



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0035529

(51)¹⁹ B08B 3/12; C23G 3/00; B08B 3/10

(13) B

(21) 1-2019-05001

(22) 16/03/2018

(86) PCT/JP2018/010457 16/03/2018

(87) WO 2018/169050 20/09/2018

(30) 2017-051006 16/03/2017 JP

(45) 25/05/2023 422

(43) 25/12/2019 381A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1008071 Japan

(72) HOSHIBA, Eri (JP); DATE, Hiromitsu (JP); NISHIMOTO, Takumi (JP); UEMURA, Kenichi (JP).

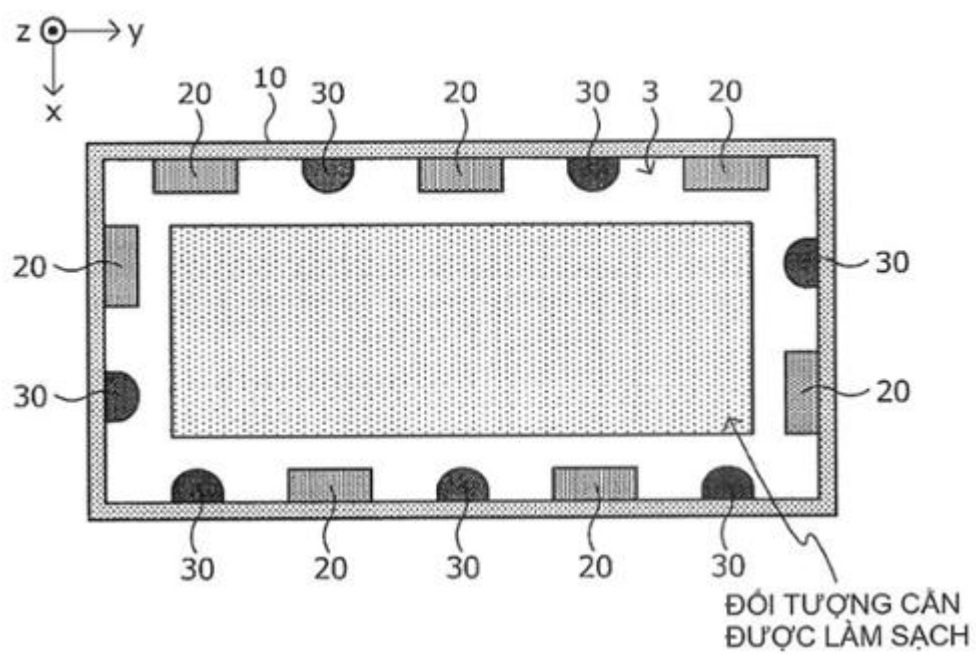
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) THIẾT BỊ LÀM SẠCH BẰNG SIÊU ÂM VÀ PHƯƠNG PHÁP LÀM SẠCH BẰNG SIÊU ÂM

(57) Sáng chế đề xuất thiết bị và phương pháp làm sạch bằng siêu âm để làm cho các sóng siêu âm có thể được truyền với hiệu quả tốt hơn khắp toàn bộ bồn xử lý, và đối tượng cần làm sạch có thể được làm sạch với hiệu quả tốt hơn bất kể dạng của đối tượng.

Thiết bị làm sạch bằng siêu âm (1) gồm bồn xử lý (10) chứa chất lỏng làm sạch mà làm sạch đối tượng cần làm sạch và đối tượng cần làm sạch được ngâm trong đó; cơ cấu phát siêu âm (20) phát các sóng siêu âm cho chất lỏng làm sạch được chứa bên trong bồn xử lý; và bộ phận có bề mặt cong (30) được đặt trong khoảng được ấn định bởi góc nghiêng được ấn định từ hướng pháp tuyến ở phần đầu mút của bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm tới phía ngoài đối với bề mặt rung và được giữ trên bề mặt thành và/hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý. Bộ phận có bề mặt cong có bề mặt cong lồi (31) trong đó có ít nhất phần cong lồi (33) có hình dạng bề mặt là bề mặt hình cầu hoặc bề mặt không phải hình cầu và phần cong lồi ở trạng thái nhô ra nhiều hơn về phía bề mặt rung so với phần không phải là phần cong lồi, và bề mặt cong lồi được giữ ở trạng thái hướng về bề mặt rung theo cách sao cho ít nhất phần các sóng âm thứ nhất mà là các sóng âm được phát từ cơ cấu phát siêu âm và không trải qua phản xạ tới được phần cong lồi của bề mặt cong lồi.

1: THIẾT BỊ LÀM SẠCH BẰNG SIÊU ÂM



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị làm sạch bằng siêu âm và phương pháp làm sạch bằng siêu âm.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nói chung, trong các quy trình sản xuất các vật thể kim loại khác nhau như là các tấm thép và các ống thép, phương pháp xử lý làm sạch trong đó các vật thể kim loại được làm sạch bằng cách được ngâm liên tục trong bồn làm sạch trong đó chất lỏng hóa học, dung dịch súc rửa, hoặc tương tự được lưu trữ được sử dụng rộng rãi để loại bỏ rỉ v.v. sinh ra trên các bề mặt của các vật thể kim loại này. Các ví dụ về thiết bị xử lý làm sạch mà thực hiện phương pháp xử lý làm sạch như vậy bao gồm thiết bị làm sạch sử dụng vòi phun luồng không khí áp lực cao, thiết bị làm sạch bằng siêu âm sử dụng các sóng siêu âm, v.v..

Đối với phương pháp làm sạch bằng siêu âm sử dụng các sóng siêu âm như vậy, chẳng hạn, tài liệu sáng chế 1 dưới đây đề xuất phương pháp trong đó bộ phản xạ siêu âm được lắp đặt song song với bề mặt của bộ tạo rung trong bồn làm sạch bằng siêu âm ở khoảng cách vị trí là $\lambda/4 \cdot (2n - 1)$ [λ : bước sóng, n : số nguyên tùy ý] từ bề mặt của bộ tạo rung.

Thêm nữa, tài liệu sáng chế 2 dưới đây đề xuất một kỹ thuật trong đó các bọt vi thể được bổ sung vào chất lỏng làm sạch và các sóng siêu âm có hai tần số trong khoảng tần số là lớn hơn hoặc bằng 28,0 kHz và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0 MHz được phát, và nhờ đó hiệu quả làm sạch sử dụng các sóng siêu âm được cải

thiện thêm.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP H6-343933A

Tài liệu sáng chế 2: WO 2011/067955

Tuy nhiên, phương pháp được đề xuất trong tài liệu sáng chế 1 ở trên là phương pháp trong đó bộ phản xạ được lắp đặt song song với bề mặt của bộ tạo rung và các sóng siêu âm được phản xạ bởi bộ phản xạ như vậy; vì thế, khi bề mặt của bộ phản xạ là bề mặt cong hoặc có các phần nhô ra, thì phương pháp này có khó khăn về việc phản xạ các sóng siêu âm một cách hiệu quả và giảm hiệu quả làm sạch. Thêm nữa, bộ phản xạ được đề xuất trong tài liệu sáng chế 1 là tấm phẳng; trong trường hợp này, các sóng đứng do các sóng siêu âm sinh ra, và vùng có cường độ siêu âm nhỏ xuất hiện. Bởi vậy, xuất hiện việc làm sạch không đều, và không thể được thực hiện việc làm sạch đồng đều. Thêm nữa, trong phương pháp như vậy, việc làm sạch dựa trên các sóng siêu âm không thể được thực hiện trong phần bị che khuất từ bề mặt của bộ tạo rung, và việc làm sạch dựa trên các sóng siêu âm là khó thực hiện với hiệu quả tốt khắp toàn bộ bồn xử lý.

Trong kỹ thuật được đề xuất trong tài liệu sáng chế 2 ở trên, các sóng siêu âm có hai tần số được sử dụng; tuy nhiên, sự thích ứng giữa các sóng siêu âm với hai tần số khác nhau là khó khăn, và dạng của đối tượng mà có thể được làm sạch và vùng làm sạch bị giới hạn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Sáng chế đã được thực hiện khi xem xét vấn đề được nêu ở trên, và mục đích của sáng chế là đề xuất thiết bị làm sạch bằng siêu âm và phương pháp làm sạch bằng siêu âm nhờ đó các sóng siêu âm có thể được truyền với hiệu quả tốt hơn khắp toàn bộ bồn xử lý và đối tượng cần được làm sạch có thể được làm sạch với hiệu quả tốt hơn bất kể dạng của đối tượng cần được làm sạch.

Biện pháp giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế thực hiện các nghiên cứu ở phạm vi rộng để giải quyết vấn đề được nêu ở trên, và đã thu được những phát hiện rằng các sóng siêu âm có thể được truyền với hiệu quả tốt hơn khắp toàn bộ bồn xử lý trong đó chất lỏng làm sạch được lưu trữ bằng cách lắp đặt bộ phận có bề mặt cong có hình dạng được ấn định ở vị trí được ấn định trong bồn xử lý, và đối tượng cần được làm sạch có thể được làm sạch với hiệu quả tốt hơn bất kể dạng đối tượng cần được làm sạch; như vậy, đã hoàn thành sáng chế, mà được mô tả chi tiết dưới đây.

Nội dung của sáng chế được hoàn thành dựa trên các phát hiện như vậy là như sau.

[1] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm gồm: bồn xử lý mà lưu trữ chất lỏng làm sạch mà làm sạch đối tượng cần được làm sạch và trong đó đối tượng cần được làm sạch được ngâm; cơ cấu phát siêu âm mà phát các sóng siêu âm cho chất lỏng làm sạch được lưu trữ ở bên trong của bồn xử lý; và bộ phận có bề mặt cong mà được đặt ở khoảng được ấn định bởi góc nghiêng được ấn định từ hướng pháp tuyến ở phần đầu mút của bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm tới

phía ngoài đối với bề mặt rung và được giữ trên bề mặt thành và/hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý. Bộ phận có bề mặt cong có bề mặt cong lồi trong đó có ít nhất phần cong lồi có hình dạng bề mặt là bề mặt hình cầu hoặc bề mặt không phải hình cầu và phần cong lồi ở trạng thái nhô ra nhiều hơn về phía bề mặt rung so với phần không phải là phần cong lồi nhô ra, và bề mặt cong lồi được giữ ở trạng thái hướng về bề mặt rung theo cách như vậy mà ít nhất phần các sóng âm thứ nhất mà là các sóng âm mà được phát từ cơ cấu phát siêu âm và đã không trải qua phản xạ tới được phần cong lồi của bề mặt cong lồi.

[2] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục [1], trong đó chiều cao lớn nhất H của phần cong lồi trên bề mặt cong lồi đáp ứng mối quan hệ là $\lambda/2 < H$, trong đó bước sóng của sóng siêu âm được biểu thị bởi λ .

[3] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục [1] hoặc [2], trong đó độ lớn của góc nghiêng là lớn hơn hoặc bằng 0 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 30 độ.

[4] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [3], trong đó phần cong lồi của bộ phận có bề mặt cong có tỷ lệ diện tích là lớn hơn hoặc bằng 30% so với tổng diện tích của bộ phận có bề mặt cong được đặt nằm trong khoảng được ấn định dựa trên bề mặt rung.

[5] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [4], trong đó phần cong lồi của bộ phận có bề mặt cong có tỷ lệ diện tích là lớn hơn hoặc bằng 1% và nhỏ hơn hoặc bằng 80% so với tổng diện tích bề mặt của bề mặt thành và/hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý được đặt nằm trong khoảng được ấn định dựa trên bề mặt rung.

[6] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1]

đến [5], trong đó bộ phận có bề mặt cong, và bề mặt thành và/hoặc bề mặt đáy mà trên đó bộ phận có bề mặt cong được đặt không có phần lõm.

[7] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [6], gồm: nhiều bộ phận có bề mặt cong mà được bố trí với các khoảng cách được ấn định.

[8] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục [7], trong đó khoảng cách tách rời L giữa các bộ phận có bề mặt cong liền kề trong số nhiều bộ phận có bề mặt cong đáp ứng mối quan hệ là $3H < L$ đối với chiều cao lớn nhất H của phần cong lồi của bộ phận có bề mặt cong.

[9] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [8], trong đó khoảng cách tách rời D giữa bề mặt rung và vị trí mà tạo ra chiều cao lớn nhất của phần cong lồi trên bề mặt cong lồi trong bộ phận có bề mặt cong là lớn hơn hoặc bằng 5 cm và nhỏ hơn hoặc bằng 250 cm.

[10] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [9], trong đó bộ phận có bề mặt cong là bộ phận có bề mặt cong được tạo ra từ vật liệu có trở kháng âm thanh là lớn hơn hoặc bằng 1×10^7 [kg·m⁻²·giây⁻¹] và nhỏ hơn hoặc bằng 2×10^8 [kg·m⁻²·giây⁻¹].

[11] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [10], còn gồm: cơ cấu kiểm soát khí được hòa tan mà kiểm soát lượng khí được hòa tan trong chất lỏng làm sạch được lưu trữ trong bồn xử lý.

[12] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục [11], trong đó cơ cấu kiểm soát khí được hòa tan thực hiện sự kiểm soát sao cho lượng khí được hòa tan là 1% đến 50% của lượng bão hòa của khí được hòa tan trong chất lỏng làm sạch.

[13] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [12], còn gồm: cơ cấu cung cấp bột mịn mà cung cấp các bột mịn mỗi bột có đường kính bột không khí trung bình được ấn định vào chất lỏng làm sạch được lưu trữ trong bồn xử lý.

[14] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục [13], trong đó cơ cấu cung cấp bột mịn cung cấp các bột mịn mỗi bột có đường kính bột không khí trung bình là 0,01 μm đến 100 μm theo cách như vậy mà tổng lượng các bột không khí là $10^3/\text{mL}$ đến $10^{10}/\text{mL}$.

[15] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục [13] hoặc [14], trong đó cơ cấu cung cấp bột mịn cung cấp các bột mịn theo cách như vậy mà, trong chất lỏng làm sạch, tỷ lệ của số lượng các bột mịn mỗi bột có đường kính bột không khí nhỏ hơn hoặc bằng đường kính cộng hưởng tần số mà là đường kính cộng hưởng với tần số của sóng siêu âm là lớn hơn hoặc bằng 70% của số lượng tất cả các bột mịn có trong chất lỏng làm sạch.

[16] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [15], trong đó cơ cấu phát siêu âm lựa chọn tần số của sóng siêu âm từ dải tần số là 20 kHz đến 200 kHz.

[17] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [16], trong đó cơ cấu phát siêu âm phát các sóng siêu âm cho chất lỏng làm sạch trong khi xê dịch tần số trong khoảng là $\pm 0,1$ kHz đến ± 10 kHz quanh tần số siêu âm được lựa chọn.

[18] Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [17], trong đó bộ phản xạ mà phản xạ các sóng siêu âm còn được bố trí giữa

bộ phận có bề mặt cong và bề mặt thành hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý mà trên đó bộ phận có bề mặt cong được giữ.

[19] Phương pháp làm sạch bằng siêu âm mà làm sạch đối tượng cần được làm sạch bằng cách sử dụng bồn xử lý trong đó chất lỏng làm sạch mà làm sạch đối tượng cần được làm sạch được đặt vào, trong đó cơ cấu phát siêu âm mà phát các sóng siêu âm cho chất lỏng làm sạch được bố trí cho bồn xử lý, và bộ phận có bề mặt cong được bố trí cho bề mặt thành và/hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý được đặt trong khoảng được ấn định bởi góc nghiêng được ấn định từ hướng pháp tuyến ở phần đầu mút của bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm tới phía ngoài đối với bề mặt rung, phương pháp làm sạch bằng siêu âm gồm: phát các sóng siêu âm cho chất lỏng làm sạch được lưu trữ trong bồn xử lý; và ngâm đối tượng cần được làm sạch trong chất lỏng làm sạch mà các sóng siêu âm được phát vào đó. Bộ phận có bề mặt cong có bề mặt cong lồi trong đó có ít nhất phần cong lồi có hình dạng bề mặt là bề mặt hình cầu hoặc bề mặt không phải hình cầu và phần cong lồi ở trạng thái nhô ra nhiều hơn về phía bề mặt rung so với phần không phải là phần cong lồi nhô ra, và bề mặt cong lồi được giữ ở trạng thái hướng về bề mặt rung theo cách như vậy mà ít nhất phần các sóng âm thứ nhất mà là các sóng âm được phát từ cơ cấu phát siêu âm và đã không trải qua phản xạ tới được phần cong lồi của bề mặt cong lồi.

Hiệu quả của sáng chế

Như được mô tả ở trên, theo sáng chế, các sóng siêu âm có thể được truyền với hiệu quả tốt hơn khắp toàn bộ bồn xử lý, và đối tượng cần được làm sạch có thể được làm sạch với hiệu quả tốt hơn bất kể dạng của đối tượng cần

được làm sạch.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG.1A là sơ đồ giải thích thể hiện dưới dạng giản đồ một ví dụ về cấu tạo tổng thể của thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo một phương án của sáng chế.

FIG.1B là sơ đồ giải thích thể hiện dưới dạng giản đồ một ví dụ về cấu tạo tổng thể của thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo phương án này.

FIG.1C là sơ đồ giải thích thể hiện dưới dạng giản đồ một ví dụ về cấu tạo tổng thể của thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo phương án này.

FIG.1D là sơ đồ giải thích thể hiện dưới dạng giản đồ một ví dụ về cấu tạo tổng thể của thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo phương án này.

FIG.2 là sơ đồ giải thích thể hiện dưới dạng giản đồ các ví dụ về bộ phận có bề mặt cong theo phương án này.

FIG.3 là sơ đồ giải thích để mô tả bộ phận có bề mặt cong theo phương án này.

FIG.4A là sơ đồ giải thích để mô tả bộ phận có bề mặt cong theo phương án này.

FIG.4B là sơ đồ giải thích để mô tả bộ phận có bề mặt cong theo phương án này.

FIG.4C là sơ đồ giải thích để mô tả bộ phận có bề mặt cong theo phương án này.

FIG.5 là sơ đồ giải thích để mô tả bộ phận có bề mặt cong theo phương án này.

FIG.6 là sơ đồ giải thích để mô tả bộ phận có bề mặt cong theo phương án

này.

FIG.7A là sơ đồ giải thích thể hiện dưới dạng giản đồ cấu tạo của thiết bị làm sạch bằng siêu âm được sử dụng trong ví dụ thực nghiệm 1.

FIG.7B là sơ đồ giải thích thể hiện dưới dạng giản đồ cấu tạo của thiết bị làm sạch bằng siêu âm được sử dụng trong ví dụ thực nghiệm 1.

FIG.8 là sơ đồ giải thích để mô tả các vị trí đo của cường độ siêu âm trong ví dụ thực nghiệm 1.

FIG.9A là sơ đồ giải thích thể hiện dưới dạng giản đồ cấu tạo của thiết bị làm sạch bằng siêu âm được sử dụng trong ví dụ thực nghiệm 2.

