



(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)



1-0042927

(51)^{2020.01} B22D 11/16; B22D 11/22; B22D 11/18 (13) B

(21) 1-2022-01744

(22) 04/09/2020

(86) PCT/JP2020/033562 04/09/2020

(87) WO 2021/065342 08/04/2021

(30) 2019-182825 03/10/2019 JP

(45) 27/01/2025 442

(43) 25/07/2022 412

(73) JFE Steel Corporation (JP)

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

(72) MASUDA, Ryosuke (JP); HASHIMOTO, Yoshinari (JP); MATSUI, Akitoshi (JP);
MORITA, Shugo (JP); HAYASHIDA, Tatsuro (JP); KORIYAMA, Taiga (JP);
SATO, Miho (JP).

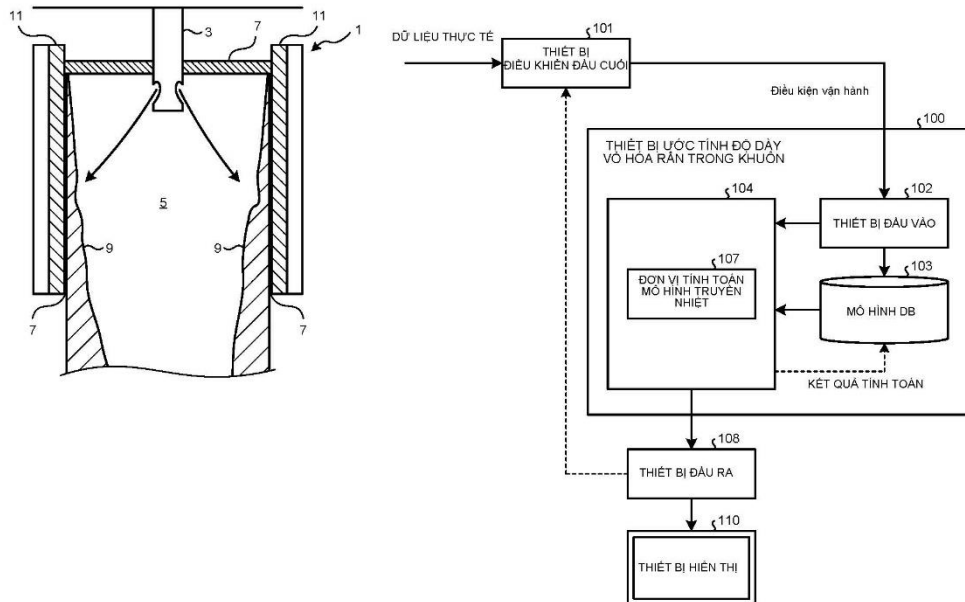
(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) THIẾT BỊ ƯỚC TÍNH ĐỘ DÀY VỎ HÓA RẮN TRONG KHUÔN, PHƯƠNG
PHÁP ƯỚC TÍNH ĐỘ DÀY VỎ HÓA RẮN TRONG KHUÔN, VÀ PHƯƠNG
PHÁP ĐÚC THÉP LIÊN TỤC

(21) 1-2022-01744

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn, phương pháp ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn, và phương pháp đúc thép liên tục. Thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn theo sáng chế bao gồm mô hình tính toán truyền nhiệt ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn bằng cách tính toán phân bố nhiệt độ của khuôn và thép nóng chảy bên trong khuôn bằng cách giải phương trình truyền nhiệt không ổn định ba chiều nhờ sử dụng kết quả đo nhiệt độ của thép nóng chảy trong dây chuyền đúc liên tục, kết quả đo chiều rộng của dây phôi được đúc và tốc độ đúc trong dây chuyền đúc liên tục, kết quả đo nhiệt độ của khuôn tấm đồng và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn trong dây chuyền đúc liên tục, và các giá trị thành phần hóa học đầu vào của thép nóng chảy và độ dày của dây phôi; và công thức mô hình và thông số liên quan đến phản ứng hóa rắn của thép nóng chảy bên trong khuôn của dây chuyền đúc liên tục. Sau đó, mô hình tính toán truyền nhiệt sửa lỗi về nhiệt độ của khuôn tấm đồng và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn bằng cách hiệu chỉnh hệ số truyền nhiệt toàn phần giữa khuôn tấm đồng và vỏ hóa rắn.

FIG.1



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn, phương pháp ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn và phương pháp đúc thép liên tục.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong thiết bị đúc liên tục, thép nóng chảy được rót liên tục từ thùng trung gian, được làm mát từ bên trong khuôn bằng các ống làm mát bằng nước tuần hoàn, và được tháo ra ở cuối khuôn. Mặc dù nhu cầu ngày càng tăng về việc cải thiện năng suất của quá trình đúc liên tục bằng cách tăng tốc độ quá trình đúc, nhưng tốc độ đúc tăng lên lại dẫn đến giảm độ dày của vỏ hóa rắn trên dây phôi khi gần ra hết khuôn, và không đồng nhất trong phân bố độ dày vỏ hóa rắn. Kết quả là, cái được gọi là sự cố phá vỡ, trong đó lớp vỏ hóa rắn bị vỡ và thép lỏng tràn ra ngoài, có thể xảy ra khi phần có lớp vỏ hóa rắn mỏng khi ra khỏi khuôn. Nếu sự cố phá vỡ này xảy ra, thời gian ngưng hoạt động bị kéo dài và năng suất giảm đáng kể. Do đó, nhu cầu phát triển một kỹ thuật cho phép dự đoán chính xác về sự phá vỡ có thể xảy ra trong quá trình đúc tốc độ cao đang được thực hiện và nhiều kỹ thuật khác nhau đã được bộc lộ. Ví dụ: Tài liệu sáng chế 1 mô tả phương pháp dự đoán độ dày vỏ hóa rắn khi ra khỏi khuôn bằng cách ước tính độ dày vỏ hóa rắn tại một vị trí xác định trước theo hướng từ bề mặt kim loại nóng chảy đến cuối khuôn, dựa trên số liệu thông lượng nhiệt của thép nóng chảy trong phạm vi từ bề mặt kim loại nóng chảy đến cuối khuôn.

Danh mục trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Đơn xin cấp bằng sáng chế đã công bố của Nhật Bản số 2011-79023

Tài liệu không thuộc sáng chế

Tài liệu không thuộc sáng chế 1: Tạp chí của Viện Kim loại và Vật liệu Nhật Bản, tập 45 (1981), số 3, trang 242

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, trong phương pháp đã bộc lộ ở Tài liệu sáng chế 1, nhiệt độ đầu vào bề mặt hóa rắn cấp bởi dòng chảy của thép nóng chảy bên trong khuôn chỉ được coi là

ở trạng thái ổn định. Do đó, với phương pháp được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 1, có khả năng ước tính độ dày vỏ hóa rắn thường bằng độ chênh lệch nhiệt độ của cảm biến nhiệt độ nhận được do sự thay đổi không ổn định trong dòng chảy thép nóng chảy. Hơn nữa, trong phương pháp được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 1, có hai yếu tố dẫn đến sự chênh lệch trong việc tính toán thông lượng nhiệt so với đo thực tế: ảnh hưởng của lớp không khí (khe hở không khí) giữa khuôn tấm đồng và vỏ hóa rắn; và ảnh hưởng của dòng thép nóng chảy. Sự gia tăng thông lượng nhiệt có thể do hai trường hợp sau: trường hợp nhiệt trở giảm do giảm khe hở không khí; và một trường hợp trong đó nhiệt lượng cung cấp đã tăng lên do va chạm dòng chảy của thép nóng chảy. Trong khi việc giảm khe hở không khí dẫn đến giảm độ dày vỏ hóa rắn, thì việc tăng nhiệt cung cấp dẫn đến tăng độ dày vỏ hóa rắn. Do đó, để ước tính chính xác độ dày vỏ hóa rắn, cần phải hiệu chỉnh lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn bằng cách xem xét riêng ảnh hưởng của khe hở không khí và ảnh hưởng của dòng thép nóng chảy. Tuy nhiên, trong phương pháp được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 1, vì độ dày vỏ hóa rắn được ước tính mà không tách biệt ảnh hưởng của khe hở không khí và dòng thép nóng chảy đối với lượng nhiệt lấy ra khỏi khuôn, dẫn đến có khả năng ước tính độ dày vỏ hóa rắn trở nên kém chính xác hơn.

Sáng chế được thực hiện dựa trên các nhược điểm được mô tả ở trên và mục đích của sáng chế là cung cấp thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn và phương pháp ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn có khả năng ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn một cách chính xác. Hơn nữa, mục đích khác của sáng chế là cung cấp phương pháp đúc thép liên tục có khả năng đúc thép một cách hiệu quả.

Giải pháp xử lý vấn đề

Thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn theo sáng chế bao gồm: thiết bị đầu vào được thiết lập cấu hình để nhận đầu vào là: kết quả đo nhiệt độ của thép nóng chảy trong thùng trung gian của dây chuyền đúc liên tục; kết quả đo chiều rộng của dây phôi đúc và tốc độ đúc trong dây chuyền đúc liên tục; kết quả đo nhiệt độ của khuôn tấm đồng và nhiệt lượng lấy ra khỏi khuôn trong dây chuyền đúc liên tục; và các giá trị thành phần hóa học đầu vào của thép nóng chảy và độ dày của dây phôi; mô hình cơ sở dữ liệu được thiết lập cấu hình để lưu trữ công thức mô hình và tham số liên quan đến phản ứng hóa rắn của thép nóng chảy bên trong khuôn của dây chuyền đúc liên tục; và một máy tính toán mô hình truyền nhiệt được thiết lập cấu hình để ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn bằng cách tính toán phân bố nhiệt độ của khuôn và của thép nóng

chảy bên trong khuôn bằng cách giải phương trình truyền nhiệt không ổn định ba chiều sử dụng kết quả đo nhiệt độ của thép nóng chảy trong dây chuyền đúc liên tục, kết quả đo chiều rộng của dây phôi đúc và tốc độ đúc trong dây chuyền đúc liên tục, kết quả đo nhiệt độ của khuôn tấm đồng và nhiệt lượng được lấy ra khỏi khuôn trong dây chuyền đúc liên tục, và các giá trị thành phần hóa học đầu vào của thép nóng chảy và độ dày của dây phôi, và công thức mô hình và thông số, trong đó máy tính toán mô hình truyền nhiệt được định cấu hình để sửa lỗi trong nhiệt độ của khuôn tấm đồng và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn, bằng cách điều chỉnh hệ số truyền nhiệt toàn phần giữa tấm khuôn đồng và vỏ hóa rắn.

Máy tính toán mô hình truyền nhiệt có thể được thiết lập cấu hình để sửa các lỗi về nhiệt độ của khuôn tấm đồng và lượng nhiệt lấy ra khỏi khuôn, bằng cách hiệu chỉnh độ dẫn nhiệt của một vùng có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ đường rắn và thấp hơn nhiệt độ đường lỏng của thép nóng chảy, ngoài việc hiệu chỉnh hệ số truyền nhiệt toàn phần.

Máy tính toán mô hình truyền nhiệt có thể được thiết lập cấu hình để tính toán lượng co ngót hóa rắn của thép nóng chảy, từ sự phân bố nhiệt độ của thép nóng chảy bên trong khuôn và tính toán hệ số truyền nhiệt toàn phần giữa khuôn và vỏ hóa rắn dựa trên lượng co ngót hóa rắn.

Giá trị thành phần hóa học đầu vào của thép nóng chảy và độ dày dây phôi có thể là kết quả đo thành phần hóa học của thép nóng chảy và độ dày dây phôi.

Phương pháp ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn theo sáng chế bao gồm: bước nhập liệu đầu vào: kết quả đo nhiệt độ của thép nóng chảy trong thùng trung gian của dây chuyền đúc liên tục; kết quả đo chiều rộng của dây phôi đúc và tốc độ đúc trong dây chuyền đúc liên tục; kết quả đo nhiệt độ của khuôn tấm đồng và nhiệt lượng thoát ra khỏi khuôn trong dây chuyền đúc liên tục; và các giá trị thành phần hóa học đầu vào của thép nóng chảy và độ dày của dây phôi; bước tính toán mô hình truyền nhiệt ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn bằng cách tính toán phân bố nhiệt độ của khuôn và của thép nóng chảy bên trong khuôn bằng cách giải phương trình truyền nhiệt không ổn định ba chiều sử dụng kết quả đo nhiệt độ nóng chảy thép trong dây chuyền đúc liên tục, kết quả đo chiều rộng của dây phôi và tốc độ đúc trong dây chuyền đúc liên tục, kết quả đo nhiệt độ của khuôn tấm đồng và lượng nhiệt thoát ra từ khuôn trong dây chuyền đúc liên tục, và các giá trị thành phần hóa học đầu vào của thép nóng chảy và độ dày

của dây phôi, và công thức mô hình và một thông số liên quan đến phản ứng hóa rắn của thép nóng chảy bên trong khuôn của dây chuyền đúc liên tục, trong đó bước tính toán mô hình truyền nhiệt bao gồm bước sửa lỗi nhiệt độ trong khuôn tấm đồng và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn, bằng cách hiệu chỉnh hệ số truyền nhiệt toàn phần giữa khuôn tấm đồng và vỏ hóa rắn.

Bước tính toán mô hình truyền nhiệt có thể bao gồm bước sửa lỗi về nhiệt độ của khuôn tấm đồng và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn bằng cách hiệu chỉnh độ dẫn nhiệt của vùng có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ đường rắn và thấp hơn nhiệt độ đường lỏng của thép nóng chảy, ngoài việc hiệu chỉnh hệ số truyền nhiệt toàn phần.

Bước tính toán mô hình truyền nhiệt bao gồm: tính toán lượng co ngót hóa rắn của thép nóng chảy, từ sự phân bố nhiệt độ của thép nóng chảy bên trong khuôn và tính toán hệ số truyền nhiệt toàn phần giữa khuôn và vỏ hóa rắn dựa trên lượng co ngót hóa rắn.

Các giá trị thành phần hóa học đầu vào của thép nóng chảy và độ dày dây phôi có thể là kết quả đo thành phần hóa học của thép nóng chảy và độ dày dây phôi.

Phương pháp đúc thép liên tục theo sáng chế bao gồm bước kiểm soát là điều chỉnh lượng nước làm mát thứ cấp dựa trên độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn được ước tính bằng phương pháp ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn theo sáng chế.

Bước kiểm soát có thể bao gồm bước xác định sự bất thường của độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn bằng cách so sánh sự chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của độ dày vỏ hóa rắn bên trong khuôn, độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn là những độ dày trong phạm vi xác định trước, với giá trị trung bình của độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn trong phạm vi xác định trước và kiểm soát lượng nước làm mát thứ cấp, khi xác định có bất thường trong độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn, chẳng hạn như độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn bằng hoặc lớn hơn độ dày tương ứng với một tỷ lệ nhất định của độ dày dây phôi, khi một phần dây phôi đến vùng làm mát thứ cấp dưới khuôn.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Với thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn và phương pháp ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn theo sáng chế, độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn có thể được ước tính chính xác. Hơn nữa, với phương pháp đúc thép liên tục theo sáng chế, thép có thể được đúc một cách hiệu quả.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là giản đồ minh họa cấu hình của thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn là một trong những phương án của sáng chế này.

Fig.2 là giản đồ minh họa cấu hình mẫu của mô hình tính toán truyền nhiệt không ổn định một chiều.

Fig.3 là giản đồ minh họa một ví dụ về mối quan hệ giữa tốc độ dòng chảy của thép nóng chảy và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn.

Fig.4 là giản đồ minh họa một ví dụ về mối quan hệ giữa độ dẫn nhiệt của vùng bán hóa rắn, và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn.

