

NGHIÊN CỨU KHOẢNG CÁCH ĐẶT VẬT ĐẾN NGUỒN PHÁT SÓNG ẢNH HƯỞNG ĐẾN HIỆU SUẤT RỬA TRONG MÁY RỬA SỬ DỤNG SÓNG SIÊU ÂM

A STUDY ON THE IMPACT OF DISTANCE BETWEEN TRANSDUCER AND OBJECTS AFFECTING EFFICIENCY OF ULTRASONIC CLEANING MACHINE

Nguyễn Ngọc Phương,
Nguyễn Xuân Quang
Trường ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP. HCM

TÓM TẮT

Ngày nay trong các ngành sản xuất công nghiệp, trong lĩnh vực y tế, dân dụng các thiết bị làm sạch có vai trò quan trọng. Các phương pháp làm sạch cổ điển như sử dụng tay kết hợp các loại dung dịch không đảm bảo độ sạch của các chi tiết cần làm sạch đặc biệt đối với chi tiết có kết cấu phức tạp, có độ bám dính tạp chất cao. Kỹ thuật tẩy rửa dùng sóng siêu âm ra đời nhằm đáp ứng các yêu cầu về công nghệ làm sạch được áp dụng rộng rãi trong các thiết bị tẩy rửa với hiệu quả cao, tốc độ nhanh mà các phương pháp khác không đáp ứng được. Các yếu tố chính ảnh hưởng đến hiệu quả của máy rửa bao gồm: sóng siêu âm, nhiệt độ, hóa chất, thời gian. Bài báo này trình bày vấn đề hiệu suất rửa (của các máy rửa có công suất lớn) chịu sự ảnh hưởng của việc bố trí các chấn tử, khoảng cách từ vật cần rửa đến nguồn phát sóng, trên cơ sở đó đưa ra vị trí đặt vật cần rửa trong bể để đạt hiệu suất rửa cao nhất. Kết quả này được ứng dụng vào việc thiết kế chế tạo hệ thống rửa đề tài cấp Bộ trọng điểm.

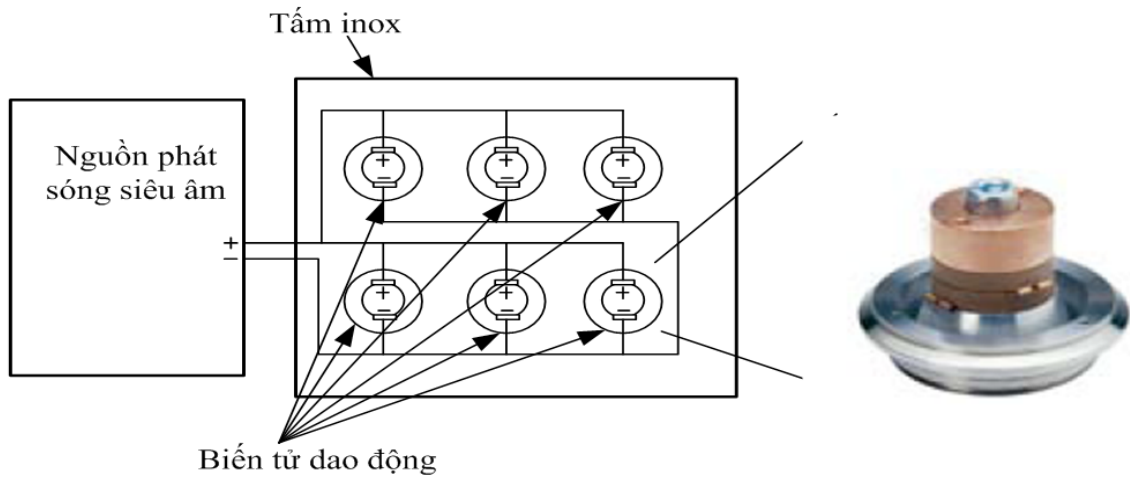
ABSTRACT

Nowadays the cleaning devices play an important role in manufacturing industry, health care as well as domestic works... The classical cleaning methods combining manual and chemical substances are not appropriate for objects with complex shapes. Using ultrasonic wave is a good way to solve the above problems. It can meet the cleaning requirements such as technology, efficiency, high-speed... which other methods cannot. The main factors affecting the result of performance of washing machines are ultrasonic waves, heat, chemicals, and time. This paper illustrates how the arrangement of vibrators and the distance between objects and vibrating sources affect the efficiency of ultrasonic washing machines. The research will give the best arrangement of objects in washing machines to optimize their performance.

I. CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN BỐ TRÍ CÁC CHẤN TỬ

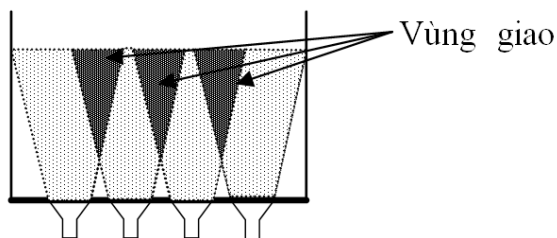
Sóng siêu âm được tạo ra nhờ nguồn phát sóng siêu âm và biến tử tạo dao động. Việc chế tạo một biến tử dao động có công suất cao không phải dễ và không đem lại hiệu quả kinh tế, do đó để có công suất thường dùng nhiều biến tử dao động có công suất nhỏ ghép lại trên một tấm inox thành hệ thống dao động có công suất lớn (Hình 1).

Sóng siêu âm được tạo ra trên một máy rửa công suất lớn là tập hợp nhiều nguồn dao động phát ra từ nhiều biến tử dao động. Như vậy dao động tại một điểm nào đó trong bể rửa là sự tổng hợp của 2 hoặc nhiều nguồn dao động, có thể tại đó sinh ra hiện tượng giao thoa sóng kết quả là làm cho biên độ dao động lớn hơn cũng có khi biên độ bị triệt tiêu điều này đồng nghĩa với lực đập sinh ra tại những điểm này có thể lớn hoặc có thể rất nhỏ.



Hình 1. Bố trí chân tử trên hệ thống máy rửa sử dụng sóng siêu âm

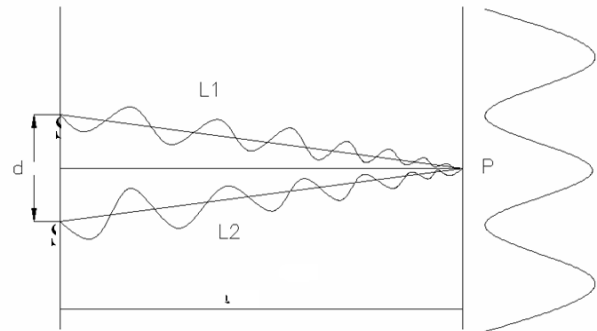
Để hiệu suất rửa của máy lớn nhất thì lực tác động lên bề mặt của chất bẩn phải lớn nhất lúc này bọt khí sinh ra nhiều hơn làm tách chất bẩn ra khỏi bề mặt, do đó chi tiết cần rửa phải đặt vào vùng giao thoa sóng (Hình 2), trong vùng giao thoa sóng không phải bất cứ khoảng cách nào thì biên độ dao động như nhau và sóng siêu âm sẽ bị suy hao trong quá trình truyền, bài toán đặt ra ở đây là với khoảng cách nào trong vùng giao thoa mà tại đó đặt vật thì hiệu suất rửa lớn nhất.



Hình 2. Giao thoa sóng trong bể

Không mất tính tổng quát chúng ta xem xét cách tính toán khoảng cách bố trí hai biến tử ảnh hưởng đến khoảng cách đặt vật trong bể rửa để hiệu suất rửa cao nhất.

Xét 2 nguồn sóng S_1 do biến tử thứ nhất tạo ra và nguồn sóng S_2 do biến tử thứ hai tạo ra, tại điểm P là nơi xảy ra giao thoa. Gọi khoảng cách từ P đến 2 nguồn phát sóng S_1 và S_2 là l_1 và l_2 . Khoảng cách giữa S_1 và S_2 là d . Khoảng cách từ nguồn phát đến vị trí đặt vật là L .



Hình 3. Mô tả cơ sở giao thoa sóng

Vì cùng một nguồn phát sóng, cùng loại biến tử nên biên độ dao động, pha của hai nguồn dao động là như nhau. Giả thiết pha ban đầu tại 2 nguồn bằng không và phương trình sóng tổng quát có dạng:

$$y(t) = A \cdot \cos \omega t. \quad (2.1)$$

Dao động y_1 tại P gây ra bởi sóng từ nguồn S_1 có phương trình:

$$y_1 = A \cdot \cos(\omega t - k l_1) \quad (2.2)$$

Dao động y_2 tại P gây ra bởi sóng từ nguồn S_2 có phương trình:

$$y_2 = A \cdot \cos(\omega t - k l_2) \quad (2.3)$$

Giả sử tại P xảy ra giao thoa sóng, lúc này phương trình tại P như sau:

$$y = y_1 + y_2 = A \cdot \cos(\omega t - k l_1) + A \cdot \cos(\omega t - k l_2) \quad (2.4)$$

$$\text{Với } k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Vì 2 dao động này cùng phương nên tại P có sự tổng hợp dao động cùng phương cùng tần số góc. Hiệu pha của chúng là:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = k(l_1 - l_2) \quad (2.5)$$

