



RESEARCH OF THE PARAMETER OF THE CUTTING PARTS AFFECTING THE YIELD OF THE MAIZE SLICER

Vu Thi Phuong¹, Vu Van Dam², Trieu Quy Huy^{1,*}

¹University of Economics - Technology for Industries, Vietnam

²Thai Nguyen University, Vietnam

*Email address: tqhuy@uneti.edu.vn

<https://doi.org/10.51453/2354-1431/2021/537>

Article info

Received:

01/4/2021

Accepted:

3/5/2021

Keywords:

Cutting unit, chopper productivity, cutting edge profile, slip angle, clamp angle.

Abstract

The corn trunk chopper machine plays an important role in the processing of by-products after the harvest to take economic advantage and ensure the safety and adequate food reserved for the whole year, especially in the winter and rainy season in the northern provinces of Vietnam. The main working part of the chopper is the slicing unit using a chopping cutter with the working parameters including the cutting drum radius r_t , the length of cutting blade L_{cg} , the angle of the cutting blade α , the cutting-edge profile. This study determines the optimal parameters of the chopping cutter improve productivity. Besides, the study also opens up the possibility of application in manufacturing other types of cutting knives for agricultural products such as cassava, banana, elephant grass...



NGHIÊN CỨU CÁC THÔNG SỐ CỦA BỘ PHẬN CẮT THÁI ẢNH HƯỞNG ĐẾN NĂNG SUẤT CỦA MÁY BẮM THÂN CÂY NGÔ

Vũ Thị Phương¹, Vũ Văn Đàm², Triệu Quý Huy^{1,*}

¹Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật công nghiệp, Việt Nam

² Trường Đại học Thái Nguyên, Việt Nam

*Địa chỉ email: tqhuy@uneti.edu.vn

<https://doi.org/10.51453/2354-1431/2021/537>

Thông tin bài viết

Ngày nhận bài:

01/4/2021

Ngày duyệt đăng:

3/5/2021

Từ khóa:

Bộ phận cắt thái, năng suất máy băm, biên dạng cạnh sắc, góc trượt, góc kẹp.

Tóm tắt

Máy băm thân ngô đóng vai trò quan trọng trong việc chế biến phụ phẩm sau thu hoạch nhằm tận dụng kinh tế và đảm bảo an toàn, cung cấp đủ lương thực dự trữ cho cả năm, nhất là vào mùa đông và mùa mưa ở các tỉnh miền Bắc Việt Nam. Phần làm việc của máy băm là bộ phận băm với dao thái cắt bao gồm các thông số bán kính tròn cắt r_t , chiều dài cánh gạt L_{cg} , góc nghiêng cánh gạt α , biên dạng cạnh sắc dao. Nghiên cứu này xác định các thông số tối ưu cho lưỡi thái cắt của máy băm thân cây góp phần nâng cao năng suất. Bên cạnh đó, nghiên cứu còn mở ra khả năng ứng dụng trong chế tạo các loại dao cắt nông sản khác như sắn, chuối, củ voi ...

1. Đặt vấn đề

Hiện nay có nhiều loại máy cắt (băm) thái, mỗi loại sản phẩm được tạo ra đòi hỏi phải nghiên cứu một loại dao phù hợp với những đặc tính riêng để đáp ứng chất lượng tốt nhất, năng suất cao và chế độ làm việc ổn định. Đã có một số nghiên cứu tương đồng như xác định các thông số cơ bản của máy băm cắt rác thải ni lông phục vụ tái chế [1], thông số kê cấu máy băm thái củ sắn tươi [2], thiết kế máy băm thân cây ngô tươi [3], ảnh hưởng của vận tốc dao đến năng lượng cắt [7], thiết kế và thí nghiệm dao băm cố định đồng trục rom rạ [8]. Theo hướng nghiên cứu khác đã chỉ ra việc xác định thông số bộ phận cắt thái sẽ nâng cao năng suất máy [4]. Những nghiên cứu đó chưa thực sự tối ưu hóa các thông số bộ phận cắt thái của máy băm nói chung và máy cắt thái thân cây ngô nói riêng.