Fig.5 là sơ đồ minh họa trình tự của quy trình ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn là một trong những phương án của sáng chế này.

Fig.6 là giản đồ minh họa cấu hình mẫu của mô hình tính toán truyền nhiệt không ổn định ba chiều.

Fig.7 là giản đồ minh họa một ví dụ về mối quan hệ giữa khoảng cách từ bề mặt khuôn tấm đồng và nhiệt độ.

Fig.8 là giản đồ minh họa một ví dụ về mối quan hệ giữa nhiệt độ thép và khối lượng thép.

Fig.9 là giản đồ minh họa mối quan hệ giữa mẫu nhiệt độ tại mỗi vị trí theo hướng chiều rộng của khuôn, và thành phần chính.

Fig.10 là giản đồ minh họa sự chênh lệch nhiệt độ trung bình của khuôn tấm đồng tại sáu điểm ở một độ cao khuôn nhất định theo hướng chiều rộng.

Fig.11 là giản đồ minh họa sự thay đổi theo thời gian của lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn.

Fig.12 là giản đồ minh họa sự thay đổi theo thời gian của thông số độ dẫn nhiệt.

Fig.13 là giản đồ minh họa sự thay đổi theo thời gian của hệ số truyền nhiệt toàn phần.

Fig.14 là giản đồ minh họa sự phân bố của độ dày vỏ hóa rắn ở cuối khuôn.

Fig.15 là giản đồ minh họa sự chênh lệch nhiệt độ của khuôn tấm đồng ở các mức trung bình tương ứng, tại sáu điểm dọc theo một vị trí chiều cao khuôn nhất định theo hướng chiều rộng.

Fig.16 là giản đồ minh họa sự thay đổi theo thời gian của lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn.

Fig.17 là giản đồ minh họa sự thay đổi theo thời gian của thông số độ dẫn nhiệt.

Fig.18 là giản đồ minh họa sự thay đổi theo thời gian của hệ số truyền nhiệt toàn phần.

Fig.19 là giản đồ minh họa sự phân bố của độ dày vỏ hóa rắn ở cuối khuôn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Cấu hình của thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn là một phương án của sáng chế, và hoạt động của nó sẽ được làm rõ chi tiết hơn khi đối chiếu cùng các hình vẽ.

[Cấu hình của thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn]

Đầu tiên, cấu hình của thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn là một phương án của sáng chế sẽ được làm rõ hơn khi tham chiếu đến Fig.1.

Fig.1 là giản đồ minh họa cấu hình của thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn là một phương án của sáng chế. Như minh họa trên Fig.1, thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn 100 là một phương án của sáng chế là thiết bị để ước tính độ dày của vỏ hóa rắn 9 được tạo thành khi thép nóng chảy 5 hóa rắn bên trong khuôn 1 (độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn) trong dây chuyền đúc liên tục, của ngành công nghiệp thép. Độ sâu đặt vòi phun chìm 3 của dây chuyền đúc liên tục, tốc độ đúc, khoảng cách giữa các khuôn tấm đồng 11, khoảng tương ứng với chiều rộng và chiều dày của dây phôi do dây chuyền đúc liên tục đúc, thành phần hóa học và nhiệt độ của thép nóng chảy 5 trong thùng trung gian của dây chuyền đúc liên tục, và thông tin đo thực tế (kết quả đo) về nhiệt độ của các khuôn tấm đồng 11 và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn được gửi đến thiết bị điều khiển đầu cuối 101. Đường tham chiếu 7 trên Fig.1 đại diện cho bột khuôn. Thông tin đo thực tế của lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn được tính toán bằng cách sử dụng tốc độ dòng chảy của nước làm mát được cung cấp cho khuôn 1, và nhiệt độ nước làm mát ở mặt vào và mặt ra của khuôn 1, chẳng hạn. Hơn nữa, trong phương án này, các phép đo khác nhau (phép đo thực tế) được sử dụng làm đầu vào cho mô hình tính toán truyền nhiệt, mô hình này sẽ được mô tả sau đây, nhưng cũng có thể sử dụng các cài đặt định trước cho thành phần hóa học của thép nóng chảy và độ dày dây phôi.

Hệ thống điều khiển thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn 100 và phương pháp ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn được kết nối với thiết bị điều khiển đầu cuối 101, thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn 100, thiết bị đầu ra 108, và thiết bị hiển thị 110, là những thành phần chính. Thiết bị điều khiển đầu cuối

101 được cấu hình như một thiết bị xử lý thông tin giống như máy vi tính hoặc máy chủ, và thu thập nhiều loại thông tin đo lường thực tế khác nhau, sự phân bố độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn, nhiệt độ của các khuôn tấm đồng 11, và ước tính lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn.

Thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn 100 được định cấu hình như một thiết bị xử lý thông tin giống như máy vi tính hoặc máy chủ. Thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn 100 được cung cấp bởi thiết bị đầu vào 102, mô hình cơ sở dữ liệu (mô hình DB) 103, và đơn vị xử lý số học 104.

Thiết bị đầu vào 102 là giao diện đầu vào mà các loại thông tin đo lường thực tế khác nhau liên quan đến dây chuyền đúc liên tục được nhập vào. Ví dụ về thiết bị đầu vào 102 bao gồm bàn phím, chuột, thiết bị trở, thiết bị nhận dữ liệu, và giao diện đồ họa người dùng (GUI). Thiết bị đầu vào 102 nhận thông tin đo thực tế, cài đặt tham số, và tương tự từ bên ngoài, ghi thông tin vào mô hình DB 103 và truyền thông tin đến bộ xử lý số học 104. Đối với thiết bị đầu vào 102, thông tin đo thực tế là đầu vào từ thiết bị điều khiển đầu cuối 101. Bao gồm thông tin đo thực tế, ví dụ, độ sâu đặt chìm của vòi phun chìm 3, tốc độ đúc, khoảng cách giữa các khuôn tấm đồng 11 tương ứng với chiều rộng và chiều dày của dây phôi được đúc, thông tin thành phần hóa học và thông tin nhiệt độ của thép nóng chảy 5, nhiệt độ của các khuôn tấm đồng 11, và thông tin lượng nhiệt thoát ra từ khuôn.

Mô hình DB 103 là một thiết bị lưu trữ trong đó thông tin về công thức mẫu liên quan đến phản ứng hóa rắn của thép nóng chảy 5 trong dây chuyền đúc liên tục. Như là thông tin của công thức mô hình liên quan đến phản ứng hóa rắn của thép nóng chảy 5, mô hình DB 103 lưu trữ trong đó các thông số của công thức mô hình. Hơn nữa, mô hình DB 103 lưu trữ trong đó nhiều loại thông tin đầu vào cho thiết bị đầu vào 102 và kết quả tính toán được tính toán bởi đơn vị xử lý số học 104 dựa trên các hoạt động thực tế.

Đơn vị xử lý số học 104 được cung cấp dưới dạng đơn vị xử lý số học như đơn vị xử lý trung tâm (CPU) và kiểm soát toàn bộ hoạt động của thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn 100. Đơn vị xử lý số học 104 có chức năng như một đơn vị tính toán mô hình truyền nhiệt 107. Ví dụ, đơn vị tính toán mô hình truyền nhiệt 107 được thực hiện bằng cách làm cho đơn vị xử lý số học 104 thực thi một chương trình máy tính. Bộ xử lý số học 104 có chức năng như đơn vị tính toán mô hình truyền nhiệt 107

bằng cách thực hiện một chương trình máy tính cho đơn vị tính toán mô hình truyền nhiệt 107. Bộ xử lý số học 104 cũng có thể bao gồm một bộ xử lý số học chuyên dụng hoặc một mạch điện tử có chức năng xử lý số học hoạt động như đơn vị tính toán mô hình truyền nhiệt 107.

Đơn vị tính toán mô hình truyền nhiệt 107 ước tính sự phân bố nhiệt độ của các khuôn tấm đồng 11 và sự phân bố nhiệt độ bên trong khuôn 1, lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn và sự phân bố của độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn, bằng cách giải phương trình dẫn nhiệt không ổn định ba chiều dựa trên thông tin hoạt động thực tế và thông tin mô hình được lưu trữ trong mô hình DB 103.

Thiết bị đầu ra 108 xuất nhiều loại thông tin quy trình khác nhau của thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn 100 tới thiết bị điều khiển đầu cuối 101 và thiết bị hiển thị 110. Thiết bị hiển thị 110 xuất ra màn hình để hiển thị các loại thông tin quy trình khác nhau của thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn 100, xuất ra cho thiết bị đầu ra 108.

Thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn 100 có cấu hình nhằm ước tính phân bố độ dày vỏ hóa rắn bên trong khuôn 1, bằng cách thực hiện quy trình ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn được mô tả bên dưới.

[Chuyển đổi giữa tốc độ chảy của thép nóng chảy và độ dẫn nhiệt của vùng bán hóa rắn]

Để có được ước tính chính xác về sự thay đổi theo thời gian trong phân bố ba chiều của độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn, điều quan trọng là phải xem xét sự thay đổi theo thời gian thông lượng nhiệt cục bộ, do sự thay đổi không ổn định trong dòng chảy thép nóng chảy. Để xem xét yếu tố này, cần phải có một giải pháp kết hợp cho phép tính dòng chảy không ổn định ba chiều liên quan đến dòng thép nóng chảy, và phép tính truyền nhiệt không ổn định ba chiều liên quan đến sự hóa rắn của thép nóng chảy 5. Tuy nhiên, một phép tính kết hợp như vậy thể hiện tính chất kém hội tụ, một điều bất lợi, do đó thời gian tính toán bị kéo dài. Vì vậy, trong sáng chế này, sự phân bố độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn được tính toán chỉ với mô hình truyền nhiệt không ổn định ba chiều, bằng cách sử dụng độ dẫn nhiệt của vùng bán hóa rắn, để bù cho sự thay đổi nhiệt độ của các khuôn tấm đồng 11 và sự thay đổi lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn, những thay đổi đó là kết quả của sự thay đổi dòng thép nóng chảy. Vùng bán hóa rắn là vùng trải qua quá trình hóa rắn, và kéo dài giữa pha lỏng và lớp vỏ hóa rắn 9 của thép nóng chảy

5. Do sự hiện diện của vùng bán hóa rắn, mặt phân cách giữa lớp vỏ hóa rắn 9 và lớp thép nóng chảy 5 không thể được xác định chính xác trong một mô hình tính toán vật lý. Do đó, với mô hình tính toán vật lý, khó có thể xử lý trực tiếp sự truyền nhiệt trên bề mặt phân cách giữa thép nóng chảy 5 và vỏ hóa rắn 9. Để giải quyết vấn đề này, sáng chế được định cấu hình để làm cho tốc độ chảy của thép nóng chảy phụ thuộc vào độ dẫn nhiệt của vùng bán hóa rắn, thay vì vào hệ số truyền nhiệt của bề mặt hóa rắn.

Mối quan hệ giữa tốc độ dòng chảy của thép nóng chảy và độ dẫn nhiệt của vùng bán rắn sẽ được giải thích sau đây. Mặc dù rất khó thực hiện phép tính kết hợp giữa phép tính dòng chảy không ổn định ba chiều liên quan đến dòng chảy thép nóng chảy và phép tính truyền nhiệt không ổn định ba chiều liên quan đến sự hóa rắn của thép nóng chảy 5, phép tính dòng chảy không ổn định một chiều và tính toán truyền nhiệt không ổn định một chiều thể hiện sự hội tụ tốt. Do đó, đối với sáng chế này, mô hình tính toán truyền nhiệt không ổn định một chiều bao gồm điều kiện đối lưu đã được tạo ra, như được thể hiện trong giản đồ ở Fig.2. Như được minh họa trên Fig.2, trong phương án này, để đơn giản, các ô tính toán ở cả hai đầu của mô hình được coi là nước làm mát 201 cho khuôn tấm đồng 11 và thép nóng chảy 5, với giả định rằng nhiệt độ của nước làm mát và thép nóng chảy là không đổi. Hơn nữa, các ô tính toán có nhiệt độ điểm mạng tinh thể trong phạm vi giữa nhiệt độ đường rắn T_s và nhiệt độ đường lỏng T_L được thiết lập như một vùng bán hóa rắn 202, và hiện tượng trong đó va chạm dòng chảy (lưu lượng dòng chảy) trở nên khuếch tán sang một bên dọc theo bề mặt vỏ hóa rắn được mô hình hóa bằng cách giảm tốc độ dòng chảy của thép nóng chảy, phù hợp với sự gia tăng tỷ lệ của pha rắn trong vùng bán rắn 202. Các ký hiệu tham chiếu 203 và 204 trên Fig.2 cho biết tốc độ chảy của thép nóng chảy và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn, tương ứng. Sau đó, nhiệt độ của các ô tính toán được tính toán ngẫu nhiên một phương trình dẫn nhiệt không ổn định một chiều bao gồm điều kiện đối lưu, được chỉ ra ở Công thức (1) bên dưới.

$$\rho \frac{\partial(C_P T)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) - \rho \frac{\partial(C_P u T)}{\partial x} \quad (1)$$

Trong phương trình (1), ρ [kg/m³] có nghĩa là khối lượng riêng; C_P [J/(kg·K)] có nghĩa là nhiệt dung riêng; k [W/(m·K)] có nghĩa là độ dẫn nhiệt; T [K] có nghĩa là nhiệt độ; và u [m/s] có nghĩa là tốc độ dòng chảy của thép nóng chảy.

Nhiệt độ của các ô tính toán sau đó được tính toán cho đến khi đạt được trạng

thái ổn định trong điều kiện chỉ ra trong Bảng 1, và thông lượng nhiệt từ ô tính toán của vỏ hóa rắn 9 đến ô tính toán của khuôn tấm đồng 11 được tính bằng lượng nhiệt lấy ra khỏi khuôn. Fig.3 minh họa mối quan hệ giữa tốc độ dòng chảy của thép nóng chảy và việc tính toán lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn. Như minh họa trên Fig.3, khi tốc độ dòng chảy của thép nóng chảy tăng lên, việc tính toán lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn cũng tăng theo tuyến tính. Tuy nhiên, khi tốc độ chảy của thép nóng chảy vượt quá 0,03 [m/s], lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn đã bão hòa. Điều này được coi là do lớp vỏ hóa rắn 9 không được hình thành do tác dụng của dòng thép nóng chảy.

Bảng 1

Nhiệt dung riêng đồng $C_{p,Cu}$	600	J/(kg·K)
Độ dẫn nhiệt của Đồng k_{Cu}	300	W/(m·K)
Độ dẫn nhiệt của thép nóng chảy k_{Fe}	30	W/(m·K)
Khối lượng riêng thép nóng chảy ρ_{Fe}	7000	kg/m ³
Độ dày bột	0,0006	m
Độ dày khuôn tấm đồng	0.03	m
Độ dẫn nhiệt của bột	1,5	W/(m·K)
Nhiệt độ rót thép nóng chảy	1530	°C
Nhiệt độ đường lỏng T_L	1530	°C
Nhiệt độ đường rắn T_s	1500	°C
Hệ số truyền nhiệt của nước làm mát	25000	W/(m ² ·K)
Hệ số truyền nhiệt của không khí	2500	W/(m ² ·K)

Trong các điều kiện chỉ ra trong Bảng 1, độ dẫn nhiệt của vùng bán hóa rắn sau đó bị thay đổi, trong khi vẫn giữ tốc độ chảy của thép nóng chảy ở 0 [m/s]. Fig. 4 chỉ ra mối quan hệ của phép tính lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn so với tỷ số giữa độ dẫn nhiệt của vùng bán hóa rắn và độ dẫn nhiệt của thép nóng chảy không chuyển động trong đó độ dẫn nhiệt của thép nóng chảy không chuyển động là một. Như minh họa trên Fig.4, khi độ dẫn nhiệt của vùng nửa hóa rắn càng cao, thì nhiệt độ được cung cấp cho vùng nửa hóa rắn sẽ tăng lên, và do đó, lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn được tính toán sẽ lớn hơn. Dựa trên những điều trên, rõ ràng rằng sự thay đổi lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn, do sự thay đổi của dòng thép nóng chảy, có thể được giải thích bằng sự thay đổi độ dẫn nhiệt của vùng bán rắn.

