

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO THỬ NGHIỆM ĐẦU RUNG BẰNG HỢP KIM NHÔM CHO MÁY KHUẤY SIÊU ÂM

A STUDY ON DEVELOPING THE ALUMINIUM ALLOY HORN FOR ULTRASONIC HOMOGENIZER

TRẦN THẾ NAM*, LÊ ĐĂNG KHÁNH

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: ledangkhanh@vamaru.edu.vn

Tóm tắt

Máy khuấy siêu âm là thiết bị dùng để hòa trộn các hỗn hợp chất lỏng - chất lỏng, chất lỏng - chất rắn rất hiệu quả. Quá trình hòa trộn siêu âm là 1 quá trình cơ học để giảm kích thước hạt và phân bố đều các chất trong hỗn hợp chất lỏng. Trong máy khuấy siêu âm, đầu rung đóng vai trò rất quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sản phẩm và khả năng công nghệ. Đầu rung được thiết kế tùy thuộc vào các ứng dụng. Mỗi máy khuấy có thể được trang bị nhiều đầu rung khác nhau tùy theo các mẫu khuấy khác nhau. Đầu rung được chế tạo từ hợp kim của Titan là có đặc tính kỹ thuật tốt nhất. Tuy nhiên giá thành của bằng hợp kim Titan là rất cao so với các vật liệu khác như thép, nhôm. Bài báo này trình bày về nghiên cứu chế tạo thử nghiệm đầu rung bằng hợp kim nhôm cho máy khuấy ứng dụng công nghệ siêu âm thay thế cho đầu rung bằng hợp kim Titan.

Từ khóa: Máy khuấy siêu âm, đầu rung/thanh rung, hợp kim nhôm.

Abstract

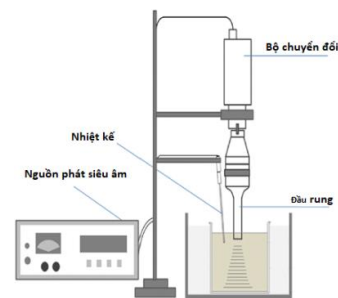
Ultrasonic homogenizers are powerful tools to mix and homogenize solid - liquid and liquid - liquid suspensions. Ultrasonic homogenization is a mechanical process to reduce particles in a liquid so that they become uniformly small and evenly distributed. In The ultrasonic homogenizers, homogenizing tool called a sonotrode/horn, is very important part which directly affect to mixing or homogenization quality. The horn is designed depending on certain application. A homogenize can be equipped with a several horns for many cases of working. The ideal material for manufacturing horn is titanium alloy. However, Titanium alloy is more expensive than iron or aluminum alloy. This paper will present a study on developing the aluminum alloy horn for ultrasonic homogenizers

which can be an option for replacing the titanium alloy horn.

Keywords: Ultrasonic homogenizers, horn/sonotrode, aluminum alloy.

1. Giới thiệu

Nguyên lý khuấy siêu âm thể hiện ở Hình 1. Nguồn phát siêu âm nhận nguồn điện xoay chiều 220V/50Hz và biến chúng thành dao động điện tần số siêu âm (20, 30, 40,... kHz). Dao động này được truyền tới bộ chuyển đổi gồm áp điện, giúp chuyển đổi dao động điện thành dao động cơ cùng tần số. Biên độ dao động cơ ở đầu ra của bộ chuyển đổi lần lượt được khuếch đại qua bộ khuếch đại (booster) và truyền đến đầu rung (horn). Dao động với tần số siêu âm của đầu rung được truyền tới chất lỏng cần khuấy. Dưới tác dụng của dao động siêu âm các thành phần chất lỏng, chất rắn trong hỗn hợp cần khuấy sẽ được chia nhỏ, hòa trộn, khuếch tán vào nhau.



Hình 1. Nguyên lý khuấy siêu âm



Hình 2. Các dạng đầu rung siêu âm

Đầu rung là chi tiết tiếp xúc trực tiếp và truyền dao động cơ học từ máy khuấy siêu âm vào dung dịch cần khuấy. Tùy thuộc vào ứng dụng mà đầu rung được chế tạo theo kích thước và hình dạng khác nhau như trong

Hình 2. Đầu rung là vật liệu tiêu hao, thường được thay thế sau khoảng 6 tháng đến 1 năm hoạt động. Vật liệu chế tạo đầu rung thường là hợp kim titan.

