



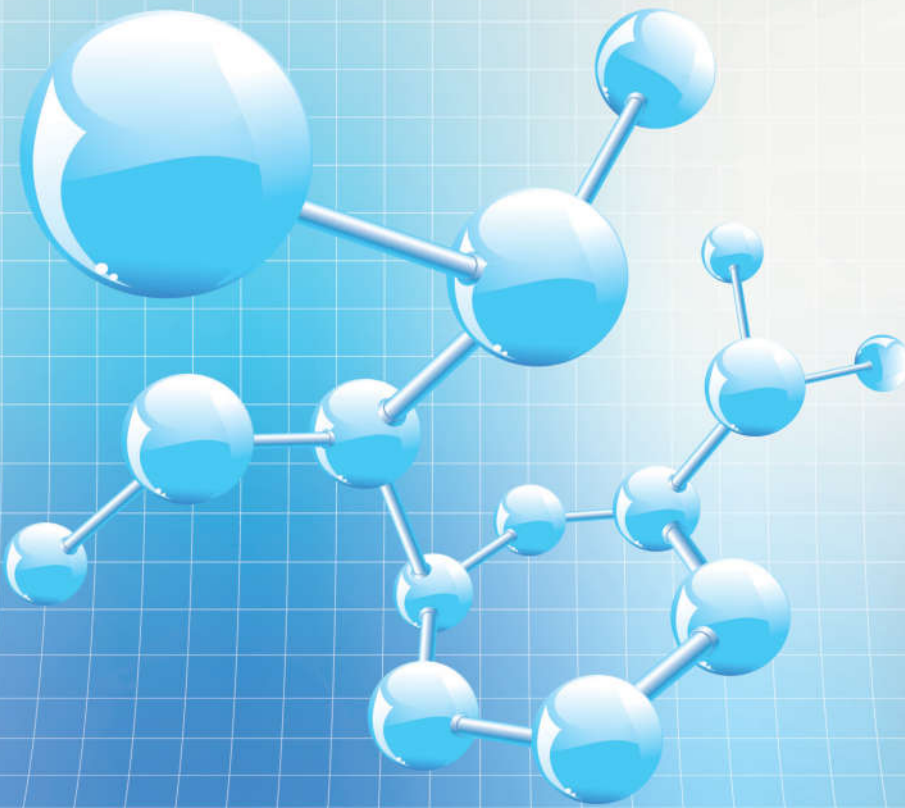
Tap chí

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY

**P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X**



Số 4 (87)

2024

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

■ **Tổng Biên tập**

TS. Đỗ Văn Đĩnh

■ **Phó Tổng biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyên

■ **Thư ký Tòa soạn**

PGS.TS. Ngô Hữu Mạnh

■ **Hội đồng Biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyên - Chủ tịch Hội đồng

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Văn Liễn

GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn

GS.TSKH. Bành Tiến Long

GS.TS. Nguyễn Đức Toàn

PGS.TS. Lê Thu Quý

GS.TS. Lê Anh Tuấn

GS.TS. Đinh Văn Sơn

PGS.TS. Trương Thị Thủy

PGS.TS. Nguyễn Thị Bất

GS.TS. Đỗ Quang Kháng

PGS.TS. Ngô Sỹ Lương

PGS.TS. Khuất Văn Ninh

GS.TSKH. Phạm Hoàng Hải

PGS.TS. Đoàn Ngọc Hải

PGS.TS. Nguyễn Ngọc Hà

GS.TS. Yu Ming Zhang

GS.TS. Nguyễn Văn Anh

■ **Ban Biên tập**

TS. Vũ Văn Đông - Trưởng ban

ThS. Đoàn Thị Thu Hằng - Phó Trưởng ban

■ **Editor-in-Chief**

Dr. Do Van Dinh

■ **Vice Editor-in-Chief**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen

■ **Office Secretary**

Assoc.Prof.Dr. Ngo Huu Manh

■ **Editorial Board**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen - Chairman

Prof.Dr. Pham Thi Ngoc Yen

Assoc.Prof.Dr.Sc. Tran Hoai Linh

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Van Lien

Prof.Dr.Sc. Than Ngoc Hoan

Prof.Dr.Sc. Bành Tiến Long

Prof.Dr. Nguyen Duc Toan

Assoc.Prof.Dr. Le Thu Quy

Prof.Dr. Le Anh Tuan

Prof.Dr. Dinh Van Son

Assoc.Prof.Dr. Trương Thị Thủy

Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Thị Bất

Prof.Dr. Do Quang Khang

Assoc.Prof.Dr. Ngô Sỹ Lương

Assoc.Prof.Dr. Khuat Van Ninh

Prof.Dr.Sc. Phạm Hoàng Hai

Assoc.Prof.Dr. Đoàn Ngọc Hai

Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Ngọc Hà

Prof.Dr. Yu Ming Zhang

Prof.Dr. Nguyễn Văn Anh

■ **Editorial**

Dr. Vu Van Dong - Head

MSc. Doan Thi Thu Hang - Deputy Head

Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/>Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.
In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

