

NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH KHUYẾT TẬT DO MẤT ỔN ĐỊNH TRONG CÔNG NGHỆ TẠO HÌNH VẬT LIỆU

RESEARCH THE PROCESS OF DEFECT FORMATION DUE TO BUCKLING IN MATERIAL SHAPING TECHNOLOGY

Trương Minh Đức

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

Đến Tòa soạn ngày 10/4/2017, chấp nhận đăng ngày 06/5/2017

Tóm tắt: Khi tính toán công nghệ người thiết kế cần phải xem xét sao cho tránh được các khuyết tật có thể xuất hiện trong vật dập. Tuy nhiên, một trong các dạng khuyết tật rất khó phát hiện khi tính toán công nghệ đó là trường hợp ngậm xỉ trong vật liệu do biến dạng phôi bị gấp và không thể loại bỏ được khi đã hoàn thành sản phẩm. Sự hình thành khuyết tật chủ yếu là khi vật liệu bị nén, chùng, ép. Bài báo tập trung nghiên cứu quá trình hình thành khuyết tật do mất ổn định bằng phần mềm DEFORM, từ đó có thể tối ưu các thông số đầu vào tránh được những khuyết tật do mất ổn định. Dựa vào kết quả mô phỏng giúp người thiết kế khuôn và người thiết kế quy trình công nghệ dập lựa chọn hợp lý hình dạng hình học của khuôn, phôi ban đầu cũng như các thông số cơ bản.

Từ khóa: Khuyết tật, mất ổn định, tạo hình vật liệu.

Abstract: In the design process, the designer has to consider to avoid defects could be appeared in the presswork. However, one of the defect forms that is very difficult to detect in the design process is the situation of soaking wholesale in material due to the distortion of workpiece and it is also unable to eliminate on finishing the work. Compressed and piled material is the main cause of defect formation. This article focuses on studying the process of defect formation due to destabilization by using DEFORM software to optimize the input parameters. Simulation results could help the designer to make rational choices for the geometry of the mold, the initial workpiece as well as the basic parameters.

Keywords: Defect, due to buckling, material shaping technology.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Quá trình tạo hình và khả năng điền đầy khuôn khi dập chịu ảnh hưởng của khá nhiều các thông số như hình dạng hình học của khuôn, phôi ban đầu, góc lượn của khuôn, hình dạng bavia, tốc độ biến dạng, nhiệt độ khuôn... Trước đây, để nghiên cứu quá trình tạo hình và khả năng điền đầy khuôn, khuyết tật chỉ tiết sau dập,... người ta thường tiến hành thí nghiệm mô phỏng quá trình dập

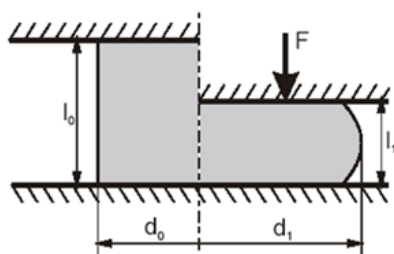
trên các phôi bằng vật liệu thay thế, dễ biến dạng, có tính chất đồng dạng với kim loại làm phôi dập như Plasticine...[3] Ngày nay, với sự hỗ trợ của máy tính, nhiều phần mềm mô phỏng sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn ra đời, cho phép mô phỏng số quá trình biến dạng khi dập trong khuôn, nhờ đó dễ dàng lựa chọn hợp lý và tối ưu các thông số của quá trình dập, giảm được thời gian và công sức thiết kế khuôn và quy trình dập,

giảm được giá thành như các phần mềm DEFROM, LS DYNAFORM, ANSYS, ABAQUS, LARSTRAN/SHAPE... Bên cạnh các phần mềm sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn, một số phần mềm sử dụng phương pháp tổng kết thực nghiệm như FORGEROND ra đời [3], [5]. Phần mềm này cho phép mô phỏng nhanh quá trình dập nóng các chi tiết tròn xoay, nhằm giúp người thiết kế khuôn và quy trình dập nhanh chóng chọn máy, hình dạng phôi, khuôn, cũng như các thông số hợp lý cho quá trình dập, xây dựng nhanh bảng tính giá thành nhằm đáp ứng yêu cầu của khách hàng.

