

Xây dựng phương trình vi phân biểu diễn chuyển động của khối nilon trên bề mặt răng đập ở máy làm sạch nilon theo nguyên lý đập – hút

- Nguyễn Thị Kiều Hạnh¹
- Nguyễn Như Nam¹
- Ngô Kiều Nhi²

¹Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh

²Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 30 tháng 10 năm 2015, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 10 tháng 11 năm 2015)

TÓM TẮT

Máy làm sạch nilon theo nguyên lý đập – hút là loại thiết bị dùng để tách và phân ly các thành phần khác bám vào bề mặt túi nilon hay có lẫn trong khối nilon nhằm phục vụ công nghệ tái chế nilon. Đây là loại máy làm sạch nilon lần đầu tiên được chính nhóm tác giả nghiên cứu, công bố trong báo cáo tổng kết đề tài khoa học cấp Thành phố Hồ Chí Minh (năm 2013 – 2014) đã nghiệm thu: “Nghiên cứu máy làm sạch nilon theo nguyên lý đập rũ ứng dụng trong công nghệ

tái chế nilon từ nguồn rác thải”. Bài báo này lần đầu tiên trình bày một cách chi tiết phương pháp xây dựng hệ phương trình vi phân mô tả động lực học khối nilon trên bề mặt răng đập của máy làm sạch nilon theo nguyên lý đập – hút. Mục đích nghiên cứu là lập hệ phương trình vi phân chuyển động của khối nilon đang nằm trên bề mặt răng đập. Mô hình toán học mô phỏng sự chuyển động của nilon trên bề mặt răng đập được xây dựng theo nguyên lý D'Alembert.

Từ khóa: Máy làm sạch nilon theo nguyên lý đập – hút; răng đập; khối nilon trên bề mặt răng đập; mô hình toán học mô phỏng sự chuyển động của khối nilon trên bề mặt răng đập.

1. TỔNG QUAN

Máy làm sạch nilon theo nguyên lý đập – hút là loại thiết bị dùng để tách và phân ly các thành phần khác bám vào bề mặt túi nilon hay có lẫn trong khối nilon phục vụ công nghệ tái chế nilon. Đây là loại máy làm sạch nilon lần đầu tiên được chính nhóm tác giả nghiên cứu, công bố trong báo cáo tổng kết đề tài khoa học cấp Thành phố Hồ Chí Minh (năm 2013 – 2014) đã nghiệm thu: “Nghiên cứu máy làm sạch nilon theo nguyên lý

đập rũ ứng dụng trong công nghệ tái chế nilon từ nguồn rác thải” [1]. Do máy làm sạch nilon theo nguyên lý đập – hút có nguyên lý làm việc mới và lần đầu tiên công bố nên nhiều vấn đề về cơ sở lý thuyết trong đó có quá trình động lực học khối nguyên liệu nilon trong buồng làm sạch của máy chưa được nghiên cứu hay làm rõ.

Do đó các nghiên cứu động lực học khối nguyên liệu nilon trong máy làm sạch nilon theo

nguyên lý đập – hút mang tính mới, có ý nghĩa khoa học và tính cấp thiết.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng làm sạch và phân loại

Rác thải nylon dạng túi phân tách từ rác thải sinh hoạt.

2.2. Mô hình máy làm sạch nylon làm việc theo nguyên lý đập – hút MLSNLK – 30

Máy làm sạch nylon làm việc theo nguyên lý đập – hút có sơ đồ cấu tạo như hình 1. Rô to dạng hình trụ, trên có gắn các răng đập dạng răng bần phẳng bố trí theo đường ren vít và hợp với trục máy (hay đường sinh của rô to) một góc α . Phía cuối rô to bố trí các cánh làm việc như một quạt ly tâm. Rô to nhận truyền động trực tiếp từ động cơ điện bằng bộ truyền đai. Bao quanh rô to phần phía dưới trục là máng trống. Máng trống dạng máng sàng gồm các thanh thép gân hàn với nhau tạo thành các lỗ sàng hình chữ nhật để các thành phần khác (không phải nylon) chui qua. Giữa đỉnh răng với bề mặt máng sàng là khoảng không gian thực hiện tiếp tục quá trình tách và phân ly các thành phần khác qua máng sàng.

