

# ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ ĐỘNG LỰC HỌC ĐẾN QUÁ TRÌNH DI CHUYỂN CỦA NẮP CHAI VACCIN TRÊN PHỄU RUNG CẤP PHÔI

## EFFECTS OF DYNAMIC PARAMETERS TO THE MOVEMENT PROCESS OF VACCIN'S NUT ON VIBRATION BOWL FEEDER

Nguyễn Văn Mùi - Vũ Hoài Anh

*Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp*

Đến Tòa soạn ngày 10/03/2020, chấp nhận đăng ngày 12/05/2020

**Tóm tắt:** Ngày nay, trong sản xuất hiện đại không thể thiếu các hệ thống cấp phôi tự động. Điểm mạnh của thiết bị cấp phôi là việc điều hướng, phối liệu đúng nhịp, đơn giản và chính xác hơn hẳn các hệ thống truyền dẫn khác. Đối với loại phôi rời có trọng lượng và kích thước nhỏ thì phương pháp các phôi tự động theo nguyên lý rung động là một lựa chọn phù hợp. Bài báo này trình bày các lý thuyết cơ bản khi tính toán thiết kế một hệ thống cấp phôi tự động cho phôi có trọng lượng và kích thước nhỏ. Lý thuyết này được áp dụng để tính toán, thiết kế thiết bị cấp phôi cho nắp chai vaccin bằng cao su. Kết quả của nghiên cứu là cơ sở cho các tính toán thiết kế và chế tạo một thiết bị cấp phôi rung cho các loại phôi khác nhau.

**Từ khóa:** Cấp phôi tự động, rung động, cấp phôi rung, động lực học.

**Abstract:** Today, in modern manufacturing, we cannot lack the automatic part feeder systems. The strength of the part feeder device is that the navigation and coordination are in the right rhythm; moreover, it is simpler and more accurate than other transmission systems. For the type of part having small weight and size, the method of automatic based vibration part feeder system is a suitable option. This paper presents the basic theories when calculating and designing an automatic part feeder system which has small weight and size. This theory is applied to the calculation and design of equipment for supplying part for rubber bottle caps. The results of the study are the basis for the calculations and design of an automatic vibrating part feeder with different types of part

**Keywords:** Part feeder, vibration, vibratory feeder, dynamics.

### 1. GIỚI THIỆU

Nhằm nâng cao năng suất cũng như chất lượng sản phẩm trong các nhà máy, các công đoạn như sản xuất, lắp ráp, kiểm tra phải được tự động hóa. Để đáp ứng được nhu cầu tự động hóa trong các khâu sản xuất, thiết bị không thể thiếu là cấp phôi tự động. Có rất nhiều các phương pháp cấp phôi tự động khác nhau như băng tải, robot tay máy công nghiệp, cấp phôi tự động theo nguyên lý rung động. Với dạng băng tải thường sử dụng để vận chuyển phôi có khoảng cách lớn và khối lượng lớn như: gạo, xi măng, quặng, than đá... Với robot cấp phôi

thường được sử dụng trong các ngành công nghiệp sản xuất, lắp ráp các sản phẩm yêu cầu độ chính xác cao. Cả hai loại thiết bị trên có nhược điểm là giá thành lắp đặt và vận hành thiết bị lớn, không phù hợp để vận chuyển các loại phôi có khối lượng và kích thước nhỏ. Để giải quyết vấn đề trên, phương pháp cấp phôi theo nguyên lý rung động là một giải pháp tối ưu. Thiết bị cấp phôi trên nguyên lý rung động là một hệ thống được sử dụng phổ biến trong các ngành công nghiệp thực phẩm, đồ uống, dược phẩm hay các dây chuyền sản xuất lắp ráp. Điểm mạnh của thiết

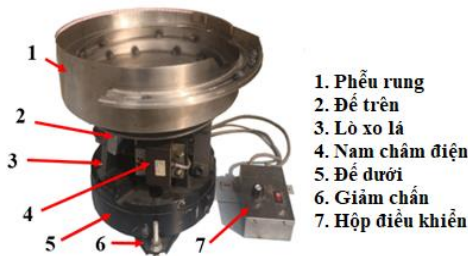
bị cấp phôi là việc điều hướng, phối liệu đúng nhịp, đơn giản và chính xác hơn hẳn các hệ thống truyền dẫn khác.

