



(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)



1-0048931

(51)^{2020.01} C22C 38/00; C22C 38/02; C22C 38/06; (13) B
C22C 38/42; C22C 38/58; C22C 38/46;
C22C 38/48; C22C 38/50; C22C 38/54;
C21D 8/02; C22C 38/44

(21) 1-2020-02308

(22) 05/11/2018

(86) PCT/IB2018/058665 05/11/2018

(87) WO 2019/092577 16/05/2019

(30) PCT/IB2017/057042 10/11/2017 IB

(45) 25/07/2025 448

(43) 25/02/2021 395A

(73) ARCELORMITTAL (LU)

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

(72) PIPARD, jean-Marc (FR); ARLAZAROV, Artem (FR).

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

(54) THÉP TẤM CÁN NGUỘI ĐÃ ĐƯỢC XỬ LÝ NHIỆT VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT NÓ

(21) 1-2020-02308

(57) Sáng chế đề cập đến thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, với hàm lượng được biểu thị theo phần trăm khối lượng: $0,10\% \leq \text{cacbon} \leq 0,5\%$, $1\% \leq \text{mangan} \leq 3,4\%$, $0,5\% \leq \text{silic} \leq 2,5\%$, $0,03\% \leq \text{nhôm} \leq 1,5\%$, $\text{lưu huỳnh} \leq 0,003\%$, $0,002\% \leq \text{phospho} \leq 0,02\%$, $\text{nito} \leq 0,01\%$ và có thể còn bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố tùy ý sau: $0,05\% \leq \text{crom} \leq 1\%$, $0,001\% \leq \text{molypden} \leq 0,5\%$, $0,001\% \leq \text{niobi} \leq 0,1\%$, $0,001\% \leq \text{titan} \leq 0,1\%$, $0,01\% \leq \text{đồng} \leq 2\%$, $0,01\% \leq \text{niken} \leq 3\%$, $0,0001\% \leq \text{canxi} \leq 0,005\%$, $\text{vanadi} \leq 0,1\%$, $\text{bo} \leq 0,003\%$, $\text{xeri} \leq 0,1\%$, $\text{magie} \leq 0,010\%$, $\text{ziricon} \leq 0,010\%$ lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi từ quá trình sản xuất, và vi cấu trúc của thép tấm này bao gồm, tính theo phần diện tích: 10 tới 30% austenit tồn dư, 5 tới 50% bainit đã được ủ, 10 tới 40% bainit, 1% tới 20% mactensit đã được tôi, và ít hơn 30% mactensit đã được ram, trong đó tổng hàm lượng của bainit và austenit tồn dư bằng hoặc lớn hơn 30%. Phương pháp sản xuất thép tấm này, chi tiết đã được tạo ra từ thép tấm này và phương tiện vận tải có chi tiết này cũng được đề xuất.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt thích hợp để sử dụng làm thép tấm dùng cho ô tô.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các chi tiết của ô tô cần phải thỏa mãn hai yêu cầu trái ngược nhau, đó là dễ tạo hình và độ bền, nhưng trong những năm gần đây một yêu cầu thứ ba về việc cải thiện mức tiêu thụ nhiên liệu cũng là cần thiết đối với ô tô theo khía cạnh bảo vệ môi trường toàn cầu. Do đó, các chi tiết của ô tô hiện có phải được làm bằng vật liệu có khả năng tạo hình tốt để phù hợp với các tiêu chuẩn lắp ráp trong cụm lắp ráp phức tạp của ô tô và đồng thời phải cải thiện độ bền khi va đập và thời hạn sử dụng đồng thời với việc giảm trọng lượng của ô tô nhằm mục đích cải thiện hiệu quả tiêu thụ nhiên liệu.

Do đó, các nỗ lực phát triển và nghiên cứu chuyên sâu đã và đang được thực hiện nhằm làm giảm lượng vật liệu dùng trong ô tô. Trái lại, việc tăng độ bền của thép tấm làm giảm khả năng tạo hình, và do vậy việc phát triển các vật liệu có cả độ bền cao lẫn khả năng tạo hình tốt là cần thiết.

Các nỗ lực phát triển và nghiên cứu trước đây liên quan đến lĩnh vực thép tấm có độ bền cao và khả năng tạo hình tốt đã đưa ra một số phương pháp sản xuất thép tấm có độ bền cao và khả năng tạo hình tốt, một vài phương pháp trong số đó liên quan đến sáng chế này được trích dẫn dưới đây.

EP3144406 đề cập đến thép tấm cán nguội có độ bền cao có tính dẻo rất tốt chứa, tính theo % khối lượng, cacbon (C): 0,1% tới 0,3%, silic (Si): 0,1% tới 2,0%, nhôm (Al): 0,005% tới 1,5%, mangan (Mn): 1,5% tới 3,0%, phospho (P): 0,04% hoặc ít hơn (không bao gồm 0%), lưu huỳnh (S): 0,015% hoặc ít hơn (không bao gồm 0%), nitơ (N): 0,02% hoặc ít hơn (không bao gồm 0%), và lượng còn lại là lượng của sắt (Fe) và các tạp chất khó tránh khỏi trong đó tổng hàm lượng của silic và nhôm (Si+Al) (% khối lượng) bằng hoặc lớn hơn 1,0%, và

trong đó vi cấu trúc có, tính theo phần diện tích: 5% hoặc ít hơn là ferit đa giác có tỷ số giữa trục phụ và trục chính bằng hoặc lớn hơn 0,4, 70% hoặc ít hơn (không bao gồm 0%) ferit hình kim có tỷ số giữa trục phụ và trục chính bằng hoặc thấp hơn 0,4, 25% hoặc ít hơn (không bao gồm 0%) austenit tồn dư hình kim, và lượng còn lại là của mactensit. Ngoài ra, EP3144406 cũng đề cập đến thép có độ bền cao có độ bền kéo bằng hoặc lớn hơn 780MPa.