[Quy trình ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn]

Fig.5 là sơ đồ minh họa trình tự của quy trình ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn là một phương án của sáng chế. Sơ đồ được minh họa trên Fig.5 bắt đầu tại thời

điểm bắt đầu rót thép nóng chảy và quy trình ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn chuyển sang quy trình ở Bước S1.

Trong quy trình ở Bước S1, đơn xử lý số học 104 thu thập các phép đo và giá trị phân tích liên quan đến thép nóng chảy 5 và khuôn 1 từ thiết bị điều khiển đầu cuối 101. Trong dây chuyền đúc thép liên tục thông thường, thông tin đo thực tế của tốc độ đúc và khoảng cách giữa các khuôn tám đồng 11, tương ứng với chiều rộng và chiều dày của dây phôi được đúc, được thu thập với tần số không đổi. Theo phương án này, để đơn giản, giả thiết rằng thông tin đo thực tế liên quan đến khuôn 1 được thu thập ở tần số một giây. Người ta cũng giả định rằng thông tin đo lường thực tế liên quan đến thành phần hóa học và nhiệt độ của thép nóng chảy 5 được thu thập trong thùng trung gian với tần suất đều đặn hoặc không đều. Theo cách này, quy trình ở Bước S1 kết thúc, và quá trình ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn chuyển sang quy trình ở Bước S2.

Trong quy trình ở Bước S2, đơn vị tính toán mô hình truyền nhiệt 107 thực hiện tính toán truyền nhiệt không ổn định ba chiều bằng cách sử dụng thông tin thu được từ quy trình ở Bước S1 và thông tin trong mô hình DB 103. Fig.6 minh họa ví dụ về mô hình tính toán truyền nhiệt không ổn định ba chiều được xây dựng. Vùng R1 được minh họa trên Fig.6 đại diện cho một vùng tương ứng với các khuôn tám đồng 11, và một vùng ở mặt trong của vùng này đại diện cho một vùng tương ứng với thép nóng chảy 5 hoặc vỏ hóa rắn 9. Theo phương án này, khuôn 1 được chia một khoảng bằng nhau $dz = 50$ [mm] theo hướng chiều cao. Theo hướng chiều rộng và chiều dày, khuôn 1 chỉ được chia ra một khoảng là 2 mm trong vùng R2 nơi mà vỏ hóa rắn 9 dự kiến sẽ hình thành, và phần trung tâm của thép nóng chảy 5 được chia theo cách mà khoảng ô tính toán có thể thay đổi tùy thuộc vào chiều rộng dây phôi và độ dày của dây phôi, trong khi vẫn giữ cố định số lượng lưới. Trong hiện tượng truyền nhiệt theo chiều cao của khuôn 1, số Péclet Pe theo thứ tự là 10^4 , số Péclet có thể tính được với công thức sau (2).

$$Pe = \frac{\rho u C_p}{k \frac{L}{L}} \quad (2)$$

Trong phương trình (2), L [m] biểu thị chiều cao của khuôn 1. Số Péclet Pe là một số không có thứ nguyên biểu thị tỷ lệ đối lưu và khuếch tán trong chuyển động của nhiệt, và khi số Péclet Pe càng lớn, điều đó có nghĩa là sự đối lưu có ảnh hưởng lớn hơn

đến sự chuyển động của nhiệt. Nói cách khác, điều kiện đối lưu đóng góp nhiều hơn dẫn nhiệt. Do đó, theo hướng chiều cao của khuôn 1, thép nóng chảy 5 chuyển động xuống với tốc độ đúc mà không tính đến sự dẫn nhiệt. Với giả thiết này, hiện tượng được biểu diễn bằng mô hình tính toán truyền nhiệt không ổn định ba chiều có thể được tái tạo bằng cách sắp xếp các mô hình tính toán truyền nhiệt không ổn định hai chiều theo hướng chiều cao. Nhiệt độ tại các ô tính toán theo chiều rộng và chiều dày của khuôn 1 thu được bằng cách thay ngẫu nhiên vào phương trình truyền nhiệt không ổn định hai chiều được chỉ ra bên dưới trong Công thức (3).

$$\rho \frac{\partial(C_P T)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) \quad (3)$$

Giả định rằng nhiệt độ nước làm mát $T_{\text{nước}}$ không đổi, và điều kiện biên của mặt phân cách giữa khuôn tấm đồng 11 và nước làm mát được thiết lập tuân theo định luật làm mát Newton được chỉ ra trong Phương trình (4) dưới đây, sử dụng hệ số truyền nhiệt $h_{\text{nước}}$.

$$-k \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) = h_{\text{nước}} (T - T_{\text{nước}}) \quad (4)$$

Fig.7 minh họa mối quan hệ giữa nhiệt độ thu được bằng cách tính toán phương trình truyền nhiệt không ổn định hai chiều được chỉ ra trong Công thức (3) cho đến khi đạt được trạng thái ổn định, và khoảng cách từ bề mặt của khuôn tấm đồng 11. Nhiệt độ đường lòng T_L và nhiệt độ đường rắn T_s thu được từ phương trình hồi quy của thành phần hóa học loại thép và nhiệt độ được sử dụng trong hoạt động thực tế. Trong phần thép nóng chảy, chiều dày vỏ hóa rắn thu được khi coi các ô tính toán có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ đường rắn T_s là phần vỏ hóa rắn 9. Hơn nữa, do phần thép nóng chảy có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ đường lòng T_L được tạo đủ, nhiệt độ đồng nhất đã được đặt cho các ô tính toán của phần này, tại mỗi bước thời gian. Kết quả là, quy trình ở Bước S2 kết thúc, và quy trình ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn chuyển sang quy trình ở Bước S3.

Trong quy trình ở Bước S3, đơn vị tính toán mô hình truyền nhiệt 107 tính toán lượng co ngót hóa rắn và hệ số truyền nhiệt toàn phần giữa khuôn 1 và vỏ hóa rắn 9, sử dụng thông tin thu được từ quy trình ở Bước S1 và Bước S2 và thông tin trong mô hình

DB 103. Khuôn 1 được thôn nhọn theo hướng từ trên xuống dưới, có tính đến độ co hóa rắn. Ở phần trên của khuôn 1, do lượng co ngót hóa rắn lớn hơn lượng co ngót nên độ dày của không khí được gọi là khe hở không khí giữa vỏ hóa rắn 9 và khuôn tấm đồng 11 lớn. Ngược lại, ở phần dưới của khuôn 1, do tốc độ phát triển của lớp vỏ hóa rắn dần chậm lại và lượng co ngót của quá trình hóa rắn trở nên nhỏ hơn phần thon nên đôi khi độ dày khe hở không khí bị giảm. Bởi vì khe hở không khí có khả năng chịu nhiệt cao và đóng góp nhiều vào lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn và độ dày vỏ hóa rắn, điều quan trọng là phải tái tạo lượng co ngót hóa rắn trong mô hình. Do đó, lượng co ngót hóa rắn đã được tính toán. Để bắt đầu, sự phụ thuộc nhiệt độ của khối lượng riêng thép được thiết lập như minh họa trong Fig.8 (xem Tài liệu không thuộc sáng chế 1), làm ví dụ, và tốc độ co ngót $r_{ngót}$ của lớp vỏ hóa rắn được xác định trong Công thức (5).

$$r_{rót} = \left(\frac{\rho_1}{\rho_0} \right)^{-\frac{1}{3}} \quad (5)$$

Trong phương trình (5), ρ_0 biểu thị khối lượng riêng thép nóng chảy tương ứng với nhiệt độ thép nóng chảy ngay sau khi thép nóng chảy được thoát ra, và ρ_1 biểu thị khối lượng riêng thép nóng chảy tương ứng với nhiệt độ bề mặt bên ngoài của vỏ hóa rắn. Lượng co ngót hóa rắn có thể được tính bằng cách trừ chiều rộng dây phôi từ tổng các phép nhân của tốc độ co rút với chiều rộng dx của các ô tính toán tương ứng trong mô hình truyền nhiệt, tổng được tính theo hướng chiều rộng, và tốc độ co rút là thu được từ các ô tính toán tương ứng. Khi đó, khe hở không khí $d_{khôngkhí}$ tại mỗi vị trí độ cao được suy ra, sử dụng Công thức (7) dưới đây, bằng cách lấy công thức (6) trừ đi độ cong $d_{côn}$ thu được từ lượng co ngót hóa rắn.

$$d_{côn} = \frac{C_1 w \Delta h}{100} \quad (6)$$

$$d_{khôngkhí} = (w - \Sigma (r_{rót} \times dx)) - d_{côn} \quad (7)$$

Trong phương trình (5) và (6), C_1 [%/m] biểu thị tỷ lệ thu nhỏ; w [m] biểu thị chiều rộng dây phôi; và Δh [m] biểu thị khoảng cách từ mặt khum theo hướng chiều cao. Còn có một lớp bột khuôn 7 trên mặt phân cách giữa khuôn tấm đồng 11 và vỏ hóa rắn 9, ngoài ra còn có khe hở không khí nên hệ số truyền nhiệt toàn phần $h_{tổng}$ giữa khuôn và vỏ hóa rắn, lấy lượng của sự co ngót do hóa rắn được xem xét, được suy ra từ

Công thức (8) chỉ ra dưới đây.

$$h_{tong} = A \exp (d_{khongkhí}/d_0) + B \quad (8)$$

Tốt hơn là, các tham số A, B và d_0 trong Phương trình (8) được điều chỉnh dựa trên dữ liệu thực tế trước, trước khi nhập các tham số này vào mô hình DB 103. Theo cách này, quy trình tại Bước S3 đã kết thúc và quy trình ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn chuyển sang quy trình ở Bước S4.

Trong quy trình ở Bước S4, bộ xử lý số học 104 lưu trữ kết quả tính toán trong mô hình DB 103 và thiết bị đầu ra 108. Theo cách này, quy trình ở Bước S4 kết thúc, và quy trình ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn chuyển sang quy trình ở Bước S5.

Trong quy trình ở Bước S5, đơn vị xử lý số học 104 xác định xem quá trình đổ đã kết thúc hay chưa. Kết quả của việc xác định, nếu quá trình đổ đã kết thúc (Có ở Bước S5), đơn vị xử lý số học 104 sẽ kết thúc trình tự của quy trình ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn. Nếu quá trình đổ chưa kết thúc (Không ở Bước S5), đơn vị xử lý số học 104 cập nhật bước thời gian và quay lại quy trình ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn về quy trình ở Bước S1.

[Quy trình sửa lỗi nhiều không xác định]

Với quy trình ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn được mô tả ở trên, không thể xem xét từng sự nhiễu loạn chưa biết xuất hiện trong dây chuyền đúc liên tục thực tế. Do đó, các tính toán về nhiệt độ khuôn tấm đồng và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn có thể bị sai lệch so với các phép đo thực tế và độ chính xác ước tính của sự phân bố độ dày của lớp vỏ hóa rắn 9 có thể bị giảm sút. Do đó, để cải thiện độ chính xác ước tính của sự phân bố độ dày của lớp vỏ hóa rắn 9, cần xem xét cung cấp lại các sai số về nhiệt độ của khuôn tấm đồng và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn, các sai số do nhiễu loạn không xác định, để tính toán mô hình truyền nhiệt.

Đầu tiên, để giảm thiểu số lượng các biến được sử dụng để giải thích sai số nhiệt độ tại nhiều điểm, sai số nhiệt độ được sử dụng trong hiệu chuẩn, một đại lượng đặc trưng đã được trích xuất bằng cách chạy phân tích thành phần chính. Bởi vì có thể giả định rằng nhiệt độ của các khuôn tấm đồng biểu hiện các hành vi tương tự trên toàn cầu theo sự thay đổi của dòng thép nóng chảy, nên ở đây giả thiết rằng ảnh hưởng của dòng chảy thép nóng chảy, trong số các tác động của nhiễu, có thể được giải thích bằng cách sử dụng thành phần chính của nhiệt độ. Hơn nữa, trong tính toán mô hình truyền nhiệt

theo phương án này, do sự thay đổi trong dòng chảy thép nóng chảy được chuyển thành độ dẫn nhiệt của vùng bán rắn, một tham số để hiệu chỉnh độ dẫn nhiệt của vùng bán rắn (sau đây gọi là thông số độ dẫn nhiệt) được xác định theo cách làm giảm sai số về nhiệt độ khuôn tấm đồng.

Ngược lại, sự thay đổi khe hở không khí diễn ra cục bộ ở một phần bên trong khuôn. Do đó, theo giả định rằng sự thay đổi khe hở không khí diễn ra đồng nhất theo hướng chiều cao của khuôn, giống như vết nứt dọc trên bề mặt dây phôi và hệ số truyền nhiệt toàn phần giữa khuôn tấm đồng và vỏ hóa rắn đã được thay đổi tại mỗi vị trí theo hướng chiều rộng của khuôn. Cụ thể, khi hệ số truyền nhiệt toàn phần càng lớn, thì nhiệt trở càng nhỏ, và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn sẽ tăng lên. Do đó, lượng hiệu chỉnh của hệ số truyền nhiệt toàn phần được xác định để đưa việc tính toán lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn gần với phép đo thực tế, tại mỗi vị trí theo chiều rộng của khuôn. Nếu lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn có thể được hiệu chỉnh tại mỗi vị trí theo chiều rộng của khuôn, thì tổng lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn cũng sẽ phù hợp.

