

Tối ưu hóa biên dạng vít ép dùng trong máy ép mùn cưa

The optimization of pressed screw profile used in sawdust press machine

Nguyễn Tuấn Linh^{*}, Nguyễn Văn Tuấn, Hoàng Xuân Khoa

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

**Email: tuanlinhck@gmail.com*

Mobile: 0902079537

Tóm tắt

Từ khóa:

Vít ép; Máy ép mùn cưa; Mòn;
Biên dạng; Tối ưu hóa.

Vít ép là chi tiết quan trọng dùng trong máy ép mùn cưa để tạo ra các thanh củi ép trước khi thiêu kết để tạo thành sản phẩm than không khói. Trong thực tế sản xuất, chi tiết vít ép chịu ma sát và nhiệt độ cao dẫn tới mòn rất nhanh (khoảng 50 đến 60 giờ làm việc sẽ phải thay vít ép). Dạng mòn đối với chi tiết vít ép này thường gây ra sai lệch biên dạng dẫn tới không đạt được năng suất cũng như chất lượng của sản phẩm. Chính vì vậy, việc nghiên cứu để đưa ra biên dạng tối ưu của vít ép sẽ làm tăng thời gian làm việc của vít ép cũng như chất lượng của sản phẩm.

Abstract

Keywords:

Pressed screw; Sawdust press
machine; Wear; Profile;
Optimization.

Pressed screw is an important component of sawdust press machines used to produce pressed wood sticks before sintering to form smokeless coal products. In actual production, pressed screw components bear high friction and temperature, lead to very fast wear (about 50 to 60 working hours to replace a new one). The wear pattern for this pressed screw usually results in profile misalignment leading to a loss of productivity or product quality. Therefore, the research on optimal profile will increase the working lifetime of the pressed screw and the quality of product.

Ngày nhận bài: 16/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 07/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

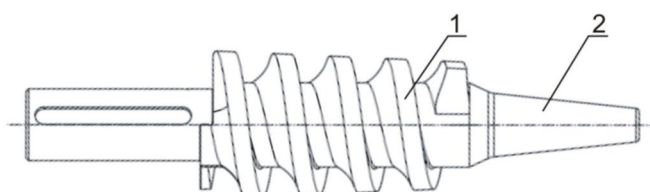
Ngày nay khi chất lượng cuộc sống ngày càng nâng cao do đó đòi hỏi chất lượng đối với những năng lượng sử dụng trong sinh hoạt cũng ngày càng cao. Một trong những nguồn năng lượng đó là than dùng để sưởi ấm, than được sử dụng trong ngành thực phẩm, đặc biệt là dùng cho đồ nướng. Than củi (hay còn gọi là than hoa) ngày càng hạn chế sử dụng do nó gây ô nhiễm môi trường và nhiệt lượng của loại này không cao, thay vào đó là than được sản xuất theo công nghệ ép viên từ mùn cưa, dăm bào, vỏ chấu... sau đó pha trộn và thiêu kết để tạo thành sản phẩm than không khói, nhiệt lượng cao và không gây ô nhiễm môi trường.

Trong dây truyền công nghệ sản xuất than không khói, có giai đoạn dùng máy ép để tạo ra thanh củi ép (viên nén). Trong đó, chi tiết vít ép là chi tiết quan trọng dùng trong máy ép mùn cưa để tạo ra các thanh củi ép dài đến 500 mm, đường kính 45 đến 55 mm, chức năng của nó là vận chuyển vật liệu và ép vật liệu do thể tích rỗng giữa lòng ép và trục ép càng về sau càng nhỏ. Trong thực tế sản xuất, chi tiết vít ép chịu ma sát áp suất và nhiệt độ cao dẫn tới mòn rất nhanh (khoảng 50 đến 60 giờ làm việc sẽ phải thay vít ép). Dạng mòn đối với chi tiết vít ép này thường gây ra sai lệch biên dạng dẫn tới không đạt được năng suất cũng như chất lượng của sản phẩm. Chính vì vậy, việc nghiên cứu để đưa ra biên dạng tối ưu của vít ép sẽ làm tăng thời gian làm việc của vít ép cũng như chất lượng của sản phẩm.