Tuy nhiên quá trình thiết kế chế tạo thiết bị này chưa được quan tâm nhiều ở Việt Nam. Nghiên cứu lý thuyết cơ bản về phương pháp cấp phôi này như: động lực học phôi hay các yếu tố ảnh hưởng đến sự di chuyển của phôi được thực hiện giúp triển khai quá trình tính toán thiết kế một hệ thống cấp phôi tự động được nhanh chóng và chính xác.

## 2. LÝ THUYẾT VỀ CẤP PHÔI TỰ ĐỘNG THEO NGUYÊN LÝ RUNG ĐỘNG

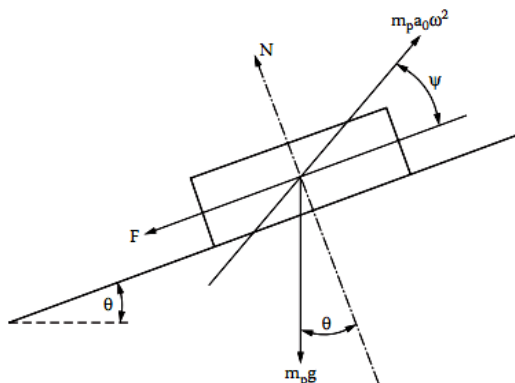
### 2.1. Cơ sở lý thuyết

Máy cấp phôi rung động được sử dụng rất linh hoạt trong hầu hết các trường hợp cấp phôi rời từng chiếc và có kích thước nhỏ. Máy cấp phôi có hình dạng như sau:



Hình 1. Máy cấp phôi rung động

Do các rãnh trong phễu được thiết kế theo đường xoắn ốc vì vậy khi phôi di chuyển trên các rãnh xoắn thì có thể coi như phôi di chuyển trên mặt phẳng nghiêng [2], ta mô hình hóa coi cơ cấu như một cơ cấu bốn khâu bản lề [3]. Lực tác dụng lên phôi được phân tích như sau:



Hình 2. Lực tác dụng lên phôi và lên rãnh

Trong đó:

$\theta$ : góc nâng của rãnh.

$m_p$ : khối lượng của phôi

$N$ : áp lực của phôi lên rãnh.

$F$ : lực ma sát

$a_0$ : biên độ rung động.

$\omega = 2\pi f$ : tần số góc của rung động

$\psi$ : góc giữa lực quán tính của phôi với phương của góc nâng.

Ta phải đi tìm điều kiện ràng buộc giữa các thông số để với điều kiện đó phôi di chuyển lên phía trên. Theo sơ đồ tác dụng lực (hình 2) thì phôi di chuyển lên phía trên khi và chỉ khi lực quán tính tác dụng lên phôi phải lớn hơn lực ma sát giữa phôi và rãnh. Hình 2 cho thấy lực quán tính lớn nhất tác dụng lên phôi, ta chiếu lực này theo hai phương: phương song song với mặt nghiêng có giá trị  $m_p a_0 \omega^2 \cos \psi$  và phương vuông góc với mặt phẳng nghiêng có giá trị  $m_p a_0 \omega^2 \sin \psi$ .

Điều kiện:

$$m_p a_0 \omega^2 \cos \psi > m_p g \sin \theta + F \quad (1)$$

Trong đó lực  $F$  được tính như sau:

$$F = \mu_s N = \mu_s [m_p g \cos \theta - m_p a_0 \omega^2 \sin \psi] \quad (2)$$

Trong đó  $\mu_s$  là hệ số ma sát tĩnh giữa phôi và rãnh xoắn.

