

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BIẾN DẠNG TRƯỚC VÀ PHƯƠNG KÉO TỚI ĐƯỜNG CONG BIẾN DẠNG VÀ ĐƯỜNG CONG ỨNG SUẤT GIỚI HẠN CỦA VẬT LIỆU TRỤC HƯỚNG THEO LÝ THUYẾT ĐẪO 3G + HILL

Nguyễn Thị Lục<sup>1</sup>, Thân Văn Ngọc<sup>1</sup>, Nguyễn Đăng Ninh<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Vân Hòa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Lâm nghiệp

## TÓM TẮT

Như ta đã biết vật liệu trục hướng là những vật liệu có ba trục đối xứng vuông góc với nhau, có tính chất cơ tính khác nhau theo từng trục. Vật liệu thép tôn cán là một trong những loại vật liệu trục hướng, thường được dùng trong ngành chế tạo vỏ ô tô, vỏ máy bay, vỏ tàu thủy, vỏ TV và trong cả ngành công nghiệp thực phẩm (sản xuất bao bì, đồ hộp...). Để hạn chế những biến dạng, vết nứt, gãy, tăng khả năng sử dụng của vật liệu (ngoài miền đàn hồi của vật liệu) này thì việc nghiên cứu hướng cán và biến dạng trước rất quan trọng. Trong nghiên cứu này sử dụng lý thuyết biến dạng dẻo mô hình kết hợp 3G và mô hình Hill (3G+Hill) để tính toán đây là một hướng vận dụng mới. Sau quá trình nghiên cứu, thí nghiệm với 2 hướng kéo so với phương chính góc  $45^0$  và  $60^0$ , trong hai trường hợp có biến dạng trước  $\epsilon = 0,09$  mm và không có biến dạng trước. Với mỗi hướng kéo số lượng mẫu thí nghiệm là 7 với các kích thước chiều rộng khác nhau như 50 mm, 70 mm, 90 mm, 110 mm, 130 mm, 150 mm, 170 mm và chiều dài mỗi mẫu là như nhau 190 mm. Kết quả cho thấy biến dạng trước ảnh hưởng rất lớn đến đường cong biến dạng cuối của vật liệu, làm cho biến dạng cuối cùng nhỏ hơn so với trường hợp không có biến dạng trước, điều này có ý nghĩa hạn chế sự biến dạng sau khi chịu lực, kéo dài thời gian sử dụng của vật liệu. Trong khi đó đường cong ứng suất không phụ thuộc vào hướng kéo cũng như biến dạng trước.

**Từ khóa:** Biến dạng trước, đường cong biến dạng, đường cong ứng suất, lý thuyết dẻo 3G + Hill.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay cùng với sự phát triển mạnh mẽ của ngành công nghiệp, của khoa học công nghệ, nhiều vật liệu có khối lượng nhẹ, chống chịu được sự thay đổi nhiệt độ môi trường, đảm bảo độ bền, thẩm mỹ và giá thành đang được trú trọng quan tâm sử dụng rộng rãi. Những loại vật liệu đó thường được dùng trong ngành chế tạo vỏ ô tô, vỏ máy bay, vỏ tàu thủy, vỏ ti vi và trong cả ngành công nghiệp thực phẩm (sản xuất bao bì, đồ hộp...). Một trong những vật liệu hay dùng đó là vật liệu thép tôn cán. Để hạn chế sự xuất hiện vết nứt đó đã có nhiều nhà khoa học tìm hiểu, nghiên cứu và họ đã cho rằng: trong quá trình dập, sự xuất hiện hiện tượng co thắt ở miền biến dạng dẻo của chi tiết và sự phá hủy là những vấn đề phức tạp, chúng chịu ảnh hưởng của rất nhiều nhân tố liên quan tới cấu trúc của vật liệu (tính dị hướng của vật liệu) và lực tác động.

Trong quá trình sản xuất chế tạo ra sản phẩm, thường xuất hiện vết nứt, phá vỡ cấu trúc ở những vùng chịu biến dạng lớn trong quá trình tạo hình biến dạng. Để đánh giá khả năng tạo hình của một vật liệu và để so sánh

với các vật liệu khác. Keeler người đầu tiên đưa ra khái niệm về đường cong giới hạn khi có co thắt ở vật liệu. Ông cho rằng sự kéo giãn lớn nhất cục bộ là đủ để đánh giá tỷ lệ biến dạng cho một tấm tôn cán trong khi dập. Ông nhận thấy rằng nếu mang các giá trị biến dạng  $(\epsilon_1, \epsilon_2)$  ứng với sự phá hỏng theo các phương chính biến dạng lên một biểu đồ thì các điểm  $(\epsilon_1, \epsilon_2)$  nằm trên cùng một đường cong gọi là đường cong giới hạn hình thành khi dập. Đường cong này lúc đầu giới hạn trong một phần tư mặt phẳng ở đó biến dạng ngang là dương. Sau đó nó được bổ xung bởi công trình nghiên cứu của Goodwin cho miền trong đó biến dạng ngang là âm (miền thắt).

Từ những nghiên cứu thực nghiệm và lý thuyết họ đã xây dựng nên đường cong biến dạng giới hạn. Tuy nhiên những đường cong đó phụ thuộc vào quỹ đạo biến dạng, trong khi các sản phẩm trong công nghiệp phần lớn đòi hỏi qua nhiều công đoạn gia công khác nhau. Như thế với mỗi quy trình công nghệ ta phải xác định lại một đường cong tương ứng. Năm 1982 ông Arieux đã đề xuất dùng đường

cong ứng suất giới hạn được xây dựng từ đường cong biến dạng theo phương cán của vật liệu ( $\beta=0$ ). Nghiên cứu của tác giả Lương Thị Hồng Liên (1995), Nguyễn Trường Giang (2004), cũng mới chỉ xây dựng đường cong ứng suất theo mô hình 3G và theo mô hình dẻo mới.