FIG.9B là sơ đồ giải thích thể hiện dưới dạng giản đồ cấu tạo của thiết bị làm sạch bằng siêu âm được sử dụng trong ví dụ thực nghiệm 2.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, (các) phương án được ưu tiên của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dựa vào hình vẽ kèm theo. Lưu ý rằng, trong bản mô tả này và các hình vẽ kèm theo, các các bộ phận cấu tạo mà về cơ bản là có cùng chức năng và cấu tạo được biểu thị bằng cùng các số chỉ dẫn, và sự giải thích lặp lại về các các bộ phận cấu tạo này được bỏ qua. Thêm nữa, các kích cỡ của các bộ phận trong các hình vẽ được nhấn mạnh để mô tả dễ dàng hơn là thích hợp, và không thể hiện các kích thước thực tế và các tỷ lệ giữa các bộ phận.

Cấu tạo tổng thể của thiết bị làm sạch bằng siêu âm

Trước tiên, cấu tạo tổng thể của thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo một phương án của sáng chế được mô tả vắn tắt dựa vào các hình vẽ từ FIG.1A đến FIG.1D. FIG.1A đến FIG.1D là các sơ đồ giải thích thể hiện dưới dạng giản đồ

các ví dụ về cấu tạo tổng thể của thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo phương án này.

Thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này là thiết bị mà làm sạch bề mặt của đối tượng cần được làm sạch bằng cách sử dụng các sóng siêu âm ngoài chất lỏng làm sạch với sự kết hợp. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 như vậy có thể được sử dụng ở thời điểm làm sạch các vật thể kim loại khác nhau điển hình là các vật liệu bằng thép và tương tự, các vật thể không phải kim loại khác nhau điển hình là các bộ phận bằng nhựa chất dẻo và tương tự, v.v.. Chẳng hạn, xử lý tẩy rỉ, xử lý tẩy nhòn, và xử lý làm sạch thêm có thể được thực hiện trên, đối với đối tượng cần được làm sạch, các vật thể kim loại khác nhau như là các tấm thép, các ống thép, và các vật liệu dây thép bằng cách sử dụng thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này.

Ở đây, xử lý tẩy rỉ là xử lý loại bỏ rỉ oxit được tạo ra trên bề mặt của vật thể kim loại, và xử lý tẩy nhòn là xử lý loại bỏ dầu như là chất bôi trơn và dầu gia công được sử dụng cho bước xử lý gia công hoặc tương tự. Xử lý tẩy rỉ và xử lý tẩy nhòn là xử lý sơ bộ được thực hiện trước khi xử lý hoàn thiện bề mặt (xử lý che phủ kim loại, xử lý chuyển đổi hóa học, xử lý phủ, v.v.) được thực hiện trên vật thể kim loại. Phần kim loại nền có thể được hòa tan bởi xử lý tẩy rỉ. Thêm nữa, xử lý tẩy rỉ như vậy cũng được sử dụng để hòa tan vật thể kim loại được dựa trên khắc mòn để cải thiện chất lượng hoàn thiện bề mặt. Xử lý tẩy nhòn có thể bố trí trước khi xử lý tẩy rỉ; khả năng tẩy nhòn trong xử lý tẩy nhòn có thể ảnh hưởng đến sự loại bỏ rỉ trong xử lý tẩy rỉ tiếp sau.

Thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này được mô tả chi tiết

dưới đây, cũng như quy trình làm sạch trong dây truyền sản xuất giống như được nêu ở trên, có thể được sử dụng để làm sạch các ống đã sử dụng, các bồn và các thiết bị mà cần sự loại bỏ bẩn thường xuyên hoặc không thường xuyên, và tương tự.

Như được minh họa trên FIG.1A, thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này là thiết bị gồm ít nhất bồn xử lý 10, các cơ cấu phát siêu âm 20, và các bộ phận có bề mặt cong 30. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này có thể, như được minh họa trên FIG.1B, còn gồm cơ cấu kiểm soát khí được hòa tan 40 ngoài cấu tạo được thể hiện trên FIG.1A, và có thể, như được minh họa trên FIG.1C, còn gồm cơ cấu cung cấp bọt mịn 50 ngoài cấu tạo được thể hiện trên FIG.1A. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này có thể, như được minh họa trên FIG.1D, còn gồm cơ cấu kiểm soát khí được hòa tan 40 và cơ cấu cung cấp bọt mịn 50 ngoài cấu tạo được thể hiện trên FIG.1A.

Cấu tạo của mỗi thành phần trong thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này sẽ được mô tả chi tiết.

Bồn xử lý 10

Chất lỏng làm sạch 3 được sử dụng để làm sạch đối tượng cần được làm sạch và đối tượng cần được làm sạch được đặt trong bồn xử lý 10. Loại chất lỏng làm sạch 3 được lưu trữ trong bồn xử lý 10 không bị giới hạn cụ thể, và chất lỏng làm sạch đã biết có thể được sử dụng phù hợp với xử lý được thực hiện trên đối tượng cần được làm sạch. Các hạt đã biết hoặc tương tự có thể được bổ sung cho chất lỏng làm sạch 3 nhằm mục đích cải thiện thêm về khả

năng làm sạch.

Ở đây, vật liệu được sử dụng để tạo ra bồn xử lý 10 theo phương án này không bị giới hạn cụ thể, và có thể là các vật liệu kim loại khác nhau như là sắt, thép, và các tấm thép không gỉ, có thể là các nhựa chất dẻo khác nhau như là các chất dẻo được gia cường bằng sợi (FRP) và polypropylen (PP), hoặc có thể là các loại gạch khác nhau như là các gạch chịu axit. Tức là, để làm bồn xử lý 10 có trong thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này, các bồn xử lý được tạo ra từ các vật liệu giống như các vật liệu được nêu ở trên có thể được tạo mới, hoặc các bồn xử lý đã có sẵn trong các dây chuyền sản xuất khác nhau có thể được sử dụng.

Kích cỡ của bồn xử lý 10 cũng không bị giới hạn cụ thể; ngay cả các bồn xử lý có kích cỡ lớn có các hình dạng khác nhau, như là bồn có độ sâu từ bề mặt của cửa chất lỏng là xấp xỉ 1 đến 2 m $\times$ tổng độ dài là xấp xỉ 3 đến 25 m, có thể được sử dụng làm bồn xử lý 10 của thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này.

Trong bồn làm sạch 10, ưu tiên là bề mặt thành và/hoặc bề mặt đáy mà trên đó các bộ phận có bề mặt cong 30 được mô tả dưới đây được bố trí không có phần lõm. Nhờ đó, ngăn chặn được hiện tượng trong đó các sóng siêu âm hội tụ do phần lõm và một phần của các sóng siêu âm không thể sử dụng được.

Cơ cấu phát siêu âm 20

Cơ cấu phát siêu âm 20 phát các sóng siêu âm với tần số được ấn định cho chất lỏng làm sạch 3 và đối tượng cần được làm sạch được đặt trong bồn xử lý 10. Cơ cấu phát siêu âm 20 không bị giới hạn cụ thể, và cơ cấu đã biết, như là bộ

tạo rung siêu âm được nối với bộ tạo dao động siêu âm không được minh họa, có thể được sử dụng. Mặc dù FIG.1A đến FIG.1D thể hiện trường hợp mà cơ cấu phát siêu âm 20 được bố trí trên bề mặt thành của bồn xử lý 10, vị trí lắp đặt của cơ cấu phát siêu âm 20 trên bồn xử lý 10 cũng không bị giới hạn cụ thể, và một hoặc nhiều bộ tạo rung siêu âm có thể được lắp đặt trên bề mặt thành hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý 10, nếu thích hợp. Khi các điều kiện nhờ đó các sóng siêu âm được truyền đồng đều trong toàn bộ bồn xử lý 10 được tạo ra, sự cân bằng giữa các tải giao động của các bộ tạo rung siêu âm là đồng đều, và do đó sự giao thoa không xuất hiện giữa các sóng siêu âm được sinh ra ngay cả khi số lượng các bộ tạo rung siêu âm là nhiều.

Tần số của sóng siêu âm được cấp ra từ cơ cấu phát siêu âm 20 ưu tiên là 20 kHz đến 200 kHz, chẳng hạn. Bởi tần số của sóng siêu âm là nằm trong khoảng được nêu ở trên, nên rỉ có trên bề mặt của vật thể kim loại, như là vật liệu bằng thép, có thể được loại bỏ một cách có lợi. Nếu tần số của sóng siêu âm là thấp hơn 20 kHz, thì sự truyền siêu âm có thể bị cản trở bởi các bọt không khí có các kích thước lớn được sinh ra từ bề mặt của đối tượng cần được làm sạch, và hiệu quả cải thiện khả năng làm sạch dựa trên các sóng siêu âm có thể giảm đi. Thêm nữa, nếu tần số của sóng siêu âm là cao hơn 200 kHz, thì khả năng đi thẳng của sóng siêu âm ở thời điểm làm sạch đối tượng cần được làm sạch là quá mạnh, và độ đồng đều của bước làm sạch có thể giảm đi. Thêm nữa, sự loại bỏ rỉ có thể là khó khăn phụ thuộc vào cấu tạo thiết bị của thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1. Tần số của sóng siêu âm được cấp ra từ cơ cấu phát siêu âm 20 ưu tiên là 20 kHz đến 150 kHz, và ưu tiên hơn là 25 kHz đến 100 kHz.

Đối với tần số của sóng siêu âm được phát, ưu tiên là giá trị thích hợp

được lựa chọn nằm trong khoảng được nêu ở trên phù hợp với đối tượng cần được làm sạch, và các sóng siêu âm có hai hoặc nhiều tần số có thể được phát phụ thuộc vào loại đối tượng cần được làm sạch.

Ưu tiên đối với cơ cấu phát siêu âm 20 có chức năng xê dịch tần số mà có thể phát sóng siêu âm trong khi xê dịch tần số trong khoảng $\pm 0,1$ kHz đến ± 10 kHz quanh tần số siêu âm được lựa chọn. Lý do tại sao là ưu tiên đối với cơ cấu phát siêu âm 20 có chức năng xê dịch tần số được mô tả dưới đây.

Bộ phận có bề mặt cong 30

Như được mô tả chi tiết dưới đây, bộ phận có bề mặt cong 30 là bộ phận có bề mặt cong mà là lỗi về phía bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm 20, và là bộ phận mà phản xạ các sóng siêu âm mà đã tới được bộ phận có bề mặt cong 30 theo nhiều hướng. Bằng cách bố trí bộ phận có bề mặt cong 30 như vậy trên ít nhất một trong số bề mặt thành và bề mặt đáy trong bồn xử lý 10, các sóng siêu âm được sinh ra từ bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm 20 có thể được truyền tới toàn bộ bồn xử lý 10.

Chi tiết hơn, bộ phận có bề mặt cong 30 theo phương án này có ít nhất phần cong lỗi có hình dạng bề mặt là bề mặt hình cầu hoặc bề mặt không phải hình cầu, và có bề mặt cong lỗi ở trạng thái mà phần cong lỗi như vậy nhô ra nhiều hơn về phía bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm 20 so với các phần không phải là phần cong lỗi nhô ra.

FIG.2 thể hiện các ví dụ về bộ phận có bề mặt cong 30 theo phương án này. FIG.2 thể hiện các hình dạng của các bộ phận có bề mặt cong 30 theo phương án này như được nhìn từ phía trên của trục z trong các trục tọa độ được

thể hiện trên FIG.1A đến FIG.1D.

Như được thể hiện trên FIG.2 một cách riêng rẽ, bộ phận có bề mặt cong 30 theo phương án này có ít nhất là bề mặt cong lồi 31, và bề mặt cong lồi 31 như vậy có ít nhất phần cong lồi 33 có hình dạng bề mặt là bề mặt hình cầu hoặc bề mặt không phải hình cầu. Trong thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này, bề mặt cong lồi 31 có phần cong lồi 33 như vậy của bộ phận có bề mặt cong 30 nhô về phía bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm 20, và được giữ ở trạng thái hướng về bề mặt rung như vậy.

Bộ phận có bề mặt cong 30 theo phương án này có thể có phần cong không lồi 35 mà là phần không phải là phần cong lồi 33 như được thể hiện ở phần phía trên của FIG.2, hoặc có thể được tạo ra chỉ là bề mặt cong lồi 31 như được thể hiện ở phần giữa và phần dưới của FIG.2.

Thêm nữa, bộ phận có bề mặt cong 30 theo phương án này có thể là vật thể dạng cột đặc như được thể hiện ở phần trên và phần giữa của FIG.2, hoặc có thể là vật thể dạng hình trụ rỗng như được thể hiện ở phần dưới của FIG.2. Trong trường hợp mà bộ phận có bề mặt cong 30 là rỗng, các khí khác nhau như là không khí có thể có mặt hoặc các chất lỏng khác nhau như là chất lỏng làm sạch 3 được lưu trữ trong bồn xử lý 10 có thể có mặt trong khoảng không của bộ phận có bề mặt cong 30 ở trạng thái được lắp trong bồn xử lý 10.

Bởi bộ phận có bề mặt cong 30 có bề mặt cong lồi 31 giống như được nêu ở trên, nên các sóng siêu âm được phản xạ theo nhiều hướng, và đạt được sự truyền siêu âm đồng đều không có độ lệch; như vậy, sự giao thoa giữa các sóng siêu âm có thể được ngăn chặn. Bởi vậy, các sóng siêu âm có thể khuếch tán ba

chiều theo tất cả các hướng trong bồn làm sạch 10, và bước làm sạch đồng đều không có sự không đều có thể được thực hiện. Tức là, các sóng siêu âm tới được đối tượng cần được làm sạch từ tất cả các góc, và bề mặt của đối tượng cần được làm sạch được làm sạch đồng đều. Ở đây, nếu bộ phận có bề mặt cong 30 gồm phần lõm, thì các sóng siêu âm được phản xạ ở phần lõm và do đó hội tụ, và các sóng siêu âm không thể được phản xạ một cách hiệu quả tới toàn bộ bồn xử lý 10. Thêm nữa, ngay cả trong trường hợp mà phần lõm được bố trí, nếu phần lõm không phải là bề mặt cong mà là bề mặt phẳng, thì các sóng siêu âm có thể được phản xạ chỉ theo một hướng, và các sóng siêu âm không thể được phản xạ một cách hiệu quả tới toàn bộ bồn xử lý 10.

Các hình dạng của các bộ phận có bề mặt cong 30 được thể hiện trên FIG.2 chỉ là các ví dụ, và hình dạng của bộ phận có bề mặt cong 30 theo phương án này không giới hạn ở các hình dạng được thể hiện trên FIG.2. Tuy nhiên, trong bộ phận có các mặt lõm và các mặt lồi dạng sóng, thì phần lõm hội tụ các sóng siêu âm, và vì vậy có thể là khó khăn để khuếch tán các sóng siêu âm đồng đều; như vậy, thì phần này không có trong bộ phận có bề mặt cong 30 theo phương án này.

Ở đây, trong trường hợp mà bộ phận có bề mặt cong 30 có phần cong lồi 33 và phần cong không lồi 35, thì chiều cao lớn nhất H của phần cong lồi 33 trên bề mặt cong lồi 31 giống như chiều cao được thể hiện trên mỗi hình vẽ của FIG.2 là chiều cao được ấn định, làm chuẩn, với vị trí của phần nổi giữa phần cong lồi 33 và phần cong không lồi 35. Thêm nữa, trong trường hợp mà bộ phận có bề mặt cong 30 chỉ có phần cong lồi 33, thì chiều cao lớn nhất H là chiều cao tương ứng với bán kính, độ dài $1/2$ đường kính trục dài, độ dài $1/2$ đường kính

trục ngắn, hoặc tương tự của bộ phận có bề mặt cong 30. Khi bước sóng của sóng siêu âm được phát bởi cơ cấu phát siêu âm 20 được biểu thị bởi λ , thì chiều cao lớn nhất H của phần cong lồi 33 như vậy ưu tiên là chiều cao đáp ứng mối quan hệ là $\lambda/2 < H$. Khi chiều cao lớn nhất H của phần cong lồi 33 được thiết lập lớn hơn nửa bước sóng của sóng siêu âm, thì các sóng siêu âm mà đã tới được bề mặt cong của phần cong lồi 33 có thể được phản xạ hoàn toàn ở một số nơi của bề mặt cong. Mặt khác, giới hạn trên của chiều cao lớn nhất H của phần cong lồi 33 không được ấn định cụ thể, nhưng ưu tiên là được thiết lập phù hợp với khoảng cách giữa bề mặt thành của bồn xử lý 10 và đối tượng cần được làm sạch, chẳng hạn, được thiết lập là nhỏ hơn hoặc bằng 500 mm. Chiều cao lớn nhất H của phần cong lồi 33 ưu tiên hơn là lớn hơn hoặc bằng 10 mm và nhỏ hơn hoặc bằng 300 mm.

Các kích thước (chiều rộng lớn nhất W, v.v.) của bộ phận có bề mặt cong 30 không phải là chiều cao lớn nhất được nêu ở trên có thể được thiết lập phù hợp với tỷ lệ diện tích của các phần cong lồi 33 so với tổng diện tích của bề mặt thành v.v. của bồn xử lý 10 được mô tả dưới đây và số lượng của các bộ phận có bề mặt cong 30, nếu thích hợp.

Bộ phận có bề mặt cong 30 có hình dạng giống bộ phận được thể hiện trên FIG.2 ưu tiên được tạo ra sử dụng vật liệu mà phản xạ các sóng siêu âm, chẳng hạn. Các ví dụ về vật liệu như vậy bao gồm vật liệu có trở kháng âm thanh (trở kháng âm thanh riêng) là lớn hơn hoặc bằng 1×10^7 [kg·m⁻²·giây⁻¹] và nhỏ hơn hoặc bằng 2×10^8 [kg·m⁻²·giây⁻¹]. Các sóng siêu âm có thể được phản xạ với hiệu quả tốt bằng cách sử dụng vật liệu có trở kháng âm thanh là lớn hơn hoặc bằng 1×10^7 [kg·m⁻²·giây⁻¹] và nhỏ hơn hoặc bằng 2×10^8 [kg·m⁻²·giây⁻¹].

Các ví dụ về vật liệu có trở kháng âm thanh là lớn hơn hoặc bằng 1×10^7 [kg·m⁻²·giây⁻¹] và nhỏ hơn hoặc bằng 2×10^8 [kg·m⁻²·giây⁻¹] gồm các kim loại khác nhau, các oxit kim loại khác nhau, các xeramic khác nhau gồm các xeramic không phải oxit, và tương tự. Các ví dụ cụ thể về vật liệu như vậy bao gồm thép (trở kháng âm thanh riêng [kg·m⁻²·giây⁻¹]: 4.70×10^7 ; dưới đây, giá trị bằng số trong các dấu ngoặc thể hiện một cách tương tự giá trị của trở kháng âm thanh riêng), sắt ($3,97 \times 10^7$), thép không gỉ (SUS, $3,97 \times 10^7$), titan ($2,73 \times 10^7$), kẽm ($3,00 \times 10^7$), niken ($5,35 \times 10^7$), nhôm ($1,38 \times 10^7$), vonfram ($1,03 \times 10^8$), thủy tinh ($1,32 \times 10^7$), thủy tinh thạch anh ($1,27 \times 10^7$), lớp lót thủy tinh ($1,67 \times 10^7$), alumin (oxit nhôm, $3,84 \times 10^7$), oxit ziriconi (oxit ziriconi, $3,91 \times 10^7$), silic nitrua (SiN, $3,15 \times 10^7$), silic carbua (SiC, $3,92 \times 10^7$), vonfram carbua (WC, $9,18 \times 10^7$), và tương tự. Vật liệu được sử dụng để tạo ra bộ phận có bề mặt cong 30 theo phương án này có thể được lựa chọn phù hợp độ lỏng của chất lỏng làm sạch 3 được lưu trữ trong bồn xử lý 10 và độ bền v.v. được yêu cầu của bộ phận có bề mặt cong 30, nếu thích hợp; tuy nhiên, các kim loại hoặc các oxit kim loại khác nhau có các trở kháng âm thanh giống như các kim loại hoặc các oxit kim loại được nêu ở trên ưu tiên là được sử dụng.

