



(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)



1-0046109

(51)^{2020.01} G01N 29/07

(13) B

-
- (21) 1-2020-07618 (22) 31/12/2019
(86) PCT/RU2019/001052 31/12/2019 (87) WO 2020/204751 08/10/2020
(30) 2019110165 05/04/2019 RU
(45) 26/05/2025 446 (43) 25/05/2022 410A
(73) 1. JOINT STOCK COMPANY "ROSENERGOATOM" (RU)
ul. Ferganskaya, d. 25 Moscow, 109507, Russian Federation
2. LLC "INKOTES" (RU)
ul. Brinskogo, d. 6, g. Nizhnii Novgorod, 603163, Russian Federation
3. JOINT-STOCK COMPANY "ALL-RUSSIAN INSTITUTE FOR NUCLEAR
POWER PLANTS OPERATION" (VNIIAES) (RU)
ul. Ferganskaya, d. 25, Moscow, 109507, Russian Federation
4. SCIENCE AND INNOVATIONS - NUCLEAR INDUSTRY SCIENTIFIC
DEVELOPMENT, PRIVATE ENTERPRISE (RU)
ul. B. Ordynka, d. 24, et. 8, kab. 820, Moscow, 119017, Russian Federation
(72) KAMYSHEV, Arkadiy Vadimovich (RU); PASMNIK, Lev Abramovich (RU);
ROVINSKIY, Viktor Donatovich (RU); GETMAN, Aleksandr Fedorovich (RU);
GUBA, Sergei Valer'evich (RU).
(74) Văn phòng Luật sư Ân Nam (ANNAM IP & LAW)
-

(54) PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ỨNG SUẤT DƯ TRONG KIM LOẠI CỦA MỖI
HÀN KẾT NỐI ĐƯỜNG ỐNG

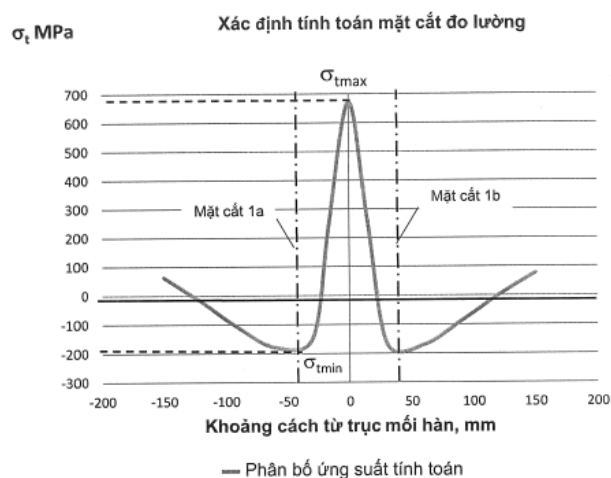
(21) 1-2020-07618

(57) Sáng chế liên quan đến thử nghiệm không phá hủy vật liệu kết cấu, cụ thể là phương pháp xác định ứng suất dư trong kim loại của mối hàn kết nối đường ống, bao gồm thời gian lan truyền của sóng dọc và sóng ngang được phân cực dọc và ngang trục ống được đo trên đoạn đường ống được khảo sát bằng phương pháp tiếng vang siêu âm, và các đặc tính của trạng thái ứng suất của mối hàn được xác định dựa trên các kết quả đo này, khác biệt ở chỗ đối với một loại ống cụ thể, bằng mô hình tính toán, vị trí của các mặt cắt cân bằng trong đó ứng suất vòng cân bằng trong kim loại cơ bản đạt đến giá trị tối thiểu của chúng được xác định sơ bộ và giá trị hệ số cân bằng bằng tỷ số của ứng suất vòng màng kéo dư tối đa trong kim loại hàn với giá trị ứng suất vòng màng nén dư tối thiểu trong kim loại cơ bản, sau đó, trước khi bắt đầu sản xuất mối hàn, phép đo các giá trị ban đầu của thời gian lan truyền được thực hiện trong các mặt cắt cân bằng các phép đo sóng dọc và sóng ngang, phân cực dọc và ngang trục ống, sau khi chế tạo mối nối hàn tại các điểm đo như trên, giá trị hoạt động của thời gian lan truyền của các loại sóng như trên được đo, dựa trên kết quả đo có sử dụng phương trình đàn hồi âm thanh cho trạng thái ứng suất hai trục:

$$\sigma_z = K_1 \left(\frac{t_{01}t_3}{t_1t_{03}} - 1 \right) - K_2 \left(\frac{t_{02}t_3}{t_2t_{03}} - 1 \right)$$

$$\sigma_t = K_1 \left(\frac{t_{01}t_2}{t_1t_{02}} - 1 \right) - K_2 \left(\frac{t_{01}t_3}{t_1t_{03}} - 1 \right)$$

trong đó, t_{01} , t_{02} , t_{03} là giá trị ban đầu và t_1 , t_2 , t_3 là giá trị hoạt động của thời gian lan truyền của sóng ngang phân cực dọc và ngang qua ma trận đường ống và sóng dọc, tương ứng K_1 và K_2 là hệ số của khớp nối đàn hồi âm thanh, cho mỗi mặt cắt đo xác định các giá trị của ứng suất dọc màng và ứng suất vòng cũng như mô-men uốn, dựa trên nguyên tắc cân bằng ứng suất màng và có tính đến hệ số cân bằng, xác định giá trị tối đa của ứng suất cục bộ dọc và vòng dư trong kim loại của mối hàn.



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế liên quan đến thử nghiệm không phá hủy vật liệu kết cấu, có thể được sử dụng để xác định ứng suất dư trong kim loại của mối hàn theo chiều dọc và chu vi trong các mối hàn và được sử dụng để đánh giá chất lượng mối hàn của đường ống theo tiêu chí mức độ ứng suất dư và xác định các thông số ban đầu để tính toán cường độ của đường ống.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Một phương pháp được biết đến để xác định ứng suất trong kim loại của mối hàn bằng phương pháp cơ học của lỗ thăm dò, dựa trên nguyên tắc dãn tải đàn hồi trong tài liệu của Balalov V.V., Moshensky V.G., Odintsev I.N., Pisarev V.S. Khảo sát ứng suất dư trong ống hàn dựa với phương pháp khoan lỗ và đo giao thoa quang học // Phòng thí nghiệm của nhà máy. Chẩn đoán vật liệu, 2011, tập 77, số 5, tr. 43-49.. Phương pháp này bao gồm quy trình đánh giá ứng suất bề mặt hai trục dựa trên kết quả đo phản ứng biến dạng bằng phương pháp đo giao thoa đốm kỹ thuật số. Đáp ứng biến dạng được xác định bằng cách khoan một lỗ không xuyên qua trên bề mặt kim loại của mối hàn. Các tính năng cơ bản của sáng chế được công bố trùng với khả năng xác định ứng suất dư trực tiếp trong kim loại của mối hàn.

Nhược điểm của phương pháp này là đối với việc thực hiện nó, cần phải vi phạm tính toàn vẹn của sản phẩm được kiểm soát, có nghĩa đó là một phương pháp kiểm soát phá hoại.

Nhược điểm này là do việc sử dụng các phương pháp phá hủy không thể chấp nhận được khi kiểm tra các mối hàn sản xuất.

Tập hợp các tính năng, tương đương nhiều nhất với tập hợp các tính năng thiết yếu của sáng chế được công bố, vốn có trong phương pháp siêu âm đã được biết đến để xác định ứng suất dư trong các mối hàn kết nối đường ống.