[Phương pháp hiệu chỉnh thông số dẫn nhiệt]

Sự khác biệt giữa phép đo thực tế và phép tính nhiệt độ khuôn tấm đồng bao gồm một số độ lệch trong giá trị trung bình của chúng: ở đây giả định rằng độ lệch này là kết quả của độ lệch toàn phần trong khe hở không khí. Do đó, đối với mỗi phép đo thực tế và tính toán nhiệt độ khuôn tấm đồng, độ lệch của nhiệt độ tại các điểm đo nhất định ở cùng vị trí độ cao của khuôn, độ lệch đó so với giá trị trung bình, được tính toán tại mỗi thời điểm, và sau đó thu được sự khác biệt giữa độ lệch trong phép đo thực tế và độ lệch trong tính toán. Sự khác biệt này được ký hiệu là ΔT_i ($i = 1$ đến N). Bằng cách áp dụng phân tích thành phần chính, trục dài của hình elip được lấy ra làm thành phần chính. Khi $\Delta T_{i,PCA}$ biểu thị lỗi nhiệt độ có thể giải thích được với thành phần chính tại mỗi điểm đo và $\Delta T_{i,nhiều}$ biểu thị lỗi nhiệt độ do nhiều không thể giải thích được với thành phần chính, một quan hệ được chỉ ra trong Công thức (9) bên dưới được thiết lập. Do đó, sai số nhiệt độ $\Delta T_{i,PCA}$ được bù bằng cách điều chỉnh thông số dẫn nhiệt của vùng bán hóa rắn, và sai số nhiệt độ $\Delta T_{i,nhiều}$ được bù bằng cách điều chỉnh hệ số truyền nhiệt toàn phần.

$$\Delta T_i = \Delta T_{i,PCA} + \Delta T_{i,nhiều} \quad (9)$$

Để có thể giải thích phần mô phỏng của sự thay đổi nhiệt độ diễn ra trong dây chuyền đúc liên tục thực tế, có thể giải thích được bằng cách sử dụng một thành phần

chính, một dạng nhiệt độ có hình dạng tương tự như của thành phần chính đã được tạo ra bằng cách thực hiện tính toán mô hình truyền nhiệt. Cụ thể, tính toán mô hình truyền nhiệt được thực hiện cho đến khi đạt được trạng thái ổn định trong cả hai trường hợp này, đồng thời thay đổi thông số dẫn nhiệt một cách tối ưu tại mỗi vị trí theo hướng chiều rộng của khuôn, trong một điều kiện đầu vào nhất định và sự khác biệt giữa nhiệt độ trước và sau khi thay đổi tham số sẽ được tính toán. Dạng nhiệt độ tương ứng với sự thay đổi nhỏ $\Delta\alpha_i$ trong độ dẫn nhiệt của vùng bán hóa rắn, tại mỗi vị trí theo hướng chiều rộng của khuôn, được ký hiệu là $\Delta T_{i,mẫu}$. Mối quan hệ giữa mẫu nhiệt độ $\Delta T_{i,mẫu}$ tại mỗi vị trí theo hướng chiều rộng của khuôn và thành phần chính thu được được minh họa trên Fig.9. Trên Fig.9, đường chấm biểu thị dạng nhiệt độ $\Delta T_{i,mẫu}$, và đường liền nét biểu thị thành phần chính. Trong ví dụ minh họa trên Fig.9, hệ số tương quan giữa mẫu nhiệt độ $\Delta T_{i,mẫu}$ và thành phần chính là 0,88, và do đó, có thể coi là hình dạng của thành phần chính đã được mô phỏng thành công.

Tham số độ dẫn nhiệt sau đó đã được xác định, và độ dẫn nhiệt trong tính toán mô hình truyền nhiệt sau đó đã được sửa chữa bằng cách khớp lỗi nhiệt độ khuôn tấm đồng với mẫu nhiệt độ. Cụ thể, tham số độ dẫn nhiệt a thu được bằng phép phân tích hồi quy tuyến tính bội được chỉ ra trong Công thức (11) dưới đây theo cách mà mối quan hệ được chỉ ra trong Công thức (10) dưới đây được thiết lập gần đúng giữa chênh lệch ΔT_i và mẫu nhiệt độ $\Delta T_{i,mẫu}$.

$$\begin{pmatrix} \Delta T_1 \\ \Delta T_2 \\ \vdots \\ \Delta T_N \end{pmatrix} = a \begin{pmatrix} \Delta T_{1,mẫu} \\ \Delta T_{2,mẫu} \\ \vdots \\ \Delta T_{N,mẫu} \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$a = (\Delta T_{mẫu}^T \Delta T_{mẫu})^{-1} \Delta T_{mẫu}^T \Delta T \quad (11)$$

Độ dẫn nhiệt $\alpha_i(t)$ tại thời điểm t sau đó được hiệu chỉnh bằng Công thức (12) được chỉ ra bên dưới, sử dụng tham số độ dẫn nhiệt a được tính toán và sự thay đổi nhỏ $\Delta\alpha_i$ trong độ dẫn nhiệt.

$$\alpha_i(t+1) = \alpha_i(t) + a\Delta\alpha_i \quad (12)$$

[Phương pháp hiệu chỉnh hệ số truyền nhiệt toàn phần]

Tính toán mô hình truyền nhiệt được thực hiện cho đến khi đạt được trạng thái ổn định, đồng thời thay đổi hệ số truyền nhiệt toàn phần một cách nhanh chóng, tại mỗi vị trí theo hướng chiều rộng của khuôn, trong cùng điều kiện đầu vào như đã sử dụng trong phần trước. Sau đó tính toán sự chênh lệch giữa lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn trước và sau khi thay đổi hệ số truyền nhiệt toàn phần. Lượng thay đổi của hệ số truyền nhiệt toàn phần được ký hiệu là $\Delta\beta$, và lượng thay đổi của lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn được ký hiệu là ΔQ . Hệ số b_i sau đó thu được theo cách mà mối quan hệ chỉ ra trong Công thức (13) được thiết lập giữa sai số ΔHL_i trong lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn và lượng thay đổi $\Delta\beta$ trong hệ số truyền nhiệt toàn phần và lượng thay đổi ΔQ nhiệt lượng thoát ra khỏi khuôn, tại mỗi vị trí theo chiều rộng của khuôn. Sử dụng hệ số thu được b_i và lượng thay đổi $\Delta\beta$ trong hệ số truyền nhiệt toàn phần, hệ số truyền nhiệt toàn phần $\beta_i(t)$ tại thời điểm t được hiệu chỉnh như chỉ ra trong Công thức (14) dưới đây. Bằng cách làm theo các bước được mô tả ở trên, $(i+1)$ các giá trị chưa biết khác nhau $a, b_1, b_2, \dots, b_i$ đã được tính thành công.

$$\Delta HL_i = \frac{\Delta Q}{\Delta\beta} \cdot b_i \quad (13)$$

$$\beta_i(t+1) = \beta_i(t) + b_i \Delta\beta \quad (14)$$

[Kiểm soát lượng nước làm mát thứ cấp]

Lấy chiều dày trung bình d_{tb} , và chênh lệch Δd giữa giá trị lớn nhất d_{max} và giá trị nhỏ nhất d_{min} ($\Delta d = d_{max} - d_{min}$) của chiều dày vỏ hóa rắn trong khuôn d , khi tỷ số $\Delta d/d_{tb}$ cao, thì độ biến thiên của độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn d tương đối cao, và có một số vùng mà độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn d nhỏ hơn độ dày trung bình d_{tb} . Các nhà phát minh của sáng chế này đã phát hiện ra rằng nguy cơ phá vỡ tăng nhanh chóng khi tỷ số $\Delta d/d_{tb}$ bằng hoặc lớn hơn 0,1, tại vị trí l mà chiều dày vỏ hóa rắn trong khuôn được ước tính theo hướng đúc, vị trí l là vị trí thỏa mãn điều kiện $l/L \geq 0,2$ so với tổng chiều dài L của khuôn theo hướng đúc. Do đó, khi tỷ lệ $\Delta d/d_{tb}$ bằng hoặc lớn hơn 0,1, lượng nước làm mát thứ cấp được kiểm soát để loại bỏ phần mà độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn d mỏng, tại thời điểm mà một vùng như vậy đạt đến vùng làm mát thứ cấp nằm ngay bên dưới khuôn, trên một phạm vi trong đó tỷ lệ d/D bằng hoặc nhỏ hơn 0,25, tỷ số d/D là tỷ số giữa chiều dày vỏ hóa rắn trong khuôn so với độ dày dây phôi D ngay

dưới khuôn. Theo cách này, rủi ro phá vỡ, tức là, tỷ lệ $\Delta d/d_{tb}$ có thể được giảm bớt. Là mục tiêu kiểm soát, nên kiểm soát nồng độ nước phun trong vùng làm mát thứ cấp cho đến khi tỷ số $\Delta d/d_{tb}$ giảm xuống mức bằng hoặc nhỏ hơn 0,2, giả sử rằng độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn d phát triển bên trong khuôn sau khi ước lượng được thực hiện. Sẽ thuận lợi cho sự khác biệt Δd và độ sâu trung bình d_{tb} được tính toán và đánh giá cho mỗi mặt của khuôn (mặt trước và mặt sau của mặt rộng và mỗi cạnh của mặt hẹp). Hơn nữa, các giá trị tham chiếu của tỷ số d/D và tỷ số $\Delta d/d_{tb}$ được chỉ ra ở đây chỉ là một số ví dụ và phải được xác định tùy thuộc vào các điều kiện đúc như kích thước khuôn, chiều rộng đúc và tốc độ đúc của thiết bị đúc liên tục.

Như đã giải thích ở trên, thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn 100 là một phương án của sáng chế này bao gồm: đơn vị tính toán mô hình truyền nhiệt 107 ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn bằng cách tính toán phân bố nhiệt độ của khuôn 1 và của thép nóng chảy bên trong khuôn 1, bằng cách giải phương trình truyền nhiệt không ổn định ba chiều bằng cách sử dụng: kết quả đo nhiệt độ và thành phần hóa học của thép nóng chảy 5 trong thùng trung gian của dây chuyền đúc liên tục; kết quả đo chiều rộng và chiều dày của dây phôi được đúc và tốc độ đúc trong dây chuyền đúc liên tục; kết quả đo nhiệt độ của khuôn tám đồng và nhiệt lượng thoát ra khỏi khuôn trong dây chuyền đúc liên tục; và một công thức mô hình và một thông số liên quan đến phản ứng hóa rắn của thép nóng chảy 5 bên trong khuôn 1 của dây chuyền đúc liên tục. Đơn vị tính toán mô hình truyền nhiệt 107 sau đó sửa các sai số về nhiệt độ của khuôn tám đồng và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn, bằng cách hiệu chỉnh độ dẫn nhiệt và hệ số truyền nhiệt toàn phần giữa khuôn tám đồng 11 và vỏ hóa rắn, qua một vùng có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ đường rắn và thấp hơn nhiệt độ đường lỏng của thép nóng chảy 5. Bằng cách này, có thể ước tính chính xác độ dày của lớp vỏ hóa rắn bên trong khuôn 1. Hơn nữa, khi thép được đúc liên tục, bằng cách kiểm soát lượng nước làm mát thứ cấp ngay bên dưới khuôn dựa trên độ dày vỏ hóa rắn ước tính trong khuôn, có thể đúc thép liên tục một cách hiệu quả, đồng thời hạn chế rủi ro xảy ra hiện tượng phá vỡ, ngay cả khi độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn mỏng. Đơn vị tính toán mô hình truyền nhiệt 107 cũng có thể sửa lỗi về nhiệt độ khuôn tám đồng và lượng nhiệt lấy ra khỏi khuôn, bằng cách chỉ hiệu chỉnh hệ số truyền nhiệt toàn phần giữa khuôn tám đồng 11 và vỏ hóa rắn.

[Ví dụ]

[Ví dụ 1]

Trong ví dụ này, trong tính toán mô hình truyền nhiệt, các sai số về nhiệt độ của khuôn tấm đồng và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn được sửa bằng cách hiệu chỉnh tham số dẫn nhiệt và hệ số truyền nhiệt toàn phần. Một nhà máy ảo đã được tạo ra, với các nhiễu động được đưa vào đó một cách nhân tạo bằng một mô phỏng, và các ước lượng tham số được thực hiện, để xác nhận xem liệu có thể ước tính thông số dẫn nhiệt tương ứng với sự thay đổi trong dòng thép nóng chảy và hệ số truyền nhiệt toàn phần hay không tương ứng với sự thay đổi cục bộ trong khe hở không khí, một cách chính xác theo một cách riêng biệt. Trình bày sau đây là một số kết quả mô phỏng đạt được bằng cách thay đổi thông số dẫn nhiệt cho mặt trước của khuôn theo hướng cạnh dài, theo hình dạng sóng sin. Fig.10 minh họa sự chênh lệch nhiệt độ tấm khuôn đồng so với mức trung bình của chúng, tại sáu điểm dọc theo vị trí chiều cao khuôn nhất định theo hướng chiều rộng, và Fig.11 minh họa sự thay đổi theo thời gian của lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn. Đường liền nét đại diện cho các giá trị của nhà máy ảo và đường chấm biểu thị các giá trị của các tính toán mô hình truyền nhiệt. Như được minh họa trong các hình Fig.10 và 11, khi phản hồi được bắt đầu, sự khác biệt giữa giá trị từ nhà máy ảo và tính toán mô hình truyền nhiệt trở nên nhỏ hơn. Trong các ước lượng tham số được thực hiện trong điều kiện này, tham số dẫn nhiệt và hệ số truyền nhiệt tổng thể đã được ước tính thành công theo một cách riêng biệt, như được minh họa trong các hình Fig.12 và 13. Hơn nữa, Fig. 14 chỉ ra sự phân bố độ dày của lớp vỏ đã hóa rắn tại sáu điểm theo hướng chiều rộng được chỉ ra trong Fig.13, ở phần cuối dưới cùng của khuôn. Như minh họa trên Fig.14, người ta đã xác nhận rằng độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn trong nhà máy ảo và mô hình truyền nhiệt đã được hiệu chỉnh thành công. Các hình Fig.12 đến 14, đường liền nét đại diện cho các giá trị của nhà máy ảo và đường chấm biểu thị các giá trị của tính toán mô hình truyền nhiệt.

[Ví dụ 2]

Trong ví dụ này, trong tính toán mô hình truyền nhiệt, các sai số về nhiệt độ của khuôn tấm đồng và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn được sửa chữa bằng cách chỉ hiệu chỉnh hệ số truyền nhiệt toàn phần. Một nhà máy ảo trong đó nhiễu động được tạo ra một cách nhân tạo bằng cách mô phỏng được tạo ra và các ước lượng tham số được thực hiện, để xác nhận xem liệu có thể ước tính hệ số truyền nhiệt toàn phần, tương ứng với sự thay đổi của khe hở không khí cục bộ, một cách chính xác trong một cách thức riêng biệt. Trình bày sau đây là một số kết quả mô phỏng đạt được bằng cách thay đổi

thông số dẫn nhiệt cho mặt trước của khuôn theo hướng cạnh dài, theo hình dạng sóng sin. Fig.15 minh họa sự chênh lệch của nhiệt độ khuôn tấm đồng so với mức trung bình của chúng, tại sáu điểm dọc theo một vị trí chiều cao khuôn nhất định theo hướng chiều rộng, và Fig.16 minh họa sự thay đổi theo thời gian của lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn. Đường liền nét đại diện cho các giá trị của nhà máy ảo và đường chấm biểu thị các giá trị của tính toán mô hình truyền nhiệt. Như được minh họa trên các hình Fig.15 và 16, khi phản hồi được bắt đầu, sự khác biệt giữa giá trị từ nhà máy ảo và tính toán mô hình truyền nhiệt trở nên nhỏ hơn. Trong ước lượng tham số được thực hiện lần này, mặc dù không thể ước tính tham số dẫn nhiệt theo cách riêng biệt, như được minh họa trên Fig.17, có thể ước tính hệ số truyền nhiệt toàn phần theo một cách riêng biệt, như được minh họa trên Fig.18. Hơn nữa, Fig.19 chỉ ra sự phân bố độ dày của lớp vỏ đã hóa rắn tại sáu điểm theo hướng chiều rộng được chỉ ra trên Fig.18, ở phần cuối đầu ra của khuôn. Như minh họa trên Fig.18, người ta xác nhận rằng độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn trong nhà máy ảo và tính toán mô hình truyền nhiệt đã được hiệu chỉnh thành công. Trên các hình Fig.17 đến 19, đường liền nét biểu thị các giá trị của nhà máy ảo và đường chấm biểu thị các giá trị của các tính toán mô hình truyền nhiệt.