Trên thị trường có nhiều loại dao phẳng như dao lưỡi thẳng, dao lưỡi cong. Nghiên cứu lý thuyết về biên dạng cạnh sắc dao dạng cung tròn lệch tâm, sử dụng nguyên lý cắt kiểu nhiều dao cố định cho việc định hướng để xác định: Cạnh sắc dao dạng cong hướng về phía lõm, biên dạng cong nhưng không phải là cung tròn mà được xây dựng sao cho việc nghiên cứu tính toán thuận lợi và đáp ứng được các tiêu chí thiết kế. Sau khi tính toán các thông số bộ phận cắt sẽ được ứng dụng vào thực nghiệm xây dựng thiết kế, chế tạo máy cắt thái kiểm nghiệm các tiêu chí đặt ra của bài toán.

Việc nghiên cứu một số thông số bộ phận cắt thái để nâng cao năng suất của máy băm thân cây ngô là cần thiết và phù hợp.

$$\cos(\tau) = \frac{e}{R_d} \sin(\varepsilon_0 + \phi_0 + \theta) \quad (2)$$

Các đại lượng: e , R_d , ε_0 và ϕ_0 là các hằng số phụ thuộc vào kích thước chế tạo và vị trí đặt tâm cung dao O_d nên góc trượt τ biến thiên chỉ phụ thuộc vào góc cực θ . Trong giai đoạn cắt bán kính cực $R(\theta)$ giảm dần và góc cực θ tăng dần. Góc trượt giảm dần khi $\varepsilon_0 + \phi_0 + \theta \leq 90^\circ$, giai đoạn cắt được thuận lợi do quan hệ giữa $R(\theta)$ và τ là đồng biến. Cuối giai đoạn cắt lại không thuận lợi do tồn tại góc ε_0 nên $\varepsilon_0 + \phi_0 + \theta > 90^\circ$ lúc này góc trượt lại tăng dần làm cho quan hệ giữa $R(\theta)$ và τ là nghịch biến.

Với góc kẹp thì $\chi = \tau - \gamma_Q$, trong cả giai đoạn cắt ϕ tăng và góc γ_Q tăng, ở giai đoạn đầu khi $\varepsilon_0 + \phi_0 + \theta \leq 90^\circ$ góc trượt τ giảm dần do đó góc kẹp giảm rất nhanh ở giai đoạn này, ở giai đoạn cuối $\varepsilon_0 + \phi_0 + \theta > 90^\circ$ góc trượt τ lại tăng dần do đó góc kẹp vẫn giảm nhưng giảm chậm hơn so với giai đoạn đầu. Vậy cả giai đoạn cắt góc kẹp χ giảm dần, quy luật biến đổi góc kẹp như vậy là thuận lợi cho giai đoạn cắt.

$$dR(\theta) = R(\theta+d\theta) - R(\theta) = OF - OE < 0 \quad (3)$$

Xét tam giác QFE : Cạnh QF là cát tuyến của cạnh sắc dao trong trường hợp $d\theta$ lớn, cho $d\theta \rightarrow 0$ khi đó F sẽ tiến dần tới Q lúc này cát tuyến QF tiến tới tiếp tuyến với cạnh sắc dao tại Q (phương của QF tiến tới phương của tiếp tuyến $t-t$), góc FQO tiến tới τ . Mặt khác, $d\theta$ vô cùng bé, cung QE coi là