Thay (2) vào (1) ta được bất phương trình sau:

$$\frac{a_0 \omega^2}{g} > \frac{\mu_s \cos \theta + \sin \theta}{\cos \psi + \mu_s \sin \psi} \quad (3)$$

(3) là điều kiện để phôi trượt theo rãnh xoắn lên phía trên. Tương tự như trên, tìm được điều kiện để phôi trượt theo rãnh xoắn xuống phía dưới trong suốt chu kỳ dao động như sau:

$$\frac{a_0 \omega^2}{g} > \frac{\mu_s \cos \theta - \sin \theta}{\cos \psi - \mu_s \sin \psi} \quad (4)$$

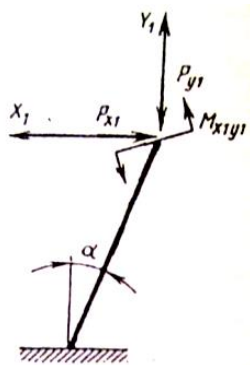
Mặt khác  $A_n = a_n \omega^2 = a_0 \omega^2 \sin \psi$  là gia tốc pháp tuyến của rãnh,  $g_n = g \cos \theta$  là gia tốc



giữa phễu và lò xo lá). Dịch chuyển thẳng đứng của phễu bằng dịch chuyển theo phương thẳng đứng của điểm kẹp chặt chân với phễu. Như vậy, biết quỹ đạo chuyển động của điểm kẹp chặt chân với phễu có thể hoàn toàn xác định được quỹ đạo chuyển động của một điểm bất kỳ nằm trên phễu. Quỹ đạo chuyển động của điểm kẹp chặt chân với phễu phụ thuộc vào kết cấu của phần tử đàn hồi, kích thước của nó và sơ đồ tải trọng.

### 2.3. Sơ đồ tải trọng của chân ở cơ cấu cấp phối rung động có phễu tròn

Tất cả các lực tác dụng lên cơ cấu cấp phối rung động có thể được quy về 3 thành phần:  $P_{X1}$ ,  $P_{Y1}$  và momen  $M_{X1Y1}$  đặt ở đầu trên của chân nghiêng (hình 4).



Hình 4. Sơ đồ tác dụng lực lên chân của cơ cấu cấp phối rung động

Theo nguyên lý D'alambert thì các thành phần lực bằng tổng của các lực kích thích bên ngoài và các lực quán tính:

$$\left. \begin{aligned} P_{X1} &= [P_{qX1} + P_{X1}(t)] \frac{1}{n} \\ P_{Y1} &= [P_{qY1} + P_{Y1}(t)] \frac{1}{n} \\ M_{X1Y1} &= [X_1 + M_{q1} + M_1(t)] \frac{1}{n} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Trong đó:

$P_{X1}(t)$ : hình chiếu của lực kích thích của nam châm lên trục  $X_1$ ;

$P_{Y1}(t)$ : hình chiếu của lực kích thích của nam châm lên trục  $Y_1$ ;

$M_1(t)$ : momen xuất hiện do phương tác dụng của lực đàn hồi và phương của lực kích thích không trùng nhau;

$P_{qX1}$ : hình chiếu của lực quán tính lên trục  $X_1$ ;

$P_{qY1}$ : hình chiếu của lực quán tính lên trục  $Y_1$ ;

$M_{q1}$ : momen xuất hiện do trọng tâm của phễu và trọng tâm của toàn hệ (toàn bộ cơ cấu không trùng nhau);

$X_1$ : momen chưa xác định;

$n$ : số chân đàn hồi.

Hình chiếu của lực kích thích phụ thuộc vào số nam châm điện và sơ đồ bố trí của chúng. Ví dụ, khi kích thước dao động bằng một nam châm đặt ở trung tâm thì các hình chiếu của lực kích thích sẽ là:

$$P_{X1}(t) = 0$$

$$P_{Y1}(t) = P_o$$

Trong đó:  $P_o$ : lực kéo của nam châm điện.

Hình chiếu của lực quán tính ở sơ đồ như này sẽ có giá trị sau:

$$P_{qX1} = \frac{j_\varphi}{r_1} \quad P_{qY1} = m\ddot{Y}_1$$

Trong đó:  $j_\varphi$ : momen quán tính của phễu;

$r_1$ : bán kính ngoài của phễu.