- Mô hình học sâu cho phát hiện bệnh trên cây lúa ở Việt Nam sử dụng YOLOv10 5 Hàn Hồng Hạnh
Cần Vũ Sơn Hà
Trần Văn Kiên
Đỗ Lê Trà My
Trịnh Công Đồng
Võ Đức Nhân
Ngô Phương Thủy
Bùi Đăng Thành
- Nghiên cứu, thiết kế, xây dựng hệ thống mạng cảm biến không dây để giám sát trạng thái hoạt động của máy bơm tại nhà máy chế biến khoáng sản ở Việt Nam 12 Phạm Văn Nam
Triệu Tuấn Anh
Vương Anh Đức
Đỗ Văn Đĩnh
- Thiết kế hệ thống giám sát xâm nhập mặn ứng dụng công nghệ IoT 18 Nguyễn Thị Nhật Quỳnh
Phạm Minh Tiến
Nguyễn Trung Nam
Trần Ngọc Tạo
Nguyễn Văn Thái
Nguyễn Trọng Các
- Nghiên cứu tổng quan vật liệu silicon trong ngành thiết bị bán dẫn 25 Châu Thanh Phương

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

- Sự thay đổi đặc tính khi thử nghiệm độ bền kéo trong mặt phẳng của vật liệu kép 30 Phạm Văn Trọng
Phùng Đức Hải Anh
Cao Huy Giáp
Đỗ Tiến Quyết
- Nghiên cứu tối ưu hóa cấu trúc chi tiết máy theo phương pháp thiết kế sinh học 36 Mạc Văn Giang
Tạ Hồng Phong
Mạc Thị Nguyên
Trịnh Văn Cường
- Mô phỏng ứng suất và biến dạng khi làm việc của sàng rung 44 Trần Văn Dũng
Ngô Hữu Mạnh
Trần Hải Đăng
Vũ Văn Tản
Mạc Văn Giang
- Nghiên cứu ảnh hưởng của một số nhân tố đến lực cắt và dao động khi phay thô thép SKD11 sử dụng mảnh cắt hình tròn 50 Nguyễn Thị Liễu

NGÀNH KINH TẾ

- Kiểm soát giá nhằm giảm tác động kép từ bão Yagi và dịp Tết Nguyên đán tại tỉnh Hải Dương 57 Ngô Thị Luyện
- Các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định mua hàng đối với sản phẩm bánh trung thu của khách hàng tại Hà Nội 63 Nguyễn Thị Ngọc Mai
Lê Thị Huyền
- Chính sách hỗ trợ doanh nghiệp nhỏ và vừa tại tỉnh Hải Dương 69 Phạm Thị Hồng Hoa
Nguyễn Minh Tuấn
- Thu hút vốn đầu tư vào tỉnh Hải Dương và triển vọng những năm tiếp theo 76 Lương Thị Hoa

NGÀNH TOÁN HỌC

- Sự không tồn tại nghiệm của một lớp hệ phương trình gradient elliptic suy biến 82 Nguyễn Thị Diệp Huyền

NGÀNH HÓA HỌC - THỰC PHẨM

- Ảnh hưởng của các chất keo Carboxymethyl xellulose, Xanthan gum, Alginate natri đến độ bền phân tán của nha đam (*Aloe vera*) trong nước giải khát sắn dây 86 Bùi Văn Tú

NGÀNH KHOA HỌC GIÁO DỤC

- Tăng cường đào tạo kỹ năng số cho lực lượng lao động tại Việt Nam 93 Vũ Thị Thanh Thủy
- Phát triển du lịch gắn với phát triển văn hóa ở tỉnh Hải Dương 100 Trần Hoàng Yến
Đặng Thị Thanh

LIÊN NGÀNH TRIẾT HỌC - XÃ HỘI HỌC - CHÍNH TRỊ HỌC

- Lý luận về hàng hóa sức lao động của C. Mác và giá trị trong phát triển thị trường lao động thời kỳ Cách mạng công nghiệp 4.0 ở nước ta 106 Vũ Văn Đông
- Giải quyết việc làm cho lao động nông thôn ở Hải Dương hiện nay 113 Nguyễn Thị Kim Nguyên
- Quan điểm chỉ đạo của Đảng cộng sản Việt Nam về việc đẩy mạnh chuyển đổi số trong quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước 118 Phạm Văn Dự
- Lý luận của chủ nghĩa Mác-Lênin về giải phóng phụ nữ và sự vận dụng của Đảng Cộng sản Việt Nam 125 Trần Thị Hồng Nhung
Vũ Văn Đông

Sự thay đổi đặc tính khi thử nghiệm độ bền kéo trong mặt phẳng của vật liệu kép

Change in properties during in-plane tensile testing of bimetallic materials

Phạm Văn Trọng*, Phùng Đức Hải Anh, Cao Huy Giáp, Đỗ Tiến Quyết

*Tác giả liên hệ: trongbk2010@gmail.com

Trường Đại học Sao Đỏ

Ngày nhận bài: 26/9/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 28/11/2024

Ngày chấp nhận đăng: 29/11/2024

Tóm tắt

Hiện nay, việc kết hợp các vật liệu nhằm cải thiện đặc tính của vật liệu đang được áp dụng. Trong quá trình dập, cán các chi tiết dạng thanh thường xuất hiện vết nứt do ứng suất biến dạng tập trung gây ra. Bài báo này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp thực nghiệm kéo từng loại vật liệu và vật liệu kép trên máy trên 6800 Tensile Testing Machines để đo biến dạng và chụp ảnh kỹ thuật số nhằm quan sát biến dạng của 2 bề mặt vật liệu. Sử dụng mô phỏng phần tử hữu hạn bằng phần mềm trên mô phỏng Abaqus để so sánh ứng suất biến dạng của từng loại vật liệu và vật liệu kép, sau đó so sánh kết quả mô phỏng và kết quả thực nghiệm. Kết quả cho thấy trên đồ ứng suất biến dạng dẻo của vật liệu kép tốt hơn so với nhôm và kém hơn so với thép. Kết quả này phù hợp với kết quả đo trên thiết bị chuyên dùng khi khảo sát từng loại vật liệu và vật liệu kép. Kết quả này bước đầu đánh giá được quá trình thử nghiệm độ bền kéo của vật liệu kép và từng loại vật liệu.