Như được thể hiện dưới dạng giản đồ trên FIG.3, bộ phận có bề mặt cong 30 như vậy được đặt trong một khoảng được ấn định bởi một góc nghiêng được ấn định θ từ hướng pháp tuyến ở phần đầu mút của bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm 20 tới phía ngoài đối với bề mặt rung như vậy, và được giữ trên bề mặt thành và/hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý 10. Trong phần dưới đây, khoảng được ấn định bởi bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm 20 và góc nghiêng được ấn định θ được gọi là khoảng có hiệu lực của bộ tạo rung AR. Như rõ ràng từ

FIG.3, khoảng có hiệu lực của bộ tạo rung AR là khoảng được ấn định nằm giữa khu vực bề mặt phẳng được ấn định bởi bề mặt hướng ra mà hướng về bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm 20 ở khoảng cách tách rời được ấn định và khu vực ngoại vi mà được đặt trên cùng bề mặt phẳng là bề mặt hướng ra như vậy và tiếp xúc với bề mặt hướng ra, và bề mặt rung.

Bởi bộ phận có bề mặt cong 30 được giữ trong khoảng có hiệu lực của bộ tạo rung AR, nên các sóng siêu âm được sinh ra bởi bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm 20 có thể được phản xạ theo nhiều hướng với hiệu quả tốt, và các sóng siêu âm có thể được truyền đồng đều tới toàn bộ bồn xử lý 10. Hướng lắp đặt của bộ phận có bề mặt cong 30 không giới hạn ở ví dụ được thể hiện trên FIG.3; quan trọng là bề mặt cong lồi 31 của bộ phận có bề mặt cong 30 được lắp đặt ở trạng thái hướng về bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm 20, và bề mặt cong lồi 31 có thể không được lắp đặt sao cho hướng vào phía trước bề mặt rung. Bộ phận có bề mặt cong 30 có thể được lắp đặt mà hướng trục dài của bộ phận có bề mặt cong 30 có hình dạng mặt cắt ngang giống như bộ phận được thể hiện trên FIG.2 v.v. về cơ bản là song song với hướng trục y trên hình vẽ, có thể được lắp đặt sao cho hướng trục dài của bộ phận có bề mặt cong 30 về cơ bản là song song với hướng trục z trên hình vẽ, hoặc có thể được lắp đặt sao cho hướng trục dài của bộ phận có bề mặt cong 30 có góc được ấn định với hướng trục y hoặc hướng trục z trên hình vẽ.

Mặc dù trên FIG.3 số lượng của các bộ phận có bề mặt cong 30 được lắp đặt trong khoảng có hiệu lực của bộ tạo rung AR chỉ là một, nhưng hiển nhiên là số lượng của các bộ phận có bề mặt cong 30 được lắp đặt trong khoảng có hiệu lực của bộ tạo rung AR có thể là hai hoặc nhiều hơn, và các bộ phận có bề mặt

cong 30 có thể được thiết lập phù hợp với kích cỡ v.v. của bồn xử lý 10, nếu thích hợp. Trong trường hợp mà có các bề mặt rung của các cơ cấu phát siêu âm 20 và có bộ phận có bề mặt cong 30 trong khoảng trong đó các khoảng có hiệu lực của bộ tạo rung AR của các cơ cấu phát siêu âm 20 chồng lên nhau, thì bộ phận có bề mặt cong 30 có trong khoảng như vậy có chức năng là bộ phận phản xạ có hiệu quả đối với các bề mặt rung của các cơ cấu phát siêu âm 20 này. Thêm nữa, có thể có bộ phận có bề mặt cong 30 không được lắp đặt trong khoảng có hiệu lực của bộ tạo rung AR. Số lượng của các bộ phận có bề mặt cong 30 có thể được thiết lập phù hợp với, chẳng hạn, các kích thước của phần cong lõi 33 và tỷ lệ diện tích của các phần cong lõi 33 so với tổng diện tích của bề mặt thành v.v. của bồn xử lý 10 được mô tả sau đây, nếu thích hợp.

Ở đây, độ lớn của góc nghiêng θ trên FIG.3 ưu tiên là lớn hơn hoặc bằng 0 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 30 độ. Các sóng siêu âm là các sóng có khả năng di chuyển thẳng, và do đó truyền mạnh tới bề mặt hướng về phía trước của bề mặt rung và các phần quanh bề mặt như vậy. Trong phương án này, sóng âm mà có nguồn gốc từ sóng siêu âm được dao động từ bề mặt của bộ tạo rung và không trải qua phản xạ đến khi tới được bề mặt thành, bề mặt đáy, và/hoặc bề mặt của nước được xác định là sóng âm thứ nhất. Bằng cách thiết lập độ lớn của góc nghiêng θ mà ấn định khoảng có hiệu lực của bộ tạo rung AR là lớn hơn hoặc bằng 0 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 30 độ và lắp đặt một hoặc nhiều bộ phận có bề mặt cong 30 trong khoảng AR như vậy, thì các sóng âm thứ nhất mạnh có thể được phản xạ theo nhiều hướng với hiệu quả tốt hơn, và các sóng siêu âm có thể được truyền đồng đều trong toàn bộ bồn xử lý 10. Tức là, trong phương án này, khi đối tượng cần được làm sạch không có trong bồn xử lý 10, thì bộ phận có bề

mặt cong 30 ưu tiên là có trong khoảng hướng về phía trước của bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm 20 ($\theta = 0$ độ) tới khoảng $\theta = 30$ độ. Mặt khác, nếu độ lớn của góc nghiêng θ là lớn hơn 30 độ, thì ít nhất phần các sóng âm thứ nhất, mà là các sóng âm được phát từ cơ cấu phát siêu âm 20 và không trải qua phản xạ, là ít có khả năng tới được; như vậy, độ lớn này là không được ưu tiên. Độ lớn của góc nghiêng θ ưu tiên hơn là lớn hơn hoặc bằng 0 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 25 độ.

Trong thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này, như được thể hiện dưới dạng giản đồ trên các hình vẽ từ FIG.4A đến FIG.4C, quan trọng là bề mặt cong lồi 31 được giữ ở trạng thái hướng về bề mặt rung theo cách như vậy mà ít nhất phần các sóng âm thứ nhất, mà là các sóng âm được phát từ cơ cấu phát siêu âm 20 và không trải qua phản xạ, tới được phần cong lồi 33 có bề mặt cong lồi 31. Tức là, vì các sóng siêu âm là các sóng có khả năng đi thẳng, nên quan trọng là bộ phận có bề mặt cong 30 được lắp đặt xét đến trạng thái ngâm của đối tượng cần được làm sạch sao cho ít nhất phần các sóng âm thứ nhất tới được phần cong lồi 33 của bộ phận có bề mặt cong 30 ngay cả ở trạng thái mà đối tượng cần được làm sạch được ngâm trong bồn xử lý 10. Các sóng âm thứ nhất có tới được phần cong lồi 33 của bề mặt cong lồi 31 của bộ phận có bề mặt cong 30 hay không có thể được đánh giá bởi có hay không, khi các sóng siêu âm được phát ở trạng thái mà đối tượng cần được làm sạch không có trong bồn xử lý 10, sự thay đổi về cường độ siêu âm xuất hiện được đo ở vị trí của phần cong lồi 33 giữa khi bộ phận chắn chặn sự truyền siêu âm được bố trí giữa bộ phận có bề mặt cong 30 và bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm 20 và khi nó không được bố trí.

Chẳng hạn, trong trường hợp mà đối tượng cần được làm sạch là vật thể dạng ống như là ống thép như được thể hiện trên FIG.4A, ưu tiên là các vị trí lắp đặt của các bộ phận có bề mặt cong 30 được xác định sao cho ít nhất phần các sóng âm thứ nhất tới được phần cong lõi 33 ngay cả khi lượng được ấn định của các vật thể dạng ống được ngâm.

Đồng thời trong trường hợp mà, chẳng hạn, đối tượng cần được làm sạch là vật thể dạng tấm như là tấm thép như được thể hiện trên FIG.4B, ưu tiên là các vị trí lắp đặt của các bộ phận có bề mặt cong 30 được xác định phù hợp với vị trí ngâm của vật thể dạng tấm sao cho ít nhất phần các sóng âm thứ nhất tới được phần cong lõi 33. Tương tự, trong trường hợp mà, chẳng hạn như được thể hiện trên FIG.4C, đối tượng cần được làm sạch là vật thể dạng cuộn trong đó vật liệu dây thép hoặc tương tự được cuộn, ưu tiên là các vị trí lắp đặt của các bộ phận có bề mặt cong 30 được xác định phù hợp với vị trí ngâm của vật liệu dây dạng cuộn sao cho ít nhất phần các sóng âm thứ nhất tới được phần cong lõi 33.

Đối với trạng thái lắp đặt của bộ phận có bề mặt cong 30, trong trường hợp mà nhiều bộ phận có bề mặt cong 30 được bố trí, thì các bộ phận có bề mặt cong 30 ưu tiên là được bố trí với các khoảng cách được ấn định. Bởi có khoảng cách được ấn định như vậy giữa các bộ phận có bề mặt cong 30, nên hiện tượng mà trong đó, khi các sóng âm thứ nhất được phản xạ và được khuếch tán trên các bộ phận có bề mặt cong 30, thì chống được các sóng được phản xạ hội tụ giữa các bộ phận có bề mặt cong 30.

Cụ thể hơn là, ưu tiên là khoảng cách tách rời L giữa các bộ phận có bề mặt cong 30 được thể hiện trên FIG.4A, FIG.4B, và FIG.4C đáp ứng mỗi quan

hệ là $3H < L$ đối với chiều cao lớn nhất H của phần cong lồi 33 của bộ phận có bề mặt cong 30 được thể hiện trên FIG.2. Nếu khoảng cách tách rời L là nhỏ hơn hoặc bằng ba lần chiều cao lớn nhất H được nêu ở trên, thì khoảng cách giữa các bộ phận có bề mặt cong 30 có khả năng đóng vai trò là phần lõm, và các sóng âm mà đã tới được là các sóng âm thứ nhất không được phản xạ cho bồn xử lý 10 mà hội tụ, và có xu hướng yếu đi. Mặt khác, khi có khoảng cách tách rời L nhất định giữa các bộ phận có bề mặt cong 30 lớn hơn ba lần chiều cao lớn nhất H được nêu ở trên, thì các sóng siêu âm có thể được phản xạ một cách hiệu quả cho toàn bộ bồn xử lý 10 mà không suy yếu. Khoảng cách tách rời L ưu tiên là lớn hơn hoặc bằng năm lần chiều cao lớn nhất H , và ưu tiên hơn là lớn hơn hoặc bằng bảy lần. Khoảng cách tách rời L cụ thể không bị giới hạn cụ thể; chẳng hạn, có thể là lớn hơn hoặc bằng 0,1 m, và ưu tiên là lớn hơn hoặc bằng 0,2 m. Mặt khác, giới hạn trên của khoảng cách tách rời L không được ấn định cụ thể, nhưng ưu tiên là được thiết lập phù hợp với diện tích của bề mặt rung hoặc phần cong lồi, chẳng hạn, được thiết lập là nhỏ hơn hoặc bằng 1,5 m.

Khoảng cách nhỏ nhất giữa các bộ phận có bề mặt cong 30 liền kề được lấy là khoảng cách tách rời L được mô tả ở trên. Trong trường hợp mà các hình dạng của các bộ phận có bề mặt cong 30 liền kề là khác nhau, thì giá trị lớn nhất trong số các chiều cao lớn nhất của các phần cong lồi 33 của các bộ phận có bề mặt cong 30 được lấy là chiều cao lớn nhất H .

Đối với trạng thái lắp đặt của bộ phận có bề mặt cong 30 giống như bộ phận được thể hiện trên FIG.3 đến FIG.4C, thì được ưu tiên cụ thể hơn là bộ phận có bề mặt cong 30 được lắp đặt sao cho phần cong lồi 33 của bộ phận có bề mặt cong 30 có tỷ lệ diện tích là lớn hơn hoặc bằng 30% so với tổng diện tích

bề mặt của bộ phận có bề mặt cong 30 được đặt trong khoảng có hiệu lực của bộ tạo rung AR được ấn định dựa trên bề mặt rung. Bởi tỷ lệ diện tích của phần cong lồi 33 so với tổng diện tích bề mặt của bộ phận có bề mặt cong 30 là lớn hơn hoặc bằng 30%, nên các sóng siêu âm có thể được phản xạ một cách hiệu quả hơn, và các sóng siêu âm có thể được truyền đồng đều hơn trong toàn bộ bồn xử lý 10. Tỷ lệ diện tích như vậy ưu tiên là càng lớn càng tốt; như vậy, giá trị giới hạn trên của nó không được ấn định, và tỷ lệ diện tích có thể là 100%. Tỷ lệ diện tích của phần cong lồi 33 so với tổng diện tích bề mặt của bộ phận có bề mặt cong 30 ưu tiên hơn là lớn hơn hoặc bằng 50%.

Ưu tiên là các phần cong lồi 33 của các bộ phận có bề mặt cong 30 có tỷ lệ diện tích là lớn hơn hoặc bằng 1% và nhỏ hơn hoặc bằng 80% so với tổng diện tích của bề mặt thành và/hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý 10 được đặt trong khoảng có hiệu lực của bộ tạo rung AR được ấn định dựa trên bề mặt rung. Ở đây, diện tích của các phần cong lồi 33 đề cập đến diện tích của các phần cong lồi 33 hướng về bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm 20. Nói cách khác, diện tích của khoảng mà các sóng âm thứ nhất có thể tới được cấu thành diện tích của các phần cong lồi 33. Chẳng hạn, trong trường hợp mà bộ phận có bề mặt cong 30 là vật thể dạng ống, diện tích của các bề mặt cong tương ứng với các hình bán nguyệt là diện tích của các phần cong lồi 33 mà được tính đến. Bởi tỷ lệ diện tích của các phần cong lồi 33 so với tổng diện tích của bề mặt thành v.v. của bồn xử lý 10 nằm trong khoảng được nêu ở trên, nên các sóng siêu âm mà đã tới được các phần cong lồi 33 của các bộ phận có bề mặt cong 30 có thể được khuếch tán một cách hiệu quả, và các sóng siêu âm có thể được truyền đồng đều hơn khắp toàn bộ bồn xử lý 10. Nếu tỷ lệ diện tích so với tổng diện tích của bề

mặt thành v.v. của bồn xử lý 10 là thấp hơn 1%, thì hiệu quả khuếch tán siêu âm dựa trên bộ phận có bề mặt cong 30 là rất kém. Mặt khác, nếu tỷ lệ diện tích so với tổng diện tích của bề mặt thành v.v. của bồn xử lý 10 là lớn hơn 80%, thì phần lõm được tạo ra phụ thuộc vào các hướng phản xạ của các sóng siêu âm, và có trường hợp mà các sóng siêu âm không thể được khuếch tán với hiệu quả tốt. Tỷ lệ diện tích so với tổng diện tích của bề mặt thành v.v. của bồn xử lý 10 ưu tiên hơn là lớn hơn hoặc bằng 3% và nhỏ hơn hoặc bằng 80%, và ưu tiên hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 10% và nhỏ hơn hoặc bằng 80%. Sau khi tỷ lệ diện tích được nêu ở trên được thiết lập để truyền các sóng siêu âm đồng đều hơn khắp toàn bộ bồn xử lý 10, thì các kích thước và số lượng của các bộ phận có bề mặt cong 30 có thể được thiết lập phù hợp với tỷ lệ diện tích; nhờ đó, sự truyền siêu âm đồng đều có thể đạt được đáng tin cậy hơn.

Ưu tiên là khoảng cách tách rời D giống như được thể hiện dưới dạng giản đồ trên FIG.5 giữa bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm 20 và vị trí mà tạo ra chiều cao lớn nhất của phần cong lồi 33 trên bề mặt cong lồi 31 trong bộ phận có bề mặt cong 30 là lớn hơn hoặc bằng 5 cm và nhỏ hơn hoặc bằng 250 cm. Bởi khoảng cách tách rời D là lớn hơn hoặc bằng 5 cm và nhỏ hơn hoặc bằng 250 cm, nên các sóng siêu âm có thể được khuếch tán một cách hiệu quả hơn. Nếu khoảng cách tách rời là nhỏ hơn 5 cm, thì các sóng siêu âm được phản xạ bởi bộ phận có bề mặt cong 30 là mạnh và bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm 20 có thể bị hư hại, hoặc các sóng siêu âm được phản xạ có thể giao thoa với nhau và khả năng truyền có thể giảm đi; như vậy, điều này là không được ưu tiên. Thêm nữa, nếu khoảng cách tách rời D là lớn hơn 250 cm, bản thân các sóng siêu âm bị suy yếu dần dần, và có thể khó để có được hiệu quả phản xạ dựa

trên bộ phận có bề mặt cong 30; như vậy, điều này là không được ưu tiên. Khoảng cách tách rời D ưu tiên hơn là lớn hơn hoặc bằng 10 cm và nhỏ hơn hoặc bằng 200 cm.

Trên đây, bộ phận có bề mặt cong 30 theo phương án này được mô tả chi tiết dựa vào các hình vẽ từ FIG.2 đến FIG.5.

Cơ cấu kiểm soát khí được hòa tan 40

Tiếp theo, quay trở lại FIG.1B và FIG.1D, mà thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này ưu tiên là có cơ cấu kiểm soát khí được hòa tan 40, được mô tả chi tiết.

Cơ cấu kiểm soát khí được hòa tan 40 kiểm soát lượng khí được hòa tan trong chất lỏng làm sạch 3 được lưu trữ trong bồn xử lý 10 ở giá trị trong khoảng thích hợp.

Trong thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này, ưu tiên là lượng khí được hòa tan trong chất lỏng làm sạch 3 được kiểm soát ở giá trị thích hợp để đạt được cả sự truyền siêu âm đồng đều hơn và khả năng làm sạch cao hơn. Lượng khí được hòa tan thích hợp trong chất lỏng làm sạch 3 như vậy ưu tiên là lớn hơn hoặc bằng 1% và nhỏ hơn hoặc bằng 50% của lượng bão hòa của khí được hòa tan trong chất lỏng làm sạch 3. Nếu lượng khí được hòa tan là ít hơn 1% của lượng bão hòa của khí được hòa tan, thì không xuất hiện sự sinh ra tạo bọt trong chất lỏng dựa trên các sóng siêu âm, và không thể thể hiện khả năng cải thiện khả năng làm sạch dựa trên các sóng siêu âm (khả năng cải thiện khả năng xử lý bề mặt); như vậy, điều này là không được ưu tiên. Mặt khác, nếu lượng khí được hòa tan là nhiều hơn 50% của lượng bão hòa của khí được hòa

tan, thì sự truyền siêu âm bị kìm hãm bởi khí được hòa tan, và sự truyền siêu âm đồng đều cho toàn bộ bồn xử lý 10 bị kìm hãm; như vậy, điều này là không được ưu tiên. Lượng khí được hòa tan trong chất lỏng làm sạch 3 ưu tiên là lớn hơn hoặc bằng 5% và nhỏ hơn hoặc bằng 40% của lượng bão hòa của khí được hòa tan trong chất lỏng làm sạch 3.