Để làm rõ sự khác nhau về tính chất cơ học của vật liệu đặc biệt là vật liệu trục hướng, theo các hướng kéo khác nhau so với hướng cán, có kể đến ảnh hưởng của biến dạng trước, bài báo này dùng mô hình kết hợp 3G + Hill để tính toán và đưa ra đường cong ứng suất giới hạn, nghiên cứu với các góc nghiêng khác nhau so với hướng cán là  $\beta=45^{\circ}, 60^{\circ}$ , có kể đến ảnh hưởng của biến dạng trước.

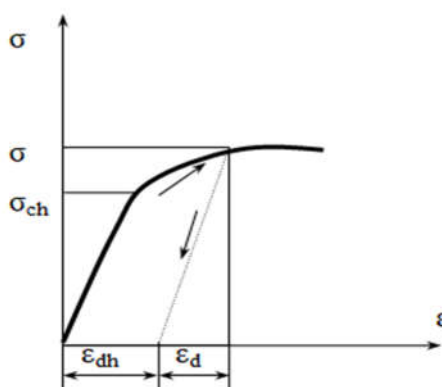
## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp nghiên cứu là phương pháp sử dụng lý thuyết dẻo, vật liệu nghiên cứu ở đây làm việc ngoài miền đàn hồi nên để tính toán được giá trị ứng suất, biết dạng ở nghiên cứu này thì tác giả Nguyễn Nhật Thăng (2001) và

Nguyễn Thị Lục (2009) đã sử dụng kết hợp lý thuyết dẻo 3G và Hill (3G + Hill).

Đặc điểm của biến dạng dẻo là quá trình không thuận nghịch, quan hệ giữa các đại lượng ứng suất - biến dạng không phải là tuyến tính. Trên hình 1 là sơ đồ chung của quan hệ này đối với trạng thái ứng suất đơn, nhận được từ thí nghiệm. Khi ứng suất  $\sigma$  trong mẫu nhỏ hơn một giá trị xác định nào đó, kí hiệu  $\sigma_{ch}$ , gọi là giới hạn chảy thì biến dạng là thuần túy đàn hồi.

Khi ứng suất trong mẫu vượt quá giới hạn đó  $\sigma > \sigma_{ch}$  thì xuất hiện những biến dạng dẻo. Đường tăng tải và đường giảm tải không trùng nhau, khi ứng suất trở về không (0) thì biến dạng vẫn còn một lượng khác không, gọi là biến dạng dư hay biến dạng dẻo. Ta có thể viết biến dạng như là một tổng của biến dạng đàn hồi  $\epsilon_{dh}$  và biến dạng dẻo  $\epsilon_d$   $\epsilon = \epsilon_{dh} + \epsilon_d$ .



Hình 1. Ứng suất - biến dạng ở trạng thái đơn không phải là tuyến tính

Vấn đề ban đầu cần đặt ra trong lý thuyết dẻo là khi nào xuất hiện những biến dạng dẻo đầu tiên.

Trong bài toán một chiều (trạng thái ứng suất đơn) dấu hiệu xuất hiện biến dạng dẻo hoặc gọi là điều kiện dẻo sẽ là  $\sigma = \sigma_{ch}$ , còn trong trạng thái ứng suất khối tổng quát thì điều kiện dẻo sẽ phụ thuộc giá trị của các ứng suất và các hằng số biểu thị tính chất của vật liệu được đề cập trong tài liệu của Đặng Việt Cường, Lê Quang Minh (2003).

Để có thông số đầu vào khi vận dụng lý thuyết dẻo 3G + Hill, ở nghiên cứu này đã thực hiện thí nghiệm. Các đường cong biến dạng giới hạn được nghiên cứu cho các mẫu được cắt ra theo các phương khác nhau so với phương cán:  $45^{\circ}, 60^{\circ}$ .

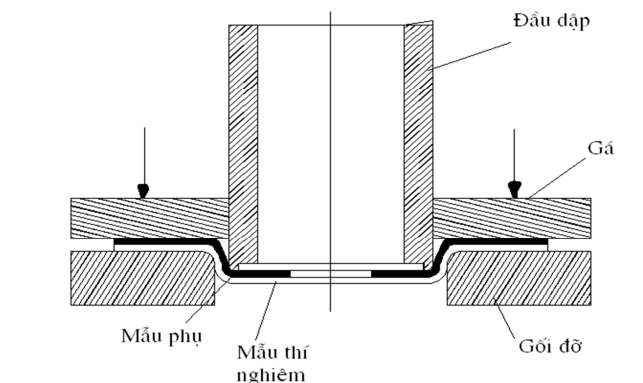
Do cấu tạo máy dập, để phù hợp với kích thước của khuôn máy dập và thuận tiện cho chế tạo mẫu, trong thí nghiệm sử dụng 7 mẫu với các kích thước khác nhau như sau: 50 mm, 70 mm, 90 mm, 110 mm, 130 mm, 150 mm, 170 mm và chiều dài mỗi mẫu là như nhau 190

mm. Trên mỗi mẫu, người ta phủ lớp nhựa hóa học và in một mạng lưới ô hình tròn hay hình chữ nhật tùy theo mục đích thí nghiệm dùng cho việc đo biến dạng.

