



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

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

(11)



1-0043980

(51)^{2020.01} G01N 29/11; G01N 29/275

(13) B

(21) 1-2021-06223

(22) 09/03/2020

(86) PCT/JP2020/010078 09/03/2020

(87) WO2020/184521 17/09/2020

(30) 2019-046392 13/03/2019 JP

(45) 25/03/2025 444

(43) 27/12/2021 405A

(71) JFE STEEL CORPORATION (JP)

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011, Japan

(72) TERADA, Kazuki (JP); MATSUI, Yutaka (JP); MATSUMOTO, Minoru (JP);
OHTANI, Yoshinori (JP).

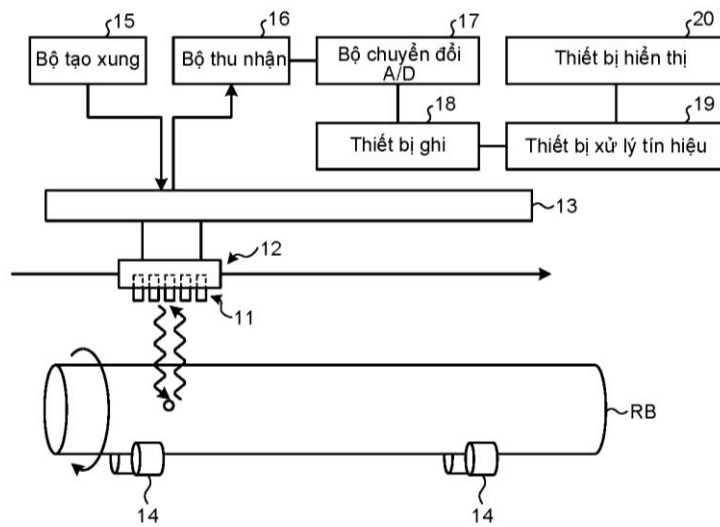
(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) PHƯƠNG PHÁP KIỂM TRA KHUYẾT TẬT BẰNG SIÊU ÂM, THIẾT BỊ KIỂM
TRA KHUYẾT TẬT BẰNG SIÊU ÂM, HỆ THỐNG THIẾT BỊ SẢN XUẤT VẬT
LIỆU THÉP, PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT VẬT LIỆU THÉP VÀ PHƯƠNG PHÁP
QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG VẬT LIỆU THÉP

(21) 1-2021-06223

(57) Phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm là phương pháp để kiểm tra phần bên trong của vật liệu kiểm tra bằng cách phát tín hiệu siêu âm từ đầu dò siêu âm đến vật liệu kiểm tra, và thu nhận tín hiệu siêu âm được phản xạ từ phần bên trong của vật liệu kiểm tra như là tín hiệu phản xạ bằng đầu dò siêu âm, và bao gồm: bước thu nhận để thu nhận tín hiệu phản xạ bằng đầu dò siêu âm trong khi thay đổi vị trí của vật liệu kiểm tra và đầu dò siêu âm; bước trích để trích, từ tín hiệu phản xạ được thu nhận tại bước thu nhận, tín hiệu khuyết tật như là phản xạ từ khuyết tật trong vật liệu kiểm tra; và bước đánh giá hình dạng khuyết tật để đánh giá hình dạng của khuyết tật dựa trên áp suất âm thanh đã dự tính và áp suất âm thanh đã thu nhận thu được từ cường độ của tín hiệu khuyết tật được trích tại bước trích, trong đó áp suất âm thanh đã dự tính là cường độ của tín hiệu khuyết tật từ khuyết tật ảo được dự tính từ tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm. Sáng chế cũng đề cập đến thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm, trang thiết bị sản xuất các vật liệu thép, phương pháp sản xuất các vật liệu thép, và phương pháp quản lý chất lượng các vật liệu thép.

FIG.1



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm, thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm, hệ thống thiết bị sản xuất các vật liệu thép, phương pháp sản xuất các vật liệu thép, và phương pháp quản lý chất lượng các vật liệu thép.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Khuyết tật trong phần bên trong của thân dạng thanh tròn có thể trở thành điểm bắt đầu của vết nứt trong sản xuất bộ phận cơ khí được làm từ thân dạng thanh tròn như là vật liệu, và làm giảm đi sức bền hoặc tuổi thọ của bộ phận cơ khí sau khi sản xuất. Do vậy, kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm được thực hiện trên phần bên trong của thân dạng thanh tròn để đánh giá khuyết tật bên trong trong lĩnh vực liên quan. Các thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm thông thường cho thân dạng thanh tròn dùng phương pháp chuyển động tương đối đầu dò chuẩn dạng đơn và đầu dò góc dạng đơn theo hướng chu vi và hướng trục đối với thân dạng thanh tròn, hoặc phương pháp thực hiện kiểm tra khuyết tật cho toàn bộ các mặt cắt bằng cách chuyển đổi hướng của chùm tia siêu âm với đầu dò chuỗi.

Trong kiểm tra khuyết tật chùm tia góc với đầu dò dạng đơn hoặc đầu dò chuỗi, chất lẫn bên trong hoặc vết nứt trong lân cận của lớp bề mặt của các vật liệu thép chủ yếu được phát hiện. Trong trường hợp vết nứt ở lân cận của lớp bề mặt, vết nứt thường phát triển từ lớp bề mặt đến phần bên trong, và có tính định hướng phản xạ (sau đây, được tham chiếu đến như là "khuyết tật lớp bề mặt"). Trong trường hợp trong đó khuyết tật lớp bề mặt như vậy được phát hiện, khuyết tật được bỏ đi khi khuyết tật ở trong phạm vi có khả năng được cắt (chẳng hạn, lên đến 2 mm từ lớp bề mặt). Nếu khuyết tật ở ngoài phạm vi có khả năng được cắt, xếp hạng của sản phẩm bị thấp hơn, hoặc sản phẩm được xử lý như là sản phẩm có khuyết tật bên trong.

Về phương pháp xác định có hay không khuyết tật lớp bề mặt ở trong phạm vi có khả năng được cắt, có phương pháp đã được biết đến mà thực hiện sự xác định bằng cách phối hợp kiểm tra khuyết tật chuẩn và kiểm tra khuyết tật góc, chẳng hạn. Khi phía

bên trong của phạm vi có khả năng được cắt được thiết lập như là cổng phát hiện cho kiểm tra khuyết tật chuẩn, khuyết tật mà không được phát hiện bởi kiểm tra khuyết tật chuẩn và được phát hiện bởi kiểm tra khuyết tật góc được giả định là xuất hiện trong phạm vi có khả năng được cắt.

Tuy nhiên, khuyết tật là mục tiêu của phương pháp phát hiện được mô tả ở trên cơ bản là khuyết tật không có tính định hướng, là khuyết tật mà không có hướng mà có mặt cắt hình tròn ở trong mặt cắt kiểm tra khuyết tật. Vết nứt bề mặt mà phát triển từ lớp bề mặt không thể được phát hiện bởi kiểm tra khuyết tật chuẩn, sao cho vết nứt bề mặt mà phát triển từ lớp bề mặt được xác định là trong phạm vi có khả năng được cắt ngay cả khi vết nứt bề mặt phát triển đến phía ngoài của phạm vi có khả năng được cắt. Trong trường hợp này, vật liệu thép mà lớp bề mặt được cắt có thể được vận chuyển trong trạng thái bao gồm vết nứt bề mặt, và vết nứt lớn bắt đầu từ khuyết tật lớp bề mặt có thể bị gây ra tại bước cán và dập sau này của vật liệu thép được vận chuyển. Do vậy, có yêu cầu cho phương pháp kiểm tra khuyết tật để suy ra độ sâu của vết nứt lớp bề mặt từ dữ liệu kiểm tra khuyết tật để thực hiện sự xác định chấp nhận/loại bỏ.

Về phương pháp suy ra độ sâu của khuyết tật bề mặt bằng cách dùng đầu dò siêu âm, có phương pháp đã biết đến để suy ra độ sâu dựa trên độ lệch giữa chiều dài đường đi và vị trí của đầu dò siêu âm nơi mà các cường độ của sóng phản xạ ở góc từ khuyết tật lớp bề mặt và sóng nhiễu xạ từ phần đầu trở thành lớn nhất. Tuy nhiên, cường độ của sóng nhiễu xạ từ phần đầu là thấp hơn đáng kể so với sóng phản xạ ở góc, và chiều dài đường đi đến điểm xuất hiện của nó là ngắn hơn, do đó có khả năng là sóng nhiễu xạ và sóng phản xạ không thể bị tách rời lẫn nhau. Dưới môi trường có độ ồn cao, có khả năng là S/N (Signal to Noise Ratio - Tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu, S/N) đầy đủ không thể đạt được, và sóng nhiễu xạ không thể được phát hiện.

Chẳng hạn, Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ phương pháp thu được chiều dài của khuyết tật lớp bề mặt dựa trên độ lệch thời gian giữa sóng phản xạ ở góc và sóng nhiễu xạ đầu bằng cách dùng hai đầu dò siêu âm. Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ phương pháp thu được độ sâu khuyết tật bằng cách thực hiện kiểm tra khuyết tật tại nhiều tần số. Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ phương pháp phân biệt giữa khuyết tật lớp bề mặt và chất lẫn bên trong bằng cách dùng đặc tính của tiếng dội khuyết tật.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố sáng chế Nhật Bản số 2013-088240

Tài liệu sáng chế 2: Công bố sáng chế Nhật Bản số 2015-114127

Tài liệu sáng chế 3: Công bố sáng chế Nhật Bản số 2000-241396

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Trong phương pháp được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 1, sự phân biệt được cho phép bằng cách thu nhận sóng phản xạ ở góc và sóng nhiễu xạ đầu bằng các đầu dò siêu âm khác nhau, nhưng có vấn đề rằng khuyết tật nhỏ không thể được phát hiện bởi vì sóng nhiễu xạ đầu là nhỏ.

Trong phương pháp được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 2, độ sâu khuyết tật có thể được phân biệt đại thể bằng cách dùng hai hoặc nhiều hơn các tần số, nhưng tần số kiểm tra khuyết tật được yêu cầu tăng lên để thu được độ sâu khuyết tật bằng cách dùng phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án hiện tại với độ phân giải cao và phạm vi rộng. Do vậy, vấn đề gây ra là chi phí tăng lên và tải bảo dưỡng tăng lên do tăng thời gian kiểm tra khuyết tật hoặc mở rộng quy mô của hệ thống thiết bị.

Phương pháp được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 3 mô tả rằng khuyết tật lớp bề mặt và chất lẫn bên trong được phân biệt lẫn nhau bằng cách dùng đặc tính của tiếng dội khuyết tật, nhưng không mô tả sự suy ra độ sâu của khuyết tật lớp bề mặt hoặc phương pháp xác định chấp nhận/loại bỏ.

Trong kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm điển hình, ngưỡng nhất định được thiết lập để xác định chấp nhận/loại bỏ mà không quan tâm đến hình dạng của khuyết tật. Tuy nhiên, về cơ bản, tính định hướng và tính phản xạ là khác nhau giữa khuyết tật có hướng và khuyết tật không có hướng, sao cho khuyết tật có hại và khuyết tật vô hại không thể được phân biệt lẫn nhau chỉ bằng cách thực hiện sự xác định bằng cách dùng cùng ngưỡng. Trong kiểm tra khuyết tật góc, khuyết tật được phát hiện như là khuyết tật có hướng, nhưng không có khả năng để thực hiện sự xác định chấp nhận/loại bỏ thích hợp hoặc sự bỏ đi khuyết tật bằng cách cắt bề mặt trừ khi chiều dài của khuyết tật bề mặt được đánh giá.

Sáng chế được đưa ra dựa trên việc xem xét các vấn đề được mô tả ở trên, và nhằm đề xuất phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm và thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm mà có thể đánh giá hình dạng của khuyết tật trong phần bên trong của vật liệu kiểm tra với độ chính xác cao. Sáng chế cũng nhằm đề xuất hệ thống thiết bị sản

xuất các vật liệu thép và phương pháp sản xuất các vật liệu thép mà có thể sản xuất các vật liệu thép với sản lượng cao. Ngoài ra, sáng chế cũng nhằm đề xuất phương pháp quản lý chất lượng cho các vật liệu thép mà có thể cung cấp các vật liệu thép chất lượng cao.

Giải quyết vấn đề.

Bản chất của sáng chế như sau.

(1) Phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm để kiểm tra phần bên trong của vật liệu kiểm tra bằng cách phát tín hiệu siêu âm từ đầu dò siêu âm đến vật liệu kiểm tra, và thu nhận tín hiệu siêu âm được phản xạ từ phần bên trong của vật liệu kiểm tra như là tín hiệu phản xạ bằng đầu dò siêu âm, phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm bao gồm: bước thu nhận để thu nhận tín hiệu phản xạ bằng đầu dò siêu âm trong khi thay đổi vị trí của vật liệu kiểm tra và đầu dò siêu âm; bước trích để trích, từ tín hiệu phản xạ được thu nhận tại bước thu nhận, tín hiệu khuyết tật như là sự phản xạ từ khuyết tật trong vật liệu kiểm tra; và bước đánh giá hình dạng khuyết tật để đánh giá hình dạng của khuyết tật dựa trên áp suất âm thanh đã dự tính và áp suất âm thanh đã thu nhận thu được từ cường độ của tín hiệu khuyết tật được trích tại bước trích, trong đó áp suất âm thanh đã dự tính là cường độ của tín hiệu khuyết tật từ khuyết tật ảo được dự tính từ tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm.

(2) Phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo mục (1), trong đó bước đánh giá hình dạng khuyết tật: xác định sự có mặt/vắng mặt của tính định hướng của khuyết tật dựa trên áp suất âm thanh đã thu nhận; và đánh giá hình dạng của khuyết tật dựa trên áp suất âm thanh đã thu nhận và áp suất âm thanh đã dự tính tương ứng với sự có mặt/vắng mặt của tính định hướng của khuyết tật mà đã được xác định.

(3) Phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo mục (1) hoặc (2), trong đó bước đánh giá hình dạng khuyết tật đánh giá hình dạng và độ sâu của khuyết tật bằng cách dùng sự tương quan giữa áp suất âm thanh đã dự tính và áp suất âm thanh đã thu nhận trong mỗi mối quan hệ vị trí được thu nhận bởi đầu dò siêu âm.

(4) Thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm được tạo kết cấu để kiểm tra phần bên trong của vật liệu kiểm tra bằng cách phát tín hiệu siêu âm từ đầu dò siêu âm đến vật liệu kiểm tra, và thu nhận tín hiệu siêu âm được phản xạ từ phần bên trong của vật liệu kiểm tra như là tín hiệu phản xạ bằng đầu dò siêu âm, thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm bao gồm: đơn vị thu nhận được tạo kết cấu để thu nhận tín hiệu phản xạ

trong khi thay đổi vị trí của vật liệu kiểm tra và đầu dò siêu âm; đơn vị trích được tạo kết cấu để trích, từ tín hiệu phản xạ được thu nhận bởi đơn vị thu nhận, tín hiệu khuyết tật như là phản xạ từ khuyết tật trong vật liệu kiểm tra; đơn vị tính toán áp suất âm thanh đã dự tính được tạo kết cấu để tính toán áp suất âm thanh đã dự tính như là cường độ của tín hiệu khuyết tật từ khuyết tật ảo được dự tính từ tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm; và đơn vị đánh giá hình dạng khuyết tật được tạo kết cấu để đánh giá hình dạng khuyết tật dựa trên áp suất âm thanh đã dự tính và áp suất âm thanh đã thu nhận thu được từ cường độ của tín hiệu khuyết tật được trích từ đơn vị trích.

(5) Hệ thống thiết bị sản xuất các vật liệu thép bao gồm: hệ thống thiết bị sản xuất được tạo kết cấu để sản xuất vật liệu thép; và thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo mục (4) được tạo kết cấu để kiểm tra phần bên trong của vật liệu thép được sản xuất bởi hệ thống thiết bị sản xuất.

(6) Phương pháp sản xuất các vật liệu thép, phương pháp sản xuất bao gồm: bước sản xuất để sản xuất vật liệu thép; và bước kiểm tra khuyết tật để thực hiện kiểm tra khuyết tật ở phần bên trong của vật liệu thép được sản xuất tại bước sản xuất bằng cách dùng phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo mục bất kỳ từ (1) đến (3).

(7) Phương pháp quản lý chất lượng cho các vật liệu thép, phương pháp quản lý chất lượng bao gồm: bước kiểm tra khuyết tật để thực hiện kiểm tra khuyết tật trên phần bên trong của vật liệu thép bằng cách dùng phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo mục bất kỳ từ (1) đến (3); và bước quản lý chất lượng để thực hiện quản lý chất lượng vật liệu thép dựa trên kết quả kiểm tra khuyết tật thu được từ bước kiểm tra khuyết tật.

Hiệu quả đạt được của sáng chế.

Với phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm và thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo sáng chế, hình dạng của khuyết tật có trong vật liệu kiểm tra có thể được đánh giá bằng cách dùng áp suất âm thanh đã dự tính được tính toán từ tính định hướng của đầu dò siêu âm. Bởi vậy, phạm vi của khuyết tật có trong phần bên trong của vật liệu kiểm tra được làm rõ, sao cho sản phẩm chất lượng cao có thể được sản xuất, và năng suất có thể được cải thiện. Với hệ thống thiết bị sản xuất các vật liệu thép và phương pháp sản xuất các vật liệu thép theo sáng chế, các vật liệu thép có thể được sản xuất với năng suất cao. Hơn nữa, với phương pháp quản lý chất lượng cho các vật liệu thép theo sáng chế, các vật liệu thép chất lượng cao có thể được cung cấp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa cấu hình của thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án của sáng chế.

Fig.2 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa phương pháp xử lý tín hiệu trong phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án của sáng chế.

Fig.3 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa đường đi lan truyền của mô hình phản xạ thứ nhất của khuyết tật không có hướng.

Fig.4 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa đường đi lan truyền của mô hình phản xạ thứ hai của khuyết tật không có hướng.

Fig.5 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa đường đi lan truyền của mô hình phản xạ thứ ba của khuyết tật không có hướng.

Fig.6 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa đường đi lan truyền của mô hình phản xạ thứ tư của khuyết tật không có hướng.

Fig.7 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa đường đi lan truyền của mô hình phản xạ thứ nhất của khuyết tật có hướng.

Fig.8 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa đường đi lan truyền của mô hình phản xạ thứ hai của khuyết tật có hướng.

Fig.9 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa đường đi lan truyền của mô hình phản xạ thứ ba của khuyết tật có hướng.

Fig.10 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa đường đi lan truyền của mô hình phản xạ thứ tư của khuyết tật có hướng.

Fig.11 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa mối quan hệ vị trí giữa đầu dò siêu âm và đầu dò siêu âm biểu kiến.

Fig.12 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa phương pháp tính toán cho áp suất âm thanh đã dự tính trong đường đi lan truyền của mô hình phản xạ thứ nhất của khuyết tật không có hướng.

Fig.13 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa phương pháp tính toán cho áp suất âm thanh đã dự tính trong các đường đi lan truyền trong các mô hình phản xạ từ thứ hai đến thứ tư của khuyết tật không có hướng.

Fig.14 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa phương pháp tính toán cho áp suất âm thanh đã dự tính trong đường đi lan truyền của mô hình phản xạ thứ nhất của khuyết tật có

hướng.

Fig.15 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa phương pháp tính toán cho áp suất âm thanh đã dự tính trong các đường đi lan truyền trong các mô hình phản xạ từ thứ hai đến thứ tư của khuyết tật không có hướng.