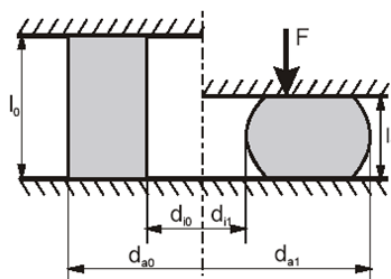
2. SỰ MẤT ỔN ĐỊNH TRONG CÔNG NGHỆ TẠO HÌNH VẬT LIỆU

2.1. Quá trình hình thành khuyết tật gấp trong chồn

Khi nghiên cứu chồn phôi đặc và phôi rỗng ta thấy phôi mất ổn định do: Tỷ lệ chiều cao phôi so với đường kính phôi quá lớn sẽ dẫn đến hiện tượng mất ổn định. Khi đó, nếu ta tiếp tục chồn phôi, phôi sẽ bị gấp lại tạo ra khuyết tật. Nếu phôi rỗng với thành mỏng thì khi chồn có thể xảy ra khuyết tật “gấp”. Các trường hợp xuất hiện khuyết tật “gấp” đều là do phôi mất ổn định [1], [4].



Hình 1. Phôi chồn đặc



Hình 2. Phôi chồn rỗng

Dưới đây là hình ảnh về chồn một chi tiết hình trụ có chiều cao ban đầu là 100 mm, đường kính ban đầu là Ø40 mm. Quá trình chồn để giảm chiều cao và đạt chiều cao cuối cùng là 40 mm. Kết quả cuối cùng của quá trình chồn cho thấy sản phẩm có hình dạng trông không bị cong vênh nứt vỡ, thỏa mãn các điều kiện hình học tức là chiều cao của chi tiết giảm đi và đường kính của chi tiết tăng lên.



Hình 3 Kết quả sau các quá trình chồn phôi

Khi tiến hành chồn phôi có đường kính tương tự Ø40 mm nhưng với chiều cao là $H=150$ mm. Ta thấy chi tiết nhanh chóng bị cong và nếu tiếp tục chồn, trong phôi sẽ xuất hiện khuyết tật “gấp” do tỉ số giữa chiều cao và đường kính của chi tiết quá lớn.

Khi chồn phôi đặc, để không xảy ra khuyết tật “gấp” do mất ổn định ta cần lưu ý kích thước hình học của phôi phải thỏa mãn điều kiện $H/D \leq 2,5$.



Hình 4. Phôi bị cong do mất ổn định trong quá trình chồn

Khi chồn một chi tiết bulông với đường kính bé và chiều cao lớn. Sau khi chồn xong, bulông không chỉ bị cong, mà còn trên phần mũ của bulông do chịu lực lớn trong quá

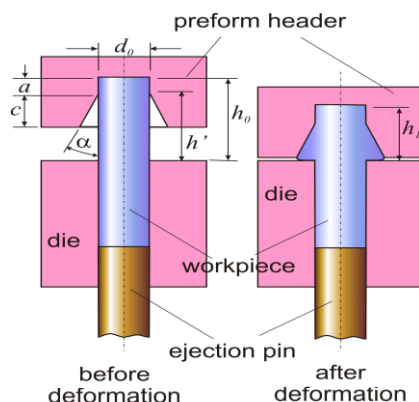
trình ép bị nứt do mức độ kim loại biến dạng cục bộ quá lớn gây ra.



Hình 5. Bulông bị khuyết tật sau khi chôn

Nếu $h_0/d_0 > 2,5$ thì chôn phôi sẽ xảy ra hiện tượng mất ổn định và xuất hiện các khuyết tật trong đó các khuyết tật “gấp”. Để khắc phục hiện tượng đó khi thiết kế khuôn người ta sẽ tạo ra các phần khuôn có dạng hình côn để làm đều dòng chảy kim loại và phôi biến dạng ở các phần là tương đương. Việc chế tạo khuôn tối ưu được thể hiện bằng hình vẽ và các thông số của khuôn ứng với các trường hợp có thể tra theo bảng dưới [1], [4].