2. TỐI ƯU HÓA BIÊN DẠNG VÍT ÉP THEO CHỈ TIÊU LÀM VIỆC

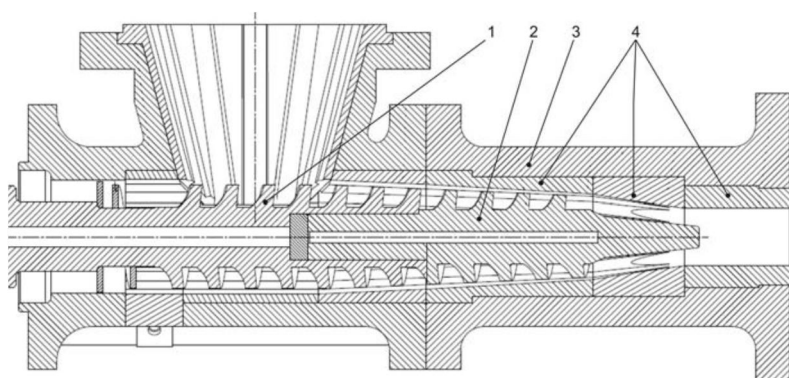
2.1. Cấu tạo vít ép

Vít ép bao gồm phần có ren và phần đầu côn như hình 1.



Hình 1. Vít ép
(1- Phần ren làm việc, 2- Phần đầu côn định hình)

Khi nguyên liệu (mùn cưa, dăm bào, vỏ chấu...) qua phễu nạp liệu được dẫn vào phần khe hở, một số bước ren (vít dẫn 1) sẽ làm nhiệm vụ chuyển nguyên liệu đến phần ren ép (vít ép 2, bao gồm 3 bước ren), tại phần ren này nguyên liệu sẽ được ép dưới áp suất và nhiệt độ cao để tạo liên kết, sau đó được đùn qua khuôn 4 để tạo hình thành các viên nén.



Hình 2. Nguyên lý ép của máy ép mùn cưa
(1- Vít dẫn, 2- Vít ép, 3- Buồng ép, 4- Khuôn)

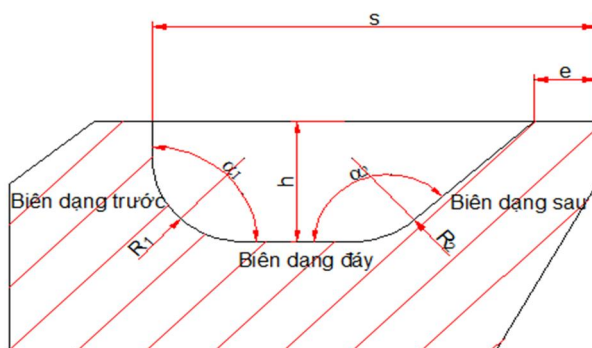
2.2. Phân tích các chỉ tiêu làm việc của vít ép

Các chỉ tiêu làm việc của vít ép quan trọng là thể tích ép, áp suất và một số chỉ tiêu khác. Tuy nhiên hai chỉ tiêu thể tích ép và áp suất nén sẽ quyết định đến độ mòn của vít ép. Vậy vấn đề đặt ra là cần thiết kế biên dạng của vít ép sao cho có thể tăng áp lực nhanh chóng vào vật liệu ép,

đảm bảo chuyển động theo phương dọc trục của dòng nguyên liệu và ma sát giữa nguyên liệu với vít ép là nhỏ.

a) Thể tích ép

Giả thiết không gian giữa biên dạng vít trước, biên dạng đáy và biên dạng vít sau (hình 3) được điền đầy vật liệu, thì thể tích của phần không gian này chính là lượng nguyên liệu được vận chuyển qua một đơn vị tiết diện dọc.