2.3. Quá trình làm việc

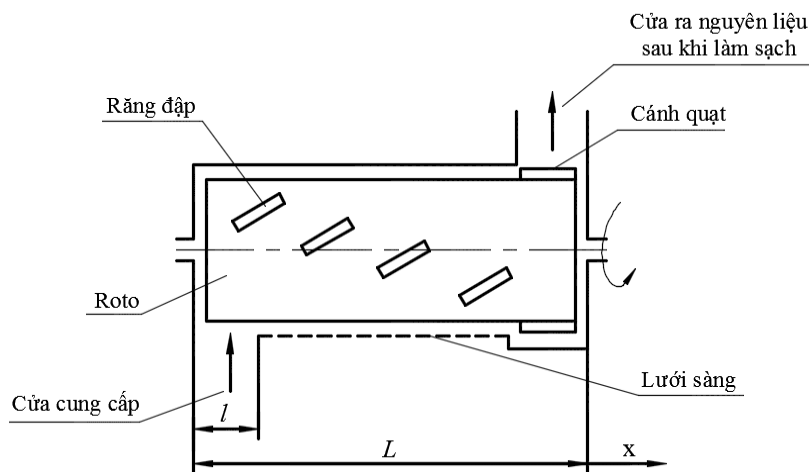
Khi rô to quay, các răng đập vào khối vật liệu (rác thải nylon) sẽ tạo ra các xung lực để thắng liên kết của các chất bám vào bề mặt các

phần tử nylon. Đồng thời dưới tác động của răng đập và lực hút đẩy của quạt ly tâm làm cho khối vật liệu đập chuyển động. Theo Nguyễn Văn Hựu (2000) [2] thì chuyển động này có dạng quay tròn kiểu xoắn ốc tạo nên sự trượt giữa các lớp vật liệu với nhau và trượt với bề mặt máng sàng. Chuyển động của khối nylon trong buồng đập như vậy sẽ làm các thành phần khác bám vào hay có trong khối tách ra và ly tâm qua lỗ máng sàng để ra khỏi buồng làm sạch.

2.4. Các giả thiết

Quá trình nghiên cứu có các giả thiết:

- + Vận tốc của trống quay không đổi $\omega = \text{const}$;
- + Tính chất của khối rác thải nylon trong buồng đập là đồng nhất hay khối lượng riêng, hệ số ma sát,... ở các vị trí của khối rác thải nylon đều giống nhau;
- + Bỏ qua sự tác động tương hỗ của khối rác thải nylon trước và sau;
- + Quy chuyển động của khối rác thải nylon có khối lượng m về chuyển động của khối tâm.
- + Để đơn giản hóa bài toán, bỏ qua tác động khí động do răng (hay cánh) đập và quạt ly tâm tạo ra khi khối nylon còn ở vùng bị các răng đập phía trước che khuất.



Hình 1. Mô hình máy làm sạch nylon từ nguồn rác thải MLSNLK – 30

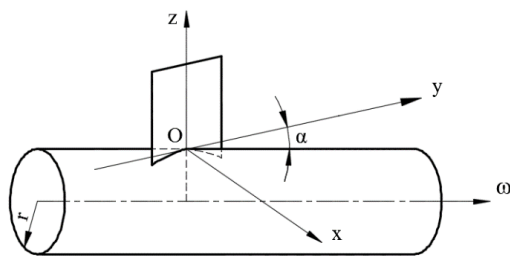
2.5. Phương pháp xây dựng phương trình động lực học

Xác định vị trí của khối nilon theo các quan hệ hình học, lượng giác và hình học giải tích. Phương trình chuyển động cho phần tử có khối lượng m khi chịu tác động của các ngoại lực tác động lên được xây dựng theo nguyên lý Đalămpe [2,3].

3. KẾT QUẢ

3.1. Vị trí và các thông số của răng đập

Răng đập dạng răng phẳng, góc nghiêng của răng đập (góc hợp bởi giữa véc tơ pháp của bề mặt răng và trục trọng đập ω) là $(90^\circ - \alpha)$. Bề mặt răng vuông góc với mặt phẳng tiếp tuyến với bề mặt trống tại điểm tiếp xúc. Chọn hệ tọa độ nghiêng cứu với mặt phẳng răng chính là mặt phẳng tọa độ Ozy như hình 2.

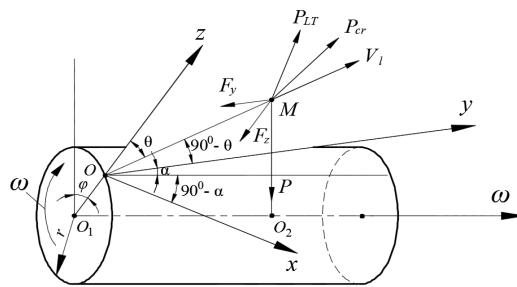


Hình 2. Sơ đồ bố trí răng trên trống đập.