2.3. Xây dựng biên dạng cạnh sắc dao

Tại thời điểm đầu cánh gạt ở vị trí C_0G_0 có bán kính quay R_0 , tiếp tuyến của cạnh sắc dao tại G_0 hợp với OG_0 một góc τ . Sau thời gian t cánh gạt CG quay được một góc θ cắt lưỡi dao tại vị trí Q , cánh gạt ở vị trí C_tG_t , tiếp tuyến của lưỡi dao tại Q có phương $t-t$. Xét trong chuyển động tương đối tại vị trí Q , coi dao quay cánh gạt cố định, khi đó vận tốc tuyệt đối của dao có phương vận tốc v vuông góc với bán kính cực $R(\theta)$, phân tích thành phần vận tốc v theo hai phương: v_n vuông góc với tiếp tuyến lưỡi dao tại Q và v_t theo phương tiếp tuyến $t-t$. Từ đường cong G_0C_0 là cạnh sắc dao hướng về phía lõm có góc nhọn tạo bởi phương của bán kính cực $R(\theta)$ với phương của tiếp tuyến lưỡi dao tại giao điểm Q gọi là góc trượt τ .

Để xác định $R(\theta)$ theo θ , tại góc θ cho một số gia $d\theta$ khi đó cánh gạt sẽ quay thêm một góc $d\theta$ và cắt cạnh sắc dao tại vị trí F , tương ứng bán kính cực có số gia của hàm số, [5]:

đoạn thẳng vuông góc với OQ tại Q có độ lớn:

$$QE = R(\theta).d\theta \quad (4)$$

$$\text{Góc } F\widehat{Q}E = \frac{\pi}{2} - \tau; \text{ góc } QFE = \tau. \text{ khi } d\theta \rightarrow 0$$

Từ tam giác QFE có:

$$\frac{dR(\theta)}{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \tau\right)} = \frac{R(\theta)d\theta}{\sin \tau} \text{ hay } \frac{dR(\theta)}{R(\theta)} = \cot g(\tau).d\theta \quad (5)$$

Theo (3) có $dR(\theta) < 0$; trong (5) tính trị số độ lớn, không kể đến sự biến thiên của quan hệ giữa biến số θ và hàm số $R(\theta)$.

$$\frac{dR(\theta)}{R(\theta)} = -\cot g(\tau).d\theta \quad (6)$$

Tích phân hai vế (6) có:

$$\int_{R_0}^{R(\theta)} \frac{dR(\theta)}{R(\theta)} = -\cot g(\tau) \cdot \int_0^\theta d\theta$$

$$R\theta = R_0 \cdot e^{-\theta \cdot \cot g(\tau)}, m \quad (7)$$

Phương trình (7) cho biết quỹ đạo cạnh sắc dao có phương tiếp tuyến luôn hợp với phương của véc tơ bán kính cực $R(\theta)$ một góc τ không đổi.

Phương trình đường đi của cạnh sắc dao được xác định:

$$ds = R(\theta).d\theta$$

$$\Leftrightarrow \int_0^s ds = \int_0^\theta R(\theta).d\theta = -\frac{R_0}{\cot g(\tau)} \int_0^\theta e^{-\theta \cdot \cot g(\tau)}.d[-\theta \cdot \cot g(\tau)];$$

$$s = \frac{R_0}{\cot g(\tau)} [1 - e^{-\theta \cdot \cot g(\tau)}] m \tag{8}$$

2.4. Các thông số đặc trưng

Các thông số cấu tạo cơ bản của bộ phận cắt thái, gồm: bán kính trống cắt r_t ; chiều dài cánh gạt L_{cg} ; góc nghiêng cánh gạt α ; biên dạng cạnh sắc dao xác định theo phương trình (7) với $R(\theta)_{max} = R_0$ và $R(\theta)_{min} = r_t$.