Hình 3. Biên dạng vít ép (theo mặt cắt dọc)

Giải thích các thông số trong hình 3:

α_1, α_2 - góc trước và góc sau;

r_1, r_2 - bán kính lượn góc trước và bán kính lượn góc sau;

s - bước vít;

e - chiều rộng đỉnh ren vít;

h - chiều sâu biên dạng vít.

Gọi thể tích của phần nguyên liệu được điền đầy trong buồng ép là V , ta có thể tính tỷ số $\frac{V}{\pi D^3}$ theo công thức như sau [3]:

$$\begin{aligned} \frac{V}{\pi D^3} = & \left(1 - \frac{h}{D}\right) \cdot \frac{h}{D} \left[\frac{s}{D} \cdot \left(1 - \frac{i \cdot e}{s}\right) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{\sin \alpha_1 \cdot \sin \alpha_2} \right] - \left[\frac{1}{2} \cdot \frac{h}{D} - \left(\frac{h}{D}\right)^2 + \frac{2}{3} \left(\frac{h}{D}\right)^3 \right] \cdot \frac{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{\sin \alpha_1 \cdot \sin \alpha_2} \\ & - \left(1 - \frac{2h}{D}\right) \cdot \left(\frac{r_1}{D}\right)^2 \cdot \left[\frac{1 - \cos \alpha_1}{\sin \alpha_1} - \frac{\pi}{360} \cdot (180 - \alpha_1) \right] - \left(1 - \frac{2h}{D}\right) \cdot \left(\frac{r_2}{D}\right)^2 \cdot \left[\frac{1 - \cos \alpha_2}{\sin \alpha_2} - \frac{\pi}{360} \cdot (180 - \alpha_2) \right] \\ & - \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{r_1}{D}\right)^3 \cdot \left[\frac{10 \sin \alpha_1 - \sin 2\alpha_1}{1 - \cos \alpha_1} - \frac{\pi}{30} \cdot (180 - \alpha_1) \right] - \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{r_2}{D}\right)^3 \cdot \left[\frac{10 \sin \alpha_2 - \sin 2\alpha_2}{1 - \cos \alpha_2} - \frac{\pi}{30} \cdot (180 - \alpha_2) \right] \end{aligned} \quad (1)$$

Với D là đường kính ngoài của vít ép; i là số bước ren của vít ép.

Trong trường hợp đặc biệt, nếu $\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{\pi}{2}$ hoặc $\frac{r_1}{D} = \frac{r_2}{D} \rightarrow 0$, ta có:

$$\frac{V}{\pi D^3} = \left(1 - \frac{h}{D}\right) \cdot \frac{h}{D} \cdot \left[\frac{s}{D} \cdot \left(1 - \frac{i \cdot e}{s}\right) \right] \quad (2)$$

$$\text{Do đó: } V = \pi \cdot h \cdot (D - h) \cdot (s - i \cdot e) \quad (3)$$

Như vậy, có thể thay đổi biên dạng thể tích theo phương dọc trục của vít bằng cách thay đổi một trong các thông số sau:

- Thay đổi đường kính ngoài (tức là làm vít hình nón);
- Thay đổi chiều sâu biên dạng vít (lõi vít hình nón);
- Thay đổi bước vít.

Các thông số trên cũng có thể được thay đổi cùng một lúc để đạt được một tỷ số nén hợp lý. Tỷ lệ thể tích của phần biên dạng vít và thể tích nguyên liệu chuyển qua được gọi là tỷ số nén: $k = V/V_i$.

b) Áp suất nén

Áp suất nén được xác định theo công thức sau [3]:

$$p = p_0 \cdot e^{\frac{A \cdot l}{d}} \quad (4)$$

Trong đó: p_0 - áp suất ban đầu;

l - chiều dài của vít, khi $l = 0$ thì $p = p_0$;