Fig.16 là sơ đồ minh họa ví dụ về sự tạo ảnh nhóm tín hiệu khuyết tật tại thời gian thu nhận tín hiệu phản xạ từ khuyết tật không có hướng trong khi thay đổi vị trí của đầu dò siêu âm.

Fig.17 là sơ đồ minh họa ví dụ về sự tạo ảnh nhóm tín hiệu khuyết tật tại thời gian thu nhận tín hiệu phản xạ từ khuyết tật có hướng trong khi thay đổi vị trí của đầu dò siêu âm.

Fig.18 là sơ đồ minh họa ví dụ về sự thiết lập vùng ảnh khuyết tật.

Fig.19 là sơ đồ minh họa ví dụ về kết quả tính toán của áp suất âm thanh đã dự tính mà thu được khi hình dạng khuyết tật đặc trưng được giả định.

Fig.20 là sơ đồ minh họa ví dụ về áp suất âm thanh đã thu nhận mà thu được từ dữ liệu tín hiệu khuyết tật thực tế và được xác định là khuyết tật.

Mô tả chi tiết sáng chế

Thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm.

Sau đây mô tả cấu hình và vận hành của thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án của sáng chế một cách chi tiết với sự tham chiếu đến các hình vẽ.

Sau đây mô tả cấu hình của thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án của sáng chế với sự tham chiếu đến Fig.1. Thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm 1 là thiết bị thực hiện kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm trên đối tượng kiểm tra bởi phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm bằng cách dùng phương pháp kiểm tra khuyết tật nhúng chìm (sau đây, được gọi là phương pháp nhúng chìm). Thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm 1 phát hiện sự có khuyết tật trong thân dạng thanh tròn RB (round bar body, RB) mà được sản xuất bằng cách cán phôi thanh thép đúc, chẳng hạn, bằng cách dùng các sóng siêu âm. Vị trí có mặt của khuyết tật là lớp bề mặt và phần bên trong của thân dạng thanh tròn RB, nhưng sau đây chúng được gọi chung là "phần bên trong" bao gồm lớp bề mặt.

Thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm 1 theo phương án hiện tại bao gồm nhiều đầu dò siêu âm 11, đầu dò siêu âm 12, giá đỡ 13, thiết bị dẫn động quay 14, bộ tạo xung 15, bộ thu nhận 16, bộ chuyển đổi A/D (Analog to Digital – bộ chuyển đổi tương tự sang

số, A/D) 17, thiết bị ghi 18, thiết bị xử lý tín hiệu 19, và thiết bị hiển thị 20 là các phần tử cấu thành chủ yếu.

Đầu dò siêu âm 11 được bố trí phía ngoài vật liệu kiểm tra (chẳng hạn, thân dạng thanh tròn RB), phát các sóng siêu âm trong khi thay đổi mối quan hệ vị trí đối với vật liệu kiểm tra, và thu nhận tín hiệu khuyết tật. Trong thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm 1 được minh họa trên Fig.1, các đầu dò siêu âm 11, bộ thu nhận 16, bộ chuyển đổi A/D 17, và thiết bị ghi 18 tương ứng với đơn vị thu nhận.

Ngoài ra, thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm 1 theo phương án hiện tại bao gồm đơn vị trích mà trích, từ các tín hiệu phản xạ được thu nhận bởi các đầu dò siêu âm 11, tín hiệu khuyết tật như là phản xạ từ khuyết tật trong vật liệu kiểm tra. Thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm 1 cũng bao gồm đơn vị xác định kiểu khuyết tật mà xác định kiểu khuyết tật dựa trên đặc tính của tín hiệu khuyết tật được thu nhận bởi đầu dò siêu âm 11. Thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm 1 còn bao gồm đơn vị tính toán áp suất âm thanh đã dự tính mà trước đó tính toán áp suất âm thanh đã dự tính như là cường độ của tín hiệu khuyết tật từ khuyết tật ảo mà được dự tính có xem xét đến tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm 11.

Thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm 1 cũng bao gồm đơn vị đánh giá hình dạng khuyết tật mà đánh giá hình dạng của khuyết tật (sau đây, được tham chiếu đến như là "hình dạng khuyết tật") dựa trên áp suất âm thanh đã dự tính mà được dự tính từ tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm 11 và trước đó được tính toán bởi đơn vị tính toán áp suất âm thanh đã dự tính, và áp suất âm thanh đã thu nhận thu được từ cường độ của tín hiệu khuyết tật được trích bởi đơn vị trích trong mối quan hệ vị trí giữa vật liệu kiểm tra và các đầu dò siêu âm 11. Thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm 1 cũng bao gồm đơn vị xác định mà thực hiện sự xác định chấp nhận/loại bỏ cho vật liệu kiểm tra dựa trên hình dạng khuyết tật đã đánh giá, và xác định lượng cắt của vật liệu kiểm tra. Trong thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm 1 được minh họa trên Fig.1, thiết bị xử lý tín hiệu 19 tương ứng với đơn vị trích, đơn vị xác định kiểu khuyết tật, đơn vị tính toán áp suất âm thanh đã dự tính, đơn vị đánh giá hình dạng khuyết tật, và đơn vị xác định. Trong phương án hiện tại, áp suất âm thanh đã thu nhận biểu diễn giá trị lớn nhất của biên độ tín hiệu ở trong phạm vi thời gian thiết lập thu được bằng cách thiết lập phạm vi thời gian cho tín hiệu khuyết tật được thu nhận bởi đầu dò siêu âm 11.

Một hoặc nhiều hơn các đầu dò siêu âm 11 được bố trí tại vị trí mà được tách rời

từ thân dạng thanh tròn RB bởi khoảng cách đã xác định trước thông qua nước là môi trường cho phương pháp nhúng chìm. Đầu dò siêu âm 11 được kích thích bởi tín hiệu xung được xuất ra từ bộ tạo xung 15 trong suốt khi kiểm tra khuyết tật bằng các sóng siêu âm, và phát tín hiệu siêu âm đến thân dạng thanh tròn RB. Tín hiệu siêu âm sau khi lan truyền qua phần bên trong của thân dạng thanh tròn RB sẽ được phản xạ (sau đây, được gọi là "tín hiệu phản xạ") được thu nhận bởi bộ thu nhận 16 thông qua đầu dò siêu âm 11.

Đầu dò 12 bao gồm các đầu dò siêu âm 11, và được tạo kết cấu để có thể chuyển động trên giá đỡ 13 được bố trí phía trên thân dạng thanh tròn RB. Bởi vậy, đầu dò siêu âm 11 được cho phép quét thân dạng thanh tròn RB theo hướng trục của nó. Thân dạng thanh tròn RB được quay bởi thiết bị dẫn động quay 14 theo hướng chu vi được chỉ thị bởi mũi tên trong khi đầu dò 12 được kích hoạt để thực hiện quét, và bộ thu nhận 16 thu nhận tín hiệu khuyết tật. Kết quả là, toàn bộ thể tích của thân dạng thanh tròn RB có thể được kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm. Nghĩa là, trong thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm 1, các đầu dò siêu âm 11 có thể phát và thu nhận một hoặc nhiều sóng siêu âm trong khi vị trí của đầu dò siêu âm 11 đối với thân dạng thanh tròn RB được thay đổi.

Chuyển động quay của thiết bị dẫn động quay 14 và tốc độ quét của đầu dò 12 được thiết lập sao cho toàn bộ thể tích của thân dạng thanh tròn RB được đưa vào đầy đủ để kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm. Theo cách khác, kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm có thể được thực hiện trên toàn bộ thể tích của thân dạng thanh tròn RB trong khi quay đầu dò 12 về phía thân dạng thanh tròn RB mà không cần quay thân dạng thanh tròn RB. Trong phương án hiện tại, "vị trí của đầu dò siêu âm 11 đối với đối tượng kiểm tra (đó là, thân dạng thanh tròn RB) được thay đổi" nghĩa là một đầu dò siêu âm nào đó trong các đầu dò siêu âm 11 chuyển động tương đối với đối tượng kiểm tra. Nó cũng có nghĩa là, trong trường hợp mà có nhiều đầu dò siêu âm 11, đầu dò 12 được cố định, và sự thu nhận tín hiệu khuyết tật chuyển động giữa các đầu dò siêu âm 11.

Tín hiệu phản xạ dưới dạng tương tự (analog) được thu nhận bởi bộ thu nhận 16 được chuyển đổi thành dữ liệu kỹ thuật số bởi bộ chuyển đổi A/D 17 trong khi được đồng bộ với tín hiệu xung được xuất ra từ bộ tạo xung 15, và được lưu trữ trong thiết bị ghi 18. Bởi vậy, các tín hiệu phản xạ của toàn bộ thể tích của thân dạng thanh tròn RB được lưu trữ trong thiết bị ghi 18. Các tín hiệu phản xạ đã lưu trữ được đưa vào xử lý

tín hiệu trở thành tín hiệu khuyết tật và tương tự như vậy bởi thiết bị xử lý tín hiệu 19, và kết quả xử lý tín hiệu được hiển thị trên thiết bị hiển thị 20. Xử lý tín hiệu có thể được thực hiện liên tiếp trên các tín hiệu phản xạ mà được lưu trữ trong suốt khi kiểm tra khuyết tật bằng các sóng siêu âm, hoặc có thể được thực hiện sau khi tất cả các tín hiệu phản xạ được lưu trữ. Xử lý tín hiệu có thể cũng được thực hiện theo cách lựa chọn trên một phần của dữ liệu, không chỉ trên toàn bộ dữ liệu được lưu trữ.

Thiết bị xử lý tín hiệu 19 trích phần khuyết tật từ các tín hiệu phản xạ đã lưu trữ, và lưu trữ phản xạ từ khuyết tật trong vật liệu kiểm tra như là tín hiệu khuyết tật trong thiết bị ghi 18. Thiết bị xử lý tín hiệu 19 cũng xác định kiểu khuyết tật như là mảnh của xử lý tín hiệu cho tín hiệu khuyết tật đã lưu trữ. Ngoài ra, thiết bị xử lý tín hiệu 19 đánh giá hình dạng khuyết tật như là mảnh của xử lý tín hiệu cho tín hiệu khuyết tật được lưu trữ. Trong xác định kiểu khuyết tật, xử lý tín hiệu kiểu như tổng hợp lỗ hổng có thể được thực hiện trong vài trường hợp. Thiết bị xử lý tín hiệu 19 cũng tính toán trước đó áp suất âm thanh đã thu nhận (sau đây, được tham chiếu đến như là "áp suất âm thanh đã dự tính") như là cường độ của tín hiệu khuyết tật từ khuyết tật ảo mà được dự tính từ tính định hướng của đầu dò siêu âm 11. Hình dạng khuyết tật sau đó được đánh giá dựa trên áp suất âm thanh đã dự tính mà được tính toán trước đó, và áp suất âm thanh đã thu nhận của tín hiệu khuyết tật mà được đo thực tế. Khi tín hiệu khuyết tật được dùng để đánh giá hình dạng khuyết tật, được dùng không chỉ là dữ liệu chưa xử lý của tín hiệu khuyết tật được lưu trữ mà còn là dữ liệu sau khi xử lý tín hiệu mà được đưa vào xử lý tín hiệu kiểu như tổng hợp lỗ hổng hoặc lọc tần số.

Nghĩa là, thiết bị xử lý tín hiệu 19 bao gồm đơn vị trích mà trích, từ các tín hiệu phản xạ được thu nhận bởi đầu dò siêu âm 11, tín hiệu khuyết tật như là phản xạ từ khuyết tật trong vật liệu kiểm tra. Thiết bị xử lý tín hiệu 19 cũng bao gồm đơn vị xác định kiểu khuyết tật xác định kiểu khuyết tật dựa trên đặc tính của tín hiệu khuyết tật được thu nhận bởi đầu dò siêu âm 11. Thiết bị xử lý tín hiệu 19 cũng bao gồm đơn vị tính toán áp suất âm thanh đã dự tính mà tính toán trước đó áp suất âm thanh đã thu nhận của tín hiệu khuyết tật từ khuyết tật ảo được dự tính xem xét đến tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm 11. Thiết bị xử lý tín hiệu 19 cũng bao gồm đơn vị đánh giá hình dạng khuyết tật đánh giá hình dạng khuyết tật dựa trên áp suất âm thanh đã thu nhận trong mỗi mối quan hệ vị trí được thu nhận bởi đầu dò siêu âm 11 và áp suất âm thanh đã dự tính mà được tính toán trước đó. Thiết bị xử lý tín hiệu 19 cũng bao gồm đơn vị

xác định mà thực hiện sự xác định chấp nhận/loại bỏ và sự xác định lượng cắt đã yêu cầu cho vật liệu kiểm tra dựa trên hình dạng khuyết tật đã đánh giá.

Phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm.

Tiếp theo, sau đây mô tả phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án hiện tại. Phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án hiện tại bao gồm bốn bước bao gồm (I) bước thu nhận, (II) bước trích, (III) bước đánh giá, và (IV) bước xác định. Trong phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án hiện tại, bước trích (II) được thực hiện theo sau bước thu nhận (I), (III) bước đánh giá được thực hiện theo sau bước trích (II), và bước xác định (IV) được thực hiện theo sau bước đánh giá (III).

Tại bước thu nhận I, các đầu dò siêu âm 11 thu nhận một hoặc nhiều tín hiệu phản xạ trong khi mỗi quan hệ vị trí giữa vật liệu kiểm tra (chẳng hạn, thân dạng thanh tròn RB) và đầu dò siêu âm 11 được thay đổi. Trong phương án hiện tại, vật liệu kiểm tra là thân dạng thanh tròn RB, được lấy ví dụ là kiểm tra khuyết tật góc được mô tả ở trên. Tại bước thu nhận I, phương pháp thu nhận đã biết đến cho tín hiệu khuyết tật bằng cách dùng đầu dò siêu âm 11 có thể được dùng. Bằng cách ví dụ, phương pháp có thể được triển khai bởi vận hành của đầu dò siêu âm 11, bộ thu nhận 16, bộ chuyển đổi A/D 17, và thiết bị ghi 18 được mô tả ở trên.

Tại bước trích II, tín hiệu siêu âm được phản xạ từ khuyết tật có trong vật liệu kiểm tra được trích như là tín hiệu khuyết tật từ một hoặc nhiều tín hiệu phản xạ được thu nhận bởi các đầu dò siêu âm 11 tại bước thu nhận I. Tín hiệu khuyết tật đã trích được lưu trữ trong thiết bị ghi 18. Sự trích tín hiệu khuyết tật từ các tín hiệu phản xạ đã thu nhận thực tế có thể được triển khai bởi vận hành của thiết bị xử lý tín hiệu 19.

Tại bước đánh giá III, có hay không khuyết tật là khuyết tật có hướng hoặc khuyết tật không có hướng được xác định dựa trên đặc tính của tín hiệu khuyết tật được trích tại bước trích II. Trong mỗi mối quan hệ vị trí giữa vật liệu kiểm tra và đầu dò siêu âm 11, hình dạng khuyết tật được đánh giá bằng cách so sánh áp suất âm thanh đã dự tính được tính toán trước đó từ tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm 11 với áp suất âm thanh đã thu nhận của tín hiệu khuyết tật thực tế được thu nhận bởi đầu dò siêu âm 11. Phương pháp tính toán áp suất âm thanh đã dự tính được dùng để đánh giá hình dạng khuyết tật là công nghệ quan trọng nhất của sáng chế. Do vậy, phương pháp tính toán áp suất âm thanh đã dự tính sẽ được mô tả chi tiết ở sau.

Tại bước xác định IV, cho tín hiệu khuyết tật được trích từ các tín hiệu phản xạ tại bước trích II, chấp nhận/loại bỏ và/hoặc lượng cắt được yêu cầu được xác định cho vật liệu kiểm tra dựa trên hình dạng khuyết tật được đánh giá tại bước đánh giá III.

Với phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án hiện tại bao gồm các bước như được mô tả ở trên, hình dạng khuyết tật và độ sâu có mặt mà tại đó khuyết tật là có (sau đây, được gọi đơn giản là "độ sâu") có thể được đánh giá chính xác. Bởi vậy, sự xác định chấp nhận/loại bỏ cho vật liệu kiểm tra có thể được thực hiện, và/hoặc lượng cắt bề mặt cho trường hợp mà vật liệu kiểm tra bị loại bỏ có thể được xác định. Kết quả là, chất lượng và sản lượng của sản phẩm có thể được cải thiện.

(I) Bước thu nhận.

Sau đây mô tả các hoạt động của thiết bị xử lý tín hiệu 19 và thiết bị ghi 18 tại thời gian thu nhận tín hiệu khuyết tật tại bước thu nhận I của phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án của sáng chế với sự tham chiếu đến Fig.2. Tại bước thu nhận I, thứ nhất, đơn vị thu nhận thu nhận tín hiệu phản xạ từ phía trong thân dạng thanh tròn RB (Bước S21). Tiếp theo, tín hiệu phản xạ đã thu nhận được lưu trữ trong thiết bị ghi 18 (Bước S22).

(II) Bước trích.

Tại bước trích II, thiết bị xử lý tín hiệu 19 thực hiện xác định ngưỡng, bằng cách dùng ngưỡng được xác định từ trước, cho các tín hiệu phản xạ được lưu trữ trong thiết bị ghi 18 tại bước thu nhận I (Bước S23). Thiết bị xử lý tín hiệu 19 xác định rằng có khuyết tật trong tín hiệu phản xạ vượt quá ngưỡng, và trích tín hiệu phản xạ này như là tín hiệu khuyết tật. Tín hiệu khuyết tật đã trích được lưu trữ trong thiết bị ghi 18 một lần nữa. Xử lý tín hiệu tại bước S13 và các bước theo sau được thực hiện trên tín hiệu phản xạ được xác định là có khuyết tật (nghĩa là, tín hiệu khuyết tật). Mặt khác, xử lý tín hiệu tại bước S13 và các bước theo sau không được thực hiện trên tín hiệu phản xạ được xác định là không có khuyết tật.

(III) Bước đánh giá.

Tiếp theo, sau đây mô tả các hoạt động của thiết bị xử lý tín hiệu 19 và thiết bị ghi 18 tại thời gian đánh giá hình dạng khuyết tật tại bước đánh giá III của phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án của sáng chế với sự tham chiếu đến Fig.2. Tại bước đánh giá III, thứ nhất, sự có mặt/vắng mặt của tính định hướng của khuyết tật được xác định dựa trên áp suất âm thanh đã thu nhận từ tín hiệu khuyết tật

được đo bởi đầu dò siêu âm 11, và hình dạng khuyết tật được đánh giá sau đó dựa trên áp suất âm thanh đã dự tính tương ứng với sự có mặt/vắng mặt của tính định hướng của khuyết tật và áp suất âm thanh đã thu nhận mà được đo thực tế. Đặc biệt là, như được minh họa trong hình vẽ này, bước đánh giá III được thực hiện theo thứ tự là bước đạt được hình ảnh kiểm tra khuyết tật (S13), bước xác định kiểu khuyết tật (S14), và bước đánh giá hình dạng khuyết tật (S15). Phần sau mô tả chi tiết các bước tương ứng giả định rằng vật liệu kiểm tra là thân dạng thanh tròn RB.

Bước đạt được hình ảnh kiểm tra khuyết tật.