**Đối với mẫu có biến dạng trước:** Thực hiện với 7 mẫu với các chiều rộng và chiều dài qui định như trên, những các mẫu này đều đã chịu biến dạng trước ở mức  $\varepsilon_1^{tr} = \varepsilon_2^{tr} = 0,09$ . Các

mẫu này sau đó đặt tiếp vào máy dập với đầu dập có đường kính  $d = 170$  mm và dập cho tới khi xuất hiện vết nứt hay có sự co thắt ở mẫu.

Máy thí nghiệm là máy dập thủy lực được chế tạo theo mô hình thiết bị của Marciniak. Cấu tạo phần chính của máy gồm: đầu dập hình trụ phẳng, gá ép và khuôn dập (Hình 2).



**Hình 2. Cấu tạo chính của máy dập**

Người ta tiến hành thí nghiệm dập cho tất cả các mẫu. Ngay sau khi xuất hiện vết nứt trên mẫu được quan sát bởi thiết bị camera, người ta cho dừng máy và đo biến dạng bằng một kính hiển vi có độ chính xác 1/100 mm. Việc đo biến dạng ứng với sự co thắt cục bộ được tiến hành theo phương pháp của Bragard đề cập trong tài liệu tác giả Nguyễn Nhật Thăng (1996).

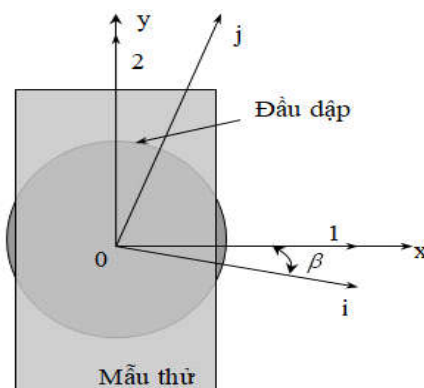
Kết quả tính toán bằng phần mềm excel, cho ra đồ thị tương quan thấy rõ được ảnh hưởng của hướng kéo và biến dạng trước đến

biến dạng cuối cùng của vật liệu.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Tính ứng suất theo lý thuyết dẻo 3G + Hill

Xây dựng công thức tổng quát nhất khi thực hiện kéo mẫu thử trong 2 trường hợp có biến dạng trước và không có biến dạng trước theo mô hình dẻo 3G + Hill (Hình 3) xem có ảnh hưởng như thế nào tới đường cong ứng suất giới hạn được tác giả Nguyễn Nhật Thăng (2001), Nguyễn Thị Lục (2009) đã xây dựng như sau:



**Hình 3. Mô hình tính toán theo mô hình 3G + Hill**

*i, j – Phương chính của vật liệu*

*x, y – Trục đối xứng của mẫu đồng thời cũng là phương đo biến dạng*

**3.1.1. Trường hợp không có biến dạng trước**

Biểu thức số gia của sự trượt theo quy luật

ứng xử dẻo của mô hình trong trường hợp tổng quát, được xác định theo các biểu thức:

$$dG_1 = \frac{d\lambda(\sigma_1 - \sigma_2)}{r_{1(\beta)}}; dG_2 = \frac{d\lambda(\sigma_2 - \sigma_3)}{r_{1(\beta)}r_{(90+\beta)}}; dG_3 = \frac{d\lambda(\sigma_3 - \sigma_1)}{r_{1(\beta)}r_{(\beta)}} \quad (1)$$

Với

$$\frac{1}{r_{1(\beta)}} = \frac{\cos(2\alpha_1)\cos(45-\alpha_1)\cos(45+\alpha_1)}{2r_{(\beta-45-\alpha_1)}} + \frac{\cos(2\alpha_2)\cos(45-\alpha_2)\cos(45+\alpha_2)}{2r_{(\beta+45-\alpha_2)}} \quad (2)$$

$r(\beta)$  - Hệ số dị hướng, được xác định theo công thức:

$$r_{(\beta)} = \frac{2r_0r_{90}\cos^2(2\beta) + r_{45}(r_0 + r_{90})\sin^2(2\beta)}{r_0[1 - \cos(2\beta)] + r_{90}[1 + \cos(2\beta)]} \quad (3)$$

Trong đó  $r_0 = H/(1-H)$ ,  $r_{90} = H/F$ ,  $r_{45} = -(1-H + F - 2P)/(F+1 - H)$ ; H, F, G, P là các hằng số của Hill. Trường hợp đẳng hướng (VonMises) ta có  $F = G = H = 1/2$  và  $P = 3/2$ .

Ở đây ta chỉ xét trạng thái ứng suất phẳng  $\sigma_3 = 0$ , với giả thiết coi góc trượt  $\alpha_1 = 0, \alpha_2 = 0$ , quan hệ giữa số gia biến dạng với ứng suất được biểu diễn dưới dạng:

$$\begin{aligned} d\varepsilon_{11} &= dG_1 - dG_3 = d\lambda \cdot \left[ \left( \frac{r_\beta + 1}{r_{1(\beta)}r_\beta} \right) \sigma_1 - \frac{1}{r_{1(\beta)}} \sigma_2 \right] \\ d\varepsilon_{22} &= dG_2 - dG_1 = d\lambda \cdot \left[ -\frac{1}{r_{1(\beta)}} \sigma_1 + \left( \frac{r_{(\beta+90)} + 1}{r_{1(\beta)}r_{(90+\beta)}} \right) \sigma_2 \right] \\ d\varepsilon_{33} &= dG_1 - dG_3 = d\lambda \cdot \left[ \left( -\frac{1}{r_{1(\beta)}r_\beta} \right) \sigma_1 - \frac{1}{r_{1(\beta)}r_{(90+\beta)}} \sigma_2 \right] \\ d\varepsilon_{12} &= -\frac{d\lambda}{8}(\sigma_1 - \sigma_2) \left[ \frac{\sin(4\alpha_1)}{r_{(\beta-45-\alpha_1)}} + \frac{\sin(4\alpha_2)}{r_{(\beta+45-\alpha_2)}} \right] \end{aligned} \quad (4)$$

