

TIÊU CHÍ MẤT ỔN ĐỊNH CỤC BỘ CỦA VIỆC TẠO HÌNH KIM LOẠI TẮM VÀ ỨNG DỤNG TRONG BIỂU ĐỒ GIỚI HẠN TẠO HÌNH (FLD)

INSTABILITY CRITERION OF SHEET METAL FORMING AND APPLICATION IN FORMING LIMIT DIAGRAM (FLD)

Nguyễn Chung, Nguyễn Khắc Chinh
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

TÓM TẮT

Chỉ tiêu mất ổn định là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến độ chính xác của giản đồ giới hạn tạo hình (FLD), biểu thị trạng thái biến dạng của vật liệu kim loại khi vật liệu đạt đến giới hạn tạo hình. Trong bài báo này, các tiêu chí mất ổn định cục bộ trong quá trình tạo hình dẻo của kim loại tấm được phân biệt bằng các phương pháp suy luận khác nhau dựa trên lý thuyết mất ổn định dẻo và các hiện tượng thực nghiệm. Đưa ra các tính năng, ứng dụng trong FLD của các tiêu chí không ổn định và các thách thức cần giải quyết.

Từ khóa: Tiêu chí mất ổn định; Tấm kim loại; Biểu đồ giới hạn tạo hình (FLD).

ABSTRACT

The instability index is an important factor affecting the accuracy of the forming limit diagram (FLD), which represents the deformation state of a metal material when the material reaches the forming limit. In this paper, the local buckling criteria in the plastic forming process of sheet metal are distinguished by different inference methods based on plastic buckling theory and experimental phenomena. Outline features, applications in FLD of unstable criteria and challenges to be addressed.

Keywords: Instability criteria; Metal panel; Forming limit chart (FLD).

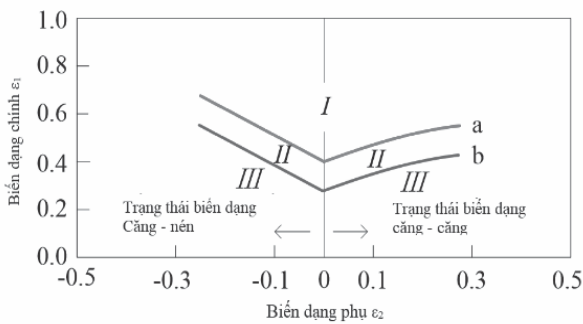
1. GIỚI THIỆU

Mất ổn định trong quá trình tạo hình dẻo của kim loại tấm có thể chia thành hai loại: mất ổn định khuếch tán và mất ổn định cục bộ. Mất ổn định khuếch tán xảy ra khi ngoại lực đạt cực đại và mất ổn định cục bộ là biến dạng tiếp theo sau mất ổn định khuếch tán. Chỉ tiêu mất ổn định là phương trình của biến dạng giới hạn, khi biến dạng trong quá trình tạo hình bằng với biến dạng giới hạn thì xuất hiện mất ổn định.

Bởi vì hầu hết các bộ phận vẫn có thể được sử dụng trước khi xảy ra mất ổn định cục bộ, nên mất ổn định cục bộ thường được coi là giới hạn biến dạng trong quá trình tạo hình và tiêu chí mất ổn định cục bộ được sử dụng rộng rãi hơn so với tiêu chuẩn khuếch tán.

Biểu đồ giới hạn tạo hình (FLD) thường được sử dụng để biểu thị các biến dạng giới hạn ở trạng thái mất ổn định cục bộ trong quá trình tạo hình dẻo của kim loại tấm dưới các đường

biến dạng khác nhau [1, 2]. Như được minh họa trong Hình 1, FLD được mô tả dưới dạng đồ thị của biến dạng chính ϵ_1 so với biến dạng phụ ϵ_2 ở trạng thái mất ổn định khuếch tán hoặc cục bộ ở trạng thái ứng suất phẳng dưới các đường biến dạng khác nhau, trong đó các đường cong biểu thị các biến dạng giới hạn có thể thu được thông qua các thí nghiệm theo trạng thái biến dạng cực hạn [3]. Các biến dạng giới hạn và FLD bị ảnh hưởng rất nhiều bởi các tiêu chí mất ổn định, vì vậy các tiêu chí phải được lựa chọn đúng để FLD có độ chính xác cao.



Hình 1. Biểu đồ giới hạn tạo hình (FLD) của kim loại tấm: I, II và III lần lượt là vùng nổ, vùng nguy hiểm và vùng tạo hình.

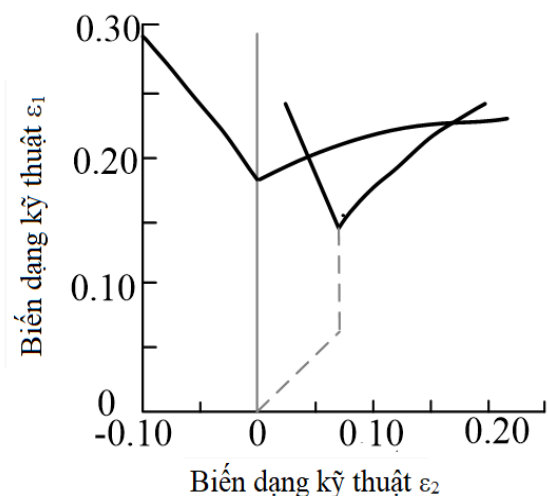
Trong bài báo này, các tiêu chí mất ổn định cục bộ thông thường trong quá trình tạo hình dè của kim loại tấm được phân biệt bằng các phương pháp suy luận khác nhau dựa trên lý thuyết mất ổn định dè và các hiện tượng thực nghiệm. Được chia thành hai loại theo các giả thuyết về thiệt hại tương ứng của môi trường liên tục vĩ mô và thiệt hại liên tục vi mô.