2. Chế tạo đầu rung

2.1. Lý thuyết thiết kế đầu rung

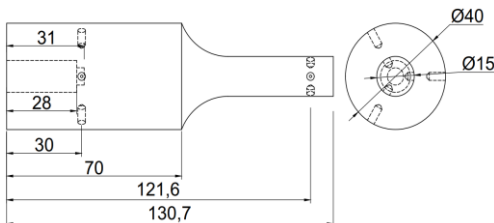
Nhiệm vụ chính của đầu rung siêu âm là khuếch đại biên độ dao động đến mức độ phù hợp tại bề mặt làm việc. Đồng thời truyền năng lượng cơ học từ hệ transducer/bộ chuyển đổi và booster/bộ khuếch đại (nếu có) đến bề mặt làm việc. Khi hoạt động các phân tử của đầu rung co và giãn theo trục của nó và với tần số dao động tự nhiên. Vì vậy bộ chuyển đổi, bộ khuếch đại và đầu rung cần phải được cộng hưởng với nhau. Tần số dao động tự nhiên của đầu rung phụ thuộc vào chiều dài của nó và được tính theo công thức sóng (1), như sau [1-3]:

$$\lambda = \frac{c}{f_n} = \frac{1}{f_n} \sqrt{\frac{E}{\rho}} = 2l \quad (1)$$

Trong đó, l là chiều dài đầu rung, λ là bước sóng, f_n là tần số dao động tự nhiên, c là vận tốc truyền sóng, E và ρ là mô đun đàn hồi và khối lượng riêng của vật liệu làm đầu rung tương ứng.

Tính toán kích thước chính xác của đầu rung là vô cùng quan trọng. Kích thước đầu rung luôn là bội số của nửa bước sóng.

Trong nghiên cứu này, đầu rung dạng bước, Hình 3, được thiết kế và chế tạo sử dụng hợp kim nhôm A7075 với các thông số công nghệ như: tần số làm việc 20kHz, biên độ dao động là 65 μ m, hệ số khuếch đại là 2,5 và diện tích làm việc là hình tròn bán kính 15mm. Biên độ dao động dọc trục đầu rung được phần mềm CARD (Computer Aided Resonator Design) mô phỏng như Hình 4.

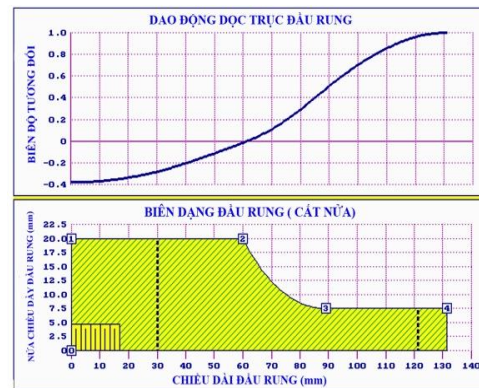


Hình 3. Biên dạng đầu rung thiết kế

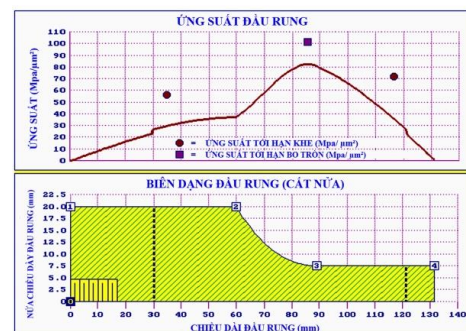
Dao động dọc trục của đầu rung bao gồm dao động nén và dao động giãn. Trong kết quả mô phỏng, nếu chọn điểm số 2 làm gốc, chính là điểm gốc trong lắp ghép chi tiết, thì dao động của toàn bộ đầu rung được biểu diễn như trên Hình 4. Ở đây biên độ ở điểm 4 là