Cần đảm bảo kích thước bộ phận cắt thái nhỏ gọn và chất lượng cắt C_x có giá trị cao như: Bán kính trống cắt r_t ảnh hưởng đến kích thước bộ phận cắt, chọn bán kính trống cắt theo tiêu chuẩn TCVN 6113-1996 [6] là $r_t = 0,135m$; dao cắt sử dụng vật liệu CT45 dày $\delta_d = 0,005m$, khoảng cách giữa hai mặt bên phần thân dao của hai dao kề nhau b_d cho phép chất lượng cắt C_x đạt trên 90% là $b_d = 0,03$ m; khe hở giữa mặt bên thân dao và mặt bên cánh gạt δ với các mức $\delta = 0,001, 0,002, 0,003, 0,004$ và $0,005m$; chọn δ đảm bảo chiều rộng cánh gạt là: $b_{cg} = b_d - 2 \cdot \delta(m)$; chiều rộng cửa vào nguyên liệu sau cắt của máy cắt thái bằng $0,2m$ đảm bảo cây ngô được tung hoàn toàn vào bộ phận cắt thái.

2.4.1. Xác định góc trượt τ hợp lý

Góc nghiêng α ảnh hưởng trực tiếp đến điều kiện kẹp trong quá trình cắt, tại thời điểm cánh gạt bắt đầu cắt khối ngô tại vị trí G_0 , góc kẹp χ được xác định, [6]:

$$\chi = \tau - \gamma \tag{9}$$

Khi tồn tại góc nghiêng α thì góc cấu tạo γ ; Điều kiện thỏa mãn quá trình cắt $\chi \leq 2 \cdot \varphi'$, từ (7) ta được:

$$\gamma = \tau - \chi \geq 0 \quad \text{hay} \quad \tau \geq \chi \tag{10}$$

Hệ số ma sát nguyên liệu tươi và thép có $f' = 0,55$ ứng với góc ma sát $\varphi' = 28,81^\circ$. Góc cắt trượt τ luôn lớn hơn góc kẹp χ thì $\tau \geq 2 \cdot \varphi'$; Kết hợp các điều kiện trên chọn góc trượt τ .

2.4.2. Xác định bán kính R_0 và chiều dài cánh gạt L_{cg}

Tính từ lúc bắt đầu cắt hết khối thân ngô m_r , khi cánh gạt quay thêm một góc $\varphi_{max} = \pi/2$ thì phần

thân ngô m_{rc} bị cánh gạt tung theo phương thẳng đứng vào máng bao trên đưa lại thân ngô đã cắt vào cửa tham gia quá trình cắt lần 2. Để đảm bảo điều kiện thoát ngô được hoàn toàn, cần chọn chiều dài cánh gạt L_{cg} khi quay thêm một góc $\varphi = \varphi_{ck} < \varphi_{ckmax}$ phần thân ngô m_{rc} phải đi hết, từ đó xác định được bán kính:

$$R_0 = r_t + L_{cg} \tag{11}$$

Trường hợp góc nghiêng cánh gạt $\alpha > \theta^0$, chiều dài cánh gạt:

$$L_{cg} = \sqrt{R_0^2 - r_t^2 \sin^2(\alpha)} - r_t \cos(\alpha), m \tag{12}$$

Khi biết α và L_{cg} , xác định được:

$$\gamma = \arcsin\left[\frac{r_t}{R_0} \sin(\alpha)\right]; \lambda = \alpha - \gamma, rad \tag{13}$$

Với R_0, α xác định được khi cắt thái thoát thân ngô nhanh hơn ($\varphi_{ck} < 60^\circ$), tính toán lý thuyết lấy góc bao cắt $\varphi_{qc} = 120^\circ$. Vậy góc hạ đầu dao φ_0 và các góc bao tương ứng các giai đoạn trong một quá trình cắt được xác định:

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2} - \varphi_{csd};$$

$$\varphi_c = \varphi_{csd} - \lambda;$$

$$\varphi_{ck} = \frac{2\pi}{3} - \varphi_c - \varphi_{cht} \tag{14}$$

2.4.3. Xác định góc kẹp χ trong quá trình cắt

Góc kẹp χ được xác định:

$$\chi = \tau - C_1 \hat{QO} = \tau - (\gamma + \Delta\varphi) \tag{15}$$

Góc τ và γ là các hằng số nên góc kẹp biến thiên chỉ phụ thuộc vào $\Delta\varphi$, có quan hệ nghịch biến. Khi góc $\Delta\varphi$ tăng dần trong giai đoạn cắt góc kẹp sẽ giảm dần trong quá trình cắt. Góc kẹp χ đạt giá trị lớn nhất khi $\Delta\varphi = 0$ và nhỏ nhất khi $\Delta\varphi = \lambda$, do đó trong giai đoạn cắt giá trị góc kẹp χ nằm trong khoảng: $\tau - \alpha \chi \tau - \gamma$.

Tính góc kẹp:

$$\chi = \tau - \frac{\alpha + \gamma}{2} = \tau - \frac{1}{2} \left[\alpha + \arcsin \left(\frac{r_t}{R_o} \cdot \sin \alpha \right) \right] \quad (16)$$

2.4.4. Các thông số động học cơ bản của bộ phận cắt thái

Phương trình véc tơ bán kính cực $R(\theta)$ của chất điểm Q trượt trên cạnh sắc dao:

$$R\theta = R_0 \cdot e^{-\theta \cdot \cot g(\tau)}, m \quad (17)$$

Đoạn đường s sau thời gian t ứng với góc cực θ của chất điểm Q :

$$s = \frac{R_0}{\cot g(\tau)} \left[1 - e^{-(\theta) \cdot \cot g(\tau)} \right] m \quad (18)$$

Vận tốc theo phương tiếp tuyến với cạnh sắc dao tại vị trí Q :

$$v_t = \frac{ds}{dt} = s, m/s \quad (19)$$

Gia tốc tiếp tuyến của chất điểm Q :

$$a_t = \frac{dv_t}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2} = \ddot{s}, m/s^2 \quad (20)$$

Gia tốc hướng tâm được xác định:

$$a_n = \frac{v_t^2}{\rho}, m/s^2 \quad (21)$$

trong đó: ρ là bán kính cong tại vị trí lân cận với giao điểm Q, m .

Bán kính cong $\rho = l/C$, với C là độ cong tại vùng lân cận vị trí đang xét:

$$C = \frac{|R^2 + 2R^2 - R \cdot \ddot{R}|}{(R^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}}; \quad (22)$$

$$\rho = \frac{(R^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}}{|R^2 + 2R^2 - R \cdot \ddot{R}|}, m \quad (23)$$

3. Ứng dụng thực nghiệm

3.1. Chế tạo máy cắt

Từ những nghiên cứu lý thuyết các thông số bộ cắt thái được tối ưu đã được vận dụng vào thực nghiệm xây dựng thiết kế, chế tạo máy nhằm chứng minh hiệu quả nâng cao năng suất với cùng một công suất.

+ Buồng thái: Buồng thái làm bằng thép CT3 dày 10mm; đường kính 1080mm, bề rộng 140 mm. Cửa vào có kích thước 360x100 mm, gắn 2 quả lô cuốn ép bên ngoài và dao để (tám kê) bên trong. Cửa ra (phía dưới) song song với mặt đất có kích thước 150x150mm.

+ Trục chính: Thép CT45, cổ trục lắp bi 309 có đường kính 45mm. Đoạn giữa trục (đường kính 58mm) lắp đĩa bắt khung dao, ngoài cùng bắt puly (đường kính trục 38mm).

+ Khung gá dao: Thép CT3, dày 45 mm, bán kính $R = 491mm$ làm thành 2 thanh đối xứng qua trục.

+ Đĩa bích: Thép CT3, dày 15 mm, đường kính 148mm

+ Dao thái: Thép 45 được nhiệt luyện có độ cứng $54 \div 58$ HRC. Kích thước: dài x rộng x dày = $370 \times 115 \times 15$, phần lưỡi có góc = 36° .

+ Cánh quạt tạo gió được gắn trên đĩa thái, có tác dụng đẩy nguyên liệu sau khi thái ra ngoài.