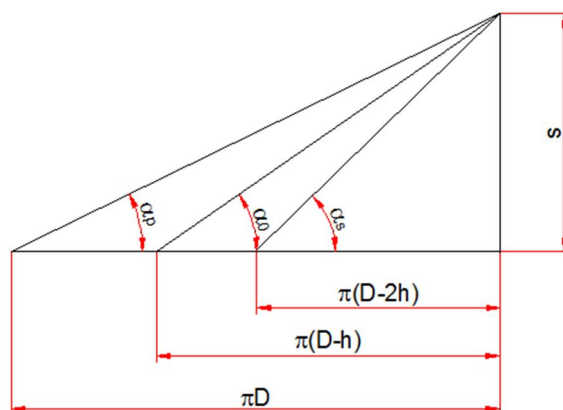
A - hệ số tỷ lệ:

$$A = \frac{\frac{f_p}{h} \frac{D-h}{D} [\cos \varphi - f_z \sin \varphi - \operatorname{tg} \alpha_p (\sin \varphi - f_z \cos \varphi)]}{\frac{2f_z}{\frac{s}{D} (1 - \frac{i \cdot e}{s}) \sin \alpha_0 \cos \alpha_0} - \frac{f_z}{\frac{h}{D} \cos \alpha_0 \operatorname{tg} \alpha_z}} \quad (5)$$

f_p, f_z - tương ứng là hệ số ma sát giữa nguyên liệu với khuôn và hệ số ma sát giữa nguyên liệu và vít ép.

φ - góc ma sát.

Các góc α_p, α_0 và α_s - tương ứng là các góc trên biên dạng vít ép ứng với chiều dài $\pi \cdot D$, $\pi \cdot (D - h)$ và $\pi \cdot (D - 2h)$.



Hình 4. Bước góc trên biên dạng vít ép

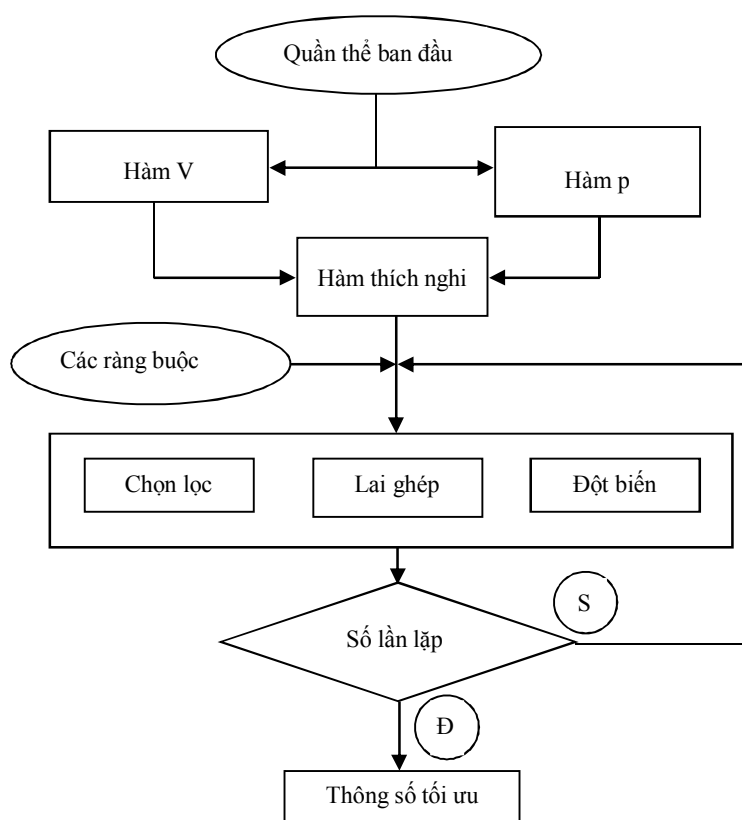
Từ hình 4 ta có:

$$\operatorname{tg} \alpha_p = \frac{s}{\pi D} \quad (6)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{s}{\pi(D-h)} = \operatorname{tg} \alpha_p \cdot \frac{1}{1 - \frac{h}{D}} \quad (7)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_s = \frac{s}{\pi(D-2h)} = \operatorname{tg} \alpha_p \cdot \frac{1}{1 - \frac{2h}{D}} \quad (8)$$