EP3128023 đề cập đến thép tấm cán nguội có độ bền cao có độ giãn tốt, khả năng mở rộng lỗ, và độ bền chống nứt gãy trễ và giới hạn chảy cao, và phương pháp sản xuất thép tấm này. Thép tấm cán nguội có độ bền cao và giới hạn chảy cao này có thành phần bao gồm, được thể hiện theo % khối lượng, C: 0,13% tới 0,25%, Si: 1,2% tới 2,2%, Mn: 2,0% tới 3,2%, P: 0,08% hoặc ít hơn, S: 0,005% hoặc ít hơn, Al: 0,01% tới 0,08%, N: 0,008% hoặc ít hơn, Ti: 0,055% tới 0,130%, và lượng còn lại là của Fe và các tạp chất khó tránh khỏi. Thép tấm này có vi cấu trúc gồm 2% tới 15% phần thể tích ferit có đường kính hạt tinh thể trung bình bằng hoặc nhỏ hơn $2\mu\text{m}$, 5 tới 20% phần thể tích austenit tồn dư có đường kính hạt tinh thể trung bình nằm trong khoảng từ 0,3 đến $2,0\mu\text{m}$, 10% hoặc ít hơn (kể cả 0%) phần thể tích mactensit có đường kính hạt trung bình bằng hoặc nhỏ hơn $2\mu\text{m}$, và lượng còn lại là của bainit và mactensit đã được ram, và bainit và mactensit đã được ram này có đường kính hạt tinh thể trung bình bằng hoặc nhỏ hơn $5\mu\text{m}$.

EP3009527 mô tả thép tấm cán nguội có độ bền cao có độ giãn tốt, khả năng dễ uốn kéo rất tốt, và giới hạn chảy cao và phương pháp sản xuất nó. Thép tấm cán nguội có độ bền cao này có thành phần và vi cấu trúc sau đây. Thành phần của thép tấm này gồm, tính theo khối lượng: 0,15% tới 0,27% C, 0,8% tới 2,4% Si, 2,3% tới 3,5% Mn, 0,08% P hoặc thấp hơn, 0,005% S hoặc thấp hơn, 0,01% tới 0,08% Al, và 0,010% N hoặc thấp hơn, lượng còn lại là của Fe và các tạp chất khó tránh khỏi. Vi cấu trúc của thép này gồm: ferit có đường kính hạt trung bình bằng hoặc nhỏ hơn $5\mu\text{m}$ và phần thể tích nằm trong khoảng từ 3% đến 20%, austenit tồn dư có phần thể tích nằm trong khoảng từ 5% đến 20%, và mactensit có phần thể tích nằm trong khoảng từ 5% đến 20%, lượng còn lại là của bainit và/hoặc mactensit đã được ram. Tổng số hạt austenit tồn dư có cỡ hạt bằng

hoặc nhỏ hơn $2\mu\text{m}$, mactensit có cỡ hạt bằng hoặc nhỏ hơn $2\mu\text{m}$, hoặc pha hỗn hợp của chúng bằng hoặc lớn hơn 150 trên $2000\mu\text{m}^2$ mặt cắt ngang dày song song với hướng cán thép tấm này.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là nhằm giải quyết các vấn đề đó bằng cách tạo ra thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt hiện có mà đồng thời có:

- độ bền kéo giới hạn lớn hơn hoặc bằng 950MPa và tốt hơn là lớn hơn 980MPa ,
- độ giãn dài toàn phần lớn hơn hoặc bằng 20% và tốt hơn là lớn hơn 21% .

Theo một phương án được ưu tiên, thép tấm theo sáng chế có tỷ số giới hạn chảy/độ bền kéo lớn hơn $0,60$.

Theo một phương án được ưu tiên, thép tấm theo sáng chế có thể còn có giới hạn chảy bằng hoặc lớn hơn 600MPa

Tốt hơn là, thép như vậy còn có khả năng thích ứng tốt với việc tạo hình, cụ thể là với việc cán cùng với khả năng dễ hàn và khả năng dễ phủ tốt.

Một mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp hiện có để sản xuất thép tấm này mà tương thích với các ứng dụng thông thường đồng thời không nhạy cảm với các biến đổi nhỏ của các thông số của quy trình sản xuất.

Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo sáng chế có thể tùy ý được phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm, hoặc nhôm hoặc hợp kim nhôm nhằm cải thiện khả năng chống ăn mòn của nó.

Mô tả chi tiết sáng chế

Cacbon có mặt trong thép này với lượng nằm trong khoảng từ $0,10\%$ đến $0,5\%$. Cacbon là một nguyên tố cần thiết để làm tăng độ bền của thép theo sáng chế bởi việc tạo ra các pha biến đổi ở nhiệt độ thấp như mactensit, ngoài việc cacbon cũng đóng một vai trò quan trọng trong việc làm ổn định austenit, vì vậy là một nguyên tố cần thiết để đảm bảo austenit tồn dư. Do đó, cacbon đóng hai vai trò quan trọng, thứ nhất là làm tăng độ bền và thứ hai là lưu giữ austenit để mang lại tính dẻo. Nhưng hàm lượng cacbon nhỏ hơn $0,10\%$ sẽ là lượng không đủ để làm ổn định austenit theo sáng chế. Mặt khác, với hàm lượng cacbon lớn hơn

0,5%, thép thể hiện khả năng dễ hàn điểm kém làm hạn chế các ứng dụng của nó để làm các chi tiết của ô tô.

Hàm lượng mangan của thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 1% đến 3,4%. Nguyên tố này làm mở rộng khoảng tồn tại austenit. Mục đích của việc thêm mangan vào chủ yếu là để thu được cấu trúc có chứa austenit. Mangan là một nguyên tố làm ổn định austenit ở nhiệt độ trong phòng để tạo ra austenit tồn dư. Hàm lượng ít nhất là khoảng 1% khối lượng của mangan là bắt buộc để có được độ bền và khả năng tôi cứng của thép theo sáng chế cũng như làm ổn định austenit. Do vậy, hàm lượng cao của mangan là được ưu tiên theo sáng chế như 3,4%. Tuy nhiên, khi hàm lượng mangan lớn hơn 3,4% sẽ có các ảnh hưởng bất lợi như làm chậm sự biến đổi của austenit thành bainit trong quá trình giữ đẳng nhiệt để biến đổi bainit. Ngoài ra, hàm lượng mangan lớn hơn 3,4% còn làm giảm khả năng dễ hàn của thép cũng như đặc tính về độ dẻo không thể đạt được. Khoảng được ưu tiên đối với mangan là từ 1,2% đến 2,3% và khoảng được ưu tiên hơn là từ 1,2% đến 2,2%.