Giải pháp kỹ thuật tương đương đã biết theo Bằng sáng chế LB Nga số 2598980 "Phương pháp siêu âm để xác định ứng suất dư ở các mối hàn kết nối đường ống.". Phương pháp này chứa quy trình đo thời gian lan truyền (độ trễ) của sóng dọc và sóng ngang, phân cực dọc và ngang trục ống, bằng phương pháp tiếng vang siêu âm, theo các giá trị mà đặc tính trạng thái ứng suất được tính toán tại các điểm kiểm soát. Phương pháp này có thể xác định giá trị của sự chênh lệch giữa ứng suất dư dọc và ứng suất dư hình khuyên trong các đoạn ống tiếp giáp với mối hàn là tích của hệ số tỷ lệ với giá trị của tham số của mối liên hệ giữa các tỷ số Poisson tại điểm đo. Các đặc điểm cơ bản của sáng chế được công bố

trùng với khả năng xác định bằng sóng siêu âm các đặc tính của ứng suất màng dư trong kim loại cơ bản của các mối hàn.

Tuy nhiên, trong phương pháp này, được lấy làm nguyên mẫu, các đặc tính của trạng thái ứng suất chỉ được xác định trong vùng của kim loại cơ bản tiếp giáp với mối nối hàn, cũng như thực tế là đặc tính duy nhất được xác định của trạng thái ứng suất là sự khác biệt giữa ứng suất màng hình khuyên và ứng suất màng dọc.

Những nhược điểm này là do, một mặt, kết quả thu được bằng phương pháp này không thể sử dụng được để đánh giá chất lượng của các mối hàn và để tính toán độ bền, vì muốn làm điều đó, cần phải sử dụng các giá trị riêng biệt của ứng suất dọc và ứng suất vòng chứ không phải số chênh lệch của chúng. Mặt khác, trong vùng kim loại cơ bản tiếp giáp với mối hàn, nơi thực hiện phép đo, ứng suất dư thấp hơn đáng kể so với kim loại của mối hàn (tài liệu của Antonov A.A., Letunovskiy A.P. Khả năng đánh giá ứng suất dư trong kết cấu hàn // Trong thế giới của thử nghiệm không phá hủy", 2018, tập 21, số 1, tr. 10-12.), trong khi để tính toán độ bền, yêu cầu sử dụng giá trị ứng suất dư tối đa.

Phương pháp này không cho phép thu được giá trị ứng suất dư trong kim loại của mối hàn - giá trị tối đa của ứng suất dư theo chiều dọc và chu vi trong các mối hàn.

Hạn chế này là do phương pháp này bao gồm quy trình hiệu chuẩn, quy trình này chỉ có thể thực hiện được ở những vùng không có ứng suất dư. Vì vận tốc lan truyền của sóng đàn hồi phụ thuộc vào cả ứng suất và đặc điểm cấu tạo của kim loại, nên việc hiệu chuẩn chỉ có thể thực hiện được khi cấu trúc kim loại giống hệt nhau với kim loại tại các điểm đo. Vì cấu trúc của kim loại của mối hàn khác với cấu trúc của kim loại cơ bản, nên không thể chấp nhận việc sử dụng kết quả của việc hiệu chuẩn kim loại cơ bản để đánh giá ứng suất trong kim loại của mối hàn. Đồng thời, không thể thực hiện việc hiệu chuẩn kim loại của mối hàn, vì không thể phân biệt được vùng mà trong đó đảm bảo không có ứng suất dư màng hàn. Điều này làm cho phương pháp này không thể sử dụng được để đo ứng suất trực tiếp trong kim loại của mối hàn.

Ngoài ra, phương pháp này không cho phép tách biệt các giá trị riêng biệt của ứng suất màng dọc và màng hình khuyên khỏi các đặc tính đo được của trạng thái ứng suất.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đánh giá tình trạng thực tế của các mối hàn kết nối đường ống trong quá trình lắp đặt, sửa chữa và vận hành dựa trên cơ sở kết quả thử nghiệm trạng thái ứng suất không phá hủy.

Kết quả kỹ thuật của sáng chế là đề xuất khả năng xác định ứng suất dư theo chiều dọc và hình khuyên riêng biệt. Trong trường hợp này, các giá trị ứng suất được xác định trong kim loại của mối hàn kết nối đường ống, nơi mà các giá trị đó đạt mức tối đa.

Kết quả kỹ thuật của sáng chế theo phương án thứ nhất được đảm bảo bởi thực tế là trong phương pháp xác định ứng suất dư trong kim loại của mối hàn kết nối đường ống,

bao gồm thời gian lan truyền của sóng dọc và sóng biến dạng phân cực dọc và qua trục ống được đo bằng phương pháp tiếng vang siêu âm trên đoạn đường ống được khảo sát. Và theo kết quả đo, đặc tính của trạng thái ứng suất của mỗi nối hàn được xác định, theo giải pháp được đề xuất cho một loại ống cụ thể bằng mô hình tính toán, vị trí của các mặt cắt cân bằng được xác định sơ bộ, trong đó vòng cân bằng ứng suất trong kim loại cơ bản đạt giá trị tối thiểu, và giá trị của hệ số cân bằng bằng tỷ số của lực kéo dư tối đa ứng suất vòng màng trong kim loại của mỗi hàn và giá trị của ứng suất vòng màng nén dư tối thiểu trong kim loại cơ bản. Sau đó, trước khi sản xuất mỗi hàn, trong các mặt cắt cân bằng, các phép đo được thực hiện theo các giá trị ban đầu của thời gian truyền của sóng dọc và sóng ngang cắt phân cực dọc và ngang qua trục của ống; sau khi chế tạo mỗi nối hàn, cũng tại các điểm đo, các phép đo giá trị hoạt động của thời gian truyền của sóng cùng một loại đó được thực hiện, theo kết quả của phép đo sử dụng phương trình độ đàn hồi âm thanh cho trạng thái ứng suất hai trục:

$$\sigma_z = K_1 \left(\frac{t_{01}t_3}{t_1t_{03}} - 1 \right) - K_2 \left(\frac{t_{02}t_3}{t_2t_{03}} - 1 \right)$$

$$\sigma_t = K_1 \left(\frac{t_{01}t_2}{t_1t_{02}} - 1 \right) - K_2 \left(\frac{t_{01}t_3}{t_1t_{03}} - 1 \right)$$

trong đó, t_{01} , t_{02} , t_{03} là các giá trị ban đầu và t_1 , t_2 , t_3 là các giá trị hoạt động của thời gian lan truyền của sóng ngang phân cực dọc và ngang qua ma trận đường ống và sóng dọc, K_1 và K_2 là hệ số của khớp nối đàn hồi âm thanh, đối với mỗi mặt cắt đo xác định các giá trị ứng suất dọc màng và ứng suất vòng cũng như của các mô-men uốn, dựa trên nguyên tắc cân bằng ứng suất màng và có tính đến hệ số cân bằng, xác định giá trị tối đa của ứng suất cục bộ dọc và vòng dư trong kim loại của mỗi hàn.

Kết quả kỹ thuật của sáng chế này theo phương án thứ hai được đảm bảo bởi thực tế là trong phương pháp xác định ứng suất dư trong kim loại của mỗi hàn kết nối đường ống làm bằng kim loại đẳng hướng âm, trong đó thời gian lan truyền của sóng cơ thể được đo bằng phương pháp tiếng vang siêu âm trong đoạn đường ống được khảo sát và theo kết quả đo xác định các đặc tính của trạng thái ứng suất của mỗi nối hàn, theo giải pháp đã đề xuất đối với một loại ống cụ thể bằng mô hình tính toán, vị trí của các mặt cắt cân bằng, trong đó giá trị ứng suất vòng cân bằng trong kim loại cơ bản đạt mức tối thiểu, và được xác định sơ bộ và giá trị của hệ số cân bằng bằng tỷ số của giá trị ứng suất vòng màng kéo tối đa trong kim loại của mỗi hàn và giá trị của ứng suất vòng màng nén tối thiểu trong kim loại cơ bản, và cũng đo giá trị của dị hướng âm nội tại của kim loại cơ bản, sau việc sản xuất mỗi nối hàn, ở các mặt cắt cân bằng, đo giá trị hoạt động của thời gian lan truyền của sóng ngang phân cực dọc và ngang qua trục ống được thực hiện, theo kết quả của phép đo sử dụng phương trình độ đàn hồi cho sự chênh lệch giữa ứng suất màng dọc và màng hình khuyên, các giá trị của sự chênh lệch đó được xác định đối với mỗi điểm đo:

$$\sigma_z - \sigma_t = D \left(200 \frac{t_2 - t_1}{t_2 + t_1} - a_0 \right)$$

trong đó, a_0 là đẳng hướng âm nội tại của kim loại cơ bản, D là hệ số quan hệ đàn hồi âm thanh, việc tách ứng suất màng theo chiều dọc và hình khuyên được thực hiện bằng cách sử dụng kết quả xác định ứng suất dọc ở một mặt cắt bỏ sung, sau đó đối với mỗi mặt cắt đo, giá trị của ứng suất dọc màng và ứng suất vòng được xác định, cũng như các mô-men uốn, và với việc sử dụng các khúc đó, trên cơ sở nguyên tắc cân bằng ứng suất màng và có tính đến hệ số cân bằng, xác định giá trị tối đa của ứng suất cục bộ dọc và vòng dư trong kim loại của mỗi hàn.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế được minh họa bởi cá hình vẽ, trong đó:

Hình 1 thể hiện biểu đồ phân bố ứng suất đã tính toán,.