Ta đặt 
$$\frac{1}{r_2} = -\frac{1}{8} \left[ \frac{\sin(4\alpha_1)}{r_{(\beta-45-\alpha_1)}} + \frac{\sin(4\alpha_2)}{r_{(\beta+45-\alpha_2)}} \right]$$

Do đó: 
$$d\varepsilon_{12} = \frac{d\lambda}{r_2}(\sigma_1 - \sigma_2) \quad (5)$$

**a. Tính ứng suất**

Quan hệ giữa biến dạng và ứng suất từ hai

phương trình đầu của (4) có thể viết dưới dạng:

$$\begin{bmatrix} d\varepsilon_{11} \\ d\varepsilon_{22} \end{bmatrix} = d\lambda \begin{bmatrix} \frac{r_\beta + 1}{r_{1(\beta)}r_\beta} & -\frac{1}{r_{1(\beta)}} \\ -\frac{1}{r_{1(\beta)}} & \frac{r_{(90+\beta)} + 1}{r_{1(\beta)}r_{(90+\beta)}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Từ (6) bằng cách giải ngược lại ta có thể đưa ra biểu thức tính ứng suất như sau:

$$\begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{d\lambda \cdot \Delta} \begin{bmatrix} \frac{r_{(90+\beta)} + 1}{r_{1(\beta)} r_{(90+\beta)}} & \frac{1}{r_{1(\beta)}} \\ \frac{1}{r_{1(\beta)}} & \frac{r_{\beta} + 1}{r_{1(\beta)} r_{\beta}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d\varepsilon_{11} \\ d\varepsilon_{22} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\sigma_{12} = \frac{d\varepsilon_{12}}{P \cdot d\lambda}$$

Với 
$$\Delta = \frac{r_{\beta} + 1}{r_{1(\beta)} r_{\beta}} \cdot \frac{r_{(90+\beta)} + 1}{r_{1(\beta)} r_{(90+\beta)}} - \frac{1}{r_{1(\beta)}} \cdot \frac{1}{r_{1(\beta)}} \quad (8)$$

**b. Tính hệ số nhân dẻo  $d\lambda$**

- Theo tiêu chuẩn dẻo của Tresca (1984), được đề cập trong tài liệu Hà Minh Hùng, Đinh Bá Trụ (2003).

Giả thiết rằng ứng suất tiếp lớn nhất là bằng ứng suất tiếp giới hạn được cho bởi quy luật hoá bền theo mô hình dẻo 3G như sau:

$$|2\tau_0| = \text{Max}|\sigma_i - \sigma_j|$$

Ở đây:  $2\tau_0 = A + B \sqrt{1 - \exp(-a|dG_1| - r_{90}|dG_2| - r_0|dG_3|)}$  (9)

Từ các biểu thức (4) ta có thể tính được các ứng suất  $\sigma_i - \sigma_j$

$$\begin{aligned} \sigma_1 - \sigma_2 &= \frac{dG_1 r_{1(\beta)}}{d\lambda} \\ \sigma_2 - \sigma_3 &= \frac{dG_1 r_{1(\beta)} r_{(90+\beta)}}{d\lambda} \\ \sigma_3 - \sigma_1 &= \frac{dG_1 r_{1(\beta)} r_{\beta}}{d\lambda} \end{aligned} \quad (10)$$

Từ (9), (10) ta có thể rút ra biểu thức tính hệ số nhân dẻo:

$$d\lambda = \frac{r_{1(\beta)}}{|2\tau_0|} \text{Max}(|dG_1|, |dG_2| r_{(90+\beta)}, |dG_3| r_{\beta}) \quad (11)$$

$$d\lambda = \sqrt{\frac{r_{\beta} r_{1(\beta)}^2}{(r_{\beta} + 1) |2\tau_0|^2} [(dG_1)^2 + (dG_2)^2 r_{(90+\beta)} + (dG_3)^2 r_{\beta}]} \quad (13)$$

Từ các biểu thức (4) ta nhận được các biểu thức biến dạng phụ thuộc vào các ứng suất chính (ở đây trong quá trình tạo hình biến dạng dập) theo giả thiết  $\sigma_3 = 0$ , ta có thể rút ra được  $dG_1$  phụ thuộc vào  $dG_2$  và  $dG_3$ :

$$dG_1 = -r_{\beta} dG_3 - r_{(90+\beta)} dG_2 \quad (14)$$

Lấy các  $dG_1$  ở (14) thay vào các biểu thức tính  $d\varepsilon_1, d\varepsilon_2$  ta được:

- Tính hệ số nhân dẻo  $d\lambda$  theo tiêu chuẩn dẻo của 3G.