Tỉ số chôn $= h_0/d_0$	Góc côn ($^\circ$)	Chiều dài phần thẳng (mm)	Chiều dài phần côn (mm)
2,5	15	$0,6 d_0$	$1,37 d_0$
3,3	15	$1,0 d_0$	$1,56 d_0$
3,9	15	$1,4 d_0$	$1,66 d_0$
4,3	20	$1,7 d_0$	$1,56 d_0$
4,5	25	$1,9 d_0$	$1,45 d_0$



Hình 6. Khuôn trên có dạng côn để tránh mất ổn định khi chôn

2.2. Quá trình hình thành khuyết tật trong dập khối

Công nghệ dập khối được phân loại thành hai dạng: Dập khối trong lòng khuôn kín và dập khối trong lòng khuôn hở. Một trong những yếu tố chúng ta quan tâm nhất trong công nghệ này là sự hình thành khuyết tật của chi tiết sau khi tạo hình. Tuy nhiên việc xác định những khuyết tật đó thì không hề đơn giản bởi lẽ những khuyết tật đó được hình thành bên trong lòng vật thể, ví dụ như khuyết tật “gấp”.

Muốn xác định được những khuyết tật đó ta cần phải dùng biện pháp siêu âm để kiểm tra. Nhưng phải làm như vậy thì sẽ rất tốn kém và lãng phí. Để khắc phục hiện tượng đó ta có thể tối ưu hóa các yếu tố đầu vào như: hình dáng vật thể, thông số của khuôn, nhiệt độ dập... thông qua quá trình mô phỏng số mô phỏng số.

Khi nghiên cứu các trường hợp ở hình dưới ta thấy một trong những dạng khuyết tật phổ biến và nguy hiểm nhất trong công nghệ dập khối là khuyết tật “gấp”. Để khắc phục người ta làm khuôn dập sao cho kim loại dễ biến dạng và điền đầy khuôn nhất, ví dụ chú ý các góc nghiêng thành lòng khuôn, đối với những chi tiết có hình dáng phức tạp ta lấy phôi lớn hơn vật dập một chút khi có lượng dư sẽ chảy tràn ra khe hở giữa chày và cối [4].

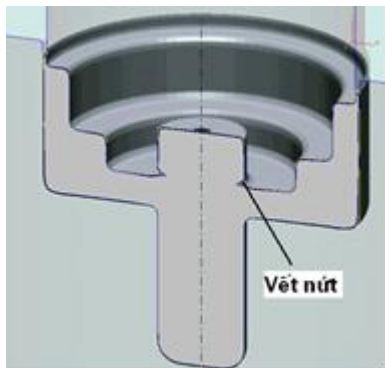


○: Vị trí xuất hiện khuyết tật gấp

Hình 7. Hình ảnh mô phỏng quá trình dập

2.3. Quá trình hình thành khuyết tật khi ép chảy

Khi biến dạng phôi bị ép từ buồng chứa phôi qua các khe hở cối và thoát ra ngoài. Do kim loại bị đẩy qua khe hẹp và bị ma sát với lòng khuôn nên có sự sai khác về tốc độ chảy tại các vùng góc thoát dẫn đến kim loại ở tâm phôi chảy nhanh hơn phần ngoài. Kết quả phôi bị rỗng ở giữa.



Hình 8. Vết nứt khi ép chảy

Ta nhận thấy do khuôn thiết kế chưa được phù hợp nên ta nhận thấy rõ góc lượn và độ nghiêng của thành lòng luôn đã cản trở việc chảy đều của kim loại lên các góc ngách của lòng khuôn. Sự chảy không đều này đã tạo ra nếp gấp vật liệu ở tại vị trí góc lượn. Sở dĩ nếp gấp được tạo thành là do vật liệu bị dồn nén trước khi chảy ra khe hở thành lòng khuôn và khuôn không có góc côn hợp lý để tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình biến dạng. Nếp gấp hình thành chắc chắn sẽ ảnh hưởng lớn đến chất lượng sản phẩm.

Để khắc phục hiện tượng tạo thành nếp gấp ở trên phôi, ta chỉ cần thay đổi kích thước của lòng khuôn trên bằng cách tạo cho thành lòng khuôn một độ côn nhỏ, có góc nghiêng phù hợp và bán kính góc lượn cũng tăng lên [4].

