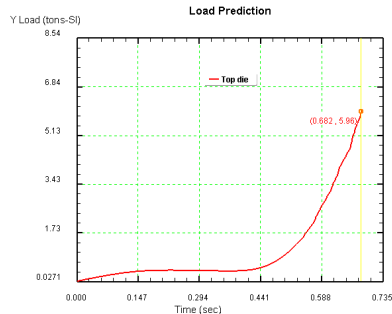
Hình 10. Mức độ biến dạng

Ứng suất trong quá trình ép chảy chi tiết tập trung ở góc lượn, giá trị lớn nhất đạt 401 Mpa



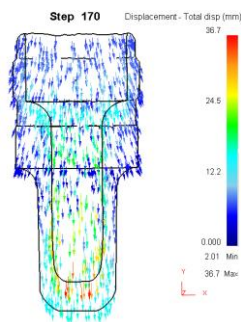
Hình 11. Trạng thái ứng suất

Trong quá trình ép, ở giai đoạn đầu lực biến dạng tăng nhẹ và ổn định trong khoảng 0,03 tấn, sau đó tăng vọt lên và kết thúc quá trình ở 5,96 tấn



Hình 12. Lực biến dạng

Quá trình biến dạng của chi tiết theo chiều thuận, cùng chiều với chảy ép, tốc độ biến dạng lớn dần ở cuối hành trình ép và đạt giá trị lớn nhất là 36,7 mm/s (hình 13)

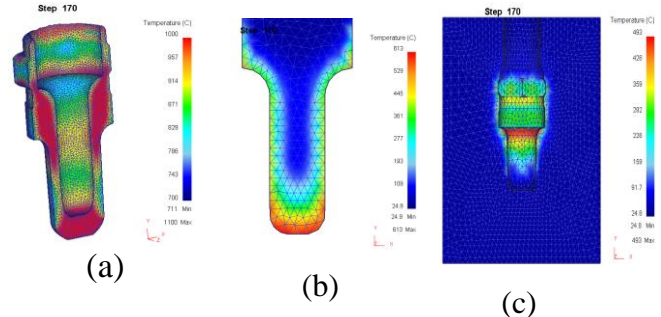


Hình 13. Sự thay đổi tốc độ biến dạng

Sự biến đổi trạng thái nhiệt độ của chi tiết, chảy ép và cối ép trong quá trình ép chảy được thể hiện trên hình 14.

Như vậy, thông qua đánh giá kết quả mô phỏng người thiết kế có thể thay đổi các thông số đầu vào để xác định phương án công nghệ tối ưu. Khi phân tích, người kỹ sư công nghệ hoàn toàn

có thể dựa vào phân bố ứng suất, biến dạng cũng như dòng chảy của kim loại để tránh các vùng tập trung ứng suất, vùng vật liệu khó biến dạng sẽ làm cho chất lượng sản phẩm không cao. Trong trường hợp này chỉ cần thay đổi các kích thước hình học của dụng cụ gia công cũng như các điều kiện biến dạng sao cho phù hợp.



Hình 14. Trạng thái nhiệt

- (a) - Phân bố nhiệt của chi tiết
- (b) - Sự phân bố nhiệt của chảy ép
- Sự phân bố nhiệt của cối ép

III. KẾT LUẬN

Công nghệ ép chảy là một trong những phương pháp công nghệ đặc biệt, áp dụng cho việc sản xuất các sản phẩm, bán thành phẩm dạng thanh, profile định hình và được ứng dụng rất phổ biến. Việc nghiên cứu phương pháp, thiết lập mô hình tính toán cho phép nhanh chóng tối ưu các thông số công nghệ cũng như kích thước hình dạng của khuôn mẫu.

Kết quả trình bày trong bài báo có thể cho phép ta đánh giá toàn bộ quá trình tạo hình chi tiết vỏ Bugi bằng công nghệ ép chảy trên cơ sở ứng dụng phần mềm mô phỏng số DEFORM. Vì vậy, với kết quả thu được đó có thể áp dụng vào thực tế để chế tạo khuôn ép chảy mà không mất thời gian, từ đó tạo ra các sản phẩm đạt chất lượng cao với chi phí hợp lý nâng cao được tính cạnh tranh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phạm Văn Nghệ, Đinh Văn Phong, Nguyễn Mậu Đăng, Trần Văn Cứu, Nguyễn Trung Kiên, *Công nghệ dập tạo hình khối*, Nhà xuất bản Bách khoa Hà Nội, 2008.
- [2] Nguyễn Đắc Trung, Lê Thái Hùng, Nguyễn Như Huỳnh, Nguyễn Trung Kiên, *Mô phỏng số quá trình biến dạng*, Nhà xuất bản Bách Khoa Hà Nội, 2011.
- [3] Nguyễn Đắc Trung, Phạm Văn Nghệ, Nguyễn Mậu Đăng, Nguyễn Trung Kiên, Lê Trung Kiên, Lê Gia Bảo, *Công nghệ gia công áp lực*, Bộ môn gia công áp lực - ĐHBK Hà Nội, 2010.
- [4] Boroomand, B., Parvizian, J. and Pishavar, A.R., "Contact Modeling in Forging Simulation", *Journal of Materials Processing*, Vol. 125/126, pp. 583-587 (2002).

Thông tin liên hệ:

Vũ Hoài Anh

Điện thoại: 0983840882 - Email: hoaianh@uneti.edu.vn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.