Hình 2 và Hình 3 thể hiện sơ đồ bố trí các điểm đo.

Hình 4 thể hiện sơ đồ vị trí các điểm đo ở các mặt cắt

Hình 5 và Hình 6 thể hiện kết quả xác định giá trị ứng suất dọc và ứng suất vòng tại các điểm đo trước và sau khi xử lý nhiệt của mẫu.

Hình 7 thể hiện kết quả đo các giá trị dị hướng âm trước và sau khi xử lý nhiệt (tính trung bình ở các mặt cắt đo).

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương pháp bao gồm quy trình đo thời gian lan truyền của sóng dọc và sóng ngang cắt phân cực dọc và ngang qua trục ống, cũng như việc xác định đặc tính của trạng thái ứng suất của mỗi nối hàn trong kim loại cơ bản, theo sáng chế này còn bao gồm các thao tác như sau: phép đo được thực hiện ở một số vùng nhất định của kim loại cơ bản tiếp giáp với kim loại của mỗi hàn. Các vùng này tương ứng với các vùng của ứng suất dư màng hình khuyên nén tối thiểu, cân bằng ứng suất dư màng hình khuyên chịu kéo tối đa trong kim loại của mỗi hàn. Hiệu quả cân bằng, xảy ra đặc biệt đối với ứng suất màng, đảm bảo sự tương ứng 1-1 giữa ứng suất dư màng hình khuyên trong kim loại của mỗi hàn và trong vùng gần mỗi hàn. Điều này cho phép xác định mối quan hệ - hệ số cân bằng, được sử dụng để xác định ứng suất dư tối đa trong kim loại của mỗi hàn trên cơ sở kết quả đo trong vùng nằm gần mỗi hàn.

Các phép đo được thực hiện ở các mặt cắt ngang của đường ống nằm trong các khu vực được chỉ định. Vị trí của các mặt cắt này, cũng như giá trị của hệ số cân bằng, được xác định dựa trên cơ sở kết quả khảo sát hoặc tính toán sơ bộ. Theo kết quả đo thời gian lan truyền của sóng đàn hồi trước và sau khi chế tạo mỗi nối hàn bằng phương pháp đàn hồi âm thanh, đã thu được các giá trị của ứng suất màng theo chiều dọc và hình khuyên ở các mặt cắt đo.

Giá trị tối đa của ứng suất dư cục bộ dọc và vòng trong kim loại của mối hàn được xác định bởi các giá trị của ứng suất ở các mặt cắt đo đã thu được dựa trên nguyên tắc cân bằng ứng suất màng sử dụng hệ số cân bằng.

Trong một trường hợp cụ thể, liên quan đến việc đo trên đường ống làm bằng vật liệu đẳng hướng âm, loại trừ đo thời gian lan truyền của sóng đàn hồi trước khi chế tạo mối nối hàn, và điều đó cho phép đánh giá ứng suất dư không chỉ trong quá trình lắp đặt mà còn trên đường ống đang được vận hành. Việc xác định giá trị của ứng suất màng dọc và màng vòng ở các mặt cắt được đo, chỉ được thực hiện trên cơ sở kết quả đo sau khi chế tạo mối nối hàn. Đặc điểm của quy trình này là sử dụng kết quả đo ứng suất ở một mặt cắt bổ sung nằm ngoài vùng của ứng suất dư.

Phương pháp theo phương án thứ nhất được thực hiện như sau.

Trong phương pháp xác định ứng suất dư trong kim loại của mối hàn kết nối đường ống, bao gồm thực tế là thời gian lan truyền của sóng dọc và sóng ngang phân cực dọc và ngang trực ống được đo trên đoạn đường ống được khảo sát bằng phương pháp tiếng vang siêu âm, và các đặc trưng của trạng thái ứng suất được xác định trên cơ sở kết quả đo mối hàn, đối với một loại ống cụ thể, bằng cách lập mô hình tính toán, vị trí của các mặt cắt cân bằng được xác định sơ bộ. Ở các mặt cắt nói trên này, giá trị ứng suất của vòng cân bằng trong kim loại cơ bản đạt mức tối thiểu. Vị trí của các mặt cắt được xác định theo kết quả tính toán mô hình ứng suất dư hàn hoặc theo kết quả khảo sát thực nghiệm về mối hàn đối chứng thực hiện sau khi hàn và trước khi nhiệt luyện. Khảo sát được tiến hành đối với mỗi từng loại mối hàn, với đường kính, độ dày thành ống và công nghệ hàn khác nhau.

Ngoài ra, theo kết quả nghiên cứu tính toán hoặc khảo sát thực nghiệm, hệ số cân bằng (k) được xác định, bằng tỷ số giữa ứng suất vòng màng chịu kéo tối đa trong kim loại của mối hàn (σ_{tmax}) với giá trị ứng suất vòng màng nén tối thiểu (σ_{tmin}) trong kim loại cơ bản. Giá trị của k được xác định bởi kết quả tính toán mô hình ứng suất dư hàn theo công thức:

$$k = \frac{\sigma_{tmax}}{\sigma_{tmin}} \quad (1)$$

Đối với các phép đo, nên áp dụng chính xác phương pháp đàn hồi âm thanh, áp dụng phương pháp kiểm soát tiếng vang siêu âm của, với tư cách là phương pháp không phá hủy duy nhất đảm bảo đo màng chứ không phải ứng suất bề mặt [GOST (tiêu chuẩn nhà nước) R 52890-2007. “Thử nghiệm không phá hủy. Phương pháp kiểm soát ứng suất âm thanh trong vật liệu đường ống. Yêu cầu chung”].

Cần phải đo với các dụng cụ thực hiện phương pháp đo này và được chứng nhận là phương tiện đo ứng suất cơ khí một trục và hai trục.

Trước khi bắt đầu chế tạo mối nối hàn, cần phải đo ở các mặt cắt cân bằng giá trị ban đầu của thời gian lan truyền của sóng dọc và sóng ngang biến dạng phân cực dọc và ngang qua trục ống.

Sau khi chế tạo mỗi nối hàn, tại đúng những điểm đo đó, giá trị hoạt động của thời gian lan truyền các loại sóng đó cũng được đo. Sau đó, trên cơ sở kết quả đo có sử dụng các phương trình độ đàn hồi âm thanh đối với trạng thái ứng suất hai trục:

$$\sigma_z = K_1 \left(\frac{t_{01}t_3}{t_1t_{03}} - 1 \right) - K_2 \left(\frac{t_{02}t_3}{t_2t_{03}} - 1 \right) \quad (2)$$

$$\sigma_t = K_1 \left(\frac{t_{01}t_2}{t_1t_{02}} - 1 \right) - K_2 \left(\frac{t_{01}t_3}{t_1t_{03}} - 1 \right) \quad (3)$$

trong đó, t_{01} , t_{02} , t_{03} là giá trị ban đầu và t_1 , t_2 , t_3 là giá trị hoạt động của thời gian lan truyền của sóng ngang phân cực dọc và ngang qua ma trận đường ống và sóng dọc, tương ứng.