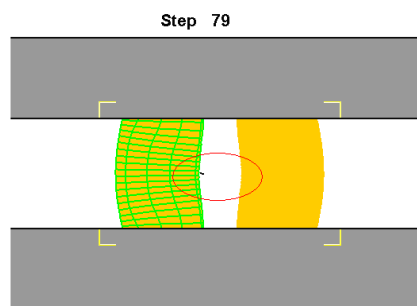
3. KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA KÍCH THƯỚC PHÔI TỚI HÀNH TRÌNH ÉP GÂY MẤT ỔN ĐỊNH

Bài toán mô phỏng chèn phôi ống với các trường hợp khác nhau. Trong đó cố định đường kính ngoài, thay đổi chiều dày thành

và chiều cao của phôi. Cụ thể $H = 100$ mm, 50 mm, 25 mm, $D_{ngoài} = 50$ mm, $d_{lỗ} = 30$ mm, 20 mm, 10 mm.

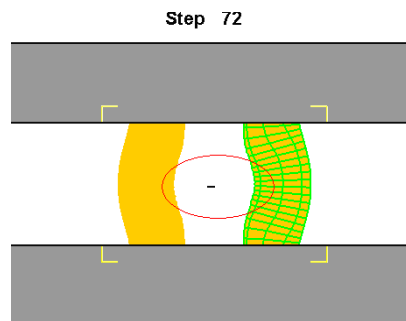
Trường hợp 1: Ta tiến hành mô phỏng phôi với chiều cao $H = 100$ mm, với chiều dày s thay đổi từ 5 đến 20 mm. Sự mất ổn định dẫn đến hình thành các khuyết tật “gấp” trong quá trình mô phỏng được đánh dấu bằng các khoanh tròn màu đỏ trên hình kết quả.

Với $s = 20$ mm ta được kết quả như sau:



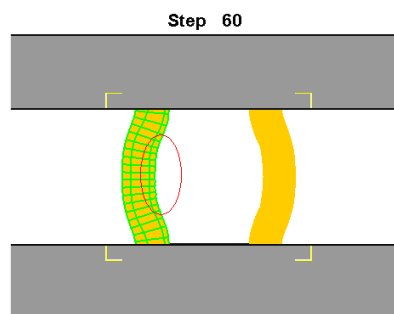
Hình 9. Phôi mất ổn định trong quá trình chèn ở step 79 ứng với hành trình chèn: 59,25 mm

Với $s = 15$ mm ta được kết quả như sau:



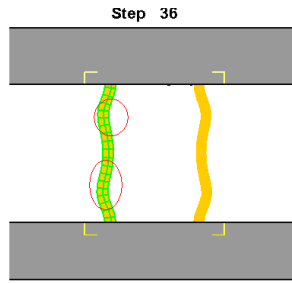
Hình 10. Phôi mất ổn định trong quá trình chèn ở step 72 ứng với hành trình chèn: 53,99 mm

Với $s = 10$ mm ta được kết quả như sau:



Hình 11. Phôi mất ổn định trong quá trình chèn ở step 60 ứng với hành trình chèn: 44 mm

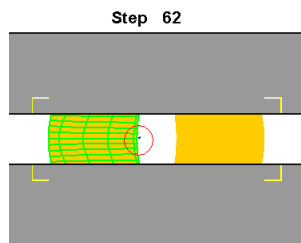
Với $s = 5\text{mm}$ ta được kết quả như sau:



Hình 12. Phôi mất ổn định trong quá trình chần ở step 36 ứng với hành trình chần: 36 mm

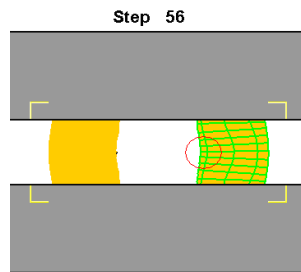
Trường hợp 2: Ta tiến hành mô phỏng phôi với chiều cao $H = 50\text{ mm}$, với chiều dày s thay đổi từ 5 đến 20 mm.