[Ví dụ 3]

Trong ví dụ này, giả sử các ví dụ so sánh từ 1 đến 3 không có sự kiểm soát lượng nước làm mát thứ cấp và các ví dụ 1 đến 3 có sự kiểm soát lượng nước làm mát thứ cấp ở phía hạ lưu của vị trí ngay bên dưới khuôn, Bảng 2 dưới đây trình bày các ước lượng về tỷ lệ $\Delta d/d_{tb}$ bên trong khuôn, ước tính được thực hiện dựa trên độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn được ước tính bằng cách sử dụng phương pháp mô tả ở trên và tỷ lệ $\Delta d/d_{tb}$ tại các vị trí mà tỷ lệ d/D là 0,25, tỷ số d/D thu được bằng cách giải phương trình dẫn nhiệt của vùng làm mát thứ cấp sử dụng độ dày vỏ hóa rắn của mặt ra ngoài của khuôn làm tham chiếu. Như được chỉ ra trong Bảng 2, sự gia tăng tỷ lệ $\Delta d/d_{tb}$ đã bị kìm hãm trong các ví dụ 1 đến 3, so với tỷ lệ trong các ví dụ so sánh 1 đến 3. Với những kết quả này, người ta khẳng định rằng, bằng cách kiểm soát lượng nước làm mát thứ cấp ở phía hạ lưu của vị trí ngay bên dưới khuôn, có thể làm tăng độ dày của vỏ hóa rắn trong khuôn ở phần mà vỏ hóa rắn trong khuôn mỏng, và để giảm nguy cơ phá vỡ.

Bảng 2

	Có / không có điều khiển làm mát thứ cấp	Ước tính $\Delta d/d_{tb}$ bên trong khuôn	$\Delta d/d_{tb}$ với $d/D = 0,25$
Ví dụ so sánh 1	Không có Điều khiển	0,12	0,21
Ví dụ so sánh 2	Không có Điều khiển	0,15	0,25
Ví dụ so sánh 3	Không có Điều khiển	0,17	0,28
ví dụ 1	Với Điều khiển	0,12	0,13
ví dụ 2	Với Điều khiển	0,15	0,16
ví dụ 3	Với Điều khiển	0,17	0,18

Một số phương án về ứng dụng của sáng chế do các nhà sáng chế hiện tại thực hiện đã được giải thích ở trên, nhưng các mô tả và hình vẽ tạo nên một phần của sáng chế bằng các phương án không nhằm mục đích giới hạn phạm vi của trình bày sáng chế theo bất kỳ cách nào. Ví dụ, mối quan hệ giữa tốc độ chảy của thép nóng chảy và độ dẫn nhiệt của vùng bán rắn trong mô hình tính toán truyền nhiệt đã được làm rõ; tuy nhiên, nếu phân bố tốc độ dòng chảy của thép nóng chảy có thể được làm rõ, sẽ có thể cải thiện độ chính xác của ước tính độ dày vỏ hóa rắn được thực hiện bởi mô hình tính toán truyền nhiệt độc lập, bằng cách đưa ra một phương trình chuyển đổi giữa tốc độ dòng chảy của thép nóng chảy và tính dẫn nhiệt của vùng bán hóa rắn. Sau đó, thực hiện phân tích thành phần chính đến sự khác biệt giữa các phép đo thực tế và tính toán nhiệt độ khuôn tấm đồng đều ra từ mô hình tính toán truyền nhiệt với độ chính xác được cải thiện, có thể mong đợi rằng ảnh hưởng của các nhiễu chưa biết ngoài dòng thép nóng chảy và khe hở không khí có thể được bao gồm trong mô hình tính toán truyền nhiệt. Theo cách này, các phương án, ví dụ và công nghệ vận hành khác và các phương án tương tự được thực hiện bởi những người có kỹ năng trong lĩnh vực nghệ thuật dựa trên phương án này đều thuộc phạm vi của sáng chế.

Khả năng áp dụng công nghiệp

Theo sáng chế, thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn và phương pháp ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn có khả năng ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn một cách chính xác cao. Hơn nữa, theo sáng chế, phương pháp đúc thép liên tục có khả năng đúc thép có năng suất cao.

Danh sách các số chỉ dẫn

- 1 khuôn
- 3 vòi phun chìm
- 5 thép nóng chảy
- 7 bột khuôn
- 9 vỏ hóa rắn
- 11 khuôn tấm đồng
- 100 thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn
- 101 thiết bị điều khiển đầu cuối
- 102 thiết bị đầu vào
- 103 mô hình cơ sở dữ liệu (mô hình DB)
- 104 đơn vị xử lý số học
- 107 đơn vị tính toán mô hình truyền nhiệt
- 108 thiết bị đầu ra
- 110 thiết bị hiển thị
- 201 nước làm mát
- 202 vùng bán hóa rắn
- 203 tốc độ dòng chảy của thép nóng chảy
- 204 lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn (100) bao gồm:

thiết bị đầu vào (102) được định cấu hình để nhận đầu vào của:

kết quả đo nhiệt độ của thép nóng chảy (5) trong thùng trung gian của dây chuyền đúc liên tục;

kết quả đo chiều rộng của dây phôi được đúc và tốc độ đúc trong dây chuyền đúc liên tục;

kết quả đo nhiệt độ của khuôn tấm đồng (11) và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn (1) trong dây chuyền đúc liên tục; và

các giá trị đầu vào của thành phần hóa học của thép nóng chảy (5) và độ dày của dây phôi;

mô hình cơ sở dữ liệu (103) được cấu hình để lưu trữ công thức mô hình và tham số liên quan đến phản ứng hóa rắn của thép nóng chảy (5) bên trong khuôn (1) của dây chuyền đúc liên tục; và

mô hình tính toán truyền nhiệt (107) được cấu hình để ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn (9) bằng cách tính toán phân bố nhiệt độ của khuôn (1) và của thép nóng chảy (5) bên trong khuôn (1) bằng cách giải phương trình truyền nhiệt không ổn định ba chiều sử dụng:

kết quả đo nhiệt độ của thép nóng chảy (5) trong dây chuyền đúc liên tục,

kết quả đo chiều rộng của dây phôi được đúc và tốc độ đúc trong dây chuyền đúc liên tục,

kết quả đo nhiệt độ của khuôn tấm đồng (11) và nhiệt lượng thoát ra khỏi khuôn (1) trong dây chuyền đúc liên tục, và

các giá trị đầu vào của thành phần hóa học của thép nóng chảy (5) và độ dày của dây phôi, và

công thức mô hình và thông số, trong đó

mô hình tính toán truyền nhiệt (107) được định cấu hình để sửa lỗi về nhiệt độ của khuôn tấm đồng (11) và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn (1), bằng cách hiệu chỉnh hệ số truyền nhiệt toàn phần giữa khuôn tấm đồng (11) và vỏ hóa rắn (9).

2. Thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn (100) theo điểm 1, trong đó mô hình tính toán truyền nhiệt (107) được cấu hình để sửa lỗi về nhiệt độ khuôn tấm đồng (11) và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn (1), bằng cách hiệu chỉnh độ dẫn nhiệt của vùng có

nhệt độ cao hơn nhệt độ đường rắn và thấp hơn nhệt độ đường lỏng của thép nóng chảy, ngoài việc hiệu chỉnh hệ số truyền nhệt toàn phần.

3. Thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn (100) theo điểm 1 hoặc 2, trong đó mô hình tính toán truyền nhệt (107) được cấu hình để:

tính toán lượng co ngót hóa rắn của thép nóng chảy (5), từ sự phân bố nhệt độ của thép nóng chảy (5) ở bên trong khuôn (1), và

tính toán hệ số truyền nhệt toàn phần giữa khuôn (1) và vỏ hóa rắn (9) dựa trên lượng co ngót của quá trình hóa rắn.

4. Thiết bị ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn (100) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó các giá trị đầu vào của thành phần hóa học của thép nóng chảy (5) và độ dày của dây phôi là kết quả đo thành phần hóa học của thép nóng chảy (5) và độ dày dây phôi.

5. Phương pháp ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn bao gồm:

bước đầu vào để nhập liệu trong thiết bị nhập liệu (102):

kết quả đo nhệt độ của thép nóng chảy (5) trong thùng trung gian của dây chuyền đúc liên tục;

kết quả đo chiều rộng của dây phôi được đúc và tốc độ đúc trong dây chuyền đúc liên tục;

kết quả đo nhệt độ của khuôn tấm đồng (11) và nhệt lượng thoát ra khỏi khuôn (1) trong dây chuyền đúc liên tục; và

giá trị đầu vào của thành phần hóa học của thép nóng chảy (5) và độ dày của dây phôi;

bước lưu trữ để lưu trữ, trong cơ sở dữ liệu mô hình (103), công thức mô hình và thông số liên quan đến phản ứng hóa rắn của thép nóng chảy (5) ở bên trong khuôn (1) của dây chuyền đúc liên tục; và

bước tính toán mô hình truyền nhệt để ước tính, trong đơn vị tính toán mô hình truyền nhệt (107), độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn bằng cách tính toán phân bố nhệt độ của khuôn (1) và của thép nóng chảy (5) bên trong khuôn bằng cách giải phương trình truyền nhệt không ổn định ba chiều sử dụng:

kết quả đo nhệt độ của thép nóng chảy trong dây chuyền đúc liên tục,

kết quả đo chiều rộng của dây phôi được đúc và tốc độ đúc trong dây chuyền đúc liên tục,

kết quả đo nhiệt độ của khuôn tấm đồng và nhiệt lượng được lấy ra khỏi khuôn trong dây chuyền đúc liên tục, và

các giá trị đầu vào của thành phần hóa học của thép nóng chảy và độ dày của dây phôi, và

công thức mô hình và thông số, trong đó bước tính toán mô hình truyền nhiệt bao gồm bước hiệu chỉnh sai số của nhiệt độ khuôn tấm đồng (11) và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn (1), bằng cách hiệu chỉnh hệ số truyền nhiệt toàn phần giữa khuôn tấm đồng (11) và vỏ hóa rắn (9).

6. Phương pháp ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn theo điểm 5, trong đó

bước tính toán mô hình truyền nhiệt bao gồm bước hiệu chỉnh các sai số về nhiệt độ khuôn tấm đồng (11) và lượng nhiệt thoát ra khỏi khuôn (1) bằng cách hiệu chỉnh độ dẫn nhiệt của vùng có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ đường rắn và thấp hơn nhiệt độ đường lỏng của thép nóng chảy, ngoài việc hiệu chỉnh hệ số truyền nhiệt toàn phần.

7. Phương pháp ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn theo điểm 5 hoặc 6, trong đó bước tính toán mô hình truyền nhiệt bao gồm bước:

tính toán lượng co ngót hóa rắn của thép nóng chảy (5), từ sự phân bố nhiệt độ của thép nóng chảy (5) bên trong khuôn (1), và

tính toán hệ số truyền nhiệt toàn phần giữa khuôn (1) và vỏ hóa rắn (9) dựa trên lượng co ngót của quá trình hóa rắn.

8. Phương pháp ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn theo một điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 7, trong đó các giá trị đầu vào của thành phần hóa học của thép nóng chảy (5) và độ dày của dây phôi là kết quả đo thành phần hóa học của thép nóng chảy (5) và độ dày dây phôi.

9. Phương pháp đúc thép liên tục bao gồm:

bước kiểm soát để điều chỉnh lượng nước làm mát thứ cấp dựa trên độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn được ước tính bằng phương pháp ước tính độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 8, trong đó bước kiểm soát bao gồm:

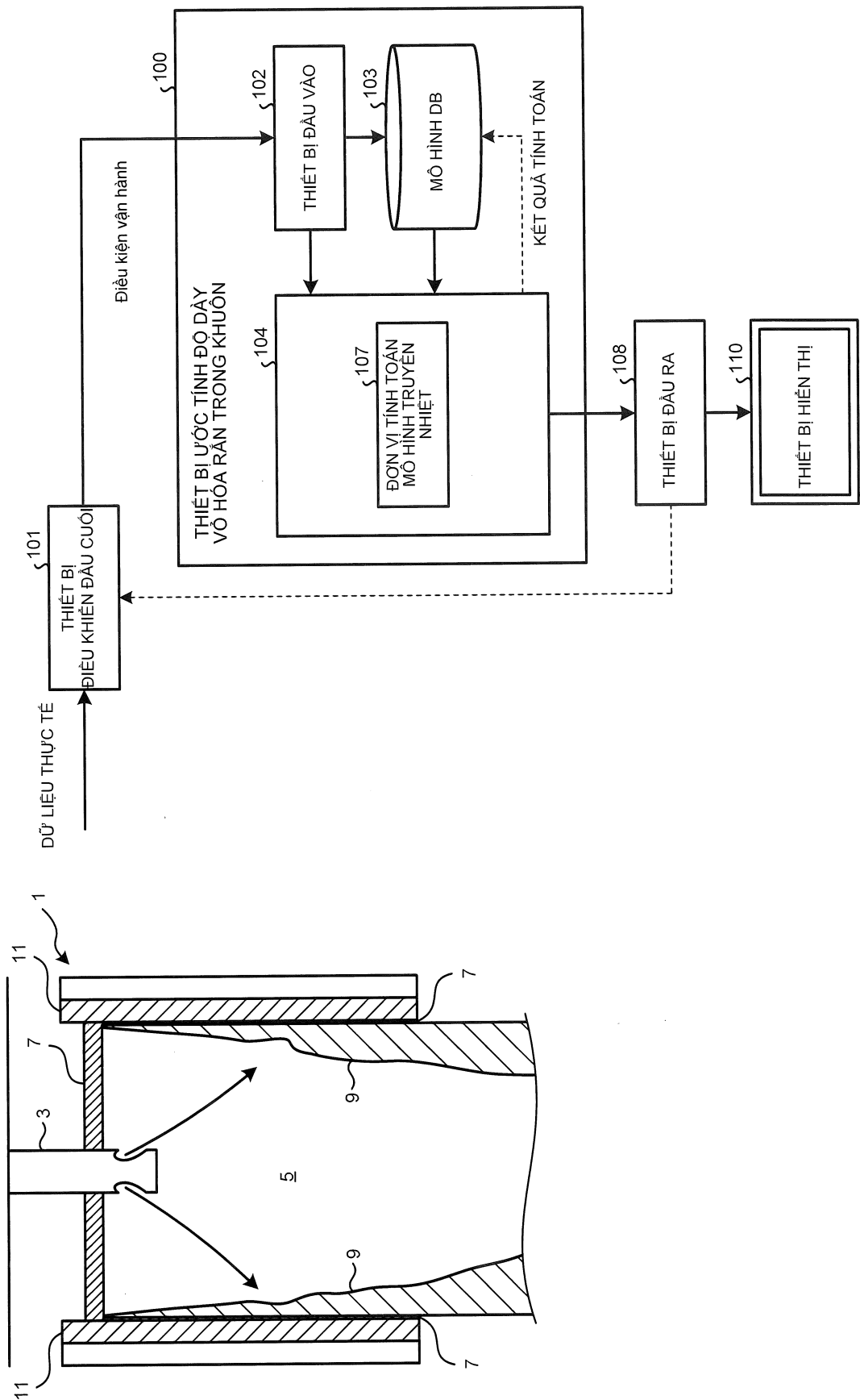
xác định sự bất thường của độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn (9) bằng cách so sánh sự chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của độ dày vỏ hóa rắn bên trong khuôn (9) ở bên trong khuôn (1), độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn là những độ dày trong phạm vi xác định trước, với giá trị trung bình của độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn (9) trong phạm vi xác định trước, trong đó phạm vi xác định trước là vị trí 1 nơi độ dày vỏ

hóa rắn trong khuôn được ước tính theo hướng đúc, vị trí 1 là vị trí thỏa mãn điều kiện $l/L \geq 0,2$ đối với tổng chiều dài L của khuôn theo hướng đúc, và

kiểm soát lượng nước làm mát thứ cấp, khi xác định có bất thường trong độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn (9), chẳng hạn như độ dày vỏ hóa rắn trong khuôn (9) bằng hoặc lớn hơn độ dày tương ứng với một tỷ lệ nhất định của độ dày dây phôi, khi một phần dây phôi đến vùng làm mát thứ cấp dưới khuôn (1).

