



(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)



1-0041144

(51)¹⁹ B21B 37/76

(13) B

(21) 1-2019-07407

(22) 26/06/2017

(86) PCT/IB2017/053804 26/06/2017

(87) WO2019/002910 03/01/2019

(45) 25/09/2024 438

(43) 25/06/2020 387

(73) ARCELORMITTAL (LU)

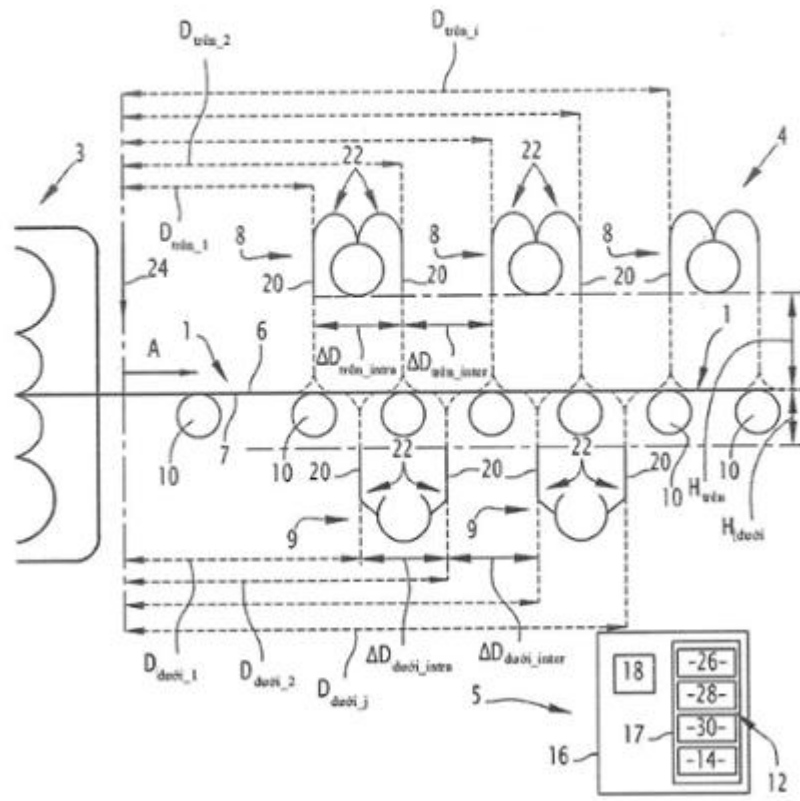
24-26, Boulevard d'Avranches, L-1160 Luxembourg, LUXEMBOURG

(72) JACOTOT Ronan (FR); HUIN Didier (FR); MORETTO Christian (FR);
CORSELLO Daniele (FR).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ XÁC ĐỊNH NHIỆT ĐỘ CỦA DẢI KIM LOẠI, PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ LÀM MÁT, VẬT LƯU TRỮ ĐỌC ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH, THIẾT BỊ ĐIỀU KHIỂN VÀ MÁY CÁN NÓNG

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp xác định nhiệt độ của dải kim loại (1) bên trong thiết bị làm mát (4) của máy cán nóng được thực hiện bởi thiết bị điện tử (12). Phương pháp này bao gồm các bước thu được số đo nhiệt độ của phần dải vào thời điểm hiện tại tại tức thì; đánh giá, vào thời điểm hiện tại tại tức thì, thông lượng nhiệt thoát ra từ phần dải bên trong thiết bị làm mát theo mô hình nhiệt, và tính nhiệt độ phần dải vào thời điểm tiếp theo tức thì từ số đo nhiệt độ thu được và thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá. Các mô hình nhiệt mô hình việc làm mát bằng không khí của phần dải, việc làm mát nhờ dầu chất làm mát của phần dải nhờ dầu chất làm mát và việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại của phần dải, trong đó đối với việc làm mát nhờ dầu chất làm mát, mô hình mô hình hóa cả việc làm mát nhờ tiếp xúc của phần dải và việc làm mát nhờ dòng chảy song song của phần dải. Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến phương pháp điều khiển thiết bị làm mát, vật lưu trữ đọc được bằng máy tính, thiết bị xác định bằng điện tử để xác định nhiệt độ của dải kim loại, thiết bị điều khiển để điều khiển thiết bị làm mát của máy cán nóng và máy cán nóng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp xác định nhiệt độ của dải kim loại, dải này di chuyển được bên trong thiết bị làm mát của máy cán nóng, phương pháp này được thực hiện bởi thiết bị xác định bằng điện tử.

Sáng chế còn đề cập đến phương pháp điều khiển thiết bị làm mát của máy cán nóng.

Sáng chế còn đề cập đến vật lưu trữ đọc được bằng máy tính có chương trình máy tính bao gồm các lệnh phần mềm mà, khi được thực thi bởi bộ xử lý, thực hiện phương pháp này.

Sáng chế còn đề cập đến thiết bị xác định bằng điện tử để xác định nhiệt độ của dải kim loại, dải này di chuyển được bên trong thiết bị làm mát của máy cán nóng.

Sáng chế còn đề cập đến thiết bị điều khiển để điều khiển thiết bị làm mát và sáng chế còn đề cập đến máy cán nóng để cán dải kim loại, như dải thép được cán nóng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Bài báo “Chương trình mô phỏng làm mát bảng chạy động và các bộ điều khiển nhiệt độ” (Dynamic Run-Out Table Cooling Simulator and Temperature Controllers) của Nicolas PETHE và các cộng sự (2011) liên quan đến việc điều khiển dải thép làm mát sau khi cán nóng. Bài báo này mô tả chương trình mô phỏng làm mát bảng chạy động, mà đã được phát triển để dự đoán đặc tính nhiệt độ một cách chính xác cho một khoảng rộng các hợp phần hóa học của thép và các kích thước dải, dựa vào phối hợp giữa các mô hình nhiệt trên cơ sở vật lý và mô hình

luyện kim. Bài báo này mô tả bộ điều khiển dựa vào các dự đoán mô hình và cho phép điều khiển nhiệt độ của dải ở một số vị trí trên băng.

Trong đoạn “Mô hình của dải làm mát trên băng chạy”, bài báo này còn mô tả các mô hình nhiệt và mô hình luyện kim, mà được phối hợp để dự đoán đặc tính nhiệt độ, cụ thể là, nhiệt độ của dải, thứ nhất là mô hình luyện kim và thứ hai là mô hình nhiệt.

Đối với mô hình nhiệt, bài báo này gợi ý rằng để tính đúng đường nhiệt của dải, phương trình truyền nhiệt cần phải được giải quyết dựa vào hiện tượng xảy ra trên các bề mặt dải. Trong khi di chuyển trên băng chạy, dải có thể được làm mát bởi không khí; nước đến từ các đầu; và nước còn lại trên dải sau khi nó đi qua đầu.

Nhiệt độ của dải thép được cán nóng cần phải được xác định một cách chính xác vì thiết bị ở phía trước băng chạy, cụ thể là, máy cán tinh, gây ra các xáo trộn, như các thay đổi về nhiệt độ của dải ở đầu vào băng chạy hoặc các gia tốc của dải. Các xáo trộn này dẫn đến các thay đổi về việc làm mát dải và do đó dẫn đến các thay đổi về nhiệt độ của nó vào thời điểm cuộn nó, và các thay đổi này có khả năng gây ra sự suy giảm các tính chất cơ học của dải thép, dẫn đến làm giảm chất lượng của cuộn thép tương ứng.

Tuy nhiên, nhiệt độ của dải thép được cán nóng, mà được xác định từ mô hình nhiệt này đôi khi không đủ chính xác.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích sáng chế là đề xuất phương pháp và thiết bị điện tử có liên quan để xác định nhiệt độ của dải kim loại một cách chính xác hơn.

Để đạt được mục đích này, sáng chế đề xuất phương pháp xác định nhiệt độ của dải kim loại, dải này di chuyển được bên trong thiết bị làm mát của máy cán nóng, phương pháp này được thực hiện bởi thiết bị xác định bằng điện tử và bao gồm các bước:

thu được số đo nhiệt độ phần dải vào thời điểm hiện tại tức thì;

đánh giá, vào thời điểm hiện tại tức thì, thông lượng nhiệt thoát ra từ phần dải bên trong thiết bị làm mát theo mô hình nhiệt,

mô hình nhiệt được tạo cấu hình để mô hình hóa:

việc làm mát bằng không khí tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ bức xạ không khí và đối lưu không khí,

việc làm mát nhờ đầu chất làm mát tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ ít nhất một đầu chất làm mát, và

việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát còn lại trên phần dải sau khi phần dải đi qua bên dưới ít nhất một đầu chất làm mát;

tính nhiệt độ phần dải vào thời điểm tiếp theo tức thì từ số đo nhiệt độ thu được và thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá;

trong đó, đối với việc làm mát nhờ đầu chất làm mát, mô hình nhiệt còn được tạo cấu hình để mô hình hóa cả:

việc làm mát nhờ tiếp xúc tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát tiếp xúc với ít nhất một đầu chất làm mát, và

việc làm mát nhờ dòng chảy song song tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát rơi xuống ở khoảng cách nhất định từ ít nhất một đầu chất làm mát.

Phương pháp theo sáng chế đề xuất, đối với việc làm mát nhờ đầu chất làm mát, mô hình nhiệt được tạo cấu hình để mô hình hóa cả việc làm mát nhờ tiếp xúc tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát rơi xuống dưới ít nhất một đầu chất làm mát và việc làm mát nhờ dòng chảy song song tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát rơi xuống ở khoảng cách nhất định từ ít nhất một đầu chất làm mát.

Do đó, nhiệt độ của dải kim loại được xác định nhờ phương pháp theo sáng chế chính xác hơn.

Hơn nữa, phương pháp theo sáng chế dễ thực hiện hơn. Trên thực tế, việc thực hiện nó trong một số nhà máy riêng biệt cho thấy, như được giải thích chi tiết hơn trong phần mô tả dưới đây, rằng phương pháp theo sáng chế đang được thực hiện trong một số kết cấu công nghiệp do không có dây chuyền sản xuất điển hình trong các nhà máy và các nhà máy hầu như là khác nhau.

Theo các khía cạnh có lợi khác của sáng chế, phương pháp bao gồm một hoặc vài dấu hiệu dưới đây, được dùng riêng biệt hoặc theo cách kết hợp bất kỳ có thể được về mặt kỹ thuật:

mô hình nhiệt để làm mát nhờ tiếp xúc phụ thuộc vào đường kính tác động và số Reynolds của chất làm mát;

thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do việc làm mát nhờ tiếp xúc thỏa mãn phương trình sau:

$$\varphi(T(t)) = Q_{FB} \cdot Re^{0.5} \cdot Pr^{1/6} \cdot \frac{(\lambda_l \cdot \lambda_v \cdot \Delta T_{sub} \cdot (T(t) - T_{sat}))^{0.5}}{D_{imp}}$$

trong đó:

λ_l và tương ứng λ_v là các độ dẫn nhiệt của chất làm mát ở trạng thái lỏng và tương ứng ở trạng thái khí,

ΔT_{sub} bằng $T_{sat} - T_{\text{làm mát}}$, tính theo độ C,

T_{sat} là nhiệt độ bão hòa, từ trạng thái lỏng sang trạng thái khí của chất làm mát, tính theo độ C,

$T_{\text{làm mát}}$ là nhiệt độ của chất làm mát, tính theo độ C,

$T(t)$ là số đo thu được của nhiệt độ phản dải vào thời điểm hiện tại tức thì, tính theo độ C,

D_{imp} là đường kính tác động,

Re là số Reynolds của chất làm mát dùng cho ít nhất một đầu chất làm mát,

Pr là số Prandtl của chất làm mát, và

Q_{FB} là hệ số định trước;

mô hình nhiệt để làm mát nhờ dòng chảy song song phụ thuộc vào nhiệt độ bão hòa của chất làm mát;

thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do việc làm mát nhờ dòng chảy song song thỏa mãn phương trình sau:

$$\varphi(T(t)) = Q_{FB_//11} \cdot \left(Q_{FB_//2} - Q_{FB_//3} \cdot \frac{T_{sat} - \Delta T_{sub}}{(T(t) - T_{sat})^{0.8} \cdot (T(t) - T_{\text{làmmát}})} \right)$$

trong đó:

T_{sat} là nhiệt độ bão hòa, từ trạng thái lỏng sang trạng thái khí của chất làm mát, tính theo độ C,

ΔT_{sub} bằng $T_{\text{sat}} - T_{\text{làm mát}}$, tính theo độ C,

$T_{\text{làm mát}}$ là nhiệt độ của chất làm mát, tính theo độ C,

$T(t)$ là số đo thu được của nhiệt độ phân dải vào thời điểm hiện tại tức thì (t), tính theo độ C, và

$Q_{\text{FB_//1}}$, $Q_{\text{FB_//2}}$, $Q_{\text{FB_//3}}$ là các hệ số định trước;

mô hình nhiệt để làm mát nhờ chất làm mát còn lại phụ thuộc vào thông lượng làm mát bằng không khí bức xạ, vào thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá trước đó để làm mát nhờ dòng chảy song song và vào chiều dài, mà được che bởi phần nền bên trong đoạn chất làm mát còn lại của thiết bị làm mát;

thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại thỏa mãn phương trình sau:

$$\varphi(T(t)) = \max \left(\text{bức xạ}(T(t)) + \text{đối lưu}(T(t)), \frac{\varphi_{\text{sau cùng_//}}}{2} \cdot e^{\text{chiều dài}} \right)$$

trong đó:

$\text{bức xạ}(T(t))$ và $\text{đối lưu}(T(t))$ tương ứng là thông lượng làm mát bằng không khí bức xạ và tương ứng thông lượng làm mát bằng không khí đối lưu,

$\varphi_{\text{sau cùng_//}}$ là thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá trước đó để làm mát nhờ dòng chảy song song, và

chiều dài là chiều dài, mà được che bởi phần dải bên trong đoạn chất làm mát còn lại;

mô hình nhiệt để làm mát bức xạ không khí phụ thuộc vào nhiệt độ phân dải và vào hằng số Stefan;

thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do làm mát bức xạ không khí thỏa mãn phương trình sau:

$$\text{bức xạ}(T(t)) = \sigma \cdot \varepsilon \cdot ((T(t) + 273)^4 - (T_a + 273)^4)$$

trong đó:

σ là hằng số Stefan,

ε là độ phát xạ của phần dải,

$T(t)$ là số đo thu được của nhiệt độ phần dải vào thời điểm hiện tại tức thì, tính theo độ C, và

T_a là nhiệt độ không khí, tính theo độ C;

mô hình nhiệt để làm mát bằng đối lưu không khí phụ thuộc vào nhiệt độ phần dải và vào hệ số trao đổi nhiệt;

thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do việc làm mát bằng đối lưu không khí thỏa mãn phương trình sau:

$$\text{đối lưu}(T(t)) = H \cdot (T(t) - T_a)$$

trong đó:

$T(t)$ là số đo thu được của nhiệt độ phần dải vào thời điểm hiện tại tức thì (t), tính theo độ C,

T_a là nhiệt độ không khí, tính theo độ C, và

H is hệ số trao đổi nhiệt và thỏa mãn:

$$H = \frac{2}{3} \cdot \lambda_{\text{không khí}} \cdot Re_{\text{không khí}} \cdot Pr_{\text{không khí}} \cdot \frac{1}{l} \quad \text{nếu } Re_{\text{không khí}} \leq 10^5, \text{ hoặc}$$

$$H = \lambda_{\text{không khí}} \cdot \frac{0,036 \cdot Re_{\text{không khí}}^{0,8} \cdot Pr_{\text{không khí}}}{1 + 0,83 \cdot (Pr_{\text{không khí}}^{0,6} - 1)} \cdot \frac{1}{l} \quad \text{nếu } Re_{\text{không khí}} > 10^5,$$

với $\lambda_{\text{không khí}}$ là độ dẫn nhiệt của không khí, $Re_{\text{không khí}}$ là số Reynolds của không khí, $Pr_{\text{không khí}}$ là số Prandtl của không khí và l là chiều dài của phần dải, mà được làm mát bởi không khí;

thông lượng nhiệt thoát ra được đánh giá cho ít nhất một bề mặt trong số bề mặt trên và bề mặt dưới của phần dải,

tốt hơn là đánh giá cho cả bề mặt trên và bề mặt dưới của phần dải;

chất làm mát có nước; và

dải kim loại là dải thép được cán nóng.

Sáng chế còn đề cập đến phương pháp điều khiển thiết bị làm mát của máy cán nóng, phương pháp này được thực hiện bởi thiết bị điều khiển điện tử và bao gồm các bước:

xác định nhiệt độ của dải kim loại, dải này di chuyển được bên trong thiết bị làm mát, và

điều khiển thiết bị làm mát theo nhiệt độ đã được xác định, trong đó bước xác định nhiệt độ được thực hiện theo phương pháp như được xác định trên đây.

Sáng chế còn đề cập đến vật lưu trữ được bằng máy tính có chương trình máy tính bao gồm các lệnh phần mềm mà, khi được thực thi bởi bộ xử lý, thực hiện phương pháp như được xác định trên đây.

Sáng chế còn đề cập đến thiết bị xác định bằng điện tử để xác định nhiệt độ của dải kim loại, dải này di chuyển được bên trong thiết bị làm mát của máy cán nóng, thiết bị xác định bằng điện tử này bao gồm:

- môđun thu nhận được tạo cấu hình để thu được số đo nhiệt độ phần dải vào thời điểm hiện tại tức thì;

- môđun đánh giá được tạo cấu hình để đánh giá, vào thời điểm hiện tại tức thì, thông lượng nhiệt thoát ra từ phần dải bên trong thiết bị làm mát theo mô hình nhiệt, mô hình nhiệt được tạo cấu hình để mô hình hóa:

- việc làm mát bằng không khí tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ bức xạ không khí và đối lưu không khí,

- việc làm mát nhờ đầu chất làm mát tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ ít nhất một đầu chất làm mát, và

- việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát còn lại trên phần dải sau khi phần dải đi qua bên dưới ít nhất một đầu chất làm mát;

- môđun tính được tạo cấu hình để tính nhiệt độ phần dải vào thời điểm tiếp theo tức thì từ số đo nhiệt độ thu được và thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá;

- trong đó, đối với việc làm mát nhờ đầu chất làm mát, mô hình nhiệt còn được tạo cấu hình để mô hình hóa cả:

- việc làm mát nhờ tiếp xúc tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát rơi xuống dưới ít nhất một đầu chất làm mát, và

việc làm mát nhờ dòng chảy song song tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát rơi xuống ở khoảng cách nhất định từ ít nhất một đầu chất làm mát.

Sáng chế còn đề cập đến thiết bị điều khiển để điều khiển thiết bị làm mát của máy cán nóng, thiết bị điều khiển này bao gồm thiết bị xác định để xác định nhiệt độ của dải kim loại, dải này di chuyển được bên trong thiết bị làm mát, và bộ điều khiển để điều khiển thiết bị làm mát theo nhiệt độ, mà được xác định bởi thiết bị xác định, trong đó thiết bị xác định là như được xác định trên đây.

Sáng chế còn đề cập đến máy cán nóng để cấp dải kim loại, như dải thép được cán nóng, máy cán nóng này bao gồm thiết bị làm mát để làm mát dải kim loại, và thiết bị điều khiển để điều khiển thiết bị làm mát, trong đó thiết bị điều khiển là như được xác định trên đây.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế sẽ được hiểu rõ hơn khi đọc phần mô tả dưới đây, mà được đưa ra chỉ để làm ví dụ và có dựa vào các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1 là hình vẽ dạng sơ đồ của máy cán nóng bao gồm thiết bị làm mát để làm mát dải kim loại và thiết bị điều khiển để điều khiển thiết bị làm mát theo sáng chế;

Fig.2 là hình vẽ dạng sơ đồ của thiết bị làm mát và của thiết bị điều khiển được thể hiện trên Fig.1;

Fig.3 là hình vẽ dạng sơ đồ của các chế độ làm mát khác nhau trong khi làm mát dải kim loại bên trong thiết bị làm mát được thể hiện trên Fig.2, từ vị trí hiện tại đến vị trí tiếp theo;

Fig.4 là sơ đồ công nghệ của phương pháp, theo sáng chế, để xác định nhiệt độ của dải kim loại khi di chuyển bên trong thiết bị làm mát được thể hiện trên Fig.2; và

Fig.5 là biểu đồ thể hiện các đường cong so sánh của phương pháp theo sáng chế và phương pháp đã biết liên quan đến dung sai về lỗi nhiệt độ cuộn, đối với nhà máy thứ nhất có dùng máy cán nóng được thể hiện trên Fig.1;

Fig.6 là các biểu đồ cột so sánh của phương pháp theo sáng chế và phương pháp đã biết liên quan đến khe hở giữa các nhiệt độ cuộn dự đoán và đo được, đối với nhà máy thứ nhất;

Fig.7 và Fig.8 lần lượt là biểu đồ thể hiện các đường cong và các biểu đồ cột tương tự như Fig.5 và Fig.6 tương ứng, đối với nhà máy thứ hai có dùng máy cán nóng được thể hiện trên Fig.1; và

Fig.9 và Fig.10 lần lượt là biểu đồ thể hiện các đường cong và các biểu đồ cột tương tự như Fig.5 và Fig.6 tương ứng, đối với nhà máy thứ ba có dùng máy cán nóng được thể hiện trên Fig.1.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trong phần mô tả dưới đây, cụm từ “gần như bằng” xác định mối tương quan tương đương với cộng hoặc trừ 10%, tốt hơn là cộng hoặc trừ 5%.

Thuật ngữ "chất làm mát", như được dùng ở đây, có nghĩa là chất lưu làm mát. Chất làm mát, còn được gọi là chất lưu làm mát, ví dụ có nước, và tốt hơn là nước.

Thuật ngữ “mô hình hóa” dùng để chỉ sự mô phỏng số, như sự mô phỏng chạy trên máy tính.

Trên Fig.1, máy cán nóng để cấp dải kim loại 1, như dải thép được cán nóng, bao gồm lò 2 và máy cán 3. Máy cán nóng còn có thiết bị làm mát 4 để làm mát dải kim loại 1 và thiết bị điều khiển 5 để điều khiển thiết bị làm mát 4.

Dải kim loại 1, ở phía xả ra từ lò 2 và máy cán 3, mà được di chuyển theo hướng chạy A. Ví dụ, hướng chạy A của dải 1 gần như nằm ngang.

Sau đó, dải 1 đi qua thiết bị làm mát 4, mà trong đó dải được làm mát từ nhiệt độ ban đầu, ví dụ gần như bằng nhiệt độ ở cuối quá trình cán dải, xuống đến nhiệt độ cuối cùng, ví dụ khoảng nhiệt độ phòng, tức là khoảng 20°C.

Dải 1 đi qua thiết bị làm mát 4 theo hướng chạy A với tốc độ chạy, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1 m/giây và 25 m/giây.

Ví dụ, dải 1 là tấm kim loại, như dải thép được cán nóng, có độ dày nằm trong khoảng từ 1mm đến 30mm.

Ví dụ, nhiệt độ ban đầu cao hơn hoặc bằng 600°C, tốt hơn là cao hơn hoặc bằng 800°C, hoặc thậm chí cao hơn 1000°C.

Trong thiết bị làm mát 4, như bảng chạy, ít nhất một vòi phun chất lưu làm mát thứ nhất được phun lên bề mặt thứ nhất 6 của dải 1, và ít nhất một vòi phun chất lưu làm mát thứ hai được phun lên bề mặt thứ hai 7 của dải 1. Ví dụ, chất lưu làm mát, còn được gọi là chất làm mát, là nước.

Theo ví dụ được thể hiện, dải 1 đang chạy nằm ngang, khiến cho bề mặt thứ nhất 6 của dải 1 là bề mặt trên, được định hướng lên trên trong khi chạy dải 1, và bề mặt thứ hai 7 của dải 1 là bề mặt dưới, được định hướng xuống dưới trong khi chạy dải 1.

Trong toàn bộ phần mô tả dưới đây, các định hướng được chọn như được biểu thị và có nghĩa là so với các hình vẽ. Cụ thể là, các thuật ngữ « phía trước » và « phía sau » có nghĩa tương đối với sự định hướng được chọn trên các hình vẽ. Các thuật ngữ này được dùng so với dải chạy 1. Hơn nữa, các thuật ngữ « nằm ngang », « theo chiều dọc » và « thẳng đứng » cần được hiểu là so với hướng chạy A của dải 1, là hướng theo chiều dọc. Cụ thể là, thuật ngữ « theo chiều dọc » dùng để chỉ hướng song song với hướng chạy A của dải 1, thuật ngữ « nằm ngang » dùng để chỉ hướng vuông góc với hướng chạy A của dải 1 và nằm trong mặt phẳng song song với các bề mặt thứ nhất 6 và bề mặt thứ hai 7 của dải 1, và thuật ngữ « thẳng đứng » dùng để chỉ hướng vuông góc với hướng chạy A của dải 1 và vuông góc với các bề mặt thứ nhất 6 và bề mặt thứ hai 7 của dải 1.

Hơn nữa, thuật ngữ « chiều dài » dùng để chỉ kích thước của vật theo hướng theo chiều dọc, thuật ngữ « chiều rộng » dùng để chỉ kích thước của vật theo hướng nằm ngang, và thuật ngữ « chiều cao » dùng để chỉ kích thước của vật theo hướng thẳng đứng.

Thiết bị làm mát 4 được thể hiện trên Fig.2 có ít nhất một van trên 8 và/hoặc ít nhất một van dưới 9. Tốt hơn là, thiết bị làm mát 4 có vài van trên 8 và/hoặc vài van dưới 9, và tốt hơn nữa là vài van trên 8 và vài van dưới 9. Theo ví dụ trên Fig.2, chỉ ba van trên 8 và hai van dưới 9 được thể hiện để đơn giản hóa các hình vẽ.

Thiết bị làm mát 4 có vài trục lăn 10 để đỡ dải 1 và góp phần cho sự di chuyển dải 1 theo hướng di chuyển A.

Thiết bị điều khiển 5 bao gồm thiết bị xác định bằng điện tử 12 để xác định nhiệt độ của dải kim loại 1, dải 1 này, như được mô tả trên đây, di chuyển được bên trong thiết bị làm mát 4, và bộ điều khiển điện tử 14 để điều khiển thiết bị làm mát 4 theo nhiệt độ, mà được xác định bởi thiết bị xác định 12.

Thiết bị điều khiển 5 bao gồm khối xử lý 16, ví dụ được tạo ra từ bộ nhớ 17 và bộ xử lý 18 nối với bộ nhớ 17.

Mỗi van 8, 9 được tạo cấu hình để mở hoặc đóng dòng chất làm mát 10 theo hướng của dải kim loại 1. Mỗi van trên 8 được bố trí bên trên dải 1. Tốt hơn là, mỗi van trên 8 cũng được bố trí bên trên các trục lăn 10. Với van trên 8, chất làm mát rơi xuống dưới van, tức là chảy xuống dưới theo hướng của dải kim loại 1. Mỗi van dưới 9 được bố trí bên dưới dải 1. Tốt hơn là, mỗi van dưới 9 cũng được bố trí bên dưới các trục lăn 10. Với van dưới 9, chất làm mát được phun lên trên van 9, tức là lên trên theo hướng của dải kim loại 1. Nói cách khác, chất làm mát được phun gần như vuông góc với dải kim loại 1 từ mỗi van tương ứng 8, 9.

Ví dụ, chất làm mát có nước. Tốt hơn, nếu chất làm mát là nước.

Mỗi van 8, 9 có một hoặc vài đầu, mỗi đầu có ít nhất một vòi phun 20 nhờ đó chất làm mát chảy ra. Tốt hơn là, mỗi van 8, 9 có vài vòi phun 20, ví dụ, các vòi phun được bố trí thành hai dãy 22 ở cả hai phía của van tương ứng 8, 9. Mỗi dãy 22 của các vòi phun 20 còn được gọi là đầu.

Theo ví dụ trên Fig.2, mỗi van 8, 9 có hai dãy 22 của vài vòi phun 20. Mỗi dãy 22 của các vòi phun 20 được bố trí ở khoảng cách tương ứng $D_{\text{trên}_i}$, $D_{\text{dưới}_j}$ từ hóa kế 24, trong đó i là chỉ số của dãy tương ứng 22 của van trên xác định 8 và j là chỉ số của dãy tương ứng 22 của van dưới xác định 9. Theo ví dụ trong đó thiết bị làm mát 4 bao gồm chín van trên 8 và chín van dưới 9, người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này cần phải hiểu rằng, chỉ số i dùng cho các dãy trên nằm trong khoảng từ 1 đến 18 và tương tự chỉ số j dùng cho các dãy dưới nằm trong khoảng từ 1 đến 18.

Ví dụ, khoảng cách $D_{\text{trên}_1}$ dùng cho dây trên thứ nhất gần như bằng 6m và các khoảng cách tiếp theo dùng cho các dây trên tiếp theo theo mỗi quan hệ sau:

$$D_{\text{trên}_{j+1}} = D_{\text{trên}_j} + 0,9\text{m}$$

Nói cách khác, theo ví dụ này, các khoảng cách $D_{\text{trên}_1}$, $D_{\text{trên}_2}$, $D_{\text{trên}_3}$, $D_{\text{trên}_4}$, $D_{\text{trên}_5}$, v.v. gần như bằng 6m, 6,9m, 7,8m, 8,7m và tương ứng 9,6m. Ngoài ra, khoảng cách $\Delta D_{\text{trên}_{\text{intra}}}$ giữa hai dây 22 của van trên xác định 8 gần như bằng 0,9m và khoảng cách $\Delta D_{\text{trên}_{\text{inter}}}$ giữa hai dây 22 của hai van trên liên tiếp 8 gần như bằng 0,9m.

Ví dụ, khoảng cách $D_{\text{dưới}_1}$ dùng cho dây dưới thứ nhất gần như bằng 6m và khoảng cách $D_{\text{dưới}_2}$ dùng cho dây dưới thứ hai gần như bằng 6,3m, các khoảng cách tiếp theo dùng cho các dây dưới tiếp theo theo mỗi quan hệ sau:

$$D_{\text{dưới}_{j+2}} = D_{\text{dưới}_j} + 0,9\text{m}$$

Nói cách khác, theo ví dụ này, các khoảng cách $D_{\text{dưới}_1}$, $D_{\text{dưới}_2}$, $D_{\text{dưới}_3}$, $D_{\text{dưới}_4}$, $D_{\text{dưới}_5}$, v.v. gần như bằng 6m, 6,3m, 6,9m, 7,2m và tương ứng 7,8m. Ngoài ra, khoảng cách $\Delta D_{\text{dưới}_{\text{intra}}}$ giữa hai dây 22 của van dưới xác định 9 gần như bằng 0,3m và khoảng cách $\Delta D_{\text{dưới}_{\text{inter}}}$ giữa hai dây 22 của hai van dưới liên tiếp 9 gần như bằng 0,6m.

Theo ví dụ trên Fig.2, mỗi van trên 8 nằm ở cùng một chiều cao $H_{\text{trên}}$ tương đối từ dải kim loại 1. Nói cách khác, đối với các van trên 8, tất cả các vòi phun 20 được phân cách khỏi dải kim loại 1 bằng cùng một khoảng cách $H_{\text{trên}}$. Ví dụ, chiều cao $H_{\text{trên}}$ gần như bằng 2m.

Theo cách khác, chiều cao $H_{\text{trên}}$ thay đổi từ van trên 8 này đến van trên khác.

Tương tự, theo ví dụ trên Fig.2, mỗi van dưới 9 nằm ở cùng một chiều cao $H_{\text{dưới}}$ tương đối từ dải kim loại 1. Nói cách khác, đối với các van dưới 9, tất cả các vòi phun 20 được phân cách khỏi dải kim loại 1 bằng cùng một khoảng cách $H_{\text{dưới}}$. Ví dụ, chiều cao $H_{\text{dưới}}$ gần như bằng 0,15m.

Theo cách khác, chiều cao $H_{\text{dưới}}$ thay đổi từ van dưới 9 này đến van dưới khác.

Để xác định nhiệt độ của dải 1, dải 1 được phân chia bởi thiết bị xác định 12 thành các đoạn cơ bản, mỗi đoạn cơ bản được gọi là các phần hoặc là miếng.

Thiết bị xác định 12 có môđun thu nhận 26 được tạo cấu hình để thu được số đo nhiệt độ T_k của một phần của dải 1, còn được gọi là phần dải, vào thời điểm hiện tại tức thì k .

Thiết bị xác định 12 có môđun đánh giá 28 được tạo cấu hình để đánh giá, vào thời điểm hiện tại tức thì k , thông lượng nhiệt $\phi(T(k))$ thoát ra từ phần dải bên trong thiết bị làm mát 4 theo mô hình nhiệt.

Thiết bị xác định 12 có môđun tính 30 được tạo cấu hình để tính nhiệt độ T_{k+1} của phần dải vào thời điểm tiếp theo tức thì $k+1$ từ số đo nhiệt độ thu được T_k và thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá $\phi(T(k))$.

Nói cách khác, thiết bị xác định 12 được tạo cấu hình để mô phỏng việc làm mát dải 1, cụ thể là, để tính sự tỏa nhiệt của dải 1.

Bộ điều khiển điện tử 14 được tạo cấu hình để điều khiển thiết bị làm mát 4 theo nhiệt độ, mà được xác định bởi thiết bị xác định 12. Nói cách khác, bộ điều khiển điện tử 14 được tạo cấu hình để xác định dòng chảy cho mỗi van 8, 9, và do vậy để xác định van 8, 9 nào cần được mở hoặc đóng. Ví dụ, dựa vào mô hình làm mát nhất định, vị trí đặt hỏa kế nhất định và nhiệt độ đích đến, bộ điều khiển điện tử 14 được tạo cấu hình để xác định các van 8, 9 nào cần được mở hoặc đóng nhằm bù cho sự thay đổi nhiệt độ và sự thay đổi tốc độ của dải.

Theo ví dụ trên Fig.2, ví dụ, mỗi bộ điều khiển 14, môđun thu nhận 26, môđun đánh giá 28 và môđun tính 30 được điều khiển, tức là được thực hiện, như phần mềm thực thi được bởi bộ xử lý 18. Sau đó, bộ nhớ 17 của khối xử lý 16 được làm thích ứng để lưu trữ phần mềm điều khiển, mà được tạo cấu hình để điều khiển thiết bị làm mát 4 theo nhiệt độ, mà được xác định bởi thiết bị xác định 12, phần mềm thu nhận được tạo cấu hình để thu được số đo nhiệt độ T_k của phần dải vào thời điểm hiện tại tức thì k , phần mềm đánh giá được tạo cấu hình để đánh giá, vào thời điểm hiện tại tức thì k , thông lượng nhiệt $\phi(T(k))$ thoát ra từ phần dải bên trong thiết bị làm mát 4 theo mô hình nhiệt và phần mềm tính được tạo cấu hình để tính nhiệt độ T_{k+1} của phần dải vào thời điểm tiếp theo tức thì $k+1$ từ số đo nhiệt độ thu được T_k và thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá $\phi(T(k))$. Sau đó, bộ xử lý

18 của khối xử lý 16 được tạo cấu hình để thực thi phần mềm điều khiển, phần mềm thu nhận, phần mềm đánh giá và phần mềm tính.

Như một biến thể không được thể hiện trên hình vẽ, mỗi bộ điều khiển 14, môđun thu nhận 26, môđun đánh giá 28 và môđun tính 30 có dạng thành phần logic khả lập trình, như mảng cổng khả lập trình bằng trường (FPGA - Field Programmable Gate Array), hoặc có dạng mạch tích hợp chuyên dụng, như mạch tích hợp có ứng dụng đặc biệt (ASIC - Application Specific integrated Circuit).

Mô hình nhiệt được tạo cấu hình để mô hình hóa việc làm mát bằng không khí tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ bức xạ không khí và đối lưu không khí; việc làm mát nhờ đầu chất làm mát tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ ít nhất một đầu chất làm mát, tức là bởi ít nhất một dãy 22 của các vòi phun; và việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát còn lại trên phần dải sau khi phần dải đi qua bên dưới ít nhất một đầu chất làm mát.

Theo sáng chế, đối với việc làm mát nhờ đầu chất làm mát, mô hình nhiệt còn được tạo cấu hình để mô hình hóa cả việc làm mát nhờ tiếp xúc tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát tiếp xúc với ít nhất một đầu chất làm mát, và việc làm mát nhờ dòng chảy song song tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát rơi xuống ở khoảng cách nhất định từ ít nhất một đầu chất làm mát, như được thể hiện trên Fig.3.

Việc làm mát nhờ tiếp xúc, việc làm mát nhờ dòng chảy song song, việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại và việc làm mát bằng không khí còn được gọi là các chế độ làm mát.

Môđun đánh giá 28 được tạo cấu hình để đánh giá thông lượng nhiệt thoát ra $\phi(T(k))$ của phần dải cho ít nhất một bề mặt trong số bề mặt trên 6 và bề mặt dưới 7 của dải 1. Rốt hơn là, môđun đánh giá 28 được tạo cấu hình để đánh giá thông lượng nhiệt thoát ra $\phi(T(k))$ cho cả bề mặt trên 6 và bề mặt dưới 7 của dải 1.

Do trọng lực, không thể có dòng chảy song song hoặc chất làm mát còn lại trên bề mặt dưới của dải 1. Do đó, người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật

này cần phải hiểu rằng, các chế độ làm mát có thể có đối với bề mặt dưới của dải 1 chỉ là việc làm mát nhờ tiếp xúc và việc làm mát bằng không khí.

Vì vậy, khi môđun đánh giá 28 được tạo cấu hình để đánh giá thông lượng nhiệt thoát ra $\varphi(T(k))$ chỉ đối với bề mặt trên 6 của dải 1, các chế độ làm mát cần được tính theo mô hình nhiệt bao gồm việc làm mát nhờ tiếp xúc, việc làm mát nhờ dòng chảy song song, việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại và việc làm mát bằng không khí đối với bề mặt trên 6 của dải 1.

Khi môđun đánh giá 28 được tạo cấu hình để đánh giá thông lượng nhiệt thoát ra $\varphi(T(k))$ chỉ đối với bề mặt dưới 7 của dải 1, các chế độ làm mát cần được tính theo mô hình nhiệt bao gồm việc làm mát nhờ tiếp xúc và việc làm mát bằng không khí đối với bề mặt dưới 7 của dải 1.

Tốt hơn là, khi môđun đánh giá 28 được tạo cấu hình để đánh giá thông lượng nhiệt thoát ra $\varphi(T(k))$ cho cả bề mặt trên 6 và bề mặt dưới 7 của dải 1, các chế độ làm mát cần được tính theo mô hình nhiệt bao gồm việc làm mát nhờ tiếp xúc, việc làm mát nhờ dòng chảy song song, việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại và việc làm mát bằng không khí đối với bề mặt trên 6 của dải 1, và mặt khác, bao gồm việc làm mát nhờ tiếp xúc và việc làm mát bằng không khí đối với bề mặt dưới 7 của dải 1.

Môđun tính 30 được tạo cấu hình để tính nhiệt độ T_{k+1} của phần dải vào thời điểm tiếp theo tức thì $k+1$ từ số đo nhiệt độ thu được T_k và thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá φ_k . Ví dụ, để tính nhiệt độ phần dải này, môđun tính 30 được tạo cấu hình để giải quyết phương trình nhiệt, như phương trình sau nhiệt:

$$\begin{cases} \rho c_p \frac{dT(x, t)}{dt} = \lambda \frac{dT(x, t)^2}{dx^2} + q \\ \rho c_p \frac{dT(0, t)}{dt} = \sum \phi_{\text{surf}} \end{cases}$$

(1)

trong đó:

ρ là mật độ khối của dải 1,

c_p là nhiệt dung riêng của dải 1,

λ là độ dẫn nhiệt của dải 1,

q là nhiệt được tạo ra bởi dải 1,

$T(x,t)$ là nhiệt độ của dải 1 đối với vị trí x và thời điểm tức thì t , và

$\Phi_{\text{bề mặt}}$ là tổng thông lượng nhiệt thoát ra của phần dải đối với bề mặt nhất định trong số bề mặt trên 6 và bề mặt dưới 7 của dải 1

Trên Fig.3, $L_{\text{phần}}$ là khoảng cách di chuyển được bởi phần dải nhất định, hoặc miếng dải, giữa hai thời điểm tức thì liên tiếp, ví dụ các thời điểm tức thì $k, k+1$ tương ứng với các vị trí liên tiếp của phần dải với các chỉ số vị trí liên tiếp $N, N+1$. Nói cách khác, khoảng cách $L_{\text{phần}}$ này bằng sự chênh lệch giữa hai vị trí tương ứng với hai chỉ số vị trí liên tiếp $N, N+1$.

Khi phần dải nhất định di chuyển bên trong thiết bị làm mát 4 dọc theo hướng chạy A từ dãy hiện tại 22 của các vòi phun 20 đến dãy tiếp theo 22 của các vòi phun 20 của các van trên, bề mặt trên 6 của nó liên tiếp được hưởng lợi từ việc làm mát của các chế độ làm mát liên tiếp nêu trên, tức là việc làm mát nhờ tiếp xúc trong vùng tiếp xúc, việc làm mát nhờ dòng chảy song song trong vùng dòng chảy song song, việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại trong vùng chất làm mát còn lại và việc làm mát bằng không khí trong vùng không khí như được thể hiện trên Fig.3.

Vùng tiếp xúc được định tâm ở vị trí của dãy hiện tại 22 của các vòi phun 20 dọc theo hướng chạy A. Ví dụ, chiều dài L_{IMP} của vùng tiếp xúc gần như bằng 3 lần đường kính tác động D_{imp} dọc theo hướng A. Đường kính tác động D_{imp} là đường kính của dòng chất làm mát khi tác động vào dải 1 để làm mát nó, như được thể hiện trên Fig.3. Ví dụ, trị số của đường kính tác động D_{imp} nằm trong khoảng từ 5mm và 25mm.

Theo hướng chạy A và đối với bề mặt trên 6, vùng dòng chảy song song là vùng ngay sau vùng tiếp xúc và liền kề với nó. Chiều dài của vùng dòng chảy song song được ký hiệu là L_{PF} . Ví dụ, chiều dài của vùng dòng chảy song song L_{PF} nằm trong khoảng từ 0,1m đến 2m. Theo hướng chạy A, vùng chất làm mát còn lại là vùng ngay sau vùng dòng chảy song song và liền kề với nó. Chiều dài của vùng chất làm mát còn lại được ký hiệu là L_{RC} . Ví dụ, chiều dài của vùng chất làm mát còn lại L_{RC} nằm trong khoảng từ 0,1m đến 2m. Cuối cùng, vùng không khí là vùng ngay

sau vùng chất làm mát còn lại và liền kề với nó. Vùng không khí kéo dài đến vùng tiếp xúc dùng cho dây tiếp theo 22 của các vòi phun 20 của van trên tương ứng 8.

Khi phần dải nhất định di chuyển bên trong thiết bị làm mát 4 dọc theo hướng chạy A từ dây hiện tại 22 của các vòi phun 20 đến dây tiếp theo 22 của các vòi phun 20 của các van trên, bề mặt dưới 7 liên tiếp được hưởng lợi từ việc làm mát của các chế độ làm mát liên tiếp nêu trên đối với bề mặt dưới 7, tức là việc làm mát nhờ tiếp xúc trong vùng tiếp xúc và việc làm mát bằng không khí trong vùng không khí.

Vùng tiếp xúc đối với bề mặt dưới 7 cũng được định tâm ở vị trí của dây hiện tại 22 của các vòi phun 20 của van tương ứng dưới 9 dọc theo hướng chạy A. Ví dụ, chiều dài L_{IMP} của vùng tiếp xúc cũng gần như bằng 3 lần đường kính tác động D_{imp} của vòi phun 20 của van tương ứng dưới 9.

Theo hướng chạy A và đối với bề mặt dưới 7, vùng không khí là vùng ngay sau vùng tiếp xúc và liền kề với nó. Vùng không khí kéo dài đến vùng tiếp xúc dùng cho dây tiếp theo 22 của các vòi phun 20 của van tương ứng dưới 9.

Đối với việc làm mát nhờ tiếp xúc, tốt hơn là mô hình nhiệt phụ thuộc vào đường kính tác động D_{imp} và số Reynolds Re của chất làm mát.

Việc tiếp xúc tương ứng với chất làm mát chảy từ đầu, hoặc dây 22 của các vòi phun, và tác động trực tiếp vào dải 1. Đối với bề mặt trên 6 của dải 1, nó tương ứng với chất làm mát rơi xuống dưới dây 22 của các vòi phun, hoặc đầu, của van trên tương ứng 8. Đối với bề mặt dưới 7 của dải 1, nó tương ứng với chất làm mát chảy bên trên dây 22 của các vòi phun, hoặc đầu, của van dưới tương ứng 9.

Ví dụ, thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do việc làm mát nhờ tiếp xúc thỏa mãn phương trình sau:

$$\varphi(T(t)) = Q_{FB} \cdot Re^{0.5} \cdot Pr^{1/6} \cdot \frac{(\lambda_l \cdot \lambda_v \cdot \Delta T_{sub} \cdot (T(t) - T_{sat}))^{0.5}}{D_{imp}} \quad (2)$$

trong đó:

λ_l và tương ứng λ_v là các độ dẫn nhiệt của chất làm mát ở trạng thái lỏng và tương ứng ở trạng thái khí,

ΔT_{sub} bằng $T_{sat} - T_{\text{làm mát}}$, tính theo độ C,

T_{sat} là nhiệt độ bão hòa, từ trạng thái lỏng sang trạng thái khí của chất làm mát, tính theo độ C,

$T_{\text{làm mát}}$ là nhiệt độ của chất làm mát, tính theo độ C,

$T(t)$ là số đo thu được của nhiệt độ phân dải vào thời điểm hiện tại tức thì t , tính theo độ C,

D_{imp} là đường kính tác động,

Re là số Reynolds của chất làm mát dùng cho ít nhất một đầu chất làm mát,

Pr là số Prandtl của chất làm mát, và

Q_{FB} là hệ số định trước.

Các độ dẫn nhiệt λ_l, λ_v , nhiệt độ bão hòa T_{sat} , đường kính tác động D_{imp} , số Reynolds của chất làm mát Re , số Prandtl của chất làm mát Pr và hệ số định trước Q_{FB} có các trị số định trước đã biết từ môđun đánh giá 28.

Tốt hơn là, nhiệt độ của chất làm mát $T_{\text{làm mát}}$ được đo nhờ cảm biến nhiệt độ, không được thể hiện trên hình vẽ. Theo cách khác, nhiệt độ của chất làm mát $T_{\text{làm mát}}$ là tham số định trước với trị số định trước đã biết từ môđun đánh giá 28.

Người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này cần phải hiểu rằng, t là ký hiệu dùng cho thời điểm tức thì khi được xét theo cách liên tục và môđun đánh giá 28 được tạo cấu hình để phân chia thời gian thành các thời điểm tức thì liên tiếp $k, k+1$ để đánh giá thông lượng nhiệt thoát ra $\phi(T(k))$.

Đối với dòng chảy song song, tốt hơn là mô hình nhiệt làm mát phụ thuộc vào nhiệt độ bão hòa của chất làm mát.

Thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do việc làm mát nhờ dòng chảy song song thỏa mãn, ví dụ, phương trình sau:

$$\phi(T(t)) = Q_{\text{FB}_{//11}} \left(Q_{\text{FB}_{//2}} - Q_{\text{FB}_{//3}} \cdot \frac{T_{\text{sat}} - \Delta T_{\text{sub}}}{(T(t) - T_{\text{sat}})^{0.8} \cdot (T(t) - T_{\text{làm mát}})} \right)$$

(3)

trong đó:

T_{sat} là nhiệt độ bão hòa, từ trạng thái lỏng sang trạng thái khí của chất làm mát, tính theo độ C,

ΔT_{sub} bằng $T_{\text{sat}} - T_{\text{làm mát}}$, tính theo độ C,

$T_{\text{làm mát}}$ là nhiệt độ của chất làm mát, tính theo độ C,

$T(t)$ là số đo thu được của nhiệt độ phân dải vào thời điểm hiện tại tức thì (t) , tính theo độ C, và

$Q_{\text{FB_//1}}, Q_{\text{FB_//2}}, Q_{\text{FB_//3}}$ là các hệ số định trước.

Nhiệt độ bão hòa T_{sat} và các hệ số định trước $Q_{\text{FB_//1}}, Q_{\text{FB_//2}}, Q_{\text{FB_//3}}$ có các trị số định trước đã biết từ môđun đánh giá 28.

Đối với việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại, tốt hơn là mô hình nhiệt phụ thuộc vào thông lượng làm mát bằng không khí bức xạ, vào thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá trước đó để làm mát nhờ dòng chảy song song và vào chiều dài, mà được che bởi phần nền bên trong đoạn chất làm mát còn lại của thiết bị làm mát.

Thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại thỏa mãn, ví dụ, phương trình sau:

$$\varphi(T(t)) = \max\left(\text{bức xạ}(T(t)) + \text{đổi lưu}(T(t)), \frac{\varphi_{\text{sau cùng_//}}}{2} \cdot e^{\text{chiều dài}}\right) \quad (4)$$

trong đó:

$\text{bức xạ}(T(t))$ và $\text{đổi lưu}(T(t))$ tương ứng là thông lượng làm mát bằng không khí bức xạ và tương ứng thông lượng làm mát bằng không khí đổi lưu,

$\varphi_{\text{sau cùng_//}}$ là thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá trước đó để làm mát nhờ dòng chảy song song, và

chiều dài là chiều dài, mà được che bởi phần dải bên trong đoạn chất làm mát còn lại.

Việc làm mát bằng không khí là tổng của việc làm mát bức xạ không khí và việc làm mát bằng đổi lưu không khí.

Đối với làm mát bức xạ không khí, tốt hơn là mô hình nhiệt phụ thuộc vào nhiệt độ phân dải và vào hằng số Stefan.

Thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do làm mát bức xạ không khí thỏa mãn, ví dụ, phương trình sau:

$$\text{Bức xạ}(T(t)) = \sigma \cdot \varepsilon \cdot \left((T(t) + 273)^4 - (T_a + 273)^4 \right) \quad (5)$$

trong đó:

σ là hằng số Stefan,

ε là độ phát xạ của phần dải,

$T(t)$ là số đo thu được của nhiệt độ phần dải vào thời điểm hiện tại tức thì (t), tính theo độ C, và

T_a là nhiệt độ không khí, tính theo độ C.

Hằng số Stefan σ , độ phát xạ của phần dải ε và nhiệt độ không khí T_a có các trị số định trước đã biết từ môđun đánh giá 28.

Đối với việc làm mát bằng đối lưu không khí, tốt hơn là mô hình nhiệt phụ thuộc vào nhiệt độ phần dải và vào hệ số trao đổi nhiệt H .

Thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do việc làm mát bằng đối lưu không khí thỏa mãn, ví dụ, phương trình sau:

$$\text{đối lưu}(T(t)) = H \cdot (T(t) - T_a) \quad (6)$$

trong đó:

$T(t)$ là số đo thu được của nhiệt độ phần dải vào thời điểm hiện tại tức thì (t), tính theo độ C,

T_a là nhiệt độ không khí, tính theo độ C, và

hệ số trao đổi nhiệt H thỏa mãn:

$$H = \frac{2}{3} \cdot \lambda_{\text{không khí}} \cdot \text{Re}_{\text{không khí}} \cdot \text{Pr}_{\text{không khí}} \cdot \frac{1}{l} \quad \text{nếu } \text{Re}_{\text{không khí}} \leq 10^5, \text{ hoặc } (7)$$

$$H = \lambda_{\text{không khí}} \cdot \frac{0,036 \cdot \text{Re}_{\text{không khí}}^{0,8} \cdot \text{Pr}_{\text{không khí}}}{1 + 0,83 \cdot (\text{Pr}_{\text{không khí}}^{0,6} - 1)} \cdot \frac{1}{l} \quad \text{nếu } \text{Re}_{\text{không khí}} > 10^5, \quad (8)$$

với $\lambda_{\text{không khí}}$ là độ dẫn nhiệt của không khí, $\text{Re}_{\text{không khí}}$ là số Reynolds của không khí, $\text{Pr}_{\text{không khí}}$ là số Prandtl của không khí và l là chiều dài của phần dải, mà được làm mát bởi không khí.

Độ dẫn nhiệt của không khí $\lambda_{\text{không khí}}$, số Reynolds của không khí $\text{Re}_{\text{không khí}}$, số Prandtl của không khí $\text{Pr}_{\text{không khí}}$ và nhiệt độ không khí T_a có các trị số định trước đã biết từ môđun đánh giá 28.

Hoạt động của thiết bị điều khiển điện tử 5, cụ thể là, của thiết bị xác định 12, theo sáng chế sẽ được giải thích dưới đây có dựa vào Fig.4 thể hiện sơ đồ công nghệ của phương pháp, theo sáng chế, để xác định nhiệt độ của dải kim loại 1, dải 1 di chuyển được bên trong thiết bị làm mát 4 của máy cán nóng.

Ban đầu, ở bước 100, dải 1 được phân chia thành các đoạn cơ bản, được gọi là các phần hoặc miếng.

Đối với phần, hoặc miếng nhất định, biên dạng nhiệt độ và luyện kim được cập nhật định kỳ bằng cách giải quyết phương trình nhiệt, như được giải thích chi tiết hơn dưới đây, cho đến khi nó đi đến vị trí của hỏa kế cuộn, không được thể hiện trên hình vẽ. Phương pháp kéo dài cho đến khi phần cuối cùng của dải 1 đi đến vị trí đặt hỏa kế cuộn.

Ở mỗi bước lặp, phần nhất định được dịch chuyển với lượng dịch chuyển bằng $v \times dt$, với v là tốc độ của dải 1 dọc theo hướng chạy A và dt là khoảng thời gian lấy mẫu, tức là khoảng thời gian giữa hai thời điểm tức thì liên tiếp $k, k+1$. Tốt hơn là, tốc độ của dải được coi là không đổi trong khoảng thời gian lấy mẫu dt .

Trong khi mỗi bước lặp, ví dụ, số lượng các vị trí riêng biệt Δpos của phần dải sau đó thỏa mãn phương trình sau:

$$\Delta pos = round \left(\frac{v \cdot dt}{dx} \right)$$

(9)

trong đó v là tốc độ của dải,

dt là khoảng thời gian lấy mẫu,

dx là bước lấy mẫu, ví dụ, bằng 30cm.

Ở bước tiếp theo 110, số đo nhiệt độ T_k của phần dải vào thời điểm hiện tại tức thì k thu được nhờ môđun thu nhận 26 từ cảm biến nhiệt độ tương ứng, không được thể hiện trên hình vẽ.

Ngoài ra tùy ý, sau đó thiết bị xác định 12 tính, ở bước tiếp theo 120, mức tiến triển biến đổi pha và các tính chất cơ-nhiệt mới của phần dải theo mô hình luyện kim. Ở bước này, tình trạng luyện kim của phần, như tỷ lệ phần trăm của austenit được biến đổi, được cập nhật dựa vào mức biến đổi luyện kim, và các tính chất cơ-nhiệt của dải, như mật độ và/hoặc nhiệt dung riêng, cũng được cập nhật. Mô hình luyện kim được làm thích ứng để mô tả sự phân hủy pha austenit thành ferit đa giác và sau đó còn thành peclit với tính toán cho hợp phần hóa học của thép, kích thước hạt austenit ngoài máy cán tinh, cũng như dùng cho đường làm mát bằng

chạy. Mô hình luyện kim này được trên cơ sở giả định cân bằng cục bộ mà không phân vùng các nguyên tử thay thế. Sự tạo mầm ferit được giả định xảy ra ở các mép và mặt austenit hạt; động lực tạo mầm và nồng độ cacbon ở mặt phân cách austenit/ferit được tính với các nồng độ bổ sung hợp kim (Si, Mo, Cr, Ni, Cu, Al). Chế độ trộn phát triển hạt nhân được dùng trong đó vận tốc ranh giới giữa các pha tức thời trong khi biến đổi austenit/ferit được tính do sự khuếch tán trong austenit của cacbon bị loại bỏ bởi sự biến đổi và di động của các nguyên tử sắt ở mặt phân cách austenit/ferit. Với việc tăng thành phần ferit, nồng độ cacbon trong các phần còn lại của austenit cũng tăng cho đến khi đạt đến nồng độ tới hạn, mà tại đó sự biến đổi peclit bắt đầu. Trong mô hình luyện kim, sự khởi đầu biến đổi peclit được mô tả nhờ dùng hình thức luận Hultgren.

Ở bước tiếp theo 130, thông lượng nhiệt ϕ_k thoát ra từ phần dải bên trong thiết bị làm mát 4 được đánh giá bởi môđun đánh giá 28, vào thời điểm hiện tại tức thì k , theo mô hình nhiệt nêu trên. Thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá tương ứng với khoảng thời gian từ thời điểm hiện tại tức thì k đến thời điểm tiếp theo tức thì $k+1$.

Dựa vào vị trí của phần dải so với dãy hiện tại 22 của các vòi phun 20 của van trên tương ứng 8 và/hoặc so với dãy hiện tại 22 của các vòi phun 20 của van tương ứng dưới 9, môđun đánh giá 28 xác định chế độ làm mát, mà áp dụng cho bề mặt trên 6 và/hoặc bề mặt dưới 7 của phần dải.

Đối với bề mặt trên 6 của phần dải, chế độ làm mát được xác định trong số việc làm mát nhờ tiếp xúc, ví dụ theo phương trình (2), việc làm mát nhờ dòng chảy song song, ví dụ theo phương trình (3), việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại, ví dụ theo các phương trình từ (4) đến (8) và việc làm mát bằng không khí, ví dụ theo các phương trình từ (5) đến (8).

Đối với bề mặt dưới 7 của phần dải, chế độ làm mát được xác định trong số việc làm mát nhờ tiếp xúc, ví dụ theo phương trình (2) và việc làm mát bằng không khí, ví dụ theo các phương trình từ (5) đến (8).

Do đó, theo sáng chế, mô hình nhiệt, đối với việc làm mát nhờ dầu chất làm mát, được tạo cấu hình để mô hình hóa cả việc làm mát nhờ tiếp xúc tương ứng với

việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát tiếp xúc với ít nhất một đầu chất làm mát 22, và việc làm mát nhờ dòng chảy song song tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát rơi xuống ở khoảng cách nhất định từ ít nhất một đầu chất làm mát 22. Ví dụ, khoảng cách nhất định này lớn hơn hoặc bằng $L_{IMP}/2$, tức là một nửa chiều dài L_{IMP} của vùng tiếp xúc, khi vùng tiếp xúc được định tâm ở vị trí của dây hiện tại 22 của các vòi phun 20 dọc theo hướng chạy A.

Sau đó, mô đun tính 30 tính, ở bước tiếp theo 140, nhiệt độ T_{k+1} của phần dải vào thời điểm tiếp theo tức thì $k+1$ từ số đo nhiệt độ thu được T_k và thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá ϕ_k . Để tính nhiệt độ này của phần dải, mô đun tính 30 giải quyết phương trình nhiệt, như phương trình (1).

Cuối cùng, bộ điều khiển 14 điều khiển thiết bị làm mát 4 theo nhiệt độ, mà được xác định bởi thiết bị xác định 12. Cụ thể là, bộ điều khiển 14 xác định dòng chảy cho mỗi van 8, 9, và do vậy xác định van 8, 9 nào cần được mở hoặc đóng.

Do vậy, phương pháp và thiết bị xác định 12 theo sáng chế tạo ra, đối với việc làm mát nhờ đầu chất làm mát, mô hình nhiệt được tạo cấu hình để mô hình hóa cả việc làm mát nhờ tiếp xúc và việc làm mát nhờ dòng chảy song song. Vì vậy, nhiệt độ của dải kim loại 1 được xác định nhờ phương pháp theo sáng chế chính xác hơn so với nhiệt độ của dải kim loại 1 được xác định nhờ phương pháp đã biết, như được thể hiện dưới đây trên các hình vẽ từ Fig.5 đến Fig.10.

Fig.5 là biểu đồ thể hiện hai đường cong so sánh 200, 210 đối với nhà máy thứ nhất có dùng máy cán nóng, về tỷ lệ phần trăm của các cuộn, mà được tạo ra trong dung sai xác định về lỗi nhiệt độ cuộn, dung sai xác định này được biểu thị trên trục hoành. Đường cong thứ nhất 200 thể hiện các kết quả của phương pháp theo sáng chế trong khi đường cong thứ hai 210 thể hiện các kết quả của phương pháp đã biết. Người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này hiểu rõ rằng các kết quả của phương pháp theo sáng chế tốt hơn nhiều so với các kết quả của phương pháp đã biết, do trị số của dung sai xác định được biểu thị trên trục hoành, mỗi tỷ lệ phần trăm của các cuộn đã được tạo ra trong dung sai xác định theo phương pháp theo sáng chế tốt hơn so với phương pháp đã biết.

Fig.6 thể hiện hai biểu đồ cột so sánh 250, 260 đối với nhà máy thứ nhất biểu thị số lượng các cuộn, mà được tạo ra cho khe hở tương ứng giữa các nhiệt độ cuộn dự đoán và đo được, khe hở được biểu thị trên trục hoành. Biểu đồ cột thứ nhất 250 thể hiện các kết quả của phương pháp theo sáng chế trong khi biểu đồ cột thứ hai 260 thể hiện các kết quả của phương pháp đã biết. Người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này hiểu rõ rằng các kết quả của phương pháp theo sáng chế lại tốt hơn nhiều so với các kết quả của phương pháp đã biết, do đối với các trị số thấp của khe hở được biểu thị trên trục hoành, số lượng các cuộn đã được tạo ra theo phương pháp theo sáng chế nhiều hơn so với theo phương pháp đã biết. Trái lại, đối với các trị số cao của khe hở, mà tương ứng với độ chính xác thấp hơn, số lượng các cuộn đã được tạo ra theo phương pháp đã biết nhiều hơn so với phương pháp theo sáng chế.

Tương tự như Fig.5, Fig.7 là biểu đồ thể hiện hai đường cong so sánh 300, 310 đối với nhà máy thứ hai có dùng máy cán nóng, biểu thị tỷ lệ phần trăm của các cuộn, mà được tạo ra trong dung sai xác định về lỗi nhiệt độ cuộn. Đường cong thứ ba 300 thể hiện các kết quả của phương pháp theo sáng chế trong khi đường cong thứ tư 310 thể hiện các kết quả của phương pháp đã biết. Rõ ràng là đối với nhà máy thứ hai này, các kết quả của phương pháp theo sáng chế cũng tốt hơn nhiều so với các kết quả của phương pháp đã biết.

Như đối với Fig.6, Fig.8 thể hiện hai biểu đồ cột so sánh 350, 360 đối với nhà máy thứ hai, biểu thị số lượng các cuộn, mà được tạo ra cho khe hở tương ứng giữa các nhiệt độ cuộn dự đoán và đo được. Biểu đồ cột thứ ba 350 thể hiện các kết quả của phương pháp theo sáng chế trong khi biểu đồ cột thứ tư 360 thể hiện các kết quả của phương pháp đã biết. Ngoài ra, rõ ràng là, các kết quả của phương pháp theo sáng chế tốt hơn nhiều so với các kết quả của phương pháp đã biết, do đối với các trị số thấp của khe hở, số lượng các cuộn đã được tạo ra theo phương pháp theo sáng chế nhiều hơn so với phương pháp đã biết, trong khi đối với các trị số cao của khe hở, số lượng các cuộn đã được tạo ra theo phương pháp đã biết nhiều hơn so với phương pháp theo sáng chế.

Cuối cùng, Fig.9 thể hiện, tương tự như Fig.5 và Fig.7, hai đường cong so sánh 400, 410 đối với nhà máy thứ ba có dung máy cán nóng, thể hiện tỷ lệ phần trăm của các cuộn, mà được tạo ra trong dung sai xác định về lỗi nhiệt độ cuộn. Đường cong thứ năm 400 thể hiện các kết quả của phương pháp theo sáng chế trong khi đường cong thứ sáu 410 thể hiện các kết quả của phương pháp đã biết. Đối với nhà máy thứ ba này, các kết quả của phương pháp theo sáng chế cũng tốt hơn so với các kết quả theo phương pháp đã biết.

Fig.10 thể hiện, như đối với Fig.6 và Fig.8, hai biểu đồ cột so sánh 450, 460 đối với nhà máy thứ ba với số lượng các cuộn, mà được tạo ra cho khe hở tương ứng giữa các nhiệt độ cuộn dự đoán và đo được. Biểu đồ cột thứ năm 450 thể hiện các kết quả của phương pháp theo sáng chế trong khi biểu đồ cột thứ sáu 460 thể hiện các kết quả của phương pháp đã biết. Các kết quả của phương pháp theo sáng chế vẫn tốt hơn so với các kết quả theo phương pháp đã biết.

Do vậy, người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này sẽ hiểu được rằng các kết quả của phương pháp theo sáng chế là tương tự từ nhà máy này đến nhà máy khác, như được thể hiện bằng các đường cong tương tự 200, 300, 400 và cũng với các biểu đồ cột tương tự 250, 350, 450, trong khi luôn tốt hơn so với các kết quả của phương pháp đã biết. Các chênh lệch nhỏ giữa các đường cong 200, 300, 400 và/hoặc giữa các biểu đồ cột 250, 350, 450 từ nhà máy này đến nhà máy khác là do các khác biệt giữa dữ liệu đưa vào, cụ thể là, các khác biệt của các cảm biến từ nhà máy này đến nhà máy khác.

Mặc dù có các khác biệt của cảm biến này, mức tương tự của các kết quả này từ nhà máy này đến nhà máy khác thể hiện rằng phương pháp theo sáng chế ít bị ảnh hưởng bởi các khác biệt về kết cấu hoặc các khác biệt của cảm biến hơn nhiều so với phương pháp đã biết.

Do đó, phương pháp theo sáng chế cũng dễ thực hiện hơn. Trên thực tế, việc thực hiện nó trong một số nhà máy riêng biệt, như được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.5 đến Fig.10, cho thấy rằng phương pháp theo sáng chế đang được thực hiện trong một số kết cấu công nghiệp do không có dây chuyền sản xuất điển hình trong các nhà máy và các nhà máy hầu như là khác nhau.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp xác định nhiệt độ của dải kim loại, dải (1) di chuyển được bên trong thiết bị làm mát (4) của máy cán nóng,

phương pháp được thực hiện bởi thiết bị xác định bằng điện tử (12) và bao gồm các bước:

thu được (110) số đo nhiệt độ (T_k) của phần dải vào thời điểm hiện tại tức thì (k);

đánh giá (130), vào thời điểm hiện tại tức thì (k), thông lượng nhiệt (ϕ_k) thoát ra từ phần dải bên trong thiết bị làm mát (4) theo mô hình nhiệt, mô hình nhiệt được tạo cấu hình để mô hình hóa:

việc làm mát bằng không khí tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ bức xạ không khí và đối lưu không khí,

việc làm mát nhờ đầu chất làm mát tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ ít nhất một đầu chất làm mát, và

việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát còn lại trên phần dải sau khi phần dải đi qua bên dưới ít nhất một đầu chất làm mát;

tính (140) nhiệt độ (T_{k+1}) của phần dải vào thời điểm tiếp theo tức thì (k+1) từ số đo nhiệt độ thu được (T_k) và thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá (ϕ_k);

trong đó, đối với việc làm mát nhờ đầu chất làm mát, mô hình nhiệt còn được tạo cấu hình để mô hình hóa cả:

việc làm mát nhờ tiếp xúc tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát tiếp xúc với ít nhất một đầu chất làm mát (22), và

việc làm mát nhờ dòng chảy song song tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát rơi xuống ở khoảng cách nhất định ($L_{IMP}/2$) từ ít nhất một đầu chất làm mát (22).

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó mô hình nhiệt để làm mát nhờ tiếp xúc phụ thuộc vào đường kính tác động (D_{imp}) và số Reynolds (Re) của chất làm mát.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do việc làm mát nhờ tiếp xúc thỏa mãn phương trình sau:

$$\varphi(T(t)) = Q_{FB} \cdot Re^{0.5} \cdot Pr^{1/6} \cdot \frac{(\lambda_l \cdot \lambda_v \cdot \Delta T_{sub} \cdot (T(t) - T_{sat}))^{0.5}}{D_{imp}}$$

trong đó:

λ_l và tương ứng λ_v là các độ dẫn nhiệt của chất làm mát ở trạng thái lỏng và tương ứng ở trạng thái khí,

ΔT_{sub} bằng $T_{sat} - T_{\text{làm mát}}$, tính theo độ C,

T_{sat} là nhiệt độ bão hòa, từ trạng thái lỏng sang trạng thái khí của chất làm mát, tính theo độ C,

$T_{\text{làm mát}}$ là nhiệt độ của chất làm mát, tính theo độ C,

$T(t)$ là số đo thu được của nhiệt độ phân dải vào thời điểm hiện tại tức thì (t), tính theo độ C,

D_{imp} là đường kính tác động,

Re là số Reynolds của chất làm mát dùng cho ít nhất một đầu chất làm mát,

Pr là số Prandtl của chất làm mát, và

Q_{FB} là hệ số định trước.

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mô hình nhiệt để làm mát nhờ dòng chảy song song phụ thuộc vào nhiệt độ bão hòa (T_{sat}) của chất làm mát.

5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do việc làm mát nhờ dòng chảy song song thỏa mãn phương trình sau:

$$\varphi(T(t)) = Q_{FB_//11} \cdot \left(Q_{FB_//2} - Q_{FB_//3} \cdot \frac{T_{sat} - \Delta T_{sub}}{(T(t) - T_{sat})^{0.8} \cdot (T(t) - T_{\text{làm mát}})} \right)$$

trong đó:

T_{sat} là nhiệt độ bão hòa, từ trạng thái lỏng sang trạng thái khí của chất làm mát, tính theo độ C,

ΔT_{sub} bằng $T_{\text{sat}} - T_{\text{làm mát}}$, tính theo độ C,

$T_{\text{làm mát}}$ là nhiệt độ của chất làm mát, tính theo độ C,

$T(t)$ là số đo thu được của nhiệt độ phân dải vào thời điểm hiện tại tức thì (t), tính theo độ C, và

$Q_{\text{FB_//1}}$, $Q_{\text{FB_//2}}$, $Q_{\text{FB_//3}}$ là các hệ số định trước.

6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mô hình nhiệt để làm mát nhờ chất làm mát còn lại phụ thuộc vào thông lượng làm mát bằng không khí bức xạ, vào thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá trước đó để làm mát nhờ dòng chảy song song và vào chiều dài, mà được che bởi phần nền bên trong đoạn chất làm mát còn lại của thiết bị làm mát.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại thỏa mãn phương trình sau:

$$\varphi(T(t)) = \max \left(\text{bức xạ}(T(t)) + \text{đối lưu}(T(t)), \frac{\varphi_{\text{sau cùng_//}}}{2} \cdot e^{\text{chiều dài}} \right)$$

trong đó:

$\text{bức xạ}(T(t))$ và $\text{đối lưu}(T(t))$ tương ứng là thông lượng làm mát bằng không khí bức xạ và tương ứng thông lượng làm mát bằng không khí đối lưu,

$\varphi_{\text{sau cùng_//}}$ là thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá trước đó để làm mát nhờ dòng chảy song song, và

chiều dài là chiều dài, mà được che bởi phần dải bên trong đoạn chất làm mát còn lại.

8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mô hình nhiệt để làm mát bức xạ không khí phụ thuộc vào nhiệt độ phân dải và vào hằng số Stefan.

9. Phương pháp theo điểm 8, trong đó thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do làm mát bức xạ không khí thỏa mãn phương trình sau:

$$bức xạ(T(t)) = \sigma \cdot \varepsilon \cdot ((T(t) + 273)^4 - (T_a + 273)^4)$$

trong đó:

σ là hằng số Stefan,

ε là độ phát xạ của phần dải,

$T(t)$ là số đo thu được của nhiệt độ phần dải vào thời điểm hiện tại tức thì (t),
tính theo độ C, và

T_a là nhiệt độ không khí, tính theo độ C.

10. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mô hình nhiệt để làm mát bằng đối lưu không khí phụ thuộc vào nhiệt độ phần dải và vào hệ số trao đổi nhiệt (H).

11. Phương pháp theo điểm 10, trong đó thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá do việc làm mát bằng đối lưu không khí thỏa mãn phương trình sau:

$$đối lưu(T(t)) = H \cdot (T(t) - T_a)$$

trong đó:

$T(t)$ là số đo thu được của nhiệt độ phần dải vào thời điểm hiện tại tức thì (t),
tính theo độ C,

T_a là nhiệt độ không khí, tính theo độ C, và

H is hệ số trao đổi nhiệt và thỏa mãn:

$$H = \frac{2}{3} \cdot \lambda_{không khí} \cdot Re_{không khí} \cdot Pr_{không khí} \cdot \frac{1}{l} \quad \text{nếu } Re_{không khí} \leq 10^5, \text{ hoặc}$$

$$H = \lambda_{không khí} \cdot \frac{0,036 \cdot Re_{không khí}^{0.8} \cdot Pr_{không khí}}{1 + 0.83 \cdot (Pr_{không khí}^{0.6} - 1)} \cdot \frac{1}{l} \quad \text{nếu } Re_{không khí} > 10^5,$$

với $\lambda_{không khí}$ là độ dẫn nhiệt của không khí, $Re_{không khí}$ là số Reynolds của không khí, $Pr_{không khí}$ là số Prandtl của không khí và l là chiều dài của phần dải, mà được làm mát bởi không khí.

12. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó thông lượng nhiệt thoát ra (φ_k) được đánh giá cho ít nhất một bề mặt trong số bề mặt trên (6) và a bề mặt dưới (7) của phân dải,

tốt hơn là đánh giá cho cả các bề mặt trên (6) và bề mặt dưới (7) của phân dải.

13. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó chất làm mát có nước.

14. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó dải kim loại (1) là dải thép được cán nóng.

15. Phương pháp điều khiển thiết bị làm mát (4) của máy cán nóng, phương pháp này được thực hiện bởi thiết bị điều khiển điện tử (5) và bao gồm các bước:

xác định nhiệt độ của dải kim loại (1), dải (1) di chuyển được bên trong thiết bị làm mát (4), và

điều khiển thiết bị làm mát (4) theo nhiệt độ đã được xác định, trong đó bước xác định nhiệt độ được thực hiện theo phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên.

16. Vật lưu trữ đọc được bằng máy tính có chương trình máy tính bao gồm các lệnh phần mềm mà, khi được thực thi bởi bộ xử lý, thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên.

17. Thiết bị xác định bằng điện tử (12) để xác định nhiệt độ của dải kim loại (1), dải (1) di chuyển được bên trong thiết bị làm mát (4) của máy cán nóng, thiết bị xác định bằng điện tử (12) này bao gồm:

môđun thu nhận (26) được tạo cấu hình để thu được số đo nhiệt độ (T_k) của phân dải vào thời điểm hiện tại tức thì (k);

môđun đánh giá (28) được tạo cấu hình để đánh giá, vào thời điểm hiện tại tức thì (k), thông lượng nhiệt (φ_k) thoát ra từ phần dải bên trong thiết bị làm mát (4) theo mô hình nhiệt,

mô hình nhiệt được tạo cấu hình để mô hình hóa:

việc làm mát bằng không khí tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ bức xạ không khí và đối lưu không khí,

việc làm mát nhờ đầu chất làm mát tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ ít nhất một đầu chất làm mát (22), và

việc làm mát nhờ chất làm mát còn lại tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát còn lại trên phần dải sau khi phần dải đi qua bên dưới ít nhất một đầu chất làm mát;

môđun tính (30) được tạo cấu hình để tính nhiệt độ (T_{k+1}) của phần dải vào thời điểm tiếp theo tức thì ($k+1$) từ số đo nhiệt độ thu được (T_k) và thông lượng nhiệt thoát ra đã được đánh giá (φ_k);

trong đó, đối với việc làm mát nhờ đầu chất làm mát, mô hình nhiệt còn được tạo cấu hình để mô hình hóa cả:

việc làm mát nhờ tiếp xúc tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát rơi xuống dưới ít nhất một đầu chất làm mát (22), và

việc làm mát nhờ dòng chảy song song tương ứng với việc làm mát phần dải nhờ chất làm mát rơi xuống ở khoảng cách nhất định ($L_{IMP}/2$) từ ít nhất một đầu chất làm mát (22).

18. Thiết bị điều khiển (5) để điều khiển thiết bị làm mát (4) của máy cán nóng, thiết bị điều khiển (5) này bao gồm:

thiết bị xác định bằng điện tử (12) để xác định nhiệt độ của dải kim loại (1), dải (1) di chuyển được bên trong thiết bị làm mát (4), và

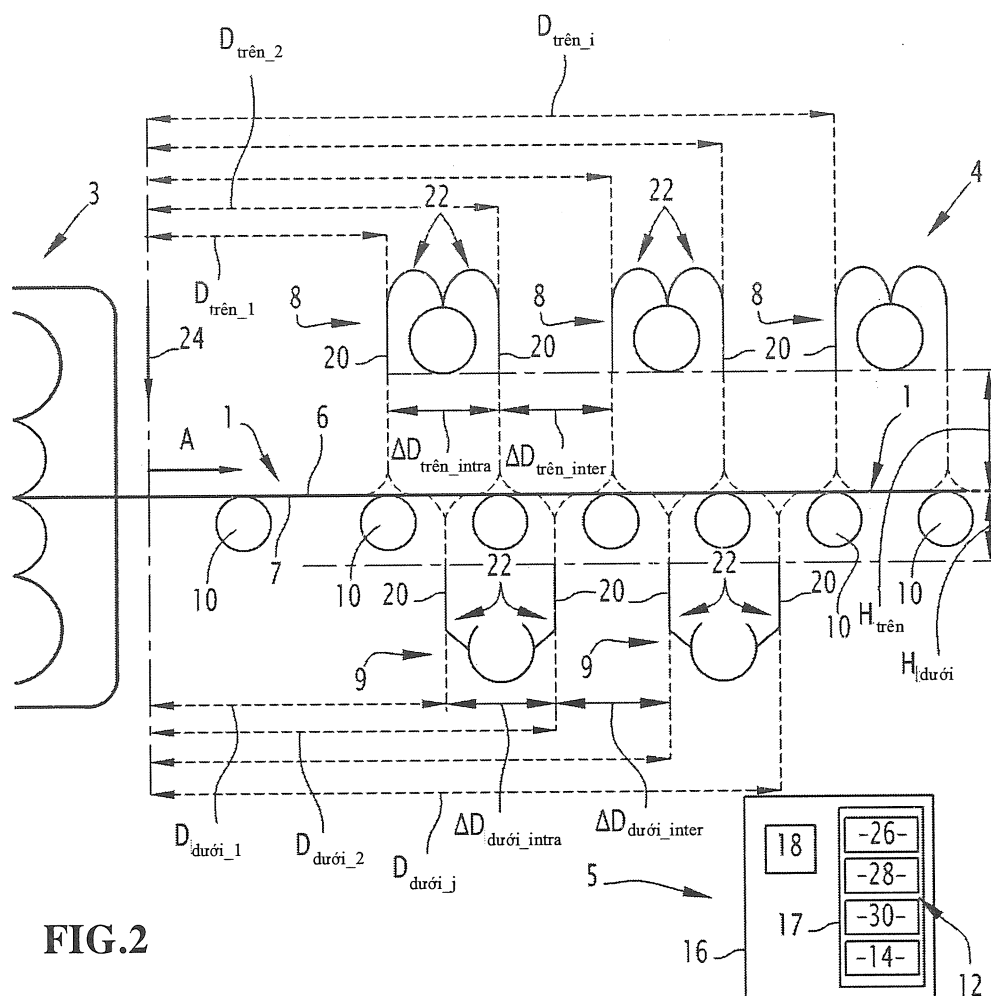
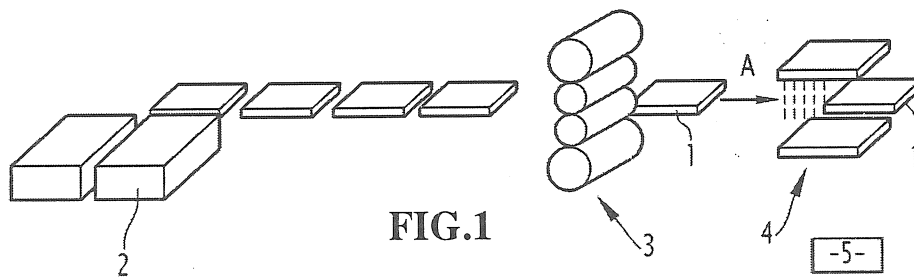
bộ điều khiển điện tử (14) để điều khiển thiết bị làm mát (4) theo nhiệt độ, mà được xác định bởi thiết bị xác định (12),

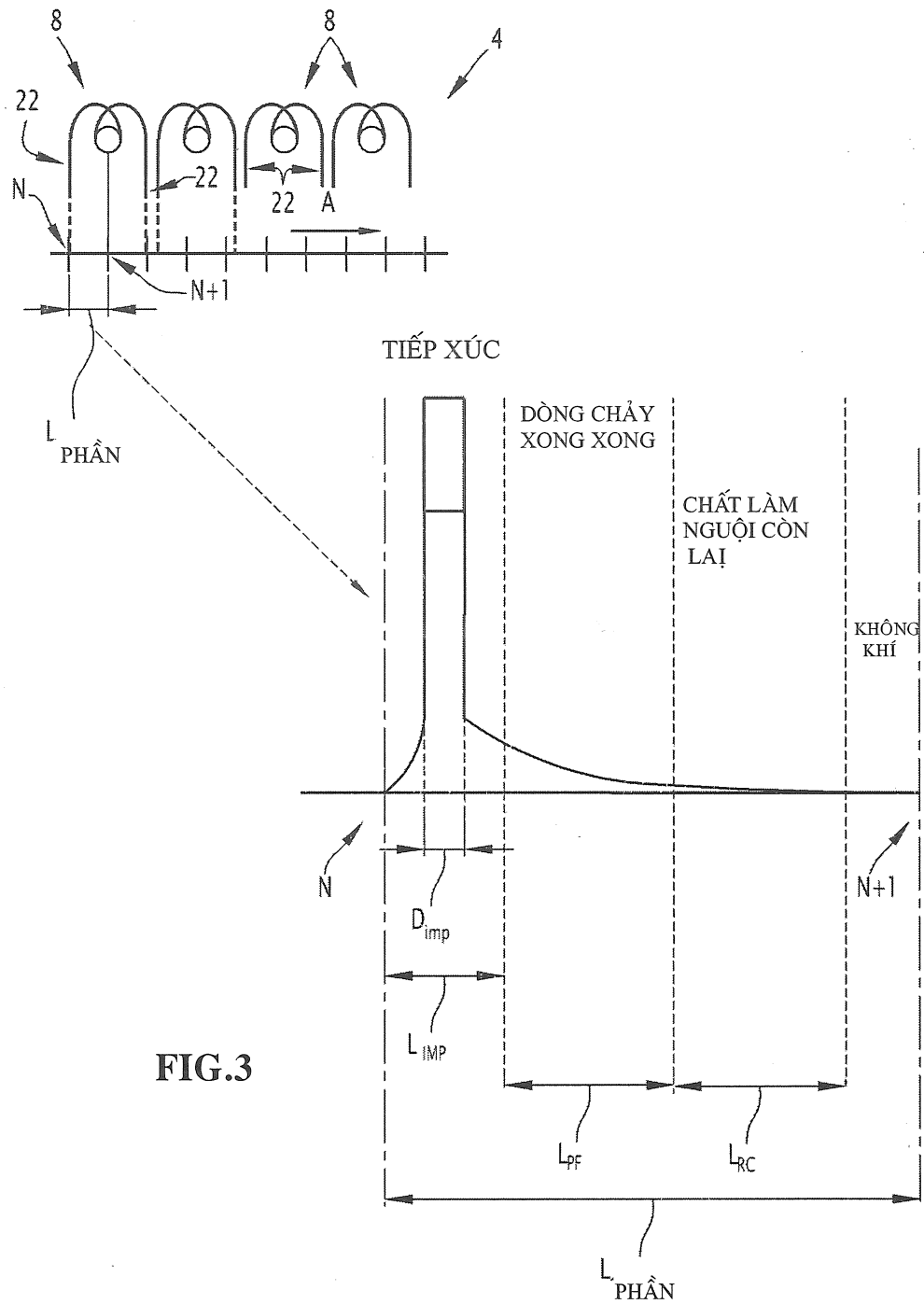
trong đó thiết bị xác định bằng điện tử (12) theo điểm nêu trên.

19. Máy cán nóng để cấp dải kim loại (1), như dải thép được cán nóng, máy cán nóng này bao gồm:

thiết bị làm mát (4) để làm mát dải kim loại (1), và
thiết bị điều khiển (5) để điều khiển thiết bị làm mát (4),
trong đó thiết bị điều khiển (5) theo điểm nêu trên.

1/6





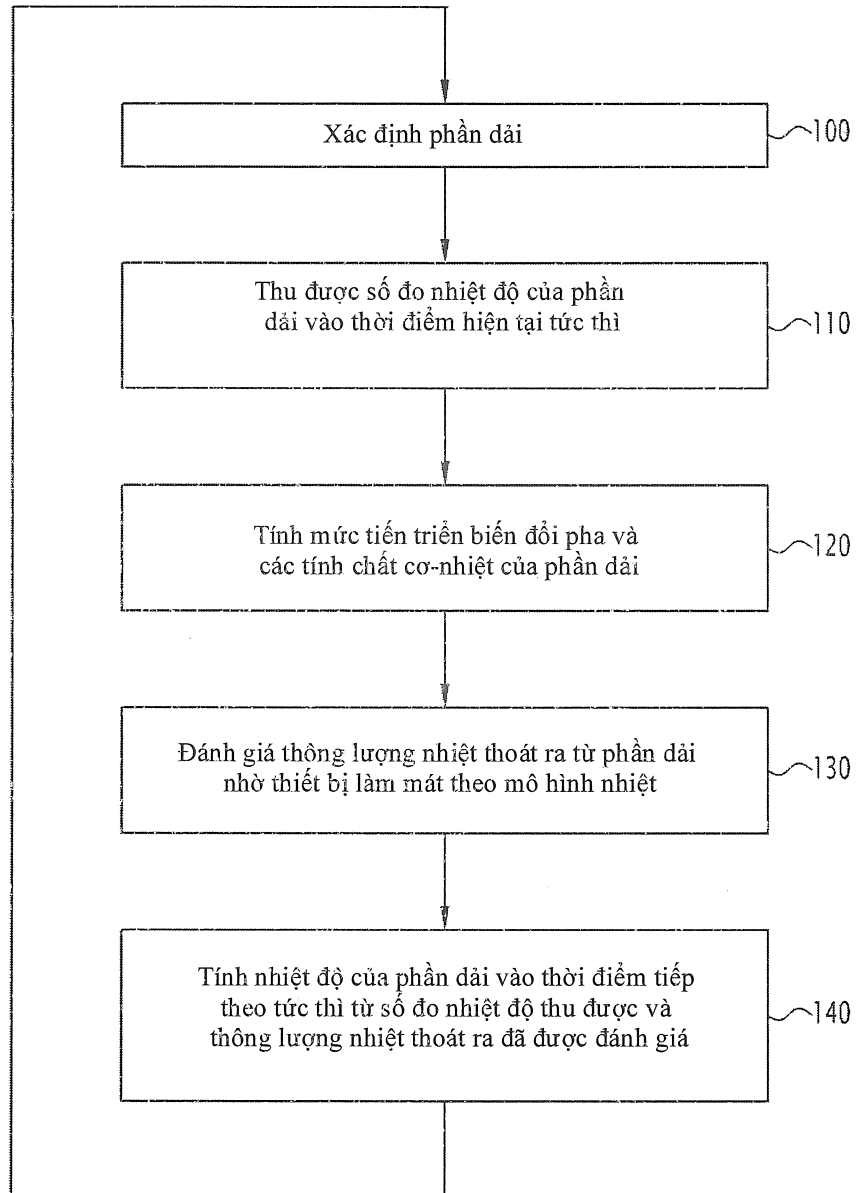


FIG.4

4/6

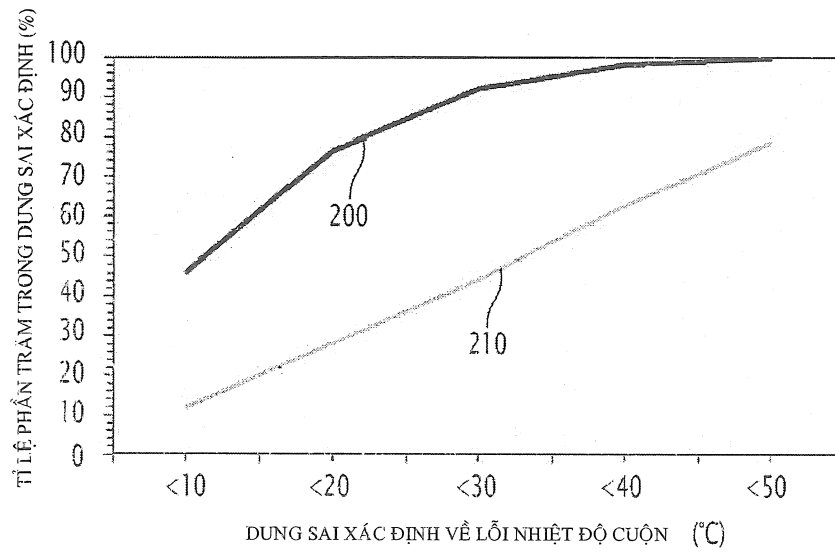


FIG. 5

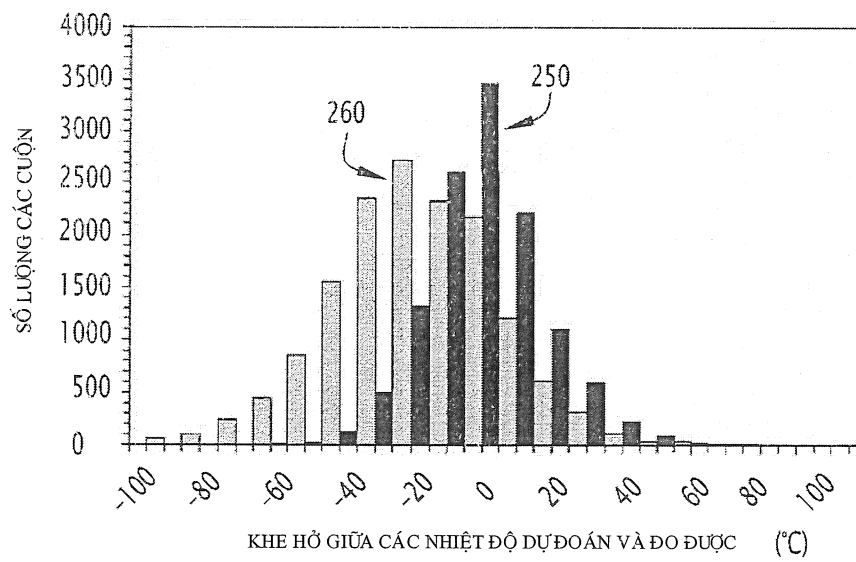


FIG. 6

5/6

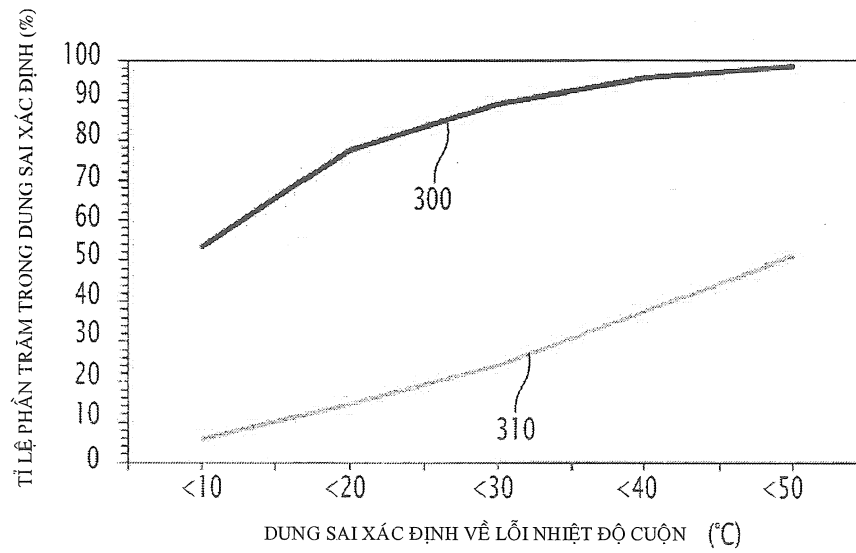


FIG.7

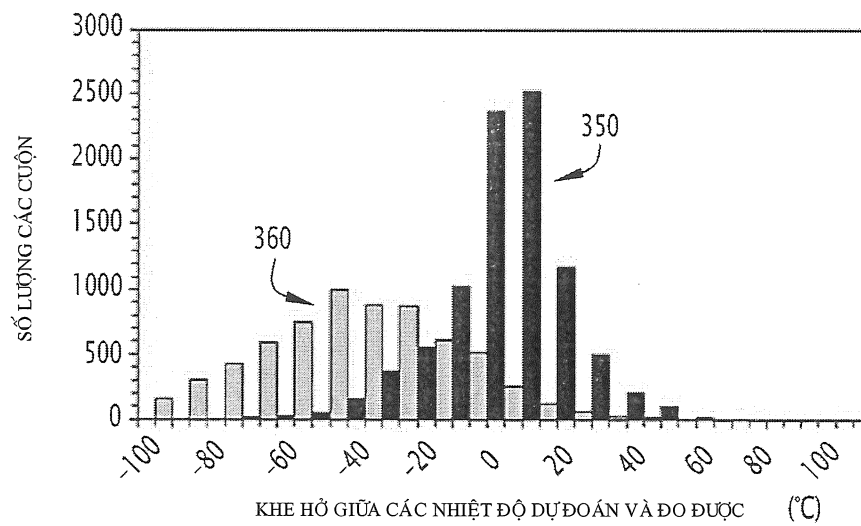


FIG.8

6/6

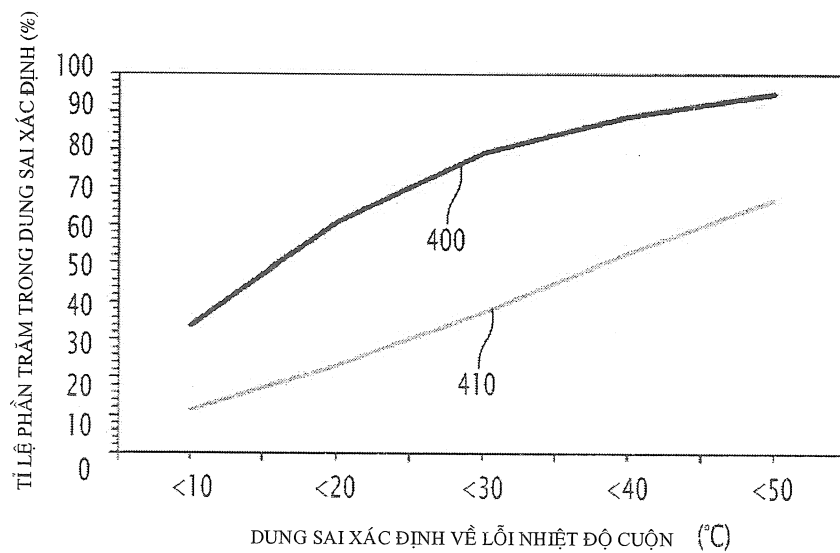


FIG.9

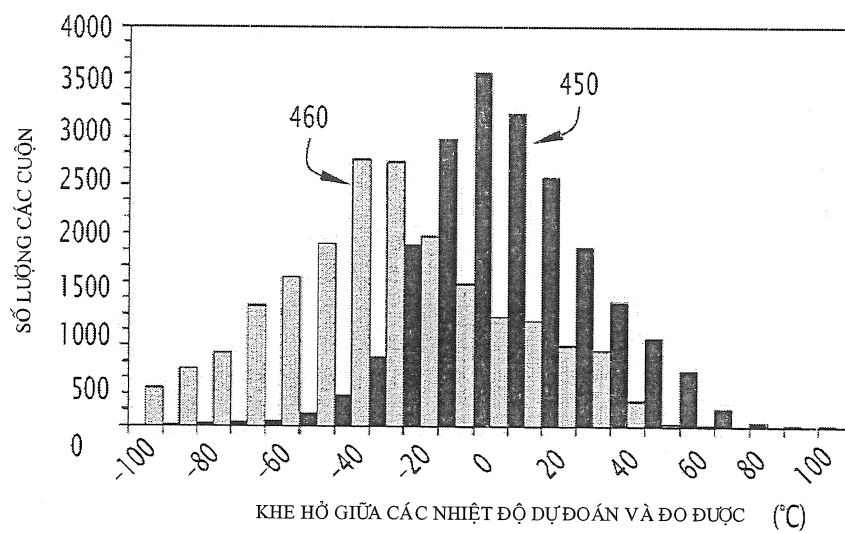


FIG.10