Hàm lượng silic của thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 0,5% đến 2,5%. Silic là một thành phần mà có thể làm chậm sự kết tủa cacbua trong quá trình hóa già nhanh, do đó, nhờ sự có mặt của silic, austenit giàu cacbon được làm ổn định ở nhiệt độ trong phòng. Ngoài ra, do có độ hoà tan kém trong cacbua nên silic sẽ ức chế hoặc làm chậm một cách có hiệu quả sự tạo ra cacbua, vì vậy cũng thúc đẩy việc tạo ra cacbua mật độ thấp trong cấu trúc bainit là điều được kỳ vọng theo sáng chế để làm cho thép theo sáng chế có các tính chất cơ học thiết yếu. Tuy nhiên, hàm lượng quá nhiều của silic sẽ không mang lại hiệu quả nêu trên và dẫn đến vấn đề như tính giòn khi tôi. Do đó, hàm lượng này được không chế với giới hạn trên là 2,5%.

Hàm lượng nhôm nằm trong khoảng từ 0,03% đến 1,5%. Theo sáng chế này, nhôm loại bỏ oxy có mặt trong thép nóng chảy để ngăn không cho oxy tạo ra pha khí trong quy trình hoá rắn. Nhôm cũng gắn vào nitơ trong thép để tạo ra nhôm nitrua dẫn đến làm giảm cỡ hạt. Hàm lượng cao của nhôm mà lớn hơn 1,5%, làm tăng điểm tới hạn Ac_3 tới một nhiệt độ cao dẫn đến làm giảm năng suất. Hàm lượng nhôm nằm trong khoảng từ 1,0 đến 1,5% có thể được sử dụng

khi hàm lượng mangan cao được bổ sung vào để tương xứng với hiệu quả của mangan đối với các điểm biến đổi và tiến trình tạo ra austenit theo nhiệt độ.

Hàm lượng crom của thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 0,05% đến 1%. Crom là một nguyên tố chủ yếu góp phần tạo độ bền và làm cứng thép nhưng khi được sử dụng với lượng lớn hơn 1% sẽ khó khăn cho việc hoàn thiện bề mặt thép. Ngoài ra, hàm lượng crom dưới 1% sẽ làm thô mẫu hình phân tán của cacbua trong cấu trúc bainit, dẫn đến mật độ của cacbua trong bainit duy trì ở mức thấp.

Niobi có mặt trong thép theo sáng chế với lượng nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,1% và thích hợp để tạo ra carbo-nitrua nhằm tạo độ bền của thép theo sáng chế bởi việc tôi cứng kết tủa. Niobi cũng sẽ tác động tới kích thước của các thành phần vi cấu trúc thông qua sự kết tủa của nó dưới dạng carbo-nitrua và bởi việc làm chậm quá trình kết tinh trong quy trình nung nóng. Do đó, vi cấu trúc mịn hơn được tạo ra khi kết thúc nhiệt độ giữ nhiệt và kết quả là sau khi hoàn tất quá trình ủ sẽ dẫn đến làm tôi cứng sản phẩm. Tuy nhiên, hàm lượng Niobi lớn hơn 0,1% không có hiệu quả về mặt kinh tế do tác động bão hoà ảnh hưởng của nó được nhận thấy. Điều đó có nghĩa là lượng Niobi thêm nữa không dẫn đến sự cải thiện bất kỳ nào về độ bền của sản phẩm.

Titan được bổ sung vào thép theo sáng chế với lượng nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,1%. Giống như niobi, nó cũng liên quan đến việc tạo ra carbo-nitrua do vậy đóng vai trò làm tôi cứng. Nhưng nó còn tham gia vào việc tạo ra titan-nitrua xảy ra trong quá trình hoá rắn của sản phẩm đúc. Hàm lượng titan do vậy cũng được giới hạn ở mức 0,1% nhằm tránh việc tạo ra titan-nitrua thô gây mà bất lợi đến khả năng tạo hình. Trong trường hợp hàm lượng titan thấp hơn 0,001% sẽ không mang lại ảnh hưởng bất kỳ nào đến thép theo sáng chế.

Thành phần phospho của thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 0,002% đến 0,02%, phospho làm giảm khả năng dễ hàn điểm và độ dẻo nóng, cụ thể là do xu hướng tách biệt ở ranh giới giữa các hạt hoặc đồng tách cùng với mangan. Vì các lý do đó, hàm lượng của nó được giới hạn ở mức 0,02% và tốt hơn là nhỏ hơn 0,013%.

Lưu huỳnh không phải là một nguyên tố chủ yếu nhưng nó có thể có mặt dưới dạng một tạp chất trong thép và theo sáng chế này sẽ tốt hơn nếu hàm lượng lưu huỳnh càng thấp càng tốt, nhưng bằng hoặc thấp hơn 0,003% sẽ không có lợi xét về khía cạnh chi phí sản xuất. Ngoài ra, nếu lưu huỳnh có mặt trong thép với hàm lượng cao thì nó sẽ kết hợp để tạo ra sulfua đặc biệt là với mangan và làm giảm tác động có lợi của nó theo sáng chế.

Hàm lượng canxi trong thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,005%. Canxi được bổ sung vào thép theo sáng chế như một nguyên tố tùy ý đặc biệt là trong quá trình xử lý thể vùi. Canxi góp phần tinh luyện thép bởi việc bắt giữ lượng lưu huỳnh thể vùi ở dạng hình cầu, nhờ đó làm chậm tác động có hại của lưu huỳnh.

Hàm lượng nitơ được giới hạn ở mức 0,01% để tránh việc làm lão hoá vật liệu và để giảm thiểu sự kết tủa của nhôm nitrua trong quá trình hoá rắn mà sẽ gây bất lợi cho các tính chất cơ học của thép.

Molypden là một nguyên tố tùy ý cấu thành 0% tới 0,5% thành phần của thép theo sáng chế; Molypden đóng vai trò hiệu quả trong việc cải thiện khả năng tôi cứng và độ cứng, làm chậm sự xuất hiện của bainit và ngăn ngừa sự kết tủa của cacbua trong bainit. Tuy nhiên, việc bổ sung molypden vào quá nhiều làm tăng chi phí cho việc bổ sung các nguyên tố hợp kim, vì vậy với lý do kinh tế hàm lượng của nó được giới hạn ở mức 0,5%.