Ở đây, khi nhiệt độ của chất lỏng làm sạch 3 thay đổi, thì lượng bão hòa của khí được hòa tan của chất lỏng làm sạch 3 thay đổi. Thêm nữa, khác biệt về động lượng phân tử của chất lỏng mà tạo ra chất lỏng làm sạch 3 (chẳng hạn, động lượng phân tử của nước), khác biệt đó có nguồn gốc từ thay đổi nhiệt độ của chất lỏng làm sạch 3, ảnh hưởng đến khả năng truyền. Cụ thể, khi nhiệt độ là thấp, động lượng phân tử của chất lỏng mà tạo ra chất lỏng làm sạch 3 là nhỏ; như vậy, là dễ truyền các sóng siêu âm, và lượng bão hòa của khí được hòa tan của chất lỏng làm sạch 3 là cao. Do đó, nhiệt độ của chất lỏng làm sạch 3 ưu tiên là được kiểm soát sao cho lượng mong muốn của khí được hòa tan nằm trong khoảng được nêu ở trên có thể đạt được, nếu thích hợp. Nhiệt độ của chất lỏng làm sạch 3 là, chẳng hạn, ưu tiên là xấp xỉ 20°C đến 85°C, phụ thuộc vào nội dung xử lý cụ thể được thực hiện sử dụng chất lỏng làm sạch 3.

Cụ thể, lượng khí được hòa tan trong chất lỏng làm sạch 3, chẳng hạn, ưu tiên là lớn hơn hoặc bằng 0,1 ppm và nhỏ hơn hoặc bằng 11,6 ppm, và ưu tiên hơn là lớn hơn hoặc bằng 1,0 ppm và nhỏ hơn hoặc bằng 11,0 ppm. Như vậy, cơ cấu kiểm soát khí được hòa tan 40 kiểm soát nhiệt độ của chất lỏng làm sạch 3 và lượng khí được hòa tan trong chất lỏng làm sạch 3 sao cho lượng khí được hòa tan trong chất lỏng làm sạch 3 được lưu trữ trong bồn xử lý 10 là giá trị trong khoảng giống như được nêu ở trên.

Đối với phương pháp kiểm soát lượng khí được hòa tan, có nhiều phương pháp khác nhau như là khử khí chân không và khử khí sử dụng các hóa chất, và phương pháp có thể được lựa chọn nếu thích hợp. Thêm nữa, lượng khí được hòa tan trong chất lỏng làm sạch 3 có thể được đo bằng phương pháp điện cực màng ngăn và phương tiện đã biết như là dụng cụ đo oxy hòa tan quang học.

Ở đây, khí được hòa tan trong dung dịch nước chủ yếu là oxy, nitơ, cacbon dioxit, heli, và argon, và tính toán oxy và nitơ cho hầu hết khí được hòa tan mặc dù khí được hòa tan bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ và các thành phần của dung dịch nước.

Cơ cấu cung cấp bọt mịn 50

Tiếp theo, quay trở lại FIG.1C và FIG.1D, mà thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này ưu tiên là có cơ cấu cung cấp bọt mịn 50, được mô tả chi tiết.

Cơ cấu cung cấp bọt mịn 50 cung cấp, vào chất lỏng làm sạch 3 được lưu trữ trong bồn xử lý 10 nhờ ống cung cấp, các bọt mịn mỗi bọt có đường kính bọt không khí (đường kính bọt không khí trung bình) phù hợp với tần số của sóng siêu âm được phát từ cơ cấu phát siêu âm 20. Bọt mịn đề cập đến bọt không khí mịn với đường kính bọt không khí trung bình là nhỏ hơn hoặc bằng 100 μm . Trong số các bọt mịn như vậy, bọt mịn với đường kính bọt không khí trung bình kích thước cỡ micromet có thể được gọi là bọt vi thể, và bọt mịn với đường kính bọt không khí trung bình kích thước cỡ nanomet có thể được gọi là bọt nano. Bọt mịn cải thiện hiệu quả truyền siêu âm cho đối tượng cần được làm sạch, và cải thiện khả năng làm sạch là hạt nhân của sự tạo bọt trong chất lỏng bằng siêu

âm.

Đường kính bọt không khí trung bình của bọt mịn được cung cấp vào chất lỏng làm sạch ưu tiên là $0,01\ \mu\text{m}$ đến $100\ \mu\text{m}$. Ở đây, đường kính bọt không khí trung bình đề cập đến đường kính tại đó số lượng của các mẫu là ở giá trị lớn nhất về phân bố số đối với các đường kính của các bọt mịn. Nếu đường kính bọt không khí trung bình là nhỏ hơn $0,01\ \mu\text{m}$, thì kích cỡ của cơ cấu cung cấp bọt mịn 50 tăng lên, và có thể khó khăn để cung cấp các bọt mịn với các đường kính bọt không khí được điều chỉnh. Thêm nữa, nếu đường kính bọt không khí trung bình là lớn hơn $100\ \mu\text{m}$, thì tốc độ nổi lên của bọt mịn tăng lên và do đó thời gian tồn tại của bọt mịn trong chất lỏng làm sạch bị rút ngắn, và có trường hợp mà bước làm sạch thực tế không thể thực hiện được. Thêm nữa, nếu đường kính bọt không khí là quá lớn, thì sự truyền siêu âm bị kìm hãm bởi các bọt mịn, và hiệu quả cải thiện tẩy sạch của các sóng siêu âm có thể giảm đi.

Nồng độ (mật độ) của các bọt mịn trong chất lỏng làm sạch 3 ưu tiên là $10^3/\text{mL}$ đến $10^{10}/\text{mL}$. Nếu nồng độ của các bọt mịn là thấp hơn $10^3/\text{mL}$, thì tác dụng cải thiện khả năng truyền siêu âm dựa trên các bọt mịn có thể không thu được đầy đủ, và số lượng của các hạt nhân tạo bọt trong chất lỏng bằng siêu âm cần để làm sạch là ít; như vậy, điều này là không được ưu tiên. Thêm nữa, nếu nồng độ của các bọt mịn là lớn hơn $10^{10}/\text{mL}$, thì kích cỡ của phương tiện sinh bọt tăng lên hoặc số lượng của các phương tiện sinh bọt tăng lên, và việc cung cấp các bọt mịn có thể là không thực tế; như vậy, điều này là không được ưu tiên.

Thêm nữa, cơ cấu cung cấp bọt mịn 50 ưu tiên là cung cấp các bọt mịn

theo cách như vậy mà, trong chất lỏng làm sạch 3, tỷ lệ của số lượng các bọt mịn mỗi bọt có đường kính bọt không khí nhỏ hơn hoặc bằng đường kính cộng hưởng tần số, mà là đường kính cộng hưởng với tần số của sóng siêu âm, là lớn hơn hoặc bằng 70% số lượng của tất cả các bọt mịn có trong chất lỏng làm sạch 3. Lý do sẽ được mô tả.

Tần số riêng của các bọt không khí khác nhau gồm các bọt mịn cũng được gọi là tần số cộng hưởng Minnaert, và được đưa ra bởi công thức 101 dưới đây.

[Math. 1]

$$f_0 = \frac{1}{2\pi R_0} \sqrt{\frac{3\gamma p_\infty}{\rho}}$$

...(Công thức 101)

Ở đây, trong công thức 101 ở trên,

f_0 : Tần số riêng của bọt không khí (tần số cộng hưởng Minnaert)

R_0 : Bán kính trung bình của bọt không khí

p_∞ : Áp suất trung bình của chất lỏng xung quanh

γ : Tỷ lệ nhiệt dung (γ của không khí = 1,4)

ρ : Tỷ trọng của chất lỏng.

Ở đây, khi giả định rằng, cho rằng không khí có ở phía bên trong bọt không khí được tập trung, thì chất lỏng xung quanh của bọt không khí là nước và áp suất là áp suất khí quyển, giá trị tích $f_0 R_0$ của tần số riêng của bọt không khí và bán kính trung bình của bọt không khí là xấp xỉ 3 kHz·mm từ công thức 101 ở trên. Từ đó, khi tần số của sóng siêu âm được phát là 20 kHz, bán kính R_0

của bọt không khí cộng hưởng với sóng siêu âm như vậy là xấp xỉ $150\text{ }\mu\text{m}$, và do đó đường kính cộng hưởng tần số $2R_0$, mà là đường kính của bọt không khí cộng hưởng với sóng siêu âm với tần số là 20 kHz , là xấp xỉ $300\text{ }\mu\text{m}$. Tương tự, khi tần số của sóng siêu âm được phát là 100 kHz , bán kính R_0 của bọt không khí cộng hưởng với sóng siêu âm như vậy là xấp xỉ $30\text{ }\mu\text{m}$, và do đó đường kính cộng hưởng tần số $2R_0$, mà là đường kính của bọt không khí cộng hưởng với sóng siêu âm với tần số là 100 kHz , là xấp xỉ $60\text{ }\mu\text{m}$.

Ở thời điểm này, bọt không khí có bán kính lớn hơn so với bán kính cộng hưởng R_0 là hệ số kìm hãm. Đó là vì, khi các bọt không khí gồm các bọt mịn cộng hưởng, thì các bọt không khí lặp lại sự giãn nở và co trong khoảng thời gian ngắn, và cuối cùng dồn lại; tuy nhiên, khi kích cỡ của bọt không khí là lớn hơn so với đường kính cộng hưởng tần số $2R_0$ ở thời điểm khi các sóng âm thứ nhất đi qua bọt không khí, thì các sóng siêu âm khuếch tán ở bề mặt của bọt không khí. Ngược lại, khi kích cỡ của bọt không khí là nhỏ hơn so với đường kính cộng hưởng tần số $2R_0$ ở thời điểm khi các sóng âm thứ nhất đi qua bọt không khí, thì các sóng siêu âm có thể đi qua bọt không khí mà không khuếch tán ở bề mặt của bọt không khí.

Từ quan điểm như vậy, ưu tiên là, trong chất lỏng làm sạch 3, tỷ lệ của số lượng các bọt mịn mỗi bọt có đường kính bọt không khí nhỏ hơn hoặc bằng đường kính cộng hưởng tần số $2R_0$ là lớn hơn hoặc bằng 70% của số lượng của tất cả các bọt mịn có trong chất lỏng làm sạch 3. Hiệu quả truyền siêu âm có thể được cải thiện thêm bằng cách thiết lập tỷ lệ số lượng các bọt mịn mỗi bọt có đường kính bọt không khí nhỏ hơn hoặc bằng đường kính cộng hưởng tần số $2R_0$ là lớn hơn hoặc bằng 70%. Thêm nữa, bằng cách truyền các sóng âm thứ

nhất lên bề mặt thành và/hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý 10, sự khuếch tán và phản xạ của các sóng siêu âm đến toàn bộ bồn xử lý 10 được lặp lại, và bồn xử lý siêu âm đồng đều có thể thu được. Thêm nữa, đồng thời các bọt không khí mỗi bọt có đường kính bọt không khí nhỏ hơn hoặc bằng đường kính cộng hưởng tần số $2R_0$ lặp lại sự giãn nở và co và dòn lại sau khoảng thời gian chiếu siêu âm được ấn định, và có thể góp phần tạo bọt trong chất lỏng làm sạch.

Tỷ lệ của số lượng các bọt mịn mỗi bọt có đường kính bọt không khí nhỏ hơn hoặc bằng đường kính cộng hưởng tần số $2R_0$ ưu tiên là nhỏ hơn hoặc bằng 98% xét về thực tế là có không ít các bọt mà giãn nở ngay sau khi hình thành bọt mịn. Tỷ lệ của số lượng các bọt mịn mỗi bọt có đường kính bọt không khí nhỏ hơn hoặc bằng đường kính cộng hưởng tần số $2R_0$ ưu tiên hơn là lớn hơn hoặc bằng 80% và nhỏ hơn hoặc bằng 98%.

Ở đây, đối với cơ cấu gốc sinh ra bọt mịn, có các cơ cấu khác nhau như là cắt các bọt không khí, cho các bọt không khí đi qua các vi lỗ, tạo bọt trong chất lỏng (bốc hơi) bởi khử áp, hòa tan bằng nén khí, các sóng siêu âm, điện phân, và phản ứng hóa học, và cơ cấu có thể được lựa chọn nếu thích hợp. Trong cơ cấu cung cấp bọt mịn 50 theo phương án này, ưu tiên là sử dụng hệ thống sinh bọt mịn mà có khả năng kiểm soát dễ dàng đường kính bọt không khí và nồng độ của các bọt mịn. Hệ thống sinh bọt mịn này, chẳng hạn, là hệ thống mà sinh ra các bọt mịn sử dụng hệ thống cắt, sau đó cho chất lỏng làm sạch đi qua bộ lọc có các vi lỗ có kích cỡ được ấn định, và nhờ đó kiểm soát đường kính bọt không khí v.v. của các bọt mịn.

Ở đây, đường kính bọt không khí trung bình và nồng độ (mật độ) của các

bột mịn có thể được đo bằng các phương tiện đã biết như là bộ đếm hạt trong chất lỏng và các thiết bị đo phân bố đường kính bột không khí. Các ví dụ bao gồm SALD-7100H được sản xuất bởi Shimadzu Corporation, mà có thể đo phân bố đường kính bột không khí trong khoảng rộng (từ vài nanomet đến vài trăm micromet) bằng cách tính toán từ phân bố ánh sáng được tán xạ trong phương pháp tán xạ nhiễu xạ laze, Multisizer 4 được sản xuất bởi Beckman Coulter, Inc., mà có thể đo số lượng và nồng độ của các bột có kích thước cỡ micromet từ sự thay đổi điện trở ở thời điểm đi qua lỗ thông trong phương pháp điện trở, NanoSight LM10 được sản xuất bởi Malvern Panalytical Ltd., mà có thể đo số lượng và nồng độ của các bột có kích thước cỡ nanomet từ tốc độ của chuyển động Brown bằng cách sử dụng video quan sát của chuyển động Brown của các hạt khi chiếu ánh sáng laze trong phương pháp quan sát chuyển động Brown, và tương tự.

Đối với thể năng bề mặt của bột mịn được sinh ra theo cách ở trên, bề mặt thường được tích điện âm trong điều kiện trạng thái lỏng của chất lỏng làm sạch 3 ban đầu. Mặt khác, đối tượng làm sạch có trên bề mặt của đối tượng cần được làm sạch (chẳng hạn, rỉ, vết bẩn, dầu, v.v. trên ống thép) thường được tích điện dương; vì thế, khi bột mịn tới được vùng lân cận của đối tượng làm sạch, thì bột mịn bị hút vào đối tượng làm sạch do chênh lệch về các tính chất tĩnh điện như vậy. Trong trường hợp mà thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này có cơ cấu cung cấp bột mịn 50, các bột mịn có thể còn làm sạch hẳn đối tượng làm sạch bằng cách tạo ra sự tạo bọt trong chất lỏng nhờ các sóng siêu âm được phát, và bước làm sạch có thể được thực hiện với hiệu quả tốt hơn.

Bộ phản xạ

Ưu tiên là bộ phản xạ để phản xạ các sóng siêu âm được bố trí trên bề mặt thành và bề mặt đáy ở phía chất lỏng làm sạch của bồn xử lý 10. Bằng cách bố trí bộ phản xạ như vậy, các sóng siêu âm mà đã tới được bề mặt thành và bề mặt đáy của bồn xử lý 10 được phản xạ bởi bộ phản xạ, và truyền về phía chất lỏng làm sạch 3 lần nữa. Nhờ đó, các sóng siêu âm được phát vào chất lỏng làm sạch 3 có thể được sử dụng với hiệu quả tốt. Trong phương án này, ngay cả dù bộ phản xạ được đặt, thì sự sinh ra các sóng đứng được ngăn chặn bởi thực tế là bộ phận có bề mặt cong 30 được đặt trong bồn xử lý 10.

Cụ thể, chẳng hạn như được thể hiện dưới dạng giản đồ trên FIG.6, bộ phản xạ 60 mà phản xạ các sóng siêu âm có thể được bố trí giữa bộ phận có bề mặt cong 30 và bề mặt thành hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý 10 mà trên đó bộ phận có bề mặt cong 30 như vậy được giữ, và nhờ đó các sóng siêu âm có thể được sử dụng với hiệu quả tốt hơn.

Thêm nữa, các bộ phản xạ có thể được đặt trên các phần của bề mặt thành và bề mặt đáy của bồn xử lý 10 nơi bộ phận có bề mặt cong 30 không được đặt. Bởi có các bộ phản xạ như vậy, nên các sóng siêu âm được ngăn bị hấp thụ bởi bề mặt thành hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý 10, và được phản xạ. Nhờ đó, các sóng siêu âm được phát vào chất lỏng làm sạch 3 có thể được sử dụng với hiệu quả tốt. Trong trường hợp này, tỷ lệ diện tích của các bộ phản xạ so với các phần của bề mặt thành và bề mặt đáy tiếp xúc với chất lỏng làm sạch của bồn xử lý 10 nơi bộ phận có bề mặt cong 30 không được đặt ưu tiên là càng lớn càng tốt, và không bị giới hạn cụ thể; chẳng hạn, có thể là lớn hơn hoặc bằng 80%, và ưu tiên là lớn hơn hoặc bằng 90%.

Trên đây, cấu tạo tổng thể của thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này được mô tả chi tiết dựa vào FIG.1A đến FIG.6.

Xử lý xê dịch tần số

Tiếp theo, xử lý xê dịch tần số trong cơ cấu phát siêu âm 20 được mô tả vắn tắt.

Như được nêu ở trên, ưu tiên đối với cơ cấu phát siêu âm 20 theo phương án này có chức năng xê dịch tần số mà có thể phát sóng siêu âm trong khi xê dịch tần số trong khoảng là $\pm 0,1$ kHz đến ± 10 kHz quanh tần số siêu âm được lựa chọn. Bởi chức năng xê dịch tần số như vậy, nên có thể thu được hai hiệu quả bổ sung được mô tả dưới đây.

Khi sóng siêu âm được phát cho các bọt không khí nhỏ gồm các bọt mịn có trong chất lỏng, lực được gọi là lực Bjerknes tác động lên các bọt không khí nhỏ, và các bọt không khí nhỏ bị hút tới các vị trí của các bụng sóng và các nút của sóng siêu âm phù hợp với bán kính bọt không khí cộng hưởng R_0 phụ thuộc vào tần số. Ở đây, khi tần số của sóng siêu âm bị thay đổi bởi chức năng xê dịch tần số có bởi cơ cấu phát siêu âm 20, thì khoảng của bán kính bọt không khí cộng hưởng R_0 phụ thuộc vào tần số được mở rộng phù hợp với thay đổi về tần số. Bởi vậy, khoảng của đường kính bọt của sự sinh ra tạo bọt trong chất lỏng được mở rộng, và số lượng lớn các bọt không khí nhỏ (chẳng hạn, các bọt mịn) có thể được sử dụng làm các hạt nhân tạo bọt trong chất lỏng. Như vậy, hiệu quả làm sạch của thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này được cải thiện thêm bởi chức năng xê dịch tần số có bởi cơ cấu phát siêu âm 20.