Từ khóa: Vật liệu cơ điện tử; vật liệu kim loại; lực kéo-nén; biến dạng; ứng suất; đặc tính cơ học của vật liệu.

Abstract

Currently, the combination of materials to improve the properties of materials is being applied. During the stamping and rolling process, cracks often appear due to concentrated deformation stress. In this article, the authors use the experimental method of pulling each type of material and dual material on the 6800 Tensile Testing Machines to measure the deformation and take digital photos to observe the deformation of the two material surfaces. Then, use finite element simulation with Abaqus simulation software to compare the deformation stress of each type of material and dual material, then compare the simulation results and the experimental results. The results show that the plastic deformation stress of dual material is better than aluminum and worse than steel. This result is consistent with the measurement results on specialized equipment when surveying each type of material and dual material. This result initially evaluates the durability testing process of dual material and each type of material.

Keyword: Mechatronic materials; metallic materials; traction-compression; deformation; stress mechanical; characterization of materials.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Để đảm bảo tuổi thọ khi sử dụng và độ tin cậy trong các điều kiện làm việc ngày càng khắc nghiệt hơn, các nhà nghiên cứu đang phát triển kết hợp các loại vật liệu ngày càng phức tạp. Nhiều sự kết hợp được sử dụng để cải thiện các đặc tính cho vật liệu. (Tác giả W. Močko và các cộng sự đã trình bày về sự kết hợp của thép hai pha) [1]. Hiện nay, là vật liệu đặc biệt phổ biến để sản xuất các bộ phận kết cấu, đặc biệt là trong

lĩnh vực cơ khí nói chung và ô tô nói riêng, các bộ phận thu được bằng quy trình kiểm tra độ bền kéo-nén.

Những vật liệu này, thực chất là những cấu trúc phức hợp, có cấu trúc đặc biệt không đồng nhất. Sự gia tăng cường độ năng suất đạt được bằng cách tạo ra pha cứng kết hợp với pha dẻo hơn. Chính hỗn hợp các đặc tính đối kháng, độ dẻo và độ cứng này đã tạo ra các đặc tính cơ học vượt trội cho vật liệu này. Câu hỏi đặt ra ở đây là để biết cấu trúc không đồng nhất này có tác động như thế nào đến đặc tính dẻo tổng thể của vật liệu, đặc biệt là trong quá trình tạo hình (nhóm tác giả P. A. Eggertsen and K. Mattiasson) [2], cũng như khi bắt đầu quá trình định vị hoặc đàn hồi (tác giả E.

Người phản biện: 1. PGS.TS. Lê Văn Quỳnh
2. TS. Nguyễn Đình Cường

Saenz de Argandoña và cộng sự) [3]. Trọng tâm ở đây là ảnh hưởng đến sự không đồng nhất của hai vật liệu, tác động đến đặc tính dẻo (tác giả Z. Chen và cộng sự đã trình bày đặc tính dẻo trong vật liệu lưỡng kim) [4].

Để hiểu được tác động của các cấu trúc không đồng nhất đó đến hoạt động cơ học, các cấu trúc vật liệu lưỡng kim cụ thể đã được tạo ra bằng cách kết hợp 2 vật liệu nhôm, thép và các thông số khác nhau của chúng được kiểm soát (tỷ lệ vật liệu và tính chất cơ học của từng vật liệu). Để đo lường tác động của tính không đồng nhất đến ứng suất, một nghiên cứu đến ứng suất khi thử nghiệm độ bền kéo trong biến dạng phẳng (tác giả L. Tabourot và cộng sự đã trình bày ứng suất trong vật liệu kép) [5], điều này tương đối phù hợp với các tình huống có thể gặp phải trong hoạt động tạo hình trên các bộ phận công nghiệp.