Đồng có thể được bổ sung vào như một nguyên tố tùy ý với lượng nằm trong khoảng từ 0,01% đến 2% để làm tăng độ bền của thép và để cải thiện khả năng chống ăn mòn của nó. Hàm lượng nhỏ nhất 0,01% là cần thiết để có được các hiệu ứng như vậy. Tuy nhiên, khi hàm lượng của nó lớn hơn 2%, thì các đặc tính bề mặt có thể bị giảm.

Niken có thể được bổ sung vào như một nguyên tố tùy ý với lượng nằm trong khoảng từ 0,01% đến 3% để làm tăng độ bền của thép và để cải thiện độ dai của nó. Hàm lượng nhỏ nhất 0,01% là cần thiết để có được các hiệu ứng như vậy. Tuy nhiên, khi hàm lượng của niken lớn hơn 3,0%, thì độ dẻo có thể bị giảm.

Vanadi có hiệu quả trong việc tăng cường độ bền của thép bởi việc tạo ra cacbua hoặc carbo-nitrua và giới hạn trên của nó là 0,1% xét về mặt kinh tế. Các

nguyên tố khác như xeri, bo, magie hoặc ziricon có thể được bổ sung vào một cách riêng rẽ hoặc ở dạng kết hợp theo tỷ lệ khối lượng sau: xeri $\leq 0,1\%$, bo $\leq 0,003\%$, magie $\leq 0,010\%$ và ziricon $\leq 0,010\%$. Với các mức hàm lượng tối đa nêu trên, các nguyên tố này cho phép có thể tinh luyện hạt trong quá trình hoá rắn. Phần còn lại của thành phần thép là sắt và các tạp chất khó tránh khỏi từ quy trình sản xuất.

Vi cấu trúc của thép tấm theo sáng chế bao gồm các thành phần dưới đây:

Bainit cấu thành 10% tới 40% vi cấu trúc tính theo phần diện tích đối với thép theo sáng chế. Theo sáng chế này, bainit theo sáng chế là tổ hợp bao gồm bainit dạng dải và bainit dạng hạt. Để đảm bảo độ giãn dài toàn phần là 20% cần phải có 10% bainit.

Austenit tồn dư cấu thành 10% tới 30% tính theo phần diện tích của thép. Austenit tồn dư đã biết là có khả năng hoà tan cacbon cao so với bainit và vì vậy có tác dụng bẫy cacbon một cách có hiệu quả, do đó, làm chậm sự tạo ra cacbua trong bainit. Tốt hơn, nếu hàm lượng cacbon trong austenit tồn dư theo sáng chế lớn hơn 0,9%, và tốt hơn là nhỏ hơn 1,1%. Austenit tồn dư của thép theo sáng chế mang lại độ dẻo cao.

Bainit đã được ủ cấu thành 5% tới 50% vi cấu trúc của thép theo sáng chế tính theo phần diện tích. Bainit đã được ủ mang lại độ bền và khả năng tạo hình cho thép theo sáng chế. Bainit đã được ủ này được tạo ra trong lần ủ thứ hai ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ $T_{\text{giữ nhiệt}}$ đến Ac_3 . Cần phải có 5% bainit đã được ủ để đạt được độ giãn dài được mong muốn của thép theo sáng chế nhưng khi hàm lượng bainit đã được ủ này vượt quá mức 50%, thép theo sáng chế không thể đạt được độ bền.

Mactensit đã được tôi cấu thành 1% tới 20% vi cấu trúc tính theo phần diện tích. Mactensit đã được tôi mang lại độ bền cho thép theo sáng chế. Mactensit đã được tôi được tạo ra trong quá trình làm nguội của lần ủ thứ hai. Giới hạn nhỏ nhất không được đòi hỏi tuy nhiên khi hàm lượng mactensit đã được tôi vượt quá mức 20% dù mang lại độ bền dư thừa nhưng lại làm suy giảm các tính chất cơ học vượt quá giới hạn có thể chấp nhận được.

Mactensit đã được ram cấu thành 0% tới 30% vì cấu trúc tính theo phần diện tích. Mactensit có thể được tạo ra khi thép được làm nguội ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ $T_{c_{min}}$ đến $T_{c_{max}}$ và được ram trong quá trình giữ hoá già nhanh. Mactensit đã được ram mang lại tính dẻo và độ bền của thép theo sáng chế. Khi hàm lượng mactensit đã được ram vượt quá mức 30%, sẽ mang lại độ bền dư thừa nhưng lại làm giảm độ giãn dài vượt quá giới hạn có thể chấp nhận được.

Ngoài vi cấu trúc nêu trên, vi cấu trúc của thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt có thể có các thành phần vi cấu trúc, như peclit, ferit và xementit mà không làm suy giảm các tính chất cơ học của thép tấm này.

Thép tấm theo sáng chế có thể được tạo ra theo phương pháp thích hợp bất kỳ. Một phương pháp được ưu tiên bao gồm việc chuẩn bị sản phẩm đúc bán thành phẩm của thép có thành phần hoá học theo sáng chế Sản phẩm đúc này có thể được tạo ra dưới dạng thỏi hoặc một cách liên tục dưới dạng tấm mỏng hoặc dải mỏng, tức là có độ dày nằm trong khoảng 220mm đối với tấm mỏng lên đến vài chục milimet đối với dải.

Ví dụ, tấm mỏng có thành phần hoá học nêu trên được sản xuất bằng cách đúc liên tục trong đó tấm mỏng này tùy ý được làm co mềm trực tiếp trong quy trình đúc liên tục để tránh sự phân tụ trung tâm và để đảm bảo tỷ số giữa cacbon cục bộ và cacbon danh định được duy trì ở mức nhỏ hơn. Tấm mỏng được tạo ra bởi quy trình đúc liên tục có thể được sử dụng luôn ở nhiệt độ cao sau khi đúc liên tục hoặc có thể đầu tiên được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng và sau đó nung nóng lại để cán nóng.