2.3. Tối ưu hóa biên dạng vít ép



Hình 5. Sơ đồ khởi giải bài toán tối ưu bằng GA

Tối ưu hóa biên dạng vít ép theo hai chỉ tiêu là thể tích ép và áp suất nén, giả thiết coi biên dạng vít ép như một hàm mục tiêu phụ thuộc vào thể tích ép và áp suất nén, có thể thấy rằng khi tăng thể tích buồng ép sẽ làm tăng năng suất nhưng lại làm giảm áp suất và ngược lại khi tăng áp suất sẽ tạo liên kết tốt giữa các hạt nguyên liệu rời (tăng chất lượng sản phẩm) nhưng sẽ làm giảm thể tích và tăng ma sát dẫn đến nhanh mòn vít ép, rõ ràng đây là hai chỉ tiêu đi ngược chiều nhau, do đó để đạt được trị số thỏa mãn cả về thể tích ép và áp suất nén, ta sẽ đưa cả hai mục tiêu mong muốn cần đạt được này vào một hàm M gọi là hàm đa mục tiêu, theo phương pháp trọng số ta có thể viết [2]:

$$M = w_1 \cdot \frac{V}{V^*} + w_2 \cdot \frac{p}{p^*} \rightarrow \text{Max} \quad (9)$$

Trong đó: w_1, w_2 là các trọng số, chúng thỏa mãn điều kiện:

$$w_1 + w_2 = 1 \quad (10)$$

V^*, p^* - là các giới hạn về thể tích và áp suất, được xác định theo điều kiện làm việc thực tế của vít ép: $V^* = 20000 \text{ mm}^3$, $p^* = 113 \text{ Mpa}$ [3].

Xây dựng bài toán tối ưu ứng dụng giải thuật di truyền (Genetic Algorithm - GA) [1], trong đó coi các biến thiết kế $X = [\alpha_1, \alpha_2, r_1, r_2, h]^T = [x_1, x_2, x_3, x_4, x_5]^T$ chính là các quần thể ban đầu, hàm thích nghi trong hình 5 chính là hàm đa mục tiêu M.

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

Tiến hành lập trình trên phần mềm MATLAB với module Optimization Tool/Multiobjective optimization using Genetic Algorithm. Các điều kiện biên lấy theo điều kiện làm việc thực tế của vít ép: Đường kính ngoài của vít ép $D = 70 \text{ mm}$; đường kính trong của vít ép $d = 40 \text{ mm}$, chiều rộng đỉnh ren vít $e = 5 \text{ mm}$. Ta có các kết quả tương ứng với các trường hợp biên dạng vít ép

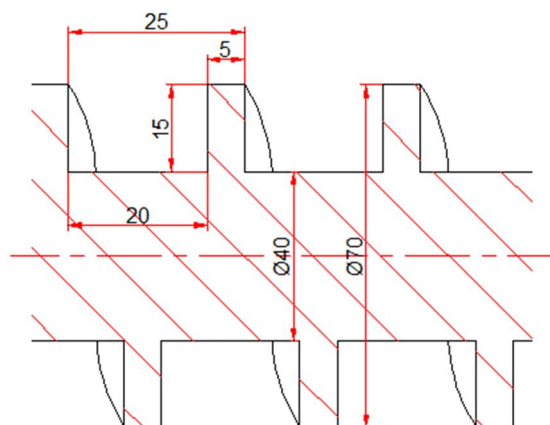
trong trường hợp $\frac{r_1}{D} = \frac{r_2}{D} \rightarrow 0$, biên dạng vít ép trong trường hợp $\alpha_1 = \alpha_2 = 90^\circ$, Biên dạng vít ép

trong trường hợp $\frac{r_1}{D} \neq 0$ và $\alpha_1 \neq \alpha_2$ như hình 6, 7, 8.