Với $s = 20\text{ mm}$ ta được kết quả như sau:



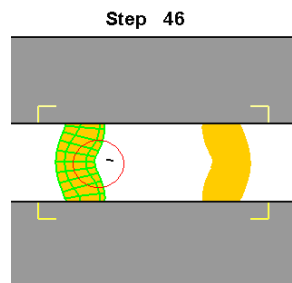
Hình 13. Phôi mất ổn định trong quá trình chần ở step 62 ứng với hành trình chần: 31 mm

Với $s = 15\text{ mm}$ ta được kết quả như sau:



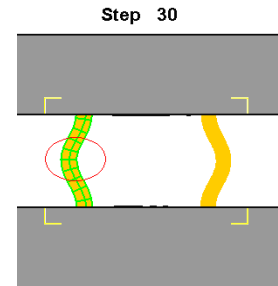
Hình 14. Phôi mất ổn định trong quá trình chần ở step 56 ứng với hành trình chần: 28 mm

Với $s = 10\text{ mm}$ ta được kết quả như sau:



Hình 15. Phôi mất ổn định trong quá trình chần ở step 46 ứng với hành trình chần: 23 mm

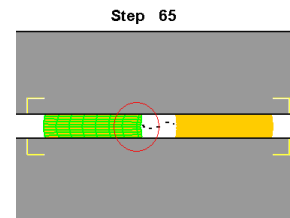
Với $s = 5\text{mm}$ ta được kết quả như sau:



Hình 16. Phôi mất ổn định trong quá trình chần ở step 30 ứng với hành trình chần: 18 mm

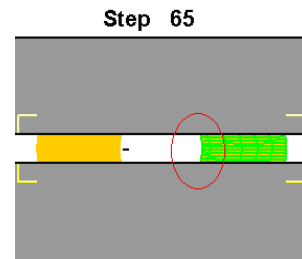
Trường hợp 3: Ta tiến hành mô phỏng phôi với chiều cao $H = 25\text{ mm}$, với chiều dày s thay đổi từ 5 đến 20 mm.

Với $s = 20\text{ mm}$ ta được kết quả như sau:



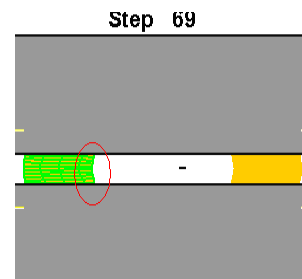
Hình 17. Phôi mất ổn định trong quá trình chần ở step 65 ứng với hành trình chần: 16,24 mm

Với $s = 15\text{ mm}$ ta được kết quả như sau:



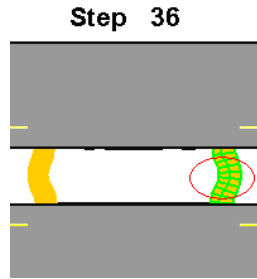
Hình 18. Phôi mất ổn định trong quá trình chần ở step 65 ứng với hành trình chần: 16,24 mm

Với $s = 10\text{mm}$ ta được kết quả như sau:



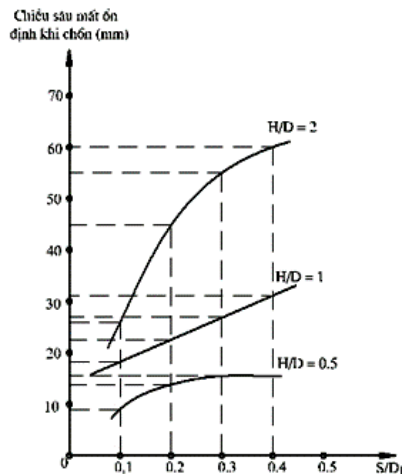
Hình 19. Phôi mất ổn định trong quá trình chần ở step 69 ứng với hành trình chần: 15,24 mm

Với $s = 5 \text{ mm}$ ta được kết quả như sau:

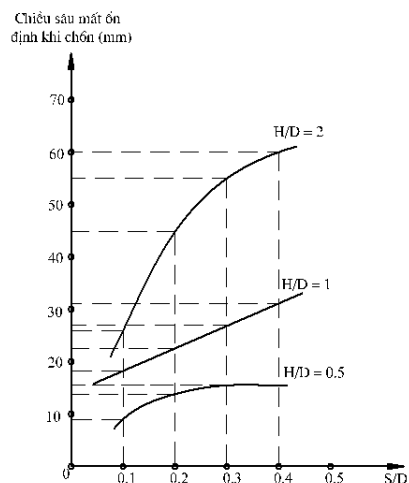


Hình 20. Phôi mất ổn định trong quá trình chôn ở step 36 ứng với hành trình chôn: 9 mm

Kết quả mô phỏng ở từng trường hợp cho ta thấy được sự mất ổn định trong quá trình chôn phôi ống. Từ đó ta xây dựng được một biểu đồ về mối quan hệ giữa sự mất ổn định khi chôn phôi ống và tỉ số s/D .



