

DỰ ĐOÁN ĐƯỜNG CONG ỨNG SUẤT- BIẾN DẠNG CHO QUÁ TRÌNH KÉO/NÉN VẬT LIỆU TẤM SS400 BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN

Vương Gia Hải

Khoa Điện – Cơ

Email: haivg@dhhp.edu.vn

Nguyễn Mạnh Hùng

Khoa Công nghệ thông tin

Email: hungnm@dhhp.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo này sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn dự đoán đường cong chảy của vật liệu khi kéo/nén tấm kim loại SS400. Phương pháp này dựa trên mô hình vật liệu biến cứng Voce's cho việc xác định các tham số vật liệu trước khi đưa vào quá trình mô phỏng bằng phần mềm phần tử hữu hạn ABAQUS/explicit 6.13. Trước tiên, các dữ liệu thực nghiệm của quá trình kéo/nén được thực hiện bằng máy kéo/nén đơn trục Hung Ta H-200kN. Mô hình Voce's đã được sử dụng để xác định các tham số vật liệu cho quá trình mô phỏng dựa vào dữ liệu thực nghiệm trước đó. Việc so sánh giữa các kết quả mô phỏng và thực nghiệm kéo/nén tấm kim loại SS400 đã cho thấy sự phù hợp của mô hình.

Từ khóa: Thử nghiệm kéo/nén, mô hình vật liệu biến cứng, SS400, phần tử hữu hạn, ABAQUS.

PREDICTING STRESS-STRAIN CURVES FOR TENSION/COMPRESSION TENSILE TEST OF SS400 SHEET MATERIAL BY FINITE ELEMENT METHOD

ABSTRACT

This paper exploits the finite element method (FEM) to predict the stress-strain curves during tension/compression testing of steel SS400 sheet material. This method bases on the Voce's model to determine the material parameters before inputting to the FEM simulation software, namely ABAQUS/explicit 6.13. The tension/compression tensile test was first performed by using Hung Ta H-200kN tensile test machine. The Voce's model was then used to determine material parameters for FEM simulation utilizing experimental data. The comparison between the tension/compression experiment and simulation results of SS400 sheet material has shown the model's suitability.

Keywords: Tension/compression test, hardening material models, SS400, FEM, ABAQUS.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, cùng với sự cạnh tranh của thị trường ngày càng lớn, xu hướng các sản phẩm tạo hình gia công biến dạng từ thép tấm ngày càng khó, với hình dạng tạo hình ngày càng phức tạp, nhiều cấu trúc thiết kế tự do, đòi hỏi độ chính xác cao và nhiều loại vật liệu mới với giới hạn bền kéo tối đa cao hơn và hệ quả các thuộc tính khả năng tạo hình thấp hơn [1].

Nhưng các sản phẩm này thường gặp một số vấn đề như: các vết nứt sớm, khả năng đàn hồi ngược cao, biến dạng quá mức của các bộ phận, chất lượng cuối cùng của bề mặt bị hỏng. Tất cả những thay đổi kể trên chính là tiền đề cần thiết cho quá trình mô phỏng số phát triển và trở thành một công cụ không thể thiếu cho việc dự đoán và tối ưu hóa các tham số đầu vào khác nhau như vật liệu, hình học, công nghệ [1-3]. Nhưng

các kết quả phân tích mô phỏng số phải được kiểm chứng bằng việc so sánh với các kết quả thực nghiệm.

Trong nghiên cứu này. Để dự đoán chính xác ứng xử của vật liệu trong quá trình kéo nén vật liệu tấm, mô hình Voce's đã được đề xuất đối với tấm kim loại SS400 đây là vật liệu thép cán nóng được dùng trong ngành công nghiệp chế tạo khung vỏ ô tô, đóng tàu. Trước tiên, các mẫu vật kéo SS400 được cắt từ tấm kim loại theo phương song song với hướng cán và tiến hành thực hiện các thí nghiệm kéo đơn trục. Để mô tả các dữ liệu thử nghiệm thông qua các phương trình liên tục của vật liệu, đường cong ứng suất biến dạng được cứng hóa theo luật Voce's [4]. Các hằng số vật liệu của hàm chảy dẻo sau đó được xác định thông qua công cụ tính toán Excel dựa trên các dữ liệu thí nghiệm và phương pháp tương thích bình phương bé nhất. Phần mềm phân tích phần tử hữu hạn ABAQUS cuối cùng được sử dụng mô tả quá trình kéo/nén tấm kim loại SS400, đưa ra dự đoán các đường cong ứng suất-biến dạng dựa trên mô hình biến cứng vật có sự phù hợp so với dữ liệu thử kéo thực nghiệm.