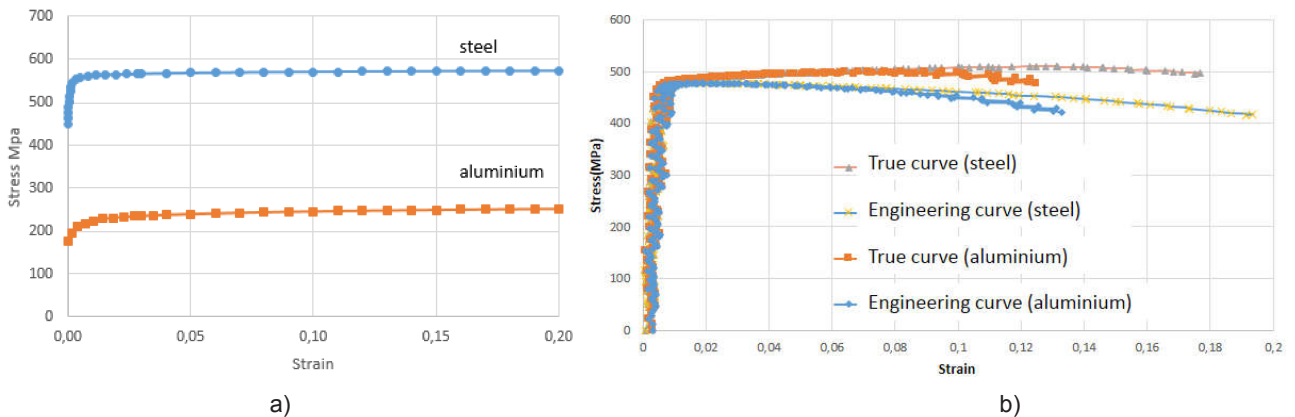
2. VẬT LIỆU NGHIÊN CỨU

Ở giai đoạn nghiên cứu này, nhóm tác giả tập trung vào tìm hiểu sự kết hợp ban đầu của 2 vật liệu riêng lẻ tạo thành vật liệu lưỡng kim. Vật liệu này được kết hợp từ 2 vật liệu ban đầu là thép (S45C) và hợp kim nhôm (6061-T6), tấm có chiều rộng ban đầu 300 mm

được cán định hình thành vật liệu kép sau đó được cắt ra thành các dải có chiều rộng 20 mm rồi cuộn lại và hiệu chỉnh độ dày. Cuộn dây kim loại sau đó được làm thẳng lại bằng các con lăn và dập tạo rãnh. Vật liệu làm từ hợp kim nhôm kết hợp thép để có đặc tính ma sát với thép mang lại các đặc tính cơ học và giúp tạo cơ sở kết cấu cho các bộ phận cơ khí giá rẻ. Dải vật liệu này trải qua một quá trình tạo hình và gây ra sự xuất hiện của ứng suất trong dư thừa tác dụng của lực kéo căng phẳng. Mục đích ở đây không phải là để mô tả quá trình tạo hình mà là tìm hiểu rõ hơn về biến dạng xảy ra trong từng vật liệu riêng lẻ và tổng thể trong vật liệu kép từ đó đề xuất các hướng cải tiến. Để làm được điều đó, cần thực hiện nghiên cứu tính toán từ góc độ cơ học thuần túy. Đầu tiên thí nghiệm kiểm tra xem liệu đặc tính cơ học của vật liệu kép về mặt ứng suất - biến dạng có tác động đến tính chất riêng của từng vật liệu đơn lẻ hay không hoặc liệu có tồn tại ứng suất cắt nào khác hay không, sau đó chuyển sang nghiên cứu đặc tính cơ học trong điều kiện độ bền kéo trong biến dạng phẳng.

Đặc điểm thực nghiệm

Thử nghiệm kéo trên vật liệu kép.



Hình 1. a. Mô hình hóa đường cong ứng suất - biến dạng dẻo trong quá trình thử kéo trên thép và trên nhôm. b. Đường cong ứng suất - biến dạng của vật liệu kép được thực hiện trên cả hai mặt: thép và nhôm.

Độ dày của dây kim loại lưỡng kim là 2,6 mm (trong đó thép: 2 mm và nhôm: 0,6 mm). Dải dây này trải qua quá trình cơ nhiệt khá phức tạp để sản xuất nên không thể suy ra nó từ các thành phần ban đầu. Bằng cách gia công, mẫu vật đã được cắt trực tiếp từ dải vật liệu. Bước đầu tiên là thực hiện kiểm tra độ bền kéo trên thép riêng lẻ khi chưa kết hợp với hợp kim nhôm (thép có độ dày x rộng x dài là : 2x19x50 mm) và sau đó thực hiện tương tự trên nhôm (0,6x19x50 mm) để thu được các đường cong ứng suất - biến dạng như của Hình 1.a. Phép đo biến dạng được thực hiện bằng cách đo biến dạng thông thường (máy đo độ giãn) và phân tích hình ảnh dựa trên phương pháp tương quan hình ảnh kỹ thuật số (sử dụng máy ảnh Canon EOS R5 Mark II Kit RF 24-105 mm F4 L IS USM, lựa chọn

chế độ-DIC) để phân tích sự xuất hiện biến dạng mỏi (sự đứt - gãy) trên từng vật liệu. Các thử nghiệm cũng đã được thực hiện trên vật liệu kép bằng cách trích xuất đường cong ứng suất - biến dạng kéo từ cả hai phía nhờ (DIC) (Hình 1.b).

Chỉ riêng đối với hai vật liệu này, phân tích cho thấy đặc tính đàn hồi với độ cứng gia công rất hạn chế. Điều này có thể xem tính đẳng hướng của vật liệu. Thật vậy, do vật liệu kép được định hình từ 2 vật liệu riêng lẻ và cán lại với nhau từ trước nên không thể kiểm tra tính dị hướng. Các đường cong ứng suất-biến dạng dẻo có thể được trang bị mô hình phân tích kiểu Hollomon: $K\sigma(\epsilon)^n$ với σ ứng suất và ϵ biến dạng. Các giá trị tham số K và n cho từng loại vật liệu được cho trong Bảng 1 dẫn đến các đường cong của Hình 1.a.

Vấn đề nghiên cứu là việc phát hiện sự biến dạng (đứt - gãy) trên vật liệu kếp và mối liên kết giữa các đặc tính ban đầu của từng vật liệu đơn lẻ.