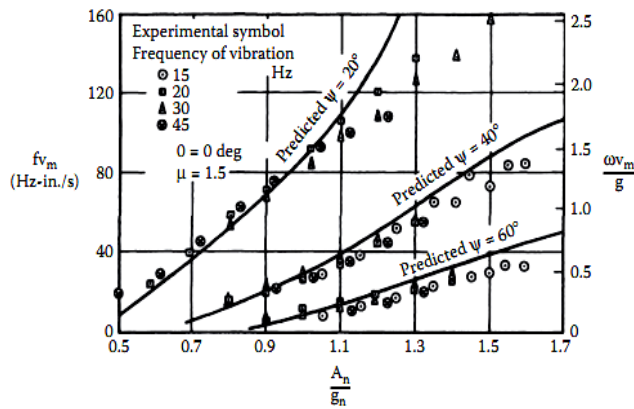
## 3. CÁC THÔNG SỐ ĐỘNG LỰC HỌC ẢNH HƯỞNG ĐẾN QUÁ TRÌNH DI CHUYỂN CỦA PHÔI TRÊN PHỄU

### 3.1. Ảnh hưởng của tần số [2]

Ngoài các điều kiện như đã trình bày ở phần 1, thì ta còn thấy phôi trong các máy cấp phối rung động còn bị ảnh hưởng bởi tỷ số gia tốc  $A_n/g_n$ , góc nâng  $\theta$  của rãnh xoắn, góc  $\psi$  giữa lực quán tính của phôi với phương của góc nâng, hệ số ma sát  $\mu$ , và vận tốc vận chuyển phôi  $v_m$ .

Qua các kết quả nghiên cứu cho thấy thì vận tốc  $v_m$  tỷ lệ nghịch với tần số rung động  $f$  của phôi.

$$f \cdot v_m = \text{const} \quad (14)$$



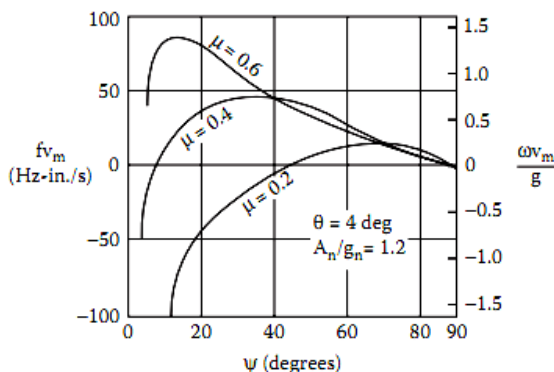
Hình 5. Ảnh hưởng của góc  $\psi$ , tỷ số gia tốc, tần số  $f$ , góc nghiêng  $\theta$ , hệ số ma sát lên vận tốc vận chuyển của phôi

Khi giữ cho tỷ số gia tốc không đổi thì kết quả cho thấy biên độ dao động của rãnh xoắn tăng lên. Vấn đề này được giải quyết bằng cho tần số dao động của phôi nằm trong khoảng từ 60 tới 30 Hz.

### 3.2. Ảnh hưởng của tỷ số gia tốc ( $A_n/g_n$ )[2]

Hình 7 cho thấy khi mà tỷ số gia tốc tăng lên thì vận tốc vận chuyển phôi tăng lên. Tại một số điểm trên đồ thị thì tỷ số này tăng lên đột biến và điều này ảnh hưởng đáng kể tới quá trình cấp phôi. Có thể giải thích hiện tượng này như sau: nếu tỷ số gia tốc này tăng lên tới tận ( $A_n/g_n > 1,0$ ) thì phôi “bay” lên trong suốt chu kỳ.