MÔ HÌNH VẬT LIỆU

Luật cứng hóa của Voce's [4] phương trình (1) biểu diễn đường cong ứng suất

biến dạng như sau:

$$\bar{\sigma} = \sigma_y + A(1 - \exp(-B\varepsilon_q^b)) \quad (1)$$

Với A và B là các hệ số dẻo. $\bar{\sigma}$, ε_{eq}^{pl} và σ_y là ứng suất tương đương, biến dạng tương đương, và giới hạn đàn hồi kéo tương ứng.

Vật liệu và thiết lập thí nghiệm

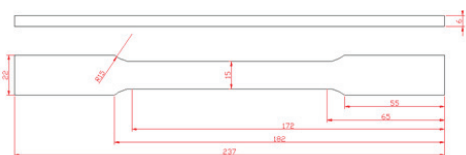
2.1.1 Vật liệu

Vật liệu được sử dụng cho nghiên cứu này là thép tấm SS400, theo tiêu chuẩn JISG 3101[7] có thành phần hóa học như Bảng 1.

Bảng 1: Thành phần hóa học thép SS400

C	Si	Mn	P	S	Cr
0.19 -0.21	0.05-0.17	0.4 – 0.6	0.04	0.05	≤0.3

Các mẫu thử kéo được gia công bằng máy cắt dây CNC theo hướng cán của tấm thép dày 6mm. Sau khi cắt dây mẫu thử kéo được xử lý qua bằng giấy giáp. Kích thước mẫu thử kéo theo tiêu chuẩn của nhà nước TCVN 197-85(197-2000) [8], mẫu có kích thước và hình dạng như Hình 2 (a). Hình 2 (b) và (c) tương ứng là vật mẫu khi gia công và sau xử lý bề mặt.

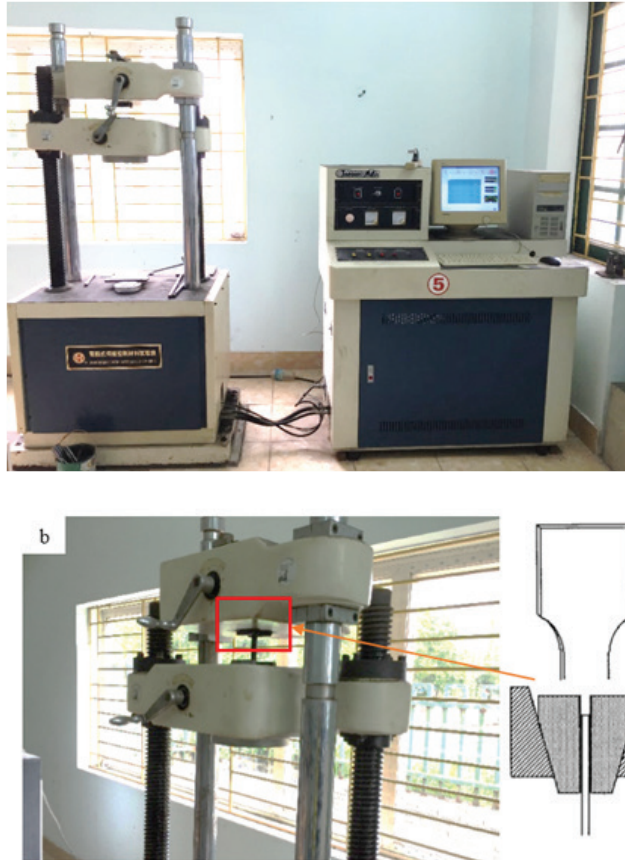


Hình 2. Mẫu thử kéo được thiết kế (a) gia công trên máy cắt dây (b) và sau khi xử lý bề mặt (c)

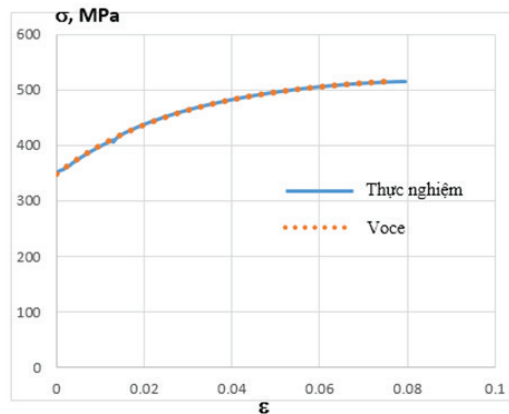
2.1.2 Thiết lập thí nghiệm

Thí nghiệm kéo/nén đơn trục cũng được thực hiện bằng cách sử dụng máy kéo/nén đơn trục Hung Ta H-200kN Hình

3. Các kết quả kéo/nén thu được tự động thông qua phần mềm điều khiển của máy Hình 4. Cơ tính của vật mẫu được trình bày trong bảng 2.