Bảng 1. Giá trị các hệ số K và n đối với thép và nhôm

| | K (MPa) | n (dimensionless) |
|--------------|-------------|-------------------|
| Thép | $K_1 = 590$ | $n_1 = 0.0122$ |
| Hợp kim nhôm | $K_2 = 270$ | $n_2 = 0.0388$ |

Các vật liệu đã qua cán không bị ảnh hưởng đến các đặc tính chung của vật liệu. Biến dạng đặc trưng trong trường hợp này được cho bởi $\epsilon = n$ (tiêu chí đánh giá). Do đó, nhôm nằm trong thử nghiệm độ bền kéo sau khoảng 4% và thép chỉ sau 1%. Nếu người ta thực hiện một nghiên cứu phân tích nhanh về tổ hợp với giả định rằng biến dạng là như nhau ở cả hai vật liệu vào bất kỳ thời điểm nào, ứng suất trung bình thu được từ tải trọng tác dụng lên hai vật liệu, thì người ta có thể suy ra rằng biến dạng của vật liệu ϵ thỏa mãn phương trình sau:

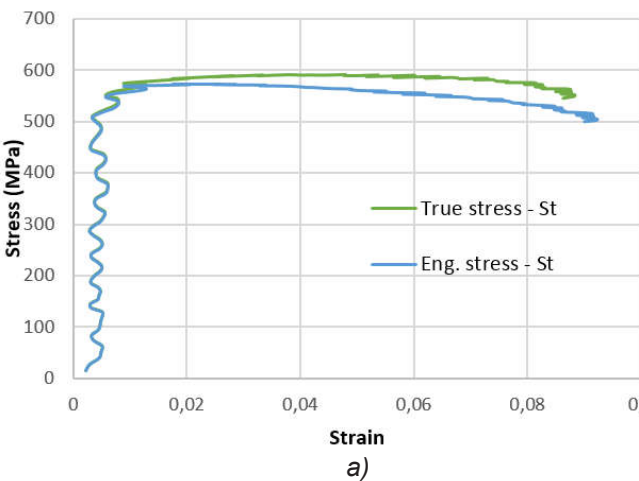
$$S_1 K_1 \epsilon^{n_1} (\epsilon - n_1) + S_2 K_2 \epsilon^{n_2} (\epsilon - n_2) = 0 \quad (1)$$

Trong đó:

S_1 là tiết diện của vật liệu 1;

S_2 là tiết diện của vật liệu 2.

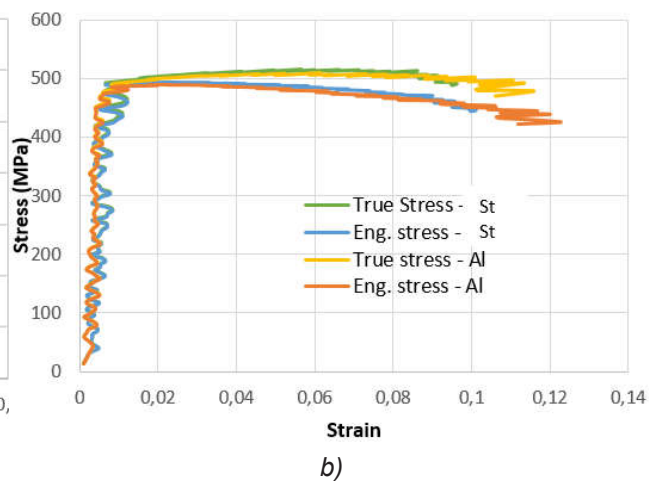
Phương trình này được suy ra từ điều kiện cân bằng mẫu.



Phương trình này không thể giải được nếu không sử dụng các mô phỏng kỹ thuật số (phần mềm mô phỏng Abaqus). Bằng các lần lặp liên tiếp, chúng ta tìm thấy giá trị $\epsilon = 0,01502$ cao hơn một chút so với giá trị giới hạn của thép.

Nếu chúng ta nhìn vào các đường cong ứng suất - biến dạng khác nhau (Hình 1), người ta thấy rằng các đường cong về cơ bản giống hệt nhau đối với hai mặt của vật liệu kếp, tức là đối với hai vật liệu trong quá trình thử nghiệm. Quá trình định vị bắt đầu một cách hiệu quả quanh mức biến dạng 1,5%, được thể hiện bằng các đường cong ứng suất - biến dạng danh nghĩa của Hình 1.b. Đường cong này được suy ra khá dễ dàng về mặt phân tích từ hai đường cong đầu tiên bằng cách tính ứng suất trung bình thu được từ ứng suất trung bình trong mỗi thành phần. Nếu ở một bên, nhôm mất đi độ bền kết cấu, thì cường độ chảy của tổ hợp tăng nhẹ độ dẻo do việc biến dạng bị chậm lại một chút. Trên thực tế, việc cán vật liệu không bị ảnh hưởng bởi độ bền cơ học của các vật liệu riêng lẻ kết hợp lại với nhau. Vật liệu lưỡng kim này đặc biệt bị ứng suất trong điều kiện kéo căng phẳng; việc kiểm tra cũng được tiến hành trên các mẫu bị biến dạng trong điều kiện kéo căng phẳng.

Kiểm tra độ bền kéo phẳng trên vật liệu lưỡng kim



Hình 2. Đường cong ứng suất - biến dạng dọc trong quá trình thử kéo biến dạng phẳng.

a: Cửa riêng thép; b: Trên vật liệu lưỡng kim nhìn thấy cả hai mặt.