K_1 và K_2 là hệ số của khớp nối đàn hồi âm thanh, đã được xác định bởi quy trình tiêu chuẩn được quy định [“Các yếu tố của thiết bị Nhà máy điện Hạt nhân. Kỹ thuật tiến hành đo ứng suất cơ khí phát sinh do ảnh hưởng của công nghệ với phương pháp đàn hồi âm thanh. Chứng chỉ chứng nhận phương pháp đo lường số 633/1700 ngày 10 tháng 6 năm 2009. Đã đăng ký trong Cơ quan đăng ký phương pháp tiến hành đo lường Liên bang theo số FR.1.28.2009.06227.”] (đối với các phần tử hàn làm bằng carbon và thép hợp kim hóa thấp, cũng được phép không xác định giá trị của K_1 và K_2 , mà áp dụng hệ số khớp nối đàn hồi âm thanh tổng quát [Kamyshev A.V., Makarov S.V., Pasmanik L.A., Smirnov V.A., Modestov V.S., Pivkov A.V. Các hệ số tổng quát để đo ứng suất cơ khí bằng phương pháp đàn hồi âm thanh trong các kết cấu làm bằng cacbon và thép hợp kim hóa thấp // Phát hiện lỗi hỏng. 2017, số 1, tr. 3-10.].

Dựa trên cơ sở kết quả đo độ trễ thời gian theo công thức (2) và (3), giá trị ứng suất dọc và vòng tại các điểm đo được tính toán và xác định cho từng mặt cắt đo:

- ứng suất cân bằng màng hình khuyên ($\overline{\sigma_t}$) được tính trung bình ở mặt cắt đo;
- ứng suất màng dọc được tính trung bình ở mặt cắt đo ($\overline{\sigma_z}$);
- tổng mô-men uốn theo công thức:
- $M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$ (4)

trong đó $M_{m.x}$ và $M_{m.y}$ là các thành phần của mô-men trong hệ tọa độ Descartes được áp dụng đối với đối tượng khảo sát, được tính bằng công thức [7]

$$M_x = \frac{W}{\pi} \int_0^{2\pi} \sigma_z(\theta) \sin(\theta) d\theta \quad (5)$$

$$M_y = -\frac{W}{\pi} \int_0^{2\pi} \sigma_z(\theta) \cos(\theta) d\theta \quad (6)$$

$$W = \frac{\pi(D_{BH}+h)^2h}{4},$$

trong đó W là mô-men cản của ống có thành mỏng; h là chiều dày thành ống; D_{BH} là đường kính trong của ống; θ là tọa độ góc ở mặt phẳng cắt ngang, chức năng phân bố góc của ứng suất dọc $\sigma_z(\theta)$ được xác định bởi kết quả đo các giá trị ứng suất dọc tại các điểm đo.

Nếu tiến hành đo ở cả hai mặt cắt nằm ở cả hai bên của mỗi hàn thì muốn xác định ứng suất trong kim loại của mỗi hàn $\overline{(\sigma_z)}$, $\overline{(\sigma_t)}$ và M cần phải áp dụng giá trị trung bình trên cả hai mặt cắt được sử dụng.

Ứng suất kéo vòng tối đa trong kim loại hợp nhất được xác định bởi giá trị của ứng suất màng vòng cân bằng tối thiểu ở vùng kim loại cơ bản tiếp giáp với mỗi hàn. Giá trị tối đa của ứng suất dư vòng trong kim loại của mỗi hàn hợp nhất ($\sigma_{t,III}$) có sử dụng hệ số cân bằng được xác định theo công thức:

$$\sigma_{t,III} = k\overline{\sigma_t} \quad (7)$$

Ứng suất dọc tối đa định nghĩa là siêu vị trí của ứng suất do căng và ứng suất uốn do tổng mômen uốn. Giá trị tối đa của ứng suất dọc trong kim loại của mỗi hàn hợp nhất ($\sigma_{z,III}$) được xác định theo công thức:

$$\sigma_{z,III} = \frac{M}{W} + \overline{\sigma_z} \quad (8)$$

Nếu như kết quả khảo sát mẫu đại diện cho kim loại cơ bản của các phần tử được hàn đã xác định rằng nó thuộc về loại đẳng hướng âm thanh, nghĩa là sự lan tỏa giá trị của dị hướng âm thanh nội tại của kim loại cơ bản (a_0), được xác định theo công thức:

$$a_0 = 2 \frac{t_{02} - t_{01}}{t_{02} + t_{01}}, \quad (9)$$

không vượt quá 0,0004, thì cần phải thực hiện phương án thứ hai của phương pháp xác định ứng suất dư.

Phương pháp theo phương án thứ hai được thực hiện như sau.

Trên đoạn tuyến ống được khảo sát, phương pháp tiếng vang siêu âm được sử dụng để đo thời gian lan truyền của sóng cơ thể, và trên cơ sở kết quả đo cần phải xác định đặc trưng về trạng thái ứng suất của mỗi hàn. Theo phương án thứ hai của phương pháp xác định ứng suất dư trong kim loại của mỗi hàn kết nối đường ống làm bằng kim loại đẳng hướng âm thanh, đối với một loại ống cụ thể bằng cách lập mô hình tính toán, đã được xác định sơ bộ:

- vị trí của các mặt cắt cân bằng, trong đó giá trị ứng suất vòng cân bằng ở kim loại cơ bản đạt mức tối đa;

- giá trị hệ số cân bằng (k) theo công thức (1).

Đồng thời xác định giá trị của dị hướng âm thanh nội tại của kim loại cơ bản (a_0).

Vị trí của các mặt cắt cân bằng phải được xác định sau khi chế tạo mỗi nối hàn trong quá trình đo sơ bộ đã được thực hiện tại các điểm nằm dọc theo ma trận của đường ống.

Sau khi chế tạo mỗi nối hàn, ở các mặt cắt cân bằng cần phải đo giá trị hoạt động của thời gian lan truyền sóng ngang phân cực dọc và ngang qua trục ống. Trên cơ sở kết quả đo, có áp dụng phương trình độ đàn hồi âm thanh đối với sự chênh lệch giữa ứng suất

màng dọc và màng hình khuyên, cần phải xác định giá trị của sự chênh lệch nói trên định cho mỗi điểm đo:

$$\sigma_z - \sigma_t = D \left(2 \frac{t_2 - t_1}{t_2 + t_1} - a_0 \right) \quad (10)$$

trong đó D là hệ số khớp nối đàn hồi âm thanh đối với trạng thái ứng suất đơn trục, được xác định theo quy trình tiêu chuẩn được cung cấp cho [5] (đối với các phần tử hàn bằng carbon và thép hợp kim hóa thấp được phép không xác định giá trị của D mà sử dụng hệ số tổng quát của khớp nối đàn hồi âm thanh [6]).

Việc tách ra ứng suất màng dọc và ứng suất màng hình khuyên được thực hiện bằng cách sử dụng kết quả xác định ứng suất dọc ở mặt cắt bổ sung. Đối với điều này, dựa trên kết quả đo ở mặt cắt bổ sung nằm ngoài vùng tác dụng của ứng suất hàn dư, $\overline{\sigma_z}$ được xác định - giá trị trung bình của ứng suất màng dọc (σ_z) ở mặt cắt đo tại các điểm đo. Đến lượt mình, các giá trị của σ_z , được xác định theo công thức (10), với điều kiện là không có ứng suất dư ở mặt cắt đo bổ sung và do đó, tại tất cả các điểm đo $\sigma_t = 0$.