Hình 21. Đồ thị mối quan hệ giữa chiều dày phôi và mất ổn định khi chiều cao phôi thay đổi



Hình 22. Đồ thị mối quan hệ giữa chiều cao phôi và mất ổn định khi chiều dày phôi thay đổi

Từ bảng và đồ thị ta rút ra nhận xét như sau:

- Ba đường biểu diễn sự mất ổn định trên đồ thị ta thấy đường nào càng dốc tức là đường đó có sự mất ổn định cao nhất. Cụ thể là đường $H/D = 2$ là đường có sự mất ổn định cao nhất. Điểm cao nhất sẽ là điểm ít mất ổn định nhất. Các đường còn lại là $H/D = 1$ và $H/D = 0,5$ có độ dốc bé hơn, điều đó chứng tỏ khi ta thay đổi chiều dày s của phôi chi tiết khi chôn ít mất ổn định hơn.

- Khi xét về tỉ số giữa hành trình chôn khi xuất hiện hiện tượng mất ổn định và chiều cao phôi (h/H) với các phôi có cùng đường kính, trong ngoài nhưng khác nhau về chiều cao ta thấy phôi càng cao tỉ số đó càng bé. Điều đó có nghĩa rằng phôi càng cao càng nhanh mất ổn định. Ví dụ như khi chôn phôi có chiều cao $H = 100 \text{ mm}$ với $s = 20 \text{ mm}$ ta thấy tỉ số $h/H = 59,25/100 = 59,25\%$. Trong khi đó nếu là phôi có chiều cao $H = 50 \text{ mm}$ ta thấy $h/H = 31/50 = 62\%$. Tương tự như vậy với phôi có $H = 25$ ta thấy tỉ số $h/H = 16,5/25 = 66\%$.

Kết luận: Qua hai nhận xét trên ta thấy rằng phôi càng cao càng nhanh mất ổn định, phôi có chiều dày càng bé càng nhanh mất ổn định

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu về sự hình thành khuyết tật gấp trong một số quá trình tạo hình vật liệu như chôn, dập khối, ép chảy cũng như đưa ra một số biện pháp khắc phục, giảm bớt khả năng xuất hiện khuyết tật. Thực nghiệm mô phỏng quá trình chôn phôi ống (dạng phôi phổ biến và dễ xuất hiện khuyết tật gấp) đã chứng minh biện pháp chôn phôi ống có kiểm soát khả năng xuất hiện khuyết tật là hoàn toàn có thể thực hiện được khi chú ý đến hình dáng kích thước của phôi đầu vào. Từ kết quả khảo sát ta thấy nếu là phôi đặc mất ổn định tỉ số $H/D > 2,5$. Còn đối với phôi rỗng chiều dày S của thành phôi

càng mỏng thì càng nhanh mất ổn định. Do (tương ứng với s) phù hợp để tránh xảy ra vậy khi chèn phôi ống có thể cân nhắc lựa khuyết tật khi thực hiện. chọn giá trị chiều dày s và chiều cao H

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Đắc Trung, *Mô phỏng số quá trình biến dạng*, NXB Bách khoa Hà Nội, 2011.
- [2] Kobayashi, S., Oh, S. I. and Altan, *Metal Forming and the Finite Element Method*, Oxford University Press, 1989.
- [3] Ph. Marin, *Simulation rapide de la déformation d'un lopin matrices, Application à l'estampade dans l'optique de la conception intergée*, Thèse de Doctorat, INPG Grenoble, 1995.
- [4] Nguyen Trong Giang, Nguyen Dac Trung, Nguyen Tat Tien, *Deformation model of metals and alloys at high temperatures*, Fifth national conference on solid mechanics, November 1996.
- [5] Philippe Marin, Cung Le, Serge Tichkiewitch, *Taking into account thermal effects in ForgeRond, a fast hot-forging simulation tool*, Proceedings of the 5th International Conference on Technology of Plasticity, Columbus, Ohio, USA, 1996.

Thông tin liên hệ: **Trương Minh Đức**

Điện thoại: 0912370199 - Email: tmduc@uneti.edu.vn

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