Các thử nghiệm kéo căng phẳng được thực hiện trên các mẫu chỉ có chiều dài 10 mm. Các đường cong thực nghiệm thu được bằng phương pháp sử dụng hình ảnh kỹ thuật số (DIC), (Hình 2) cuối cùng về cơ bản giống hệt với các đường cong thu được trong thử nghiệm độ bền kéo đơn giản. Vẫn còn phải xác định xem các thay đổi ứng suất có được thực hiện theo cùng một logic như trong quá trình kiểm tra độ bền kéo đơn giản hay không.

Trong lần thử nghiệm với nhôm, không thể thực hiện thí nghiệm riêng vì quá khó để cắt mẫu này với bề dày quá mỏng 0,6 mm.

Khó khăn ở đây là làm rõ đặc tính biến dạng tổng thể vì các giá trị đo được bị ảnh hưởng bởi độ không chắc chắn. Do đó, cần sử dụng các mô phỏng phần tử hữu hạn để hiểu rõ hơn về các đặc tính của vật liệu lưỡng kim. Đó cũng là một cách để có một công cụ tối ưu hóa dài dây vật liệu kếp bằng cách điều chỉnh các đặc

tính của vật liệu hoặc bằng cách sửa đổi tỷ lệ của từng vật liệu.

3. MÔ PHỎNG SỐ

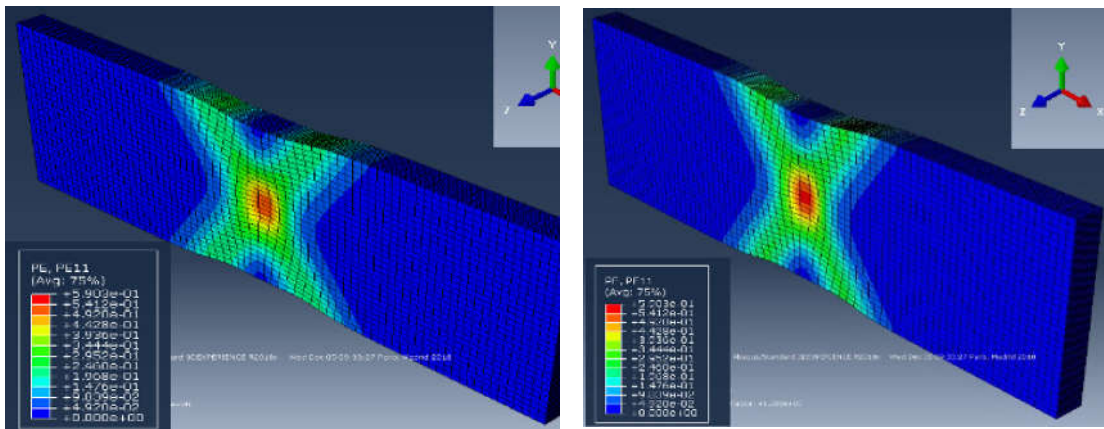
Đối với loạt mô phỏng đầu tiên, chúng tôi xác định một mẫu được chia lưới với các phần tử lục giác theo **Bảng 2. Xác định các mẫu hình học và chia lưới phần tử**

| | Độ dày (mm) | Chiều rộng (mm) | Chiều dài (mm) | Số phần tử trên chiều dày | Số phần tử trên chiều rộng | Số phần tử trên chiều dài |
|----------------------------------------------|-------------|-----------------|----------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Kiểm tra độ bền kéo theo chiều dọc của dây | 2.6 | 19 | 50 | 4 | 30 | 75 |
| Kiểm tra độ bền kéo theo chiều ngang của dây | 2.6 | 19 | 10 | 4 | 30 | 15 |

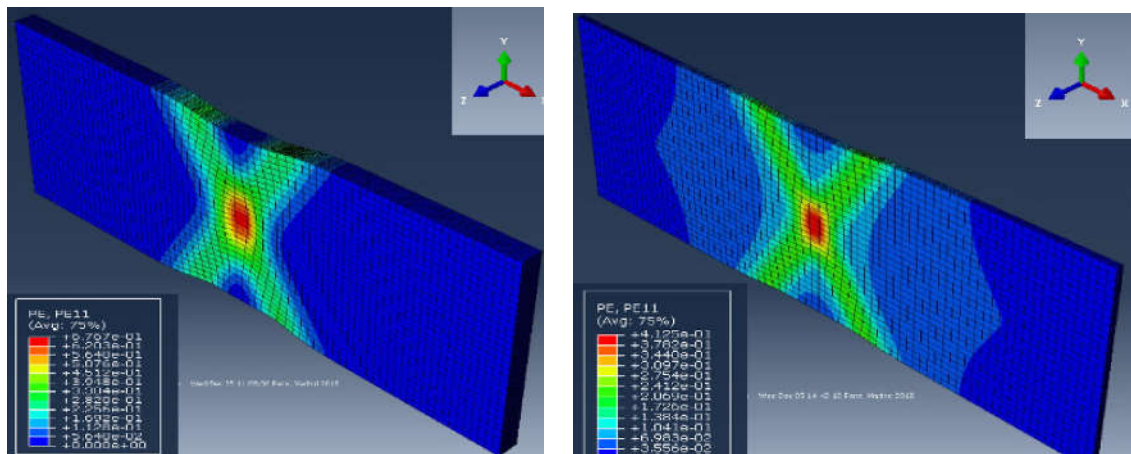
Quy luật phân bố vật liệu là đẳng hướng. Các giá trị xác định trong **Bảng 1** được sử dụng để thiết lập các đường cong tham chiếu nhằm xác định hoàn toàn đặc tính đàn hồi của hai vật liệu. Một mô phỏng về thử nghiệm độ bền kéo trên vật liệu kép được đưa ra trong **Hình 3**. Có thể so với thí nghiệm trực tiếp, thực tế cho thấy rằng trạng thái khá giống nhau trên mỗi mặt do trạng thái của các phần tử được lấy riêng biệt với độ dày tương ứng của chúng là khác nhau đáng kể.