Các giá trị của ứng suất vòng màng được xác định phù hợp với nguyên tắc bù ứng suất dọc uốn ở mặt cắt ngang và cũng tính đến thực tế là giá trị trung bình của ứng suất dọc màng là như nhau dọc theo toàn bộ chiều dài của phần tử hình trụ. Đối với mỗi mặt cắt đo, phải xác định giá trị của $\overline{\sigma_t}$, tức là giá trị trung bình của ứng suất cân bằng màng hình khuyên (σ_t). Ứng suất màng vòng tại các điểm đo phù hợp với (10), được xác định theo công thức:

$$\sigma_t = \overline{\sigma_z} - D \left(2 \frac{t_2 - t_1}{t_2 + t_1} - a_0 \right) \quad (11)$$

Tổng mô-men uốn M và các thành phần M_x và M_y của nó lần lượt được xác định theo các công thức (4, 5 và 6).

Nếu các phép đo được thực hiện ở cả hai mặt cắt nằm trên cả hai mặt của mỗi hàn thì cần phải lấy các giá trị $\overline{\sigma_z}$, $\overline{\sigma_t}$ và M trung bình trên cả hai mặt cắt để xác định ứng suất trong kim loại của mỗi hàn.

Các giá trị tối đa của ứng suất cục bộ dọc và vòng dư trong kim loại của mỗi hàn $\sigma_{t,III}$ và $\sigma_{z,III}$ được xác định theo công thức (7) và (8) sử dụng hệ số cân bằng.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế được minh họa bằng các ví dụ như sau.

Ví dụ 1. Xác định ứng suất dư tối đa ở mỗi hàn của cuộn dây hỗn hợp làm bằng phôi ống Du850x70 (thép 10GN2MFA).

Quá trình đo thông số về độ đàn hồi âm thanh được thực hiện bởi thiết bị IN-5101A, được chứng nhận là phương tiện đo ứng suất cơ khí một trục và hai trục. Các phép đo được thực hiện phù hợp với các yêu cầu [5].

Vị trí của các mặt cắt đối với loại ống này và giá trị hệ số cân bằng được xác định dựa trên kết quả mô hình tính toán ứng suất hàn dư trước nhiệt luyện bằng gói phần mềm "SVARKA" được phát triển tại Khoa Công nghệ và Chẩn đoán hàn của Đại học Kỹ thuật Nhà nước Moscow mang tên N.E. Bauman.

Hình 1 trình bày sơ đồ xác định các mặt cắt đo (1a và 1b) dựa trên kết quả tính toán ứng suất màng vòng trong mối hàn bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

Kết quả tính toán (hình 1) thể hiện mặt cắt đo 1a và 1b nằm cách trục trung tâm của mối hàn một khoảng cách ± 50 mm, hệ số cân bằng theo công thức (1): $k = -3,25$.

Tiếp theo, các điểm đo đã được xác định. Biểu đồ bố trí các điểm đo trên đối tượng kiểm soát ở mặt cắt 1a và 1b được thể hiện trên hình 2 và hình 3.

Tại tất cả các điểm đo trước khi hàn, giá trị ban đầu của thời gian lan truyền (t_{01} , t_{02} , t_{03}) của tín hiệu âm thanh đã được xác định.

Các giá trị hoạt động (t_1 , t_2 , t_3) đã được xác định hai lần: trước và sau nhiệt luyện. Kết quả đối với các mặt cắt đo được tính toán trung theo công thức (2) và (3) ứng suất dọc và vòng tại các điểm đo trước (đường cong a) và sau (đường cong b) khi nhiệt luyện được thể hiện trên hình 4.

Để xác định ứng suất, các hệ số của khớp nối đàn hồi âm thanh phù hợp với các yêu cầu [5] đối với thép 10ГН2МФА (10GN2MFA) đã được sử dụng:

$$K_I = -116300 \text{ МПа}; \quad K_2 = -12000 \text{ МПа}; \quad D = -128300 \text{ МПа}.$$

Dựa trên kết quả đo ứng suất, những điều như sau đã được xác định:

giá trị trung bình của ứng suất vòng ở các mặt cắt đo trước và sau khi nhiệt luyện ($\overline{\sigma_{tCB}}$ và $\overline{\sigma_{tTO}}$), tương ứng):

$$\overline{\sigma_{tCB}} = -190 \text{ МПа}; \quad \overline{\sigma_{tTO}} = -1 \text{ МПа};$$

theo công thức (4-6), các giá trị của mô-men uốn ở mặt cắt của mối hàn trước và sau khi nhiệt luyện (M_{CB} và M_{TO} , tương ứng):

$$M_{CB} = 0,14 \text{ МН} \cdot \text{М}; \quad M_{TO} = 0,04 \text{ МН} \cdot \text{М}.$$

Do không có định các đầu của cuộn dây hỗn hợp, ứng suất dọc trung bình ($\overline{\sigma_z}$) được coi là bằng số không, và điều đó tương ứng với kết quả đo mà ứng suất dọc trung bình nằm trong phạm vi sai số đo.

Ứng suất kéo vòng tối đa ở mối hàn, được xác định theo công thức (13), trước và sau khi nhiệt luyện ($\sigma_{t,III CB}$ và $\sigma_{t,III TO}$), tương ứng bằng:

$$\sigma_{t,III CB} = 615 \text{ МПа} \text{ и } \sigma_{t,III TO} = 5 \text{ МПа}$$

Ứng suất dọc tối đa ở mối hàn, được xác định theo công thức (14), trước và sau khi nhiệt luyện ($\sigma_{z,III CB}$ và $\sigma_{z,III TO}$), tương ứng bằng:

$$\sigma_{z,III CB} = 3 \text{ МПа} \text{ и } \sigma_{z,III TO} = 1 \text{ МПа}.$$

Ví dụ 2. Xác định ứng suất dư tối đa ở mối hàn của cuộn dây hỗn hợp làm bằng phôi ống Ду850x70 (thép 10GN2MFA), và các khảo sát sơ bộ về đặc tính âm thanh của kim loại đã được thực hiện.

Dựa trên kết quả nghiên cứu đối với các mẫu đại diện cho kim loại cơ bản của các phần tử cuộn dây được hàn, người ta thấy rằng giá trị dị hướng âm thanh nội tại nằm trong giới hạn khoảng $0,0001 \pm 0,0003$, tức là kim loại cơ bản của cuộn dây là đẳng hướng về mặt âm thanh. Giá trị ban đầu của dị hướng âm thanh nội tại là như sau đây:

$$a_0=0,0001.$$

Để làm rõ vị trí của các mặt cắt đo, sau khi chế tạo mỗi nối hàn, các phép đo bổ sung dị hướng âm thanh đã được thực hiện tại các điểm nằm dọc theo ma trận của đường ống (hình 4, thể hiện vị trí của các điểm đo (O1-4) trên bậc I và II của đường ống).

Dựa trên kết quả đo, người ta thấy rằng giá trị tối thiểu của dị hướng âm thanh nội tại tương ứng với các điểm O2 nằm cách đường nối mỗi hàn 50 mm, tương ứng với kết quả mô hình tính toán.

Do đó, vị trí của các mặt cắt đo 1a và 1b và giá trị hệ số cân bằng được lấy tương tự như Ví dụ 1. Vị trí của các điểm đo ứng suất cũng tương tự như Ví dụ 1. Vì không cố định các đầu của cuộn dây hỗn hợp, ứng suất dọc trung bình ($\overline{\sigma_z}$) được coi là bằng số không, và các phép đo ở mặt cắt 2 nhằm xác định $\overline{\sigma_z}$ đã không được thực hiện.

Các giá trị hoạt động (t_1, t_2, t_3) đã được xác định hai lần: trước và sau khi nhiệt luyện. Kết quả xác định giá trị dị hướng âm thanh (tính trung bình ở các mặt cắt đo) tại các điểm đo trước và sau khi nhiệt luyện theo công thức (9) được trình bày trong hình 5 và hình 6.