Mặt khác, là tính chất thông thường của sóng siêu âm, đã biết đến hiện

tượng trong đó “sóng siêu âm được truyền qua vật thể được chiếu khi bước sóng của sóng siêu âm là $1/4$ của bước sóng tương ứng với độ dày của vật thể được chiếu.” Như vậy, bằng cách phát các sóng siêu âm trong khi xê dịch tần số trong một khoảng thích hợp, trong trường hợp mà, chẳng hạn, đối tượng cần được làm sạch là vật thể có phần rỗng như là vật thể dạng ống, thì lượng các sóng siêu âm được truyền vào phía trong của vật thể dạng ống có thể tăng lên, và hiệu quả làm sạch của thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 theo phương án này được cải thiện thêm.

Ở đây, khi sự truyền các sóng siêu âm ở bề mặt của vật thể được chiếu được xem xét, có không những các sóng siêu âm tới vuông góc với vật thể được chiếu mà còn cả các sóng siêu âm truyền trong khi lặp lại đa phản xạ, và do đó có xu hướng là ít có khả năng tạo ra trường âm thanh nào đó. Trong các trường hợp như vậy, để tạo điều kiện để truyền qua bề mặt thành của vật thể được chiếu, ưu tiên là có tần số có khả năng đáp ứng điều kiện là “bước sóng của sóng siêu âm là $1/4$ của bước sóng tương ứng với độ dày của đối tượng cần được làm sạch” thu được ở bất cứ vị trí nào của đối tượng cần được làm sạch. Đối với khoảng tần số như vậy, một nghiên cứu bởi các tác giả sáng chế này đã phát hiện ra rằng sự truyền các sóng siêu âm giống như sóng siêu âm được nêu ở trên có thể đạt được bằng cách phát các sóng siêu âm trong khi xê dịch tần số trong khoảng là $\pm 0,1$ kHz đến ± 10 kHz quanh tần số siêu âm được lựa chọn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, thiết bị làm sạch bằng siêu âm và phương pháp làm sạch bằng siêu âm theo sáng chế được mô tả cụ thể dựa vào các ví dụ và các ví dụ so sánh.

Các ví dụ được thể hiện dưới đây chỉ là các ví dụ về thiết bị làm sạch bằng siêu âm và phương pháp làm sạch bằng siêu âm theo sáng chế, và thiết bị làm sạch bằng siêu âm và phương pháp làm sạch bằng siêu âm theo sáng chế không giới hạn ở các ví dụ được thể hiện dưới đây.

Ví dụ thực nghiệm 1

Trong ví dụ thực nghiệm này, xử lý rửa bằng nước (súc rửa) đối với tấm thép được thực hiện sử dụng thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 giống như xử lý được thể hiện dưới dạng giản đồ trên FIG.7A và FIG.7B. Nước sạch ở nhiệt độ bình thường (25°C) được sử dụng làm dung dịch súc rửa. Bồn xử lý có thành ngoài được tạo ra từ SUS và có thể tích 7 m^3 có kích thước rộng $2,0\text{ m} \times$ dài $7\text{ m} \times$ sâu $0,5\text{ m}$ được sử dụng làm bồn xử lý 10. Tấm thép, mà là đối tượng cần được làm sạch, được thiết lập ở trạng thái được giữ bằng các con lăn được bố trí trong bồn xử lý 10. Để làm bộ tạo dao động siêu âm của cơ cấu phát siêu âm 20, bộ tạo dao động siêu âm có công suất 1200 W được sử dụng. Như được thể hiện dưới dạng giản đồ trên FIG.7A và FIG.7B, năm bộ tạo rung ngâm được tạo ra từ SUS được bố trí trên bề mặt thành của một cạnh dài của bồn xử lý 10, với tần số của sóng siêu âm được thiết lập là 40 kHz (bước sóng λ ở tốc độ âm thanh $c = 1500\text{ m/s}$: $37,5\text{ mm}$); và các sóng siêu âm được phát. Như được thể hiện dưới dạng giản đồ trên FIG.7A và FIG.7B, năm bộ phận có bề mặt cong 30 được lắp đặt trên bề mặt thành ở phía của bồn xử lý 10 nơi bộ tạo rung siêu âm không được bố trí, sao cho hướng về các bộ tạo rung ngâm được tạo ra từ SUS. Đối với bộ phận có bề mặt cong 30 được lắp đặt trong bồn xử lý 10, kích cỡ, hình dạng, chất lượng vật liệu (trở kháng âm thanh riêng), diện tích bề mặt, khoảng cách từ bề mặt rung, và khoảng cách giữa các bộ phận có bề mặt cong 30 mỗi thông số

được thay đổi; và các kết quả thu được được so sánh. Trong ví dụ thực nghiệm này, thiết bị khử khí kiểu màng, PDO4000P được sản xuất bởi Miura Co.,Ltd., được sử dụng làm cơ cấu kiểm soát khí được hòa tan 40, và lượng khí được hòa tan được kiểm soát ở thời điểm của thử nghiệm. Sử dụng dụng cụ đo oxy được hòa tan, LAQUA OM-51 được sản xuất bởi Horiba, Ltd., lượng oxy được hòa tan được đo là giá trị về tỷ lệ so với lượng khí được hòa tan; và lượng khí được hòa tan (%) so với lượng bão hòa của khí được hòa tan được ước tính. Các lượng khí được hòa tan là 5%, 40%, và 95% trong bảng 1 và bảng 2 dưới đây tương ứng với, là các nồng độ cụ thể, lần lượt 1,1 ppm, 9,1 ppm, và 21,5 ppm. Thêm nữa, lượng khí được hòa tan 95% là giá trị trong trường hợp mà nước sạch không được đưa đi kiểm soát khí được hòa tan được sử dụng ngay như vậy.

Trong ví dụ thực nghiệm này, như được thể hiện dưới dạng giản đồ trên FIG.8, bộ giám sát mức độ siêu âm (19001D được sản xuất bởi Kaijo Corporation) được sử dụng để đo cường độ siêu âm (mV) ở các khoảng cách là 0,5 m theo hướng chiều dài của bồn xử lý 10, ở tổng là 26 vị trí 0,5 m từ các bề mặt thành theo hướng chiều rộng của bồn xử lý 10, và cường độ siêu âm tương đối (cường độ tương đối trên giả định rằng kết quả đo của ví dụ so sánh 1, tức là, cường độ siêu âm được đo trong trường hợp mà phản công lõi 33 không được lắp đặt là 1) và độ lệch chuẩn (σ) được tính toán; như vậy, các khả năng truyền siêu âm của toàn bộ các bồn xử lý 10 được so sánh. Trong ví dụ so sánh 5 được thể hiện dưới đây, bộ phận có bề mặt cong 30 được bố trí trên cùng bề mặt thành như bề mặt thành mà trên đó bộ tạo rung ngâm được tạo ra từ SUS được bố trí, và phản công lõi 33 được thiết lập sao cho không hướng về bề mặt rung. Các điều kiện thực nghiệm và các kết quả thu được của ví dụ thực nghiệm này được

được thể hiện chung trên bảng 1 và bảng 2 dưới đây.

Trên bảng 1 và bảng 2 dưới đây, hình dạng được ghi là “ống tròn” trong số các hình dạng của bộ phận có bề mặt cong nghĩa là vật thể dạng ống rỗng trong đó hình dạng phía ngoài của mặt cắt ngang vuông góc với hướng trục dài là hình dạng tròn được sử dụng, và hình dạng được ghi là “cột tròn” nghĩa là vật thể dạng cột đặc trong đó hình dạng phía ngoài của mặt cắt ngang vuông góc với hướng trục dài là hình dạng tròn được sử dụng. Thêm nữa, hình dạng được ghi là “ống phẳng” trong số các hình dạng của bộ phận có bề mặt cong nghĩa là vật thể dạng ống rỗng trong đó hình dạng phía ngoài của mặt cắt ngang vuông góc với hướng trục dài là hình dạng elip được sử dụng. Thêm nữa, hình dạng được ghi là “tấm được gấp nếp (chữ nhật)” nghĩa là tấm được gấp nếp trong đó phần được gấp nếp có chức năng là phần cong không lồi 35 được sử dụng. Thêm nữa, hình dạng được ghi là “được rập nổi” trong số các hình dạng của bộ phận có bề mặt cong nghĩa là bộ phận trong đó bề mặt của vật liệu dạng tấm được rập nổi trong các bán cầu mỗi bán cầu có đường kính là 10 mm và được bố trí theo cách bố trí chữ chi được sử dụng. Thêm nữa, hình dạng được ghi là “ống tròn + tấm chắn” trong số các hình dạng của bộ phận có bề mặt cong nghĩa là tấm chắn mà chặn các sóng âm thứ nhất được đặt giữa bộ tạo rung ngâm được tạo ra từ SUS của cơ cấu phát siêu âm 20 và ống tròn.

Trong bảng 1 và bảng 2 dưới đây, “chiều cao lớn nhất H” nghĩa là chiều cao lớn nhất của phần cong lồi 33 giống như chiều cao được mô tả ở trên mà là lồi về phía bề mặt của bộ tạo rung; trong trường hợp của ống tròn hoặc cột tròn, chiều cao lớn nhất H là giá trị tương ứng với bán kính. Thêm nữa, trong bảng 1 và bảng 2 dưới đây, “tỷ lệ diện tích của phần cong lồi trong bộ phận” nghĩa là tỷ

lệ diện tích của phần cong lõi 33 hướng về bề mặt của bộ tạo rung trong bộ phận có bề mặt cong 30. Thêm nữa, trong bảng 1 và bảng 2 dưới đây, “số lượng của các bộ phận có bề mặt cong” nghĩa là số lượng của các phần cong lõi 33 trên một bộ phận có bề mặt cong 30, và được ghi là 1 trong trường hợp mà phần cong lõi 33 là ở hình dạng liên tục.

Bảng 1

	Bộ phận có bề mặt cong					Đặt bộ phận có bề mặt cong					Lượng khí được hòa tan	Cường độ siêu âm	
	Hình dạng	Chiều cao lớn nhất H [mm]	Tỷ lệ diện tích của phần cong lỗi trong bộ phận [%]	Trở kháng âm thanh riêng	Số lượng	Giá trị lớn nhất của khoảng cách tách rời D tới bề mặt rung [m]	Góc nghiêng θ [°]	Tỷ lệ diện tích trong khoảng có hiệu lực của bộ tạo rung [%]	Khoảng cách giữa các bộ phận [mm]	Tỷ lệ so với lượng bão hòa [%]		Cường độ tương đối (trung bình)	Độ lệch chuẩn σ
Ví dụ 1	Ống tròn	15,0	100	$3,97 \times 10^7$	1	2,1	14,0	0,9	-	95	1,52	16,3	
Ví dụ 2	Ống tròn	32,5	100	$3,97 \times 10^7$	1	2,6	40,4	0,8	-	95	1,50	15,5	
Ví dụ 3	Ống tròn	32,5	100	$3,97 \times 10^7$	1	2,4	33,0	1,0	-	95	1,55	15,0	
Ví dụ 4	Ống tròn	32,5	100	$3,97 \times 10^7$	1	2,2	26,6	1,3	-	95	2,12	10,8	
Ví dụ 5	Ống tròn	32,5	100	$3,97 \times 10^7$	1	2,1	14,0	2,0	-	95	2,16	11,0	
Ví dụ 6	Ống tròn	32,5	100	$3,97 \times 10^7$	5	2,2	26,6	6,3	500	95	2,23	10,2	
Ví dụ 7	Ống tròn	32,5	100	$3,97 \times 10^7$	20	2,2	26,6	25,3	500	95	2,35	11,0	
Ví dụ 8	Ống tròn	45,0	100	$3,97 \times 10^7$	20	2,2	26,6	35,0	450	95	2,05	10,6	
Ví dụ 9	Ống tròn	32,5	100	$3,97 \times 10^7$	40	2,1	14,0	80,4	25	95	1,60	14,5	
Ví dụ 10	Ống tròn	32,5	100	$2,77 \times 10^6$	1	2,1	14,0	2,0	-	95	1,51	16,5	
Ví dụ 11	Ống tròn	32,5	100	$2,15 \times 10^6$	1	2,1	14,0	2,0	-	95	1,50	16,8	
Ví dụ 12	Ống phẳng	25,0	28	$1,38 \times 10^7$	5	2,2	26,6	1,8	250	95	1,65	16,3	

Bảng 2

	Bộ phận có bề mặt cong					Đặt bộ phận có bề mặt cong				Lượng khí được hòa tan	Cường độ siêu âm	
	Hình dạng	Chiều cao lớn nhất H [mm]	Tỷ lệ diện tích của phần cong lồi trong bộ phận [%]	Trở kháng âm thanh riêng	Số lượng	Giá trị lớn nhất của khoảng cách tách rời D tới bề mặt rung [m]	Góc nghiêng θ [°]	Tỷ lệ diện tích có hiệu lực của bộ tạo rung [%]	Khoảng cách giữa các bộ phận [mm]	Tỷ lệ so với lượng bão hòa [%]	Cường độ tương đối (trung bình)	Độ lệch chuẩn σ
Ví dụ 13	Ống phẳng	30,0	42	$1,38 \times 10^7$	5	2,2	26,6	2,6	250	95	2,20	13,0
Ví dụ 14	Cột tròn	32,5	100	$1,38 \times 10^7$	5	2,5	36,9	4,6	750	95	1,75	15,0
Ví dụ 15	Được ráp nổi	5,0	100	$1,38 \times 10^7$	1800	2,1	14,0	22,3	5	95	1,60	16,5
Ví dụ 16	Được ráp nổi	20,0	30	$1,38 \times 10^7$	500	2,1	14,0	6,2	100	95	2,30	11,0
Ví dụ 17	Ống tròn	32,5	100	$3,97 \times 10^7$	5	2,2	26,6	6,3	500	40	3,56	5,9
Ví dụ 18	Ống tròn	32,5	100	$3,97 \times 10^7$	5	2,2	26,6	6,3	500	5	3,60	5,0
Ví dụ 19	Ống tròn	32,5	100	$1,03 \times 10^8$	1	2,1	14,0	2,0	-	95	2,41	10,1
Ví dụ 20	Ống tròn	32,5	100	$3,97 \times 10^7$	1	0,04	14,0	2,0	-	95	1,52	16,8
Ví dụ so sánh 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95	1,00	22,6
Ví dụ so sánh 2	Ống chữ nhật	50,0	0	$1,38 \times 10^7$	10	2,1	14,0	0,0	450	95	1,01	21,9
Ví dụ so sánh 3	Tấm được gấp nếp (chữ nhật)	19,0	0	$3,97 \times 10^7$	14	2,1	14,0	0,0	250	95	0,98	23,2
Ví dụ so sánh 4	Ống tròn + tấm chắn	32,5	100	$3,97 \times 10^7$	1	2,1	14,0	2,0	-	95	1,05	22,5
Ví dụ so sánh 5	Ống tròn	32,5	100	$3,97 \times 10^7$	6	0,5	90,0	1,1	100	95	1,03	22,2

Trước tiên, dựa vào các ví dụ so sánh, trong các ví dụ so sánh 2 đến 3 trong đó bố trí bộ phận có bề mặt cong 30 trong đó phần cong lồi 33 không có, ví dụ so sánh 4 trong đó tấm chắn mà được bố trí ở phía trước của phần cong lồi 33 sao cho chặn các sóng siêu âm của các sóng âm thứ nhất có mặt, và ví dụ so sánh 5 trong đó phần cong lồi được bố trí trên cùng bề mặt thành như bề mặt thành của bể mặt rung, trung bình của cường độ siêu âm tương đối của toàn bộ bồn xử lý 10 hầu như bằng với trung bình của cường độ siêu âm tương đối của toàn bộ bồn xử lý 10 của ví dụ so sánh 1 trong đó bộ phận có bề mặt cong 30 theo một phương án của sáng chế không được giữ trong bồn xử lý. Thêm nữa, độ lệch chuẩn, mà là chỉ số biến đổi, là lớn hơn cường độ siêu âm ở 33 mV là 20, và có thể thấy rằng sự truyền siêu âm là không đồng đều.

Mặt khác, trong các ví dụ 1 đến 20 trong đó bộ phận có bề mặt cong 30 theo một phương án của sáng chế được bố trí, đã thể hiện rằng cường độ siêu âm tương đối là giá trị cao mà lớn hơn hoặc bằng 1,5 lần. Cụ thể, trong các ví dụ 4 đến 8 trong đó khoảng cách tách rời D từ bề mặt của bộ tạo rung là nằm trong khoảng 2,5 m và phần cong lồi 33 được bố trí ở tỷ lệ diện tích là lớn hơn hoặc bằng 1% và nhỏ hơn hoặc bằng 80% trong khoảng có hiệu lực của bộ tạo rung là nhỏ hơn hoặc bằng 30° về phía ngoài, cường độ siêu âm tương đối là lớn hơn hoặc bằng hai lần được quan sát, và độ lệch chuẩn là nhỏ. Đồng thời trong các ví dụ 13, 16, và 18 trong đó, khi hình dạng của phần cong lồi 33 được thay đổi, tỷ lệ diện tích nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 1% và nhỏ hơn hoặc bằng 80% và chiều cao lớn nhất H của phần cong lồi 33 là $\lambda/2 < H$, thì tương tự là cường độ siêu âm tương đối lớn hơn hoặc bằng hai lần được quan sát.

Thêm nữa, cường độ siêu âm tương đối là cao hơn trong ví dụ 5, mà được

tạo ra từ vật liệu với trở kháng âm thanh riêng là lớn hơn hoặc bằng 1×10^7 , so với trong các ví dụ 10 và 11, mà được tạo ra từ vật liệu với trở kháng âm thanh riêng là thấp hơn 1×10^7 . Thêm nữa, trong các ví dụ 17 và 18 trong đó lượng khí được hòa tan được kiểm soát, cường độ siêu âm tương đối là lớn hơn hoặc bằng 3,5 lần cường độ siêu âm của ví dụ so sánh 1, và độ lệch chuẩn vẫn là nhỏ hơn; như vậy, quan sát được sự truyền đồng đều hơn.

Ví dụ thực nghiệm 2

Trong ví dụ thực nghiệm này, xử lý tẩy nhòn các ống thép trong đó dầu bám vào các bề mặt được thực hiện sử dụng thiết bị làm sạch bằng siêu âm 1 giống như thiết bị được thể hiện dưới dạng giản đồ trên FIG.9A và FIG.9B. Chất lỏng tẩy nhòn gốc kiềm ở nhiệt độ là 60°C được sử dụng làm dung dịch tẩy nhòn. Bồn xử lý có thành ngoài được tạo ra từ thép và bề mặt được lót bằng polytetrafluetylen (PTFE) và có thể tích là 9 m^3 với kích thước rộng $1,0 \text{ m} \times$ dài $15,0 \text{ m} \times$ sâu $0,6 \text{ m}$ được sử dụng làm bồn xử lý 10. Các ống thép trong đó dầu bám vào các bề mặt được ngâm trong bồn xử lý 10 như vậy trong thời gian được ấn định. Cụ thể, 20 ống thép mỗi ống có đường kính trong là 40 mm và chiều dài là 10 m được đặt vào phần trung tâm trong bồn xử lý 10, là đối tượng cần được làm sạch, và đánh giá về việc làm sạch được thực hiện.