Bảng 2. Phần mềm phần tử hữu hạn được sử dụng theo kiểu tích phân ngầm. Một trong các cạnh của mẫu được cố định, cạnh còn lại áp đặt chuyển động theo hướng dọc (4 mm/phút).

Thật vậy, **Hình 4** trình bày ảnh xạ của các thành phần riêng lẻ có cùng điều kiện biên. Cần kiểm tra xem ứng suất có diễn ra đồng thời hay không để từ đó có thể xem liệu một vật liệu tương đương mô phỏng có thể làm đơn giản hóa hay tối ưu hóa thay cho thí nghiệm thực tế trong tương lai hay không. Phần tử hữu hạn mô phỏng cung cấp quyền truy cập vào các độ lớn không thể tiếp cận được bằng thực nghiệm, đó là tất cả những gì cần quan tâm. Vì vậy, sự diễn biến theo thời gian của ứng suất được vẽ trên đồ thị của hai vật liệu trên **Hình 5**.



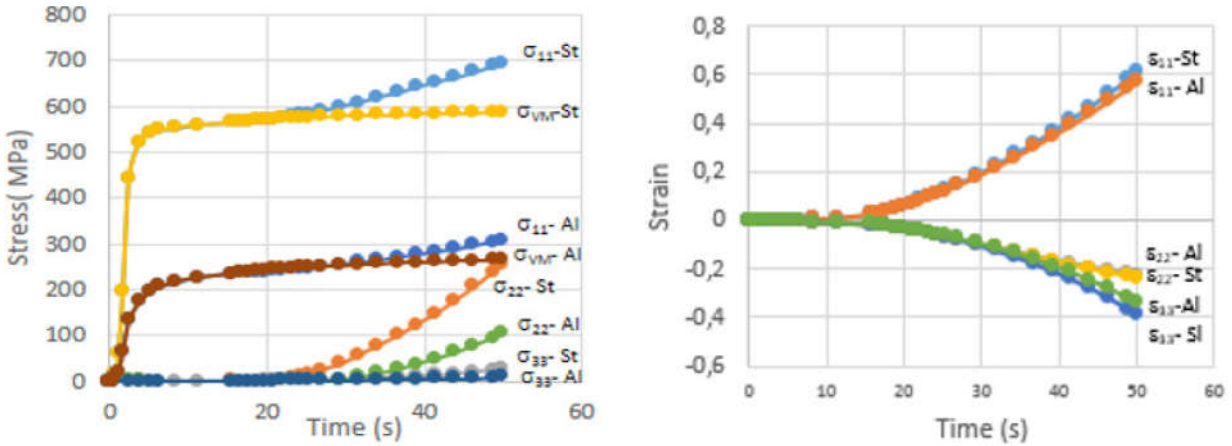
Hình 3. Lập bản đồ biến dạng tương đương trong thử nghiệm kéo đơn giản trên vật liệu kép. Mặt thép bên trái. Mặt nhôm bên phải.



Hình 4. Lập bản đồ biến dạng tương đương. Phải là thép (độ dày 2 mm); Trái là nhôm (độ dày 0,6 mm)

Hình 5 cho thấy rằng đặc tính của thép sớm khác với đặc tính kéo đơn giản của nhôm. Sự xuất hiện của loại ràng buộc (S22) được thực hiện nhanh hơn so với nhôm. (S22) bắt đầu phát triển đáng kể trong thép

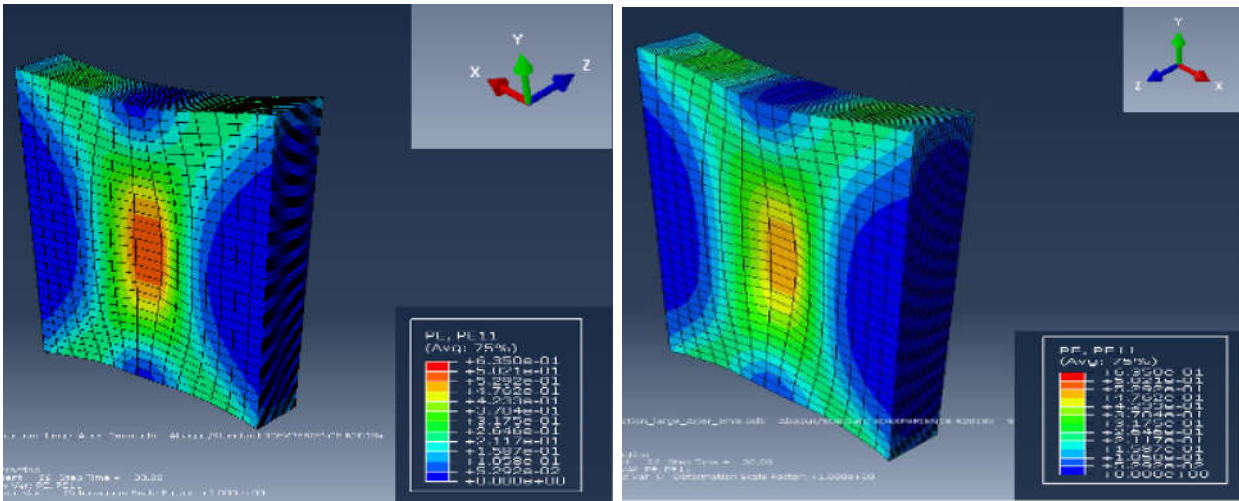
khoảng 20 giây trong khi ở nhôm, nó bắt đầu phát triển đáng kể gần 30 giây. Điều này phản ánh sự chuyển dịch sang biến dạng mới của thép sớm hơn so với của nhôm, thậm chí còn tác động giữa hai vật liệu này với vật liệu kia.