Tốt hơn, nếu nhiệt độ của tấm mỏng, mà để cán nóng, ít nhất là 1200°C và phải dưới 1280°C . Trong trường hợp nhiệt độ của tấm mỏng thấp hơn 1200°C , lượng tải quá mức được đặt trên máy cán, và hơn thế, nhiệt độ của thép có thể giảm xuống nhiệt độ biến đổi ferit trong khi cán hoàn thiện, do đó thép sẽ bị cán ở trạng thái trong đó ferit đã biến đổi có trong cấu trúc. Do đó, tốt hơn nếu nhiệt độ của tấm mỏng đủ cao để việc cán nóng có thể hoàn thành trong khoảng nhiệt độ từ Ac_3 đến $Ac_3+100^{\circ}\text{C}$ và nhiệt độ cán cuối vẫn cao hơn Ac_3 . Việc nung nóng lại ở nhiệt độ lớn hơn 1280°C cần phải được tránh bởi vì tốn kém khi áp dụng quy mô công nghiệp.

Khoảng nhiệt độ cán cuối từ Ac_3 đến $Ac_3+100^\circ C$ là được ưu tiên để có cấu trúc thích hợp cho việc tái kết tinh và cán. Cần phải thực hiện hành trình cán cuối ở nhiệt độ cao hơn Ac_3 , bởi vì ở dưới nhiệt độ này, thép tấm thể hiện sự sụt giảm đáng kể về khả năng dễ cán. Tiếp đó, thép tấm đã được tạo ra theo cách này được làm nguội với tốc độ làm nguội cao hơn $30^\circ C/giây$ xuống nhiệt độ cuộn mà phải thấp hơn $600^\circ C$. Tốt hơn là, tốc độ làm nguội sẽ nhỏ hơn hoặc bằng $200^\circ C/giây$.

Thép tấm đã được cán nóng được cuộn ở nhiệt độ cuộn dưới $600^\circ C$ để tránh việc tạo méo thép tấm đã được cán nóng và tốt hơn là dưới $570^\circ C$ để tránh việc tạo ra gỉ sắt. Khoảng nhiệt độ cuộn được ưu tiên là từ 350 đến $570^\circ C$. Thép tấm đã được cán nóng và cuộn này được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng trước bước ủ kiểu dài nóng tùy ý.

Thép tấm đã được cán nóng này tùy ý có thể được loại bỏ gỉ sắt để loại bỏ gỉ sắt đã tạo ra trong quá trình cán nóng. Thép tấm đã được cán nóng này tùy ý có thể được ủ kiểu dài nóng ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ $400^\circ C$ đến $750^\circ C$ trong ít nhất 12 giờ và không quá 96 giờ nhưng nhiệt độ phải duy trì ở mức dưới $750^\circ C$ để tránh làm biến đổi một phần của vi cấu trúc đã được cán nóng và, do đó, làm mất tính đồng nhất của vi cấu trúc. Sau đó, bước loại bỏ gỉ sắt tùy ý có thể được thực hiện để loại bỏ gỉ sắt, ví dụ, thông qua việc tẩy gỉ bằng axit thép tấm như vậy. Thép tấm đã được cán nóng này được cán nguội với lượng cán nằm trong khoảng từ 35 đến 90%. Tiếp đó, thép tấm cán nguội thu được từ quy trình cán nguội được ủ trong hai bước để mang lại cho thép theo sáng chế có vi cấu trúc và các tính chất cơ học mong muốn.

Trong lần ủ thứ nhất thép tấm cán nguội, thép tấm cán nguội này được nung nóng với tốc độ nung nóng lớn hơn $3^\circ C/giây$, tới nhiệt độ giữ nhiệt nằm trong khoảng từ Ac_3 đến $Ac_3+100^\circ C$, trong đó Ac_3 của thép này được tính theo công thức sau :

$$Ac_3 = 901 - 262 * C - 29 * Mn + 31 * Si - 12 * Cr - 155 * Nb + 86 * Al$$

trong đó hàm lượng của các nguyên tố được thể hiện theo phần trăm khối lượng.

Thép tấm này được giữ ở nhiệt độ giữ nhiệt trong 10 tới 500 giây để đảm bảo việc tái kết tinh hoàn toàn và biến đổi hoàn toàn thành austenit của cấu trúc

ban đầu đã được xử lý triệt để. Tiếp đó, thép tấm này được làm nguội với tốc độ làm nguội cao hơn 25°C/giây xuống nhiệt độ nằm trong khoảng từ 380°C đến 480°C và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 380 đến 450°C và giữ thép tấm cán nguội này trong 10 tới 500 giây, tiếp đó làm nguội thép tấm cán nguội này xuống nhiệt độ trong phòng để thu được thép tấm cán nguội và ủ.

Lần ủ thứ hai của thép tấm cán nguội và ủ này được nung nóng với tốc độ nung nóng lớn hơn 3°C/giây, tới nhiệt độ giữ nhiệt nằm trong khoảng từ $T_{\text{giữ nhiệt}}$ đến Ac_3 , trong đó:

$$T_{\text{giữ nhiệt}} = 830 - 260 \cdot C - 25 \cdot Mn + 22 \cdot Si + 40 \cdot Al$$

trong đó hàm lượng của các nguyên tố được thể hiện theo phần trăm khối lượng; trong 10 tới 500 giây để đảm bảo việc tái kết tinh và biến đổi đủ để tạo ra ít nhất là 50% vi cấu trúc austenit. Tiếp đó, thép tấm này được làm nguội với tốc độ làm nguội cao hơn 20°C/giây xuống nhiệt độ nằm trong khoảng từ $T_{c_{\max}}$ đến $T_{c_{\min}}$. $T_{c_{\max}}$ và $T_{c_{\min}}$ được xác định như sau:

$$T_{c_{\max}} = 565 - 601 \cdot (1 - \exp(-0,868 \cdot C)) - 34 \cdot Mn - 13 \cdot Si - 10 \cdot Cr + 13 \cdot Al - 361 \cdot Nb$$

$$T_{c_{\min}} = 565 - 601 \cdot (1 - \exp(-1,736 \cdot C)) - 34 \cdot Mn - 13 \cdot Si - 10 \cdot Cr + 13 \cdot Al - 361 \cdot Nb$$

trong đó hàm lượng của các nguyên tố được thể hiện theo phần trăm khối lượng.