Để làm bộ tạo dao động siêu âm của cơ cấu phát siêu âm 20, bộ tạo động siêu âm có công suất là 1200 W được sử dụng. Mười bộ tạo rung ngâm được tạo ra từ SUS được sử dụng làm các bộ tạo rung siêu âm; như được thể hiện dưới dạng giản đồ trên FIG.9A và FIG.9B, năm bộ tạo rung ngâm được lắp đặt trên mỗi bề mặt trong số các bề mặt thành theo hướng chiều dọc của bồn xử lý 10.

Bộ tạo dao động siêu âm được sử dụng là bộ tạo dao động siêu âm có khả năng xê dịch tần số siêu âm; trong ví dụ thực nghiệm này, tần số được thiết lập là 25 kHz đến 192 kHz. Bước sóng λ tương ứng với mỗi tần số siêu âm f có thể được tính toán từ mối quan hệ là $c = f \cdot \lambda$, trong đó tốc độ âm thanh $c = 1550$ m/s.

Như được thể hiện dưới dạng giản đồ trên FIG.9A và FIG.9B, các bộ phận có bề mặt cong 30 được lắp đặt trên các phần của bề mặt thành và bề mặt đáy của bồn xử lý 10, và các ống thép, mà là các đối tượng cần được làm sạch, được giữ trên các bộ phận có bề mặt cong 30. Trong một số ví dụ, bộ phản xạ có chất lượng vật liệu được ấn định được lắp đặt giữa bề mặt thành của bồn xử lý 10 và bộ phận có bề mặt cong 30. Bộ phận có bề mặt cong 30 như vậy là ống được tạo ra từ SUS, và phía bên trong được làm rỗng. Hình dạng (hình dạng bên ngoài), kích cỡ, số lượng, và khoảng cách từ bề mặt rung của bộ phận có bề mặt cong 30 được thay đổi một cách khác nhau, và các kết quả thu được được so sánh.

Trong ví dụ thực nghiệm này, thiết bị khử khí kiểu màng, PDO4000P được sản xuất bởi Miura Co.,Ltd. được sử dụng làm cơ cấu kiểm soát khí được hòa tan 40, và lượng khí được hòa tan so với lượng bão hòa của khí được hòa tan được kiểm soát ở 0,5%, 40%, hoặc 95% trong thực nghiệm. Ở thời điểm kiểm soát như vậy, sử dụng dụng cụ đo oxy được hòa tan, LAQUA OM-51 được sản xuất bởi Horiba, Ltd., lượng oxy được hòa tan được đo là giá trị theo tỷ lệ so với lượng khí được hòa tan; và lượng khí được hòa tan (%) so với lượng bão hòa của khí được hòa tan được ước tính. Các lượng khí được hòa tan là 0,5%, 40%, và 95% trong các bảng 3 và 4 dưới đây lần lượt tương ứng với, là các nồng độ cụ thể, 0,08 ppm, 6,4 ppm, và 15,2 ppm. Thêm nữa, lượng khí được hòa tan là

95% là giá trị trong trường hợp mà nước sạch không được đưa đi kiểm soát khí được hòa tan mà được sử dụng luôn như vậy.

Trong ví dụ thực nghiệm này, 2FKV-27M/MX-F13 được sản xuất bởi OHR Laboratory Corporation được sử dụng làm cơ cấu cung cấp bọt mịn 50; các sóng siêu âm và các bọt mịn được sử dụng kết hợp trong khi các bọt mịn được cung cấp cho dung dịch tẩy nhờn; và việc xác minh được thực hiện. Đường kính bọt không khí (đường kính bọt không khí trung bình) và tổng số các bọt mịn được đo sử dụng thiết bị đo phân bố kích thước hạt chính xác (Multisizer 4 được sản xuất bởi Beckman Coulter, Inc.) và thiết bị phân tích hạt nano (NanoSight LM10 được sản xuất bởi Malvern Panalytical Ltd.).

Trong ví dụ thực nghiệm này, tỷ lệ loại bỏ dầu của bề mặt của tấm thép được đo, và tỷ lệ được đo về sự loại bỏ dầu được tính toán là khả năng tẩy nhờn. Chi tiết hơn, lượng dầu được loại bỏ được tính toán từ lượng thay đổi về khối lượng giữa trước và sau khi làm sạch, và tỷ lệ của lượng dầu được loại bỏ mà có thể được loại bỏ bởi các điều kiện làm sạch tương ứng so với tổng lượng dầu bám vào bề mặt của tấm thép được lấy làm tỷ lệ loại bỏ dầu. Tiêu chuẩn đánh giá về khả năng tẩy nhờn trong các bảng 3 và 4 dưới đây là như sau.

Tỷ lệ loại bỏ dầu

Thấp hơn hoặc bằng 100% và cao hơn hoặc bằng 98%: A1

Thấp hơn 98% và cao hơn hoặc bằng 95%: A2

Thấp hơn 95% và cao hơn hoặc bằng 93%: B1

Thấp hơn 93% và cao hơn hoặc bằng 90%: B2

Thấp hơn 90% và cao hơn hoặc bằng 85%: C1

Thấp hơn 85% và cao hơn hoặc bằng 80%: C2

Thấp hơn 80% và cao hơn hoặc bằng 60%: D

Thấp hơn 60% và cao hơn hoặc bằng 40%: E

Thấp hơn 40%: F

Tức là, đánh giá A1 đến đánh giá B2 nghĩa là khả năng tẩy nhờn là rất tốt, các đánh giá C1 và C2 nghĩa là khả năng tẩy nhờn là tốt, đánh giá D nghĩa là khả năng tẩy nhờn là hơi kém, và đánh giá E và đánh giá F nghĩa là khả năng tẩy nhờn là kém.

Bảng 3

	Bộ phận có bề mặt cong			Đặt bộ phận có bề mặt cong				Sóng siêu âm		Bột mịn			Lượng khí được hòa tan	Bộ phận xạ	Khả năng làm sạch
	Hình dạng	Chiều cao lớn nhất H [mm]	Số lượng	Giá trị lớn nhất của khoảng cách tách rời D tới bề mặt rung [m]	Góc nghiêng θ [°]	Tỷ lệ diện tích trong khoảng có hiệu lực của bộ tạo rung [%]	Khoảng cách giữa các bộ phận [mm]	Tần số [kHz]	Xê dịch [kHz]	Đường kính trung bình [μm]	Tổng số [/ml]	Tỷ lệ của số lượng các bột với đường kính nhỏ hơn hoặc bằng đường kính cộng hưởng [%]			
Ví dụ 1	Tròn	15,0	1	1,1	26,6	4,4	-	35	-	-	-	-	40	-	C2
Ví dụ 2	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	35	-	-	-	-	40	-	B2
Ví dụ 3	Tròn	32,5	1	1,2	35,0	7,6	-	35	-	-	-	-	40	-	C1
Ví dụ 4	Tròn	45,0	1	1,2	35,0	10,5	-	35	-	-	-	-	40	-	C1
Ví dụ 5	Tròn	32,5	5	1,1	26,6	47,2	250	35	-	-	-	-	40	-	B1
Ví dụ 6	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	25	-	-	-	-	40	-	C1
Ví dụ 7	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	100	-	-	-	-	40	-	B2
Ví dụ 8	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	192	-	-	-	-	40	-	C1
Ví dụ 9	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	35	0,1	-	-	-	40	-	A2
Ví dụ 10	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	35	2,0	-	-	-	40	-	A2
Ví dụ 11	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	100	0,1	-	-	-	40	-	A2
Ví dụ 12	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	100	10,0	-	-	-	40	-	B2
Ví dụ 13	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	100	-	0,09	1,0×10 ⁹	98	40	-	A2
Ví dụ 14	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	100	-	0,09	5,0×10 ³	98	40	-	B1
Ví dụ 15	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	100	-	1,0	2,0×10 ⁶	98	40	-	A1
Ví dụ 16	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	100	-	10,0	4,6×10 ⁵	70	40	-	A2
Ví dụ 17	Tròn	15,0	1	1,1	26,6	4,4	-	35	-	80,0	3,0×10 ⁴	40	40	-	C1
Ví dụ 18	Tròn	15,0	1	1,1	26,6	4,4	-	35	-	110	2,3×10 ³	33	40	-	C2

Bảng 4

	Bộ phận có bề mặt cong			Đặt bộ phận có bề mặt cong				Sóng siêu âm		Bột mịn			Lượng khí được hòa tan	Bộ phận xạ	Khả năng làm sạch
	Hình dạng	Chiều cao lớn nhất H [mm]	Số lượng	Giá trị lớn nhất của khoảng cách tách rời D tới bề mặt rung [m]	Góc nghiêng θ [°]	Tỷ lệ diện tích trong khoảng có hiệu lực của bộ tạo rung [%]	Khoảng cách giữa các bộ phận [mm]	Tần số [kHz]	Xê dịch [kHz]	Đường kính trung bình [μm]	Tổng số [ml]	Tỷ lệ của số lượng các bột với đường kính nhỏ hơn hoặc bằng đường kính cộng hưởng [%]			
Ví dụ 19	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	100	-	-	-	-	40	SUS304	B 1
Ví dụ 20	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	100	-	-	-	-	40	xeramic	B 2
Ví dụ 21	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	35	-	-	-	-	0,5	-	C 1
Ví dụ 22	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	35	-	-	-	-	95	-	C 2
Ví dụ 23	Tròn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	35	2,0	1,0	$2,0 \times 10^6$	98	40	-	A 1
Ví dụ so sánh 1	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	40	-	F
Ví dụ so sánh 2	-	-	-	-	-	-	-	100	-	1,0	$2,0 \times 10^6$	98	40	-	E
Ví dụ so sánh 3	Chữ nhật	45	1	1,1	26,6	0,0	-	100	-	-	-	-	40	-	F
Ví dụ so sánh 4	Chữ nhật	45	1	1,1	26,6	0,0	-	100	-	1,0	$2,0 \times 10^6$	98	40	-	E
Ví dụ so sánh 5	Tròn + tám chắn	32,5	1	1,1	26,6	9,4	-	100	-	-	-	-	40	-	D
Ví dụ so sánh 6	-	-	-	-	-	-	-	35	-	-	-	-	95	Polycarbonat	E

Trước tiên, dựa vào các ví dụ so sánh, khu vực mà khả năng tẩy nhòe là kém hoặc việc làm sạch là không đủ xuất hiện trong các ví dụ so sánh 1 và 2 trong đó bộ phận có bề mặt cong 30 theo một phương án của sáng chế không được giữ trong bồn xử lý 10, các ví dụ so sánh 3 và 4 trong đó bộ phận có bề mặt cong 30 không có phần cong lồi 33 được bố trí, ví dụ so sánh 5 trong đó có tấm chắn mà được bố trí ở tầng trước của phần cong lồi 33 để chặn các sóng siêu âm, và ví dụ so sánh 6 trong đó bộ phản xạ được lắp đặt song song ở vị trí 775 mm từ bề mặt của bộ tạo rung (khoảng cách giữa bộ phản xạ và bề mặt rung đáp ứng $\lambda/4 \cdot (2n - 1)$).

Mặt khác, đã phát hiện ra rằng khả năng tẩy nhòe là tốt trong các ví dụ 1 đến 8 trong đó phần cong lồi 33 theo một phương án của sáng chế được bố trí, và chiều cao lớn nhất H của phần cong lồi 33, tỷ lệ diện tích của phần cong lồi 33, góc nghiêng θ , và khoảng tần số được thay đổi. Cụ thể, khả năng tẩy nhòe tuyệt vời đã được thể hiện trong các ví dụ 9 đến 17 và 23 trong đó xê dịch của tần số và việc cung cấp các bọt mịn trong khoảng thích hợp được thực hiện. Thêm nữa, khả năng tẩy nhòe tuyệt vời cũng đã được thể hiện trong các ví dụ 19 và 20 trong đó bộ phản xạ được bố trí.

(Các) phương án được ưu tiên của sáng chế đã được mô tả ở trên dựa vào các hình vẽ kèm theo, trong khi sáng chế không giới hạn ở các ví dụ ở trên. Người có trình độ trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật có thể tìm ra các sửa đổi và các cải biến khác nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo, và cần hiểu rằng tất nhiên là chúng sẽ nằm trong phạm vi kỹ thuật của sáng chế.

Danh mục các ký hiệu chỉ dẫn

- 1 thiết bị làm sạch bằng siêu âm
- 3 chất lỏng làm sạch
- 10 bồn xử lý
- 20 cơ cấu phát siêu âm
- 30 bộ phận có bề mặt cong
- 31 bề mặt cong lồi
- 33 phần cong lồi
- 35 phần cong không lồi
- 40 cơ cấu kiểm soát khí được hòa tan
- 50 cơ cấu cung cấp bột mịn
- 60 bộ phản xạ

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm gồm:

bồn xử lý lưu trữ chất lỏng làm sạch mà làm sạch đối tượng cần được làm sạch và trong đó đối tượng cần được làm sạch được ngâm;

các cơ cấu phát siêu âm phát các sóng siêu âm cho chất lỏng làm sạch được lưu trữ ở bên trong của bồn xử lý; và

bộ phận có bề mặt cong được đặt trong khoảng được ấn định bởi góc nghiêng được ấn định từ hướng pháp tuyến ở phần đầu mút của bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm tới phía ngoài đối với bề mặt rung và được giữ trên bề mặt thành và/hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý,

trong đó nhiều bộ phận có bề mặt cong được bố trí với các khoảng cách được ấn định và nhiều bộ phận có bề mặt cong không có phần lõm,

bộ phận có bề mặt cong có bề mặt cong lồi trong đó có ít nhất phần cong lồi có hình dạng bề mặt là bề mặt hình cầu hoặc bề mặt không phải hình cầu và phần cong lồi ở trạng thái nhô ra nhiều hơn về phía bề mặt rung so với phần không phải là phần cong lồi, và

bề mặt cong lồi được giữ ở trạng thái hướng về bề mặt rung theo cách như vậy mà ít nhất phần các sóng âm thứ nhất mà là các sóng âm được phát từ cơ cấu phát siêu âm và không trải qua phản xạ tới được phần cong lồi của bề mặt cong lồi.

2. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm 1,

trong đó chiều cao lớn nhất H của phần cong lồi trên bề mặt cong lồi đáp ứng mối quan hệ là $\lambda/2 < H$, trong đó bước sóng của sóng siêu âm được biểu thị

bởi λ .

3. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm 1 hoặc 2,

trong đó độ lớn của góc nghiêng là lớn hơn hoặc bằng 0 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 30 độ.

4. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3,

trong đó phần cong lồi của bộ phận có bề mặt cong có tỷ lệ diện tích là lớn hơn hoặc bằng 30% so với tổng diện tích của bộ phận có bề mặt cong được đặt nằm trong khoảng được ấn định dựa trên bề mặt rung.

5. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4,

trong đó phần cong lồi của bộ phận có bề mặt cong có tỷ lệ diện tích là lớn hơn hoặc bằng 1% và nhỏ hơn hoặc bằng 80% so với tổng diện tích bề mặt của bề mặt thành và/hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý được đặt nằm trong khoảng được ấn định dựa trên bề mặt rung.

6. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5,

trong đó bộ phận có bề mặt cong, và bề mặt thành và/hoặc bề mặt đáy mà trên đó bộ phận có bề mặt cong được đặt không có phần lõm.

7. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm 1,

trong đó khoảng cách tách rời L giữa các bộ phận có bề mặt cong liền kề trong số các bộ phận có bề mặt cong đáp ứng mối quan hệ là $3H < L$ đối với chiều cao lớn nhất H của phần cong lồi của bộ phận có bề mặt cong.

8. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7,

trong đó khoảng cách tách rời D giữa bề mặt rung và vị trí mà tạo ra chiều cao lớn nhất của phần cong lồi trên bề mặt cong lồi trong bộ phận có bề mặt

cong là lớn hơn hoặc bằng 5 cm và nhỏ hơn hoặc bằng 250 cm.

9. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8,

trong đó bộ phận có bề mặt cong là bộ phận có bề mặt cong được tạo ra từ vật liệu có trở kháng âm thanh là lớn hơn hoặc bằng 1×10^7 [kg·m⁻²·giây⁻¹] và nhỏ hơn hoặc bằng 2×10^8 [kg·m⁻²·giây⁻¹].

10. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, còn gồm:

cơ cấu kiểm soát khí được hòa tan mà kiểm soát lượng khí được hòa tan trong chất lỏng làm sạch được lưu trữ trong bồn xử lý.

11. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm 10,

trong đó cơ cấu kiểm soát khí được hòa tan thực hiện kiểm soát sao cho lượng khí được hòa tan là 1% đến 50% của lượng bão hòa của khí được hòa tan trong chất lỏng làm sạch.

12. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, còn gồm:

cơ cấu cung cấp bọt mịn mà cung cấp các bọt mịn mà mỗi bọt có đường kính bọt không khí trung bình được ấn định vào chất lỏng làm sạch được lưu trữ trong bồn xử lý.

13. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm 12,

trong đó cơ cấu cung cấp bọt mịn cung cấp các bọt mịn mỗi bọt có đường kính bọt không khí trung bình là 0,01 µm đến 100 µm theo cách như vậy mà tổng lượng của các bọt không khí là 10³/mL đến 10¹⁰/mL.

14. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm 12 hoặc 13,

trong đó cơ cấu cung cấp bọt mịn cung cấp các bọt mịn theo cách như vậy mà, trong chất lỏng làm sạch, tỷ lệ của số lượng các bọt mịn mà mỗi bọt có đường kính bọt không khí nhỏ hơn hoặc bằng đường kính cộng hưởng tần số mà là đường kính cộng hưởng với tần số của sóng siêu âm là lớn hơn hoặc bằng 70% của số lượng của toàn bộ các bọt mịn có trong chất lỏng làm sạch.

15. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 14,

trong đó cơ cấu phát siêu âm lựa chọn tần số của sóng siêu âm từ dải tần số là 20 kHz đến 200 kHz.

16. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 15,

trong đó cơ cấu phát siêu âm phát các sóng siêu âm cho chất lỏng làm sạch trong khi xê dịch tần số trong khoảng là $\pm 0,1$ kHz đến ± 10 kHz quanh tần số siêu âm được lựa chọn.

17. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 16,

trong đó bộ phận xạ phản xạ các sóng siêu âm còn được bố trí giữa bộ phận có bề mặt cong và bề mặt thành hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý mà trên đó bộ phận có bề mặt cong được giữ.

18. Thiết bị làm sạch bằng siêu âm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 17,

trong đó bồn xử lý được kết cấu bởi chiều sâu từ bề mặt của chất lỏng là 2m hoặc nhỏ hơn và tổng chiều dài là 25m hoặc nhỏ hơn.