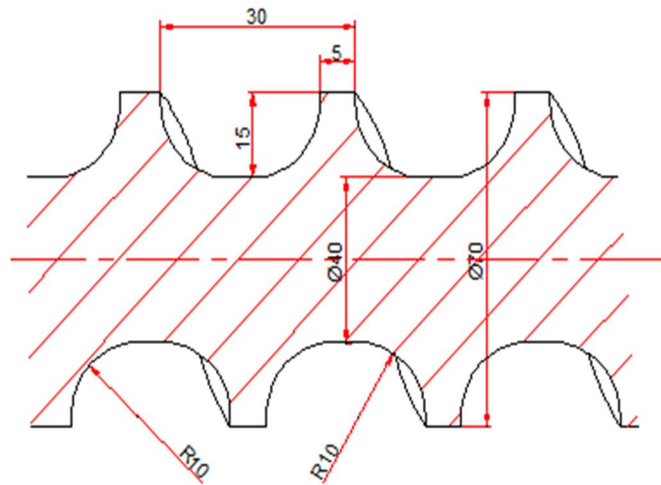
Trong trường hợp thứ nhất (hình 6) áp suất tăng chậm nhất, do $\frac{r_1}{D} = \frac{r_2}{D} \rightarrow 0$ nên áp lực phân bố không đều trên toàn bộ biên dạng của vít, dẫn đến hiện tượng mòn cục bộ do đó ảnh hưởng đến điều kiện làm việc của vít ép.

Trường hợp thứ hai (hình 7), áp suất tăng hơn so với trường hợp thứ nhất, nhưng do góc $\alpha_2 = 90^\circ$ nên quá trình vận chuyển nguyên liệu qua bước tiếp theo sẽ gặp khó khăn, do đó làm tăng ma sát mà gây mòn phần biên dạng phía sau.

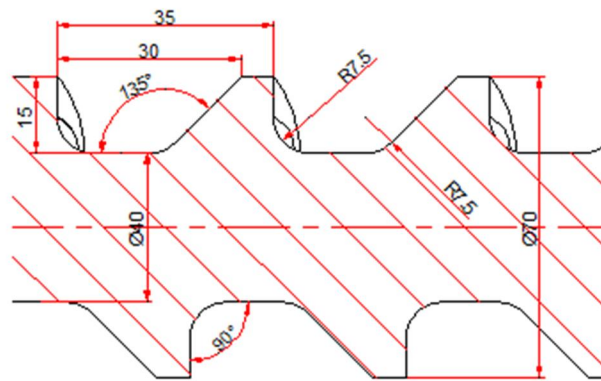
Trường hợp thứ 3 (hình 8), áp suất tăng nhanh nhất, quá trình vận chuyển nguyên liệu qua bước tiếp theo cũng thuận lợi hơn và đây là trường hợp tối ưu so với các trường hợp còn lại.



Hình 6. Biên dạng vít ép trong trường hợp $\frac{r_1}{D} = \frac{r_2}{D} \rightarrow 0$



Hình 7. Biên dạng vít ép trong trường hợp $\alpha_1 = \alpha_2 = 90^\circ$



Hình 8. Biên dạng vít ép trong trường hợp $\frac{r}{D} \neq 0$ và $\alpha_1 \neq \alpha_2$

4. KẾT LUẬN

Quá trình ép tạo hình các viên nén trên máy ép mùn cưa là quá trình phức tạp, việc tính toán tối ưu hóa biên dạng vít ép theo các chỉ tiêu làm việc sẽ đảm bảo đạt năng suất và chất lượng của sản phẩm, giảm ma sát, tăng thời gian làm việc của vít ép. Đây chính là yếu tố quyết định đến việc làm giảm giá thành sản phẩm, gia tăng lợi nhuận của doanh nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Đình Thúc, 2001. *Trí tuệ nhân tạo - Lập trình tiến hóa*. NXB Giáo dục.
- [2]. Jasbir S.Arora, 2012. *Introduction to Optimum Design*. Elsevier Inc.
- [3]. MATÚŠ Miloš, (SK), 2011. *Analysis of Tool Geometry for Screw Extrusion Machines*. International Conference Aplimat.