Biên độ dao động tổng hợp tại P là:

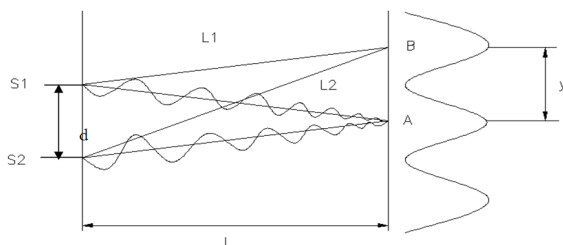
$$A_M = \sqrt{A^2 + A^2 + 2AA \cos k(l_1 - l_2)} \quad (2.6)$$

Ta thấy rằng $A_{\max} = 2A$

khi $l_2 - l_1 = k\lambda$, với λ là bước sóng

Vậy những điểm mà hiệu số khoảng cách từ chúng đến 2 nguồn bằng số nguyên lần bước sóng sẽ dao động mạnh nhất và những điểm mà hiệu số khoảng cách từ chúng đến 2 nguồn là một số lẻ lần nửa bước sóng sẽ cho dao động yếu nhất.

Đối với bài toán này, vấn đề là cùng 1 khoảng nhưng nếu giao thoa xảy ra nhiều sẽ tốt hơn. Do đó chúng ta đặt vấn đề như sau:



Hình 4. Mô tả mối quan hệ giữa L và y

Thiết lập mối quan hệ giữa L và y thông qua phương trình, từ đó đi tìm mối quan hệ của chúng như sau $l_2 - l_1 = \lambda$, với:

$$l_1 = \sqrt{L^2 + \left(y - \frac{d}{2}\right)^2} \quad \text{và} \quad l_2 = \sqrt{L^2 + \left(y + \frac{d}{2}\right)^2} \quad (2.7)$$

Để xảy ra giao thoa thì $l_2 - l_1 = \lambda$

$$\Leftrightarrow \sqrt{L^2 + \left(y + \frac{d}{2}\right)^2} - \sqrt{L^2 + \left(y - \frac{d}{2}\right)^2} = \lambda \quad (2.8)$$

Nhân 2 vế với lượng liên hợp:

$$\sqrt{L^2 + \left(y + \frac{d}{2}\right)^2} + \sqrt{L^2 + \left(y - \frac{d}{2}\right)^2} \quad (2.9)$$

$$\Leftrightarrow 2d.y = \lambda \left(\sqrt{L^2 + \left(y + \frac{d}{2}\right)^2} + \sqrt{L^2 + \left(y - \frac{d}{2}\right)^2} \right)$$

$$\Leftrightarrow \sqrt{L^2 + \left(y + \frac{d}{2}\right)^2} + \sqrt{L^2 + \left(y - \frac{d}{2}\right)^2} = \frac{2dy}{\lambda} \quad (2.10)$$

Cộng (2.8) và (2.10) ta được:

$$2\sqrt{L^2 + \left(y + \frac{d}{2}\right)^2} = \frac{2dy}{\lambda} + \lambda \quad (2.11)$$

Bình phương 2 vế ta có:

$$4\left(L^2 + y^2 + dy + \frac{d^2}{4}\right) = \frac{\lambda^4 + 4\lambda^2 dy + 4d^2 y^2}{\lambda^2}$$

$$\Leftrightarrow 4y^2(\lambda^2 - d^2) + 4L^2 \lambda^2 - d^2 \lambda^2 - \lambda^4 = 0 \quad (2.12)$$

$$y^2 = \frac{\lambda^4 - d^2 \lambda^2 - 4L^2 \lambda^2}{4(\lambda^2 - d^2)}$$

$$\Leftrightarrow y = \sqrt{\frac{\lambda^4 - d^2 \lambda^2 - 4L^2 \lambda^2}{4(\lambda^2 - d^2)}}$$

$$\Leftrightarrow y = \sqrt{\frac{\frac{v^4}{f^4} - d \frac{v^2}{f^2} - 4L^2 \frac{v^2}{f^2}}{4\left(\frac{v^2}{f^2} - d^2\right)}} \quad (2.13)$$