Giả sử rằng vật liệu tuân theo mô hình dẻo 3G được cho bởi công thức sau:

$$G = \frac{1}{2} \left[ \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2}{r_{1(\beta)}} + \frac{(\sigma_2 - \sigma_3)^2}{r_{1(\beta)} r_{(90+\beta)}} + \frac{(\sigma_3 - \sigma_1)^2}{r_{1(\beta)} r_{\beta}} \right] + \text{const}$$

Ứng suất tương đương theo phương 1 theo mô hình này có thể viết như sau:

$$\sigma_{eq/1} = \frac{r_{\beta}}{(r_{\beta} + 1)} \left[ (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + \frac{(\sigma_2 - \sigma_3)^2}{r_{(90+\beta)}} + \frac{(\sigma_3 - \sigma_1)^2}{r_{\beta}} \right] \quad (12)$$

Khi đó ứng suất tiếp sẽ là:  $|2\tau_0| = \sigma_{eq/1}$

Hệ số nhân dẻo  $d\lambda$  có thể tìm được bằng cách thay (10) vào (12):

$$\begin{bmatrix} d\varepsilon_{11} \\ d\varepsilon_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -r_{(90+\beta)} & -(r_{\beta} + 1) \\ (1 + r_{(90+\beta)}) & r_{\beta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dG_2 \\ dG_3 \end{bmatrix} \quad (15)$$

Từ (15) giải ngược hệ phương trình ta có thể nhận được  $dG_2, dG_3$  như sau:

$$\begin{bmatrix} dG_2 \\ dG_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta'} \begin{bmatrix} r_{\beta} & (r_{\beta} + 1) \\ -(1 + r_{(90+\beta)}) & -r_{(90+\beta)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d\varepsilon_{11} \\ d\varepsilon_{22} \end{bmatrix} \quad (16)$$

Trong đó:  $\Delta' = -r_{(90+\beta)} r_{\beta} + (r_{\beta} + 1)(1 + r_{(90+\beta)})$

Biết được các số gia  $dG_2, dG_3$  chúng ta có thể tính được  $dG_1$  theo biểu thức (14). Sau mỗi bước tính toán, các số gia trượt  $dG_i$  là tính được. Từ đó ta có thể xác định được ứng suất tiếp giới hạn  $\tau_0$  theo (9), sau đó ta tính được hệ số nhân dẻo theo quan hệ (13). Trong trường hợp sử dụng tiêu chuẩn dẻo Tresca:  $|2\tau| = \text{Max}(\sigma_i - \sigma_j)$  hay theo quan hệ (13) trong trường hợp sử dụng tiêu chuẩn dẻo 3G:  $|2\tau| = \sigma_{eq/1}$

Cuối cùng ta có thể tính được các thành phần ứng suất  $\sigma_1, \sigma_2$  gây ra bởi các biến dạng  $d\varepsilon_{11}$  và  $d\varepsilon_{22}$  theo quan hệ (7).

Biến dạng  $d\varepsilon_{12}$  được xác định như sau:

$$d\varepsilon_{12} = \frac{d\lambda}{r_2}(\sigma_1 - \sigma_2)$$

### 3.1.2. Trường hợp có biến dạng trước

$$|2\tau_0| = A + B \sqrt{1 - \exp[-ar_{1(\beta)}(|\Delta G_1 + G_1^{pre}| + r_{(90+\beta)}|\Delta G_2 + G_2^{pre}| + r_\beta|\Delta G_3 + G_3^{pre}|)]} \quad (21)$$

Tiếp theo ta xác định  $d\lambda$  theo mô hình Tresca công thức (11) hay mô hình 3G theo công thức (13), xác định ứng suất theo công thức (7).

- Xác định hệ số nhân dẻo theo mô hình dẻo 3G:

$$d\lambda = \frac{r_\beta r_{1(\beta)}^2}{(r_\beta + 1)|2\tau^0|^2} [(dG_1)^2 + (dG_2)^2 r_{(90+\beta)} + (dG_3)^2 r_\beta] \quad (22)$$

- Cuối cùng ta xác định ứng suất:

$$\begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{d\lambda \cdot \Delta} \begin{bmatrix} r_{(90+\beta)} + 1 & 1 \\ r_{1(\beta)} r_{(90+\beta)} & r_{1(\beta)} \\ 1 & r_\beta + 1 \\ r_{1(\beta)} & r_{1(\beta)} r_\beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\varepsilon_{11} \\ \Delta\varepsilon_{22} \end{bmatrix}, \sigma_{12} = \frac{d\varepsilon_{12}}{P \cdot d\lambda} \quad (23)$$

### 3.2. Tính biến dạng theo lý thuyết dẻo 3G + Hill

$$|2\tau^0| = A + B \sqrt{1 - \exp[-ar_{1(\beta)}(|\Delta G_1 + G_1^{pre}| + r_{(90+\beta)}|\Delta G_2 + G_2^{pre}| + r_\beta|\Delta G_3 + G_3^{pre}|)]}$$

$$\rightarrow (|\Delta G_1 + G_1^{pre}| + r_{(90+\beta)}|\Delta G_2 + G_2^{pre}| + r_\beta|\Delta G_3 + G_3^{pre}|) = - \frac{\ln \left[ 1 - \left( \frac{|2\tau^0| - A}{B} \right)^2 \right]}{ar_{1(\beta)}}$$

$$\text{với } |2\tau^0| = \sigma_{eq/1} = \sqrt{\frac{r_\beta}{(r_\beta + 1)} \left[ (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + \frac{(\sigma_2 - \sigma_3)^2}{r_{(90+\beta)}} + \frac{(\sigma_3 - \sigma_1)^2}{r_\beta} \right]}$$

- Ta tính các số gia biến dạng trượt khi có biến dạng trước theo công thức:

$$\begin{bmatrix} G_2^{pre} \\ G_3^{pre} \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta'} \begin{bmatrix} r_\beta & (r_\beta + 1) \\ -(1 + r_{(90+\beta)}) & -r_{(90+\beta)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{11}^{pre} \\ \varepsilon_{22}^{pre} \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$G_1^{pre} = -r_\beta G_2^{pre} - r_{(90+\beta)} G_3^{pre}$$