3.2. Nghiên cứu xây dựng phương trình động lực học của khối nilon trên bề mặt răng đập

3.2.1. Bài toán

Xét một khối lượng nilon m nằm trên bề mặt răng đập có tọa độ (x, y, z) tại thời điểm trống (hay răng) quay quanh trục trọng 1 góc φ (hình 3). Nhiệm vụ của bài toán là xây dựng hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động của khối nilon trên bề mặt răng đập.



Hình 3. Hệ lực tác động lên khối nilon trên bề mặt răng đập.

3.2.2. Hệ lực tác động lên khối lượng nilon xét

Hệ lực tác động (với hệ tọa độ như trong hình) lên khối lượng nilon m nằm tại vị trí M bao gồm :

+ Trọng lực P :

$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$, trong đó g – gia tốc trọng trường, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Theo tọa độ đã chọn $[Oxyz]$ bằng các quan hệ hình học không gian và lượng giác để ràng xác định các cosin chỉ phương của véc tơ gia tốc trọng trường g , để từ đó xác định thành phần trên các trục tọa độ của $\vec{g}$:

$$\vec{g} (g \cdot \cos \alpha \cdot \sin \varphi; -g \cdot \sin \alpha \cdot \sin \varphi; g \cdot \cos(\pi - \varphi)) \quad (1)$$

Như vậy các thành phần của trọng lực theo các trục tọa độ là :

$$\vec{P} (m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot \sin \varphi; -m \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot \sin \varphi; m \cdot g \cdot \cos(\pi - \varphi)) \quad (2)$$

+ Lực Coriolis P_{cr} do chuyển động tương đối của khối nilon trên bề mặt cánh đập và chuyển động kéo theo quanh trục tâm trống gây nên P_{cr} .

Giá trị lực Coriolis P_{cr} tính theo công thức:

$$\vec{P}_{Cr} = 2 \cdot m \vec{\omega} \wedge \vec{v}_r =$$

$$2 \cdot m \cdot \begin{vmatrix} i & j & k \\ \omega \cdot \sin \alpha & \omega \cdot \cos \alpha & 0 \\ 0 & v_l \cdot \sin \theta & v_l \cdot \cos \theta \end{vmatrix}$$

$$= 2.m.v_l.\omega.\cos\alpha.\cos\theta.i - 2.m.v_l.\omega.\sin\alpha.\cos\theta.j + 2.m.v_l.\omega.\sin\alpha.\sin\theta.k \quad (3)$$

Các thành phần của lực Coriolis P_{cr} :

$$\vec{P}_{Cr}(2.m.v_l.\omega.\cos\alpha.\cos\theta;-2.m.v_l.\omega.\sin\alpha.\cos\theta; 2.m.v_l.\omega.\sin\alpha.\sin\theta) \quad (4)$$

Trong đó: θ là góc hợp bởi giữa véc tơ vận tốc khối nilon tương đối trên bề mặt cánh đập với chiều dương trục Oz.

+ Lực ly tâm P_{LT} do khối nilon m quay quanh trục tâm trống cùng với cánh đập gây nên: $\vec{P}_{LT} = m.\omega^2.\vec{\rho}$, trong đó ρ là khoảng cách từ khối nilon đến trục tâm hay bán kính quay của khối nilon với trục trống.

Bằng các quan hệ hình học không gian và lượng giác dễ dàng xác định tọa độ cho các đầu mút bán kính quay $\vec{O_2M} = \vec{\rho}$ trên hệ tọa độ Oxyz như sau: điểm gốc (hay tâm quay) $O_2(y.\cos\alpha.\sin\alpha; y.\cos^2\alpha; -r)$, điểm đầu mút $M(x; y; z)$. Do xét khối nilon nằm trên bề mặt cánh đập, nên tọa độ theo trục Ox của điểm M bằng 0 hay $M(0; y; z)$. Từ tọa độ đầu mút bán kính quay $\vec{O_2M}$, theo [4] xác định được cô sin chỉ phương của véc tơ bán kính quay $\vec{O_2M}$ và các thành phần của bán kính quay $\vec{O_2M}$ là:

$$\vec{O_2M} = \rho.(x-y.\cos\alpha.\sin\alpha; y.\sin^2\alpha; z+r). \quad (5)$$

Độ dài bán kính theo [4]:

$$\rho = \sqrt{x^2 - x.y.\sin 2\alpha + y^2.\sin^2\alpha + (z+r)^2} \quad (6)$$

Trong đó: r – bán kính trống.