lớn nhất và bằng 65 μ m, trục tung biểu diễn tỉ số giữa biên độ dao động dọc trục tại các điểm trên đầu rung với biên độ lớn nhất. Kết quả mô phỏng ở Hình 4 cho thấy mẫu thiết kế đầu rung bằng vật liệu nhôm A7075 này đáp ứng được yêu cầu về dao động làm việc. Trong phần mềm CARD, tần số của đầu rung có thể điều chỉnh bằng cách điều chỉnh các thông số cộng hưởng như: chiều dài, chiều dày hoặc đường kính, và vị trí bán kính chuyển tiếp. Ngoài ra, CARD có thể tự động điều chỉnh tăng và giảm thiểu ứng suất. Dựa vào các thông số đầu vào phần mềm CARD sẽ tính toán theo mặt cắt ngang dọc trục dao động để đưa ra kích thước chiều dài đầu rung phù hợp với tần số cộng hưởng của hệ. Hình 5 là kết quả mô phỏng trong CARD ứng suất dọc trục của đầu rung. Ứng suất tối hạn khe và ứng suất tối hạn bo tròn sẽ được xác định bởi các dữ liệu đầu vào như vật liệu, kích thước đầu rung, tần số làm việc,... Ứng suất dọc trục của đầu rung phải nhỏ hơn các ứng suất tối hạn để tránh hiện tượng nứt, phá hủy đầu rung khi làm việc. Trong Hình 5, ứng suất dọc trục, đặc biệt tại các vị trí có khe hở (điểm có chiều dài 30 và 121,6mm) và có sự thay đổi tiết diện (từ 60 đến 90mm), đã được điều chỉnh lựa chọn thỏa mãn nhỏ hơn ứng suất tối hạn.

2.2. Kết quả thiết kế



Hình 4. Phân bố dao động dọc trục của đầu rung



Hình 5. Phân bố ứng suất dọc trục của đầu rung

Thông thường đầu rung được chế tạo từ vật liệu tiêu chuẩn là hợp kim titan. Trong nghiên cứu này nhóm tác giả đã chọn hợp kim nhôm A7075 với các đặc tính như Bảng 1 và Bảng 2 [4].

Bảng 1. Thành phần hóa học của nhôm A7075

| Thành phần hóa học/ Chemical composition -7075 Aluminium | |
|--|----------------|
| Nhôm/ Aluminium (Al) | 87.1 - 91.4% |
| Crôm / Chromium (Cr) | 0.18 - 0.28% |
| Đồng / Copper (Cu) | 1.2 - 2.0% |
| Sắt / Iron (Fe) | 0.5 max |
| Magiê / Magnesium (Mg) | 2.1 - 2.9% |
| Mangan / Manganese (Mn) | 0.3% max |
| Silic / Silicon (Si) | 0.4 max |
| Kẽm / Zinc (Zn) | 5.1 - 6.1% max |
| Titan/ Titanium (Ti) | 0.2 max |

Bảng 2. Đặc tính cơ lý của nhôm A7075

| 7075 Aluminium/ Physical and Mechanical property / Cơ lý tính | Minimum Properties |
|---|--------------------|
| Giới hạn bền kéo / Ultimate Tensile Strength, psi | 83,000 |
| Độ bền nén / Yield Strength, psi | 73,000 |
| Độ cứng Brinell/ Brinell Hardness (HB) | 150 |
| Độ cứng Rockwell / Rockwell Hardness (HRC) | B87 |
| Mật độ thể tích/ Density (lb / cu. in.) | 0.101 |
| Trọng lượng riêng / Specific Gravity (kg/m ³) | 2.80 |
| Nhiệt độ nóng chảy / Melting Point (Deg F) | 900 |
| Modun kéo đàn hồi / Modulus of Elasticity Tension | 10.4 |
| Mô đun xoắn đàn hồi / Modulus of Elasticity Torsion | 3.8 |

Các kết quả mô phỏng trong CARD cho thấy rằng đầu rung bằng hợp kim nhôm 7075 hoàn toàn có thể sử dụng làm đầu rung cho máy khuấy siêu âm thay thế được đầu rung bằng hợp kim titan trong một số ứng dụng khuấy siêu âm [2]. Từ kết quả tính toán, mô phỏng và lựa chọn vật liệu, phôi được tiến hành phay, mài và mạ để thu được đầu rung như Hình 6.



Hình 6. Đầu rung sau khi gia công

2.3. Kết quả thực nghiệm

Đầu rung sau khi gia công được lắp đặt thử nghiệm trên máy khuấy của Công ty TNHH Mecstech Vina, như Hình 7.