Hình 5. Bên phải - Sự phát triển theo thời gian của ứng suất trong vật liệu. Bên trái - Sự tiến hóa theo thời gian của các biến dạng dẻo trong vật liệu

Sự khác biệt này ngay lập tức xuất hiện trên bản đồ các biến dạng thu được trong trường hợp thử kéo biến dạng phẳng (Hình 6). Nghiên cứu cho thấy sự khác biệt khá rõ ràng về đặc tính căng phẳng giữa hai bên. Trạng thái ứng suất rất phức tạp ngay từ khi bắt đầu thử nghiệm và việc phân tích dữ liệu một cách chính

xác là khá khó khăn. Do đó, chúng tôi sử dụng các phương pháp khác để xác định xem vật liệu đã được biến dạng ở lần đầu tiên hay không. Đó thực sự là một tính toán mong muốn để kiểm tra trạng thái mới của vật liệu cũng như tránh khả năng xuất hiện vết nứt trong quá trình cán vật liệu.



Hình 6. Ảnh xạ biến dạng tương đương trong thử nghiệm kéo biến dạng phẳng. Mặt thép bên trái. Mặt nhôm bên phải

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này là nghiên cứu xác định những đặc tính cơ học vật liệu (biến dạng và ứng suất theo các phương x, y, z) sau khi kết hợp hai vật liệu có tính chất cơ học khác nhau tạo thành một vật liệu mới không đồng nhất. Kết quả thu được từ những thí nghiệm trực tiếp tại phòng thí nghiệm, chỉ ra rằng vật liệu kết hợp thu được có những đặc tính cơ học của cả 2 vật liệu ban đầu (như độ cứng, độ giãn dài của vật liệu cũng như các đường kính hạt, hay thành phần hóa học trong

vật liệu là phù hợp với mức độ tinh đến của từng vật liệu riêng lẻ). Tuy nhiên, xem xét kỹ hơn đặc biệt bằng phương pháp mô phỏng phần tử hữu hạn cho thấy rằng, chúng ta chỉ đánh giá được ứng suất và biến dạng tại 2 bề mặt ngoài (một bên là bề mặt của thép, bên còn lại là bề mặt hợp kim nhôm) kết quả không đủ để xác định chính xác sự xuất hiện biến dạng mới vì cần kể đến sự dịch chuyển bề mặt tại nơi tiếp xúc giữa 2 mặt trong của vật liệu không đồng nhất này và tương tác giữa 2 mặt trong của vật liệu này phức tạp hơn một chút. Hướng nghiên cứu tiếp tục cần đi vào

phân tích sâu hơn về sự phát triển của biến dạng bằng phương pháp sử dụng thiết bị phân tích ICP (phép đo phổ plasma kết hợp cảm ứng) và phương pháp XRF (quang phổ huỳnh quang tia X) siêu âm hình ảnh trên cả hai mặt và các vật liệu. Mục đích để nghiên cứu cụ thể hơn và tìm hiểu sự tương tác phức tạp hơn bên trong vật liệu như dạng vật liệu kép này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Moćko, Wojciech, et al (2016), *An influence of cyclic loading on the form of constitutive relationship for DP500 steel*, Materials & Design 103: 183-193.
- [2]. EGGERTSEN, Per-Anders; MATTIASSON, Kjell (2012), *Experiences from experimental and numerical springback studies of a semi-industrial forming tool*, International journal of material forming, 5: 341-359.
- [3]. De Argandoña, E. Saenz, et al (2017), *U-drawing of Fortiform 1050 third generation steels. Numerical and experimental results*, Journal of Physics: Conference Series. Vol. 896. No. 1. IOP Publishing, 2017.
- [4]. CHEN, Zhong, et al (2016), *Variation and consistency of Young's modulus in steel*, Journal of Materials Processing Technology, 227: 227-243.
- [5]. Tabourot, Laurent, et al (2017), *Comparative study of modelling efficiency regarding localization development*, AIP Conference Proceedings. Vol. 1896. No. 1. AIP Publishing.
- [6]. P. Flores et al, J. Mat. Proc, (2010), *Tech. 210, Issue 13*, 1772-1779.

AUTHORS INFORMATION

Pham Van Trong*, **Phung Duc Hai Anh**,
Cao Huy Giap, **Do Tien Quyet**

*Corresponding Author: trongbk2010@gmail.com

Sao Do Univesity.