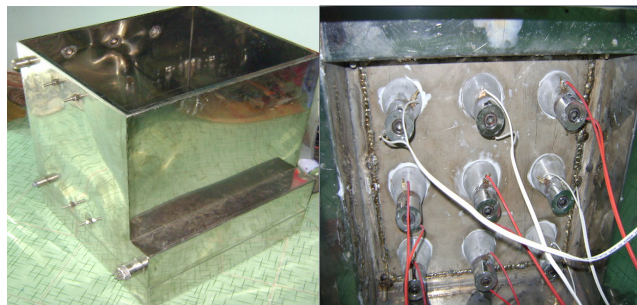
Dựa vào phương trình (2.13) ta thấy khoảng cách y có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến: tần số f của sóng, khoảng cách bố trí d của chấn tử, khoảng cách đặt vật L, vận tốc truyền sóng v. Trên thực tế khi thiết kế chúng ta cố định một vài thông số cụ thể trong hệ thống thiết kế của đề tài kích thước mỗi biên tử là 60mm và để đảm bảo lắp ráp phần cơ khí do đó chọn d = 0.12 m, chọn tần số sóng siêu âm là f = 25000 Hz, vận tốc truyền sóng phụ thuộc vào môi trường (thành phần của dung dịch rửa). Trên thực tế khoảng cách y càng

nhỏ thì bọt khí sinh ra càng nhiều hiệu suất rửa càng cao, theo phương trình (2.13) theo tính toán thiết kế thì d, f đã biết lúc này thì y phụ thuộc vào L và v . Tùy theo môi trường rửa mà y và L sẽ khác nhau. Thực tế việc tính toán ra giá trị cụ thể của v và L rất khó khăn, do đó chúng ta làm thực nghiệm để xác định L mà tại đó đặt vật hiệu suất rửa lớn nhất.

II. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Thiết bị thực nghiệm

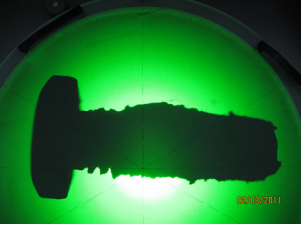

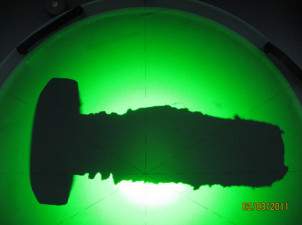

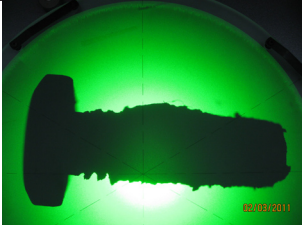

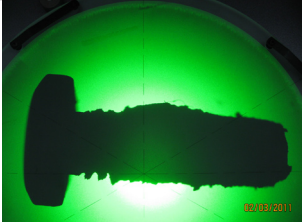

Có 9 biến tử mắc nối tiếp



Hình 5. Bồn rửa siêu âm với 9 biến tử mắc nối tiếp

- **Đối tượng cần rửa:** Tẩy dầu mỡ ra khỏi bù lon bị bẩn ở những khoảng cách rửa khác nhau
- **Dung dịch tẩy rửa:** NaOH 100 g/l, NaF 50g/l
- **Thời gian rửa:** 15 phút

Bảng 1. Các lần rửa chi tiết

TN	Khoảng cách L	Trước khi rửa	Sau khi rửa
1	3 cm		
2	4.5 cm		
3	6 cm		
4	12 cm		

Dựa trên kết quả thực nghiệm chúng ta có thể thấy rằng với dụng dịch tẩy rửa như trên, với cách bố trí các chân từ như đã thiết kế, kết quả khoảng cách đặt vật làm cho hiệu suất rửa lớn nhất là số nguyên của 3 cm. Hiệu suất rửa lớn nhất của máy cho chi tiết đai ốc là 3 cm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Đặng Việt Hùng. *Bài giảng giao thoa sóng nâng cao*. Trường Đại Học Bách Khoa Hà Nội, 2009.

F. John Fuchs, *Ultrasonic Cleaning: Fundamental Theory and Application*, 2002.

J. David N. Cheeke, *Fundamentals and Applications of Ultrasonic Wave*, © 2002 by CRC Press, LLC.

R. T. Beyer, and S.V. Letcher, *Physical Ultrasonics*, Academic Press, New York, 1969.

Rose, J. L., *Ultrasonic Waves in Solid Media*, Cambridge University Press, Cambridge, 1999.

Các trang web:

<http://www.chemvn.net>

<http://www.flickn.com>

<http://www.rooptelsonic.com>

<http://www.crcpress.com>