1/15

FIG.1



2/15

FIG.2

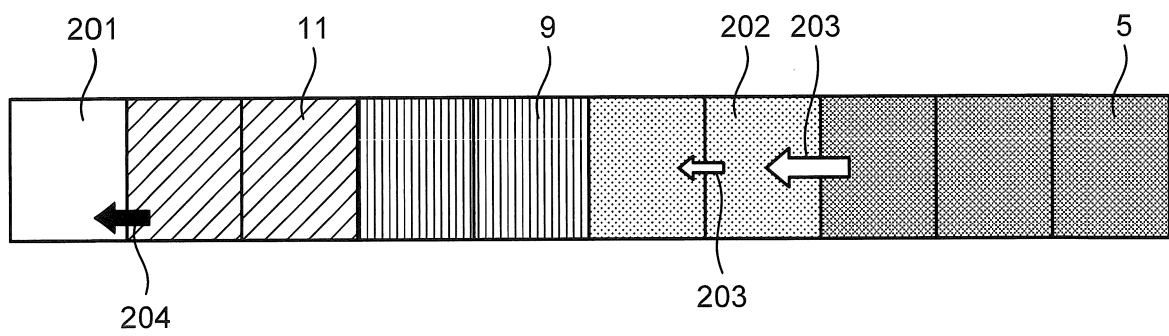
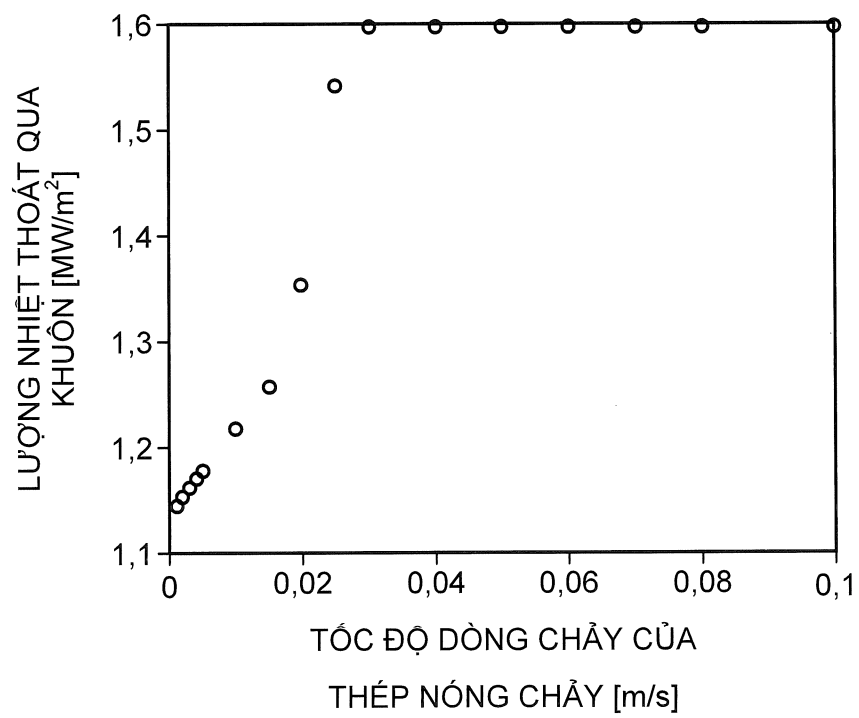
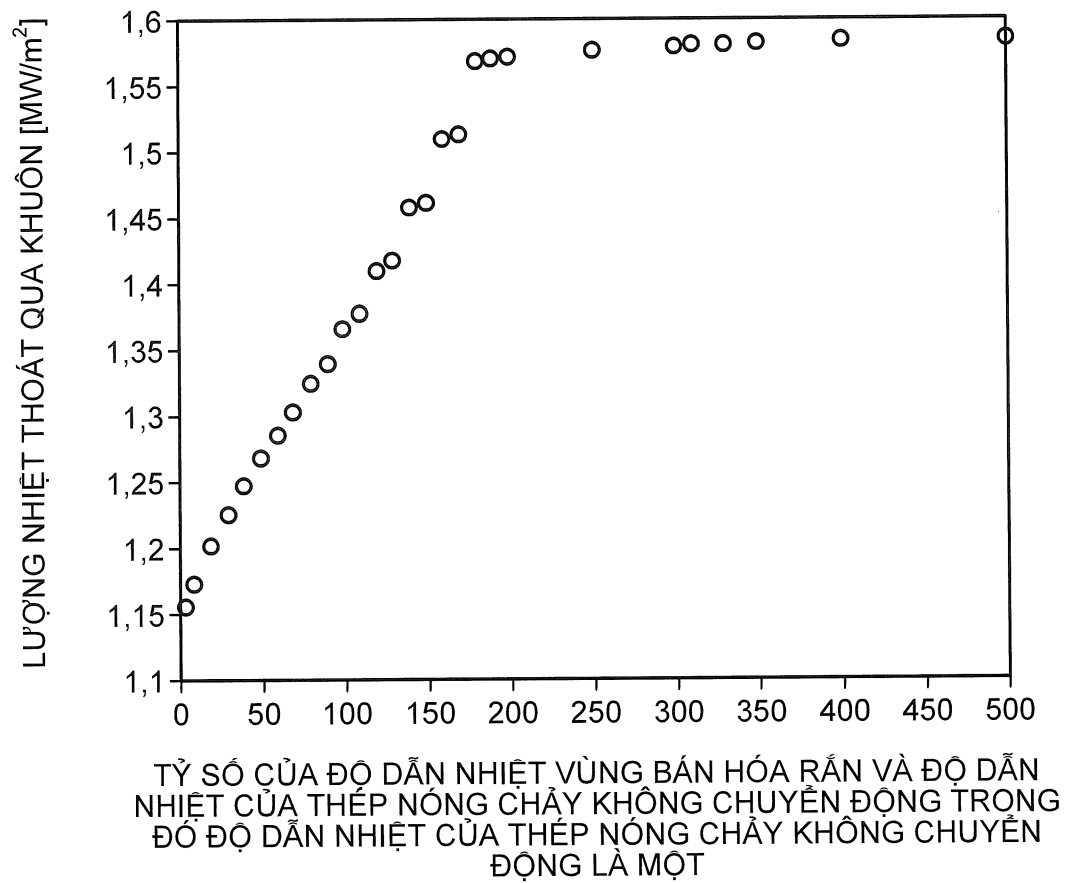