Các thành phần của lực ly tâm trên các trục tọa độ là:

$$\vec{P}_{LT}(m.\omega^2.x - m.\omega^2.y.\cos\alpha.\sin\alpha; m.\omega^2.y.\sin^2\alpha; m.\omega^2.z + m.\omega^2.r). \quad (7)$$

+ Phản lực pháp tuyến N và lực ma sát

Chiếu các lực tác động lên phương Ox để xác định phản lực pháp tuyến N . Ta có:

$$N = P_x + P_{crx} + P_{LTx} \quad (8)$$

Theo các biểu thức đã dẫn (2), (4) và (7), ta có:

$$P_x = m.g.\cos\alpha.\sin\varphi; P_{crx} = 2.m.v_l.\omega.\cos\alpha.\cos\theta;$$

$$P_{LTx} = m.\omega^2.x - m.\omega^2.y.\cos\alpha.\sin\alpha.$$

Khi đó:

$$N = m.g.\cos\alpha.\sin\varphi + 2.m.v_l.\omega.\cos\alpha.\cos\theta - m.\omega^2.x - m.\omega^2.y.\cos\alpha.\sin\alpha. \quad (9)$$

Và lực ma sát:

$$F = f.N = f.m.(g.\cos\alpha.\sin\varphi + 2.v_l.\omega.\cos\alpha.\cos\theta - \omega^2.x - \omega^2.y.\cos\alpha.\sin\alpha). \quad (10)$$

Hình chiếu lực ma sát lên các trục tọa độ là:

$$F_y = f.m.(g.\cos\alpha.\sin\varphi + 2.v_l.\omega.\cos\alpha.\cos\theta - \omega^2.x - \omega^2.y.\cos\alpha.\sin\alpha).\sin\theta. \quad (11)$$

$$F_z = f.m.(g.\cos\alpha.\sin\varphi + 2.v_l.\omega.\cos\alpha.\cos\theta - \omega^2.x - \omega^2.y.\cos\alpha.\sin\alpha).\cos\theta. \quad (12)$$

+ Lực hút khí động sinh ra do tác động của quạt ly tâm đặt ở cuối buồng làm sạch tác động lên khối nilon khi đang nằm trên bề mặt răng có thể bỏ qua vì trong lúc này khối nilon bị chính các răng đập “che”.

3.2.3. Lập phương trình vi phân chuyển động

Theo nguyên lý D'Alembert [3] lập được các hệ phương trình vi phân chuyển động của khối nilon m trên bề mặt răng như sau:

$$\begin{cases} m.\frac{d^2y}{dt^2} = P_y + P_{cry} + P_{LTy} - F_y \\ m.\frac{d^2z}{dt^2} = P_z + P_{crz} + P_{LTz} - F_z \end{cases} \quad (13)$$

Thay các giá trị của các thành phần lực tác động vào khối nilon m vào hệ phương trình (13) ta được:

$$\begin{cases} \frac{d^2 y}{dt^2} = -g \cdot \cos \alpha \cdot \sin \varphi - 2 \cdot v_l \cdot \omega \cdot \sin \alpha \cdot \cos \theta + \omega^2 \cdot y \cdot \sin^2 \alpha \\ - f \cdot (g \cdot \cos \alpha \cdot \sin \varphi + 2 \cdot v_l \cdot \omega \cdot \cos \alpha \cdot \cos \theta - x \cdot \omega^2 \\ - y \cdot \omega^2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha) \cdot \sin \theta \\ \frac{d^2 z}{dt^2} = g \cdot \cos(\pi - \varphi) + 2 \cdot v_l \cdot \omega \cdot \sin \alpha \cdot \sin \theta + \omega^2 \cdot (z + r) - \\ f \cdot (g \cdot \cos \alpha \cdot \sin \varphi + 2 \cdot v_l \cdot \omega \cdot \cos \alpha \cdot \cos \theta - x \cdot \omega^2 \\ - y \cdot \omega^2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha) \cdot \cos \theta \end{cases} \quad (14)$$