Khi đó số gia biến dạng trung gian sẽ bằng hiệu của biến dạng sau trừ đi biến dạng trước:

$$\Delta\varepsilon_{ii} = \varepsilon_{ii}^{fin} - \varepsilon_{ii}^{pre} \quad (18)$$

- Ta xác định các  $\Delta G_2$  và  $\Delta G_3$  như sau:

$$\begin{bmatrix} \Delta G_2 \\ \Delta G_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta'} \begin{bmatrix} r_\beta & (r_\beta + 1) \\ -(1 + r_{(90+\beta)}) & -r_{(90+\beta)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\varepsilon_{11} \\ \Delta\varepsilon_{22} \end{bmatrix} \quad (19)$$

Khi đó biến dạng trượt ở giai đoạn cuối cùng được xác định như sau:

$$G_j^{fin} = G_j^{pre} + \Delta G_j \quad (j = 1, 2, 3) \quad (20)$$

Từ đó ta xác định được:

Mục đích của bài toán này là để xem xét ảnh hưởng của biến dạng trước tới đường cong biến dạng giới hạn xuất phát từ một đường cong ứng suất giới hạn.

Từ các ứng suất giới hạn  $\sigma_{ij}$  lấy từ đường cong ứng suất giới hạn đã tìm được từ bài toán thuận để xác định các biến dạng giới hạn  $\varepsilon_i$ .

Trong trường hợp có biến dạng trước  $\varepsilon_i^{pre}$  ta phải tính  $G_i^{pre}$  (17) Trong trường hợp không có  $\varepsilon_i^{pre}$  thì  $G_i^{pre} = 0$

$$\text{Đặt } \alpha = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = - \frac{\Delta G_2 r_{(90+\beta)}}{\Delta G_3 r_\beta} \text{ ta có:}$$

$$\rightarrow \alpha \cdot r_{(90+\beta)} \Delta G_2 + r_\beta \Delta G_3 = 0$$

$$\text{Và: } \Delta G_1 = -r_\beta \Delta G_3 - r_{(90+\beta)} \Delta G_2$$

Giải hệ phương trình:

$$\begin{cases} \alpha \cdot r_{(90+\beta)} \Delta G_2 + r_{\beta} \Delta G_3 = 0 \\ \Delta G_1 = -r_{\beta} \Delta G_3 - r_{(90+\beta)} \Delta G_2 \\ \left( |\Delta G_1 + G_1^{pre}| + r_{(90+\beta)} |\Delta G_2 + G_2^{pre}| + r_{\beta} |\Delta G_3 + G_3^{pre}| \right) = -\frac{\ln\left[1 - \left(\frac{|2\tau^0| - A}{B}\right)^2\right]}{\alpha \cdot r_{1(\beta)}} \end{cases} \quad (24)$$

Để giải được ta có điều kiện:

- Nếu  $\sigma_1 > \sigma_2 > 0$  thì  $\begin{cases} G_1^{fin} > 0 \\ G_2^{fin} > 0 \\ G_3^{fin} < 0 \end{cases} \quad (25)$

- Nếu  $0 < \sigma_1 < \sigma_2$  thì  $\begin{cases} G_1^{fin} < 0 \\ G_2^{fin} > 0 \\ G_3^{fin} < 0 \end{cases} \quad (26)$

Giải ra ta tìm được các số gia  $\Delta G_1, \Delta G_2, \Delta G_3$  và tính các số gia biến dạng

$$\begin{bmatrix} \Delta \varepsilon_1 \\ \Delta \varepsilon_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -r_{(\beta+90+\beta)} & -(r_{\beta} + 1) \\ (1 + r_{(90+\beta)}) & r_{(\beta)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta G_2 \\ \Delta G_3 \end{bmatrix} \quad (27)$$

$$\Delta \varepsilon_3 = -(\Delta \varepsilon_1 + \Delta \varepsilon_2)$$

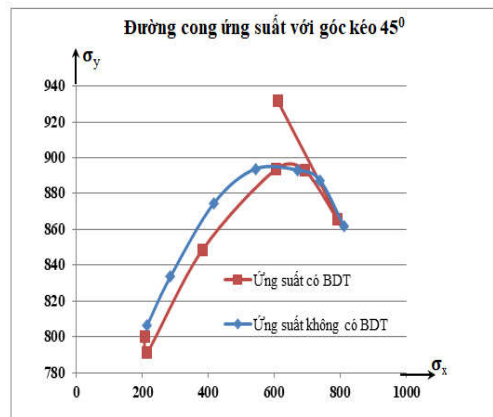
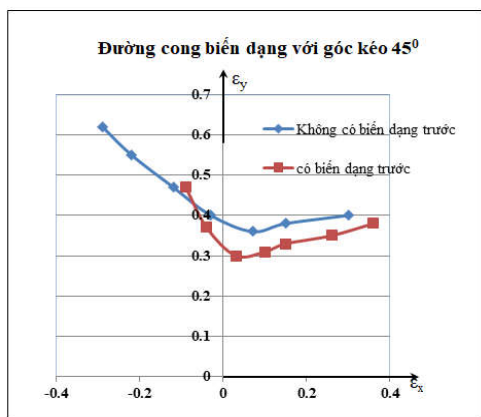
Từ đó ta tính được biến dạng cuối cùng là:

$$\varepsilon_i^{fin} = \varepsilon_i^{pre} + \Delta \varepsilon_i \quad (28)$$

### 3.3. Kết quả xác định ứng suất và biến dạng giới hạn theo lý thuyết dẻo 3G + Hill

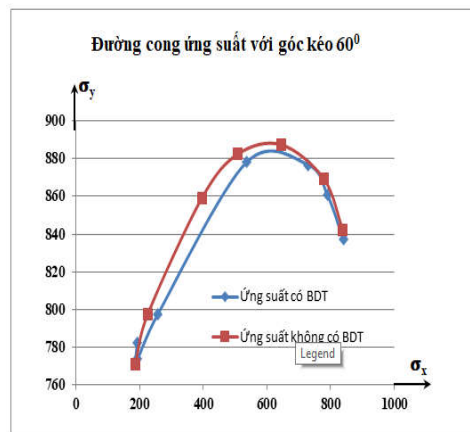
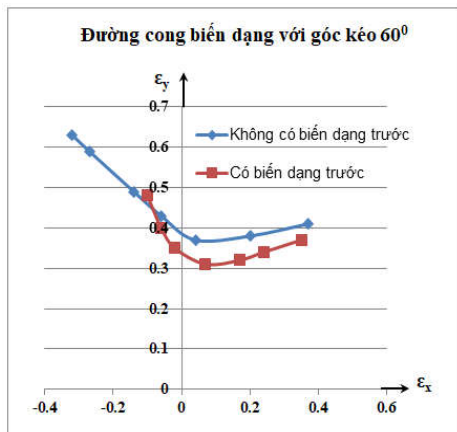
Sau khi tính toán thay các thông số ban đầu ứng với các góc  $\beta$  kết quả cho ra thông số cụ thể và vẽ được đường cong ứng suất giới hạn, biến dạng giới hạn. Hình 4 và 5 là các đường cong ứng suất thể hiện sự tương quan giữa đường có biến dạng trước và đường không có biến dạng trước.

- Với góc kéo  $45^0$ :



Hình 4. Đường cong biến dạng giới hạn và ứng suất giới hạn góc  $\beta = 45^0$  với số lượng mẫu 7, có biến dạng trước  $\varepsilon^{pre} = 0,09$  và không có biến dạng trước

- Với góc kéo  $60^0$ :

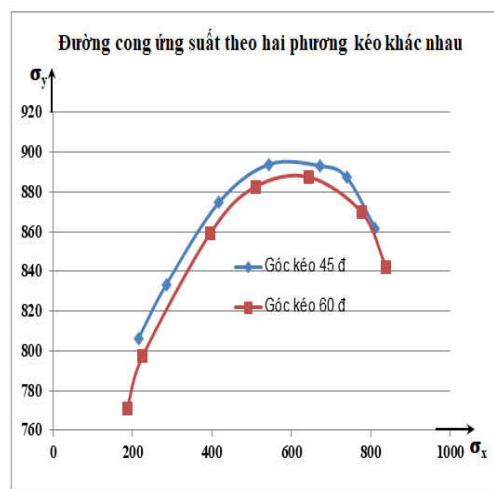
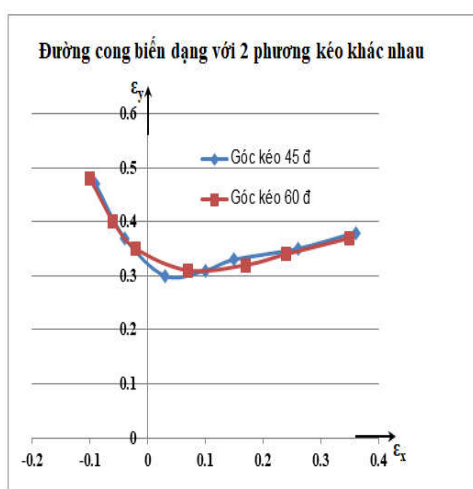


Hình 5. Đường cong biến dạng giới hạn và ứng suất giới hạn góc  $\beta = 60^0$  có biến dạng trước  $\varepsilon^{pre} = 0,09$  (số lượng mẫu là 7) và không có biến dạng trước

Nhìn vào đồ thị biến dạng ta thấy: i) khi có biến dạng trước đường cong biến dạng giới hạn nằm ở vị trí thấp hơn so với đường cong không có biến dạng trước, điều đó cho thấy biến dạng trước ảnh hưởng lớn đến biến dạng cuối cùng sau khi thực hiện thí nghiệm kéo, hay dập vật liệu; ii) khi không có biến dạng trước và đường cong ứng suất có biến dạng trước không có sự chênh lệch nhiều chứng tỏ biến dạng trước ảnh hưởng không nhiều đến đường cong ứng suất giới hạn, miền biến dạng

giới hạn được xác định tương đương.

Tính toán theo mô hình 3G + Hill với phương kéo lệch các góc  $\beta = 45^\circ, 60^\circ$  so với hướng cán với số lượng mẫu thử 7 mẫu khi có biến dạng trước giống nhau  $\varepsilon = 0,09$  và không có biến dạng trước, kết quả tính toán cho ra kết quả không chênh lệch nhau, điều đó cho thấy miền giới hạn của ứng suất giới hạn theo các góc  $\beta$  khác nhau là gần như nhau. Mối quan hệ thể hiện rõ ở các đồ thị hình 6.



**Hình 6. Đường cong ứng suất giới hạn theo 2 phương kéo khác nhau không có biến dạng trước với số lượng 7 mẫu**

Qua sự khảo sát với 2 phương kéo khác nhau làm với phương cán các góc  $\beta = 45^\circ, 60^\circ$ , nhìn vào các đường cong ứng suất, và đường cong biến dạng ta thấy khi thực hiện kéo với 2 góc khác nhau trong trường hợp có biến dạng trước và trong trường hợp không có biến dạng trước các giá trị ứng suất xấp xỉ nhau không có sự sai lệch nhiều. Điều đó cho thấy với vật liệu trục hướng cơ tính không thay đổi đáng kể trong cùng một mặt phẳng đang xét.