Hình 3. Máy kéo/nén đơn trục Hung Ta H-200kN (a), gá đặt mẫu thử kéo (b).



Hình 4. Đường cong ứng suất biến dạng thí nghiệm kéo vật mẫu SS400

Bảng 2. Cơ tính của vật liệu mẫu SS400

Hệ số modul đàn hồi (GPa)	213
Giới hạn chảy (MPa)	348
Hệ số poisson's	0.3
Khối lượng riêng, (ρ , kg/m ³)	7850
Giới hạn chảy, (σ_y , MPa)	348
Giới hạn bền, (σ_b , MPa)	528

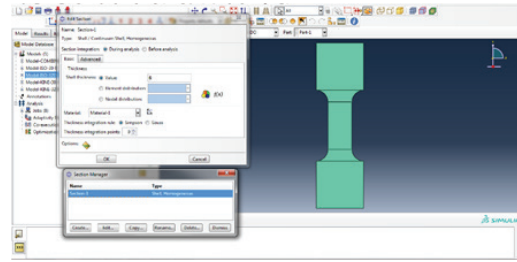
2.2. Xác định thông số vật liệu

Khi mô hình biến cứng Voce's được sử dụng để mô phỏng dự đoán đường cong ứng suất biến dạng trong quá trình kéo/nén đơn trục thì chỉ cần xác định các thông số σ_y , A, và B trong phương trình (1) như là các dữ liệu đầu vào cho quá trình mô phỏng. Bằng việc sử dụng phương trình (1) kết hợp với dữ liệu thí nghiệm trong hình 3 và tận dụng phương pháp bình phương bé nhất của phần mềm Excel sẽ xác định được các giá trị tương ứng lần lượt của σ_y , A, và B là 348 (MPa), 188.86 (MPa) và 28.3293.

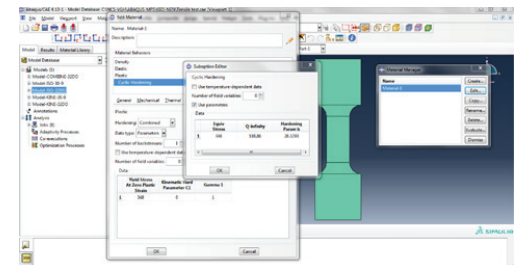
MÔ PHỎNG DỰ ĐOÁN ĐƯỜNG CONG KÉO-NÉN

Để kiểm tra khả năng dự đoán đường cong ứng suất-biến dạng trong quá trình kéo và nén vật liệu tấm SS400 của mô hình biến cứng Voce's, các dữ liệu thu được từ kết quả thí nghiệm và tính toán trong phần 2.12 và 2.2 được lấy làm đầu vào cho quá trình mô phỏng số bằng phương pháp phần tử hữu hạn qua phần mềm (ABAQUS/Explicit).

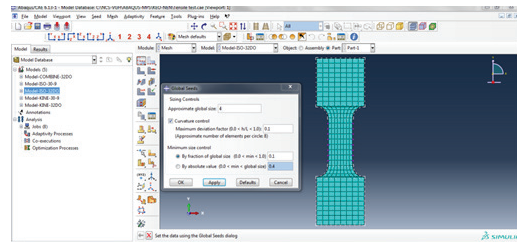
Để thực hiện mô phỏng quá trình kéo/nén, các bước thiết lập mô phỏng được thực hiện bằng phần mềm ABAQUS. Xây dựng mô hình, gán các đặc tính của vật liệu, chia lưới các phần tử, và thiết lập các chuyển động cho mô hình mô phỏng thể hiện trong hình 5.