Tiến hành khuấy trộn bằng máy khuấy thực tế, so sánh kết quả giữa khuấy trộn hỗn hợp chất lỏng bằng máy khuấy siêu âm với phương pháp khuấy trộn truyền thống. Từ đó cho thấy điểm vượt trội của phương pháp khuấy trộn bằng siêu âm. Trong thí nghiệm có 02 mẫu hỗn hợp chất lỏng được khuấy, kết quả được tóm tắt trong Bảng 3 và Bảng 4.



Hình 7. Máy khuấy siêu âm 20kHz với khuôn hàn

Bảng 3. Mẫu 01: Hỗn hợp nước trà - Dầu diesel

| Mẫu | Thành phần | Hỗn hợp ban đầu | Hỗn hợp khuấy tay | Hỗn hợp Khuấy bằng máy |
|-----|------------------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| 1 | Nước trà và Dầu diesel | | | |

Bảng 4. Mẫu 02: Hỗn hợp Sữa tắm - Sữa cam - Dầu diesel

| Mẫu | Thành phần | Hỗn hợp ban đầu | Hỗn hợp khuấy tay | Hỗn hợp Khuấy bằng máy |
|-----|--------------------------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| 3 | Sữa tắm, sữa cam và dầu diesel | | | |

Các mẫu sẽ được khuấy bằng dụng cụ khuấy cơ học trong 05 phút (300 giây), các mẫu khuấy bằng siêu âm sẽ được khuấy 15 giây (mẫu 01) và 20 giây (mẫu 02). Từ các mẫu thí nghiệm trên rất dễ dàng để đánh giá bằng mắt thường rằng hiệu quả khuấy bằng máy siêu âm là nổi trội hơn rất nhiều so với phương pháp khuấy dụng cụ khuấy thông thường về cả thời gian lẫn độ hòa tan. Sau khi khuấy từ 5-10 phút thì mẫu khuấy thông thường sẽ bị tách pha trở lại trong khi mẫu khuấy bằng máy siêu âm hầu như không tách pha và sau 25 ngày thì mới bắt đầu có hiện tượng tách pha.

3. Kết luận

Bài báo đã tổng hợp các kiến thức về nguyên lý hoạt động, ứng dụng của công nghệ khuấy siêu âm; đưa ra phương pháp thiết kế đầu rung. Các tác giả đã sử dụng phần mềm CARD để thiết kế chế tạo đầu rung hợp kim nhôm A7075. Đầu rung được gia công và thử nghiệm trên một số mẫu hỗn hợp dung dịch cho kết quả tốt vượt trội so với khuấy thủ công cả về thời gian

và chất lượng dung dịch thu được.

Kết quả này có thể hướng đến việc sản xuất và nội địa hóa sản phẩm đầu rung siêu âm với vật liệu thay thế là hợp kim nhôm A7075. Đồng thời có thể nghiên cứu chế tạo các ứng dụng khác của khuấy siêu âm như:

- Chế tạo bộ hòa trộn nhiên liệu online cho động cơ diesel sử dụng nhiên liệu hỗn hợp;
- Chế tạo các máy pha chế siêu âm;
- Máy trích ly sử dụng công nghệ siêu âm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Khiếu Hữu Triển, Lê Đăng Khánh, Phạm Duy Thuyền, *Nghiên cứu chế tạo thử nghiệm khuôn hàn thép cho máy hàn nhựa nhiệt dẻo bằng công nghệ siêu âm*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, (Số 55), tr.31-36, 2018.

[2] S. Sherrit, P. Dolgin and Y. Bar-Cohen, Modeling of Horns for Sonic/Ultrasonic Applications, IEEE Proceedings of Ultrasonics Symposium, Vol.1, pp. 647-651, 1999.

[3] Zainal Ambri Abdul Karim and Co., *The characteristics of water-in-biodiesel emulsions produced using ultrasonic homogenizer*, Alexandria Engineering Journal, Vol.59, Issue 1., pp.227-237. February 2020

[4] Đặc tính Nhôm 7075, Công ty TNHH Thép H&D, <http://www.hdsteel.com.vn/>.

| | |
|--------------------|-----------|
| Ngày nhận bài: | 30/6/2021 |
| Ngày nhận bản sửa: | 05/8/2021 |
| Ngày duyệt đăng: | 22/8/2021 |