#### 4. KẾT LUẬN

Từ những kết quả nghiên cứu đã nêu, ta có thể kết luận rằng:

- Khi có biến dạng trước đường cong biến dạng cuối cùng có giá trị thấp hơn chứng tỏ biến dạng trước có ảnh hưởng lớn tới biến dạng cuối cùng. Thường làm cho biến dạng cuối cùng nhỏ hơn so với trường hợp không có biến dạng trước. Do đó biến dạng trước thường sử dụng trong gia công chế tạo vỏ ô tô, vỏ máy

bay, vỏ tàu thủy, vỏ TV và trong cả ngành công nghiệp thực phẩm... để hạn chế sự biến dạng sau khi chịu lực.

- Khi có biến dạng trước và không có biến dạng trước thì sự chênh lệch về ứng suất là không khác nhau nhiều, điều đó cho thấy biến dạng trước không ảnh hưởng nhiều tới đường cong ứng suất giới hạn.

- Với phương kéo khác nhau (trong cùng một mặt phẳng) thì đường cong ứng suất, và đường cong biến dạng có giá trị ứng suất xấp xỉ nhau không có sự sai lệch nhiều, chứng tỏ góc kéo không ảnh hưởng đến đường cong biến dạng và đường cong ứng suất.

- Với mô hình kết hợp 3G + Hill để tính toán ứng suất giới hạn cho phép ta có thể tính với các phương kéo khác nhau trong khi đó tính toán với các mô hình khác chưa đề cập đến.



**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Đặng Việt Cương, Lê Quang Minh (2003). *Lý thuyết dẻo ứng dụng*. NXB Khoa học kỹ thuật.  
2. Nguyễn Trường Giang (2004). *Nghiên cứu đường cong ứng suất giới hạn theo mô hình dẻo mới*. Luận văn thạc sỹ, Đại học Bách Khoa Hà Nội.  
3. Hà Minh Hùng, Đinh Bá Trụ (2003). *Lý thuyết biến dạng dẻo*. NXB Khoa học kỹ thuật.  
4. Lương Thị Hồng Liên (1995). *Đường cong ứng suất giới hạn theo mô hình dẻo 3G*. Luận văn thạc sỹ.  
5. Nguyễn Thị Lục (2009). *Nghiên cứu đường cong ứng suất giới hạn của vật liệu trục hướng*. Luận văn thạc sỹ, Đại học Bách Khoa Hà Nội.

6. Nguyễn Nhật Thăng (1996). *Phương pháp thực nghiệm xác định biến dạng giới hạn của vật liệu*. Hội nghị Cơ học toàn quốc lần V.  
7. Nguyễn Nhật Thăng (2001). *Xác định ứng suất giới hạn theo mô hình dẻo 3G + Hill*. Tuyển tập khoa học của Hội nghị toàn quốc về Cơ học kỹ thuật, tập 3, trang 225-231.  
8. Hill.R (1950). *Mathematical theory of plasticity*. Oxford, Clarendon, Press,420p.  
9. R.Hill (1967). Deformation in elastic/ plastic continua. *Journal of Mechanics and physics of Solid*, Vol.15.

**RESEARCH ON THE EFFECTS OF PREVIOUS DEFORMATION AND PULLING DIRECTION TO THE DEFORMATION CURVE AND CRITICAL STRESS CURVE OF LINE MATERIALS APPLYING PLASTIC THEORY 3G + HILL METHOD**

**Nguyen Thi Luc<sup>1</sup>, Than Van Ngoc<sup>1</sup>, Nguyen Dang Ninh<sup>1</sup>, Nguyen Thi Van Hoa<sup>1</sup>**  
*<sup>1</sup>Vietnam National University of Forestry*

**SUMMARY**

As we know, the direct material is the material with three symmetrical axes perpendicular to each other, with different mechanical properties along each axis. The rolled steel materials -is one of the directional materials, are often used in the manufacturing sector of automobile covers, aircraft covers, ship hulls, micro-covers and in the food industry (packaging, canning...). In orde to reduce the deformation, cracks, fractures and enhance the usability of the material (not in the range of the material elastic region), the study of previous deformation and pulling direction is very important. In this study, the application of the plastic theory and 3G+Hill to calculate the effects of previous deformation and pulling direction to the deformation curve and critical stress curve of line materials is a new research direction. After the experiment being carried out with 2 pulling directions of 45<sup>0</sup> and 60<sup>0</sup> angle from the main direction, the case of the previous deformation with  $\epsilon = 0.09$  mm and the another case which does not have any previous deformation. For each pulling direction, there are 7 samples with different width dimensions including 50 mm, 70 mm, 90 mm, 110 mm, 130 mm, 150 mm, 170 mm and the length of 190 mm being carried out. The results showed that the previous deformation have a great influence to the final deformation curve of the material, it causes a smaller final deformation compared to the case which does not have any previous deformation. That means the final deformation can be reduced after the materials are provided by a force, which allows to prolong the lifetime of the material. The study result also shows that the stress curve does not depend on the pull direction as well as the previous deformation.

**Keywords: Deformation curve, plastic theory of 3G + Hill, previous deformation, stress curve.**

Ngày nhận bài : 02/8/2019  
Ngày phản biện : 13/9/2019  
Ngày quyết định đăng : 24/9/2019