Điều kiện đầu của hệ phương trình vi phân (14) xét khi thời gian bắt đầu khối nylon được nạp và nằm trên bề mặt trống ở chân răng đập $t = 0$. Tương ứng:

$$y_0 = 0 \text{ và } \frac{dy}{dt} = 0; z_0 = 0 \text{ và } \frac{dz}{dt} = 0. \quad (15)$$

Vận tốc dịch chuyển của khối nylon xét v_l trên bề mặt răng đập ở bất kỳ thời điểm nào đều có thể xác định theo biểu thức:

$$v_l = \sqrt{\left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2}. \quad (16)$$

Góc hướng chuyển động của khối nylon tại điểm M là θ có thể xác định bằng biểu thức:

$$\tan \theta = \frac{dy}{dx}. \quad (17)$$

4. THẢO LUẬN

Thành phần chuyển động theo hướng Ox không xuất hiện trong các hệ phương trình vi phân (13) và (14) vì tổng các thành phần lực tác động theo chiều trục Ox lên khối nylon bằng 0. Quá trình làm việc khối nylon được xét nằm ngay trên bề mặt răng. Thực tế có thể xảy ra, khối nylon bị tác động “ném” ra khỏi răng.

Hệ phương trình vi phân (14) là phi tuyến và là hệ không khả tích nên không cho lời giải đúng [4]. Vì vậy chỉ có thể giải hệ này bằng phương pháp gần đúng theo phương pháp số (thí dụ phương pháp Runge - Kutta) cho từng trường hợp riêng biệt.

5. KẾT LUẬN

Khối nylon nằm trên bề mặt răng đập chịu tác động của trọng lực và các lực sinh ra do chuyển động quay của trống đập như lực Coriolis, lực ly tâm, lực ma sát. Về mặt lý thuyết khối nylon khi nằm trên bề mặt răng đập không có xu hướng nhảy khỏi răng mà chuyển động trượt nhau trên bề mặt răng. Quá trình trượt này làm cho các thành phần khác có trong khối nylon bị phân tách.

Hệ phương trình vi phân đặc trưng cho chuyển động của khối nylon trên bề mặt răng đập là hệ phương trình vi phân phi tuyến không có lời giải đúng mà chỉ có thể giải bằng phương pháp gần đúng.

Development of differential equations to represent the motion of the mass of plastic bags waste on threshing tooth's surface in plastic bags cleaning machine under threshing – sucking principle

- Hanh Thi Kieu Nguyen¹
- Nam Nhu Nguyen¹
- Nhi Kieu Ngo²

¹Nong Lam University

²Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT

Plastic bags cleaning machine under threshing - sucking principle is the machinery used for separating and segregating other components attaching to the surface of plastic bags or mixed in the mass of plastic bags for the plastic bags recycling technology. This is first type of plastic bags cleaning machine studied and published by authors in a report of summarizing scientific topics of Ho Chi Minh City (2013-2014) accepted: "Research on plastic bags cleaning machine under threshing – shaking principle to apply in recycling plastic bags from waste". This article first presents in

detailed the development method of differential equations describing the dynamics of the mass of plastic bags on threshing tooth's surface of plastic bags cleaning machine under threshing – sucking principle. The purpose of study is to determine the mechanisms of separating different components as the mass of plastic bags that located on the flat - bar tooth's surface. Mathematical model simulates the movement of the plastic bags on the flat - bar tooth's surface developed according to D'Alembert's principle.

Keywords: plastic bags cleaning machine, threshing – sucking principle, flat – bar tooth, dynamics, the mass of plastic bags on the threshing tooth's surface.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Thị Kiều Hạnh. Nghiên cứu máy làm sạch nylon theo nguyên lý đập rũ ứng dụng trong công nghệ tái chế nylon từ nguồn

rác thải. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam , 144 trang, 2015.

- [2]. Nguyễn Văn Hựu. Nghiên cứu một số thông số cơ bản của bộ phận đập lúa dọc trục cỡ nhỏ loại răng bản. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường đại học Nông nghiệp Hà Nội, Việt Nam, 140 trang, 2000.
- [3]. Holzweißig F. và Dresig H. Giáo trình động lực học máy (Người dịch Vũ Liêm Chính, Phan Nguyên Di, Nguyễn Văn Khang), NXB. Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, Việt Nam, 455 trang, 2001.
- [4]. Korn G., Korn T. Sổ tay toán học dùng cho cán bộ khoa học và kỹ sư tập I (Người dịch Phan Văn Hạp và Nguyễn Trọng Bá), NXB. Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội, Việt Nam, 611 trang, 1977.