FIG.3



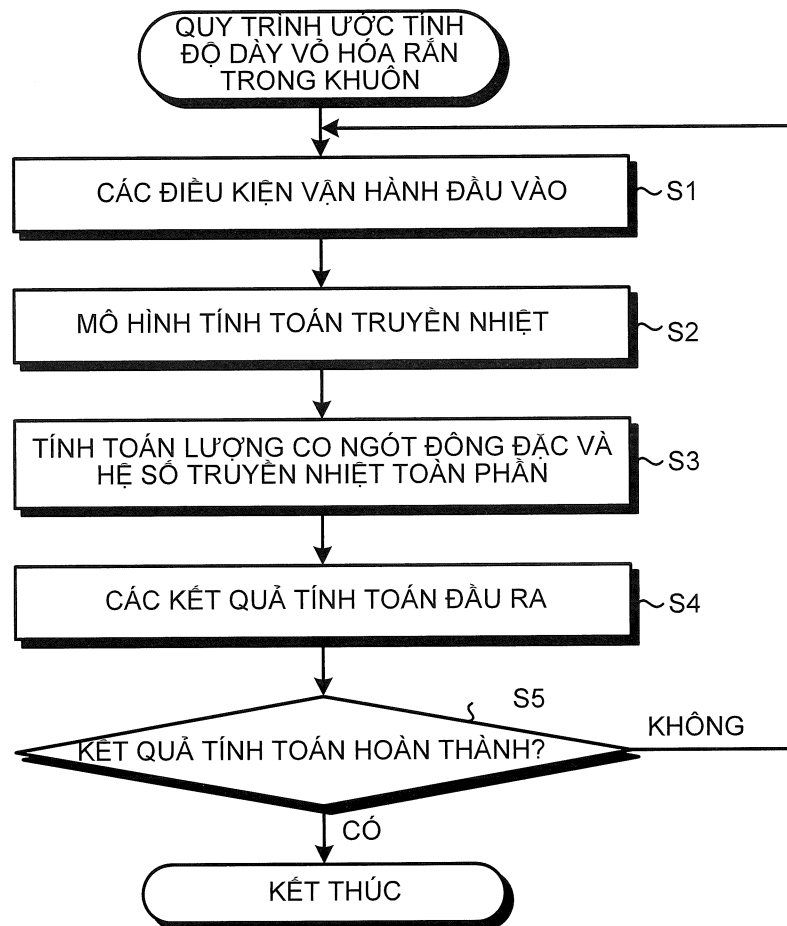
3/15

FIG.4



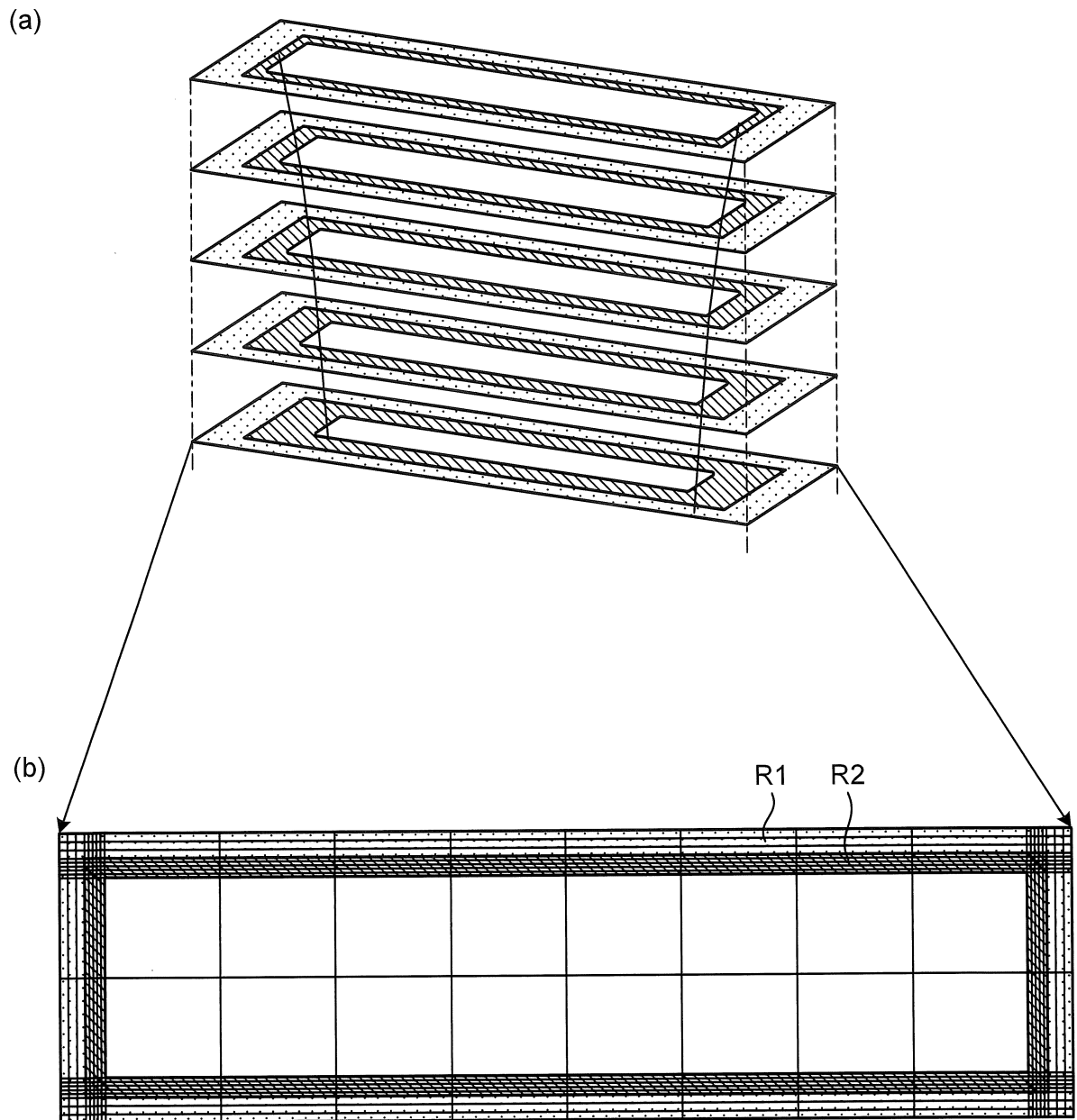
4/15

FIG.5



5/15

FIG.6



6/15

FIG.7

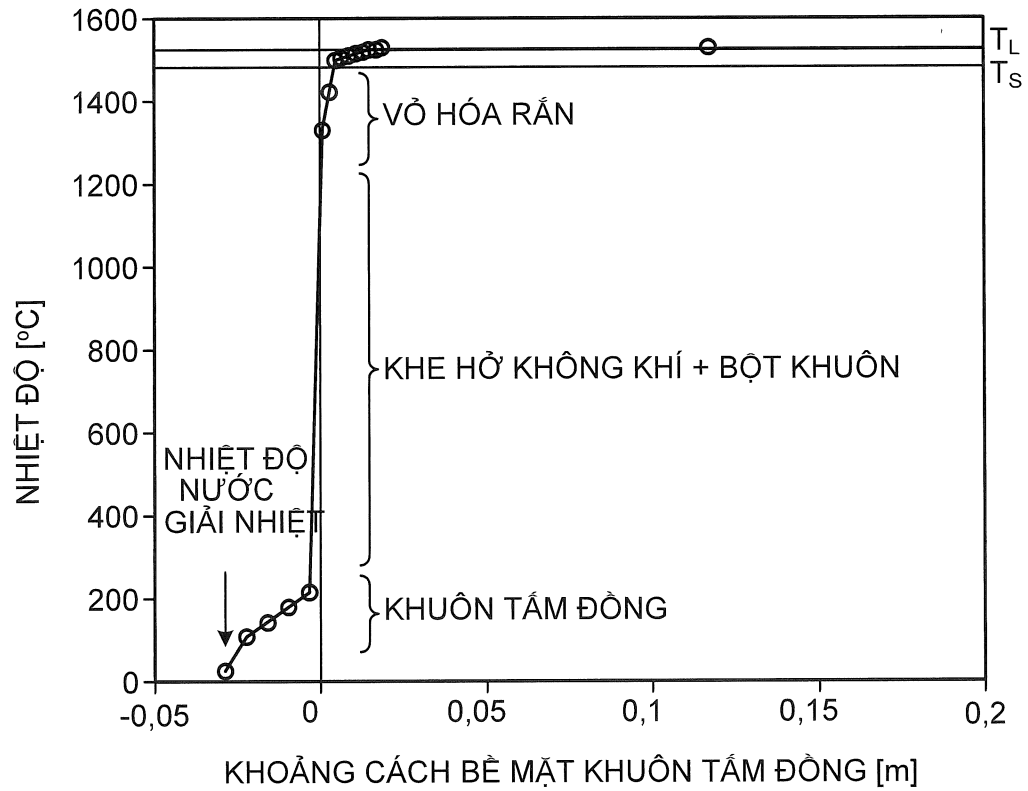
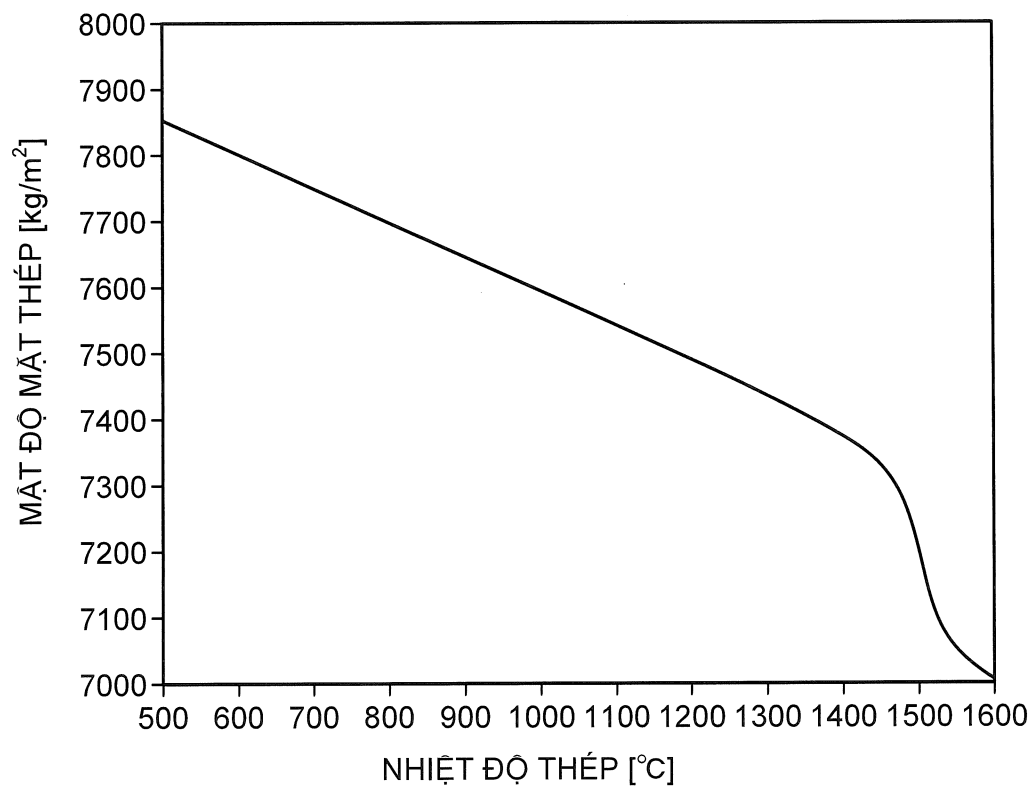
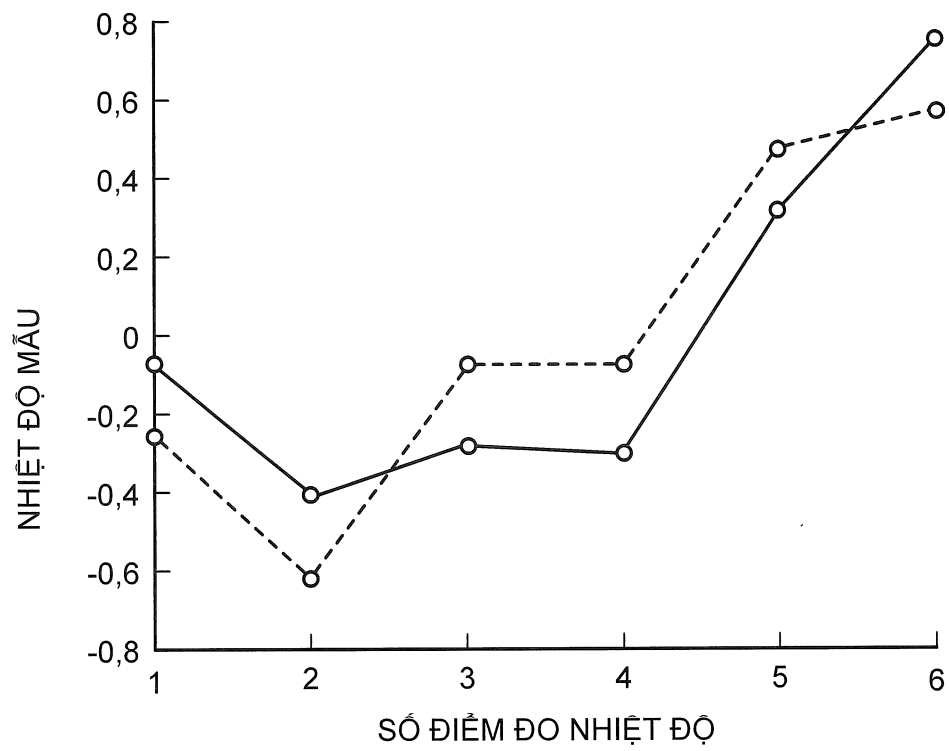


FIG.8



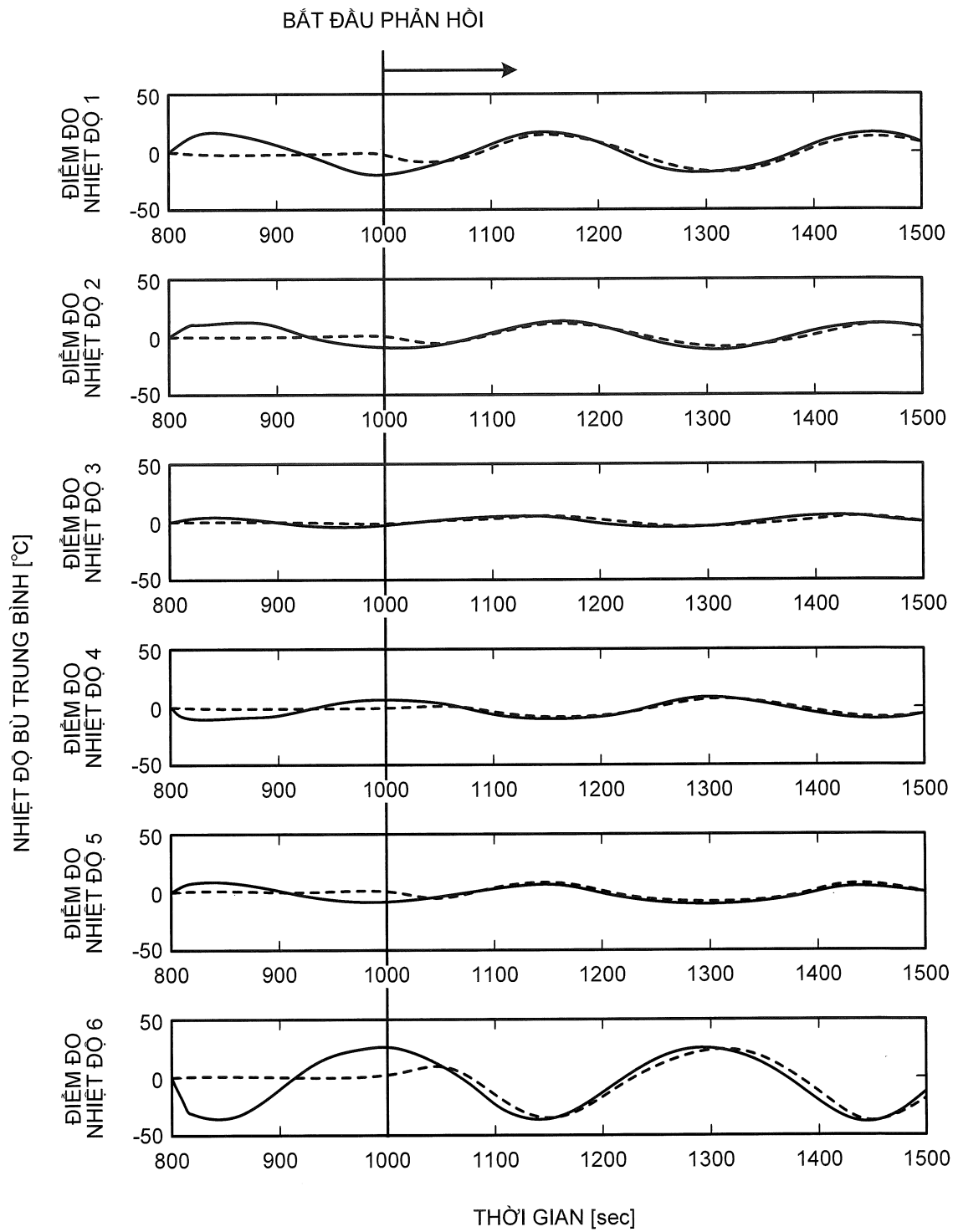
7/15

FIG.9



8/15

FIG.10



9/15

FIG.11

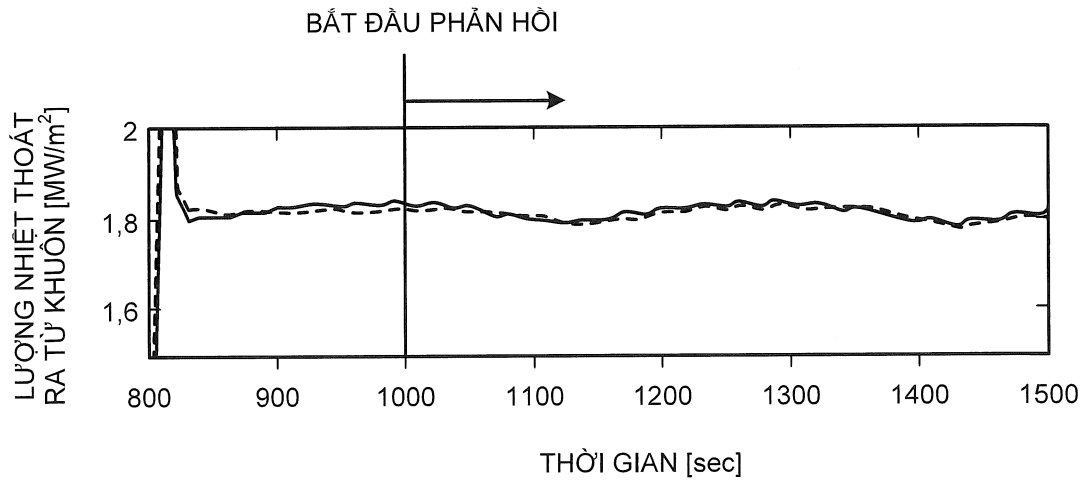
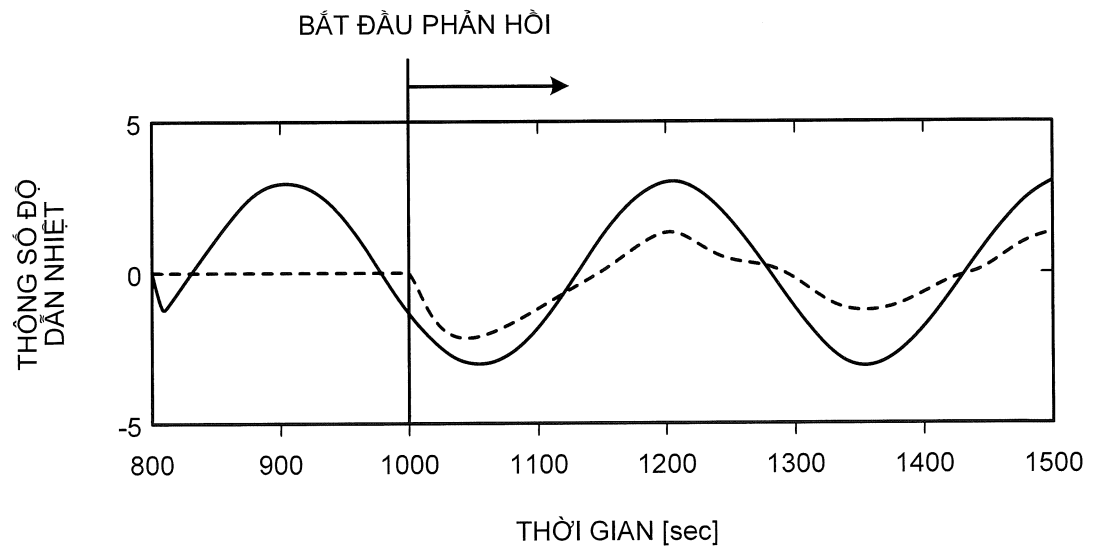
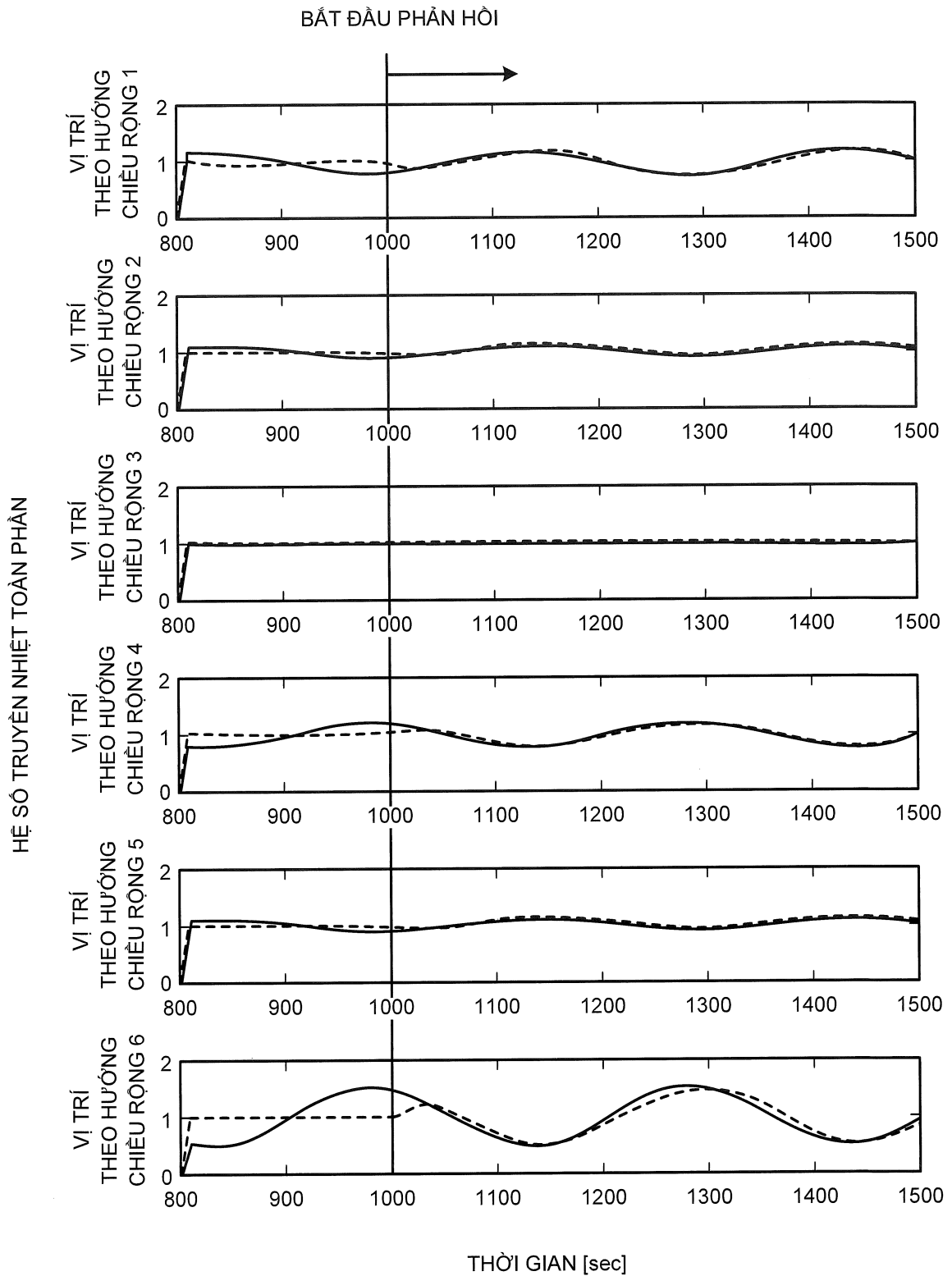


FIG.12



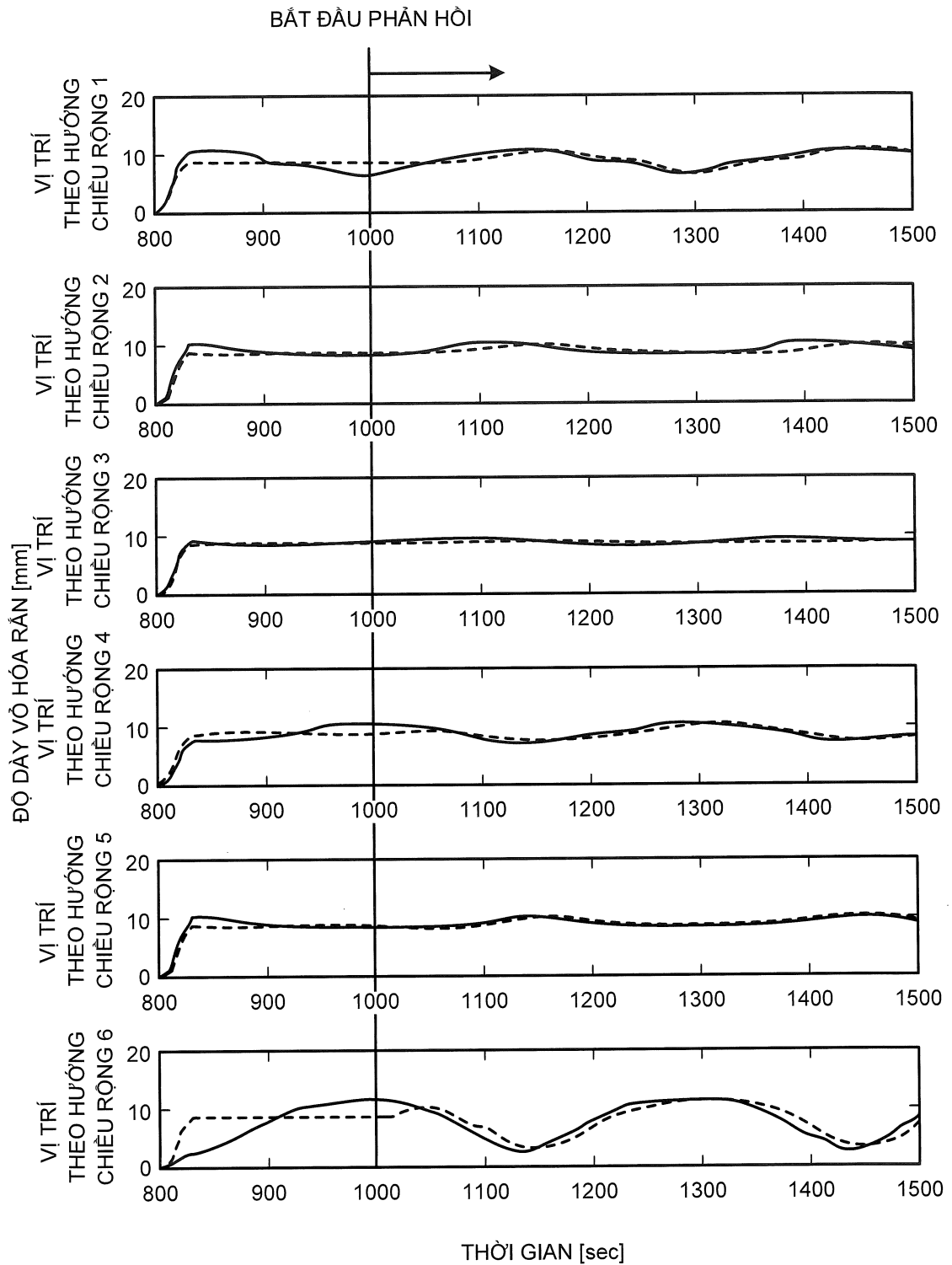
10/15

FIG.13



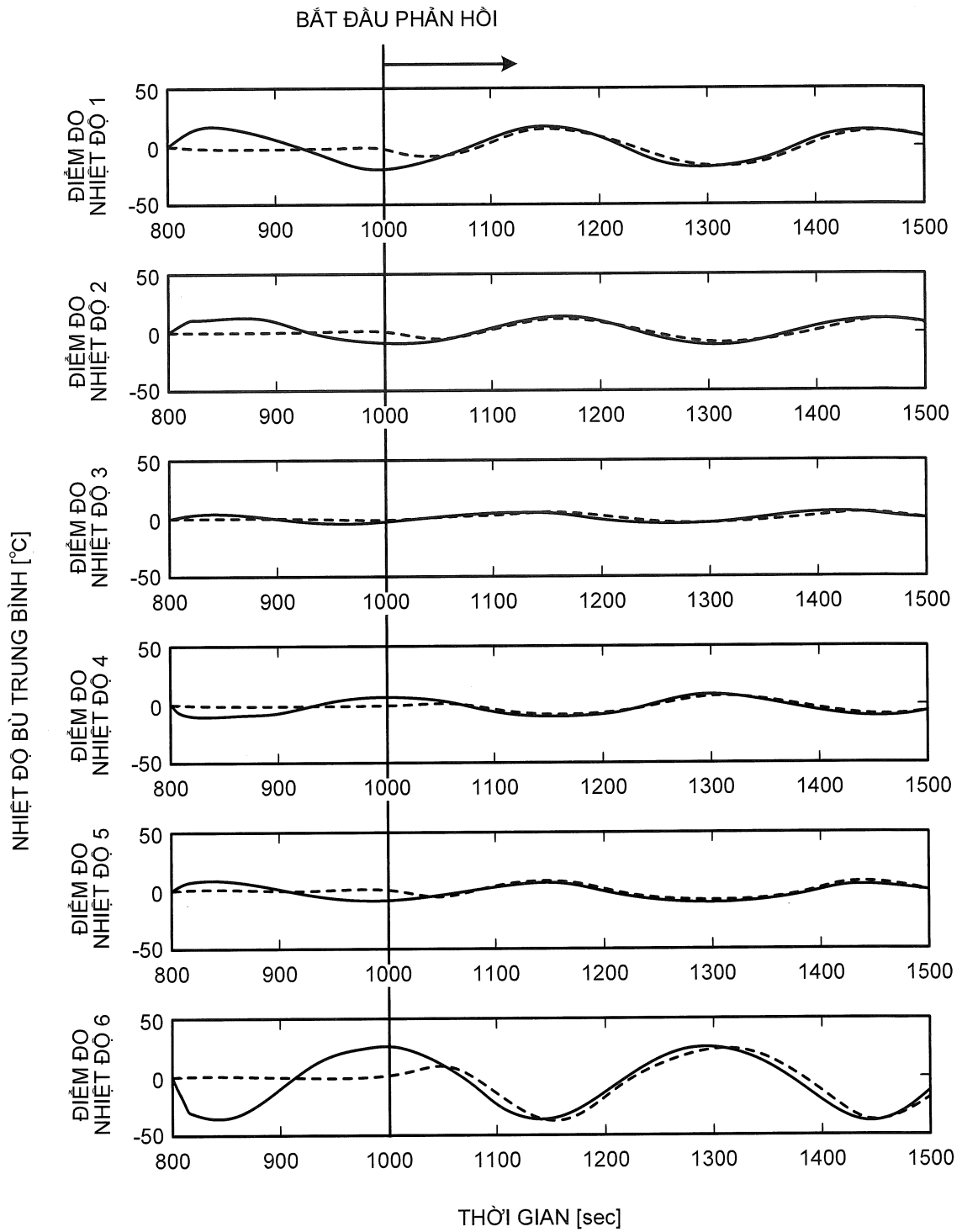
11/15

FIG.14



12/15

FIG.15



13/15

FIG.16

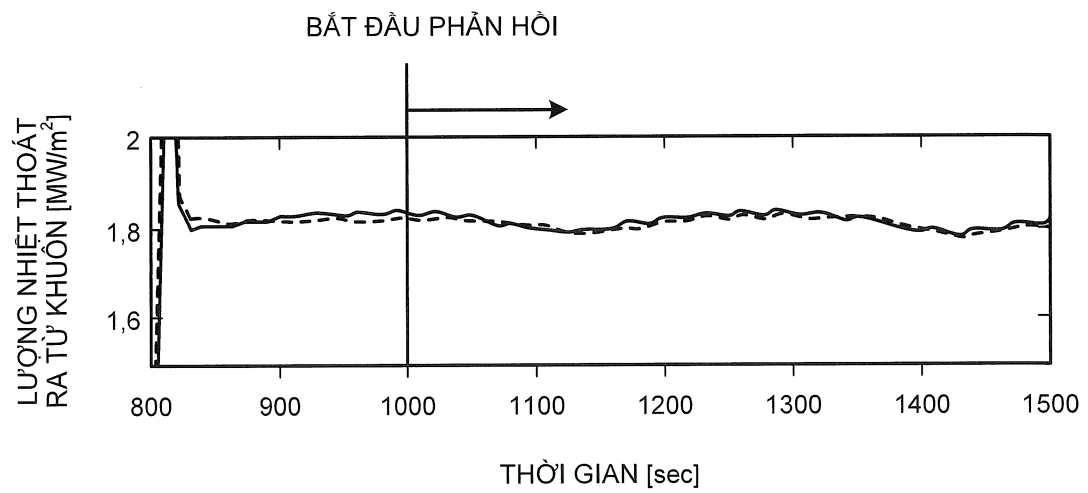
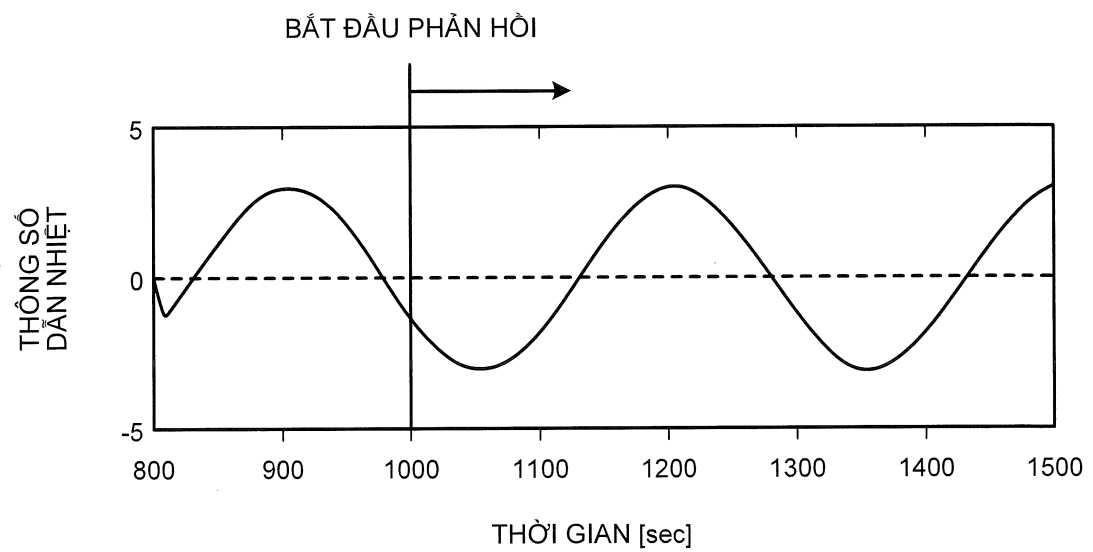
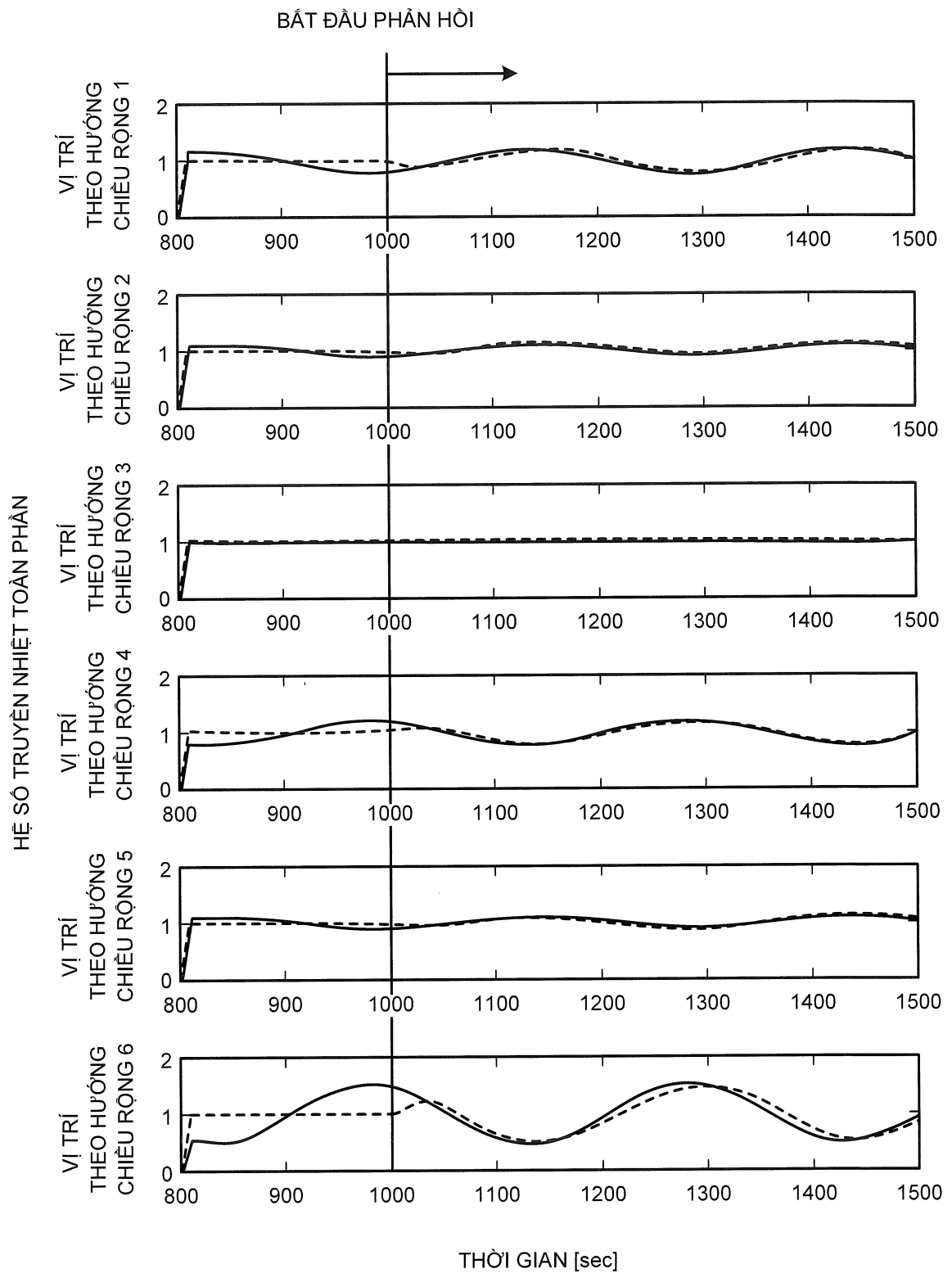


FIG.17



14/15

FIG.18



15/15

FIG.19