19. Phương pháp làm sạch bằng siêu âm mà làm sạch đối tượng cần được làm sạch bằng cách sử dụng bồn xử lý trong đó chất lỏng làm sạch mà làm sạch đối tượng cần được làm sạch được đưa vào,

trong đó các cơ cấu phát siêu âm mà phát các sóng siêu âm cho chất lỏng làm sạch được bố trí cho bồn xử lý, và bộ phận có bề mặt cong được bố trí cho bề mặt thành và/hoặc bề mặt đáy của bồn xử lý được đặt trong khoảng được ấn định bởi góc nghiêng được ấn định từ hướng pháp tuyến ở phần đầu mút của bề mặt rung của cơ cấu phát siêu âm tới phía ngoài đối với bề mặt rung,

phương pháp làm sạch bằng siêu âm gồm:

phát các sóng siêu âm cho chất lỏng làm sạch được lưu trữ trong bồn xử lý; và

ngâm đối tượng cần được làm sạch trong chất lỏng làm sạch mà các sóng siêu âm được phát vào đó,

trong đó nhiều bộ phận có bề mặt cong được bố trí với các khoảng cách được ấn định và nhiều bộ phận có bề mặt cong không có phần lõm, bộ phận có bề mặt cong có bề mặt cong lồi trong đó có ít nhất phần cong lồi có hình dạng bề mặt là bề mặt hình cầu hoặc bề mặt không phải hình cầu và phần cong lồi ở trạng thái nhô ra nhiều hơn về phía của bề mặt rung so với phần không phải là phần cong lồi, và

bề mặt cong lồi được giữ ở trạng thái hướng về bề mặt rung theo cách như vậy mà ít nhất phần các sóng âm thứ nhất mà là các sóng âm được phát từ cơ cấu phát siêu âm và không trải qua phản xạ tới được phần cong lồi của bề mặt cong lồi.

FIG. 1A

1: THIẾT BỊ LÀM SẠCH BẰNG SIÊU ÂM

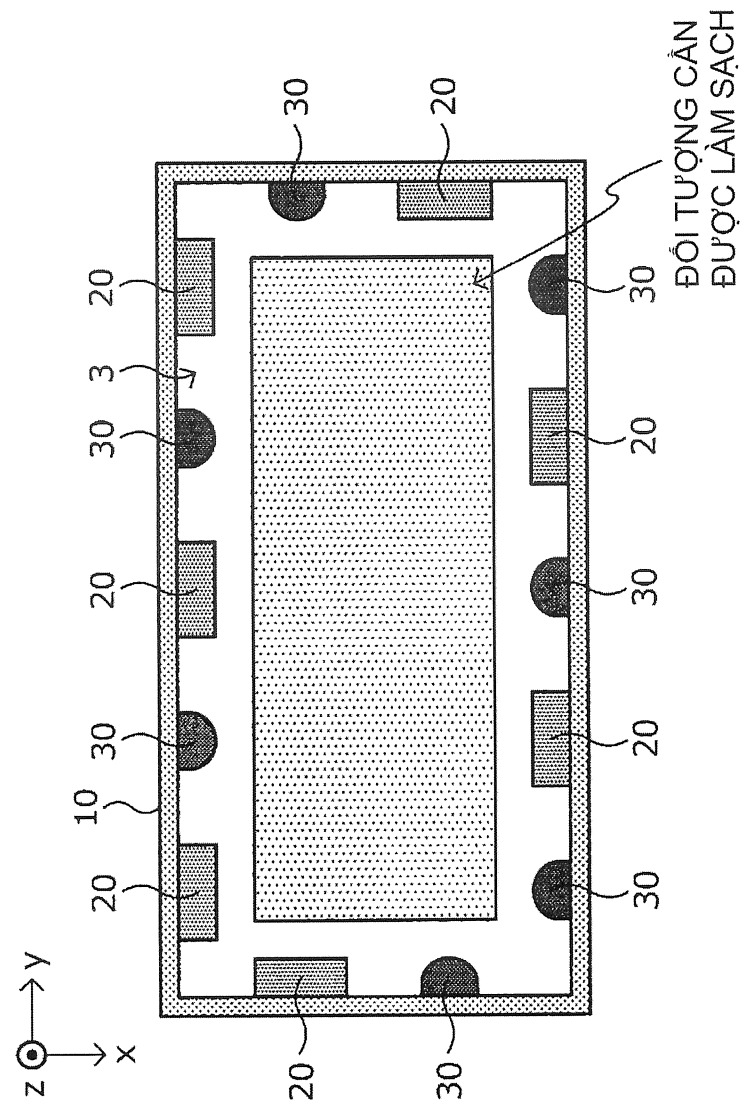


FIG. 1D

1: THIẾT BỊ LÀM SẠCH BẰNG SIÊU ÂM

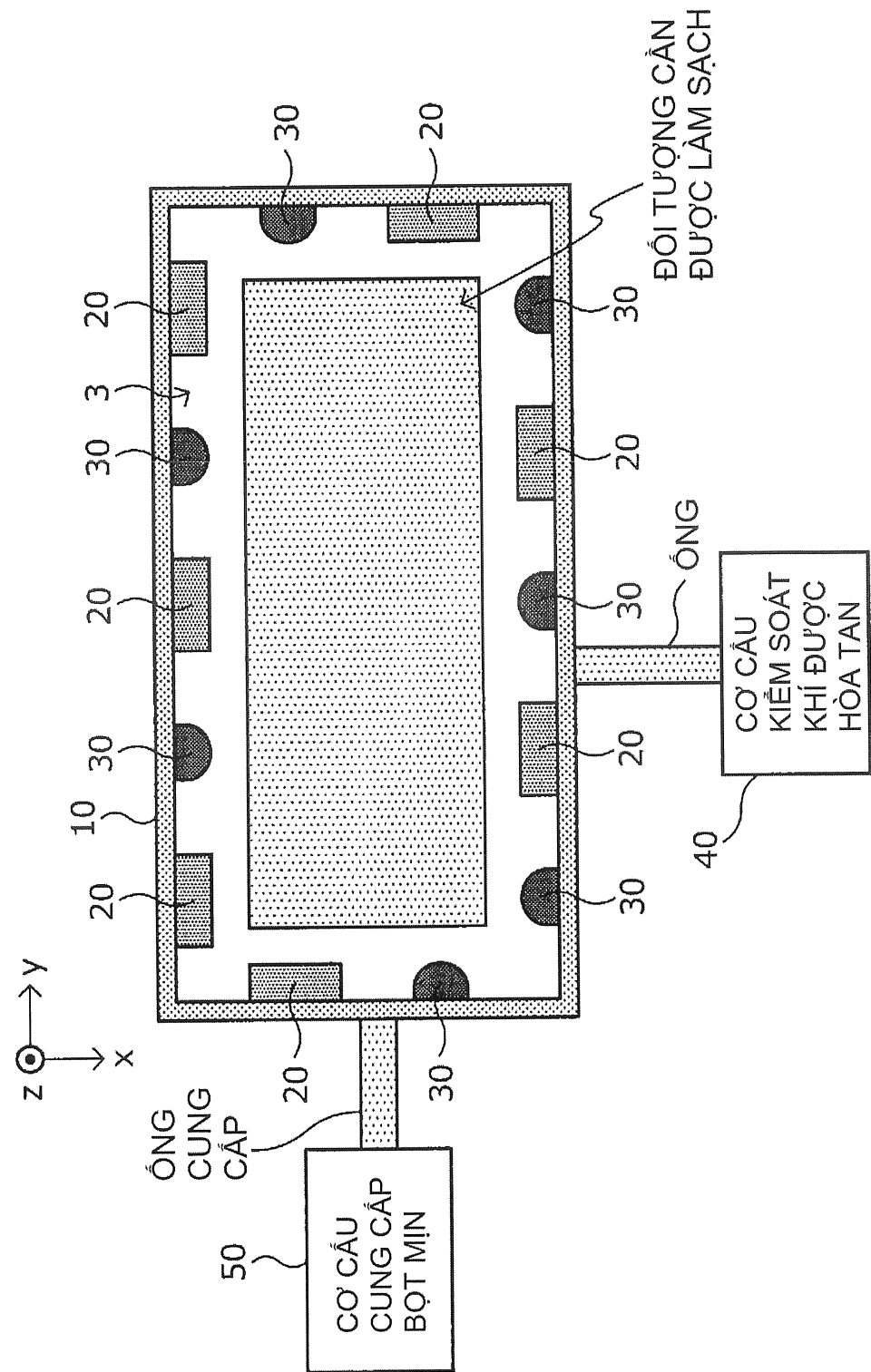
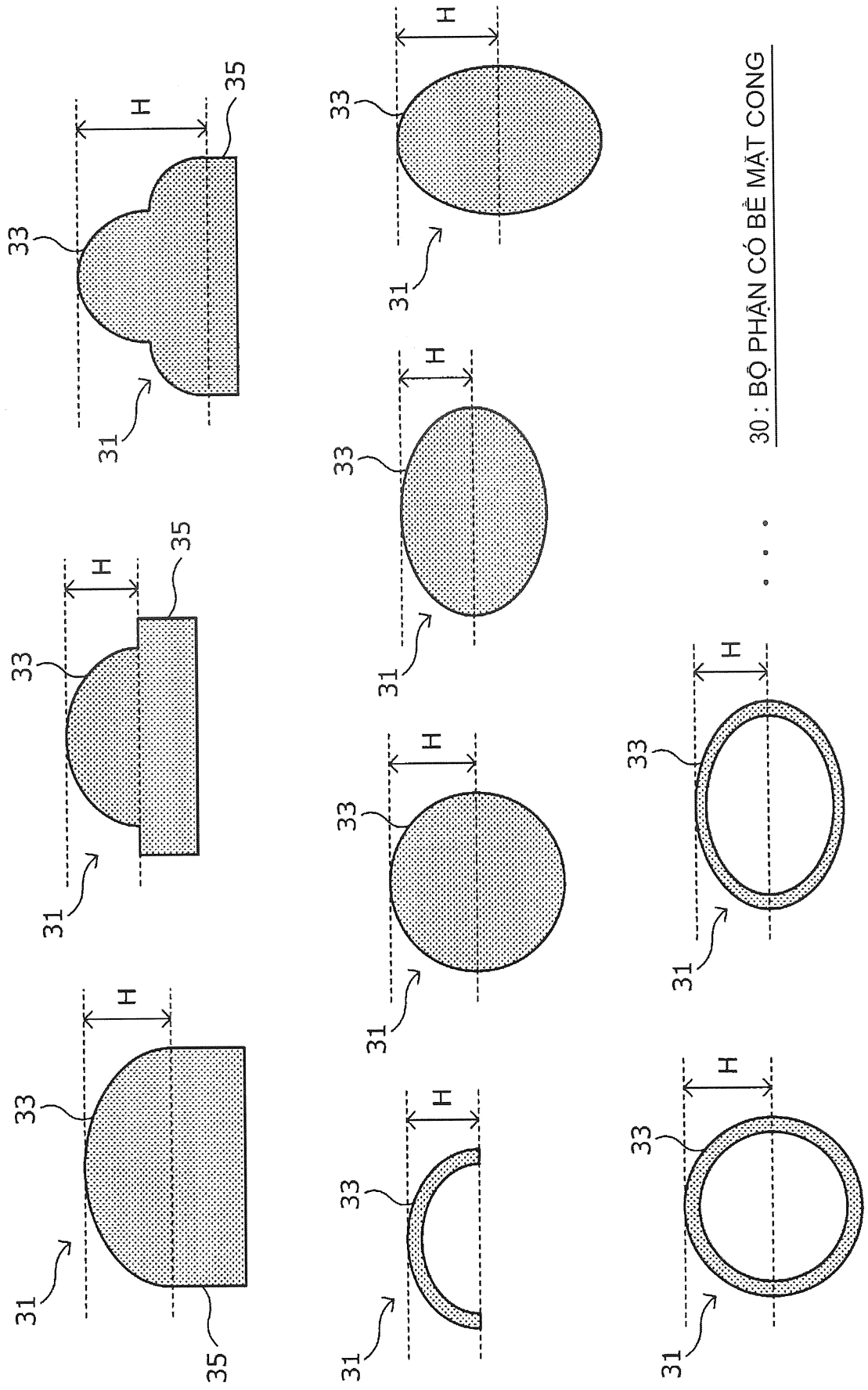