Cơ cấu đo moment xoắn được lắp trên trục chính, trên trục gắn 4 tengô thu- phát tín hiệu (không dây) qua máy.

Trục chính được chuyển động bằng động cơ điện 7,5 kW, vận tốc $500 \div 700 \text{ min}^{-1}$. Thay đổi vận tốc bằng máy biến tần.

3.2. Kết quả thực nghiệm

Chọn thân cây ngô tươi sau thu hoạch. Chuẩn bị máy chạy một ngày (16 giờ) làm việc nhằm thực hiện đánh giá quá trình hoạt động của máy sau đó chia đều cho số giờ làm việc để ra năng suất làm việc một giờ (60 phút) của máy.

Bảng 1: So sánh máy trước và sau thay đổi thông số bộ phận cắt thái

STT	Bộ phận cắt thái	Công suất (KW)	Thời gian (giờ)	Năng suất (tấn)
1	Trước tính toán [3]	7,5	16	35
2	Sau tính toán			52,8

Từ kết quả thực nghiệm (Bảng 1) cho thấy những nghiên cứu lý thuyết được tính toán hoàn toàn đúng đã nâng cao hiệu quả hơn nhiều so với bộ phận cắt thái dùng phương pháp xác định theo kinh nghiệm. Đã tăng năng suất từ 35 lên 52,8 tấn/ngày (2,187 lên 3,3 tấn/giờ).

4. Kết luận

- Nghiên cứu này chỉ ra các đặc điểm cơ bản của bộ phận cắt thái, định hướng để được biên dạng sắc dao tạo điều kiện thuận lợi cho việc nghiên cứu tính toán các tiêu chí thiết kế, tăng năng suất của máy.

- Xây dựng được các thông số cấu tạo của bộ phận cắt thái làm cơ sở xác định các thông số động học và động lực học khi khối nguyên liệu trượt trên cạnh sắc dao trong giai đoạn cắt. Đồng thời làm tăng tuổi thọ của lưỡi cắt vì đã chọn được các góc dao đi kèm với độ cứng hợp lý.

- Các thông số động học xác định theo công thức từ (17) ÷ (23) làm cơ sở cho việc phân tích động lực học của khối ngô dưới tác dụng của cánh gạt và cạnh sắc dao.

REFERENCES

[1] Nhat, D.V. (2019). Research to determine some basic parameters of plastic shredders for recycling. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (Science and Construction)-University of Construction*, 13(3V): 91-98, Vietnam.

[2] Tien, N.V., Tung, N.D. (2018). Study the effect of some structural parameters on the high-yield 10-

20 ton/h fresh cassava chopping/slicing machine by experimental planning model. *The 5th national scientific conference on mechanical engineering*, 189, Vietnam.

[3] Cao D.V. (2009). Research, design, and manufacture a machine to chop fresh corn stalks as fermenting feed for cows with a yield of 35 tons/day. *Scientific research project at ministerial level, Ministry of Industry and Trade*, Vietnam.

[4] Tam, N.V. (2015). *Study on some key parameters as a basis for designing the straw cutting unit associated with the threshing machine*. Doctoral thesis in mechanical engineering, Vietnam.

[5] Ngan, N.H. (2010). Research and design of fiber and fiber cutting machines as aggregates for composites. *Journal of science and technology*, 13 (K3):37-48, Vietnam.

[6] Long, B.T., Luc, T.S., Sy, T. (2010). Bag. Design Industrial Tools. *Science and Technology Publishing House*, Vietnam.

[7]. Yiljep, Y. D., Mohammed, U. S. (2005). Effect of knife velocity on cutting energy and efficiency during impact cutting of sorghum stalk. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*.

[8]. Qiu, J., Wu, M., Guan, C., Fang, Y., Li, X. (2015). Design and experiment of chopping device with dynamic fixed knife coaxial for rice straw. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 31(10): 11-19.