



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

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0039319

(51)⁸ B21B 1/22; B21B 45/02; B21B 27/10 (13) B

- (21) 1-2019-00623 (22) 23/06/2017
 (86) PCT/JP2017/023155 23/06/2017 (87) WO/2018/034061 22/02/2018
 (30) 2016-160977 19/08/2016 JP
 (45) 25/04/2024 433 (43) 27/05/2019 374A
 (73) JFE Steel Corporation (JP)
 2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan
 (72) MATSUBARA Yukihiro (JP); FUKUSHIMA Tatsuhito (JP); NAGAI Yuu (JP).
 (74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) PHƯƠNG PHÁP CÁN NGUỘI TẮM THÉP VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẮM THÉP

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp cán nguội để sản xuất hiệu quả tấm thép có độ chính xác rất cao về độ dày. Phương pháp bao gồm bước cán nguội tấm thép với máy cán nối tiếp mà dầu cán được cấp theo cách tái tuần hoàn. Dầu cán được cấp vào máy cán nối tiếp sao cho, khi được thể hiện theo mối quan hệ giữa độ dày h của màng dầu được đưa vào trong vùng cán của giá cán cuối cùng như được tính bằng phương trình (1) dưới đây, độ nhám của con lăn cán R_N của giá cán cuối cùng, và độ nhám của con lăn cán R_{N-1} của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng, biểu thức (2) dưới đây có trị số là 0,5 hoặc lớn hơn:

$$h = \left[\{1 + h_1 \cdot B\} - \sqrt{\{1 + h_1 \cdot B\}^2 - 1} \right] \cdot h_1$$

$$h_1 = A \cdot Q / \rho \times 10^{-6}$$

$$B = \frac{(e^\delta - e^{(-\alpha \cdot \sigma + \delta)}) \cdot Ld}{\alpha \cdot 6\eta \cdot (V_1 + V_2) \cdot R'}$$

$$\delta = \beta(T - 40)$$

(1)

trong đó: A là hiệu quả phủ dính (-); Q là lượng dầu cán được cấp trên một đơn vị diện tích (kg/m²); ρ là khối lượng riêng của dầu (kg/m³); σ là ứng suất chảy của vật liệu (Pa); Ld là chiều dài cung tiếp xúc (mm); R' là bán kính cán được làm phẳng (mm); V₁ là tốc độ cán của giá cán cuối cùng (m/s); V₂ là tốc độ tấm ở phía ra của giá cán cuối cùng (m/s); η là độ nhớt của dầu cán tại 40°C và áp suất khí quyển (Pa•s); α là hệ số áp suất-độ nhớt (1/Pa); β là hệ số nhiệt độ-độ nhớt (1/°C); và T là nhiệt độ dầu ở phía vào của vùng cán (°C), và

$$h / \sqrt{R_N^2 + \left(\frac{R_{N-1}}{2} \right)^2}$$

(2)

trong đó: R_N là độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng (μm Ra); và R_{N-1} là độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng (μm Ra).

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các phương pháp cán nguội các tấm thép và các phương pháp sản xuất các tấm thép. Cụ thể, sáng chế đề cập đến phương pháp cán nguội tấm thép và phương pháp sản xuất tấm thép mà thích hợp để sản xuất hiệu quả tấm thép kỹ thuật điện có độ chính xác rất cao về độ dày.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các tấm thép kỹ thuật điện được sử dụng như các vật liệu lõi sắt cho các thiết bị điện như là các máy điện quay. Hiện nay, cần phải có tấm thép kỹ thuật điện mà thể hiện tổn hao sắt thấp hơn và mật độ từ thông cao hơn từ góc độ bảo toàn năng lượng trong các thiết bị điện, và các sự cải thiện về các đặc tính từ của các tấm thép kỹ thuật điện đã trở nên ngày càng quan trọng. Các tấm thép kỹ thuật điện cũng thường được dập thành hình dạng được xác định trước và sau đó được xếp chồng với nhau để sử dụng làm lõi sắt. Khi các tấm thép kỹ thuật điện được xếp chồng với nhau để sử dụng làm lõi sắt, độ chính xác về độ dày cao là cần thiết cũng như các đặc tính từ được cải thiện bởi vì các sự thay đổi lớn về độ dày sản phẩm sẽ làm suy giảm các đặc tính như lõi sắt. Các yêu cầu chính xác về độ dày của các tấm thép kỹ thuật điện là nghiêm ngặt hơn so với các yêu cầu chính xác về độ dày của, ví dụ, các tấm thép dùng cho vỏ hộp và xe hơi.

Điều thường được biết đến là việc giảm độ dày làm cải thiện các đặc tính từ của các tấm thép kỹ thuật điện, và hiện nay các tấm thép kỹ thuật điện ngày càng trở nên mỏng hơn. Việc giảm độ dày bằng cách cán nguội tương ứng với việc giảm hiệu quả sản xuất; do đó, tốc độ cán cần phải được tăng lên để duy trì năng suất. Việc giảm độ dày cũng làm tăng số lượng các tấm được xếp chồng với nhau; do đó, các sự thay đổi về độ dày sẽ có tác dụng tốt hơn lên các đặc tính lõi sắt. Cụ thể, các sự thay đổi về độ dày lớn hơn 3 μm đã được phát hiện ra là làm suy giảm các đặc tính của

các lõi sắt.

Như được đề cập ở trên, để cải thiện các đặc tính từ của các tấm thép kỹ thuật điện, chúng cần được cán nguội thành các tấm mỏng hơn trước có độ chính xác rất cao về độ dày. Đồng thời, việc cán cần được thực hiện tại tốc độ cao hơn từ góc độ năng suất, và mức độ công nghệ được yêu cầu cho việc cán nguội đã trở nên ngày càng cao hơn.

Đối với cán nguội tốc độ cao các tấm thép, nghĩa là, để cán nguội hiệu quả các tấm thép, tốt hơn là thực hiện cán với máy cán nối tiếp được bao gồm nhiều giá cán. Tuy nhiên, điều đã biết là cán nguội nối tiếp có xu hướng gây ra các sự rung động máy cán được gọi là sự rung lắc khi các vật liệu mỏng, cứng được cán tại tốc độ cao, từ đó gây nên hiện tượng độ dày thay đổi theo chu kỳ. Đã có các báo cáo cho biết sự rung lắc thường là các kết quả từ sự bôi trơn kém. Ví dụ, đối với các ứng dụng như là các tấm thép dùng làm vỏ hộp, các tài liệu sáng chế 1 và 2 bộc lộ các phương pháp mà trong đó hệ số ma sát được kiểm soát ở trong khoảng thích hợp sao cho không có hiện tượng rung lắc xảy ra.

Để đáp ứng các yêu cầu sản phẩm ngày càng nghiêm ngặt, các máy đo sự rung động máy cán để phát hiện sự rung lắc thường được lắp đặt, ví dụ, ở trên thân máy cán của các máy cán nguội nối tiếp. Sự lắp đặt các máy đo độ rung như này cho phép phát hiện các sự dao động về độ dày vô cùng nhỏ, mà không chỉ ngăn các sản phẩm có độ chính xác thấp về độ dày đi ra, mà còn cho phép phát hiện sự rung lắc sao cho thông số đo như là việc giảm tốc độ cán có thể được đo trước khi vấn đề lớn như là xảy ra sự nứt gãy dải thép, do đó tránh được sự nứt gãy.

Tuy nhiên, như được đề cập ở trên, các tấm thép kỹ thuật điện yêu cầu độ chính xác về độ dày cao, và thậm chí các sự thay đổi về độ dày vô cùng nhỏ mà không thể bị phát hiện với các dụng cụ như là các máy đo độ rung sẽ làm suy giảm các đặc tính của các lõi sắt. Từ đó, các phương pháp mà trong đó hệ số ma sát được phát hiện để kiểm soát rung lắc, như là các phương pháp được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1 và 2, khó áp dụng để ngăn hoàn toàn các yêu cầu thay đổi độ dày nghiêm

ngặt của các tấm thép kỹ thuật điện.

Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ phương pháp mà trong đó máy đo độ rung được lắp đặt ở trên thân máy cán và được sử dụng để thực hiện phân tích tần số của các rung động của nó để phát hiện sự rung lắc. Phương pháp được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 3 có thể được áp dụng để ngăn các sản phẩm có độ chính xác thấp về độ dày do sự rung lắc đi ra đến đầu ra của quá trình sản xuất; tuy nhiên, phương pháp này khó áp dụng để sản xuất các sản phẩm có độ chính xác rất cao về độ dày.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn sáng chế đã được xét nghiệm Nhật Bản số 6-13126

Tài liệu sáng chế 2: Sáng chế Nhật Bản số 3368841

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 2015-9261

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Từ quan điểm nêu trên, mục đích của sáng chế là đề xuất các phương pháp hiệu quả để cán nguội và sản xuất các tấm thép có độ chính xác rất cao về độ dày.

Giải quyết vấn đề

Các tác giả đã tập trung vào mối quan hệ giữa sự thay đổi độ dày và độ nhám của con lăn cán trong quá trình cán nguội tấm thép với máy cán nối tiếp. Kết quả là, các tác giả đã phát hiện ra sự thay đổi độ dày có thể được giảm xuống 3 μm hoặc nhỏ hơn nếu độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng và/hoặc độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng rơi vào khoảng độ nhám được xác định trước. Các tác giả cũng phát hiện ra sự thay đổi độ dày có thể được giảm bằng cách cung cấp dầu cán với nồng độ cao đến máy cán nối tiếp. Nghĩa là,

các tác giả đã phát hiện ra là, khi tấm thép được cán nguội với máy cán nối tiếp, sự thay đổi độ dày có thể được giảm bằng cách kiểm soát độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng, độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng, và kiểm soát dầu cán (dầu được đưa vào), từ đó cho phép sản xuất hiệu quả tấm thép có độ chính xác rất cao về độ dày. Sáng chế do đó được hoàn thành.

Dựa trên các phát hiện được nêu trên, sáng chế được đặc trưng bởi các điểm sau.

[1] Phương pháp cán nguội tấm thép bao gồm việc cán nguội tấm thép với máy cán nối tiếp mà dầu cán được cấp theo cách tái tuần hoàn. Dầu cán được cấp đến máy cán nối tiếp sao cho, khi được thể hiện mối quan hệ giữa độ dày h của màng dầu được đưa vào trong vùng cán của giá cán cuối cùng như được tính bằng phương trình (1) dưới đây, độ nhám của con lăn cán R_N của giá cán cuối cùng, và độ nhám của con lăn cán R_{N-1} của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng, biểu thức (2) dưới đây có trị số là 0,5 hoặc lớn hơn.

$$h = \left[\{1 + h_1 \cdot B\} - \sqrt{\{1 + h_1 \cdot B\}^2 - 1} \right] \cdot h_1$$

$$h_1 = A \cdot Q / \rho \times 10^{-6}$$

$$B = \frac{(e^\delta - e^{(-\alpha \cdot \sigma + \delta)}) \cdot Ld}{\alpha \cdot 6\eta \cdot (V_1 + V_2) \cdot R'}$$

$$\delta = \beta(T - 40)$$
(1)

trong đó:

A là hiệu quả phủ dính (-);

Q là lượng dầu cán được cấp trên một đơn vị diện tích (kg/m^2);

ρ là khối lượng riêng của dầu (kg/m^3);

σ là ứng suất chảy của vật liệu (Pa);

Ld là chiều dài cung tiếp xúc (mm);

R' là bán kính cán được làm phẳng (mm);

V_1 là tốc độ cán của giá cán cuối cùng (m/s);

V_2 là tốc độ tấm ở phía ra của giá cán cuối cùng (m/s);

η là độ nhớt của dầu cán tại 40°C và áp suất khí quyển (Pa·s);

α là hệ số áp suất-độ nhớt (1/Pa);

β là hệ số nhiệt độ-độ nhớt (1/°C); và

T là nhiệt độ dầu ở phía vào của vùng cán (°C).

$$h / \sqrt{R_N^2 + \left(\frac{R_{N-1}}{2}\right)^2} \quad (2)$$

trong đó:

R_N là độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng ($\mu\text{m Ra}$); và

R_{N-1} là độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng ($\mu\text{m Ra}$).

[2] Theo phương pháp cán nguội tấm thép theo mục [1] nêu trên, độ nhám của con lăn cán R_N của giá cán cuối cùng là từ 0,03 $\mu\text{m Ra}$ đến 0,15 $\mu\text{m Ra}$, và/hoặc độ nhám của con lăn cán R_{N-1} của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng là từ 0,03 $\mu\text{m Ra}$ đến 0,25 $\mu\text{m Ra}$.

[3] Theo phương pháp cán nguội tấm thép theo mục [1] hoặc mục [2] nêu trên, hệ thống cấp dầu cán khác với hệ thống tái tuần hoàn dầu cán mà cấp dầu cán theo cách tái tuần hoàn được lắp đặt ở phía vào của giá cán cuối cùng của máy cán nối tiếp, và hệ thống cấp dầu cán khác cấp dầu cán với nồng độ cao hơn so với hệ thống tái tuần hoàn dầu cán vào máy cán nối tiếp.

[4] Phương pháp sản xuất tấm thép bao gồm sản xuất tấm thép sử dụng phương pháp cán nguội tấm thép theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [3] nêu trên.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo sáng chế, tấm thép có độ chính xác rất cao về độ dày có thể được sản xuất hiệu quả bằng cách cán nguội.

Mô tả chi tiết sáng chế

Như được mô tả ở trên, một trong những yêu cầu quan trọng của sáng chế là để cấp dầu cán với nồng độ cao đến máy cán nối tiếp để giảm các sự thay đổi về độ dày. Ví dụ, dầu cán được cấp với nồng độ cao từ hệ thống cấp dầu cán khác đến máy cán nối tiếp (giá cán cuối cùng) để giảm tải trọng cán ở giá cán cuối cùng và giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng, từ đó giảm các sự thay đổi về độ dày vô cùng nhỏ mà xảy ra trong các tấm thép. Ngoài ra, độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng và/hoặc độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng được định rõ trong khoảng được xác định trước. Đây là yêu cầu quan trọng khác của sáng chế.

Đầu tiên, các kết quả thực nghiệm mà đã dẫn đến sự giới hạn về độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng và độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng theo sáng chế sẽ được mô tả.

Các tấm thép kỹ thuật điện với độ dày là 2,0 mm được cán nguội đến độ dày hoàn thiện là 0,25 mm với máy cán nối tiếp được bao gồm năm giá cán tại tốc độ cán (tốc độ tấm ở phía ra của giá cán cuối cùng) là 700 mét trên phút (mpm-meter per minute) và được kiểm tra cho sự xảy ra các sự thay đổi về độ dày. Như dầu cán, dầu cán nền este (20 cSt) được sử dụng với nồng độ là 3%. Trong thử nghiệm này, độ nhám của con lăn cán đích được thiết đặt như được thể hiện trong Bảng 1. Hai cấp độ 0,10 $\mu\text{m Ra}$ và 0,20 $\mu\text{m Ra}$ được kết hợp cho giá cán 4 (giá cán thứ tư, nghĩa là, giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng), ngược lại hai cấp độ 0,05 $\mu\text{m Ra}$ và 0,10 $\mu\text{m Ra}$ được kết hợp cho giá cán 5 (giá cán thứ năm, nghĩa là, giá cán cuối cùng). Mười đến hai mươi cuộn được cán dưới mỗi điều kiện và được kiểm tra các sự thay đổi về độ dày. Sự thay đổi độ dày trong khu vực ở trung tâm theo chiều dọc và ở trung tâm cắt ngang qua chiều rộng của mỗi tấm thép được đo quá chiều dài 500 mm

theo chiều dọc với đồng hồ đo, và các sản phẩm với các sự thay đổi về độ dày 3 μm hoặc lớn hơn được xác định trước là phế phẩm. Các kết quả thu được từ đó được thể hiện trong Bảng 1.

Như có thể được thấy từ Bảng 1, không có các sự thay đổi về độ dày được xảy ra dưới điều kiện mà cả hai giá cán 4 và giá cán 5 có các độ nhám của con lăn cán nhỏ. Điều được tin là độ nhám của con lăn cán nhỏ hơn của giá cán cuối cùng dẫn đến việc tải trọng cán được giảm xuống và từ đó hiệu quả hơn trong việc giảm các sự thay đổi về độ dày. Điều cũng được tin là độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng được chuyển đến bề mặt của tấm thép và từ đó giảm độ nhám bề mặt của tấm thép ở phía vào của giá cán cuối cùng, sao cho các sự thay đổi về độ dày được giảm xuống bởi hiệu ứng giảm tải trọng cán ở trên giá cán cuối cùng.

Tiếp theo, việc cán được thực hiện tương tự với sự kết hợp của độ nhám của con lăn cán của giá cán 4 và giá cán 5 được thể hiện ở trên mà gây ra các sự thay đổi về độ dày khi dầu cán được cấp (được đưa vào) từ hệ thống cấp dầu cán khác (hệ thống dầu cán thứ hai trong Bảng 1) đến các con lăn cán của giá cán 5 với nồng độ 8% (nồng độ dầu cán của hệ thống tái tuần hoàn dầu cán mà được cấp dầu cán theo cách tái tuần hoàn là 3%), và các tấm thép được kiểm tra các sự thay đổi về độ dày. Ở đây, độ dày của màng dầu được đưa vào trong vùng cán được sử dụng như thông số đo lường dầu cán được cấp cho nghiên cứu về sự thay đổi độ dày. Điều được tin là, khi độ dày của màng dầu được đưa vào trong vùng cán trở nên lớn hơn, tỷ lệ của khu vực bôi trơn biên nơi mà tấm thép tiếp xúc trực tiếp với các con lăn cán trong vùng cán trở nên nhỏ hơn, và tỷ lệ vùng chất bôi trơn lỏng nơi mà tấm thép tiếp xúc các con lăn cán với dầu cán trở nên lớn hơn, từ đó góp phần vào việc tải trọng cán được giảm xuống và ảnh hưởng đến sự thay đổi độ dày.

Độ dày (h) của màng dầu được đưa vào trong vùng cán được xác định trước như ở dưới đây. Độ dày (h) của màng dầu được đưa vào trong vùng cán được tính từ phương trình (1) bằng cách tính đến độ dày (h_1) của màng phủ dính ở trên tấm thép. Độ dày (h_1) của màng phủ dính ở trên tấm thép được tin là được xác định trước bằng

lượng dầu cán (Q) được cấp và hiệu quả phủ dính (A). Ngoài ra, như được biểu thị bằng phương trình (1), độ dày (h) của màng dầu được đưa vào trong vùng cán thay đổi với các tính chất của dầu cán, như là độ nhớt (η) và hệ số áp suất-độ nhớt (α) của dầu cán, và các điều kiện cán, như là bán kính cán được làm phẳng (R') và tốc độ cán (V_1) của giá cán cuối cùng. Theo đó, các thông số này được thiết đặt, và độ dày (h) của màng dầu được đưa vào trong vùng cán được xác định bằng phương trình (1) theo sáng chế. Hiệu quả phủ dính được đo trước dưới từng điều kiện cấp dầu cán.

$$\begin{aligned}
 h &= \left[\{1 + h_1 \cdot B\} - \sqrt{\{1 + h_1 \cdot B\}^2 - 1} \right] \cdot h_1 \\
 h_1 &= A \cdot Q / \rho \times 10^{-6} \\
 B &= \frac{(e^\delta - e^{(-\alpha \cdot \sigma + \delta)}) \cdot Ld}{\alpha \cdot 6\eta \cdot (V_1 + V_2) \cdot R'} \\
 \delta &= \beta(T - 40)
 \end{aligned} \tag{1}$$

trong đó:

A là hiệu quả phủ dính (-);

Q là lượng dầu cán được cấp trên một đơn vị diện tích (kg/m^2);

ρ là khối lượng riêng của dầu (kg/m^3);

σ là ứng suất chảy của vật liệu (Pa);

Ld là chiều dài cung tiếp xúc (mm);

R' là bán kính cán được làm phẳng (mm);

V_1 là tốc độ cán của giá cán cuối cùng (m/s);

V_2 là tốc độ tẩm ở phía ra của giá cán cuối cùng (m/s);

η là độ nhớt của dầu cán tại 40°C và áp suất khí quyển ($\text{Pa}\cdot\text{s}$);

α là hệ số áp suất-độ nhớt ($1/\text{Pa}$);

β là hệ số nhiệt độ-độ nhớt ($1/^\circ\text{C}$); và

T là nhiệt độ dầu ở phía vào của vùng cán (°C).

Bảng 1 thể hiện độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng, độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng, và độ dày màng dầu được tính (độ dày (h) của màng dầu được đưa vào trong vùng cán) cho từng điều kiện.

Nghiên cứu về mối quan hệ giữa sự thay đổi độ dày và độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng, độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng, và độ dày màng dầu được tính (độ dày (h) của màng dầu được đưa vào trong vùng cán) được thể hiện là chúng có thể được thiết đặt vào trong biểu thức (2). Bảng 1 cũng thể hiện trị số của biểu thức (2) và các kết quả về số lượng các sản phẩm với các sự thay đổi về độ dày. Trị số lớn hơn của biểu thức (2) nghĩa là độ dày lớn hơn (h) của màng dầu được đưa vào trong vùng cán, nghĩa là, màng dầu dày hơn, tương ứng với độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng và độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng. Các kết quả của nghiên cứu được thể hiện là sự xảy ra các sự thay đổi về độ dày có thể được giảm khi trị số của biểu thức (2) là 0,5 hoặc lớn hơn.

$$h / \sqrt{R_N^2 + \left(\frac{R_{N-1}}{2}\right)^2} \quad (2)$$

trong đó:

R_N là độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng ($\mu\text{m Ra}$); và

R_{N-1} là độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng ($\mu\text{m Ra}$).

Các kết quả thực nghiệm nêu trên đã thể hiện là các sự thay đổi về độ dày có thể được giảm nếu tỷ lệ của độ dày của màng dầu được đưa vào trong vùng cán trên độ nhám của con lăn cán (độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng và độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng) như được xác định bởi biểu thức (2) là 0,5 hoặc lớn hơn. Các kết quả cũng đã thể hiện là các sự thay đổi

về độ dày có thể được giảm hơn nữa nếu độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng là từ 0,03 $\mu\text{m Ra}$ đến 0,15 $\mu\text{m Ra}$ và/hoặc độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng là từ 0,03 $\mu\text{m Ra}$ đến 0,25 $\mu\text{m Ra}$. Không cần phải thiết đặt giới hạn dưới cho độ nhám của con lăn cán; tuy nhiên, điều không mong muốn là độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng nhỏ hơn 0,03 $\mu\text{m Ra}$ hoặc độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng nhỏ hơn 0,03 $\mu\text{m Ra}$ bởi vì tải trọng mài nhẵn ở trên các con lăn cán sẽ tăng lên. Tốt hơn là, độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng là từ 0,03 $\mu\text{m Ra}$ đến 0,07 $\mu\text{m Ra}$, và độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng là từ 0,03 $\mu\text{m Ra}$ đến 0,16 $\mu\text{m Ra}$.

[Bảng 1]

Giá cán 1	Giá cán 2	Giá cán 3	Giá cán 4	Giá cán 5	Hệ thống dầu cán thứ hai	Độ dày màng dầu được tính	Biểu thức (2)	Thay đổi độ dày
0,50 $\mu\text{m Ra}$	0,35 $\mu\text{m Ra}$		0,20 $\mu\text{m Ra}$	0,10 $\mu\text{m Ra}$	Không sử dụng	0,054 μm	0,38	4/16 cuộn
		0,35 $\mu\text{m Ra}$	0,20 $\mu\text{m Ra}$	0,05 $\mu\text{m Ra}$	Không sử dụng	0,054 μm	0,48	3/14 cuộn
			0,10 $\mu\text{m Ra}$	0,10 $\mu\text{m Ra}$	Không sử dụng	0,054 μm	0,48	2/14 cuộn
			0,10 $\mu\text{m Ra}$	0,05 $\mu\text{m Ra}$	Không sử dụng	0,054 μm	0,76	0/13 cuộn
			0,20 $\mu\text{m Ra}$	0,10 $\mu\text{m Ra}$	Có sử dụng	0,062 μm	0,44	3/14 cuộn
0,50 $\mu\text{m Ra}$	0,35 $\mu\text{m Ra}$	0,35 $\mu\text{m Ra}$	0,20 $\mu\text{m Ra}$	0,05 $\mu\text{m Ra}$	Có sử dụng	0,062 μm	0,55	1/14 cuộn
			0,10 $\mu\text{m Ra}$	0,10 $\mu\text{m Ra}$	Có sử dụng	0,062 μm	0,55	1/15 cuộn

Như được mô tả ở trên, sử dụng phương pháp cán nguội tấm thép theo sáng chế cho phép sản xuất hiệu quả tấm thép có độ chính xác rất cao về độ dày.

Ví dụ 1

Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết với sự viện dẫn đến các ví dụ dưới đây.

Các tấm thép kỹ thuật điện được cán nguội với máy cán nối tiếp bao gồm năm giá cán bốn trục và được đánh giá tỷ lệ phần trăm xuất hiện các phế phẩm với các sự thay đổi về độ dày. Một trăm cuộn tấm thép kỹ thuật điện với hàm lượng Si là từ 3,1% theo khối lượng đến 3,7% theo khối lượng và độ dày là 1,8 mm được tạo ra và được hoàn thiện đến độ dày là 0,25 mm tại tốc độ cán (tốc độ tấm ở phía đầu ra của giá cán cuối cùng) là 700 mét trên phút dưới mỗi điều kiện.

Bảng 2 thể hiện các điều kiện. Các con lăn cán được thay thế mỗi lần cán 20 đến 30 cuộn cho từng điều kiện, và độ nhám của con lăn được đo trước và sau sự thay thế của các con lăn cán. Bảng 2 liệt kê các độ nhám tối đa và tối thiểu (Ra). Đối với các ví dụ sáng chế, tùy thuộc vào độ nhám của các con lăn cán, hệ thống dầu cán thứ hai (hệ thống cấp dầu cán khác với hệ thống tái tuần hoàn dầu cán mà đã cấp dầu cán theo cách tái tuần hoàn) được sử dụng để kiểm soát và thiết đặt màng dầu được tính (độ dày (h) của màng dầu được đưa vào trong vùng cán) sao cho tỷ lệ độ dày (h) của màng dầu được đưa vào trong vùng cán để độ nhám của con lăn cán như được xác định bởi biểu thức (2) là 0,5 hoặc lớn hơn. Sự thay đổi độ dày được đo bởi quy trình giống như được mô tả ở trên. Các sản phẩm với các sự thay đổi về độ dày là 3 μm hoặc lớn hơn được xác định là phế phẩm, và tỷ lệ phần trăm của các phế phẩm tương ứng với tổng (100 cuộn) được tính.

Các kết quả thu được từ đó được thể hiện cùng với các điều kiện ở trong Bảng 2.

[Bảng 2]

Số		Giá cán 4	Giá cán 5	Hệ thống dầu cán thứ hai	Độ dày màng dầu được tính	Biểu thức (2)	Tỷ lệ phần trăm phế phẩm	
1	Ví dụ so sánh	0,08 đến 0,11 μm Ra	0,08 đến 0,11 μm Ra	Không sử dụng	0,056 μm	0,46 đến 0,63	5,20%	
2	Ví dụ sáng chế		0,04 đến 0,06 μm Ra	Không sử dụng	0,056 μm	0,69 đến 0,99	0,60%	
3	Ví dụ sáng chế		0,08 đến 0,11 μm Ra	10%	10%	0,065 μm	0,53 đến 0,73	0,70%
4	Ví dụ so sánh	0,17 đến 0,23 μm Ra	0,08 đến 0,11 μm Ra	Không sử dụng	0,056 μm	0,35 đến 0,48	9,40%	
5	Ví dụ so sánh		0,04 đến 0,06 μm Ra	Không sử dụng	0,056 μm	0,43 đến 0,60	5,10%	
6	Ví dụ so sánh		0,08 đến 0,11 μm Ra	10%	10%	0,065 μm	0,41 đến 0,56	4,30%
7	Ví dụ sáng chế	0,26 đến 0,28 μm Ra	0,04 đến 0,06 μm Ra	10%	0,065 μm	0,50 đến 0,69	0,90%	
8	Ví dụ sáng chế		0,04 đến 0,06 μm Ra	25%	25%	0,076 μm	0,50 đến 0,56	1,40%
9	Ví dụ sáng chế		0,08 đến 0,09 μm Ra	0,16 đến 0,17 μm Ra	45%	0,088 μm	0,50 đến 0,53	2,10%

Như có thể được thấy, các tỷ lệ phần trăm của các phế phẩm với các sự thay đổi về độ dày cho các ví dụ so sánh là 4,30% đến 9,40%, ngược lại các tỷ lệ phần trăm của các phế phẩm cho các ví dụ sáng chế được giảm xuống 2,10% hoặc nhỏ hơn.

Như được mô tả ở trên, phương pháp cán nguội theo sáng chế có thể được áp dụng để sản xuất hiệu quả tấm thép có độ chính xác đặc biệt cao về độ dày bằng cách không chỉ thiết đặt thích hợp độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng và/hoặc độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng, mà còn kiểm soát thích hợp độ dày màng dầu (độ dày của màng dầu được đưa vào trong vùng cán của giá cán cuối cùng) với hệ thống dầu cán thứ hai.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Phương pháp cán nguội theo sáng chế là thích hợp cho các tấm thép kỹ thuật điện, mà các yêu cầu chính xác về độ dày là nghiêm ngặt.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp cán nguội tấm thép, bao gồm bước cán nguội tấm thép với máy cán nối tiếp mà dầu cán được cấp theo cách tái tuần hoàn,

trong đó dầu cán được cấp đến máy cán nối tiếp sao cho, khi được thể hiện theo mối quan hệ giữa độ dày h của màng dầu được đưa vào trong vùng cán của giá cán cuối cùng như được tính bằng phương trình (1) dưới đây, độ nhám của con lăn cán R_N của giá cán cuối cùng, và độ nhám của con lăn cán R_{N-1} của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng, biểu thức (2) dưới đây có trị số là 0,5 hoặc lớn hơn:

$$\begin{aligned}
 h &= \left[\{1 + h_1 \cdot B\} - \sqrt{\{1 + h_1 \cdot B\}^2 - 1} \right] \cdot h_1 \\
 h_1 &= A \cdot Q / \rho \times 10^{-6} \\
 B &= \frac{(e^\delta - e^{(-\alpha \cdot \sigma + \delta)}) \cdot Ld}{\alpha \cdot 6\eta \cdot (V_1 + V_2) \cdot R'} \\
 \delta &= \beta(T - 40)
 \end{aligned} \tag{1}$$

trong đó:

A là hiệu quả phủ dính (-);

Q là lượng dầu cán được cấp trên một đơn vị diện tích (kg/m^2);

ρ là khối lượng riêng của dầu (kg/m^3);

σ là ứng suất chảy của vật liệu (Pa);

Ld là chiều dài cung tiếp xúc (mm);

R' là bán kính cán được làm phẳng (mm);

V_1 là tốc độ cán của giá cán cuối cùng (m/s);

V_2 là tốc độ tấm ở phía ra của giá cán cuối cùng (m/s);

η là độ nhớt của dầu cán tại 40°C và áp suất khí quyển ($\text{Pa}\cdot\text{s}$);

α là hệ số áp suất-độ nhớt ($1/\text{Pa}$);

β là hệ số nhiệt độ-độ nhớt ($1/^\circ\text{C}$); và

T là nhiệt độ dầu ở phía vào của vùng cán ($^\circ\text{C}$), và

$$h / \sqrt{R_N^2 + \left(\frac{R_{N-1}}{2}\right)^2} \quad (2)$$

trong đó:

R_N là độ nhám của con lăn cán của giá cán cuối cùng ($\mu\text{m Ra}$); và

R_{N-1} là độ nhám của con lăn cán của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng ($\mu\text{m Ra}$).

2. Phương pháp cán nguội tấm thép theo điểm 1, trong đó độ nhám của con lăn cán R_N của giá cán cuối cùng là từ $0,03 \mu\text{m Ra}$ đến $0,15 \mu\text{m Ra}$, và/hoặc độ nhám của con lăn cán R_{N-1} của giá cán ở ngay trước giá cán cuối cùng là từ $0,03 \mu\text{m Ra}$ đến $0,25 \mu\text{m Ra}$.

3. Phương pháp cán nguội tấm thép theo điểm 1 hoặc 2, trong đó hệ thống cấp dầu cán khác với hệ thống tái tuần hoàn dầu cán mà cấp dầu cán theo cách tái tuần hoàn được lắp đặt ở phía vào của giá cán cuối cùng của máy cán nối tiếp, và hệ thống cấp dầu cán khác cấp dầu cán với nồng độ cao hơn so với hệ thống tái tuần hoàn dầu cán vào máy cán nối tiếp.

4. Phương pháp sản xuất tấm thép, bao gồm bước sản xuất tấm thép bằng cách sử dụng phương pháp cán nguội tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3.