2. TIÊU CHÍ MẤT ỔN ĐỊNH DỰA TRÊN LÝ THUYẾT MẤT ỔN ĐỊNH DÈ

Các biến dạng giới hạn của FLD có thể được xác định thông qua các phương pháp phân tích dựa trên lý thuyết mất ổn định dè và một số giả thuyết. Các tiêu chí mất ổn định cục bộ được chia thành hai loại theo các giả thuyết

về thiệt hại liên tục môi trường vĩ mô và thiệt hại liên tục vi mô, tương ứng.

Độ lệch của các đường cong FLD xuất hiện trong thử nghiệm dưới các đường biến dạng khác nhau, như được minh họa trong Hình 2. Một mô hình vật lý mới và phương pháp tính toán giới hạn hình thành tương ứng được phát triển trong tiêu chí và tiêu chí bỏ qua các giá trị khuyết tật của kim loại và độ dày ban đầu không đồng nhất, chỉ xem xét ảnh hưởng của độ lệch biến dạng.

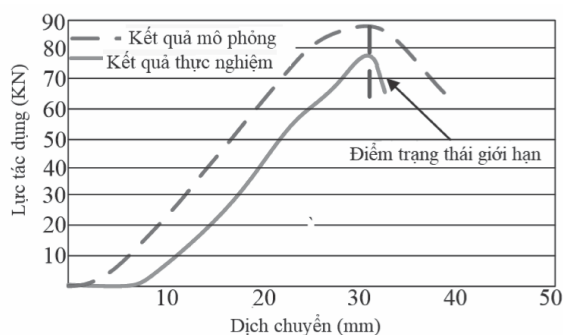


Hình 2. Sự dịch chuyển biến dạng của FLD theo các đường biến dạng khác nhau

3. TIÊU CHÍ MẤT ỔN ĐỊNH DỰA TRÊN THỰC NGHIỆM

Việc tính toán giới hạn tạo hình với tiêu chí chảy dè và tiêu chuẩn cứng hóa dựa trên lý thuyết mất ổn định dè rất phức tạp nên mô phỏng phần tử hữu hạn được sử dụng trong giải pháp số, là công cụ hữu hiệu để tính toán FLD. Bằng cách phân tích các hiện tượng trong mô phỏng như sự biến thiên của ứng suất, biến dạng và chiều dày có thể thu được các tiêu chí mất ổn định dựa trên các hiện tượng thực nghiệm. 

Năm 2011, H. Wang [5] đưa ra tiêu chí về lực đột lớn nhất bằng cách thực hiện mô phỏng và thử nghiệm tạo hình tấm hợp kim nhôm cho thấy biến dạng giới hạn là tại vị trí lực đột lớn nhất. Bằng cách đo lực chày thu được đường cong hành trình của lực chày, quan sát thấy rằng lực chày giảm sau khi xảy ra mất ổn định, như minh họa trong Hình 3. Tiêu chí sử dụng phép thử Nakazima rất dễ sử dụng và các dự đoán về FLD sẽ không chính xác nếu sự mất ổn định bắt đầu từ cạnh của kim loại.



Hình 3. Đường cong di chuyển lực đột đập điển hình

4. NHỮNG THÁCH THỨC CẦN GIẢI QUYẾT

Do nguyên nhân nứt và mất ổn định biến dạng dẻo phức tạp nên việc nghiên cứu giới hạn tạo hình còn một số vấn đề: 1) Kết quả tiêu chí còn khác nhau với nhiều giả thuyết khác nhau, nên đề xuất một tiêu chí với nhiều giả thuyết chỉ tiêu phù hợp với thực tiễn; 2) Tiêu chí truyền thống khó dự đoán FLD theo các đường biến dạng toàn diện hoặc các mô hình cấu thành; 3) Từ các cách khác để đảm bảo độ chính xác dự đoán của FLD, chẳng hạn như đường dẫn tải hoặc mô hình cấu thành.

5. KẾT LUẬN

Tiêu chí không ổn định được sử dụng rộng rãi để dự đoán giới hạn hình thành của kim loại. Các tiêu chí mất ổn định cục bộ thông thường trong quá trình tạo hình dẻo của kim loại tấm được phân biệt bằng các phương pháp suy luận khác nhau dựa trên lý thuyết mất ổn định dẻo và các hiện tượng thực nghiệm. Việc nghiên cứu FLD vẫn đang được tiến hành, việc tìm ra tiêu chí bất ổn định phù hợp để đảm bảo độ chính xác dự đoán của FLD có ý nghĩa cần thiết. ❖

Ngày nhận bài: 08/9/2023

Ngày phản biện: 25/10/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Keeler S. P., *Plastic Instability and Fracture in Sheets Stretched over Rigid Punches* (Trans ASM, 1963).
- [2]. Goodwin G. M., *SAE Transactions*, Vol. 77(1968), p. 680093.
- [3]. R.Hill: *J. Mech. Phys. Solids*, 1952, Vol. 1(1952), p. 19.
- [4]. K.M. Xue, L. Zhou and P. Li, *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 45(2009), p. 229 (In Chinese).
- [5]. H. Wang, *The Method of Obtain Forming Limit Diagram and its Application in Sheet Metal Forming*. (Ph.D., Nanjing university of aeronautics & astronautics, China 2011), p. 50.