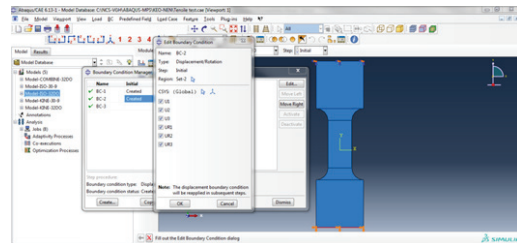
a)



b)

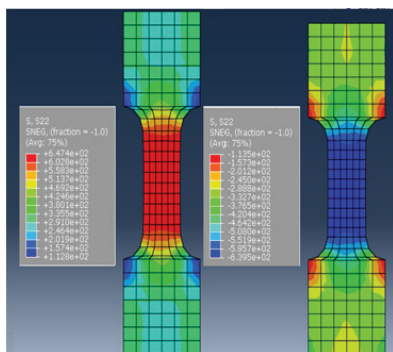


c)



d)

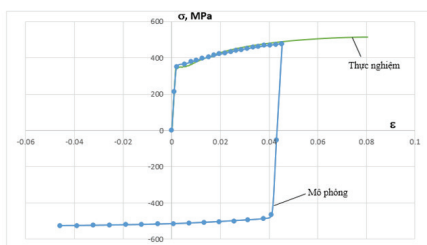
Hình 5. Các bước thiết lập mô phỏng cơ bản quá trình kéo/nén, gán độ dày (a), đặt các thông số về cơ tính và tham số của mô hình Voce's (b), chia lưới phần tử (c), gán các chuyển động cho mô hình (d)



Hình 6. Kết quả mô phỏng FE cho kiểm tra kéo/nén

Ở đây, mô hình vật mẫu kiểm tra kéo/nén đơn trục được mô phỏng bằng các phần tử lưới dạng vỏ (S4R). Kết quả mô phỏng kéo/nén vật mẫu được thể hiện trong Hình 6.

Đối với mô hình biến cứng Voce's các thông số đầu vào gồm có khối lượng riêng ρ , mô đun đàn hồi E của vật liệu và các tham số vật liệu σ_y , A , B đã xác định được từ phương trình (1) lần lượt là 348 (MPa), 188.86 (MPa) và 28.3293. Đường cong ứng suất kéo-nén sau đó được dự đoán thông qua các phần tử lưới của mô hình và so sánh với dữ liệu thực nghiệm như trong Hình 7.



Hình 7. Dự đoán cho những đường cong ứng suất biến dạng sử dụng mô hình biến cứng Voce's

Từ kết quả mô phỏng dự đoán đường cong ứng suất kéo-nén sử dụng các mô hình Voce's ta nhận thấy kết quả mô phỏng khá phù hợp với dữ liệu thí nghiệm. Sai

lệch giữa thí nghiệm và mô phỏng vị trí lớn nhất khoảng gần 3%, và có những vị trí gần như trùng hai đường với nhau.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đưa ra phương pháp phần tử hữu hạn để dự đoán đường cong ứng suất-biến dạng của thép tấm SS400, kết quả mô phỏng và thực nghiệm khá tương đồng. Đây sẽ là tiền đề để áp dụng và dự đoán chính xác hiện tượng đàn hồi ngược sau khi tạo hình biến dạng dẻo tấm SS400 trong quá trình gia công tạo hình các chi tiết phức tạp, đặc biệt là bù và tối ưu hóa kích thước chày và cối khi tạo hình các sản phẩm có hình dạng chữ U hoặc V từ thép tấm SS400 trong các nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyen Duc-Toan, Kim Young-Suk, Jung Dong-Won (2012), *Coupled Thermo-Mechanical FE Study to Improve Press Formability of a Camera shape for Magnesium Alloy Sheet AZ31B*. Metals and Materials International, 18(4), 583–595.
2. Nguyễn Đức Toàn, Phạm Quốc Tuấn, Nguyễn Đình Thành (2014), *Nâng cao chất lượng tạo hình uốn ống đồng sử dụng phân tích, mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn*. Tạp chí khoa học và công nghệ, 98, 29-33.
3. Nguyen Duc-Toan, Binh Tien-Long (2012), *NUMERICAL ANALYSIS TO DETERMINE DIE RADIUS AND BENDING ANGLE IN ROLL-BENDING PROCESS FOR SHEET MATERIAL*. JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY. (88), 84-89.
4. E. Voce, J Inst Met 74, 537-562, 1978.
5. P.J. Armstrong, C.O. Frederick (1966), *A Mathematical Representation of the Multiaxial Bauschinger Effect*. G.E.G.B. Report RD/B/N 731.
6. J.L. Chaboche (1986). *Time independent constitutive theories for cyclic plasticity*. Int J Plast. 2, 149-188.
7. G. Jis and G. Jis. *JIS G3101 SS400 steel plate sheet for general purpose structural steels*. p. 86011881.
8. M.M.-T.T.P. 1-2. TCVN 197:2002. TCVN 197.