Sau đó, thép tấm cán nguội và ủ này được cho tiếp xúc với nhiệt độ nằm trong khoảng từ 380 đến 580°C và giữ trong 10 tới 500 giây để đảm bảo việc tạo ra hàm lượng đủ của Bainit cũng như để ram mactensit nhằm mang lại cho thép theo sáng chế có được các tính chất cơ học được mong muốn. Sau đó, thép tấm cán nguội và ủ này được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng với tốc độ làm nguội ít nhất là 1°C/giây để tạo ra mactensit đã được tôi để thu được thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt.

Tiếp đó, thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt này có thể tùy ý được phủ bởi quy trình bất kỳ trong số các quy trình công nghiệp đã biết như mạ kẽm bằng điện, mạ bốc hơi kiểu tia phun JVD (Jet Vapour Deposition), mạ bốc hơi vật lý PVD (Physical Vapor Deposition), phủ nhúng nóng (GI/GA) v.v.. Việc mạ kẽm bằng điện không làm thay đổi hoặc cải biến tính chất bất kỳ trong số các tính chất cơ học hoặc vi cấu trúc của thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo sáng chế.

Việc mạ kẽm bằng điện có thể được thực hiện bởi quy trình công nghiệp thông thường bất kỳ ví dụ, bằng cách mạ điện.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các thử nghiệm, ví dụ, ví dụ mô phỏng và bảng dưới đây không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế và được xem là chỉ nhằm mục đích minh họa sáng chế, và sẽ thể hiện các dấu hiệu có lợi của sáng chế.

Các tấm thép được làm từ các loại thép có thành phần khác nhau được liệt kê và thể hiện trong bảng 1, trong đó các tấm thép này được tạo ra với các thông số của quy trình lần lượt được tóm tắt trong bảng 2. Tiếp đó, bảng 3 thể hiện vi cấu trúc của các tấm thép được tạo ra trong các thử nghiệm và bảng 4 thể hiện các kết quả đánh giá các tính chất đã đạt được.

Bảng 1 mô tả thép có các thành phần được thể hiện theo phần trăm khối lượng. Các thành phần của thép I1 tới I5 để sản xuất các thép tấm theo sáng chế, bảng này cũng mô tả các thành phần của thép so sánh được ký hiệu trong bảng này từ R1 tới R4. Bảng 1 cũng là bảng so sánh giữa thép theo sáng chế và thép so sánh.

Bảng 1

M	C	Mn	Si	Al	S	P	N	Cr	Mo	Nb	Ti	Cu	Ni	Ca	V	B
I1	0,21	2,08	1,50	0,034	0,0010	0,010	0,0039	0,347	0,002	0,002	0,005	0,001	0,017	0,0007	0,002	0,0003
I2	0,22	2,05	1,45	0,035	0,0010	0,012	0,0048	0,331	0,003	0,002	0,008	0,001	0,024	0,0006	0,003	0,0007
I3	0,41	1,49	1,49	0,037	0,0016	0,009	0,0056	0,021	0,002	0,060	0,005	0,011	0,021	0,0007	0,001	0,0005
I4	0,41	1,49	1,49	0,037	0,0016	0,009	0,0056	0,021	0,002	0,060	0,005	0,011	0,021	0,0007	0,001	0,0005
I5	0,22	2,05	1,45	0,035	0,0010	0,012	0,0048	0,331	0,003	0,002	0,008	0,001	0,024	0,0006	0,003	0,0007
R1	0,21	2,08	1,50	0,034	0,0010	0,010	0,0039	0,347	0,002	0,002	0,005	0,001	0,017	0,0007	0,002	0,0003
R2	0,41	1,49	1,49	0,037	0,0016	0,009	0,0056	0,021	0,002	0,060	0,005	0,011	0,021	0,0007	0,001	0,0005
R3	0,08	2,58	0,24	0,145	0,0020	0,009	0,0036	0,274	0,085	0,026	0,033	0,021	0,013	0,0004	0,001	0,0001
R4	0,08	2,58	0,24	0,145	0,0020	0,009	0,0036	0,274	0,085	0,026	0,033	0,021	0,013	0,0004	0,001	0,0001

I = theo sáng chế; R = so sánh; trị số được gạch chân: không theo sáng chế

Bảng 2 liệt kê các thông số của quy trình ủ đã được thực hiện đối với các thép đã được liệt kê trong bảng 1. Các thành phần của thép I1 tới I5 serving để sản xuất các thép tấm theo sáng chế, bảng này cũng mô tả the thép so sánh được ký

hiệu trong bảng này từ R1 tới R4. Bảng 2 cũng liệt kê $T_{c_{min}}$ và $T_{c_{max}}$. $T_{c_{max}}$ và $T_{c_{min}}$ của thép theo sáng chế và thép so sánh được xác định như sau:

$$T_{c_{max}} = 565 - 601 * (1 - \text{Exp}(-0,868 * C)) - 34 * \text{Mn} - 13 * \text{Si} - 10 * \text{Cr} + 13 * \text{Al} - 361 * \text{Nb}$$

$$T_{c_{min}} = 565 - 601 * (1 - \text{Exp}(-1,736 * C)) - 34 * \text{Mn} - 13 * \text{Si} - 10 * \text{Cr} + 13 * \text{Al} - 361 * \text{Nb}$$

Ngoài ra, trước khi thực hiện việc xử lý ủ đối với thép theo sáng chế và thép so sánh, thép được nung nóng tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1000°C đến 1280°C và tiếp đó được cán nóng với nhiệt độ cuối lớn hơn 850°C và sau đó được cuộn ở nhiệt độ dưới 600°C. Tiếp đó, thép cuộn đã được cán nóng này được xử lý theo sáng chế và sau đó được cán nguội với mức giảm độ dày nằm trong khoảng từ 30 đến 95%. Các tấm thép đã được cán nguội này làm từ cả thép theo sáng chế lẫn thép so sánh được xử lý nhiệt như được liệt kê trong bảng 2.

Bảng 2

Mẫu thép	T nung nóng lại T (°C)	T kết thúc cán nóng (°C)	T cuộn cán nóng (°C)	Lượng cán cán nguội (%)	Lần ủ thứ nhất					
					Tốc độ nung nóng cho lần ủ thứ nhất (°C/giây)	T giữ nhiệt (°C)	t giữ nhiệt (giây)	Tốc độ làm nguội sau khi giữ nhiệt của lần ủ thứ nhất (°C/giây)	Nhiệt độ giữ sau T (°C)	t giữ (giây)
I1	1250	915	450	49	3,2	870	155	37	400	270
I2	1243	926	451	48	10,7	880	328	35	405	373
I3	1245	930	446	49	9,2	850	281	46	410	320
I4	1245	930	446	49	9,2	850	281	46	410	320
I5	1243	926	451	48	10,7	880	328	35	405	373
R1	1250	915	450	49	X	X	X	X	X	X
R2	1245	930	446	49	9,2	850	281	46	410	320
R3	1239	913	550	51	6	850	120	70	400	200
R4	1239	913	550	51	X	X	X	X	X	X

	Lần ủ thứ hai										
Mẫu thép	Tốc độ nung nóng cho cho lần ủ cuối (°C/ giây)	T nhiệt độ giữ nhiệt (°C)	Thời gian giữ giữ nhiệt (giây)	Tốc độ làm nguội sau khi giữ nhiệt (°C/ giây)	T nhiệt độ làm nguội (°C)	T giữ (°C)	t giữ (giây)	T Ac3 (°C)	T _{giữ nhiệt} (°C)	T _c _{max} (°C)	T _c _{min} (°C)
I1	6	770	80	70	310	400	200	831	759	372	250
I2	8,1	765	246	32	305	400	280	827	754	367	240
I3	6	765	100	70	200	400	200	792	722	295	130
I4	6	785	100	70	240	400	200	792	722	295	130
I5	9,7	765	246	32	290	387	280	827	754	367	240
R1	6	770	80	70	310	400	200	831	759	372	250
R2	6	800	100	70	100	400	200	792	722	295	130
R3	6	780	100	70	360	400	200	819	757	425	349
R4	6	780	100	70	360	400	200	819	757	425	349

I = theo sáng chế; R = so sánh; trị số được gạch chân: không theo sáng chế

Bảng 3 thể hiện các kết quả thử nghiệm được thực hiện theo các tiêu chuẩn trên các kính hiển vi khác nhau như kính hiển vi điện tử quét để xác định thành phần vi cấu trúc của cả thép theo sáng chế lẫn thép so sánh.

Các kết quả được liệt kê dưới đây.

Bảng 3

Mẫu thép	Ferit	Bainit	Austenit tồn dư	Mactensit đã được ram	Mactensit đã được tôi	Ủ Bainit	Bainit + Austenit tồn dư
I1	0	18	17	5	13	47	35
I2	0	30	16	2	11	41	46
I3	0	37	19	13	3	28	56
I4	0	39	23	16	13	9	62
I5	0	19	20	11	7	43	49
R1	45	15	10	9	<u>21</u>	<u>0</u>	<u>25</u>
R2	0	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>83</u>	1	9	<u>7</u>
R3	0	25	<u>6</u>	12	11	46	31
R4	43	17	<u>4</u>	22	14	<u>0</u>	<u>21</u>

I = theo sáng chế; R = so sánh; trị số được gạch chân: không theo sáng chế.

Bảng 4 liệt kê các tính chất cơ học của cả thép theo sáng chế lẫn thép so sánh. Để xác định độ bền kéo, giới hạn chảy và độ giãn dài toàn phần, các thử nghiệm kéo được thực hiện theo tiêu chuẩn JIS Z2241.

Do đó, các kết quả của các thử nghiệm cơ học khác nhau đã được thực hiện theo tiêu chuẩn này được liệt trong bảng dưới đây.

Bảng 4

Mẫu thép	Độ bền kéo (MPa)	Giới hạn chảy (MPa)	YS/TS	Độ giãn dài toàn phần (%)
I1	981	615	0,63	27,3
I2	1040	658	0,63	23,8
I3	1071	795	0,74	27,8
I4	980	686	0,70	29,6
I5	1039	668	0,64	24,3
R1	1098	502	0,46	<u>15,5</u>
R2	1292	1076	0,83	<u>13,8</u>
R3	<u>914</u>	565	0,62	<u>14,4</u>
R4	1009	608	0,60	<u>12,2</u>

I = theo sáng chế; R = so sánh; trị số được gạch chân: không theo sáng chế.

Yêu cầu bảo hộ

1. Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, với hàm lượng được biểu thị theo phần trăm khối lượng:

$0,10\% \leq \text{cacbon} \leq 0,5\%$

$1\% \leq \text{mangan} \leq 0,4\%$

$0,5\% \leq \text{silic} \leq 2,5\%$

$0,03\% \leq \text{nhôm} \leq 1,5\%$

$\text{lưu huỳnh} \leq 0,003\%$.

$0,002\% \leq \text{phospho} \leq 0,02\%$

$\text{nitơ} \leq 0,01\%$

và tùy ý một hoặc nhiều nguyên tố sau:

$0,05\% \leq \text{crom} \leq 1\%$

$0,001\% \leq \text{molypđen} \leq 0,5\%$

$0,001\% \leq \text{niobi} \leq 0,1\%$

$0,001\% \leq \text{titan} \leq 0,1\%$

$0,01\% \leq \text{đồng} \leq 2\%$

$0,01\% \leq \text{niken} \leq 3\%$

$0,0001\% \leq \text{canxi} \leq 0,005\%$

$\text{vanadi} \leq 0,1\%$

$\text{bo} \leq 0,003\%$

$\text{xeri} \leq 0,1\%$

$\text{magie} \leq 0,010\%$

$\text{ziricon} \leq 0,010\%$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi từ quá trình sản xuất; vi cấu trúc của thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt này bao gồm, tính theo phần diện tích: 10 tới 30% austenit tồn dư, 5 tới 50% bainit đã được ủ, 10 tới 40% bainit, 1% tới 20% mactensit đã được tôi, và ít hơn 30% mactensit đã được ram trong đó tổng hàm lượng của bainit và austenit tồn dư bằng hoặc lớn hơn 30%.

2. Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 1, trong đó thành phần của thép tấm này thỏa mãn điều kiện: $0,7\% \leq \text{silic} \leq 2,2\%$.
3. Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 2 trong đó thành phần của thép tấm này thỏa mãn điều kiện: $1\% \leq \text{silic} \leq 2,2\%$.
4. Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 1, trong đó thành phần của thép tấm này thỏa mãn điều kiện: $0,03\% \leq \text{nhôm} \leq 1,0\%$.
5. Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 1, trong đó thành phần của thép tấm này thỏa mãn điều kiện: $1,2\% \leq \text{mangan} \leq 2,3\%$.
6. Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 1, trong đó thành phần của thép tấm này thỏa mãn điều kiện: $0,05\% \leq \text{crom} \leq 0,5\%$.
7. Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 1, trong đó tổng hàm lượng austenit tồn dư và bainit lớn hơn 35%.
8. Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 1, trong đó tổng hàm lượng của bainit đã được ủ và bainit lớn hơn 45%.
9. Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 1, trong đó hàm lượng austenit tồn dư nằm trong khoảng từ 15 đến 30%.
10. Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 1, trong đó hàm lượng bainit nằm trong khoảng từ 15% đến 40%.
11. Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 1, trong đó thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt này có độ bền kéo lớn hơn 950MPa và độ giãn dài toàn phần bằng hoặc lớn hơn 20%.

12. Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 1, trong đó thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt này có giới hạn chảy lớn hơn 600MPa và tỷ số giữa giới hạn chảy và độ bền kéo bằng hoặc lớn hơn 0,6.

13. Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 1, trong đó thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt này có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 1000MPa đến 1100MPa và độ giãn dài toàn phần bằng hoặc lớn hơn 23%.

14. Thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 1, trong đó vi cấu trúc không chứa ferit.

15. Phương pháp sản xuất thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 1, trong đó phương pháp này bao gồm các bước sau:

- tạo ra thép bán thành phẩm có thành phần theo điểm 1;
- nung nóng lại bán thành phẩm này tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1200°C đến 1280°C;
- cán bán thành phẩm này trong khoảng tồn tại austenit trong đó nhiệt độ kết thúc cán nóng cao hơn A_{c3} để thu được thép tấm đã được cán nóng;
- làm nguội thép tấm đã được cán nóng này với tốc độ làm nguội cao hơn 30°C/giây xuống nhiệt độ cuộn dưới 600°C; và cuộn thép tấm đã được cán nóng này;
- làm nguội thép tấm đã được cán nóng này xuống nhiệt độ trong phòng;
- tùy ý, thực hiện bước loại bỏ gỉ sắt trên thép tấm đã được cán nóng này;
- tùy ý, ủ thép tấm đã được cán nóng này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 400°C đến 750°C;
- cán nguội thép tấm đã được cán nóng này với lượng cán nằm trong khoảng từ 35 đến 90% để thu được thép tấm cán nguội;
- tiếp đó, thực hiện lần ủ thứ nhất bằng cách nung nóng thép tấm cán nguội này với tốc độ cao hơn 3°C/giây tới nhiệt độ giữ nhiệt nằm trong khoảng từ A_{c3} đến $A_{c3}+100^{\circ}\text{C}$ và giữ thép tấm cán nguội này với thời gian nằm trong khoảng từ 10 giây đến 500 giây;

- tiếp đó, làm nguội thép tấm cán nguội này với tốc độ cao hơn 25°C/giây xuống nhiệt độ nằm trong khoảng từ 380°C đến 480°C và giữ thép tấm cán nguội này với thời gian nằm trong khoảng từ 10 đến 500 giây;
- làm nguội thép tấm cán nguội này xuống nhiệt độ trong phòng để thu được thép tấm cán nguội đã được ủ;
- tiếp đó, thực hiện lần ủ thứ hai bằng cách nung nóng thép tấm cán nguội đã được ủ này với tốc độ cao hơn 3°C/giây tới nhiệt độ giữ nhiệt nằm trong khoảng từ $T_{\text{giữ nhiệt}}$ đến A_{c3} và giữ thép tấm cán nguội đã được ủ này với thời gian nằm trong khoảng từ 10 giây đến 500 giây;
- tiếp đó, làm nguội thép tấm cán nguội đã được ủ này với tốc độ cao hơn 20°C/giây xuống nhiệt độ nằm trong khoảng từ $T_{c_{\text{max}}}$ đến $T_{c_{\text{min}}}$; trong đó $T_{c_{\text{max}}}$ và $T_{c_{\text{min}}}$ được xác định như sau:

$$T_{c_{\text{max}}} = 565 - 601 * (1 - \text{Exp}(-0,868 * C)) - 34 * \text{Mn} - 13 * \text{Si} - 10 * \text{Cr} + 13 * \text{Al} - 361 * \text{Nb}$$

$$T_{c_{\text{min}}} = 565 - 601 * (1 - \text{Exp}(-1,736 * C)) - 34 * \text{Mn} - 13 * \text{Si} - 10 * \text{Cr} + 13 * \text{Al} - 361 * \text{Nb}$$
 trong đó C, Mn, Si, Cr, Al và Nb là phần trăm khối lượng của các nguyên tố có trong thép; và
- tiếp đó, cho tiếp xúc thép tấm cán nguội đã được ủ này với nhiệt độ nằm trong khoảng từ 350°C đến 550°C với thời gian nằm trong khoảng từ 5 giây đến 500 giây và làm nguội thép tấm cán nguội đã được ủ này xuống nhiệt độ trong phòng với tốc độ làm nguội cao hơn 1°C/giây để thu được thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt này.

16. Phương pháp theo điểm 13, trong đó nhiệt độ cuộn thấp hơn 570°C.

17. Phương pháp theo điểm 13, trong đó nhiệt độ giữ nhiệt của lần ủ thứ nhất nằm trong khoảng từ A_{c3} đến $A_{c3} + 75^\circ\text{C}$ với thời gian nằm trong khoảng từ 10 đến 500 giây.

18. Phương pháp theo điểm 13, trong đó lần ủ thứ hai là việc ủ liên tục ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ $T_{\text{giữ nhiệt}}$ đến A_{c3} với thời gian nằm trong khoảng từ 10 đến

500 giây để có tỷ số giữa austenit và bainit đã được ủ nằm trong khoảng từ 50:50 đến 90:10.

19. Chi tiết kết cấu hoặc an toàn của phương tiện vận tải làm bằng thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt theo điểm 1.

20. Chi tiết theo điểm 19, trong đó chi tiết này được tạo ra bằng cách cán dẹt thép tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt.

21. Phương tiện vận tải bao gồm chi tiết theo điểm 19.