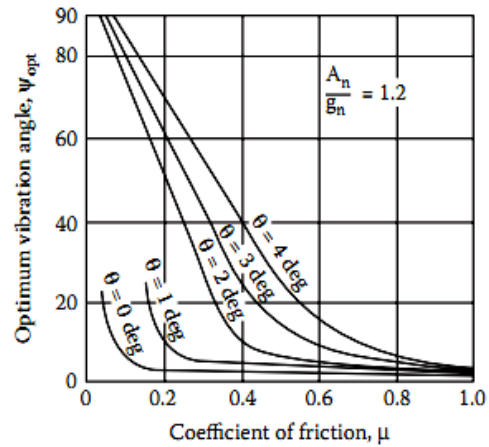
### 3.3. Ảnh hưởng của góc rung động $\psi$ [2]



Hình 6. Ảnh hưởng của góc  $\psi$  lên vận tốc vận chuyển  $v_m$

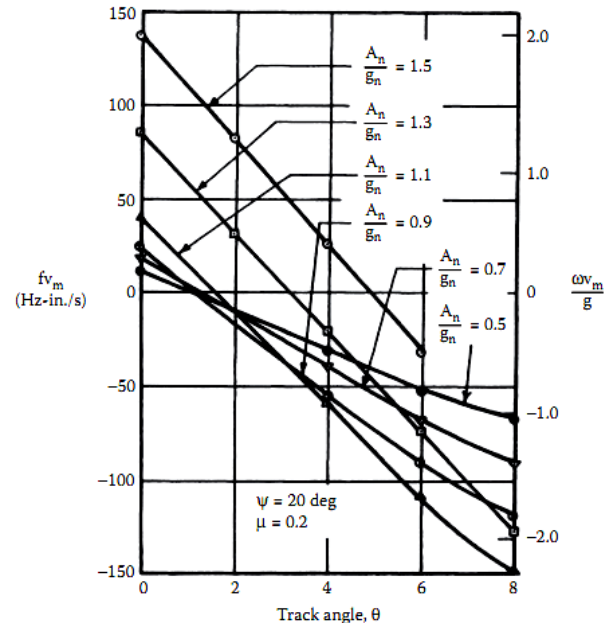
Hình 6 cho thấy vận tốc vận chuyển phôi  $v_m$  dễ thay đổi khi ta thay đổi góc rung động  $\psi$ . Ta có thể thấy rõ sự ảnh hưởng của nó trên hình 6, nó

biểu thị điều kiện góc tối ưu của góc rung động. Hình 7 là mối quan hệ giữa hệ số ma sát  $\mu_s$  và góc rung động tối ưu  $\psi_{opt}$  tại giá trị  $A_n/g_n = 1,2$ .



Hình 7. Ảnh hưởng của hệ số ma sát tới góc tối ưu  $\psi_{opt}$

### 3.4. Ảnh hưởng của góc nâng $\theta$ [2]



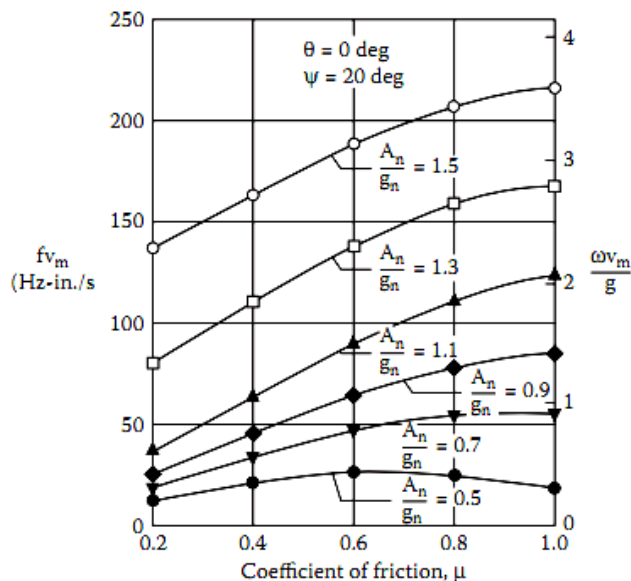
Hình 8. Ảnh hưởng của góc nâng  $\theta$  tới vận tốc vận chuyển phôi