Dựa trên kết quả đo độ dị hướng âm thanh, những điều sau đây đã được xác định: theo công thức (10), giá trị trung bình của ứng suất vòng ở các mặt cắt đo trước và sau khi nhiệt luyện ($\overline{\sigma_{tCB}}$ và $\overline{\sigma_{tTO}}$, tương ứng):

$$\overline{\sigma_{tCB}} = -199 \text{ MPa}; \overline{\sigma_{tTO}} = -6 \text{ MPa};$$

theo công thức (11-12), giá trị của mô-men uốn ở mặt cắt của mỗi hàn trước và sau khi nhiệt luyện (M_{CB} và M_{TO} , tương ứng):

$$M_{CB} = 0,11 \text{ MH} \cdot M; M_{TO} = 0,09 \text{ MH} \cdot M.$$

Ứng suất kéo vòng tối đa ở mỗi hàn, được xác định theo công thức (13), trước và sau khi nhiệt luyện ($\sigma_{z.III CB}$ và $\sigma_{z.III TO}$), tương ứng bằng:

$$\sigma_{t.III CB} = 2,4 \text{ MPa} \text{ и } \sigma_{t.III TO} = 1,9 \text{ MPa}.$$

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp xác định ứng suất dư trong kim loại của mỗi hàn kết nối đường ống, bao gồm thời gian lan truyền của sóng dọc và sóng ngang được phân cực dọc và ngang trục ống được đo trên đoạn đường ống được khảo sát bằng phương pháp tiếng vang siêu âm, và các đặc tính của trạng thái ứng suất của mỗi hàn được xác định dựa trên các kết quả đo này, khác biệt ở chỗ đối với một loại ống cụ thể, bằng mô hình tính toán, vị trí của các mặt cắt cân bằng trong đó ứng suất vòng cân bằng trong kim loại cơ bản đạt đến giá trị tối thiểu của chúng được xác định sơ bộ và giá trị hệ số cân bằng bằng tỷ số của ứng suất vòng màng kéo dư tối đa trong kim loại hàn với giá trị ứng suất vòng màng nén dư tối thiểu trong kim loại cơ bản, sau đó, trước khi bắt đầu sản xuất mỗi hàn, phép đo các giá trị ban đầu của thời gian lan truyền được thực hiện trong các mặt cắt cân bằng các phép đo sóng dọc và sóng ngang, phân cực dọc và ngang trục ống, sau khi chế tạo mỗi nối hàn tại các điểm đo như trên, giá trị hoạt động của thời gian lan truyền của các loại sóng như trên được đo, dựa trên kết quả đo có sử dụng phương trình đàn hồi âm thanh cho trạng thái ứng suất hai trục:

$$\sigma_z = K_1 \left(\frac{t_{01}t_3}{t_1t_{03}} - 1 \right) - K_2 \left(\frac{t_{02}t_3}{t_2t_{03}} - 1 \right)$$

$$\sigma_t = K_1 \left(\frac{t_{01}t_2}{t_1t_{02}} - 1 \right) - K_2 \left(\frac{t_{01}t_3}{t_1t_{03}} - 1 \right)$$

trong đó, t_{01} , t_{02} , t_{03} là giá trị ban đầu và t_1 , t_2 , t_3 là giá trị hoạt động của thời gian lan truyền của sóng ngang phân cực dọc và ngang qua ma trận đường ống và sóng dọc, tương ứng K_1 và K_2 là hệ số của khớp nối đàn hồi âm thanh, cho mỗi mặt cắt đo xác định các giá trị của ứng suất dọc màng và ứng suất vòng cũng như mô-men uốn, dựa trên nguyên tắc cân bằng ứng suất màng và có tính đến hệ số cân bằng, xác định giá trị tối đa của ứng suất cục bộ dọc và vòng dư trong kim loại của mỗi hàn.

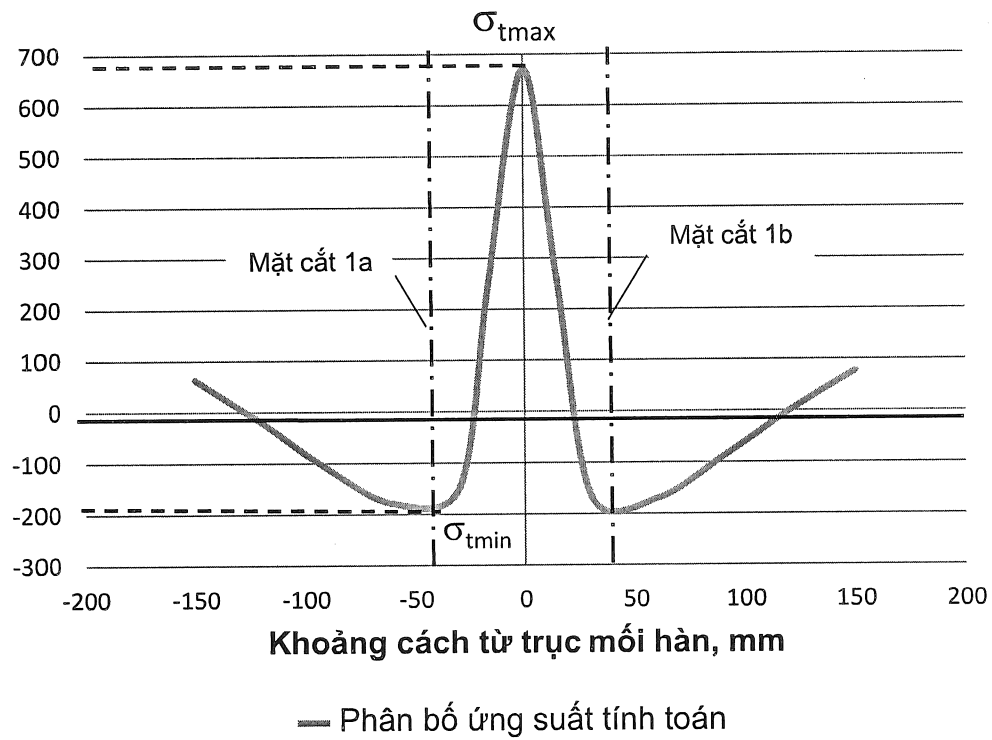
2. Phương pháp xác định ứng suất dư trong kim loại của mỗi hàn kết nối đường ống được làm bằng kim loại đẳng hướng âm thanh, bao gồm thời gian lan truyền của sóng khối được đo trên đoạn đường ống được khảo sát bằng phương pháp tiếng vang siêu âm, và các kết quả đo này xác định các đặc điểm của trạng thái ứng suất của mỗi hàn, khác ở chỗ là, thực tế là đối với một loại ống cụ thể, bằng cách lập mô hình tính toán, vị trí của các mặt cắt cân bằng, trong đó ứng suất của vòng cân bằng trong kim loại cơ bản đạt đến giá trị tối thiểu của chúng được xác định sơ bộ và giá trị hệ số cân bằng bằng tỷ số giữa ứng suất màng kéo tối đa trong kim loại hàn với giá trị ứng suất màng nén tối thiểu ứng suất vòng trong kim loại cơ bản, cũng như giá trị của tính dị hướng âm thanh nội tại của kim loại cơ bản, sau khi sản xuất mỗi nối hàn, các phép đo của công nhân được thực hiện trong các mặt cắt cân bằng các giá trị của thời gian lan truyền của sóng ngang phân cực dọc và qua trục ống, theo kết quả của phép đo, có sử dụng phương trình độ đàn hồi âm thanh của sự chênh lệch giữa ứng suất màng dọc và màng vòng, giá trị của sự khác biệt cụ thể cho mỗi điểm đo được xác định:

$$\sigma_z - \sigma_t = D \left(2 \frac{t_2 - t_1}{t_2 + t_1} - a_0 \right),$$

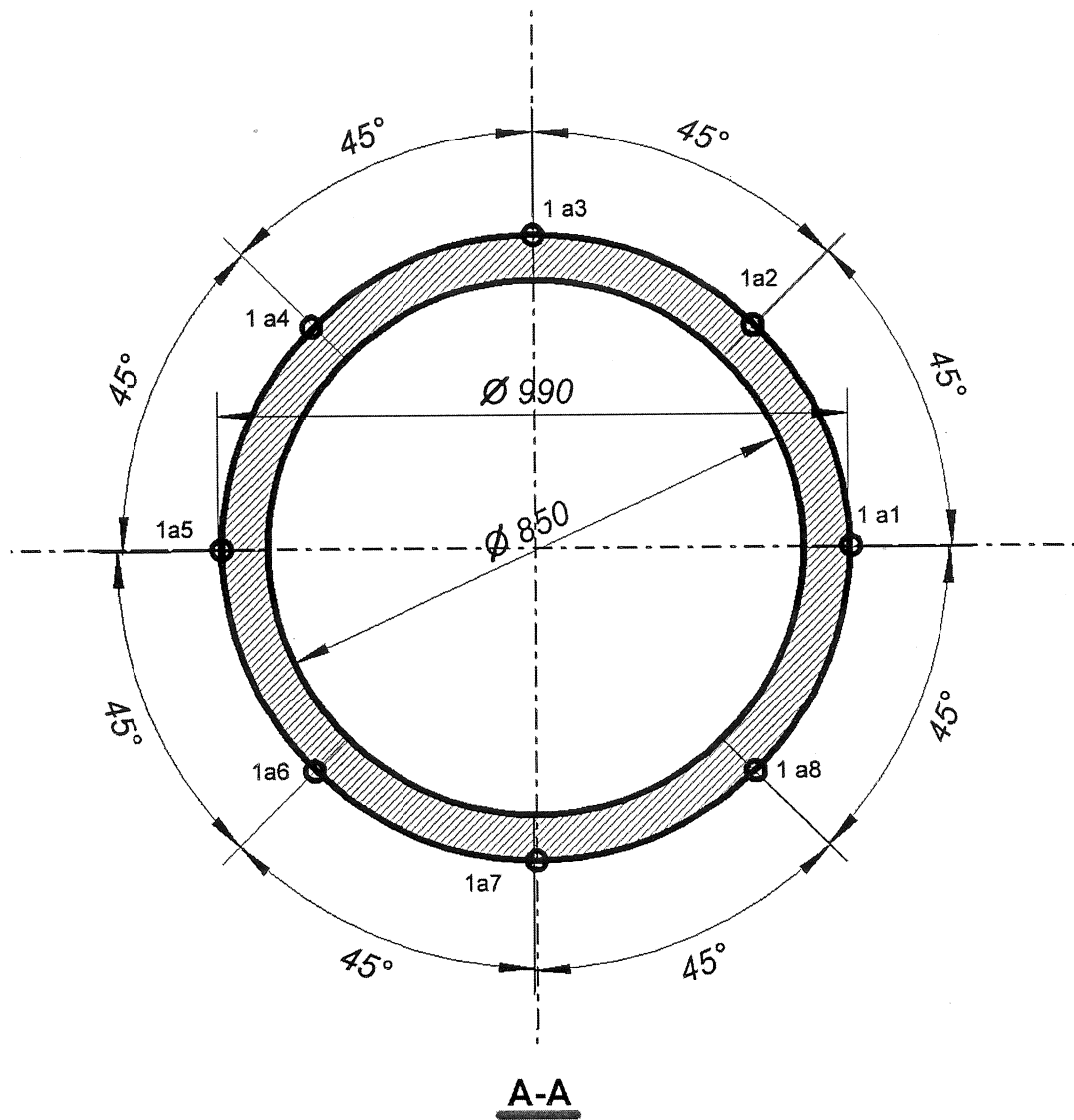
trong đó a_0 là dị hướng âm thanh nội tại của kim loại cơ bản, D là hệ số khớp nối đàn hồi âm thanh, việc tách ứng suất màng dọc và màng vòng được thực hiện bằng cách sử dụng kết quả xác định ứng suất dọc ở một mặt cắt bổ sung, và tiếp theo, đối với mỗi mặt cắt đo, giá trị ứng suất dọc và vòng của màng được xác định, cũng như mô-men uốn, với việc sử dụng chúng, trên cơ sở nguyên tắc cân bằng ứng suất màng và có tính đến hệ số cân bằng, xác định giá trị tối đa của ứng suất cục bộ dọc và vòng dư trong kim loại của mỗi hàn.