Trong xử lý tại bước S13, dựa trên vị trí dạng sóng vượt quá ngưỡng được thiết lập từ trước mà được chỉ rõ tại bước S23, thiết bị xử lý tín hiệu 19 đọc nhiều tín hiệu khuyết tật ở trong phạm vi được thiết lập từ trước từ giữa các tín hiệu khuyết tật được ghi trong thiết bị ghi 18. Bởi vậy, có thể trích nhóm tín hiệu khuyết tật bao gồm thông tin kiểu như vị trí mà tại đó khuyết tật thực tế là có. Nghĩa là, có thể thu được thông tin về các tín hiệu siêu âm đã thu nhận mà được phản xạ từ khuyết tật mà thực tế là có. Tại bước S14 và các bước theo sau được mô tả về sau, lượng đặc tính kiểu như áp suất âm thanh đã thu nhận được trích từ nhóm tín hiệu khuyết tật thu được ở đây, kiểu khuyết tật được xác định, và hình dạng khuyết tật được đánh giá.

Phụ thuộc vào trạng thái của các tín hiệu khuyết tật, nhóm tín hiệu khuyết tật có thể được xác định sau khi đọc ra các tín hiệu khuyết tật, và thực hiện xử lý tín hiệu kiểu như tổng hợp lỗ hổng và lọc tần số trên đó bởi thiết bị xử lý tín hiệu 19. Tại bước S13 này, nhóm tín hiệu thu nhận có thể được tạo ảnh để hiểu qua thị giác. Chẳng hạn, biên độ của tín hiệu khuyết tật có thể được chuyển đổi thành độ chói, thời gian thu nhận của tín hiệu khuyết tật có thể được chuyển đổi thành trục thẳng đứng, và số các dạng sóng của tín hiệu khuyết tật có thể được chuyển đổi thành trục ngang để được hiển thị như là hình ảnh. Trong phương án hiện tại, xử lý sau đây được mô tả giả định rằng nhóm tín hiệu khuyết tật được tạo ảnh tại bước S13 này.

Bước S13 không chỉ được thực hiện liên tiếp trong khi ghi các tín hiệu phản xạ bởi các sóng siêu âm, mà còn có thể được thực hiện sau khi ghi các tín hiệu phản xạ bởi các sóng siêu âm kết thúc. Xử lý tại bước S14 và bước S15 được thực hiện trên nhóm tín hiệu khuyết tật mà được đọc ở đây. Theo đó, xử lý tại bước S13 được hoàn thành, và quá trình tiến đến xử lý tại bước S14.

Bước xác định kiểu khuyết tật.

Trong xử lý tại bước S14, thiết bị xử lý tín hiệu 19 xác định có hay không kiểu khuyết tật đã phát hiện là khuyết tật có hướng hoặc khuyết tật không có hướng bằng cách dùng đặc tính của tín hiệu khuyết tật được đọc tại bước S13 và đặc tính của áp suất âm thanh đã dự tính được tính toán tại bước S12. Phương pháp xác định cho kiểu khuyết tật sẽ được mô tả chi tiết về sau. Theo đó, xử lý tại bước S14 được hoàn thành, và quá trình tiến đến xử lý tại bước S15.

Bước đánh giá hình dạng khuyết tật.

Trong xử lý tại bước S15, thiết bị xử lý tín hiệu 19 đánh giá hình dạng khuyết tật và độ sâu bằng cách so sánh tín hiệu khuyết tật được tính toán tại bước S13 với áp suất âm thanh đã dự tính được tính toán tại bước S12. Trong xử lý tại bước S15, đặc biệt là, độ sâu và hình dạng khuyết tật bao gồm độ nghiêng của khuyết tật được đánh giá bằng cách dùng sự tương quan giữa thay đổi trong áp suất âm thanh đã thu nhận của tín hiệu khuyết tật trong mỗi mối quan hệ vị trí được thu nhận bởi đầu dò siêu âm 11 và thay đổi trong áp suất âm thanh đã dự tính được tính toán tại bước S12.

Khi hình dạng khuyết tật, độ sâu và góc nghiêng được đánh giá trong trường hợp của khuyết tật có hướng, và đường kính khuyết tật và vị trí độ sâu được đánh giá trong trường hợp của khuyết tật không có hướng. Phương pháp đánh giá hình dạng khuyết tật sẽ được mô tả chi tiết hơn về sau. Theo đó, xử lý tại bước S15 được hoàn thành, và quá trình tiến đến xử lý tại bước S16. Hơn nữa, xử lý tại bước đánh giá III được hoàn thành, và quá trình tiến đến xử lý Tại bước xác định IV.

(IV) Bước xác định.

Tiếp theo, sau đây mô tả các hoạt động của thiết bị xử lý tín hiệu 19 và thiết bị ghi 18 tại thời gian xác định chấp nhận/loại bỏ và/hoặc lượng cắt đã yêu cầu cho vật liệu kiểm tra tại bước xác định IV của phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án của sáng chế với sự tham chiếu đến Fig.2. Khi sự xác định tại bước xác định IV, như được minh họa trên hình vẽ này, sự xác định chấp nhận/loại bỏ và/hoặc bước xác định lượng cắt (Bước S16) được thực hiện. Sau đây mô tả chi tiết bước này giả định rằng vật liệu kiểm tra là thân dạng thanh tròn RB.

Sự xác định chấp nhận/loại bỏ và/hoặc lượng cắt bước xác định.

Trong xử lý tại bước S16, dựa trên hình dạng khuyết tật và độ sâu được đánh giá tại bước S15, thiết bị xử lý tín hiệu 19 thực hiện sự xác định chấp nhận/loại bỏ cho vật liệu kiểm tra, hoặc xác định lượng cắt đã yêu cầu cho vật liệu kiểm tra. Theo cách khác,

thiết bị xử lý tín hiệu 19 có thể thực hiện sự xác định chấp nhận/loại bỏ cho vật liệu kiểm tra, và xác định lượng cắt đã yêu cầu cho vật liệu kiểm tra dựa trên hình dạng khuyết tật và độ sâu được đánh giá tại bước S15.

Chẳng hạn, trong trường hợp mà khuyết tật có hướng hoặc khuyết tật không có hướng được đánh giá là có tại khoảng cách 2 mm hoặc nhỏ hơn từ lớp bề mặt như là kết quả của bước S15, vật liệu kiểm tra được chấp nhận (như là vật liệu được yêu cầu phải được sửa chữa), và trong các trường hợp khác, vật liệu kiểm tra bị loại bỏ. Trong tính toán phạm vi mà khuyết tật là có và lượng cắt đã yêu cầu, các hình dạng của khuyết tật không có hướng và khuyết tật có hướng được giả định để được xem xét. Chẳng hạn, trong trường hợp phạm vi mà khuyết tật là có lên đến 1,5 mm bên dưới lớp bề mặt dựa trên hình dạng khuyết tật được đánh giá tại bước S15, chỗ mà tại đó khuyết tật được phát hiện được cắt đến 1,5 mm hoặc nhiều hơn, hoặc được sửa chữa. Theo đó, bước xác định tiếp tục IV được hoàn thành.

Phương pháp tính toán cho áp suất âm thanh đã dự tính.

Tiếp theo, sau đây mô tả phương pháp tính toán áp suất âm thanh đã thu nhận (nghĩa là, áp suất âm thanh đã dự tính) của tín hiệu khuyết tật như là phản xạ từ khuyết tật ảo được dự tính từ tính định hướng của đầu dò siêu âm 11, mà được dùng để đánh giá hình dạng khuyết tật tại bước đánh giá III của phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án của sáng chế với sự tham chiếu đến Fig.2. Như được minh họa trong hình vẽ này, phương pháp tính toán áp suất âm thanh đã dự tính được thực hiện theo thứ tự là bước nhập vào điều kiện kiểm tra khuyết tật (S11) và bước tính toán áp suất âm thanh đã dự tính (S12). Sau đây mô tả chi tiết các bước tương ứng giả định rằng vật liệu kiểm tra là thân dạng thanh tròn RB.

Bước nhập vào điều kiện kiểm tra khuyết tật.

Trong xử lý tại bước S11, thiết bị xử lý tín hiệu 19 đạt được các điều kiện kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm kiểu như các kích thước của thân dạng thanh tròn RB, các kích thước và hình dạng của đầu dò siêu âm 11, độ ngả đo đặc, mối quan hệ vị trí đối với thân dạng thanh tròn RB, và phạm vi kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm. Các điều kiện kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm có thể đạt được không chỉ trước khi tín hiệu khuyết tật đạt được bởi các sóng siêu âm, mà còn trong suốt khi khoảng mà tín hiệu phản xạ đạt được bởi các sóng siêu âm, hoặc sau khi tín hiệu phản xạ đạt được bởi các sóng siêu âm. Theo đó, xử lý tại bước S11 được hoàn thành, và quá trình tiến đến xử lý tại bước S12.

Bước tính toán áp suất âm thanh đã dự tính.

Tiếp theo, trong xử lý tại bước S12, thiết bị xử lý tín hiệu 19 tính toán áp suất âm thanh đã dự tính dựa trên tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm 11 bằng cách dùng các điều kiện kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm đạt được trong xử lý tại bước S11. Trong xử lý tại bước S12, thiết bị xử lý tín hiệu 19 tính toán áp suất âm thanh đã dự tính cho hai kiểu trường hợp bao gồm trường hợp của khuyết tật không có hướng và trường hợp của khuyết tật có hướng như là áp suất âm thanh đã dự tính xem xét đến tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm 11. Sự tính toán được thực hiện không dùng tín hiệu phản xạ mà được đo thực tế và tín hiệu thu nhận được tính toán từ tín hiệu phản xạ. Nghĩa là, khuyết tật ảo được thiết lập thay vì khuyết tật thực tế là có trong vật liệu kiểm tra, và áp suất âm thanh đã thu nhận của tín hiệu khuyết tật được phản xạ từ khuyết tật ảo được tính toán như là áp suất âm thanh đã dự tính.

Áp suất âm thanh đã dự tính biến đổi phụ thuộc vào hình dạng khuyết tật (chẳng hạn, độ sâu và góc trong trường hợp của khuyết tật có hướng, và độ sâu và bán kính trong trường hợp của khuyết tật không có hướng). Do vậy, tại bước S12, tốt hơn là thiết lập nhiều kiểu của các hình dạng khuyết tật cho khuyết tật ảo, và tính toán áp suất âm thanh đã dự tính cho mỗi trong số các thiết lập. Trong trường hợp này, trong xử lý tại bước S14 và các bước theo sau, các áp suất âm thanh đã dự tính tương ứng với nhiều kiểu của các hình dạng khuyết tật có thể được so sánh lẫn nhau, và các áp suất âm thanh đã dự tính sát lẫn nhau có thể được dùng để thực hiện xử lý tín hiệu tại bước S14 và các bước theo sau. Tại bước S12 này, các vùng đã phân chia để được dùng trong Fig.16 và Fig.18 (được mô tả về sau) có thể được tính toán để được thiết lập tại bước S14 và các bước theo sau.

Trong xử lý tại bước S12, thiết bị xử lý tín hiệu 19 tính toán, như là áp suất âm thanh đã dự tính xem xét tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm 11, áp suất âm thanh đã thu nhận của đường đi lan truyền của một hoặc nhiều hơn trong bốn mô hình phản xạ được mô tả về sau (tham chiếu từ Fig.3 đến Fig.10). Trong xử lý tại bước S12, thiết bị xử lý tín hiệu 19 tính toán áp suất âm thanh đã dự tính xem xét đến tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm 11 dựa trên đường đi lan truyền được tính toán từ mối mối quan hệ vị trí giữa các đầu dò siêu âm 11 và khuyết tật và tính định hướng được làm bởi trục trung tâm của khuyết tật hoặc đầu dò siêu âm 11. Phương pháp tính toán cho áp suất âm thanh đã dự tính sẽ được mô tả chi tiết hơn về sau. Theo đó, xử lý tại

bước S12 được hoàn thành.

Bước nhập vào điều kiện kiểm tra khuyết tật S11 và bước tính toán áp suất âm thanh đã dự tính S12 có thể được thực hiện tại bất kỳ thời điểm, nghĩa là, trước khi tín hiệu khuyết tật đạt được bởi các sóng siêu âm, trong suốt khi tín hiệu khuyết tật đạt được bởi các sóng siêu âm, hoặc sau khi tín hiệu khuyết tật đạt được bởi các sóng siêu âm. Nó là đủ rằng bước tính toán áp suất âm thanh đã dự tính S12 được hoàn thành và áp suất âm thanh đã dự tính được tính toán trước bước xác định S14 cho kiểu khuyết tật được mô tả ở trên. Nói cách khác, nó là đủ rằng bước tính toán áp suất âm thanh đã dự tính S12 được hoàn thành trước khi bước xác định S14 cho kiểu khuyết tật trong bước đánh giá III được bắt đầu. Mặt khác, bước tính toán áp suất âm thanh đã dự tính S12 có thể được thực hiện tại thời điểm tùy chọn đối với bước thu nhận I, bước trích II, và bước đạt được hình ảnh kiểm tra khuyết tật S13.

Bước nhập vào điều kiện kiểm tra khuyết tật S11 và bước tính toán áp suất âm thanh đã dự tính S12 không cần thiết được thực hiện mỗi lần tín hiệu khuyết tật đạt được bởi các sóng siêu âm được thu nhận. Chẳng hạn, trong trường hợp mà các hình dạng của đối tượng kiểm tra, và các tốc độ chuyển động tương đối giữa đầu dò siêu âm 11 và đối tượng kiểm tra về cơ bản là giống nhau, ngay cả khi đối tượng kiểm tra được thay đổi nhiều lần, bước S11 và bước S12 không cần thiết được thực hiện mỗi lần đối tượng kiểm tra được thay đổi. Nếu áp suất âm thanh đã dự tính thu được tại bước S12 một lần, phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo sáng chế có thể được thực hiện bằng cách dùng cùng áp suất âm thanh đã dự tính ngay cả khi đối tượng kiểm tra được thay đổi nhiều lần. Tính định hướng siêu âm trong phương án hiện tại chỉ thị tính chất sao cho áp suất âm thanh siêu âm được phân bố và lan truyền mạnh theo hướng cụ thể. Nó được chỉ ra rằng, trong trường hợp của đầu dò siêu âm dạng đơn điểm hình, áp suất âm thanh trên trục trung tâm của đầu dò trở thành lớn nhất tại vị trí xa hơn trường âm thanh khoảng cách ngắn.

Tiếp theo, sau đây mô tả chi tiết phương pháp tính toán áp suất âm thanh đã dự tính xem xét đến tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm 11 (bước S12 trên Fig.2) trong phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án hiện tại với sự tham chiếu từ Fig.3 đến Fig.15.

Các khuyết tật có trong phần bên trong của thân dạng thanh tròn RB được phân loại chung thành các khuyết tật có hướng và các khuyết tật không có hướng. Khuyết tật

có hướng bao gồm bề mặt phản xạ dạng dây hoặc dạng đĩa, và có tính định hướng phản xạ mạnh theo hướng cụ thể. Vết nứt bề mặt được phát hiện bởi kiểm tra khuyết tật góc là khuyết tật có hướng trong nhiều trường hợp. Mặt khác, khuyết tật không có hướng là chất lẫn và tương tự có ở lân cận của lớp bề mặt, và là khuyết tật dạng cầu hoặc dạng trụ.

Người ta đã biết rằng các tín hiệu phản xạ từ nhiều đường đi lan truyền có thể thu được cho cùng đối tượng khuyết tật trong kiểm tra khuyết tật góc. Fig.3 đến Fig.6 minh họa đường đi lan truyền của tín hiệu phản xạ trong trường hợp của khuyết tật không có hướng, và Fig.7 đến Fig.10 minh họa đường đi lan truyền của tín hiệu phản xạ trong trường hợp của khuyết tật có hướng.

Fig.3 và Fig.7 minh họa mô hình phản xạ lan truyền theo thứ tự là (A) đầu dò siêu âm 11, khuyết tật, và đầu dò siêu âm 11. Fig.4 và Fig.8 minh họa mô hình phản xạ lan truyền theo thứ tự là (B) đầu dò siêu âm 11, khuyết tật, bề mặt thành của vật liệu kiểm tra (thân dạng thanh tròn RB), và đầu dò siêu âm 11. Fig.5 và Fig.9 minh họa mô hình phản xạ lan truyền theo thứ tự là (C) đầu dò siêu âm 11, bề mặt thành của vật liệu kiểm tra, khuyết tật, và đầu dò siêu âm 11. Fig.6 và Fig.10 minh họa mô hình phản xạ lan truyền theo thứ tự là (D) đầu dò siêu âm 11, bề mặt thành của vật liệu kiểm tra, khuyết tật, bề mặt thành của vật liệu kiểm tra, và đầu dò siêu âm 11.

Trong Fig.3 đến Fig.10, số tham chiếu 11 biểu thị đầu dò siêu âm thực tế, số tham chiếu 21 biểu thị đầu dò siêu âm biểu kiến trong kiểm tra khuyết tật góc, ký hiệu tham chiếu F biểu thị khuyết tật không có hướng, và ký hiệu tham chiếu Fd biểu thị khuyết tật có hướng. Trong phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án hiện tại, áp suất âm thanh đã dự tính được tính toán dựa trên mối quan hệ vị trí giữa khuyết tật và đầu dò siêu âm cho mỗi trong các đường đi lan truyền.

Fig.11 minh họa mối quan hệ vị trí giữa đầu dò siêu âm 11 và đầu dò siêu âm biểu kiến 21. Giả định rằng góc tới của đầu dò siêu âm 11 là ϕ_1 , chiều rộng đầu dò là D_{w1} , chiều cao đầu dò là D_h , khoảng cách nằm là L_1 , vận tốc âm thanh trong nằm là C_{wed} , và vận tốc âm thanh trong thép là C_s , góc khúc xạ ϕ_2 , chiều rộng đầu dò D_{w2} , và khoảng cách nằm L_2 của đầu dò siêu âm biểu kiến 21 được trình bày bằng các biểu thức từ (1) đến (3) sau đây.

$$\phi_2 = \sin^{-1} \left(\sin \phi_1 \times \frac{C_s}{C_{wed}} \right) \quad (1)$$

$$D_{W2} = L_1 \times \frac{\cos \phi_2}{\cos \phi_1} \quad (2)$$

$$L_2 = L_1 \times \frac{\tan \phi_1}{\tan \phi_2} \quad (3)$$

Ở đây, đầu dò siêu âm biểu kiến 21 biểu thị đầu dò siêu âm ảo "mà được giả định là có trong vật liệu kiểm tra, và có thể lan truyền trực tiếp các sóng siêu âm mà không cần xem xét đến sự khúc xạ". Trong kiểm tra khuyết tật góc phương pháp được dùng trong phương án hiện tại, tại thời gian khi các sóng siêu âm bị khúc xạ để đi tới vào trong vật liệu kiểm tra, sự lan truyền các sóng siêu âm trong vật liệu kiểm tra được giả định sao cho các sóng siêu âm được lan truyền trực tiếp từ đầu dò siêu âm biểu kiến có trong vật liệu kiểm tra. Đầu dò siêu âm 21 có thực tế bên ngoài vật liệu kiểm tra, và có ở trong môi trường của phần nôm (không được minh họa).

Đường đi lan truyền được yêu cầu để thu được giá trị áp suất âm thanh đã dự tính được suy ra bằng cách dùng đường đi lan truyền từ đầu dò siêu âm biểu kiến 21. Trong trường hợp này, sự tính toán được thực hiện bằng cách dùng đầu dò siêu âm biểu kiến 21 để đơn giản hóa tính toán, nhưng đường đi lan truyền từ đầu dò siêu âm 21 có thể được suy ra trong khi xem xét hiện tượng khúc xạ theo định luật Snell cho mỗi trong các đường đi lan truyền.

Thứ nhất, sau đây mô tả phương pháp tính toán cho áp suất âm thanh đã dự tính của khuyết tật không có hướng. Áp suất âm thanh đã dự tính trong đường đi lan truyền của Fig.3 được tính toán bằng cách dùng Fig.12. Giả định rằng gốc là O, bán kính của thân dạng thanh tròn RB là r, góc quay khuyết tật là θ_r , và độ sâu của vị trí khuyết tật là t, các tọa độ F (X_F , Y_F) của khuyết tật không có hướng F được trình bày bởi biểu thức (4) sau đây và biểu thức (5) sau đây.

$$X_F = L_2 \cos \phi_2 + r - (r - t) \sin \theta_r \quad (4)$$

$$Y_F = L_2 \sin \phi_2 + (r - t) \cos \theta_r \quad (5)$$

Giả định rằng góc được tạo thành bởi đường thẳng OF và đầu dò siêu âm biểu kiến

21 là ψ_p , góc ψ_p được trình bày bởi biểu thức (6) sau đây.

$$\psi_p = \frac{\pi}{2} - \phi_2 - \tan^{-1} \left(\frac{X_F}{Y_F} \right) \quad (6)$$

Giả định rằng áp suất âm thanh được phát là P_0 , diện tích đầu dò là A , tần số là Fr , chiều dài của đoạn đường OF là x , hệ số tính định hướng của đầu dò siêu âm biểu kiến 21 đối với các sóng siêu âm là D_p , tính phản xạ của hình dạng khuyết tật là γ , bán kính khuyết tật là d , và chiều dài khuyết tật là L , diện tích đầu dò A , tính phản xạ γ , và hệ số tính định hướng D_p được trình bày bởi từ biểu thức (7) sau đây đến biểu thức (12) sau đây.

$$A = D_h \times D_{w2} \quad (7)$$

$$\lambda = \frac{C_s}{Fr} \quad (8)$$

$$m(\psi) = \frac{\pi D_{w2}}{\lambda} \times \sin \psi \quad (9)$$

$$D_p(\psi) = \frac{\sin(m(\psi))}{m(\psi)} \quad (10)$$

Trong trường hợp: $2d \geq 0,2\lambda$, $L \geq 3\sqrt{\lambda x}$

$$\gamma(x) = L \sqrt{\frac{2d}{((d+x)\lambda x)}} \quad (11)$$

Trong trường hợp: $2d \geq 0,2\lambda$, $0,8\sqrt{\lambda x} \geq L \geq 0,7\lambda$

$$\gamma(x) = L \sqrt{\frac{2d}{((d+x)\lambda x)}} \quad (12)$$

Áp suất âm thanh đã dự tính P_{FI} trong đường đi lan truyền trong Fig.3 được trình bày bởi tích số của hệ số tính định hướng $D_p(\Psi_p)$ tại thời gian truyền dẫn của đầu dò siêu âm 21, tính phản xạ $\gamma(x)$ của khuyết tật, và hệ số tính định hướng $D_p(\Psi_p)$ tại thời gian thu nhận đầu dò siêu âm 21. Theo biểu thức (7) đến biểu thức (12) được mô tả ở trên, áp suất âm thanh đã dự tính P_{FI} được trình bày bởi biểu thức (13) sau đây. Thời gian lan truyền T_1 trong đường đi lan truyền trong Fig.3 được trình bày bởi thương số thu được bằng cách chia khoảng cách qua lại trên đoạn đường OF cho vận tốc âm thanh trong thép, được trình bày bởi biểu thức (14) sau đây.

$$P_{FI} = \frac{A}{2\lambda x} D_p(\Psi_p)^2 \times \gamma(x) \quad (13)$$

$$T_1 = \frac{2x}{C_s} \quad (14)$$

Áp suất âm thanh đã dự tính trong các đường đi lan truyền của từ Fig.4 đến Fig.6 được tính toán bằng cách dùng Fig.13. Giả định rằng các tọa độ của hình ảnh phản chiếu F' của khuyết tật không có hướng F đối với đường vuông góc S là $F'(X_F', Y_F')$, hình ảnh phản chiếu của đầu dò siêu âm biểu kiến 21 là 22, hình ảnh phản chiếu của gốc O là O' , chiều dài của đoạn đường OF' là x_2 , chiều dài của đoạn đường $O'F'$ là X_2' , và góc được tạo bởi đoạn đường $O'F'$ và trục trung tâm C' của hình ảnh phản chiếu O' là ψ_{p1}' , các tọa độ $F'(X_F', Y_F')$ của hình ảnh phản chiếu F' được trình bày bởi biểu thức (15) sau đây và biểu thức (16) sau đây.

$$X_F' = L_2 \cos \phi_2 + r - (r+t) \sin \theta_r \quad (15)$$

$$Y_F' = L_2 \sin \phi_2 + (r+t) \cos \theta_r \quad (16)$$

Áp suất âm thanh đã dự tính P_{F2} trong các đường đi lan truyền trong Fig.4 và Fig.5 được trình bày bởi tích số của hệ số tính định hướng $D_p(\Psi_{p1})$ tại thời gian truyền dẫn của đầu dò siêu âm 21, tính phản xạ $\gamma(x_2)$ của khuyết tật, và hệ số tính định hướng $D_p(\Psi_{p1}')$ tại thời gian thu nhận đầu dò siêu âm 21. Theo biểu thức (15) và biểu thức (16), áp suất âm thanh đã dự tính P_{F2} được trình bày bởi biểu thức (17) sau đây. Thời gian lan truyền T_2 trong các đường đi lan truyền trong Fig.4 và Fig.5 được trình bày bởi thương số thu được bằng cách chia khoảng cách tổng của các đoạn đường OF' và $F'O'$ cho vận tốc âm thanh trong thép, được trình bày bởi biểu thức (18) sau đây.

$$P_{F2} = \frac{A}{\lambda(x_2 + x_2')} D_p(\Psi_{p1}) \times D_p(\Psi_{p1}') \times \gamma(x_2) \quad (17)$$

$$T_2 = \frac{(x_2 + x_2')}{C_s} \quad (18)$$

Áp suất âm thanh đã dự tính P_{F3} trong đường đi lan truyền của Fig.6 được trình bày bởi tích số của hệ số tính định hướng $D_p(\Psi_{p1})$ tại thời gian truyền dẫn của đầu dò siêu âm 21, tính phản xạ $\gamma(x_2)$ của khuyết tật, và hệ số tính định hướng $D_p(\Psi_{p1})$ tại thời gian thu nhận đầu dò siêu âm 21. Do vậy, áp suất âm thanh đã dự tính P_{F3} được trình bày bởi biểu thức (19) sau đây. Thời gian lan truyền T_3 trong đường đi lan truyền trong Fig.6 được trình bày bởi thương số thu được bằng cách chia khoảng cách qua lại của đoạn đường OF' cho vận tốc âm thanh trong thép, được trình bày bởi biểu thức (20) sau đây.

$$P_{F3} = \frac{A}{2\lambda x_2} D_p(\Psi_{p1})^2 \times \gamma(x_2) \quad (19)$$

$$T_3 = \frac{2x_2}{C_s} \quad (20)$$

Như được mô tả ở trên, bằng cách dùng áp suất âm thanh đã dự tính và thời gian lan truyền của các đường đi lan truyền thu được bởi biểu thức (13), biểu thức (14), và từ biểu thức (17) đến biểu thức (20), có thể về lý thuyết mô hình hóa áp suất âm thanh đã thu nhận và thời gian lan truyền mà được dự tính khi kiểm tra khuyết tật được thực

hiện trên khuyết tật không có hướng trong khi thay đổi mối quan hệ vị trí giữa thân dạng thanh tròn RB và đầu dò siêu âm 11.

Tiếp theo, sau đây mô tả phương pháp tính toán áp suất âm thanh đã dự tính trong khuyết tật có hướng. Áp suất âm thanh đã dự tính trong đường đi lan truyền trong Fig.7 được tính toán bằng cách dùng Fig.14. Giả định rằng gốc là O, góc quay khuyết tật là θ_{r2} , góc tới khuyết tật là θ_c , độ sâu khuyết tật là d_c , hệ số tính định hướng của khuyết tật có hướng Fd là D_c , hệ số tính định hướng của đầu dò siêu âm biểu kiến 21 đối với các sóng siêu âm là D_p , tính phản xạ của hình dạng khuyết tật là γ_2 , chiều dài khuyết tật là L_2 , các tọa độ của điểm giữa của khuyết tật có hướng Fd là $M(X_m, Y_m)$, góc được tạo bởi đoạn đường OM và trục trung tâm C của đầu dò siêu âm biểu kiến 21 là ψ_{p3} , góc được tạo bởi trục trung tâm của khuyết tật có hướng Fd và đoạn đường OM là ψ_c , và chiều dài của đoạn đường OM là x_3 , các tọa độ $M(X_m, Y_m)$ của điểm giữa của khuyết tật có hướng Fd, góc đã tạo ψ_{p3} , và góc đã tạo ψ_c được trình bày bởi từ biểu thức (21) sau đây đến biểu thức (24) sau đây.

$$X_M = L_2 \cos \phi_2 + r(1 - \sin \theta_{r2}) + \frac{d_c}{2} \sin(\theta_c + \theta_{r2}) \quad (21)$$

$$Y_M = L_2 \sin \phi_2 + r \cos \theta_{r2} - \frac{d_c}{2} \cos(\theta_c + \theta_{r2}) \quad (22)$$

$$\psi_{p3} = \frac{\pi}{2} - \phi_2 - \tan^{-1} \left(\frac{X_M}{Y_M} \right) \quad (23)$$

$$\psi_c = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \left(\frac{X_M}{Y_M} \right) - \theta_c - \theta_{r2} \quad (24)$$

Hệ số tính định hướng D_c của khuyết tật có hướng Fd và tính phản xạ khuyết tật γ_2 được trình bày bởi từ biểu thức (25) sau đây đến biểu thức (29) sau đây.

$$D_c(\psi, \psi') = \frac{\sin(m_2(\psi, \psi'))}{m_2(\psi, \psi')} \quad (25)$$

$$m_2(\psi, \psi') = \frac{\pi d_c}{\lambda} \times \sin(\psi' - \psi) \quad (26)$$

Trong trường hợp: $0,8\sqrt{\lambda x} \geq d_c \geq 0,7\lambda$, $L_2 \geq 3\sqrt{\lambda x}$

$$\gamma_2(x) = d_c \sqrt{\frac{2}{\lambda x}} \quad (27)$$

Trong trường hợp: $0,8\sqrt{\lambda x} \geq d_c \geq 0,7\lambda$, $0,8\sqrt{\lambda x} \geq L_2 \geq 0,7\lambda$

$$\gamma_2(x) = \frac{2d_c L_2}{\lambda x} \quad (28)$$

Trong trường hợp: $d_c \geq 3\sqrt{\lambda x}$, $L_2 \geq 3\sqrt{\lambda x}$

$$\gamma_2(x) = 1 \quad (29)$$

Áp suất âm thanh đã dự tính P_{F4} trong đường đi lan truyền trong Fig.7 được trình bày bởi tích số của hệ số tính định hướng $D_p(\Psi_{p3})$ tại thời gian truyền dẫn của đầu dò siêu âm 21, tính phản xạ $\gamma_2(x_3)$ của khuyết tật, hệ số tính định hướng $D_c(\Psi_c, -\Psi_c)$ tại thời gian phản xạ từ khuyết tật, và hệ số tính định hướng $D_p(\Psi_{p3})$ tại thời gian thu nhận đầu dò siêu âm 21. Theo biểu thức (21) đến biểu thức (29), áp suất âm thanh đã dự tính P_{F4} được trình bày bởi biểu thức (30) sau đây. Thời gian lan truyền T_4 trong đường đi lan truyền trong Fig.7 được trình bày bởi thương số thu được bằng cách chia khoảng cách qua lại của đoạn đường OM cho vận tốc âm thanh trong thép, được trình bày bởi biểu thức (31) sau đây. Hệ số tính định hướng D_p của đầu dò siêu âm 21 là giống với trường hợp của khuyết tật không có hướng.

$$P_{F4} = \frac{A}{2\lambda x_3} \times D_p(\psi_{p3})^2 \times D_c(\psi_c, -\psi_c) \times \gamma_2(x_3) \quad (30)$$

$$T_4 = \frac{2x_3}{C_s} \quad (31)$$

Áp suất âm thanh đã dự tính trong các đường đi lan truyền trong từ Fig.8 đến Fig.10 được tính toán bằng cách dùng Fig.15. Giả định rằng hình ảnh phản chiếu của khuyết tật có hướng Fd đối với đường vuông góc $S2$ là Fd' , các tọa độ của điểm giữa của hình ảnh phản chiếu Fd' là $M(X_m', Y_m')$, hình ảnh phản chiếu của đầu dò siêu âm biểu kiến 21 là 22, hình ảnh phản chiếu của gốc O là O' , chiều dài của đoạn đường OM' là x_4 , chiều dài của đoạn đường $O'M'$ là x_4' , góc được tạo bởi đoạn đường OM' và trục trung tâm C của đầu dò siêu âm biểu kiến 21 là ψ_{p4} , góc được tạo bởi đoạn đường $M'O$ và trục trung tâm của hình ảnh phản chiếu Fd' là ψ_{c2} , góc được tạo bởi đoạn đường $M'O'$ và trục trung tâm của hình ảnh phản chiếu Fd' là ψ_{c3} , và góc được tạo bởi đoạn đường $M'O'$ và trục trung tâm của hình ảnh phản chiếu 22 là ψ_{p4}' , các tọa độ $M(X_m', Y_m')$ của điểm giữa của hình ảnh phản chiếu Fd' , góc đã tạo ψ_{p4} , và góc đã tạo ψ_{c2} được trình bày bởi từ biểu thức (32) sau đây đến biểu thức (35) sau đây.

$$X_M' = L_2 \cos \phi_2 + r(1 - \sin \theta_{r2}) + \frac{d_c}{2} \sin(\theta_c - \theta_{r2}) \quad (32)$$

$$Y_M' = L_2 \sin \phi_2 + r \cos \theta_{r2} - \frac{d_c}{2} \cos(\theta_c - \theta_{r2}) \quad (33)$$

$$\psi_{p4} = \frac{\pi}{2} - \phi_2 - \tan^{-1} \left(\frac{X_M'}{Y_M'} \right) \quad (34)$$

$$\psi_{c2} = \theta_c - \theta_{r2} + \psi_{p4} + \phi_2 \quad (35)$$

Áp suất âm thanh đã dự tính P_{F5} trong các đường đi lan truyền trong Fig.8 và Fig.9 được trình bày bởi tích số của hệ số tính định hướng $D_p(\Psi_{p4})$ tại thời gian truyền dẫn của đầu dò siêu âm 21, tính phản xạ $\gamma_2(x_4)$ của khuyết tật, hệ số tính định hướng $D_c(\Psi_{c2}, \Psi_{c3})$ tại thời gian phản xạ từ khuyết tật, và hệ số tính định hướng $D_p(\Psi_{p4}')$ tại thời gian thu nhận đầu dò siêu âm 21. Theo từ biểu thức (32) đến biểu thức (35), áp suất âm thanh

đã dự tính P_{F5} được trình bày bởi biểu thức sau đây (36). Thời gian lan truyền T_5 trong các đường đi lan truyền trong Fig.8 và Fig.9 được trình bày bởi thương số thu được bằng cách chia khoảng cách tổng của đoạn đường OM' và đoạn đường $M'O'$ cho vận tốc âm thanh trong thép, được trình bày bởi biểu thức (37) sau đây. Hệ số tính định hướng D_p của đầu dò siêu âm 21 là giống với trong trường hợp của khuyết tật không có hướng.

$$P_{F5} = \frac{A}{\lambda(x_4 + x_4')} \times D_p(\psi_{p4}) \times D_p(\psi_{p4}') \times D_c(\psi_{c2}, \psi_{c3}) \times \gamma_2(x_4) \times \cos \psi_{c2} \quad (36)$$

$$T_5 = \frac{x_4 + x_4'}{C_s} \quad (37)$$

Áp suất âm thanh đã dự tính P_{F6} trong đường đi lan truyền trong Fig.10 được trình bày bởi tích số của hệ số tính định hướng $D_p(\psi_{p4})$ tại thời gian truyền dẫn của đầu dò siêu âm 21, tính phản xạ $\gamma_2(x_4)$ của khuyết tật, hệ số tính định hướng $D_c(\psi_{c2}, -\psi_{c2})$ tại thời gian phản xạ từ khuyết tật, và hệ số tính định hướng $D_p(\psi_{p4})$ tại thời gian thu nhận đầu dò siêu âm 21. Do vậy, áp suất âm thanh đã dự tính P_{F6} được trình bày bởi biểu thức (38) sau đây. Thời gian lan truyền T_6 trong đường đi lan truyền trong Fig.10 được trình bày bởi thương số thu được bằng cách chia khoảng cách qua lại của đoạn đường OM' cho vận tốc âm thanh trong thép, được trình bày bởi biểu thức (39) sau đây. Hệ số tính định hướng D_p của đầu dò siêu âm 11 là giống với trong trường hợp của khuyết tật không có hướng.

$$P_{F6} = \frac{A}{2\lambda_{x_4}} \times D_p(\psi_{p4})^2 \times D_c(\psi_{c2}, -\psi_{c2}) \times \gamma_2(x_4) \quad (38)$$

$$T_6 = \frac{2x_4}{C_s} \quad (39)$$

Như được mô tả ở trên, bằng cách dùng áp suất âm thanh đã dự tính và thời gian lan truyền của các đường đi lan truyền thu được bởi biểu thức (30), biểu thức (31), và từ biểu thức (37) đến biểu thức (39), có thể mô phỏng về lý thuyết áp suất âm thanh đã thu nhận và thời gian lan truyền mà được dự tính khi kiểm tra khuyết tật được thực hiện trên khuyết tật có hướng trong khi thay đổi mối quan hệ vị trí giữa thân dạng thanh tròn RB và đầu dò siêu âm 11. Tất cả các biểu thức (13), biểu thức (17), biểu thức (19), biểu

thức (30), biểu thức (36), và biểu thức (38) bao gồm hệ số tính định hướng D_p của đầu dò siêu âm 21 đối với các sóng siêu âm. Như đã rõ ràng từ các biểu thức này, áp suất âm thanh đã dự tính được tính toán trong khi xem xét đến tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm 21.

Như là phương pháp cụ thể để tính toán áp suất âm thanh đã dự tính, áp suất âm thanh đã dự tính có thể được tính toán tại bước tính toán áp suất âm thanh đã dự tính S12 bằng cách dùng một hoặc nhiều hơn sau đây:

(A) Mô hình phản xạ lan truyền theo thứ tự là đầu dò siêu âm 11, khuyết tật, và đầu dò siêu âm 11;

(B) Mô hình phản xạ lan truyền theo thứ tự là đầu dò siêu âm 11, khuyết tật, bề mặt thành của vật liệu kiểm tra, và đầu dò siêu âm 11;

(C) Mô hình phản xạ lan truyền theo thứ tự là đầu dò siêu âm 11, bề mặt thành của vật liệu kiểm tra, khuyết tật, và đầu dò siêu âm 11; và

(D) Mô hình phản xạ lan truyền theo thứ tự là đầu dò siêu âm 11, bề mặt thành của vật liệu kiểm tra, khuyết tật, bề mặt thành của vật liệu kiểm tra, và đầu dò siêu âm.

Tốt hơn là áp suất âm thanh đã dự tính được tính toán bằng cách dùng hai hoặc nhiều hơn các mô hình từ (A) đến (D) được mô tả ở trên. Điều này là do độ chính xác trong sự xác định kiểu khuyết tật và sự đánh giá của hình dạng khuyết tật được tăng lên bằng cách so sánh nhiều áp suất âm thanh đã dự tính trong các đường đi khác nhau.

Thực tế, các tín hiệu phản xạ từ các đường đi lan truyền được chỉ thị từ (A) đến (D) được mô tả ở trên được thu nhận tại cùng thời gian, vì vậy không thể nhận dạng đường đi lan truyền mà từ đó tín hiệu khuyết tật đi đến. Trong phương án hiện tại, kiểu khuyết tật hoặc hình dạng khuyết tật bao gồm thông tin độ sâu có thể được đánh giá bằng cách so sánh áp suất âm thanh đã dự tính dựa trên khuyết tật ảo và áp suất âm thanh đã thu nhận được tính toán từ tín hiệu khuyết tật mà được đo thực tế.

Phương pháp xác định kiểu khuyết tật.

Tiếp theo, sau đây mô tả phương pháp xác định kiểu khuyết tật (bước xác định S14 cho kiểu khuyết tật trong Fig.2) trong bước đánh giá III của phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án hiện tại với sự tham chiếu từ Fig.16 đến Fig.18. Phương án hiện tại mô tả trường hợp mà kiểu khuyết tật được xác định bằng cách dùng nhóm tín hiệu khuyết tật được trích từ các tín hiệu phản xạ đã thu nhận như nó vốn có.

Fig.16 và Fig.17 minh họa ví dụ về sự tạo ảnh nhóm tín hiệu khuyết tật tại thời

gian khi tín hiệu phản xạ từ khuyết tật được thu nhận trong khi vị trí của đầu dò siêu âm 11 được thay đổi. Các hình ảnh của nhóm tín hiệu khuyết tật trong Fig.16(b) và Fig.17(b) thu được bằng cách chuyển đổi biên độ cường độ của tín hiệu khuyết tật thành độ chói. Fig.16 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa ví dụ về phương pháp xác định cho khuyết tật không có hướng, và Fig.17 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa ví dụ về phương pháp xác định cho khuyết tật có hướng.

Fig.16(a) là sơ đồ dạng giản đồ minh họa ví dụ trong đó vị trí của khuyết tật không có hướng được nhìn từ đầu dò siêu âm 11 chuyển động theo thứ tự là F1, F2, và F3. Fig.16(b) thu được bằng cách chuyển đổi biên độ cường độ của tín hiệu khuyết tật thành độ chói để được tạo ảnh cho nhóm tín hiệu khuyết tật mà thu được khi vị trí tương đối giữa khuyết tật và đầu dò siêu âm được thay đổi như được minh họa trong Fig.16(a). Các ký hiệu tham chiếu I1, I2, và I3 trong Fig.16(b) lần lượt ký hiệu các tín hiệu thu được bởi các đường đi phản xạ được lấy ví dụ trong từ Fig.3 đến Fig.6.

Các đường đi lan truyền trong Fig.4 và Fig.5 là khác nhau, nhưng các chiều dài đường đi của chúng là giống nhau, vì vậy hình ảnh khuyết tật thu được như là tổng cộng I2 của hai đường đi. Fig.16(c) trình bày thay đổi trong dạng sóng của nhóm tín hiệu khuyết tật trong trường hợp mà góc quay R được giả định là mỗi trong các góc quay R1, R2, và R3 trong Fig.16(a) và Fig.16(b). Nói cách khác, Fig.16(c) minh họa mối quan hệ giữa cường độ tín hiệu và thời gian thu nhận T trong mỗi trường hợp mà góc quay R trong Fig.16(b) là mỗi trong các góc quay R1, R2, và R3. Như được minh họa trong Fig.16(c), nếu góc quay R được thay đổi, cường độ tín hiệu cũng được thay đổi ngay cả với cùng tín hiệu. Như đã rõ ràng từ Fig.16, trong trường hợp của khuyết tật không có hướng, các tín hiệu phản xạ từ khuyết tật thông qua nhiều đường đi có thể được tìm thấy, và hình ảnh trên Fig.16(b) được thay đổi phụ thuộc vào vị trí khuyết tật, điều kiện kiểm tra khuyết tật, và tương tự.

Fig.17(a) là sơ đồ dạng giản đồ minh họa ví dụ trong đó vị trí của khuyết tật có hướng được nhìn từ đầu dò siêu âm 11 chuyển động theo thứ tự là Fd1, Fd2, và Fd3. Fig.17(b) thu được bằng cách chuyển đổi biên độ cường độ của tín hiệu khuyết tật thành độ chói để được tạo ảnh cho nhóm tín hiệu khuyết tật mà thu được khi vị trí tương đối giữa khuyết tật và đầu dò siêu âm được thay đổi như trong Fig.17(a). Trong Fig.17(b), I'1 trình bày tín hiệu thu được bởi bất kỳ trong các đường đi phản xạ trong từ Fig.7 đến Fig.10.

Các đường đi lan truyền trong Fig.8 và Fig.9 là khác nhau, nhưng các chiều dài đường đi của chúng là giống nhau, vì vậy hình ảnh khuyết tật thu được là tổng cộng I^1 của hai đường đi. Đường đi lan truyền mà hình ảnh khuyết tật có thể thu được là khác nhau phụ thuộc vào hình dạng khuyết tật, và có thể có trường hợp mà hai hoặc nhiều hình ảnh khuyết tật hơn được tìm thấy. Fig.17(c) trình bày sự thay đổi trong dạng sóng của nhóm tín hiệu khuyết tật trong trường hợp mà góc quay R được giả định là mỗi trong các góc quay R1, R2, và R3 trong Fig.17(a) và Fig.17(b). Nói cách khác, Fig.17(c) minh họa mối quan hệ giữa cường độ tín hiệu và thời gian thu nhận T trong mỗi trường hợp mà góc quay R trong Fig.17(b) là mỗi trong các góc quay R1, R2, và R3. Như được minh họa trong Fig.17(c), nếu góc quay R được thay đổi, cường độ tín hiệu cũng được thay đổi ngay cả với cùng tín hiệu. Như đã rõ ràng từ Fig.17, trong trường hợp của khuyết tật có hướng, tín hiệu phản xạ từ khuyết tật thông qua đường đi đơn có thể được tìm thấy, và hình ảnh trong Fig.17(b) được thay đổi phụ thuộc vào vị trí khuyết tật, điều kiện kiểm tra khuyết tật, và tương tự.

Như được minh họa trong Fig.16 và Fig.17, khi mối quan hệ vị trí đối với khuyết tật được thay đổi, thời gian thu nhận và cường độ tín hiệu của tín hiệu phản xạ từ khuyết tật được thay đổi. Thực tế, cấp độ của cường độ tín hiệu được trình bày bởi bản đồ màu hoặc sự phân cấp, chẳng hạn, nhưng cấp độ của cường độ tín hiệu không được trình bày trong Fig.16 và Fig.17.

Nhóm tín hiệu khuyết tật là nhiều tín hiệu khuyết tật được cắt ra trong phạm vi cụ thể được định rõ bởi số của các dạng sóng và hướng thời gian của tín hiệu khuyết tật. Mặt khác, áp suất âm thanh đã thu nhận được tính toán tại bước S14 chỉ thị giá trị lớn nhất ở trong phạm vi thời gian cụ thể khi nhóm tín hiệu khuyết tật được tính toán cho mỗi dạng sóng. Như là tóm tắt về mối quan hệ giữa các bước trong Fig.2, thiết bị xử lý tín hiệu 19 tạo ảnh nhóm tín hiệu khuyết tật để được lưu trữ trong thiết bị ghi 18 tại bước S13.

Mặt khác, tại bước S14, thiết bị xử lý tín hiệu 19 phân đoạn nhóm tín hiệu khuyết tật thành các vùng được minh họa trong Fig.16 và Fig.17, tính toán áp suất âm thanh đã thu nhận cho mỗi trong các vùng dựa trên sự phân đoạn, và xác định kiểu khuyết tật dựa trên áp suất âm thanh đã thu nhận. Đặc biệt, thiết bị xử lý tín hiệu 19 trích nhóm tín hiệu khuyết tật từ các tín hiệu khuyết tật đã lưu trữ để được tạo ảnh, chia nhóm tín hiệu khuyết tật đã trích thành các vùng mà được thiết lập trước đó tại bước S12 (chẳng hạn, ba vùng

bao gồm vùng 1, vùng 2, và vùng 3), và tính toán biên độ giá trị lớn nhất cho mỗi trong các vùng đã chia (chẳng hạn, ở trong phạm vi thời gian cụ thể của mỗi dạng sóng) như là áp suất âm thanh đã thu nhận. Thiết bị xử lý tín hiệu 19 sau đó xác định kiểu khuyết tật dựa trên áp suất âm thanh đã thu nhận đã tính toán của mỗi trong các vùng. Tốt nhất là các vùng đã chia được tính toán tại bước S12 và được thiết lập trước đó tại bước S14, nhưng các vùng đã chia có thể được thiết lập theo đúng với sự phân bố của nhóm tín hiệu khuyết tật. Tốt nhất là số các sự chia được thiết lập là "3", nhưng có thể được thiết lập với số khác.

Như được mô tả ở trên trong "phương pháp tính toán áp suất âm thanh đã dự tính", đối với khuyết tật trong lân cận của lớp bề mặt của thân dạng thanh tròn RB, các đường đi lan truyền trong từ Fig.3 đến Fig.6 có thể được xem xét đối với khuyết tật không có hướng, và các đường đi lan truyền trong từ Fig.7 đến Fig.10 có thể được xem xét đối với khuyết tật có hướng. Trong trường hợp của khuyết tật không có hướng, các tín hiệu phản xạ từ các đường đi lan truyền của bốn kiểu từ (A) đến (D) được mô tả ở trên được thu nhận tại cùng thời gian. Tuy nhiên, thời gian lan truyền là giống nhau trong Fig.4 và Fig.5, vì vậy ba kiểu dạng sóng các thời gian thu nhận mà khác lẫn nhau được quan sát như được minh họa trong Fig.16(c). Mặt khác, trong trường hợp của khuyết tật có hướng, do sự ảnh hưởng của tính định hướng phản xạ của khuyết tật, tín hiệu phản xạ từ đường đi lan truyền của một kiểu trở thành lớn như được minh họa trong Fig.17(c). Tuy nhiên, tín hiệu phản xạ mà từ bất kỳ trong các đường đi lan truyền trong từ Fig.7 đến Fig.10 trở thành lớn phụ thuộc vào hình dạng khuyết tật.

Trong phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án hiện tại, khuyết tật có hướng và khuyết tật không có hướng được phân biệt lẫn nhau bằng cách dùng đặc tính được mô tả ở trên. Nghĩa là, trong phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án hiện tại, các vùng hình ảnh khuyết tật được thiết lập trong nhóm tín hiệu khuyết tật. Mỗi trong các vùng hình ảnh khuyết tật để được thiết lập là phạm vi đã xác định trước bao gồm tín hiệu phản xạ trong bất kỳ trong các mô hình từ (A) đến (D), và được thiết lập theo hướng thời gian và hướng góc quay dựa trên vị trí mà tại đó cường độ tín hiệu trở thành cao nhất.

Fig.18 minh họa ví dụ về sự thiết lập vùng hình ảnh khuyết tật. Trục thẳng đứng chỉ thị thời gian thu nhận T, và chỉ thị rằng thời gian thời gian đã trôi qua khi đi xuống. Mặt khác, trục nằm ngang chỉ thị góc quay R, và chỉ thị rằng vị trí quay tăng lên khi đi

sang bên phải. Hình ảnh của áp suất âm thanh đã thu nhận được chia thành ba vùng, được giả định là I_{F1} , I_{F2} , và I_{F3} theo thứ tự từ trên cùng. Giá trị lớn nhất đã phát hiện $P_{\max}$ trình bày các tọa độ của biên độ giá trị lớn nhất trong tín hiệu khuyết tật.

Sau đó, vùng hình ảnh khuyết tật đã thiết lập được chia thành vùng 1, vùng 2, và vùng 3 bởi đoạn đường 1, đoạn đường 2, đoạn đường 3, và đoạn đường 4 dựa trên giá trị lớn nhất đã phát hiện. Sau đó, sự có mặt/vắng mặt của khuyết tật được xác định bằng cách dùng ngưỡng mà được thiết lập cho mỗi trong các vùng đã chia. Ngưỡng cho mỗi vùng có thể được xác định theo cách thí nghiệm và kinh nghiệm, nhưng cũng có thể được xác định theo cách định lượng dựa trên kết quả tính toán của áp suất âm thanh đã dự tính được mô tả ở trên.

Khuyết tật được xác định là khuyết tật không có hướng trong trường hợp mà các tín hiệu là có trong ba vùng, và khuyết tật được xác định là khuyết tật có hướng trong trường hợp mà các tín hiệu là có trong hai hoặc ít hơn các vùng. Theo cách khác, khuyết tật được xác định là khuyết tật không có hướng trong trường hợp mà các tín hiệu là có trong hai hoặc nhiều hơn các vùng, và khuyết tật được xác định là khuyết tật có hướng trong trường hợp mà tín hiệu là có trong một trong các vùng. Trong mô tả bên trên, tín hiệu khuyết tật được trích từ các tín hiệu phản xạ được thu nhận bởi đầu dò siêu âm 11 được dùng như nó vốn có, nhưng tín hiệu khuyết tật đã trích có thể được dùng sau khi được đưa vào để xử lý tín hiệu và xử lý hình ảnh.

Phương pháp đánh giá hình dạng khuyết tật.

Tiếp theo, sau đây mô tả phương pháp đánh giá hình dạng khuyết tật (bước đánh giá S15 cho hình dạng khuyết tật trong Fig.2) trong bước đánh giá III của phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo phương án hiện tại. Tốt hơn là dùng cả hai áp suất âm thanh đã dự tính đã tính toán và thời gian lan truyền để đánh giá hình dạng khuyết tật, nhưng hình dạng khuyết tật có thể được đánh giá bằng cách chỉ dùng áp suất âm thanh đã dự tính. Sau đây mô tả phương pháp đánh giá cho hình dạng khuyết tật bằng cách chỉ dùng áp suất âm thanh đã dự tính với sự tham chiếu đến Fig.19 và Fig.20.

Ở đây, giá trị thu được bằng cách tính toán áp suất âm thanh đã dự tính được mô tả ở trên, tính toán các áp suất âm thanh đã dự tính của các mô hình phản xạ tương ứng (tham chiếu từ Fig.3 đến Fig.10), và thêm vào các áp suất âm thanh đã dự tính là áp suất âm thanh đã thu nhận từ tín hiệu khuyết tật mà thực tế được thu nhận bởi đầu dò siêu âm 11.

Fig.19 minh họa ví dụ về kết quả tính toán áp suất âm thanh đã dự tính E1 mà thu được tại thời gian giả định hình dạng khuyết tật cụ thể. Trong Fig.19, trục thẳng đứng chỉ thị thời gian thu nhận T, và chỉ thị rằng thời gian đã trôi qua khi đi xuống. Mặt khác, trục nằm ngang chỉ thị góc quay R, và chỉ thị rằng vị trí quay tăng lên khi đi sang bên phải. Hình ảnh của áp suất âm thanh đã dự tính là một vùng, được giả định là I_{E1} . Đồ thị thấp hơn trình bày quỹ tích của áp suất âm thanh đã thu nhận được tính toán từ nhóm tín hiệu khuyết tật tại bước S14. Áp suất âm thanh đã dự tính E1 được trình bày bằng tỷ số so với áp suất âm thanh đã dự tính lớn nhất ở trong phạm vi. Tập hợp điểm S_0 bao gồm N các điểm được trích từ áp suất âm thanh đã dự tính đã thu được E1 để được so sánh với áp suất âm thanh đã thu nhận từ tín hiệu khuyết tật mà được đo thực tế. Giả định rằng quãng của góc quay R là dx, và biểu đồ n-th (x_n, y_n), x_n được trình bày bởi biểu thức sau đây (40).

$$x_n = n \times dx \quad (40)$$

Fig.20 minh họa ví dụ về áp suất âm thanh đã thu nhận E2 được xác định là khuyết tật mà thu được từ dữ liệu tín hiệu khuyết tật thực tế. Trong Fig.20, trục thẳng đứng chỉ thị thời gian thu nhận T, và chỉ thị rằng thời gian đã trôi qua khi đi xuống. Mặt khác, trục nằm ngang chỉ thị góc quay R, và chỉ thị rằng vị trí quay tăng lên khi đi sang bên phải. Hình ảnh của áp suất âm thanh đã thu nhận là một vùng, được giả định là I_{E2} . Đồ thị thấp hơn trình bày quỹ tích của áp suất âm thanh đã thu nhận được tính toán từ nhóm tín hiệu khuyết tật. Áp suất âm thanh đã thu nhận E2 được trình bày bằng tỷ số so với áp suất âm thanh đã thu nhận lớn nhất ở trong phạm vi. Tập hợp điểm bao gồm N các điểm mà được trích từ áp suất âm thanh đã thu nhận đã thu được E2 tại quãng góc quay dx được giả định là S, biểu đồ thứ n của S được giả định là (x_n, y_n'), và hàm số ước lượng E được cho như trình bày bởi biểu thức (41) sau đây. Các điểm N liên tục được lựa chọn từ các tín hiệu khuyết tật được trích như là tổ hợp mà E trở thành nhỏ nhất.

$$E = \sum_{n=0}^N \left(y_n - y_n' \right)^2 \quad (41)$$

Sự tính toán bởi biểu thức (40) và biểu thức (41) được mô tả ở trên được thực hiện trên các áp suất âm thanh đã dự tính mà được tính toán bằng cách thay đổi giá trị thiết lập của hình dạng của khuyết tật ảo, và giá trị thiết lập của hình dạng của khuyết tật ảo

mà E trở thành nhỏ nhất được xác định là giá trị đánh giá của hình dạng khuyết tật. Trong trường hợp của khuyết tật có hướng, các áp suất âm thanh đã dự tính được tính toán trong khi thay đổi độ sâu và góc đang phát triển của khuyết tật ảo, và trong trường hợp của khuyết tật không có hướng, các áp suất âm thanh đã dự tính được tính toán trong khi thay đổi vị trí độ sâu của khuyết tật và đường kính khuyết tật. Hình dạng khuyết tật có thể cũng được đánh giá bằng cách phối hợp giá trị tuyệt đối của áp suất âm thanh đã dự tính và giá trị đã đo thực tế của áp suất âm thanh đã thu nhận của hình dạng khuyết tật đã biết đến.

Theo cách khác, hình dạng khuyết tật có thể được đánh giá bằng cách thực hiện tính toán bằng biểu thức (40) và biểu thức (41) được mô tả ở trên cho đường đi lan truyền. Hình dạng khuyết tật có thể cũng được đánh giá bằng cách phối hợp đường đi lan truyền và áp suất âm thanh đã dự tính để được so sánh với giá trị đã tính toán.

Với phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm và thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm 1 theo phương án hiện tại được mô tả ở trên, hình dạng khuyết tật trong phần bên trong của vật liệu kiểm tra có thể được đánh giá bằng cách dùng áp suất âm thanh đã dự tính được tính toán từ tính định hướng của đầu dò siêu âm 11. Bởi vậy, phạm vi của khuyết tật có trong phần bên trong của vật liệu kiểm tra được làm rõ, vì vậy sản phẩm chất lượng cao có thể được sản xuất, và sản lượng có thể được cải thiện.

Phương án mà sáng chế được đưa ra bởi tác giả sáng chế đã được mô tả ở trên, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở phần mô tả và các hình vẽ cấu thành một phần của sáng chế trong phương án này.

Chẳng hạn, sáng chế có thể được áp dụng như là thiết bị kiểm tra cấu thành nên hệ thống thiết bị sản xuất các vật liệu thép. Đặc biệt, phần bên trong của vật liệu thép được sản xuất bởi hệ thống thiết bị sản xuất đã biết hoặc đang tồn tại cho các vật liệu thép có thể được kiểm tra để tìm thấy khuyết tật bằng thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm 1 theo sáng chế. Sáng chế có thể cũng được áp dụng như là bước kiểm tra được bao gồm trong phương pháp sản xuất các vật liệu thép. Đặc biệt phần bên trong của vật liệu thép được sản xuất tại bước sản xuất vật liệu thép đã biết hoặc đang tồn tại có thể được kiểm tra để tìm thấy khuyết tật bằng phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo sáng chế. Với hệ thống thiết bị sản xuất các vật liệu thép và phương pháp sản xuất các vật liệu thép như vậy, các vật liệu thép có thể được sản xuất với sản lượng cao.

Hơn nữa, sáng chế có thể được áp dụng cho phương pháp quản lý chất lượng các

vật liệu thép, và quản lý chất lượng vật liệu thép có thể được thực hiện bằng cách kiểm tra phần bên trong của vật liệu thép để tìm thấy khuyết tật. Đặc biệt, kiểm tra khuyết tật có thể được thực hiện ở phần bên trong của vật liệu thép tại bước kiểm tra khuyết tật trong sáng chế, và quản lý chất lượng vật liệu thép có thể được thực hiện dựa trên kết quả kiểm tra khuyết tật thu được tại bước kiểm tra khuyết tật. Tại bước kiểm tra khuyết tật, khuyết tật trong phần bên trong của vật liệu thép được kiểm tra, và kết quả về sự có mặt/vắng mặt của khuyết tật, vị trí khuyết tật, kích cỡ khuyết tật, và tương tự thu được. Tại bước quản lý chất lượng tiếp theo, dựa trên kết quả về sự có mặt/vắng mặt của khuyết tật, vị trí khuyết tật, và kích cỡ khuyết tật thu được tại bước kiểm tra khuyết tật, nó được xác định có hay không vật liệu thép đã sản xuất thỏa mãn tiêu chuẩn được đề ra từ trước để kiểm soát chất lượng của vật liệu thép. Với phương pháp quản lý chất lượng các vật liệu thép như vậy, các vật liệu thép chất lượng cao có thể được cung cấp. Theo cách này, sáng chế chứa đựng tất cả các phương án khác, các ví dụ khác, các công nghệ vận hành khác, và tương tự khác mà được hình thành bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực dựa trên phương án hiện tại.

Danh mục các ký hiệu tham chiếu

1 Thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm

11 Đầu dò siêu âm

12 Đầu đầu dò

13 Giá đỡ

14 Thiết bị dẫn động quay

15 Bộ tạo xung

16 Bộ thu nhận

17 Bộ chuyển đổi A/D

18 Thiết bị ghi

19 Thiết bị xử lý tín hiệu

20 Thiết bị hiển thị

21 Đầu dò siêu âm biểu kiến

F Khuyết tật không có hướng

Fd Khuyết tật có hướng

RB Thân dạng thanh tròn (vật liệu kiểm tra)

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm để kiểm tra phần bên trong của vật liệu kiểm tra bằng cách phát tín hiệu siêu âm từ đầu dò siêu âm đến vật liệu kiểm tra, và thu nhận tín hiệu siêu âm được phản xạ từ phần bên trong của vật liệu kiểm tra như là tín hiệu phản xạ bằng đầu dò siêu âm, phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm gồm có:

bước thu nhận để thu nhận tín hiệu phản xạ bằng đầu dò siêu âm trong khi thay đổi các vị trí của vật liệu kiểm tra và đầu dò siêu âm;

bước trích để trích, từ tín hiệu phản xạ được thu nhận tại bước thu nhận, tín hiệu khuyết tật như là phản xạ từ khuyết tật trong vật liệu kiểm tra; và

bước đánh giá hình dạng khuyết tật để đánh giá hình dạng của khuyết tật dựa trên áp suất âm thanh đã dự tính và áp suất âm thanh đã thu nhận thu được từ cường độ của tín hiệu khuyết tật được trích tại bước trích, trong đó

áp suất âm thanh đã dự tính là cường độ của tín hiệu khuyết tật từ khuyết tật ảo được dự tính từ tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm, và

áp suất âm thanh đã dự tính được tính toán dựa trên hệ số tính định hướng của đầu dò siêu âm và tính phản xạ của khuyết tật ảo, trong nhiều mô hình phản xạ được thiết lập cho nhiều khuyết tật ảo.

2. Phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo điểm 1, trong đó bước đánh giá hình dạng khuyết tật:

xác định sự có mặt/vắng mặt của tính định hướng của khuyết tật dựa trên áp suất âm thanh đã thu nhận; và

đánh giá hình dạng của khuyết tật dựa trên áp suất âm thanh đã thu nhận và áp suất âm thanh đã dự tính tương ứng với sự có mặt/vắng mặt của tính định hướng của khuyết tật mà đã được xác định.

3. Phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo điểm 1 hoặc 2, trong đó bước đánh giá hình dạng khuyết tật đánh giá hình dạng và độ sâu của khuyết tật bằng cách dùng sự tương quan giữa áp suất âm thanh đã dự tính và áp suất âm thanh đã thu nhận trong mỗi mối quan hệ vị trí được thu nhận bởi đầu dò siêu âm.

4. Thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm được tạo kết cấu để kiểm tra phần bên trong của vật liệu kiểm tra bằng cách phát tín hiệu siêu âm từ đầu dò siêu âm đến vật liệu kiểm tra, và thu nhận tín hiệu siêu âm được phản xạ từ phần bên trong của vật liệu kiểm tra

như là tín hiệu phản xạ bằng đầu dò siêu âm, thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm gồm có:

đơn vị thu nhận được tạo kết cấu để thu nhận tín hiệu phản xạ trong khi thay đổi các vị trí của vật liệu kiểm tra và đầu dò siêu âm;

đơn vị trích được tạo kết cấu để trích, từ tín hiệu phản xạ được thu nhận bởi đơn vị thu nhận, tín hiệu khuyết tật như là phản xạ từ khuyết tật trong vật liệu kiểm tra;

đơn vị tính toán áp suất âm thanh đã dự tính được tạo kết cấu để tính toán áp suất âm thanh đã dự tính, dựa trên hệ số tính định hướng của đầu dò siêu âm và tính phản xạ của khuyết tật ảo, trong nhiều mô hình phản xạ được thiết lập cho nhiều khuyết tật ảo, như là cường độ của tín hiệu khuyết tật từ khuyết tật ảo được dự tính từ tính định hướng siêu âm của đầu dò siêu âm; và

đơn vị đánh giá hình dạng khuyết tật được tạo kết cấu để đánh giá hình dạng khuyết tật dựa trên áp suất âm thanh đã dự tính và áp suất âm thanh đã thu nhận thu được từ cường độ của tín hiệu khuyết tật được trích bởi đơn vị trích.

5. Hệ thống thiết bị sản xuất các vật liệu thép gồm có:

hệ thống thiết bị sản xuất được tạo kết cấu để sản xuất vật liệu thép; và

thiết bị kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo điểm 4 được tạo kết cấu để kiểm tra phần bên trong của vật liệu thép được sản xuất bởi hệ thống thiết bị sản xuất.

6. Phương pháp sản xuất các vật liệu thép, phương pháp sản xuất gồm có:

bước sản xuất để sản xuất vật liệu thép; và

bước kiểm tra khuyết tật để thực hiện kiểm tra khuyết tật ở phần bên trong của vật liệu thép được sản xuất tại bước sản xuất bằng cách dùng phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo điểm bất kỳ trong các điểm từ 1 đến 3.

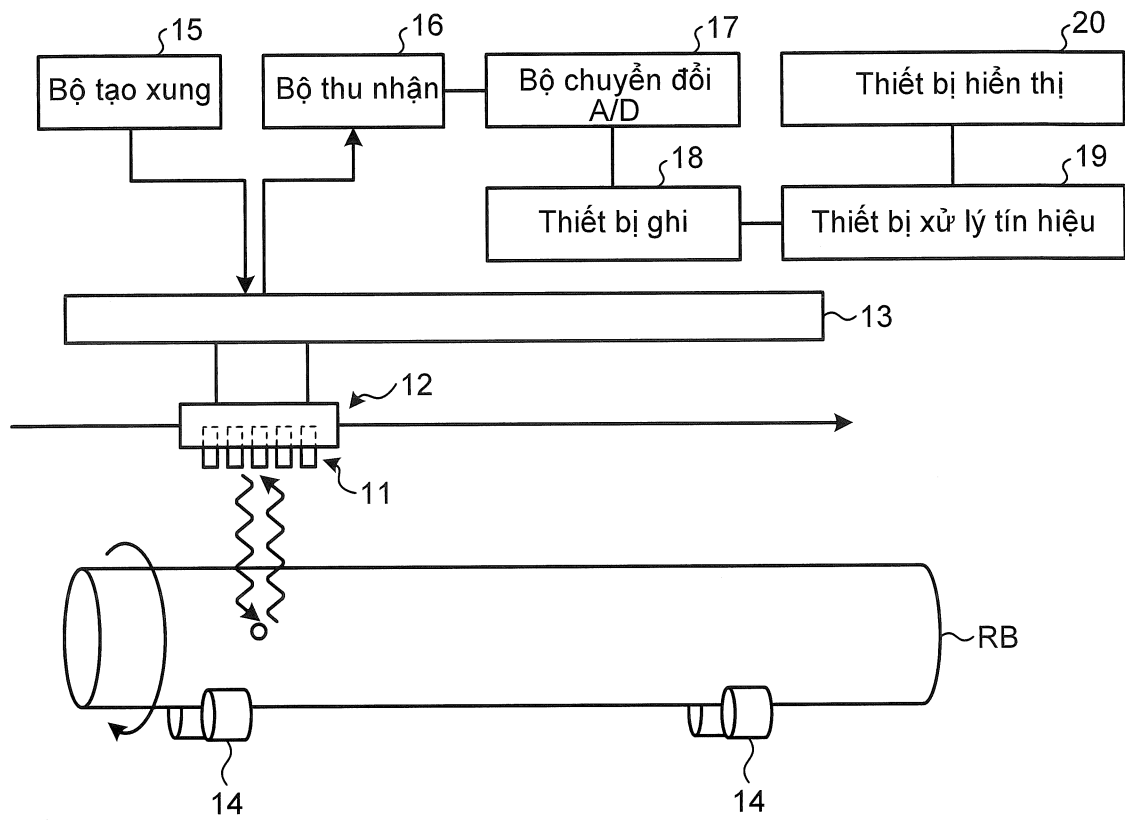
7. Phương pháp quản lý chất lượng cho các vật liệu thép, phương pháp quản lý chất lượng gồm có:

bước kiểm tra khuyết tật để thực hiện kiểm tra khuyết tật ở phần bên trong của vật liệu thép bằng cách dùng phương pháp kiểm tra khuyết tật bằng siêu âm theo điểm bất kỳ trong các điểm từ 1 đến 3; và

bước quản lý chất lượng để thực hiện quản lý chất lượng vật liệu thép dựa trên kết quả kiểm tra khuyết tật thu được tại bước kiểm tra khuyết tật.

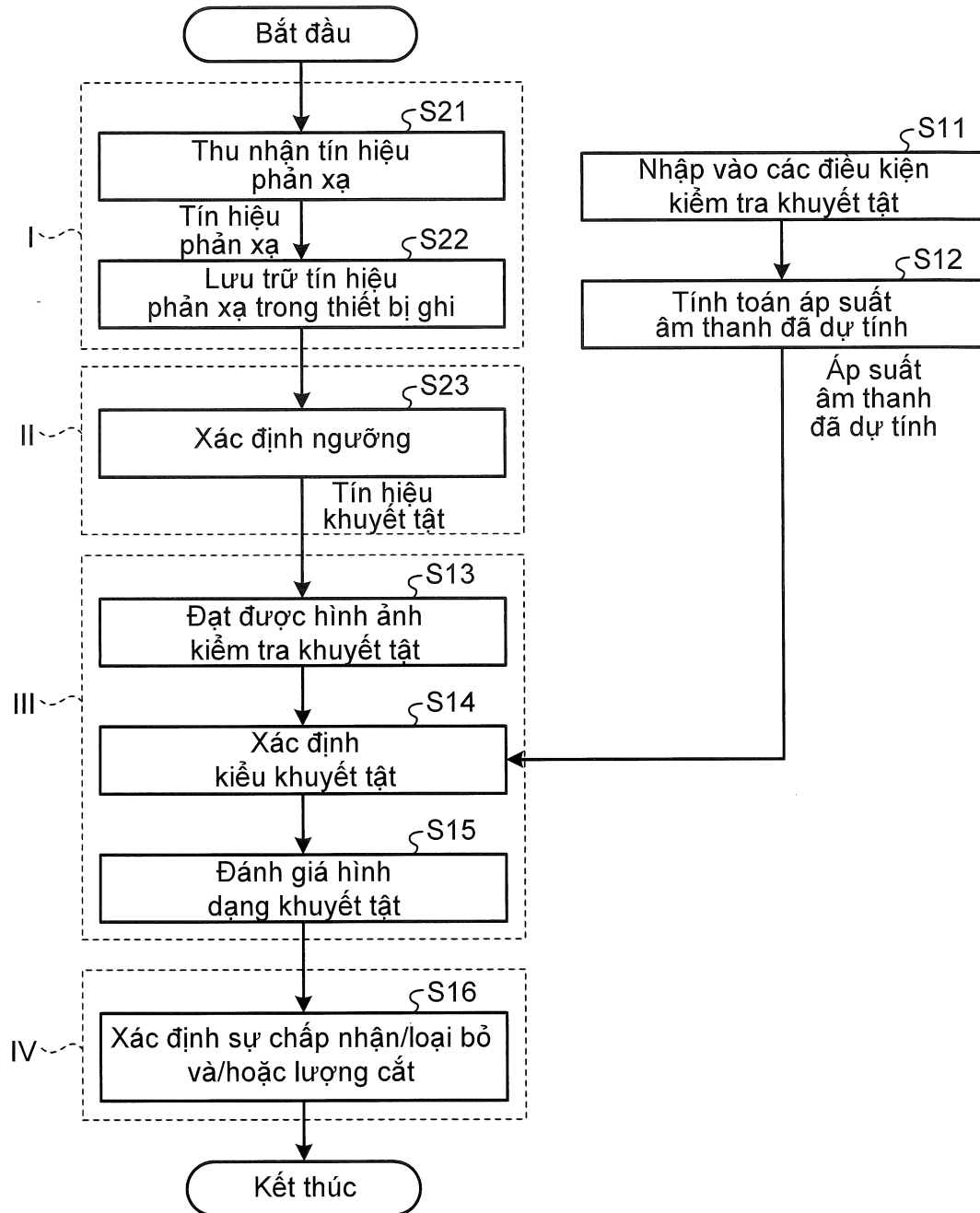
1/15

FIG.1



2/15

FIG.2



3/15

FIG.3

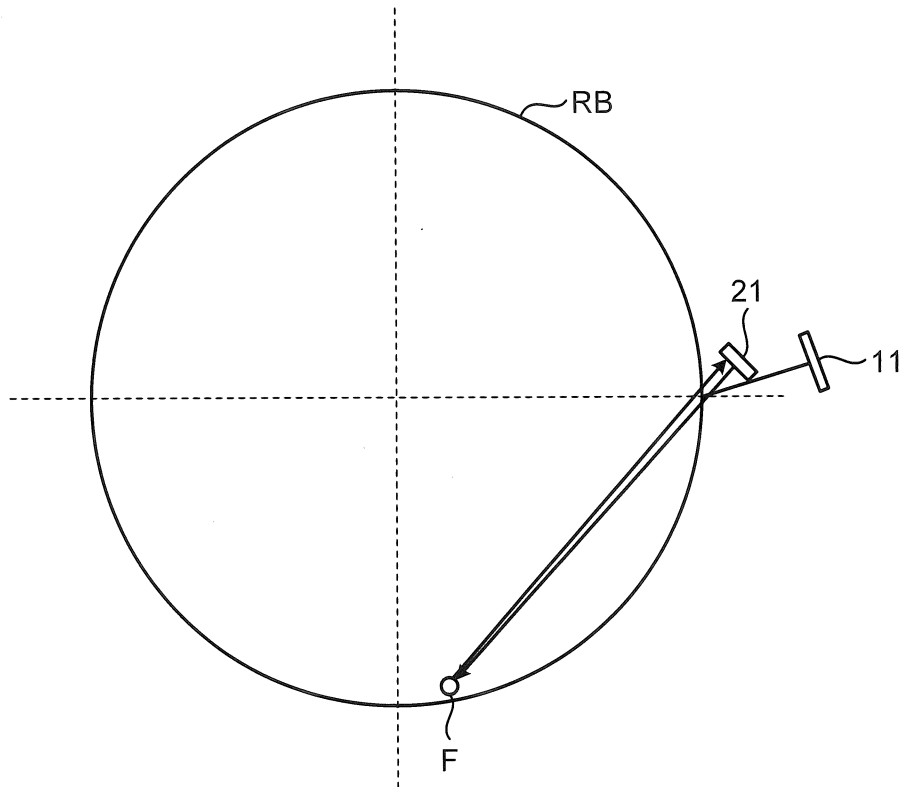
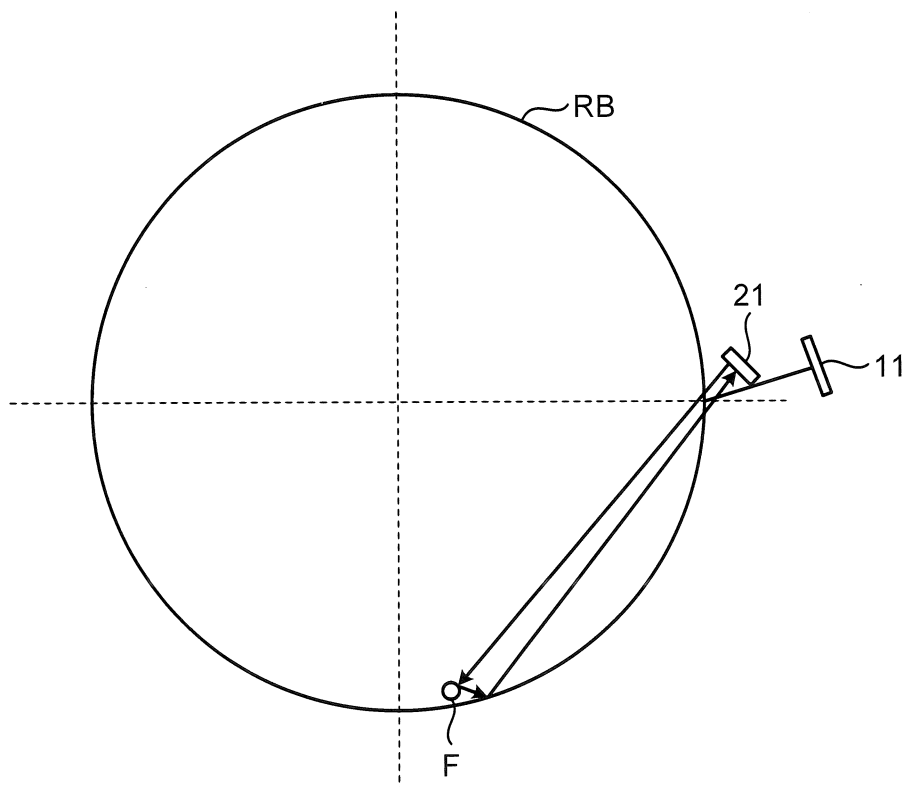


FIG.4



4/15

FIG.5

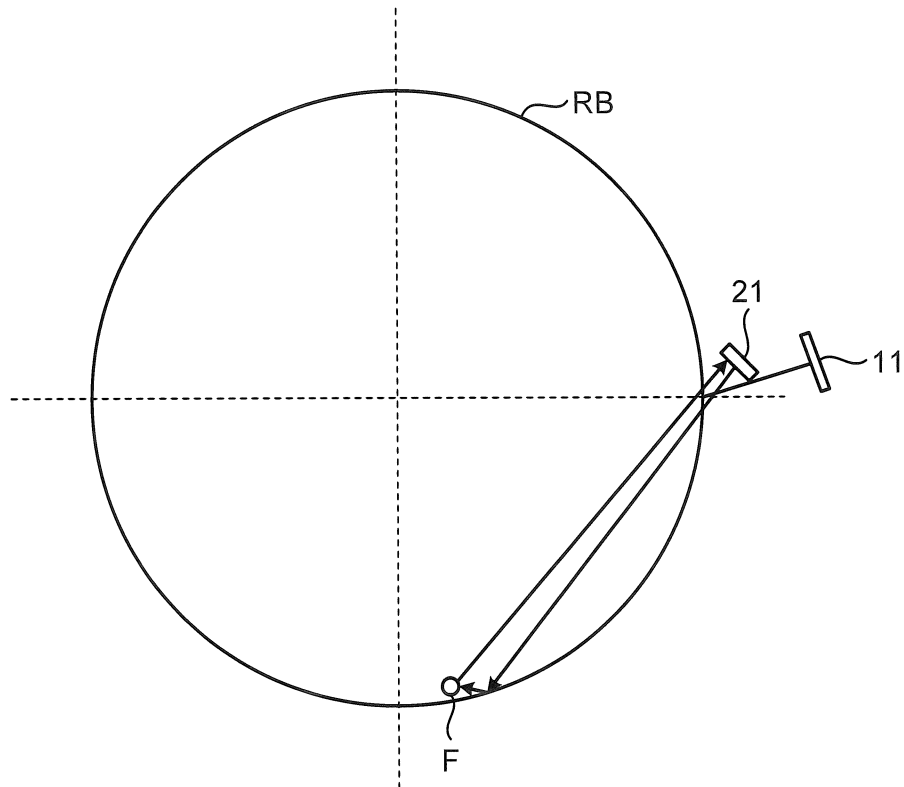
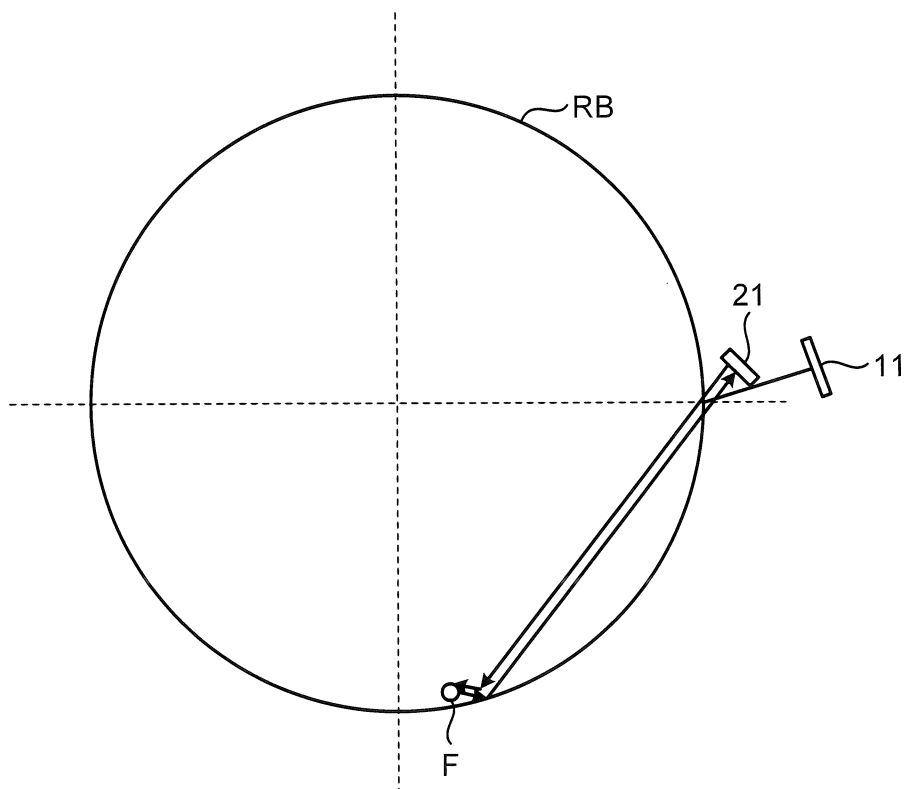


FIG.6



5/15

FIG.7

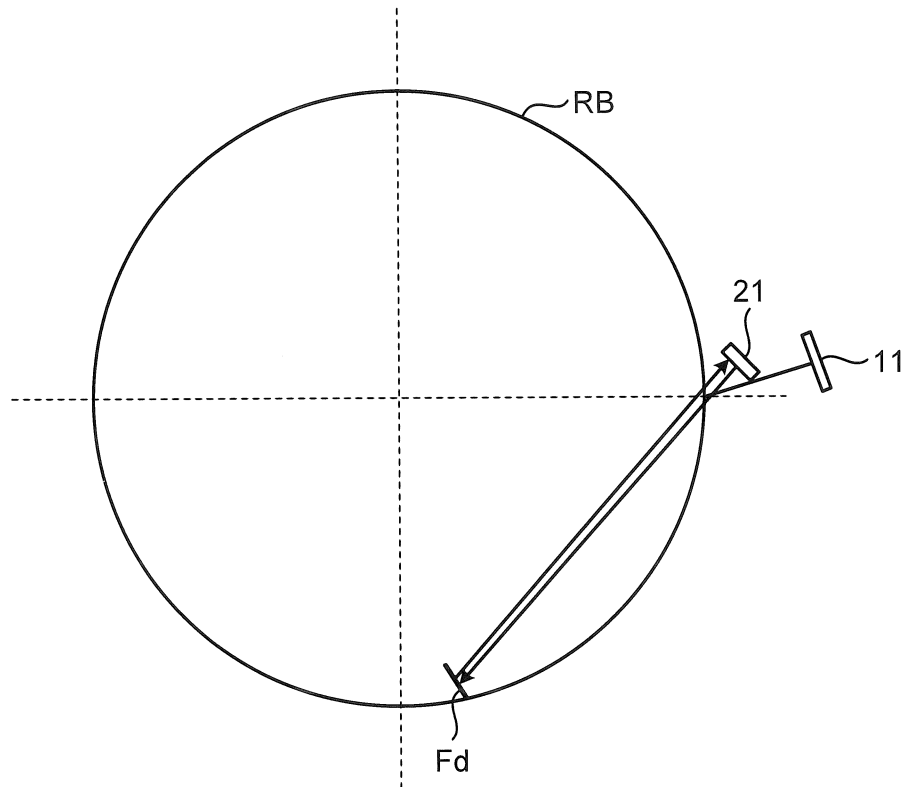
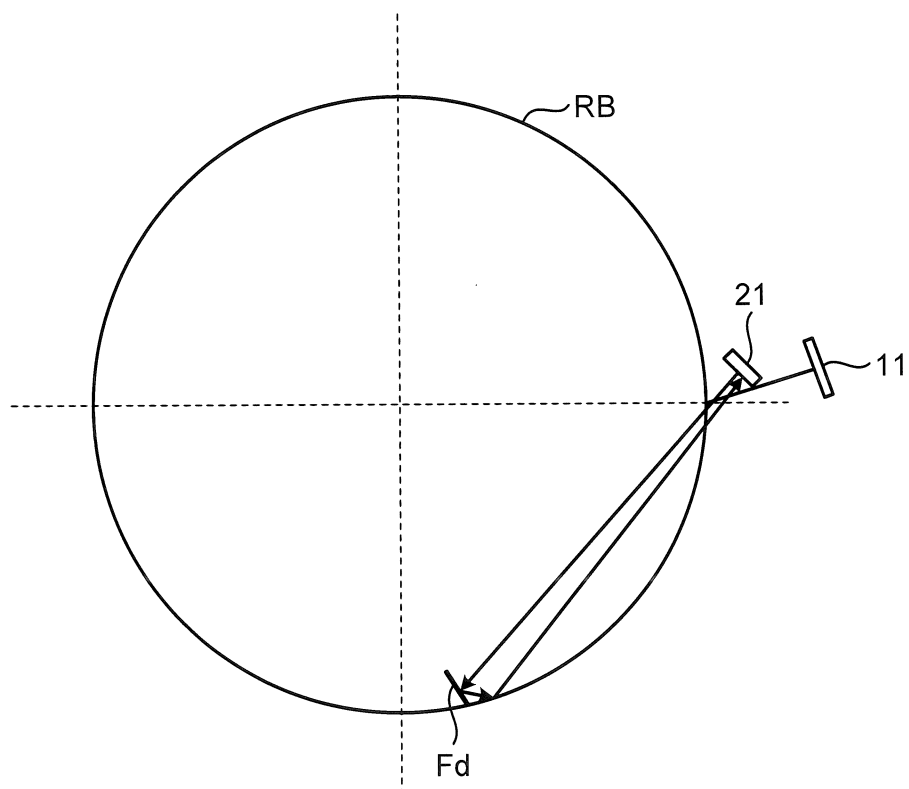


FIG.8



6/15

FIG.9

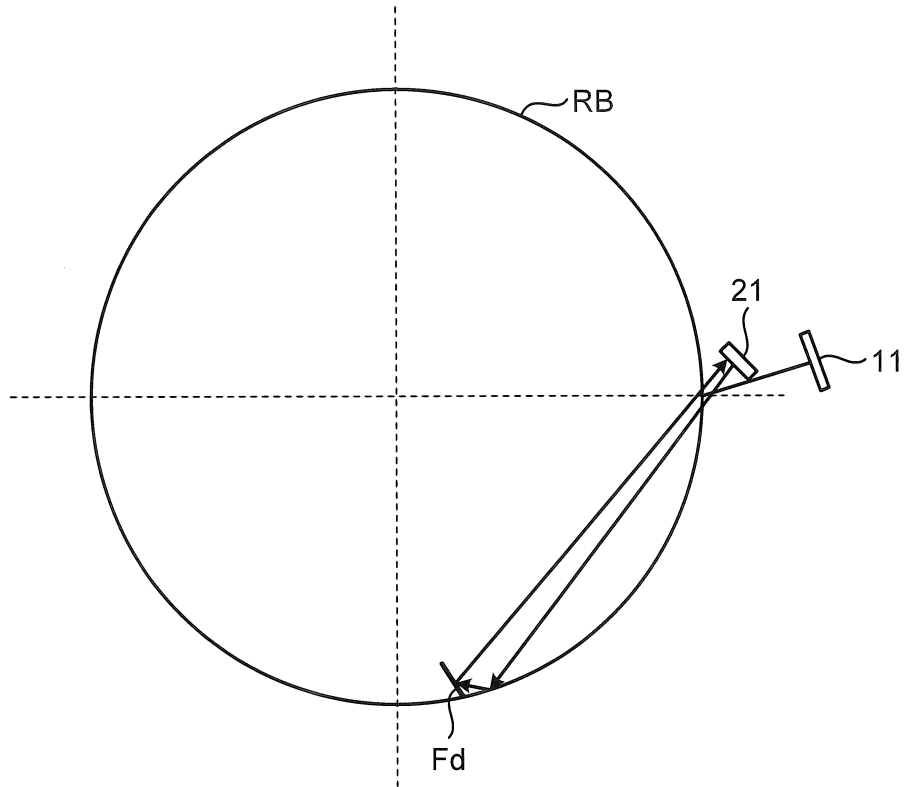
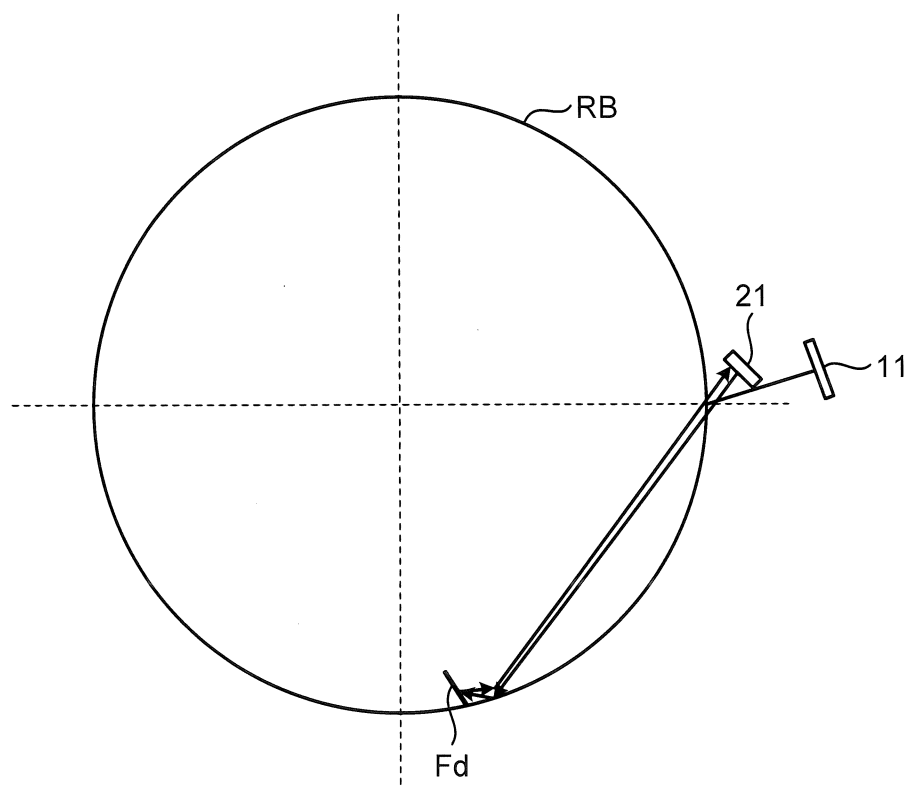


FIG.10



7/15

FIG.11

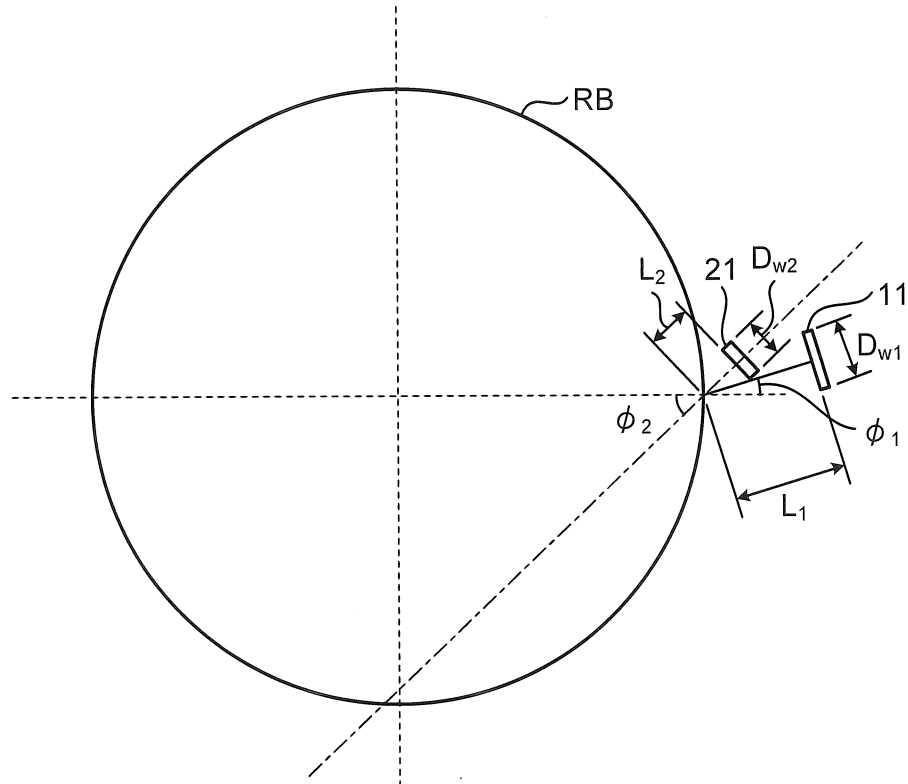


FIG.12

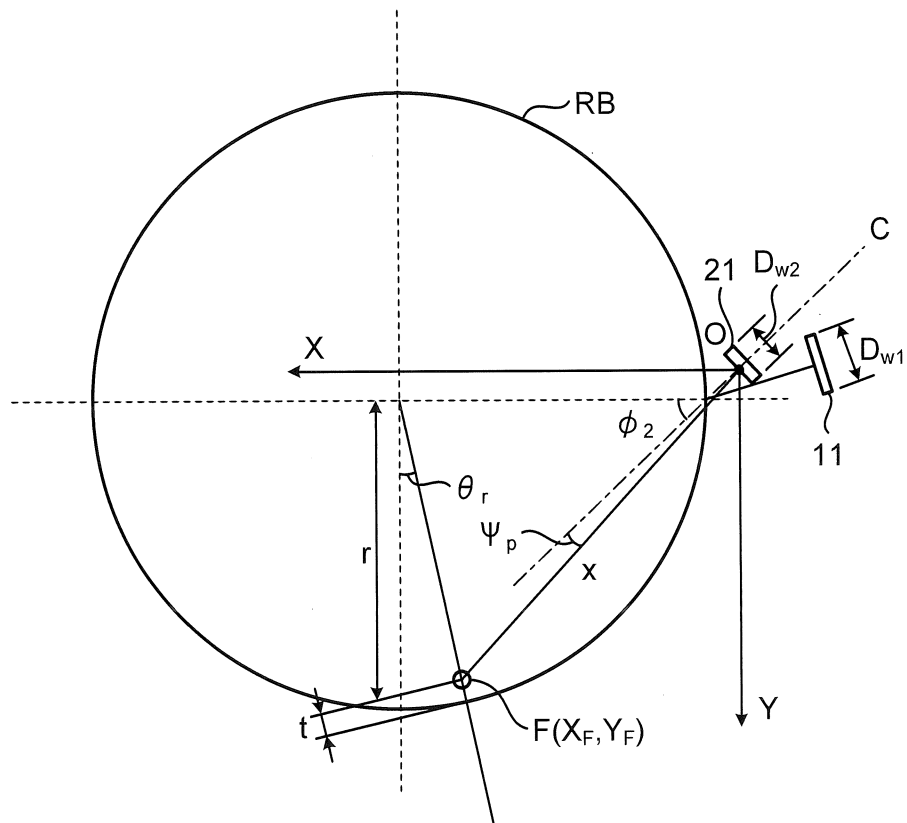
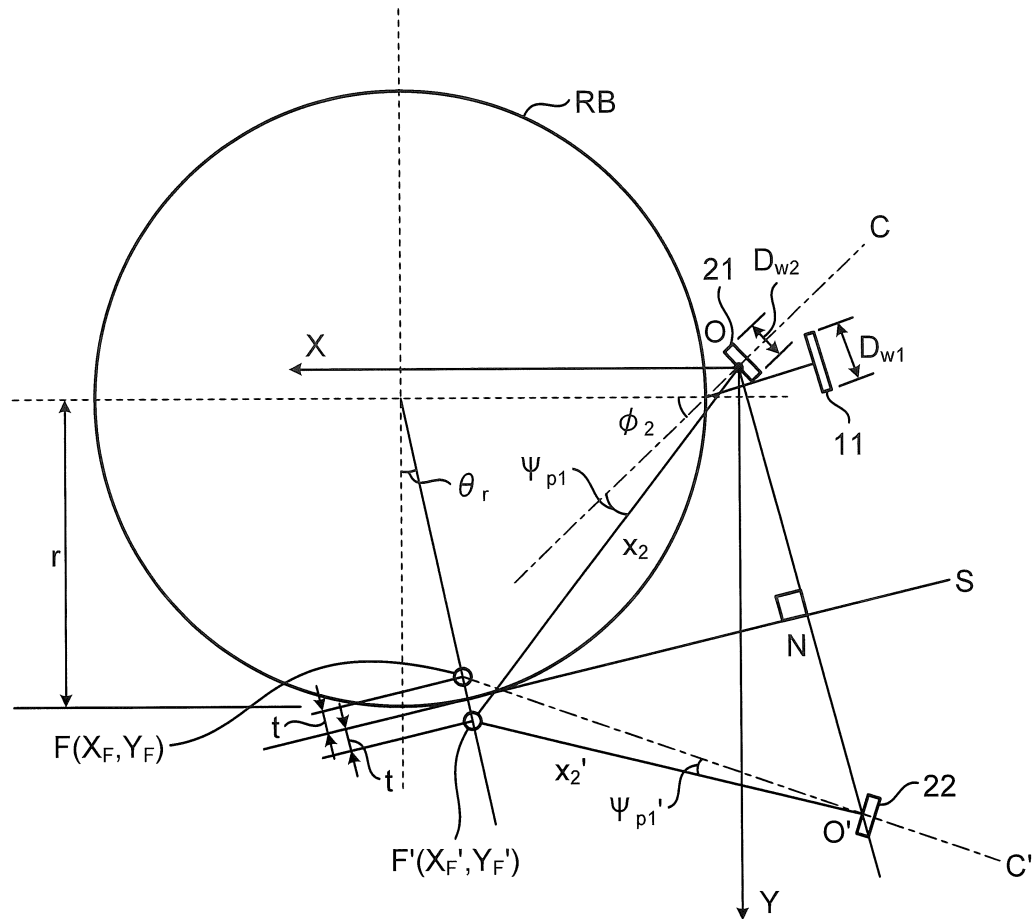
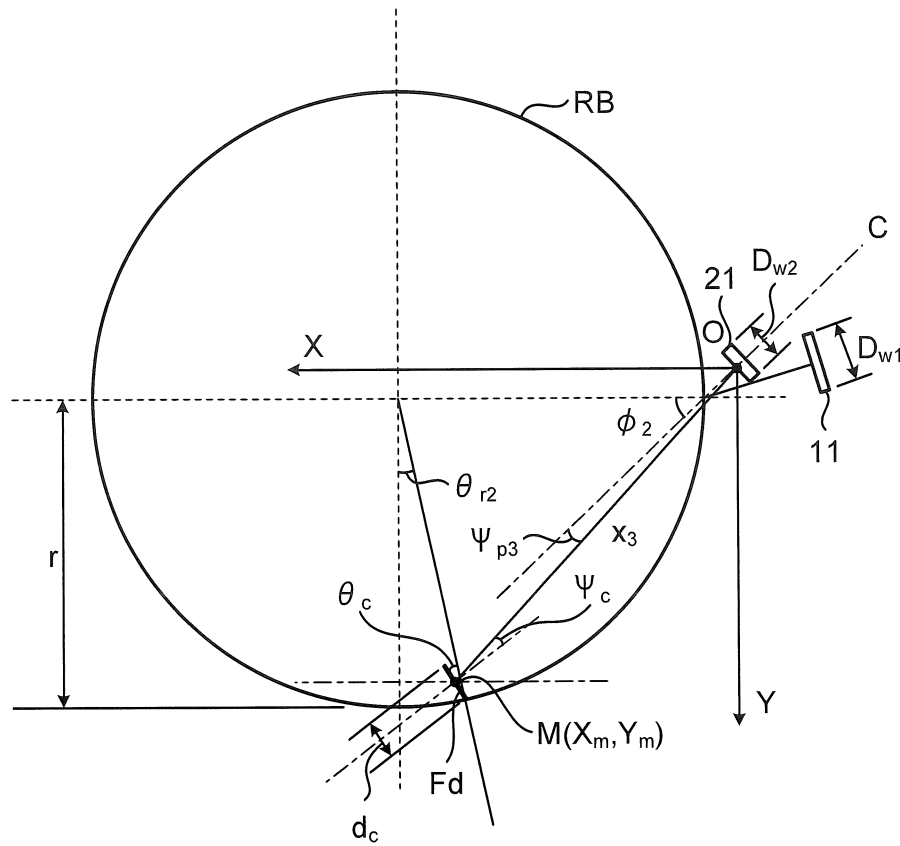


FIG.13



9/15

FIG.14



10/15

FIG.15

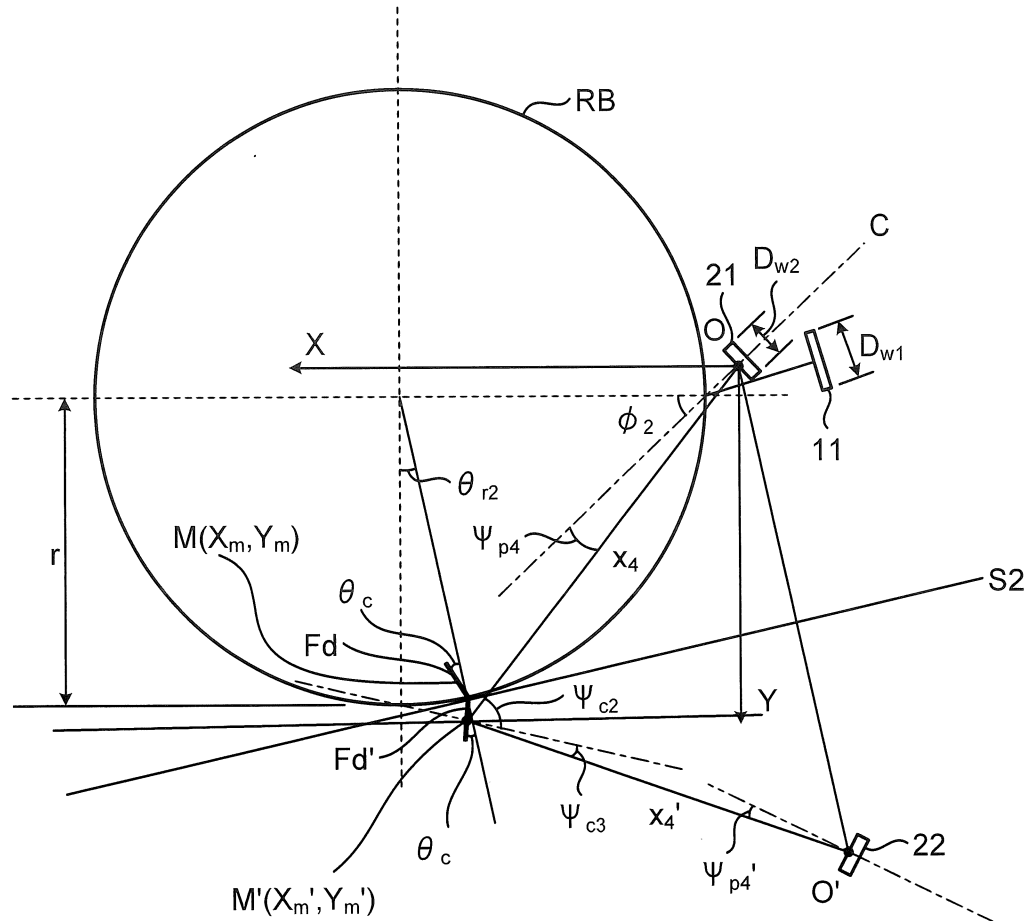
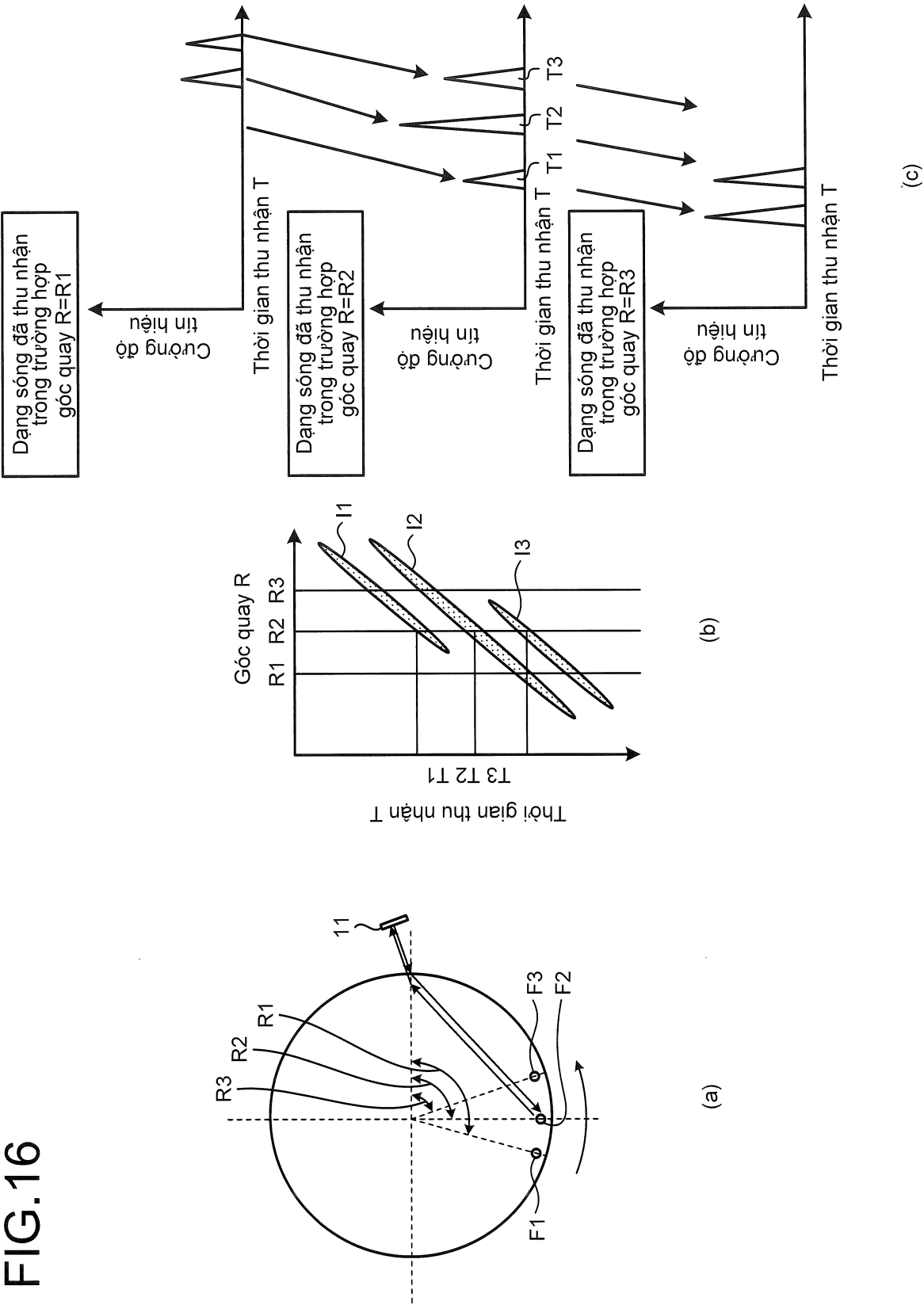
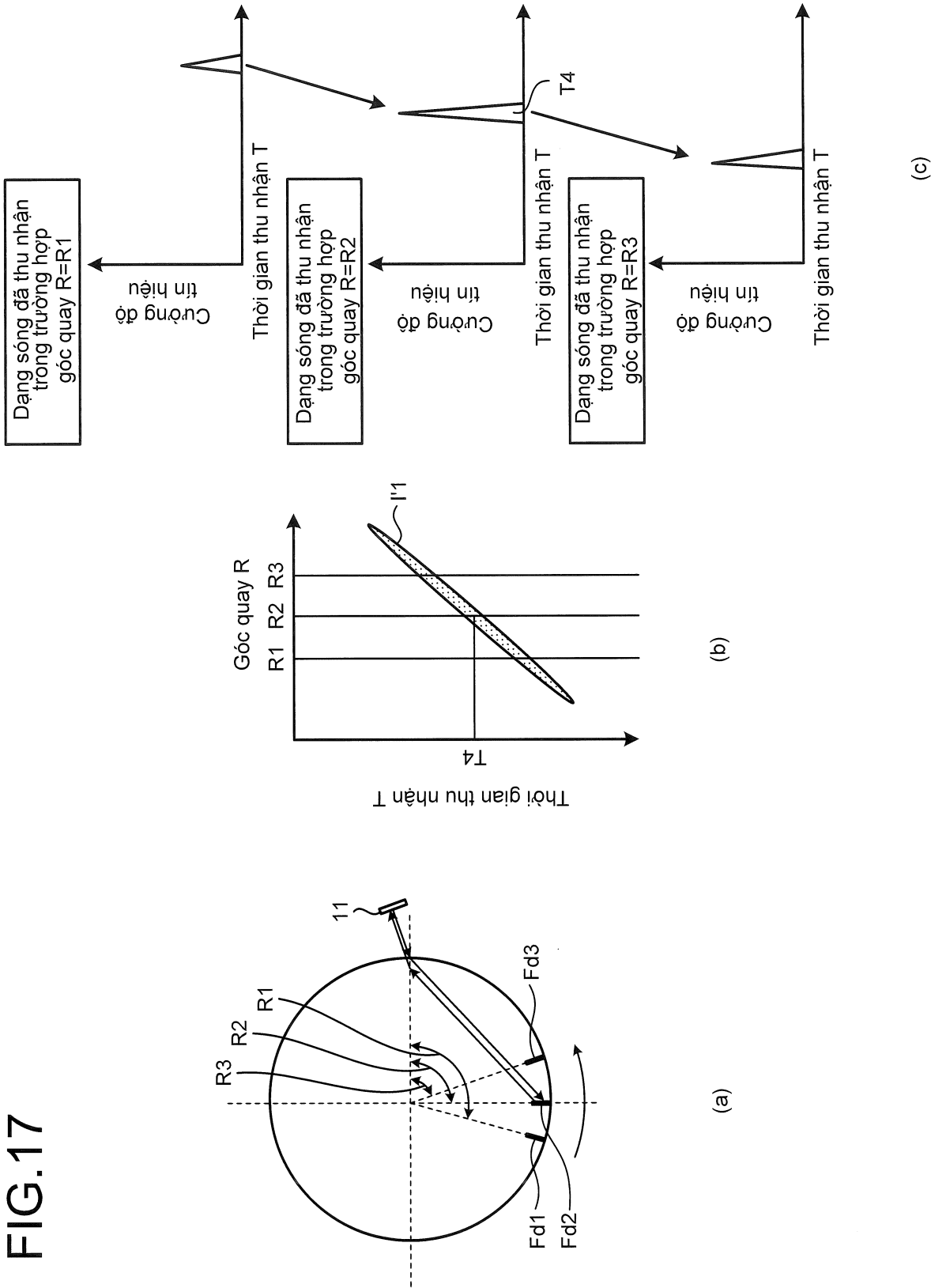


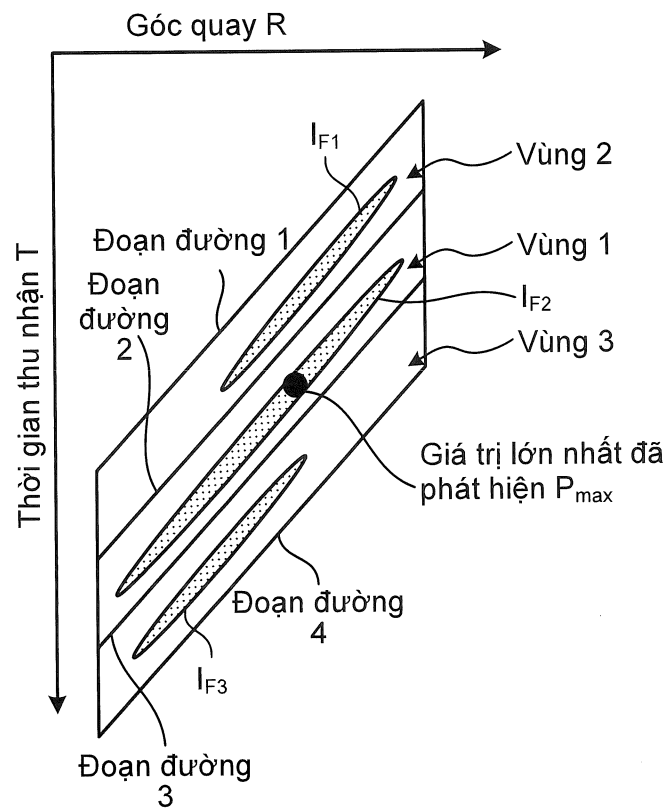
FIG.16





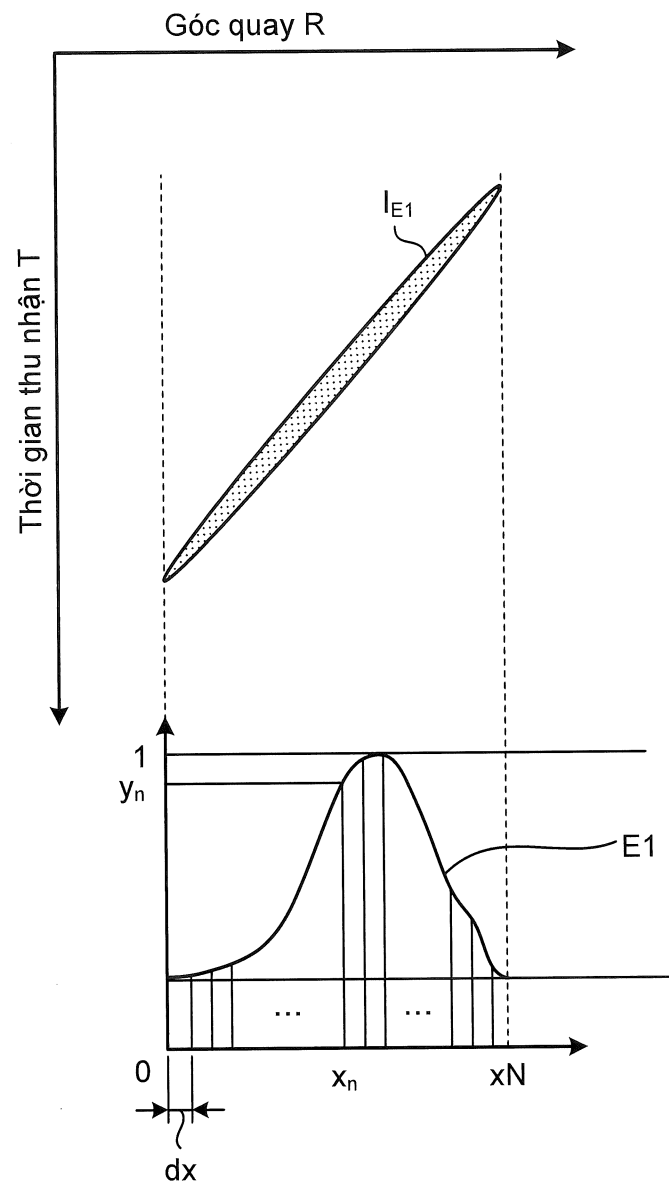
13/15

FIG.18



14/15

FIG.19



15/15

FIG.20