FIG. 2



30: BỘ PHẬN CÓ BỀ MẶT CONG

FIG. 3

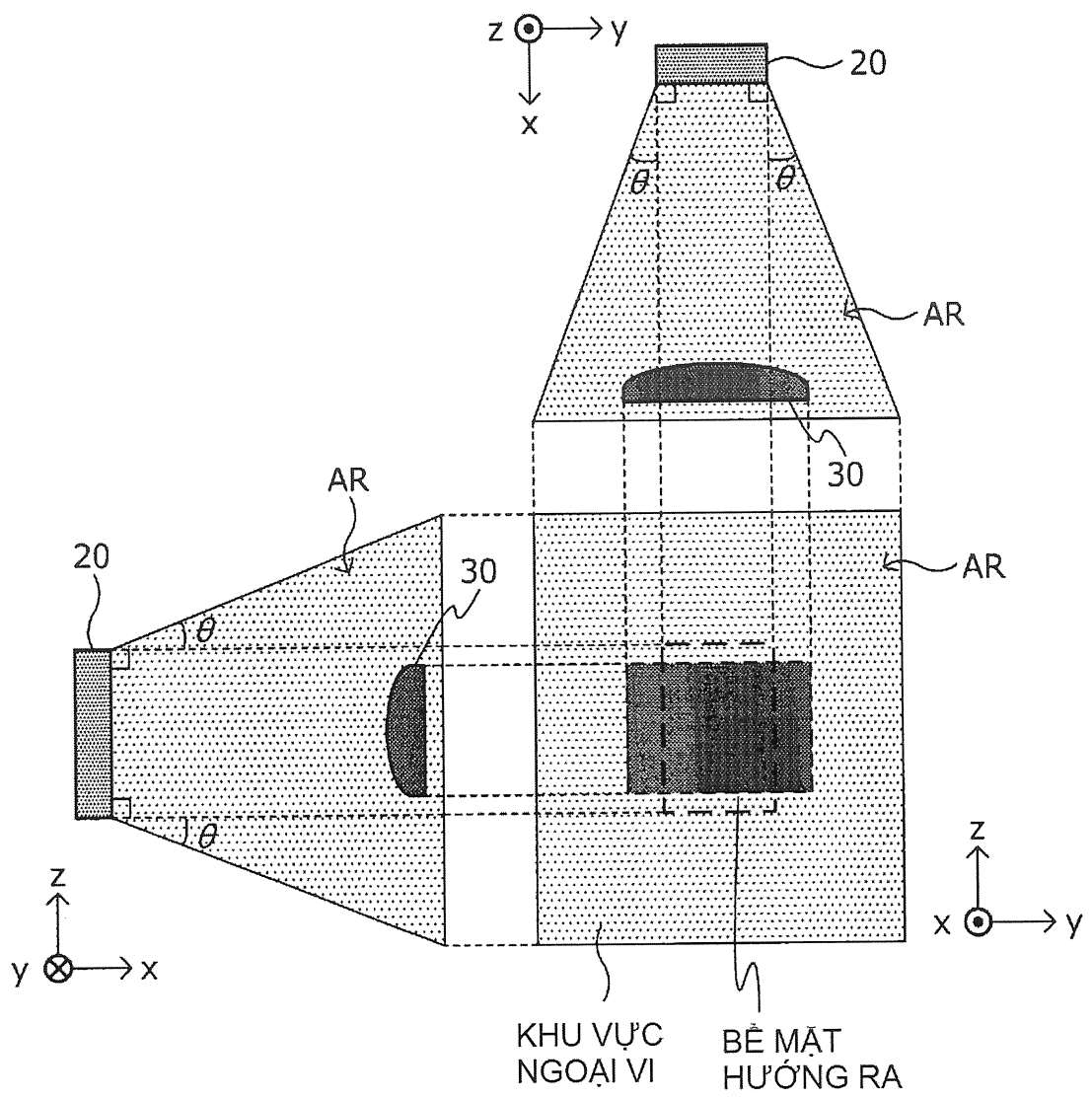


FIG. 4A

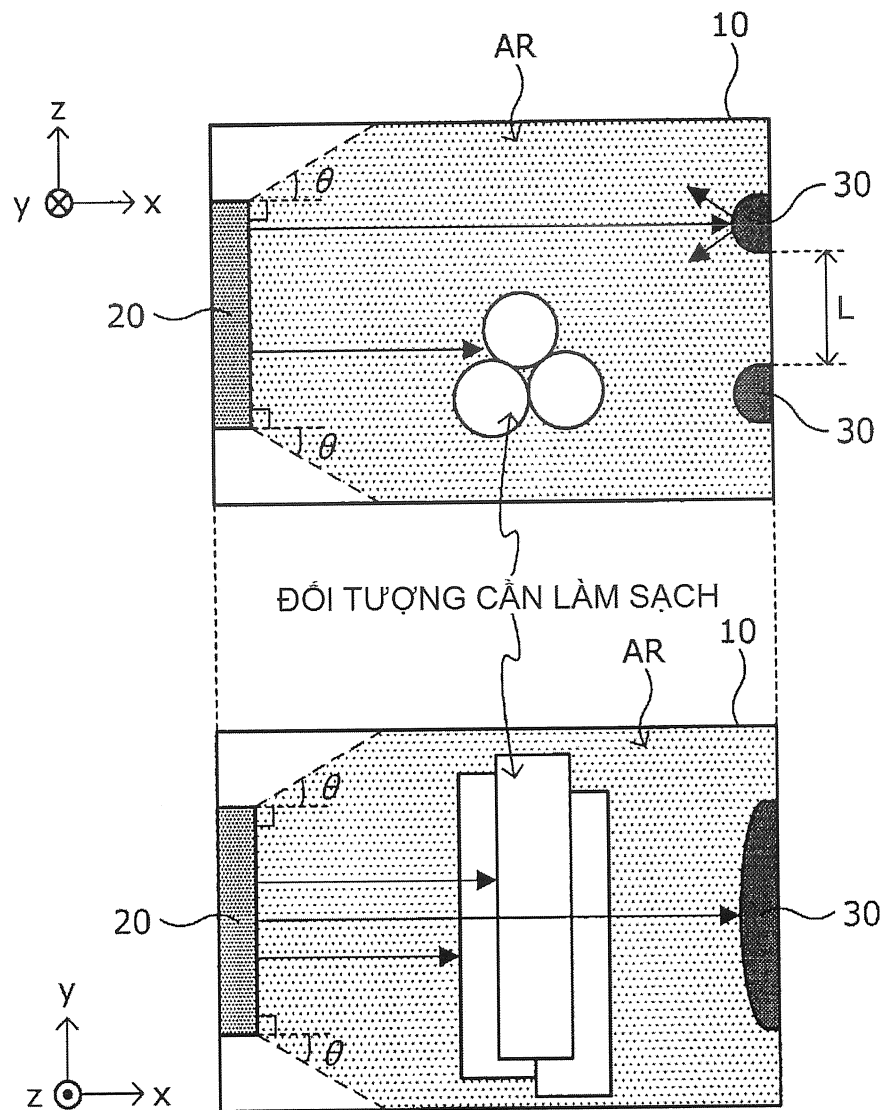


FIG. 4B

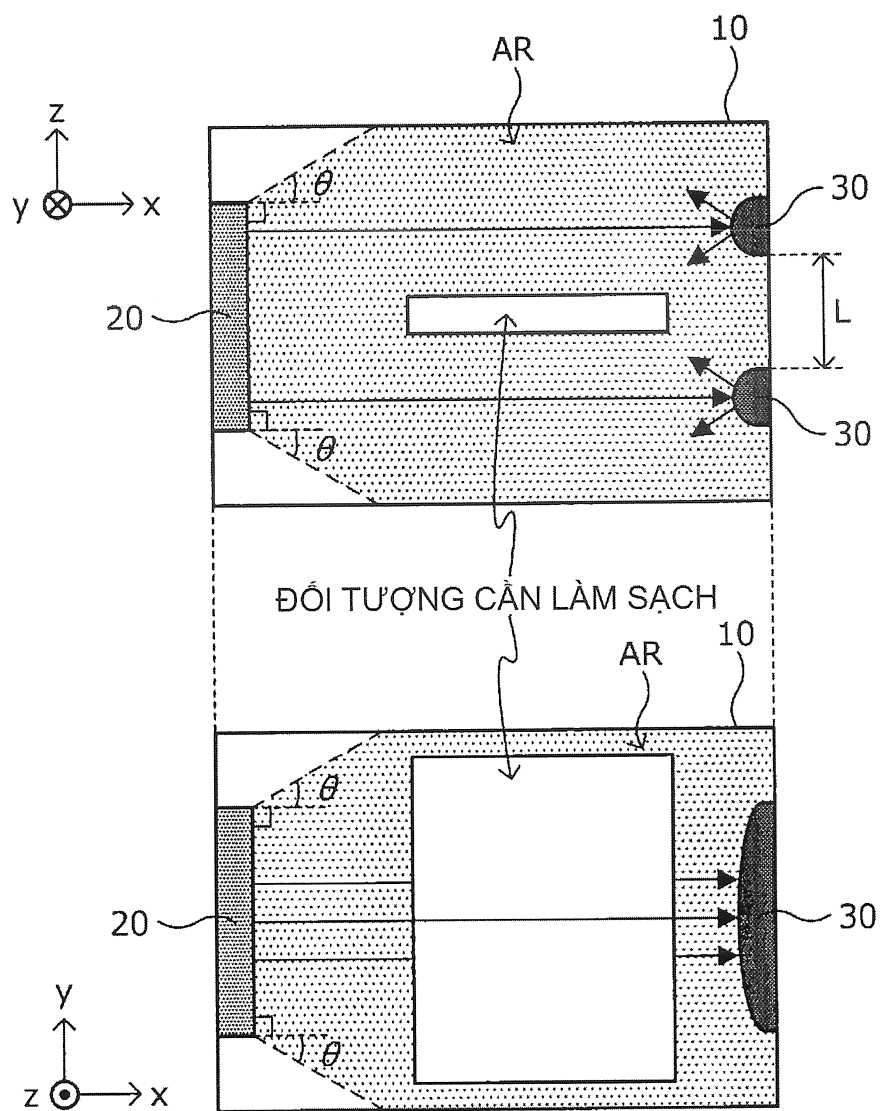


FIG. 4C

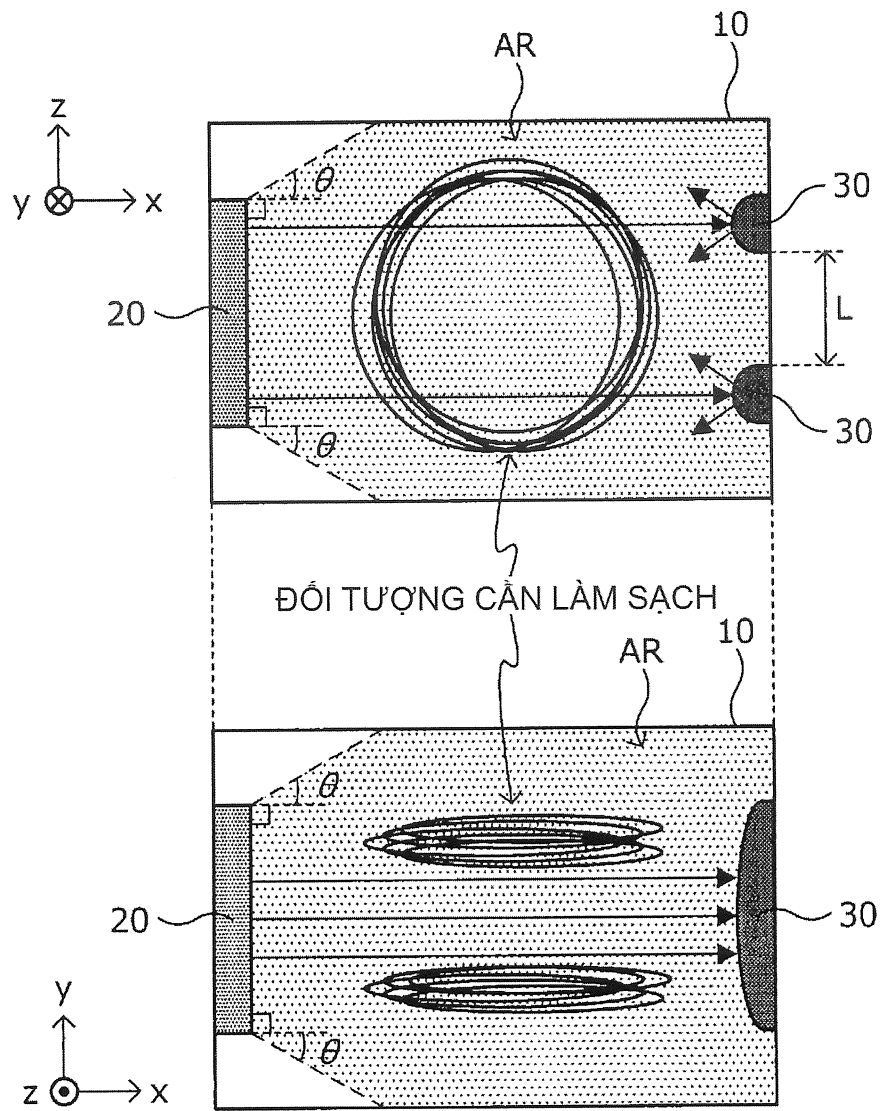


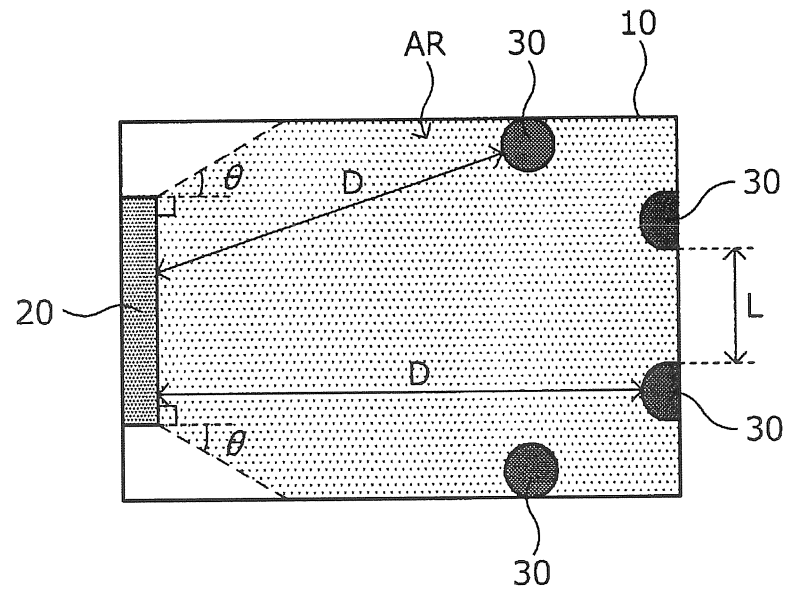
FIG. 5

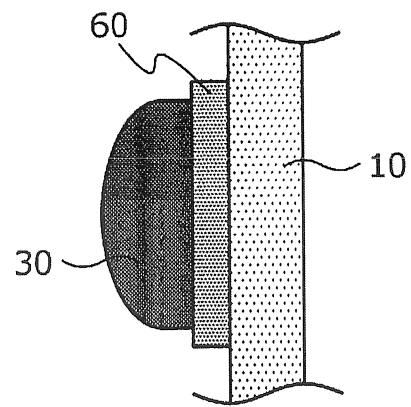
FIG. 6

FIG. 7A

1: THIẾT BỊ LÀM SẠCH BĂNG SIÊU ÂM

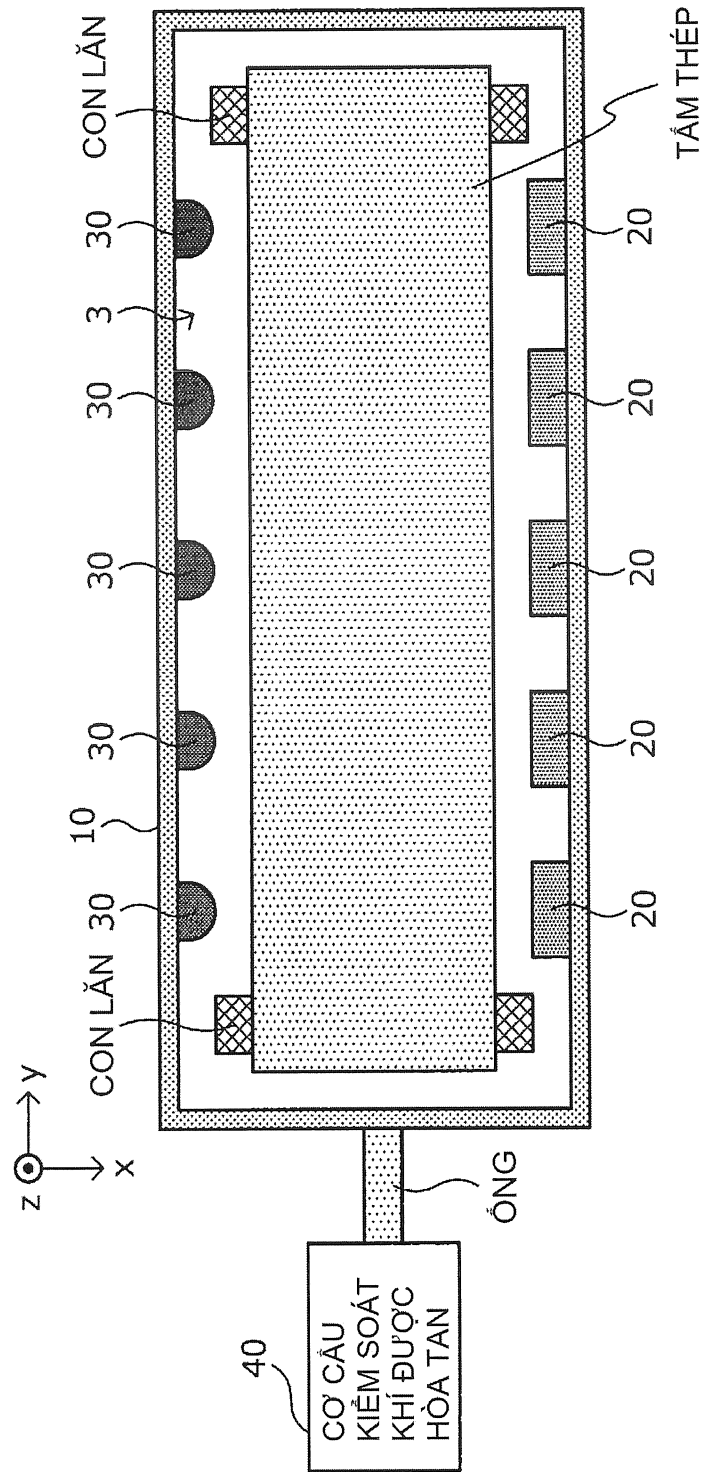


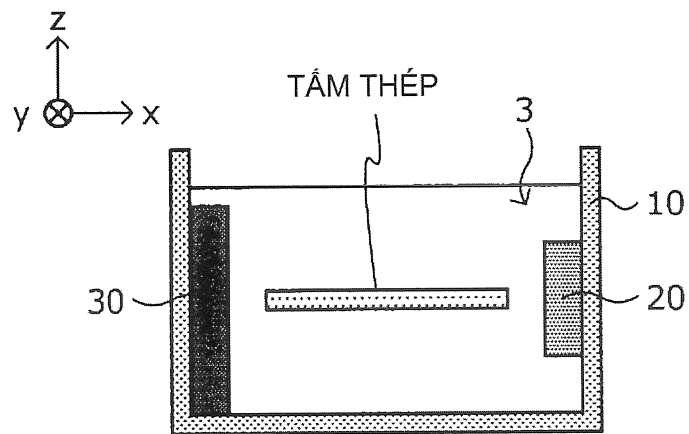
FIG. 7B

FIG. 8

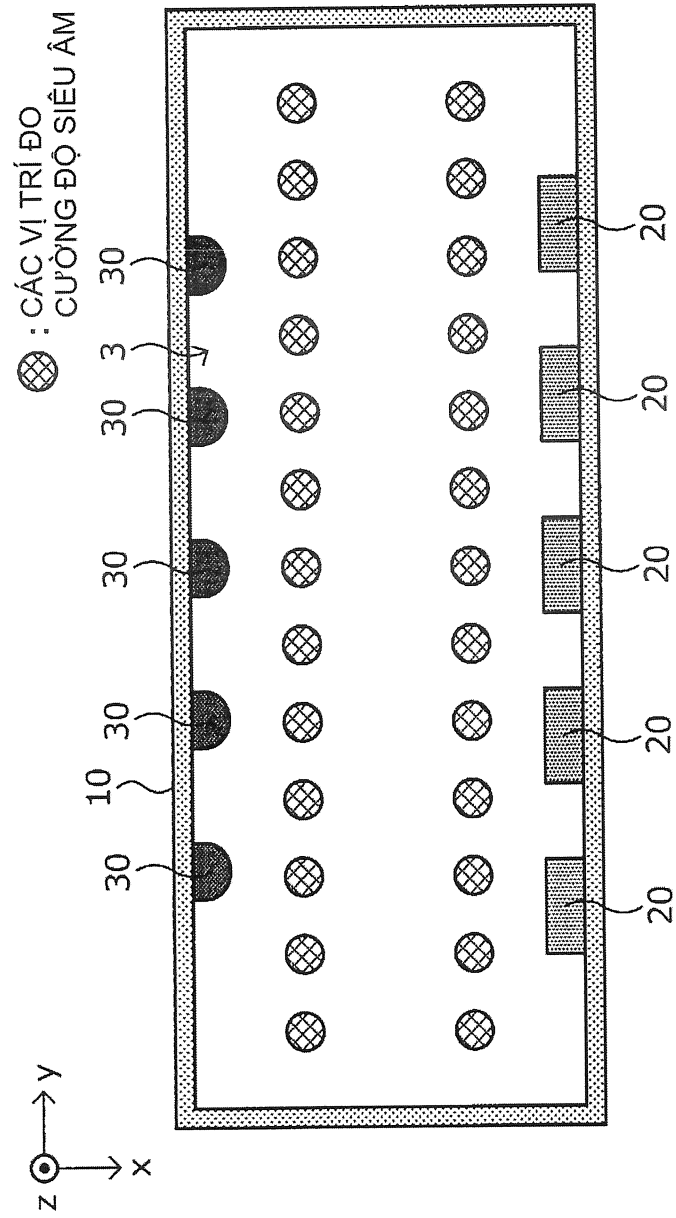


FIG. 9A

1: THIẾT BỊ LÀM SẠCH BẰNG SIÊU ÂM

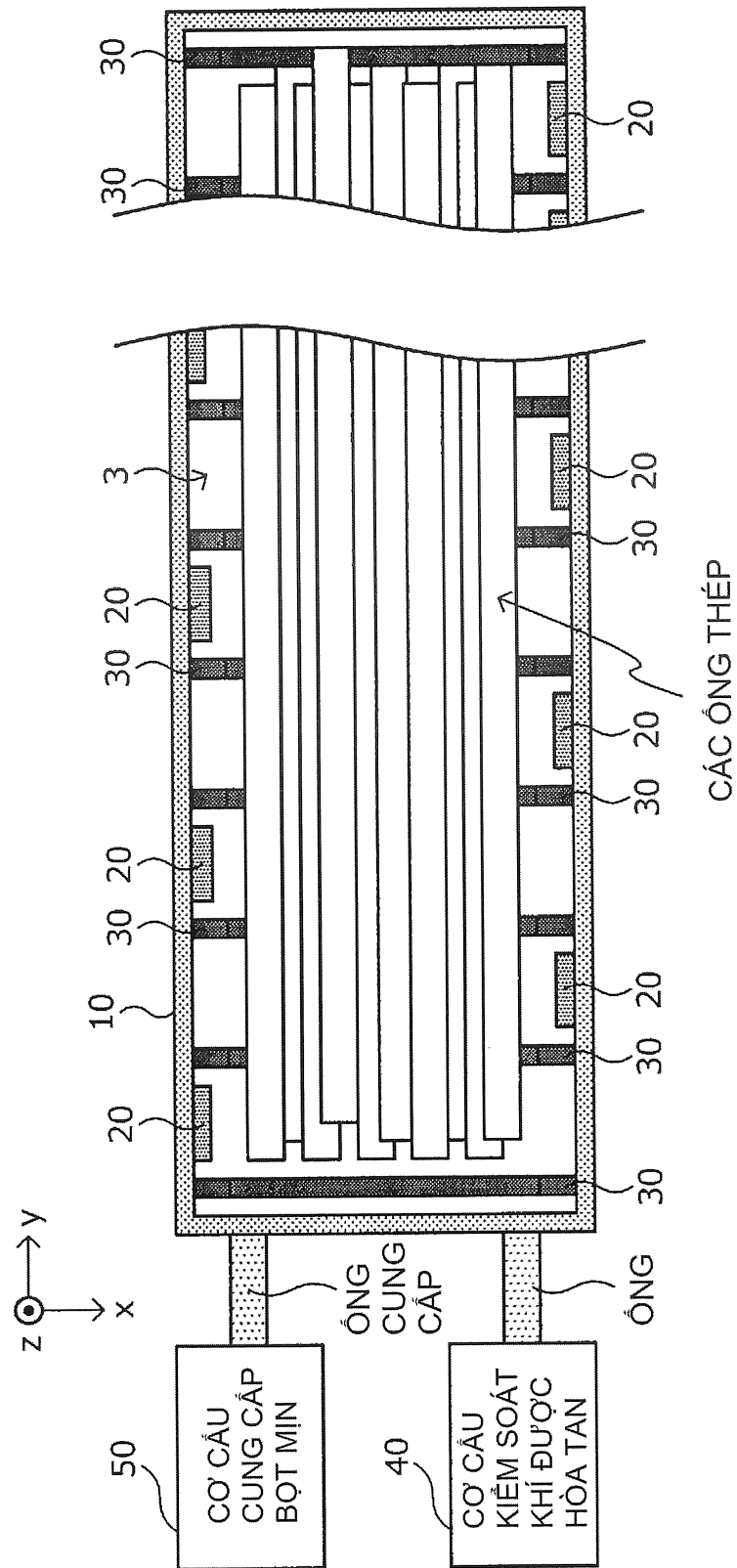


FIG. 9B