σ_t MPa

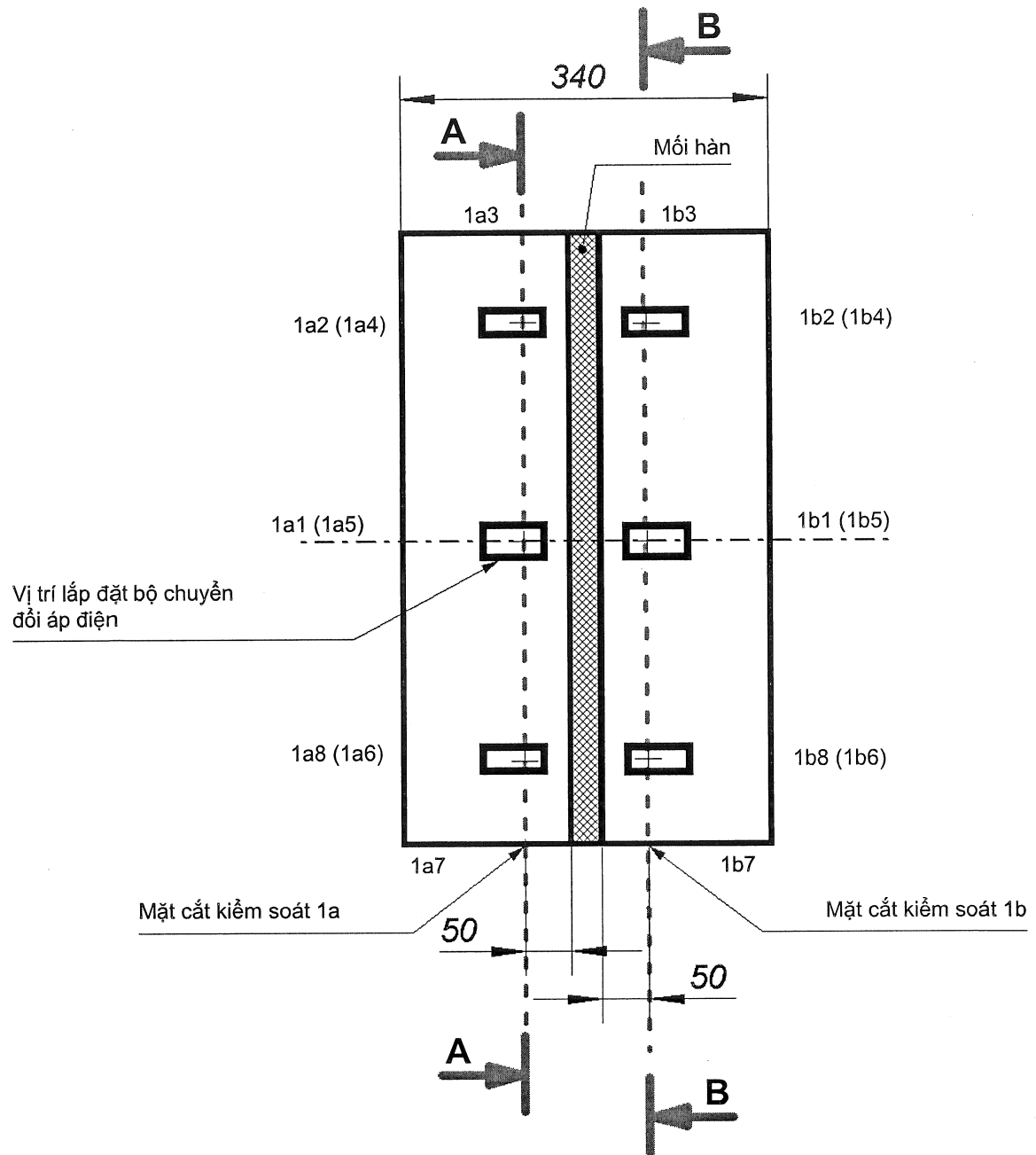
Xác định tính toán mặt cắt đo lường



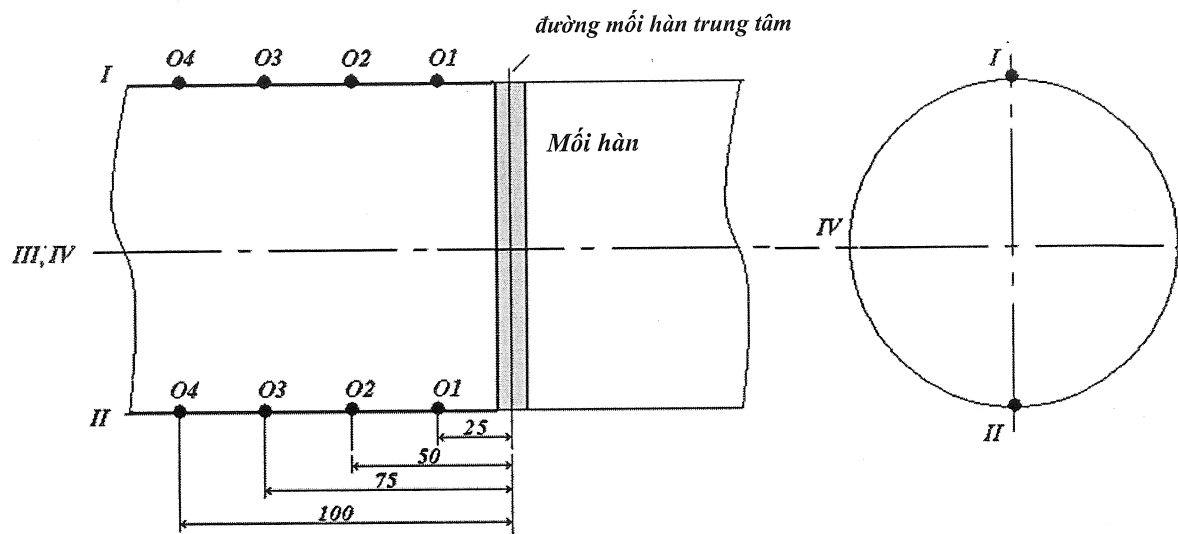
Hình 1



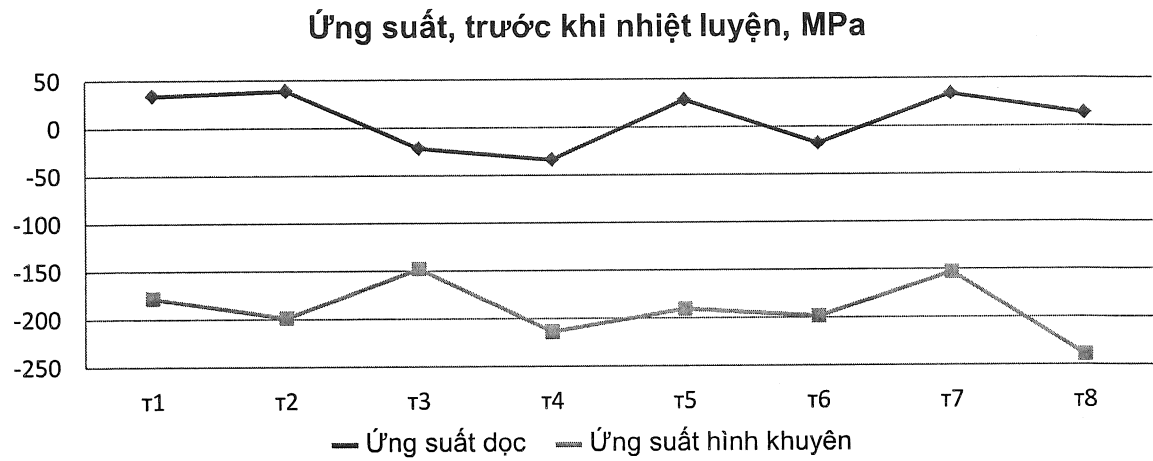
Hình 2



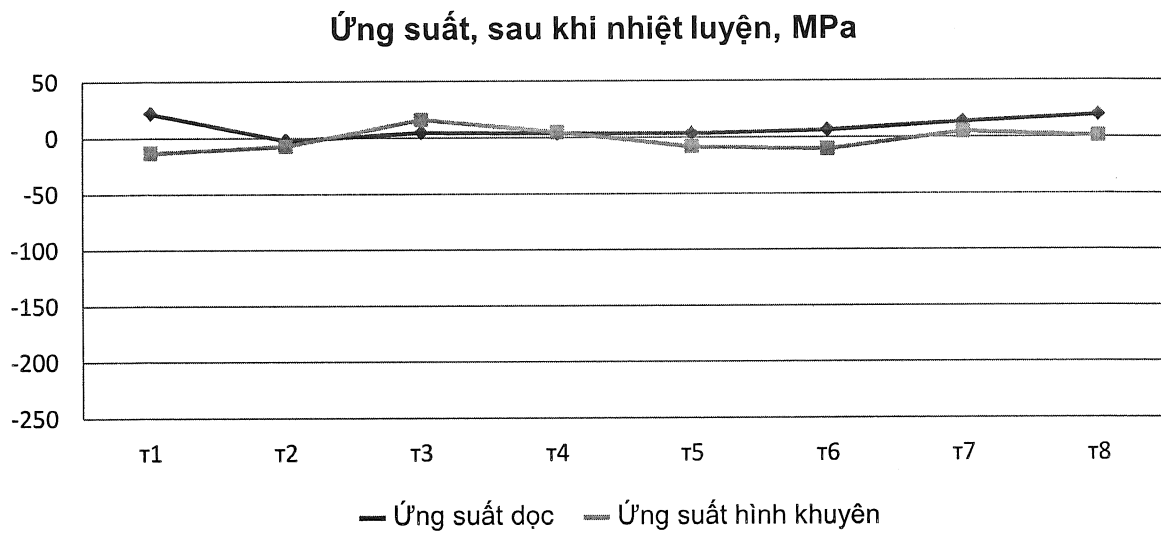
Hình 3



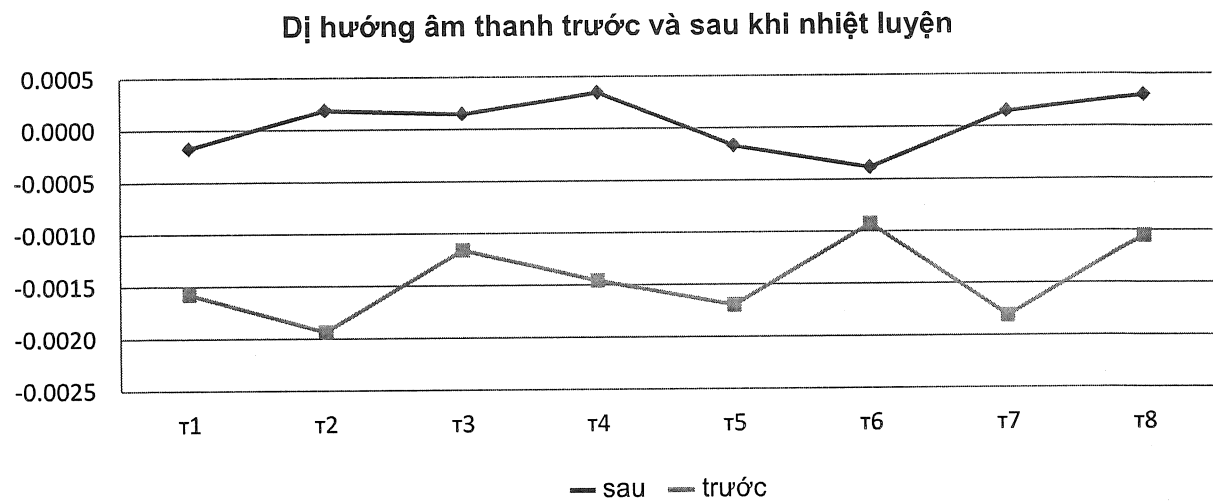
Hình 4



Hình 5



Hình 6



Hình 7