Hình 8 cho thấy ảnh hưởng của góc nâng  $\theta$  lên vận tốc vận chuyển với tỷ số gia tốc  $A_n/g_n$  khác nhau tại giá trị của  $\mu$  là 0,2. Kết quả cho thấy vận tốc cao nhất đạt được khi góc nâng  $\theta = 0$  và vận chuyển phôi lên trên luôn đạt được khi góc nâng  $\theta$  nhỏ. Các máy thiết kế cần thiết phải có góc nâng hiệu quả  $\theta = 3 \div 4^\circ$ . Tuy nhiên góc vận tốc vận chuyển của phôi



sẽ kém hiệu quả nếu đáy của phễu là đáy bằng. Điều đó có nghĩa là trong ứng dụng thực tế các phôi không được đẩy dọc theo mặt đáy của phễu, nơi phôi có vận tốc lớn hơn. Vấn đề định hướng được giải quyết bằng các thiết bị định hướng gắn trên thành của phễu. Khi máy cấp phôi làm việc thì các thiết bị định hướng nhằm định hướng phôi theo một hướng nhất định trước khi đưa phôi ra phía đầu ra của miệng phễu để đưa phôi vào máng thẳng.

### 3.5. Ảnh hưởng của hệ số ma sát [2]



Hình 9. Ảnh hưởng của hệ số ma sát tới vận tốc vận chuyển phôi

Trên thực tế dãy số hệ số ma sát trong các máy cấp phôi rung động là từ 0,2 đến 0,8. Giá trị hệ số ma sát của phôi thép và máng thép là 0,2. Khi rãnh được phủ lớp cao su thì hệ số ma sát

có thể lên tới 0,8.

Hình 9 cho thấy ảnh hưởng của hệ số ma sát lên vận tốc vận chuyển của phôi trên các rãnh ngang, với góc nâng  $\theta = 20^\circ$  và các giá trị khác nhau của tỷ số gia tốc. Có thể thấy rằng, giá trị thực tế của gia tốc góc và hệ số ma sát làm tăng vận tốc vận chuyển phôi.

### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu lý thuyết động lực học của phôi cho biết được các lực tác động lên phôi nằm và di chuyển trên đường dẫn hướng. Nhờ các lực tác động đó phôi sẽ có trạng thái trượt và nhảy khi di chuyển trên máng dẫn. Đồng thời cũng chỉ rõ điều kiện để phôi có thể di chuyển đi lên và đi đúng hướng

Năng suất cấp phôi phụ thuộc vào các thông số như biên độ rung, tần số rung, góc nghiêng rãnh xoắn. Với phôi nắp chai vaksin tần số rung tốt nhất đạt 100 Hz, góc nâng rãnh xoắn từ  $2^\circ$  đến  $4^\circ$ .

Kết quả nghiên cứu trình bày trong bài báo này sẽ là tiền đề cho quá trình thiết kế chế tạo sản phẩm cấp phôi tự động theo nguyên lý rung động cho các loại phôi khác nhau.

Tiếp tục các nghiên cứu với môi trường số để đánh giá và so sánh với lý thuyết về độ tin cậy với các thông số động lực học như hệ số ma sát, góc nâng, tần số rung, vị trí đặt nam châm điện...

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Văn Định, *Giáo trình tự động hóa sản xuất*. NXB KHKT, 2006
- [2] Taylor & Francis Group, *Assembly Automation and Product Design* (Second Edition), 2005.
- [3] Nguyễn Phương, Nguyễn Thị Hương Giang, *Cơ sở tự động hoá trong ngành cơ khí*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2005
- [4] Ira Cochran, *Analysis and design of dynamic systems*. Dept. of Mechanical Engineering University of California.
- [5] Châu Mạnh Lực, Phạm Văn Song, *Trang bị công nghệ và cấp phôi tự động*. NXB Đà Nẵng 2003.

Thông tin liên hệ: **Nguyễn Văn Mùi**

Điện thoại: 0912878799 - Email: nvmui@uneti.edu.vn

Đơn vị công tác: Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp



